

放医研 図書室



8 0 1 9 9 3 0 0 9

NIRS - AR - 35

放射線医学総合研究所年報

平成 3 年度

放射線医学総合研究所

放射線医学総合研究所年報

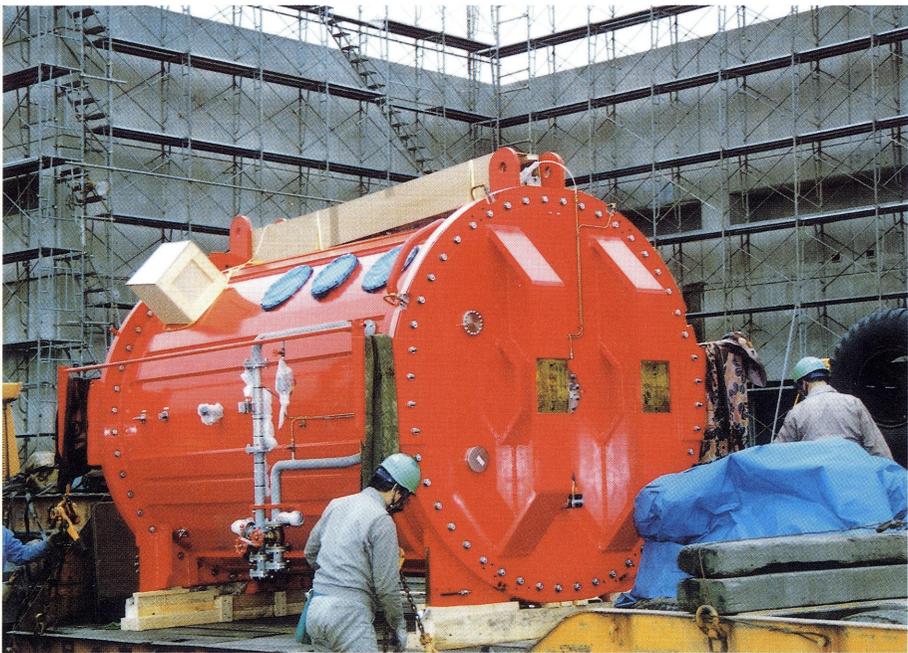
平成 3 年度



〔重粒子線治療とその関連課題に関する放医研国際ワークショップ〕

平成3年7月4日・5日

国内・外の研究者を集め、放医研講堂に於いて2日間にわたり、
国際ワークショップを開催した。



〔アルバラライナックの搬入〕 平成4年3月

重粒子線治療装置の搬入が始まる。直径2.2m長さ約24mある
線形加速器を搬入している。

序

平成3年度の大きな出来事といえば、何と云っても旧ソ連邦の分裂で国際交流の面でも影響を受けた。重粒子線治療に関しては、建屋の建設と装置の製作とがほぼ順調に進み、かなり気を揉ませたが年度末に予定の機器を搬入出来た。また、重粒子線治療ネットワーク会議の下に計画部会を設置し、3年9月と4年1月とに会議を開き医学面での検討を開始した。

研究面については、経常研究は地味ではあるがそれなりの成果をあげている。平成2年度に引き続き4つの特別研究「公衆被曝のリスク評価に関する生物学的調査研究」、「低線量域における線量効果関係の実証に関する予備的研究」、「環境と食物連鎖に係わる公衆の被曝評価に関する調査研究」、「重粒子線によるがん治療法に関する調査研究」を進めた。これらの成果の一部は、後述する国際会議等で発表され多くの報文となりつつある。

本年度は、国際会議等の多い年であった。7月3、4日には原子力基盤技術研究の一環として東京で「放射線による染色体異常の高速自動解析システムに関する国際シンポジウム」を、7月4、5日には重粒子線特別研究との関連で本研究所で「重粒子線治療とその関連課題」と題する国際ワークショップを開催した。更に、7月7-12日には、トロントで第9回国際放射線研究会議が開催され多くの所員が参加、発表を行なった。11日28、29日には、ウッツホール海洋研究所のLivingston博士他の参加を得て「海洋における物質循環」と題し第19回放射医研環境セミナーを、12月5、6日には、ジョウジタウン医大のDritschilo博士他の参加を得て「放射線抵抗性の誘導」と題して第23回放射医研シンポジウムを行なった。更に、4年3月18日-20日には内外の第一線の研究者多数を集め原研主催の「放射線の影響と防護」に関する国際シンポジウムが水戸で開催され、本研究所もこの会議を共催した。これらの会議は本研究所々員の種々の研究成果が国内外の研究者の評価を受ける絶好の機会となったばかりでなく、国際交流の面でも貴重であった。UNSCEARやICRPでも日本独自の研究成果が強く求められる。独創的な研究課題を選び、なるべく多くの人の批判を受けながら息の長い研究を進める必要がある。

ゴルバチェフ大統領の訪日も有り、日ソ間で合意され、割合スムーズに進められていた旧ソ連との共同研究は、1月以降中断しているが、再会が待たれる。

年度末に戸張巖夫科学研究官、長屋裕那珂湊支所長他が停年退官された。

終りに関係各位の御指導、御協力を心からお願いする。

平成4年10月

放射線医学総合研究所々長

松 平 寛 通

I 概 要

本研究所は、昭和32年の設立以来、放射線による人体の障害とその予防・診断・治療及び放射線の医学的利用に関する調査研究並びにこれらに従事する技術者の養成訓練について多くの成果をあげてきた。さらに、チェルノブイル事故の後、放射線の人体への影響や環境中の放射能の挙動に対する関心が高まり、また、高齢化社会の到来とともにがんによる死亡率が増大してきていることから、放射線の医学利用に関する社会の関心も一層高まっている。本研究所としては、このような社会的、国家的要請に応えるとともに長期的展望の下にその使命を達成できるよう、これまでの実績の上で、調査研究活動の一層の推進を図る必要がある。

以上のような情勢を踏まえ、「原子力開発利用長期計画」(原子力委員会決定、昭和62年6月)、「環境放射能安全研究年次計画」(原子力安全委員会策定、平成2年9月)、「原子力基盤技術の推進について」(原子力委員会基盤技術推進専門部会報告、昭和63年7月)、「放射線医学総合研究所長期業務計画」(平成2年4月)等をもとにして、策定した平成3年度の業務計画に従い、調査研究の効率的推進を図った。

研 究 業 務

1. 特別研究

特別研究については、原子力委員会基盤技術推進専門部会の報告を十分に考慮しつつ、所期の目標を明確にし、その目標を期間内に達成すべく適切な実行計画を立案するとともに研究体制の設備を図り、所内外の関係機関と協力しつつ一層の推進を図るよう努めた。本年度は次の4課題を実施した。

1) 「公衆被曝のリスク評価に関する生物学的調査研究」

本調査研究は、一般公衆のリスク評価に関連する生物学的諸問題解決のため、最近における内外の研究動向、原子力開発利用長期計画、本研究所において発展・蓄積された業績等を背景として、

リスク評価さらにはリスク低減化を目的として、昭和63年度から5ヵ年計画で推進している。

本年度は、低線量・低線量率被曝による人体影響のリスク評価に直接寄与しうる実験的研究、ライフサイエンス等の新技術導入による放射線の(確立的)影響の機構と関連する修飾要因の把握、核燃料サイクル確立上基本となる超ウラン元素による内部被曝のリスク評価に関する調査研究を行った。

2) 「環境と食物連鎖に関わる公衆の被曝評価に関する調査研究」

本調査研究は、これまで行ってきた環境特別研究で得た、環境から人に至る経路の放射線被曝の計算モデルの基本的構想を踏まえ、昭和63年度から5ヵ年計画で推進している。

本年度は、使用済み燃料再処理工場を始めとする核燃料サイクル施設の稼働を念頭におき、青森地域の環境試料等を収集しつつ、環境と食物連鎖から吸入又は経口摂取による人体への放射性核種及び超ウラン元素の移行を求め、環境安全評価に資した。

また、日本人の身体的特性及び放射性核種の年齢群別代謝の解明を進めて、日本人の被曝計算システムの精度向上を目指した。これを用いて公衆のための放射性物質の経口摂取制限(誘導限度)の算出について検討した。

3) 「重粒子線によるがん治療に関する調査研究」

本調査研究は、昭和59年度から昭和63年度までの特別研究「重粒子線等の医学利用に関する調査研究」の研究成果を基盤として、社会的要請であるがん治療効果を向上させるため、平成元年度から5ヵ年計画により推進した。

速中性子線の優れた生物効果と陽子線の鋭い線量分布の2つの特徴を生かし、精度の高い治療を行うため、がん標的容積の正確な診断法と、高度な再現性を有する治療法を開発し最終年度には臨床試行を開始する。

このため、本年度は、4グループを編成して、所要の調査研究を実施した。

4) 別紙「低線量域における線量効果関係の実証に関する予備的研究」

本研究は低線量域における線量効果関係に関する諸問題を解明することを目的とし、発がんに関しては中線量域における実験を実施し、発がん効果の解析方法を検討し、低線量域の実験計画を立案することを目標として、平成2年度から4年計画として推進している。

また遺伝的影響に関しては、放射線高感受性のモデルマウスを作成し、それらを用いて低線量放射線の遺伝的並びに身体的影響を高感度に検出できる実験系の開発を目指している。

このため本年度は、2グループを編成して、所要の研究を実施した。

研究グループ	平成3年度研究内容
①発がん	実験群のセットアップを完了し終性飼育を継続する。関連する実験のデータを用いて発がん効果の解析方法についての検討を行う。
②遺伝的影響	マウスの放射線感受性遺伝子のクローニング、幹細胞培養技術の確立、ターゲットングの条件の検討を始める。

2. 指定研究

本年度の指定研究については、長期業務計画等の趣旨に基づき特に強力に推進すべき課題として、次の課題を設定し、これを積極的に実施した。

- (1) 放射線誘発乳腺腫瘍の発生制御に関する研究(薬理化学研究部、生理病理研究部)
- (2) 分裂酵母 (S.pombe) を用いたヒト活性酸素防御遺伝子に関する研究(遺伝研究部)
- (3) S期特異的核蛋白に対するモノクローナル抗体によるヘテロ細胞集団の細胞周期の解析 (生理病理研究部)

3. 経常研究

経常研究については、当面する諸情勢の変化及び研究の推展に即応しつつ、調査研究を推進し、学問的水準の一層の高度化を図るようその充実に努めた。本年度は後述する58課題を実施した。

4. 安全解析研究

本研究所は、放射線の生物学的安全研究に関す

る中核的研究機関として、原子力安全委員会を始めとする国の原子力安全行政の推進に寄与するため、放射線のリスク評価のための組織体制を進めてきた。

本年度は、以下の研究を実施した。

- (1) リスク解析・評価用情報管理システムの整備を進め、これを用いて情報の収集・整理を行う。(総括安全解析研究官)
- (2) 環境中に放出される放射性物質の人体及び環境への影響を解析評価するための総合的なシステムとして「健康・環境影響評価ネットワークシステム」の構築に係る研究を関連各研究部等の協力の下に実施する。このシステムの健康障害評価コンピュータプログラムを運用する上でのデータベースとして日本人集団における放射線晩発影響の定量的データが必要であり、このため、所外関連機関の協力を得て、広島・長崎原爆被曝者等に係る疫学データの収集を図る。(総括安全解析研究官、環境衛生研究部、環境放射生態学研究部、海洋放射生態学研究部)
- (3) 急性放射線骨髄障害の治療に関する基礎的研究として、実験動物により放射線防護剤・回復剤(CSFなど)の効果を検討し、その最適投与法の確立を図るとともに、同系骨髄移植と放射線防護剤・回復剤の併用効果等の検討も行う。
(薬理化学研究部、障害基礎研究部、臨床研究部、障害臨床研究部、養成訓練部)
- (4) 低線量放射線の刺激効果現象の発現機構に関する研究として、放射線抵抗性誘導物質の研究及び放射線前照射による抵抗性の研究を行う。(薬理化学研究部、生物研究部、遺伝研究部、障害臨床研究部)
- (5) 自然放射線源の中で最も大きな寄与をもたらしているラドンの健康影響についての研究調査として、文献調査等による検討を行う。(総括安全解析研究官)

5. 実態調査

本研究所の調査研究に関連する分野のうち、特に必要な事項について実態調査を行い、その結果を利用して実態研究の促進を図った。

本年度は、実態調査に必要な経費として2,375千円を計上し、次の課題についてそれぞれ調査を実施した。

- (1) ビキニ被災者の定期的追跡調査(障害臨床研究部、障害基礎研究部、病院部)
- (2) 医療及び職業上の被曝による国民線量の実態調査(物理研究部)
- (3) トロトラスト沈着症例に関する実態調査(環境衛生研究部、障害臨床研部、病院部)
- (4) 「低線量域における線量効果関係の実証に関する予備的研究」

6. 受託研究

本研究所における受託研究は、本研究所の所掌業務の範囲において所外の機関から調査研究を委託された場合に、本研究所の調査研究に寄与するとともに研究業務に支障をきたさない範囲において受託することとし、本年度は、次の1課題について実施した。

- (1) 胸線細胞分化とトレランス誘導(障害臨床研究部)

7. 原子力基盤技術総合的研究

原子力委員会基盤技術推進専門部会報告書「原子力基盤技術の推進について」(昭和63年7月)を踏まえて、平成元年度から実施された原子力基盤技術総合的研究「放射線による染色体異常の高速自動解析システムに関する研究」及び平成3年度から実施する原子力基盤技術総合的研究「放射性核種の環境中移行の局地規模総合モデルに関する研究」等を分担し実施した。(物理研究部、障害基礎研究部、環境衛生研究部、環境放射生態学研究部)

8. 放射能調査研究

原子力平和利用の進展に伴い原子力施設等から放出される放射性物質及び国外の核実験等に伴う放射性降物による環境放射能レベルの調査並びにこれらの解析を行った。(環境衛生研究部、環境放射生態学研究部、海洋放射生態学研究部)

また、ラドン・トロン及びこれらの娘核種の居住環境における測定データの補完を行い、国民の被ばく線量の推定に資するための基礎的な調査研究を実施した。(環境衛生研究部)

国内外の放射能に関する資料の収集、整理、保存等のデータセンター業務及び放射能調査結果の評価に関する基礎調査の業務を実施した。(管理部企画課)

我が国におけ環境放射線モニタリングの技術水準の向上を図るため、都道府県の関係職員を対象

とする技術研修を行った。(養成訓練部)

さらに、原子力施設における災害に起因する放射線被曝、環境の放射能汚染による影響等に関する対策を確立するため、調査・測定及び研究を推進するとともに(環境衛生研究部、障害臨床研究部、養成訓練部、病院部、環境放射生態学研究部)、救護要員等に対し、緊急被曝時の測定、防護、救護、被曝評価等について教育及び訓練を行った。(養成訓練部)

本年度における放射能調査研究に関する事項は、次のとおりである。

- (1) 環境、食品、人体の放射能レベル及び線量調査
- (2) 原子力施設周辺のレベル調査
- (3) 放射能データセンター業務
- (4) 放射能調査結果の評価に関する基礎調査
- (5) 環境放射線モニタリング技術者の研修
- (6) 緊急被曝測定・対策に関する調査等

9. 科学技術振興調整費による研究

科学技術振興調査費による研究については、科学技術会議の方針に沿って、放医研に役割が期待される研究テーマを実施した。

平成3年度継続の科学技術振興調査費による研究課題は、次のとおりである。

- [1] がん細胞の侵潤・転移機能解明のための基盤技術の解明
 - (1) がん細胞の浸潤機構の解析技術の研究
 - ① 周辺環境破壊機構の解析技術の研究
 - (i) 浸潤能の獲得機構の研究
(病院部 第I期 平成2年度～平成4年度)
 - (2) がん細胞の転移機構の解析技術の研究
 - ① 接着機構の解析技術の研究
 - (i) 組織親和性発現機構の解析技術の研究
(臨床研究部 第I期 平成2年度～平成4年度)
- [2] 海洋大循環の実態解明と総合観測システムに関する国際共同研究
 - (1) 海洋大循環の実態解明に関する観測解析研究
 - ① 海洋生物学的観測研究
 - (i) 海洋生物による鉛直物質輸送の実態解明に関する研究
(海洋放射生態学研究部 第I期 平成2年度～平成4年度)

また、上記研究課題のほか、重点基礎研究等を実

施した。

10. 官民特定共同研究

昭和61年度から発足した本研究については、国の機関以外の者と研究組織の枠を越えた共同研究を行い、効率的かつ効果的に研究開発を実施する。

本年度は、次の研究課題について継続して実施した。

1. 小核の自動検定システム開発に関する研究
(物理研究部、障害基礎研究部、生理病理研究部 平成元年度～平成3年度)

11. 電源多様化技術開発評価費による評価試験

アルファ廃棄物処理・処分対策技術の評価に資するため、本庁担当部局と協議しつつ技術評価の目標を明確化し、計画的に下記の課題を実施した。

1. アルファ廃棄物処理・処分対策技術に関する評価
(環境放射生態学研究部 平成2年度～平成6年度)

重粒子線がん治療体制の整備

放医研がこれまでに積み重ねてきた各種放射線によるがん治療の経験と実績を踏まえて、速中性子線の優れた生物効果と陽子線の鋭い線量分布の2つの特徴を併せ持つ重粒子線の早期利用を実現させるため、所外の専門家を含めた関係委員会の意見を取り入れ、関係各部の緊密な協力の下に、重粒子線がん治療装置の前段加速器、主加速器Ⅰ、Ⅱの製作、ビーム出射系、ビーム輸送系、治療・照射系、および制御系の製作を前年度に引き続き実施した。また、重粒子線棟の建設実施については基礎工事、建築・電気・設備工事1及び2を前年度に引き続き実施するとともに、新たに仕上・外構・電気・設備工事1に着手した。

さらに、重粒子線がん治療体制の整備を図るため、重粒子線がん治療施設の基本設計を実施するとともに、建設工事Ⅰに着手した。

(1) 装置各部の製作

装置を構成する前段加速器、主加速器、ビーム出射系、ビーム輸送系、治療・照射、制御系等の製作並びにそれらに必要な開発研究を前年度に引き続き実施した。また、装置の製作に必要な患者位置決め試験装置の試作試験を引き続き進めるとともに、高

エネルギービーム輸送系試作試験を開始した。

(2) 重粒子線棟の建設

装置建設の進展と併せて、その装置に適した建屋と必要附属設備について、実施計画の最終仕様のもとに、重粒子線棟の建築・電気・設備工事1及び2を前年度に引き続き行うとともに、新たに仕上・外構・電気・設備工事1に着手した。

(3) 重粒子線がん治療施設の建設

重粒子線がん治療施設の基本設計を実施するとともに、建設工事Ⅰに着手した。

国内外関係機関との交流

1. 客員研究官制度

本研究所においては、研究所の活性化及び研究業務の効率的効果的推進を図るため客員研究官制度を設けている。

本年度は、当研究所の最重点プロジェクトである重粒子線がん治療装置の開発等に外部の研究者を参加させ、同プロジェクトを強力に推進した。

2. 外来研究員制度

本研究所においては、所外の関連専門研究者に協力を得て、相互知見の交流と研究成果の一層の向上を図るため、外来研究員制度を設けている。

本年度は、次の課題について、それぞれ、担当する研究部に外来研究員を配属し、研究を推進した。

- (1) Gdによる熱中性子捕獲療法の開発に関する基礎的研究(物理研究部)
- (2) SORを利用したX線吸光分析による金属イオンの配位環境の研究(薬理化学研究部)
- (3) メダカ胚の眼胞分化に対する放射線照射の影響の細胞・生理学的研究(生物研究部)
- (4) 放射線発癌に及ぼす食餌制限の効果についての病理学的研究(生理病理研究部)
- (5) 放射性粒子の呼吸器内における溶解過程とその機序に関する研究(内部被ばく研究部)
- (6) PETによる細胞内情報伝達系の測定に関する研究(臨床研究部)
- (7) 重粒子線線量分布計算法の開発とその評価に関する研究(医用重粒子線研究部)
- (8) 日本人の一般公衆における低線量被曝の

健康影響に係わる疫学研究の基礎的なデータベースの構築（総括安全解析研究官）

- (9) 海中沈降粒子中の微量元素及び長寿命放射性核種量とその変動の研究（海洋放射生態学研究所）

3. 原子力研究国際交流

原子力開発利用長期計画(昭和62年6月決定)等に基づき、研究活動の一層の国際化を推進し、国際的な貢献を図った。

- (1) 日米、日独、日ソ、日伊等の科学技術協力等の傘の下で、また国際原子力機関等を通じ、在外研究員制度、外国人研究者招へい制度等により、関係研究分野における国際研究交流を推進。なお、重粒子線がん治療装置の開発に当たっては、米国、独国等の関係研究機関との国際研究交流を一層進めた。
- (2) 開発途上国等の協力として、原子力研究交流制度、RCA計画等に基づき、研究員の受け入れ、専門家の派遣を推進した。また、国際協力事業団のアイソトープ、放射線の医学、生物学利用コースによる研修についても、積極的に対応した。

技術支援

技術部においては、調査研究、診療等の遂行に必要な実験施設、共同実験用機器、電気・機械等施設の運用、維持管理、職員及び放射線施設の放射線安全管理、実験動植物の生産供給、飼育・栽培・検疫等及びこれらに関する施設の運用、医用サイクロトロン等の運用、附属設備の管理、増設施設の設備等の諸業務を行った。

- (1) 技術課においては、受変電、ボイラ、空調等基幹設備の効率的な運用及び構内電気設備等老朽化設備の計画的改修に努めた。また、内部被ばく実験棟におけるRI及びプルトニウムを用いた実験研究の実施に伴う同棟の安全かつ効果的な運用に努めた。
- 共同実験施設(測定・分析機器・放射線発生装置及びRI照射装置)の運用に関しては、機器・装置の計画的更新及び新規導入を行うとともに、これらの維持と適切な運用に努めた。データ処理業務では、電子計算機の更新を行い、その利用に関し、研究需要及び情報の管理、電送などのOA化の要望に対応する効率的な運用に努める

とともに、研究者への支援、指導を行った。

研究面では、ビーグル犬生産技術の開発及び医療情報処理システムの開発に関する研究を継続した。

- (2) 放射線安全課においては、経常業務の推進に努めるほか、放射線障害防止法に基づく諸規程の周知徹底と新単位による測定機器の整備・測定記録の整理及び個人被ばく管理の強化促進に努めた。

また、廃棄物処理業務に関しては、低レベル排水処理設備等の老朽化対策に努めた。

内部被ばく実験棟については、保安規定に基づき核燃料物資等の使用に関する安全対策の周知徹底を図り、同棟の効果的な運用を努めた。

- (3) 動植物管理課においては、実験研究に必要な実験動植物の安定した生産・供給に努めた。

また、系統維持の効率化のため、マウス受精卵の凍結保存及び関連技術の確立を図った。管理業務では、各種実験動物施設の効率的運用と衛生管理の強化に努めるとともに、老朽化対策を推進した。

研究面では、小動物の微生物管理・疫病管理に関する研究及び系統動物の各種特性を明らかにする研究を行った。

また、特別研究「公衆被曝のリスク評価に関する生物学的調査研究」、「重粒子線によるがん治療法に関する調査研究」等に参加した。

- (4) サイクロトロン管理課においては、サイクロトロンの円滑な運用に努めるとともに運転時間延長及び共同利用等、関係機関への開放に努め、運転・利用の充実を図った。また、短寿命RIの生産の一層の充実を図った。

技術運転関係業務では、垂直入射系イオン源の整備、サイクロトロン予備電源及び冷却系の改善等を行い、サイクロトロンの加速性能の維持向上を図る。また、サイクロトロン棟施設の実効ある管理運営を図るとともに、老朽化対策を推進した。

短寿命RI生産関係業務では、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{18}F 等の標識化合物の経常的な生産・供給に努めるとともに、自動合成装置用調剤装置等を整備し、作業者の放射線被ばくの低

減を図りつつ、短半減期放射性薬剤製造機能の一層の充実を図った。また、液体クロマトグラフ質量分析計を整備し、製品や製品原料の品質管理機能を充実させた。さらに、ホットラボ室の整備を総合的に調整し、短半減期放射製薬剤の円滑な供給を図った。

研究面ではサイクロトロンで加速する粒子、特に重イオンを安定に、かつ加速エネルギーの向上のため垂直入射イオン源の開発を行った。

また、前年度に引き続きポジトロン棟の内部整備を推進するとともに、放射性薬剤製造用自動合成装置の開発並びに標識反応中間体を効率のかつ高品質に製造するための技術開発を行った。

養成訓練

養成訓練部門については、関連各部の緊密な協力の下に、放射線防護、RIの医学的利用等に関する技術者の養成訓練のほかに、緊急被曝医療対策の一環として、緊急被曝救護等に係る要因の養成訓練等を実施した。

また、内外の養成訓練制度について、調査を進めるとともに、研修成果の向上を図るために必要な研究を行った。

診療業務

病院部は、予算定床78床、運営費333,078千円を基に、診療技術水準の維持向上と運営の円滑化、効率化に努めた。

このため、各領域ごとに、以下の諸項に重点を置き、診療・研究の遂行に遺漏のないように努めた。

- (1) 放射線障害研究においては、急性、晩発性の両障害の診療と追跡調査を実施するとともに、悪性腫瘍患者の診療にも関係する正常組織損傷の評価について臨床症例を重ね研究を進めた。
- (2) 放射線診断研究においては、ポジトロン

CT及びMRI（磁気共鳴映像法）の利用を含む画像診断全般について技術の向上を図った。

- (3) 放射線治療研究においては、速中性子線、陽子線治療症例等の集積・解析を進めるとともに、治療技術の改善向上に努めた。特に、重粒子線治療の適応を明かにする研究を重点的に進めた。更に、医用サイクロトロンの利用に関して、関係医療機関への開放の推進に努めた。
- (4) 特別診療研究に関しては、診断技術と治療技術の高精度化、診療業務のシステムを進め、本事業の一環として医療情報の処理及びその解析に関する研究を重点とした。
- (5) 重粒子線による悪性腫瘍に関する治療研究を円滑に推進するため、関係医療機関で構成される重粒子線治療ネットワーク会議を開催し治療研究の計画、実行等について審議した。この審議を踏まえて、所要の検討を行った。

以上を実施するに当たっては、広く所内・外の専門家の支援、協力が得られるよう緊密な連携に努めた。

緊急被曝医療対策

本研究所は、原子力安全委員会「原子力発電所等周辺防災対策について」(昭和55年6月)に示された緊急医療体制の整備等に関する施策の必要性に対応して、原子力発電所等の万一の緊急時における緊急医療対策の一環として、所内における体制の整備を行うとともに、緊急被曝医療のための設備、機器等の設備及び看護要因に対する養成訓練を行った。

また、原子力安全委員会の「ソ連原子力発電所事故調査特別委員会報告書」(昭和62年5月28日)を踏まえ、骨髄移植及び放射線火傷の治療の必要性が生じた際に対応するため、治療マニュアルの作成、ネットワークの構築、技術課題の検討等を行った。

II 調査研究業務

(1) 特別研究

1. 公衆被曝のリスク評価に関する生物学的調査研究

概 況

本研究は昭和63年度に発足し、本年度は5ヶ年計画の4年目に当たる。各グループの研究は下記のように順調に進捗している。

リスク評価のための実験グループでは、骨髄性白血病誘発における線量・線量率効果係数を求めるために低線量率照射後の生涯飼育を継続中であり、またカロリー制限による白血病発症率の修飾を検討中である。マウス胎仔の腹部に出現する白斑を指標としてトリチウムの生物効果比を測定中である。マウス受精卵の放射線感受性は細胞周期の時期によって変動し、カフェインによって種々の修飾を受けることを明らかにした。マウス胚細胞を接触阻止状態で照射した場合の突然変異誘発について線量効果関係を求めており、また放射線治療を受けた人の染色体異常を調べて局部照射の効果を明らかにした。

新技術グループでは、TL-2陽性細胞が前リンパ腫細胞になるためには新しい変異が必要であることを示した。胸腺におけるTリンパ球分化に対するIL-7の効果と骨髄性白血病における癌遺伝子発現異常と遺伝子構造異常について知見を得た。マウスDNA修復欠損を補償するヒトのゲノム領域を回収して染色体上の位置を決定し、また脆弱X症候群に関連する染色体部位の変異を明らかにした。マウス・リコンビナント近交系の1ラインは12代目に、5ラインは10代目に到達している。

内部被曝グループでは、原子力利用の保健物理上重要なプルトニウムの吸入毒性を中心課題に据え、エアロゾル発生から生物影響まで広範にわたる課題を対象に研究を進めた。本年度はプルトニウムのエアロゾルを発生させて酸化物とし、エアロゾル特性を同定すると共にその発がん量をラットに吸入させ、長期飼育によりプルトニウムの体内残留と排泄を観察し、死亡した動物の組織病理学的検索を行うなど本格実験を始めることができ

た。さらに、注射投与によるラットあるいはマウスにおけるプルトニウムの生物影響に関する研究も進展し、またビーグル犬にプルトニウムエアロゾルを吸入させる実験も開始できた。(佐藤弘毅)

(1) 放射線リスク評価のための実験的研究

1. 発がんに関する研究

① 低線量率被曝による発がんに関する研究

大津裕司、古瀬健、野田攸子、小林森、崎山比早子(生理病理研究部)、白貝彰宏(物理研究部)、安田徳一(遺伝研究部)

骨髄性白血病は放射線誘発実験腫瘍のなかでも、またヒトの疫学においても最も注目されている腫瘍の一つである。実験的放射線誘発骨髄性白血病に関する研究は当所生産のC3H/Heマウスを用いて関、吉田らによって方法論的に前特別研究において確立された。

本研究では当所生産のC3H/He雄マウスを8週令から全身に低線量率連続照射を行なう群と、同じく8週令で全身1回高線量率で照射を行なう群との2群とからなっている。

低線量率照射群は第1γ線棟内照射室でCs-137線源からのγ線で1日22時間照射された。1日線量率0.394Gy/日のA群、0.089のB群、0.021のC群の3線量率群とし、A群の蓄積線量は、1、2、4Gyの3群とした。B群は4Gy1群で、C群は2Gyと4Gyの2群とした。なお、無処置群を対照群としてもうけた。マウス群は合計7群、1群はほぼ250匹とした。マウスは照射後は飼育室で終生飼育が行なわれた。

高線量率照射群は線量率0.882Gy/分のCs-137線源からのγ線1回全身照射を行なった。線量は0.25、0.5、1、2、3、4、5Gyの7群と無処置対照群の合計8群、1群はほぼ130匹とした。

現在までの死亡マウスの検索の結果では、骨髄性白血病の発症は低線量率照射群ではA-4Gy群で140匹中4匹(2.7%)、C-4Gy群で、88匹中3匹(3.4%)、に発生が認められているが、無処置対照群を含む他の照射群には骨髄性白血病の

発生はみられていない。なお、4月末日までの死亡検索数は650匹である。

次に高線量率照射群では3 Gy照射群に57匹中17匹(29.8%)に骨髄性白血病の発生がみられたが、他群には検索数の少ないために同病の発生を認めていない。

今後各群とも照射マウスの大部分が骨髄性白血病の好発時期である照射後450~500日を迎えるので、同病による線量効果果が出来るものと期待している。

② 放射線による骨髄性白血病の発症に及ぼす食餌制限の効果に関する研究

吉田和子、根本久美恵、井上達*、西村まゆみ、荻生俊昭、佐渡敏彦(生理病理研究部、* 外来研究員)

C3H/He 雄マウスを10~12週令で3 Gy 全身1回照射を行なうと高率に(約25%)骨髄性白血病が発症するが、マウスに食餌制限を行なう事により、発症率を低下させる事が出来るか否か検討した。

実験群は通常食：放医研で通常使用している飼料一週間に約120Kcal、対照食：制限食に対する対照食、一週間に95Kcal、制限食A：照射時までは対照食、その後55~95Kcalの飼料で体重を25~27gにコントロールする、の3種類の給餌方法について、それぞれ10週令で3 Gy 全身1回照射及び非照射の計6群からなる。対照食と制限食は蛋白、脂肪、ミネラル、ビタミンは同量摂取する事となり、糖と炭水化物でカロリーをコントロールする方法を用いた。

現在実験途中であり、マウスは実験開始後約500日から720日経過している。現在までの死亡率は通常食・非照射群(CN)：35%、通常食・照射群(3N)：49%、対照食・非照射群(CC)：25%、対照食・照射群(3C)：42%、制限食・非照射群(CR)：17%、制限食・照射群(3R)：25%と制限食群での寿命の延長がみとめられている。骨髄性白血病の発症率についてはCN：0%、3N：20%、CC：0.6%、3C：14.4%、CR：0%、3R：3.9%、CR：0%、3R：2.7%であった。3Gy照射群間では制限食群で発症率は通常食、対照食群と比較して有意に減少している。

以上の結果より、3Gy照射によりマウスの寿命は短縮するが、照射前および照射後より食餌制限により体重を25~27gにコントロールすることにより平均寿命が延長することが示唆された。ま

た、骨髄性白血病の発症率は現在のところ制限食群において対照食、通常食群に較べてかなり低下しているため、食餌制限により白血病の発症率が低下する事を期待して見守っているが、少なくとも発症時期の延滞は観察されると考えられる。

[研究発表]

- (1) Seki, M., Yoshida, K., Nishimura, M. and Nemoto, K.: *Radiat. Res.* **127**, 146-149, 1991
- (2) 根本、吉田、西村、井上、佐渡：第34回日本放射線影響学会、東京、1991. 11.
- (3) Yoshida, K., Nemoto, K., Nishimura, M. and Sado, T.: International Conference on Radiation Effects and Protection, Mito, 1992. 3.
- (4) Nemoto, K., Yoshida, K. et. al. : 14th Annual Meeting of the Radiation Research Society, Salt Lake City, Utah, U.S.A. 1992. 3.

2. 遺伝的影響に関する研究

① 胎内トリチウム被曝による発生、分化異常に関する研究

山田武、田口泰子、広部知久、栗原靖之、藤井由布、江藤久美(生物研究部)

1) メダカ胚の細胞分化に対する連続照射と急照射の影響の比較

メダカ胚を受精3時間後から1.3 Gy/minの線量率で γ 線の連続照射をすると4日後の胚の眼胞が対照群より有意に小さくなった。また、これと同じ総線量を受精後3時間から24時間までに連続照射をした場合の眼胞サイズの減少がほぼ同じ程度であった。また、受精後4時間、1日、2日及び3日後の胚にX線を約2.2 Gy/minの線量率で急照射すると、眼胞形成異常や眼胞サイズの減少は卵割が盛んに行われている受精後4時間に照射をしたときに最も大きいことが示された。眼胞形成期(1日後)に照射された場合には、眼胞サイズの減少は大きくなかった。これらの結果は、連続照射の場合、受精1日後までの蓄積線量が眼径の減少に大きく働いていることを示している。

2) マウスのメラノサイトの分化に対する γ 線連続照射の影響

マウスの胎児に $^{60}\text{Co}-\gamma$ 線を急照射すると子孫において腹部に白斑がみられ、その白斑の頻度は γ 線の線量に応じて増加することがわかっ

ている。白斑部域にはメラノブラスト・メラノサイトが欠損することから放射線はこれらの細胞の分化を抑制することが示唆される。また、マウスの胎児に妊娠期間を通じてトリチウム水を飲料として与えた場合にも、トリチウム水の濃度に応じて腹部白斑の頻度が高まった。トリチウムのRBEを求めるためマウスの胎児に妊娠期間を通じて $^{137}\text{Cs}-\gamma$ 線を連続照射した。その結果、子孫にトリチウム水を与えた個体と同様な腹部白斑がみられた。その頻度は γ 線の線量に応じて増加した。現在これらの実験を継続しており、トリチウムのRBEを求める予定である。

3) 妊娠全期間中 $^{137}\text{Cs}-\gamma$ 線を連続照射した胎児の障害

マウスの発生に及ぼすトリチウムの影響を調べる実験において、トリチウムのRBEを求めるために、妊娠したマウスに妊娠第一日目から $^{137}\text{Cs}-\gamma$ 線を連続照射し(1.40-5.55Gy)、胎児のリッター数、母獣当りの吸収数、胎児の体重、脳重量、脳のタンパク量及びDNA量を調べた。リッター数は各線量で有意差は見られなかったものの、母獣当りの胎児吸収数は線量依存的に増加し、体重は、5.55Gy照射群、脳重量、脳のタンパク量及びDNA量は3.48Gy以上の照射群でコントロールとの有意差(P<0.05)が見られた。現在このような脳、中枢神経系への影響を指標として、妊娠全期間中トリチウム水を飲用させたマウスの胎児への影響を調べる実験を継続中である。

[研究発表]

- 1) 田口恭子、江藤久美：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.
- 2) 広部知久、周湘堯：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.
- 3) 藤井由布、山田武他：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.

② 哺乳類生殖細胞における遺伝障害の発現とリスク推定に関する研究

松田洋一、塩見忠博、(遺伝研究部)、北爪雅之(動植物管理課)、戸張巖夫(科学研究官)

- 1) S期およびG2期におけるマウス受精卵の放射線感受性
体外受精法によって得られたS期中期(媒精後7.5時間)とG2期中期(媒精後12時間)のマウ

ス受精卵にX線を照射し(S期:0.4-0.6Gy、G2期:2-3Gy)、誘発される染色体異常を一細胞期胚中期で調べたところ、S期に対しG2期はかなり抵抗性であった。この時期にX線を照射したときに観察される特徴は、著しい分裂遅延が引き起こされることである。X線を照射されたS期およびG2期受精卵にカフェイン(1mMと2mM)を処理したところ、分裂遅延は完全に解除され、その結果著しい染色分体型の染色体異常の増加が観察された。一方、S期前の前核形成期は放射線感受性が高いにもかかわらず分裂遅延がみられなかったが、明らかにカフェインによる修復効果がみられた。以上の結果から、S期とG2期に生じた放射線損傷に対するカフェインの効果は、分裂遅延の解除によって染色体異常を誘発すると考えられ、S期前に生じた放射線損傷に対するカフェインの効果とは異なると考えられる。

2) マウス種間雑種にみられる雄性不妊現象の遺伝的解析

実験用近交系マウス(*Mus musculus domesticus*)とヨーロッパ産野生マウス *Mus spretus* のF1雑種雌は妊性を有するにもかかわらず、雄は不妊となることが知られている。この現象の遺伝的要因を調べる目的で、不妊雄の精巢を用いて生殖細胞の第一減数分裂中期(M1期)における染色体対合像を観察した結果、高頻度のX染色体とY染色体の対合異常がみられ、精子形成はM1期で停止していることが判明した。妊性を有するF1雑種雌を用いて戻し交雑を行った結果、戻し交雑第一世代で妊性を有する雄個体と不妊の雄個体が分離し、それらの染色体対合像を調べた結果、XY染色体の対合異常と精子形成異常は完全な相関関係を示した。性染色体対合と妊性を支配する遺伝的要因をマッピングする目的で、X染色体上のDNAプローブを用いて戻し交雑第一世代の123個体についてサザン分析を行った結果、この遺伝的要因は、これまでにX染色体の最末端にマップされていたAmel(アメロゲン)遺伝子よりもさらに4.1センチモルガン遠位部に存在することが判明した。

[研究発表]

Matsuda, Y., Hirobe, T. and Chapman V. M.: *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)*, **88**, 4850-4854, 1991.

③ 低線量率照射による体細胞突然変異に関する研究

古野育子、村磯知採（生物研究部）、
松平寛通（所長）

増殖中のマウス白血病由来 L5178Y 細胞に、0.006Gy/時（37℃）のガンマー線を4週間連続照射すると、生残率の低下は認められないが、6チオグアニン耐性を指標にした突然変異誘発率は線量に比例して増加し、0.2Gy/時より高くなることを報告した。低線量率で長時間照射を行う場合、照射中の細胞増殖が突然変異誘発率に関与する可能性を検討するために、接触阻止能のあるマウス胎児由来の近二倍体細胞 m5S を用いた。m5S細胞をできるだけ長時間、定常状態で維持する条件を検討した結果、Hepes を含む培地で密栓培養し、線量率、0.013Gy/時（37℃）で最長4週間の照射が可能となった。

接触阻止状態の m5S 細胞を、30Gy/時（室温）、0.2Gy/時（37℃）、0.013Gy/時（37℃）の線量率のガンマー線を照射し、照射後の生残率と突然変異誘発率を測定した。生残率は線量率が低くなるに従い、照射の効果が減弱し、同一の線量で比べると、線量率が低いほど生残率は高くなった。0.013Gy/時の低線量率でも線量に比例して生残率は低下した。突然変異誘発率は、30Gy/時が最も高く、線量効果は直線二次的に増加した。0.2Gy/時では線量に直線的に比例したが、30Gy/時より低かった。0.013Gy/時でも線量に比例して増加したが、勾配は0.2Gy/時より小さかった（統計的有意差はない）。以上の結果から、定常期 m5S 細胞では、低線量率照射0.013Gy/時による突然変異誘発率は通常見られる線量率効果を示し、0.2Gy/時より高くはならなかった。線量率に多少の違いはあるが、定常期 m5S 細胞の低線量率照射に対する反応は L5178Y 細胞とは異なることが明らかになった。

[研究発表]

- (1) 古野、青木、松平：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.

④ ヒト集団の放射線被曝におけるリンパ球の細胞遺伝学的研究

早田勇、南久松真子、佐藤弘毅（障害基礎研究部）、中野隆史、恒元博（病院部）、白貝彰広（物理研究部）、青木芳朗（東京大学）、石原隆昭（特別研究員）

高度に医療技術が進んでいる我が国において公

衆被曝の中で医療被曝の占める割合は年ごとに増加してきている。末梢血リンパ球の染色体分析によって放射線被曝線量を推定する方法は、フィルムバッチなどの線量測定器を持たない一般人の被曝線量の推定法として最も優れた方法であり、良く研究されている。しかしながら、繰り返し被曝や身体の一部の被曝や、低線量の慢性被曝の場合等、被曝線量の推定とそのリスク評価については未解決の問題が多い。

本研究は、細胞遺伝学的手法を用いて医療被曝の正常組織細胞への障害の実態を明らかにすると共に、被曝線量が明確である放射線治療患者の末梢血リンパ球を解析し、被曝部位の違いや個人差等が末梢血リンパ球中の染色体異常の出現頻度に応じたような影響を与えるか等につき解析し、公衆被曝のリスク評価の基礎資料を得ることを目的としている。

昨年度までの解析により、放射線医学総合研究所病院部において放射線治療を行った子宮癌患者と頭部腫瘍患者の末梢血リンパ球に検出される染色体異常の出現頻度には、大きな差があることが明確になった。

平成3年度には、昨年度の症例で分析が終了していなかったものにつき分析を完了させると共に、新たに9例の子宮癌患者を分析し、昨年度までに分析した症例と合せ、合計20例の子宮癌患者と6例の頭部腫瘍患者について放射線治療の前、間、後における末梢血リンパ球の細胞遺伝学的解析を行った。

その結果、1、子宮癌患者では治療前すでに健常人より不安定型染色体異常（2動原体と環状染色体）がやや多く認められるが、頭部腫瘍患者ではその頻度は健常人と変わらないこと。2、X線1.8～2 Gy で一回治療照射した時点では、子宮癌例においては100細胞に1個程度、頭部腫瘍例においては200細胞に1個以下の割合で不安定型染色体異常が検出されること。3、放射線治療が完了した時点で両群の患者共、約1ヶ月の期間中に主にX線で1回1.8～2 Gy の割合で合計50 Gy 程度を頭部または下腹部に照射されているが、子宮癌例では100細胞に48個程度、頭部腫瘍例では100細胞に2個程度の不安定型染色体異常が検出されること。4、下腹部に照射されると頭部に照射された場合より不安定型染色体異常が照射野当たり多く出現すること。5、子宮癌治療例において60才以下と70才以上の例を比較すると高齢者の方が不安定型染色体異常の出現頻度が低いこ

と、等が明らかになった。以上の結果、末梢血リンパ球の染色体異常の出現頻度から被曝線量推定を行う場合、身体における被曝部位や、被曝時年齢により差が出ることを考慮する必要があることが明らかになった。今後、被曝後の時間経過と染色体異常の出現率の減少についても、解析する予定である。

〔研究発表〕

- (1) 早田、松岡：染色体学会1991年度会、長崎、1991. 10.
- (2) 早田、南久松、青木、中野、清水：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.

(2) 新技術の導入による放射線の影響とその修飾要因に関する分子・細胞生物学的研究

1. 発がんの機構と修飾に関する研究

① 放射線による胸腺リンパ腫の前リンパ腫細胞の発生と増殖に関する研究

武藤正弘、久保あい子、神作仁子、佐渡敏彦（生理病理研究部）

これまでにX線誘発胸腺リンパ腫の前リンパ腫細胞は、照射後かなり早い時期(4-8日目)に胸腺内に生じ、照射後21-31日目には63%以上の個体の胸腺に検出されること、さらに正常なB10系マウスの胸腺細胞では発現していないTL-2陽性の未熟な細胞に存在することを示してきた。さらに限界希釈した細胞の胸腺内移植法を使用して、すべてのTL-2陽性細胞は、がん化のイニシエーションを起こしているのではなく、TL-2陽性細胞の中から頻度の低い確率で、何らかのがん化への変化が生じて前リンパ腫細胞になることを示した。

次に発がんの機構を考える上で重要な点は、このようながん化のイニシエーションの生じる細胞は、1つの細胞から由来するのか、またはいくつかの細胞にがん化のイニシエーションが生じ、悪性化の段階で selection が働いて single clone となるのかという点である。このために20個体について、個体別にTL-2陽性細胞を分離し、限界希釈したこれらの細胞を、宿主の胸腺に移植した。この内7個体からの細胞から供与者由来のT細胞リンパ腫が36例生じた。そこでこれらのリンパ腫からDNAを抽出分離し、DNAを制限酵素EcoRIで消化し、Southern法でT細胞リセプターの種々のprobeを使用して、解析した。 γ 遺伝子については多くのリンパ腫でV γ 4J γ 1、

16.7kbやV γ 2J γ 2、15.8kbの共通のバンドが認められたが、 β 遺伝子については、J β 1やJ β 2などのprobeを使用して解析すると異なったバンドが、それぞれの個体から由来するリンパ腫の中で見られた。クローナリティについて、さらに詳しく調べるために、照射後28日目の1個体のTL-2陽性細胞を 10^4 または 10^3 移植して、宿主の胸腺から発生してきたD1-D6の6例の供与者由来T細胞リンパ腫について、 γ 遺伝子再配列結合領域のDNAシーケンシングを行なった。その結果、V γ 4J γ 1やV γ 2J γ 2の結合領域では、6例の内2例(D2, D3)の結合領域のDNA配列が、他(D1, D4-D6)のDNA配列と異なっていた。 β 鎖については、D2, D3とD1, D4-D6が異なった遺伝子再配列バンドを示していた。 α 遺伝子については、それぞれのリンパ腫からRNAを抽出し、cDNAを合成して、ライブラリーを作り、C α をprobeにしてクローニングを行い、DNA配列を決定した結果、それぞれのクローンはV α とJ α の異なった組合せの配列をしていた。以上の結果は、照射後初期においてmultipleに前リンパ腫細胞が生じるが、それが胸腺環境下で増殖していく過程で、1つの前がん細胞が選ばれてそれが最終的にmalignant T cell cloneとなることが示された。

〔研究発表〕

- (1) Muto, M., Kubo, E., Kamisaku, H. and Sado, T. : *J. Immunol.*, **144**, 849-853, 1990.
- (2) Sado, T. : International Symposium on "Radiation Carcinogenesis in the Whole Body System", Tokyo, 1990, 12.
- (3) Muto, M. : International Symposium on "Radiation Carcinogenesis in the Whole Body System", Tokyo, 1990, 12.
- (4) 武藤、久保、佐渡、清水、山岸：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991, 11.
- (5) 佐渡、神作、久保、武藤：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991, 11.
- (6) 武藤、山岸、久保、佐渡：第50回日本癌学会、東京、1990, 9.
- (7) Sado : International Conference on Radiation Effects and Protection, Mito, 1992, 3.
- (8) Muto, Kubo, Sado, Shimizu and Yamagishi : International Conference on Radiation Eff

ects and Protection, Mito, 1992, 3.

② 放射線誘発白血病リスクの修飾と低減化に関する研究

鈴木元、川瀬淑子、鷗沢玲子、明石真言、能勢正子、赤沼篤夫（障害臨床）、大津裕司（生理病理）

1) G-CSF の放射線誘発白血病リスクの修飾

3Gy 急照射した RFM マウスに照射直後より生理食塩水あるいはヒト・リコンビナント G-CSF 2 μ g を 7 日間腹腔内投与して、骨髄性白血病の頻度、発症時期におよぼす影響をみた。両群 204 匹および照射単独群（非投与群）152 匹で実験を行った。骨髄性白血病の発症頻度は、生食群 18.6%、G-CSF 群 15.7%、非投与群 15.8%、非照射群（112 匹）0% であった。以上の結果は、G-CSF がイニシエーション、初期プロモーション過程を大きく修飾することはないことを示唆する。また、G-CSF は急性放射線骨髄障害の治療薬として期待されているが、この場合にも白血病リスクを高めることがないと思われた。

2) IL-7 の胸腺細胞分化に与える影響

SCID マウスの胸腺からプロ T 細胞を調整して、IL-7 反応性を検討した。Thy-1^{lo}CD3⁻4⁻8⁻プロ T 細胞は、他の副刺激なしに IL-7 に反応して増殖すると同時に、Thy-1^{hi}, Pgp-1⁺, IL-2R⁺⁺ 細胞に分化する。一方、Thy-1^{hi}, Pgp-1⁺, IL-2R⁺⁺ 細胞は IL-7 反応性が低く、イオノマイシンによる副刺激の存在下で IL-7 に反応するようになり、1 回だけ分裂した。この時、Pgp-1, IL-2R のダウンレギュレーションが見られたが、CD2, CD3, CD4, CD8 などの発現は認められない。SCID マウスは、TCR 遺伝子再構成に障害を持つため、分化が進まなかった可能性がある。そこで、正常 BALB/c マウス新生児胸腺より、Thy-1^{hi}, Pgp-1⁺, IL-2R⁺⁺ 細胞を調整して、同様の実験を行った。BALB/c マウスの Thy-1^{hi}, Pgp-1⁺, IL-2R⁺⁺ 細胞をイオノマイシンと IL-7 で刺激すると、2 回以上分裂し、Pgp-1, IL-2R のダウンモジュレーションをおこし、CD2, CD8 を発現するようになった。この結果は、IL-7 がプロ T 細胞からプレ T 細胞への分化増殖因子であること、さらにイオノマイシンでミミックされる刺激と共同的に働くと、プレ T 細胞の分化因子として働くことを示す。この結果は、昨年観察した胎仔胸腺臓器培養系に IL-7 を添加した時の T 細胞分

化修飾結果と良く一致する。現在、イオノマイシンでミミックした刺激が、in vivo ではどのような膜分子によってもたらされているのか解析を進めている。

【研究報告】

(1) Suzuki, G., A. Uzawa, M. Hachiya, T. Sudo, N. Minato, M. Akashi and N. Matsushashi : Submitted .

③ 放射線によるオンコジーン活性化に関する研究

石原弘、常岡和子（薬理化学研究部）、東智康（生物研究部）、宮本忠昭（病院部）

放射線による発癌過程の分子機構を解析するためには特定の放射線誘発発癌系を設定したのちに分子マーカーとなり得る遺伝子の構造および機能の異常を同定し、これを単離することが必要である。本研究は放射線誘発マウス骨髄性白血病系を選定し、プロトオンコジーン類の構造および機能の異常の有無を検討した。

(1) 遺伝子発現異常

これまでにノザンプロットおよび in situ ハイブリダイゼーションを用いて分析を行ない、骨髄性白血病細胞に共通して c-myc および c-myb の発現異常が、また顆粒球様形質を示す白血病細胞に共通して c-fos および c-jun の発現異常が観察された。本年度は別種のオンコジーン類について検討を進め、c-Ha-ras 発現が白血病細胞共通形質であることを見出した。myc, myb および ras は増殖状態にある細胞内で高度に発現されることから、骨髄性白血病細胞の異常増殖を反映しているものと思われる。一方、顆粒球様白血病細胞株における c-fos の発現異常の原因を検討するために、c-fos RNA 回転速度を分析した。その結果、白血病細胞内では fos RNA の分解速度が低下しており、血清の存在により更に低下することが明らかとなった。細胞質の c-fos RNA プール量は未固定のヌクレアーゼにより選択的に調節されることが知られるが、顆粒球様白血病細胞ではこの調節系に欠陥のあることが示された。生体内の顆粒球様白血病細胞では本来速やかに分解されるべき c-fos RNA が血清成分により常に高レベルに依持されるものと考えられる。以上の発現形質は白血病プロモーション過程のマーカーとして利用可能であると思われる。

(2) 遺伝子構造異常

骨髓性白血病細胞についてオンコジーン12種、サイトカイン遺伝子10種、サイトカイン受容体遺伝子4種の遺伝子再編の有無を調べた。その結果、約半数の白血病細胞株においてc-fms上流配列に類似した未知の遺伝子に異常のあることが判明した。さらに、c-fmsキナーゼドメイン領域に類縁性をもつ未知遺伝子の異常が8割以上の白血病細胞株で観察された。このc-fmsキナーゼドメインの類似性から3種の同族遺伝子が知られている。したがってこのファミリーに属する遺伝子のいずれかが、白血病化にしたがって遺伝子再編を起こすことが示唆された。そこでBalb/cマウスゲノムDNAライブラリーからc-fms類縁遺伝子を8種類クローニングした。この各遺伝子の構造を次年度にかけて検討中である。

[研究発表]

- (1) 石原、Dimchev、常岡、色田：第64回日本生化学会大会、東京1991. 10

2. 遺伝的高リスク群の検出、モデル実験動物の開発に関する研究

① 放射線感受性に関するヒト・ゲノム解析研究

掘雅明、塩見忠博、高橋永一、辻 秀雄、松田洋一、安田徳一（遺伝研究部）

全ヒト遺伝子の染色体地図作製とDNA塩基配列決定を目指したヒト・ゲノム解析プロジェクトが国際的規模で開始されつつある。ヒト・ゲノム中には放射線誘発のDNA損傷に対する防護・修復機構が備わっているが、その機構に関わっている遺伝子群に欠損が生じると放射線高感受性となることが知られている。これらの遺伝子欠損の保因者は遺伝的高リスク群となる。本研究では遺伝的高リスク群を決定している放射線感受性遺伝子が座位するとヒト・ゲノム領域の構造解析を行う。

- (1) マウスDNA修復欠損変異を正常化させるヒト遺伝子の同定

マウスDNA修復欠損変異細胞に正常ヒト・ゲノムDNAを導入し、欠損変異を補償するヒト・ゲノム領域を同定し、その領域をすべて含むゲノムDNAクローンをファージ・ライブラリーより回収した。蛍光in situハイブリダイゼーション(FISH)法により、その放射線感受性遺伝子(ERCC5)がヒト13番染色体の13q 32.3-33.1領域に座位していることを確認した。さらに、その放射線感受性遺伝子のエキソン部分をプローブと

してcDNAライブラリーより修復活性能力を有する遺伝子領域を回収した。

(2) 電離放射線感受性遺伝子、AT (ataxia telangiectasia) 遺伝子領域の解析

AT遺伝子の座位はRFLPマーカーを用いた遺伝子リンケージ解析によりヒト11番染色体の11q23領域に推定されている。染色体顕微切断法を用いて、この11q23領域より染色体DNA断片を切り出し、クローン化する試みに着手した。染色体標本より、11q23領域を顕微鏡下で切断し、染色体断片よりゲノムDNAを回収し、リンカーおよびアダプターDNAと結合後、PCR法によりDNA増幅を行い、pUC119にクローン化した。約30%の効率でヒト11番染色体由来の単一コピークローンを得ることができた。

[研究発表]

- (1) 塩見、原田、斎藤、塩見：第63回日本遺伝学会、福岡、1991. 10.
- (2) 斎藤、原田、塩見、塩見：第14回日本分子生物学会、福岡1991. 12.
- (3) Hori, T., Takahashi, E., Tsuji, H., Yamauchi, M. and Murata, M.: International Conference on Radiation Effects Protection, Mito, 1992. 3.

② 遺伝的高リスク群の染色体不安定化関連ヒト遺伝子の研究

掘雅明、高橋永一、辻秀雄、辻さつき、(遺伝研究部)

遺伝的高リスク群の検出系の開発を目標に染色体不安定化の遺伝的素因と考えられるヒト染色体上の脆弱部位 (fragile site, FS と略す) とDNA代謝関連ヒト遺伝子群の同定を行い、染色体工学的、遺伝子工学的的手法を用いて、その機構と機能を解析する。本年度は、脆弱X症候群に関連するX染色体上の脆弱部位 (FRAXA) の解析を行った。脆弱X症候群はX染色体上の葉酸感受性FS、fra (X) (q27.3) と密接に関連している遺伝性疾患で、先天性の精神遅滞症のうちでダウン症候群について頻度の高い疾患である。

最近、FRAXA領域のDNA断片がクローン化され、その構造解析が進みつつある。我々もFRAXA領域の一部分をPCR法で増幅し、クローン化することに成功した。このPCR増幅DNAをプローブとしてFRAXA部位を含む約20kbのゲノム領域をカバーする2つのλファージ・クローンを分離した。両クローンともにfra

(X)(q27.3)の発現部位に存在することが FISH 法により確かめられた。さらに、脆弱 X 染色体と正常 X 染色体をその制限酵素断片長の差により明確に判別することができた。脆弱 X 染色体の DNA 断片長には患者間で差が認められた。また、同一患者において断片長の異なる複数バンドが検出される例が認められた。このことは FRAXA 領域の DNA 構造が不安定で、体細胞間で変異度が異なることを示唆している。

[研究発表]

- (1) 関、高橋、辻、橋本、掘：第63回日本遺伝学会、福岡、1991. 10.
- (2) Hori, T. : International Workshop on Recent Advances in Human Genome, Tokyo, 1992. 3.
- (3) Yamauchi, M., Seki, N. and Hori, T. : *Jpn. J. Hum. Genet.* (in press)
- (4) Seki, N., Tsuji, H., Takahashi, E., Yamauchi, M., Saito, T., Hashimoto, T., Yamamoto, K. and Hori, T. : *Cytogenet. Cell Genet.* (in press)

③ モデル実験動物の開発に関する研究

小林森、佐渡敏彦(生理病理研究部)、松本恒弥、岡本正則、松下悟(動植物管理課)、松田洋一(遺伝研究部)、広部知久(生物研究部)、研究協力者 富田静男、山田能政、桜田雅一(動植物管理課)

放射線感受性や被曝による晩発疾患発生に関わる遺伝的機構の解明手段としては、マウスリコンビナント近交系(マウス RIS)を用いる分析が極めて有効であろうと考えられる。本研究では昭和63年より C3H マウスと日本在来野生亜種の MOM マウスを親系統とした1組の RIS の育成を行っている。当初53組の交雑ラインを作り、以降各ライン内での兄妹交配による継代を重ねた結果、今年度は1ラインが12代目に、5ラインが10代目に、6ラインが8または9代目に各々到達した。しかし他の41ラインは繁殖力低下のため継代不能となった。繁殖力低下の原因を明らかにするため、病理組織学的な検討を開始した。

マウス RIS は多数の系統で構成されるため、それらの維持や病原体汚染に備えて、信頼性の高い系統保存技術や汚染動物浄化技術の確立が必要となる。我々は前年度末までに行った受精卵凍結

保存に関する各種調査・検討に基づき、今年度末までに8系統の凍結保存を完了した。汚染動物の浄化技術に関しては、既に確立した無菌精管結紮マウス作出技術に引き続き、今年度は CV マウスからの無菌的な受精卵移植法を新たに開発した。これらの技術を用いて、CV マウスから採取した受精卵を無菌受容雌に移植することにより無菌新生仔を得ることに成功した。

一方、我々は、放射線誘発胸腺腫高発系の B10.Thy -1.1 と低発系の STS を用いた発癌機構解明に有用なキメラマウス作出の実験系開発も行っている。両系統から成るキメラ胚作製に当り B10.Thy -1.1 系統の胚回収率が STS のそれに比して著しく低率なため、今年度は、充分な数の胚が得られるまで胚を凍結状態で集積し、これを用いてキメラ胚を作製する方法を検討した。結果は、B10.Thy -1.1 系では過排卵処理した個体数に対し交尾を認めた個体数、及び、これからの回収胚数は各々、197/266匹、333個であり、STS 系では30/54匹、383個となった。これらの凍結保存胚を融解した後、キメラ胚を作製し受容雌マウスに移植した結果、キメラ個体(B10.Thy-1.1 ↔ STS/A) 作出に成功した。本実験では、系統の組合せによりキメラの作出成績に差があること、及び、凍結保存由来の胚を用いたキメラ作出には、凍結中の胚の傷害等検討すべき点もあることが明らかになった。

[研究発表]

岡本、松本、山田、富田：第3回哺乳動物生殖工学研究会シンポジウム、東京、1991. 12.

(3) 超ウラン元素による内部被曝のリスク評価に関する調査研究

1. 超ウラン元素の代謝に関する比較毒性学的研究

① 超ウラン元素の呼吸器への沈着、代謝に関する研究

高橋千太郎、久保田善久、佐藤宏、山田裕司、小木曾洋一、稲葉次郎(内部被ばく研究部)

原子力産業の発展に伴い、プルトニウム等の超ウラン元素による内部被ばくの可能性が増大している。超ウラン元素は消化管からの吸収率が極めて低いので、主要な人体への摂取経路は呼吸器を介した吸入摂取である。国際放射線防護委員会(ICRP)は吸入された放射性粒子によって、呼吸器ならびに身体の各部が受ける線量を計算するた

め、気道内での粒子代謝モデルを勧告している。しかし、このモデルは比較的単純な数学モデルであって、生理学的な見地からは矛盾点も多い。本研究の目的は、既存の肺モデルによる線量評価の精度を向上させ、さらに、幼児等を含む一般公衆へも適用できる包括的な肺モデルを策定するため、比較生理学、毒性学的見地から気道内粒子挙動の機序を再検討し、放射性粒子に対する既存肺モデルを基礎とした、より適用範囲の広い高精度呼吸器代謝モデルを提示することである。すでに、 ^{198}Au -コロイド、 ^{59}Fe -水酸化コロイド、 $^{133}\text{BaSO}_4$ 粒子を用いて、気管・気管支部におけるこれら粒子の長期的な沈着、肺マクロファージの関与、ふん尿中排泄などを明らかにしてきた。さらに、培養肺マクロファージによる ^{239}Pu 水酸化物や ^{59}Fe -水酸化物の細胞内可溶化について検討した。本年度は、これらの粒子の細胞内溶解に及ぼす放射線の影響について検討するとともに、 ^{239}Pu -酸化物粒子を吸入したラットにおける種々の代謝パラメータを明らかにした。

(1) 細胞内粒子溶解に及ぼす外部 γ 線照射ならびに粒子自身から放出される β 線の影響について、培養肺マクロファージを用いて検討した。その結果、ラットの肺マクロファージでは ^{59}Fe -水酸化コロイドや ^{239}Pu -水酸化物重合体の細胞内溶解に50Gyまでの γ 線照射は有意な影響を示さず、また、1.5~6.0MBq/mgの範囲での比放射能の違いは、細胞内でのこれらの粒子の溶解に影響しないことが明らかになった。このことから、肺マクロファージ内での粒子の溶解は外部からの γ 線ならびに粒子自身の β 線の影響をあまり受けないことが示唆された。

(2) 吸入された酸化プルトニウムの呼吸器における挙動、身体各部への移行、ふん尿中への排泄等について、前年度に引き続き他グループと共同で実験を行った。現在、吸入後6ヵ月までのふん尿、ならびに主要臓器（肺、肝臓、脾臓、腎臓および胸腔リンパ節）におけるプルトニウム濃度の測定を完了した。

[研究発表]

- (1) 高橋：環境科学シンポジウム、東京、1991. 11.
- (2) 高橋、佐藤、小木曾、山田(裕)：日本保健物理学会第26回研究発表会、大阪、1991. 5.
- (3) Takahashi, S. and Sato, H. : *Hoken Butsuri*, **26**, 351-353, 1991.

- (4) Takahashi, S., Kubota, Y. and Sato, H. : *J. Radiat. Res.*, **32**, 262-266, 1991.

② 放射性エアロゾル粒子の肺沈着モデルに関する研究

山田裕司、久保田善久、高橋千太郎、福田俊、飯田治三、小泉彰、宮本勝宏、稲葉次郎（内部被ばく研究部）

放射性エアロゾル粒子の呼吸気道内沈着様式に関して適応範囲が広く精度の高いモデルを構築するため、動物実験としてラットへプルトニウムエアロゾルを吸入投与すると共に、ヒトの気管-気管支部を模擬する呼吸気道キャストを用いた工学モデル実験を実施した。

吸入実験については、一昨年度開始された酸化プルトニウムエアロゾルのラットへの鼻部曝露方式による吸入投与実験を定常化すると共に、本年度は、新たに中型動物用吸入実験装置がホットライン運転を開始した。中型動物用装置の動作原理は基本的に小動物と同一であるが、曝露部は動物の鼻・頭部形状に合わせた単独マスク方式を採用した。

一方、呼吸気道模擬キャストによるエアロゾル沈着モデル実験に関しては、ヒトの気管-気管支（TB）部について単分散エアロゾルによるキャスト内粒子沈着率測定を昨年度に引き続き実施した。実際の呼吸は吸気と呼気とが交互に入れ替わる往復呼吸であるにもかかわらず、これまでは一定流速の平均呼吸流量で呼吸を模擬してきた。本年度は、この点を特殊呼吸器により改善し、往復呼吸流のもとでの沈着率を再度測定し直した。さらに、平均呼吸流量を一定に保ちながら、呼吸数と一回換気量との組み合わせを変化させることにより、呼吸様式の違いが沈着に及ぼす影響を検討した。その結果、平均呼吸流量が毎分20L以下という比較的呼吸流量が少ない（軽作業時、休息時に相当する呼吸流量範囲）場合には、一定流速の呼吸時と沈着率と有意な差は観測されず呼吸様式による影響も認められなかった。

[研究発表]

- (1) 山田、小泉、宮本、佐藤、石樽、仲野、榎本、稲葉：第26回日本保健物理学会、堺、1991. 5.
- (2) 小泉、山田、宮本、稲葉：第8回エアロゾル科学・技術討論会、東京、1991. 8.
- (3) 山田、小泉：第8回エアロゾル科学・技術

討論会、東京、1991. 8.

- (4) Yamada, Y., Koizumi, A., Fukuda, S., Inaba, J. Cheng, Y. S.* and Yeh, H. C.*: 7th Int. Symp. on Inhaled Particles., Edinburgh. 1991. 9.
(* Lovelace ITRI, U. S. A.)

2. 超ウラン元素の生物効果に関する比較毒性学的研究

① アルファ放射体による組織微細線量評価に関する研究

石樽信人、仲野高志、榎本宏子、小木曾洋一、福田俊（内部被ばく研究部）

(A) 前年度より開発を進めてきた実験動物のプルトニウム体外計測法を用い、酸化プルトニウムを吸入したラットについて、肺における残留率を長期間追跡した。こうしたデータは、ラットを用いた発がん実験において、吸収線量を正確に評価するために必要不可欠な情報となる。また、酸化プルトニウムの肺における挙動の理解に基礎的データを提供する。

実験動物として12週齢のWistar系雌ラット4匹を使用した。空気力学的放射能中央径 $0.47\mu\text{m}$ 、幾何標準偏差2.1の多分散エアロゾルを、肺深部沈着量として1800 Bq から3000 Bq 吸入したものである。

現在までの結果が示すところによれば、肺深部における残留率は2成分の指数関数で近似され、初期沈着量の77%は半減期51日で、23%は825日でクリアランスされることが示された。これは、USAのPacific Northwest Lab. (PNL)の結果と比較し、かなり遅いクリアランス特性を示すものである。こうした不一致の理由として、①肺深部初期沈着量がPNLよりも我々の方が多いこと、②エアロゾル発生法が異なり、エアロゾル粒子の物理化学的性状が異なるかも知れないことが考えられるが、まだ明確とはなっておらず今後の課題である。なお、この測定は現在も継続中である。

(B) 超ウラン元素、ラドン娘核種等 α 放射体の吸入被曝のリスクの評価に必要な気管支部位の線量を計算し、気管支樹の分岐世代間の差異を比較した。

肺の形態モデルとして代表的なYeh-Shumのモデルを用い、気管支を円管と見なし、 α 放射体が表面に一樣に分布している場合について、気管支表面からある深さにある直系 $5\mu\text{m}$ の標的につ

いて計算した。

線量は分岐世代の進行に伴い少しずつ高くなっていくが、第8世代以降では、ほとんど差異が認められなかった。今後の課題として、①放射能面密度が一樣分布ではない場合、②分岐部の効果、について検討する必要がある。

〔研究発表〕

- (1) 石樽、仲野、榎本等：日本保健物理学会第26回研究発表会、堺、1991. 5.
- (2) 石樽、仲野、榎本、稲葉：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.
- (3) Ishigure, N., Nakano, T. and Enomoto, H.: *J. Radiat. Res.*, **32**, 404-416, 1991.

② 超ウラン元素の生物効果とその発現機構に関する比較毒性学的研究

小木曾洋一、福田俊、山田裕、飯田治三、石樽信人、仲野高志、榎本宏子、高橋千太郎、佐藤宏、山田裕司、小泉彰、稲葉次郎、（内部被ばく研究部）

超ウラン元素プルトニウムによる内部被曝の生物効果における標的細胞とそれに対する線量寄与および生物効果の指標との関連を明らかにすることが本研究の目的である。このため、被曝形式の重要性および体内分布の特異性から、プルトニウムを吸入曝露あるいは注射投与した動物の標的器官(肺、骨、造血系、肝)における発がん効果を検討する長期動物飼育実験を開始した。また、標的細胞レベルでの α 線の生物効果を検討するインビトロ照射実験を行った。その概要は以下の通りである。

(1) 酸化プルトニウム・エアロゾル (AMAD 0.4) を発生、体外計測法で推定500~2000 Bqの初期沈着量にて吸入させたラット120匹の長期飼育を開始した。これまでに、1000~2000 Bq 吸入群で、肺炎に加え、肺胞上皮細胞の腺様過形成が4例みとめられ、また、吸入後8~17ヶ月目で2例に肺腫瘍の発生が観察された。現在さらに生存する動物の肺腫瘍発生率を追跡中であり、500Bq以下での吸入実験群を追加する予定である。

(2) 血液移行したプルトニウムの骨および肝等網内系組織への特異的沈着分布にもとづく生物効果を検討するため、硝酸プルトニウムの注射投与・長期飼育実験を開始した。このうち、500~10000 Bq 投与したマウス (C3H) 120匹中4例

に、6～8ヶ月目でリンパ腫、リンパ性白血病および骨肉腫の発生をみとめ、さらに低線量域での腫瘍発生のスペクトルを追跡中である。また、ラットへの投与実験では骨、肝、腎等臓器沈着の年齢差がみとめられ、現在最終的な発がん効果との関連をX線照射による骨障害との比較もあわせて検討中である。

(3) α 線の肺胞細胞への生物効果を基準放射線(γ)と比較するため、肺胞マクロファージ・コロニー形成能を指標として、 ^{241}Am 密封線源からの α 線インビトロ照射を行った。その結果、 γ 線に対して抵抗性($\text{Do}=2.0$)のものが、 α 線では感受性($\text{Do}=0.5$)であることが明らかにされ、この照射系が標的細胞レベルでの線量効果およびRBEの検討に有用であることが示された。

[研究発表]

- (1) 小木曾、山田：日本放射線影響学会、東京、1991、11.
- (2) Oghiso, Y., Yamada, Y., Shibata, Y*.: *J.Radiat. Res.* **31**, 324-332, 1990 (*East Carolina University)
- (3) 福田、飯田：日本保健物理学会、大阪、1991. 5.
- (4) 福田、飯田、山田、小泉、宮本、佐藤、吉田*：日本保健物理学会、大阪、1991. 5. (*東京ニュークリアサービス).
- (5) Fukuda, S., Iida, H., Miyamoto, M., Tanabe, H*, Takahashi, H*.: 9th ICRR, Toronto, 1991. 7 (*Chiba University).

3. 内部被曝リスクの低減化に関する研究

① キレート剤による生体除染とリスク低減に関する研究

佐藤宏、福田俊、飯田治三、稲葉次郎、
(内部被ばく研究部)

放射性金属の吸収被曝時にはキレート剤の投与が効果的であり、種々の点で吸入法が実用的と考えられる。本研究では市販の吸入器を使用してキレート剤の吸入投与の効果を検討した。 ^{59}Fe -水酸化鉄コロイドをラット肺に投与し、2日目からCa-DTPAを週3回全身曝露した。その結果、対照群の糞及び尿への排泄率は、2日目の体内残留量を100%とした場合それぞれ0.20、0.045%/日で、28日間の総排泄量はそれぞれ5.6、0.099%であったが、吸入投与群の尿への排泄率は0.013%/日、総排泄量は0.28%で対照の2.8倍に

増加した。糞への排泄促進はみられなかった。Ca-DTPAの吸入はケージにエアロゾルを吸気ホースで導入するだけの非常に簡便な方法で実施したが、有効性が確認された。吸入投与は2日目から開始したが、実際は被曝直後に連日投与を開始すると考えられ、また、投与期間が4週間であり、投与を更に長期間継続して実施することを考慮すると十分な効果が期待できる。

一方、中国上海薬物研究所と共同で開発を進め、これまでにDTPAと比較して特に骨からの除去効果が高いことが確認されたCBMIDAや毒性が極めて低いかあるいは毒性のない新型カルシウム剤、比較としてのDTPAをPuを吸入や注射投与したラットに長期投与しながら発がんや障害の観察を続けており、これまでの結果非処置群ではPuによる発がんや障害にともなう死亡個体が確認されているが、除去剤を投与した群では影響はみられていない。これと並行して各除去剤の作用メカニズムについても検討を進めた。

- (1) Fukuda, S., Iida, H., Hseih, Y. and Chen, W. : *Hoken Butsurei*, **26**, 101-107, 1991.
- (2) Fukuda, S., Iida, H., Hseih, Y. and Chen, W. : *Hoken Butsurei*, **27**, 11-15, 1992.
- (3) 福田、飯田：日本保健物理学会第26回研究発表会、大阪、1991.5.
- (4) 福田：第23回放医研シンポジウム、千葉、1991.12.
- (5) 佐藤、高橋、稲葉：日本保健物理学会第26回研究発表会、大阪、1991.5.
- (6) 佐藤、高橋、稲葉：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991.11.

② 内部被曝個人モニタリングの改善に関する研究

小泉彰、山田裕司、宮本勝宏、福田俊、飯田治三 (内部被ばく研究部)

放射性物質の吸入による内部被曝は年々その重要性を増している。特にプルトニウムに代表されるアルファ核種による内部被曝では、摂取量に比して被曝線量(預託線量当量)が大きいにもかかわらず、計測技術に多くの問題が残されているため、被曝線量の評価に大きな不確定さが付随している。これらの問題のうち、本研究では、吸入されるエアロゾル粒子径分布(AMAD)と溶解性の2つを、日常的なモニタリングの中で知るため

の技術を確立し、内部被曝線量の評価の迅速化を図り、さらに評価の精度を向上させることを目的としている。

エアロゾル粒子の粒子径分布 (AMAD) は、肺深部沈着率を大きく左右するファクタであるが、通常のモニタリング手法では得られない情報である。そのため真の被曝線量と仮定に基づいた計算による評価値に大幅な誤差を生じる可能性がある。

一方、エアロゾル粒子の生体での溶解性も、肝臓、骨表面等の被曝線量を決定するファクタであるが、通常のモニタリング手法では摂取後バイオアッセイによって排泄量を長期間追跡しなければならず、精度の高い線量評価には長時間を要する。

本研究では、通常実施されている空気汚染量のモニタリングを多段のフィルタで行い、空気汚染の検出時に空気汚染濃度と同時にエアロゾル粒子の粒子径分布を得る解析法の確立を目標としている。また、粒子の溶解性については工学的な溶解性試験法 (Dissolution Test) を確立し、この方法

によって核燃料サイクルの各工学プロセスにおけるエアロゾル粒子の溶解性を測定し、データを予め準備することによって、迅速、かつ高い精度の線量評価を可能にすることを目標としている。

これまでに集塵用フィルタ (HE-40T) の、種々の面風速における透過率曲線を用い、種々の粒子径分布の放射性エアロゾルに対する除染係数 (DF) を数値計算によって算出した。一方、粒子径分布の測定された放射性金エアロゾルを3段フィルタでサンプリングし、解析によって得た粒子径分布と予め測定された粒子径分布とよく一致することを確認している。

本年度は、プルトニウムエアロゾルを HEPA フィルタで漉過し、透過する成分 (Pu量) を測定し、HEPA フィルタの粒子径別透過率と発生させた Pu エアロゾルの粒子径分布の関係から説明する実験を進めている。

[研究発表]

- (1) Yamada, Y., Koizumi, A. : *J. Jpn. Health Phys. Soc.*, **26**, 17-21, 1991.

2. 環境と食物連鎖に係わる公衆の被曝評価に関する調査研究

概 況

昭和63年度から5ヶ年計画で実施されている本特別研究は、青森県六ヶ所村に建設が予定されている核燃料再処理工場をはじめとする核燃料サイクル施設を重点に、原子力施設周辺環境と公衆の被曝線量評価に重要な情報を得るとともに、被曝の低減化に資することを目的としている。そのため、(1)放射性核種の環境中移行の解析とこれに必要な各種移行パラメータ群の算定、(2)年齢群別、性別代謝特性を含む日本人の身体的生理的特性を考慮した代謝モデルの設定に関する研究、(3)誘導限度設定のための線量当量評価モデルの開発、の3中課題につき9小課題を設けて研究を分担している。

平成3年度には、

(1) 沿岸海域での挙動に関しては、フィールド調査およびトレーサー実験により、微量安定元素ならびに天然および人工長半減期核種の生物濃縮を検討した。特に沿岸生物の動的解析に必要な代謝速度等のパラメータを算出した。

陸圏環境中での挙動に関しては、トレーサー実験によってヨウ素の土壌から水稲への移行係数について土壌種による変動を検討すると共に⁹⁹Tcについても水稲および陸稲の移行係数を求めた。またトリチウムの植物体内への移行係数、土壌表層中での有機形トリチウムの分解速度を求めた。(2) 人体および食品試料の分析結果から²²⁶Ra、²³²Th および²³⁸Uの1人1日あたりの摂取量の全国平均値を求め、実効線量当量を推定すると共に、標準日本人の器官重量をパラメータとして骨表面細胞および赤色骨髄における α 線年線量当量を算定した。また動物実験によって¹²⁵Sbの幼若期・胎児期の代謝特性を明らかにし、³H、¹⁴C化合物の母乳から乳幼児への移行と線量係数の試算を行った。

(3) 日本人の身体特性に適合した体内被曝線量計算システムの開発を行うと共に試作したファントムの¹³⁷Csに対する計数効率を求め年齢別¹³⁷Csの臓器・組織線量の算定を行った。また蛍光ガラス線量計の基本的特性を調べた。さらに体外・呼吸器被曝に影響を与える自然因子として降雨沈着で低下した大気中放射性核種濃度の回復所要時間の推定を行った。(鈴木謙)

(1) 環境安全評価のためのパラメータに関する調査研究

① 沿岸海域における安定元素および長半減期核種のキャラクタリゼーション

中村清、石川昌史、石井紀明、山田正俊、(海洋放射生態学研究部)、成田尚史*(科学技術特別研究員)、長屋裕(那珂湊支所長)

核燃料再処理施設などから放出される放射性物質の沿岸海域における挙動をその地域的特性を中心として解明することを目的とし、微量安定元素ならびに自然および人工の長寿命放射性核種の濃度、局在性、化学形およびこれらの変動を調査し、放出される放射性物質の挙動の類推を検討している

サザエやアワビのような海産巻貝類の軟体部中の金属元素は種によって大きな濃度差のみられることがこれまでの調査研究で分かっている。本年度は、濃度差の原因を明らかにするため海産巻貝24種について金属元素の体内分布を測定したところ、多くの元素が摂餌器官である歯舌に高濃度に蓄積されていることが分かった。特にヒザラガイ類やカサガイ類の歯舌中のFe濃度は10,000 ppmと非常に高く、筋肉と比べて1万倍近い濃度差がみられた。またCa、Na、Alは種によって大きな濃度差があり、特にCaの場合シライトマキバイが最も低くて760ppm、ヒザラガイが最も高く37,000 ppmと50倍もの差であった。歯舌中のFe、Ca、Cu等の元素の化学形について、X線回折法や広域X線吸収微細構造解析法(EX-AFS)等で検討している。

自然放射性核種としてはウラン系列の²¹⁰Pb、²¹⁰Poの濃度を測定した。試料は数ヶ月のオーダーで年齢推定の可能な二枚貝とし、茨城県大洗沖で採取されたチョウセンハマグリ、ワスレガイ、サラガイ、コタマガイを用いた。いずれの貝についても²¹⁰Poの濃縮係数は10⁴前後であった。一方、²¹⁰Pbはワスレガイを除いては²¹⁰Poの2桁下の濃度であった。²¹⁰Pbを特異的に濃縮していたワスレガイはMn、安定Pb等の金属成分と同様に腎臓の顆粒中に濃縮しているものと考えられる。チョウセンハマグリについて、成長段階別に²¹⁰Poを測定した結果、単位当り濃度は体重増加と共に減少する傾向が見られた。また減少の程度が安定元素の傾向とほぼ同様であったことから、ハマグリ²¹⁰Poの正味の取り込み速度と²¹⁰Poの放射壊変とがほぼバランスしているためと考えられる。

人口放射性核種については、青森県太平洋岸および茨城県沿岸海産生物中の^{239,240}Puおよび¹³⁷Csの測定を行なったが、地域差は認められなかった。

〔研究発表〕

- (1) 石井、石川、中原、松葉：日本水産学会誌、57、779-787。(1991)
- (2) Isikawa. M. et al. : Nippon Suisan Gak kaishi 57. 1813-1819 (1991)
- (3) 長屋、中村(清)、石井：海洋環境放射能総合評価事業報告書、青森県(1991)

② 沿岸海域における生物濃縮パラメータ

中村良一、平野茂樹、中原元和、松葉満江、鈴木讓(海洋放射生態学研究部)

原子力施設周辺海域に生息する生物の放射性物質濃縮パラメータの収集およびそれらパラメータの変動に関する情報は必ずしも十分とは言えない。フィールド試料の放射化学分析による生物濃縮パラメータの算出は現在の海洋放射能レベルが極めて低いために、多大な困難さを伴う。したがって、得られた濃縮パラメータは海洋放射生態学に貴重なデータであり、RIトレーサー実験によるデータとの比較検討に役立つ。

RIトレーサー実験では「マボヤによる餌からの放射性核種濃縮」と「マナマコによる放射性物質の蓄積」について調べた。両生物種共、新たな再処理施設の稼働が予定されている青森県沿岸より採取したもので食用種である。マボヤについては前年にも一部報告したが、今回は検討核種を増し餌からの濃縮だけに目的をしばって体内残留率の比較検討を行った。6核種でラベルした植物プランクトン(*Tetraselmis tetrahele*)を十分に投餌した直後にマボヤの放射能を測定し、その値を100%としてその後の経日的な測定値を体内残留率(%)とした。摂餌後24時間経過した時点での10個体の残留%の平均は¹³⁷Csが53.4%と高く、他は¹⁰³Ruが39.3%、⁵⁴Mnが36.9%、⁸⁵Srが34.9%、⁵⁷Coが30.8%であった。その後の全身からの排出は、¹³⁷Csと⁸⁵Srが速やかで、次いで⁵⁷Co、¹⁰³Ru、⁵⁴Mnであり⁶⁵Znが一番遅い排出を示した。

マナマコについては飼育海水に添加した5核種の蓄積を調べたが、濃縮係数は⁶⁵Znが5核種中最大値を¹³⁷Csが最小値を示し⁵⁷Co、⁵⁴Mn、¹⁰³Ruがその中間に位置するという海産生物一般に見られる蓄積傾向を示した。実測値の対数近似

曲線はいずれも2成分から成り、⁵⁷Coおよび¹⁰³Ruの長半減期成分の生物学的半減期は100日以上で、極めて遅い排出を示した。今回のマナマコは青森県産のため生息海域に即した水温(15℃)で実験したが、以前に⁶⁰Coで行った茨城県産マナマコの20℃の実験データと比較すると長半減期成分の生物学的半減期は2倍以上の長さを示し、代謝の遅いことが明らかになった。

フィールド試料の海藻中の⁹⁹Tcは那珂湊市の沿岸では2Bq/kg生から0.05Bq/kg生くらいの範囲で大きく変化することがわかっており、その変動の要因となる海水中の⁹⁹Tc濃度も200mBq/m³から検出限界(約10mBq)まで変化することがわかった。海水および海藻中の⁹⁹Tc濃度が共に変動するためにその濃縮係数を算定することは困難を伴うが、それぞれの濃度の1ヶ月間の平均値を用いて計算すると褐藻類の一種のウミトラノオでは7,000から8,000の値が得られる。また成長段階によりその値の変化する事もわかり、ウミトラノオの場合には成熟期である5、6月頃には20,000前後のCFを示す事がわかった。

食用となる褐藻のヒジキはウミトラノオよりかなり低い5,000程度のCFを示し、また、一部の地方で食用としているアラメのCFは2,000~3,000であった。

〔研究発表〕

- (1) 中村(良)、中原、鈴木：平成3年度日本水産学会秋季大会、岩手県気仙郡三陸町、1991. 10.
- (2) 鈴木、中村(良)、中原：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.
- (3) 平野：第35回放射化学討論会、大阪、1991.11.
- (4) 中原、中村(良)、鈴木：平成3年度日本水産学会秋季大会、岩手県気仙郡三陸町、1991. 10.
- (5) 鈴木、中村(良)、中原、平野：海洋放射能総合評価事業成果報告書、青森県、6-28. 1991.

③ 長半減期核種の農産物への移行パラメータの設定に関する調査研究

中島敏行、村松康行、内田滋夫、柳沢啓、吉田聡、住谷みさ子、横須賀節子(環放生部)

本年度も、¹²⁹Iと⁹⁹Tcに関する農作物への移行実験を実施した。

放射性ヨウ素の米への移行については、前年度までに、大気からの乾性及び湿性沈着と土壌からの経根吸収についてのデータを得ている。この中で、土壌から水稲への移行係数は、黒ボク土（東海村にて採取）を用いて求めたが、今年度は他の種類の土壌も用いて実験を行い、土壌種の違いによる移行係数の変動を検討した。トレーサーとして¹²⁵Iを土壌に添加し、水稲各部位を分け、¹²⁵Iの濃度を測定し、土壌（乾燥）との濃度の比である移行係数を求めた。その結果、玄米への移行係数は次の通りであった。灰色低地土（谷田部）：0.0033、細粒灰色低地土（水戸）：0.0018、水田黒ボク土（水戸）0.0060、黒ボク土（前年度も含めた東海村3土壌の平均）0.010であった。これらの値を比べると、黒ボク土のほうが灰色低地土よりも高い傾向にある。上に述べた4種類の土壌から得られた玄米への移行係数の平均は0.0053であった。また、土壌溶液中の¹²⁵I濃度とEhの時間変化を調べたところ、水稲の成長とともに濃度が増加し、Ehが下がっていることが観察された。

^{95m}Tc (TcO₄ 化学形) をトレーサーとして用い土壌に添加し、水稲及び陸稲への移行係数を求める実験を行った。その結果、水稲の玄米では^{95m}Tcは検出限界以下であり、その値から移行係数を推定すると、0.0001以下であった。下位葉では5であった。一方、陸稲の玄米への移行係数は、0.02であり、前年度求めた小麦と近い値を示した。また、陸稲の葉で120～230と高い値を示した。土壌溶液中の^{95m}Tcの濃度変化を調べたところ、水稲では、栽培開始後20日間で著しい低下がみられた。しかし、陸稲のポットのばあいは20日間で降に低下がはじまった。水稲の場合は、湛水することによりEhが下がり、TcO₄⁻（7価）が還元されTcO₂（4価）等の不溶性化合物になり土壌溶液中の濃度が下がるため、特に低い移行係数を示したと考えられる。

〔研究発表〕

- (1) Y. Muramatsu et al., RADIOISOTOPES, 40, 440-443, 1992.
- (2) 柳沢他：理工学における同位元素発表会、東京、1992.

④ 化学形を考慮したトリチウムの環境挙動 井上義和、宮本霧子、岩倉哲男（環境衛生研究部）

大気から食品への³Hの直接取り込み（汚染）の観測例（平成元年度報告）が、世界的に極めて

まれな事例であり、線量評価上看過出来ない移行過程と推定されたことから、前報を追試し機構を解明するため計画的な野外実験を実施した。日本産の穀類として精米、玄米、玄麦を、豆類として大豆と金時を選び、5種類の食品を1セットとし密封容器に入れ、合計4セットをカナダのチョークリバー研究所に送った。彼らの協力下に、4セットを開封し、施設内の実験室の机上で食品試料を一層に広げて空気中に曝露した。各セットの曝露期間を1、2、3、4週間と変化させ、残りの1セットは輸送途中の汚染が無いことを確認するため密封状態を保った。またシリカゲルトラップなどにより空気中の水蒸気を連続捕集し³Hの週平均濃度を測定するとともに、空気の温度、湿度も連続的に記録した。日本に返送後、まず減圧蒸留法で食品中の水分形³Hを分離した。乾燥有機試料を2分し、1部は交換性³Hを含む有機形³Hを評価するためそのまま酸素プラズマにより燃焼し、燃焼水として回収した。残りは曝露前の非交換性³Hを含む有機形³Hを評価するため、無³H水で洗浄し、乾燥後燃焼水として回収した。

測定データを解析した結果、密封状態で返送された食品の水分形³Hおよび有機形³Hは全て検出限界以下であったことから輸送途中の汚染は起こらなかったことが分かった。シリカゲルトラップからの回収水は、曝露時の空気水蒸気の³H濃度のレベルが、日本の約1000倍高いことを示した。第1週目は空気水蒸気の週間³H濃度と食品の水分の³H濃度は共に非常に低く、取り込みは無かった。空気中水分の³H濃度が第2週目から急激に上昇した後3、4週目にかけて漸減傾向を示したのに対応して、食品の水分も同様の時間変化を示し、取り込みが起こったことが分かった。曝露期間中の食品の含水率は、空気の相対湿度の変化に対応し、第1週に数%減少したが、その後1～2%の小幅で増減する変化を示した。これらの傾向は食品種間で共通であった。以上から、食品の大気中水蒸気形³Hの取り込みは、HTO分子の吸着→拡散→同位体交換反応→蒸発過程の繰り返しによることおよびその速度は、時間⁻¹～日⁻¹のオーダーと極めて速いことが示唆された。また、有機物中の交換性水素は、速やかに水分子の³Hと置換し、その含有率が有機物中水素の約30～40%と評価され、前報告と一致した。2～4週間曝露した食品の水分の濃度が、空気中の週平均³H濃度の0.9～1.9倍の範囲を示した。この現象の解析には、空気の相対湿度、³H濃度およ

び食品の水分の含有率とその³H濃度を時間単位で測定する必要があり、今後の課題である。

(2) 公衆のための代謝モデルの設定に関する研究

- ① 長半減期核種の食品一人体系における移行と体内分布並びに標準日本人の生理的特性
河村日佐男、白石久二雄、田中義一郎*
(*特別研究員)

公衆の体内被曝線量評価モデルの確立のため、データの少ないアクチノイド核種等の摂取と体内分布を解明するとともに超微量元素の摂取量等の測定を行ない、標準日本人の代謝モデル並びに各年齢の生理的特性等の標準値の設定に資することを目的とする。

前年度に引き続き、全国31地区の陰膳法による食餌試料の ICP-MS 分析から日本人成人の²³²Th および²³⁸U の1人1日当りの摂取アルファ放射能をそれぞれ1.7および8.8 mBqと推定できた。さらに²²⁶Ra の1日摂取量を推定した。日本食品中の²²⁶Ra の分析データは、Rn エマネーション法による値が報告されているが、本研究ではBa共沈、陽イオン交換分離およびα線スペクトロメトリーの組み合わせで定量した。検出感度はエマネーション法の約100倍で、微量Raの定量法と言える。全国31地区の試料を6地方にまとめて分析した結果、1人1日当り摂取放射能は、北日本、中部、関東、近畿、中国・四国、九州でそれぞれ21, 20, 23, 25, 28 および32 mBqであり、西日本に高い傾向が認められ、全国平均は25 mBqであった

1年間の推定摂取量から体内被曝量計算システム (IDES) を用い、²³²Th および²³⁸U について日本人成人男子の預託実効線量当量の推定を試み、それぞれ0.4および0.3 μSvと見積もられた。²²⁶Ra では ICRP Publication 30 の線量換算係数をそのまま日本人に適用して、3 μSvと推定した。

前年度に引き続いて、本年度は、成人(20~69才)における骨内の放射線感受性組織に対する²²⁶Ra のアルファ粒子による線量当量につき、標準日本人の器官重量を用いて検討を行なった。成人のメディアーン濃度 0.35 Bq/kg 灰分をもとに、ICRP Publication 30 の骨線算定モデルを用い、骨表面細胞細胞および赤色骨髄の重量をそれぞれ100 および1000g と仮定して、年線量当量を算定した。その結果、骨表面及び赤色骨髄に対してそれぞれ53および3.9 μSvであった。また²²⁶Rn

を始めとする娘核種からのアルファ粒子を含めた線量当量の合計値は骨表面および赤色骨髄でそれぞれ145および10 μSvであった。以上の算定値は、現行のの器官重量を用いて得られた値よりも、骨表面細胞で8%、赤色骨髄で35%大きく、本研究に関するかぎり ICRP 標準人をそのまま適用すれば、若干、線量当量の過小評価になることがわかった。

年齢段階0, 5, 10, 15 および20才における器官重量の標準値を検討するため各年齢の器官重量値の変動をならす必要が生じた。そこで、男子12器官、女子11器官につき、0-90才の間をいくつかの年齢幅に分けて、重量を年齢の関数として表現する試みが IBM の電算プログラムを用いて行なわれた。その結果、器官重量の年齢とともに成長するパターンがより鮮明に得られた(特別研究員)。

次年度は残った課題について検討をすすめ、まとめる予定である。

[研究発表]

- 1) 白石、五十嵐、高久、増田、吉清水：第45回日本栄養・食糧学会総会、京都、1991.5.
- 2) 白石、山本、吉清水、五十嵐、上野：第34回日本放射線影響学会、東京、1991.11.
- 3) Shiraishi, K., Nishimura, Y., Hongo, S., Yamaguchi, H., Yamamoto, M. and Yoshimizu, K. : 3rd Int. Conf. Radiat. Effects and Protection, Mito, 1992. 3.
- 4) Kawamura, H., Yamamoto, M, Igarashi, Y., Shiraishi, K., and Ueno, K. : Health Phys. 61, 615-622, 1991.
- 5) Kawamura, H., Tanaka, G, Shiraishi, K. and Yamamoto, M. : 3rd Int. Conf. Radiat. Effects and Protection, 1992. 3.

② .放射性物質の年齢群別体内代謝

西村義一、武田洋、湯川雅枝(環境衛生研究部) 稲葉次郎(内ばく研究部)、上島久正(養成訓練部)、市川龍資(特別研究員)

本研究の目的は放射性物質代謝の年齢依存性とその代謝機構を実験的に明らかにし、より精度の高い年齢群別線量係数を設定することである。一般公衆の中には胎児も含まれるが、現在、胎児に対する適当な線量評価法が確立されていないため、これを行うための基礎データを実験的、文献

的に取得することを昨年度に継続して行った。

今年度はチェルノブイリ事故の際に検出された¹²⁵Sb に関し、幼若期ならびに胎児期における代謝特性を明らかにする実験を行うとともに、線量計算に必要な情報の取得も併せて行った。さらにこれまでの実験等で、乳幼児での代謝パラメータが得られた核種については体内被曝線量計算システム (IDES) を用いて年齢群別の線量係数の試算を行った。

³H および ¹⁴C に関してはこれまでに無機形と有機形での両核種の妊娠母体から胎児、新生児への経胎盤移行に注目した動物実験を行ってきた。その結果、トリチウム水 (HTO) 以外の化合物については母体への投与後、胎児へ取り込まれた放射能の濃度は、母体主要臓器の放射能濃度とほぼ同じか、あるいはむしろ低いことが判明した。また、投与後の時間経過による放射能濃度の減少は母体臓器と比べ胎児の方が速い傾向がみられた。しかし、その減少速度は分娩を境にしてむしろ緩やかになり、分娩直後には一時的にその濃度が増加した。この結果は、物質の母子間移行が胎盤より母乳を介してよりスムーズに行われている可能性を示唆している。

そこで本年度は、分娩直後の母体にこれらの³H、¹⁴C 化合物を投与し、乳幼児への経母乳移行について調べた。乳幼児中の放射能濃度は母体への投与後急速に増加し、HTO の場合投与後 2～3 日目に、また³H-、¹⁴C- リジンおよび¹⁴C-重炭酸塩の場合投与後 3～4 日目に最高値に達した。この最高濃度値を³H と¹⁴C の各化合物の間で比較すると、³H- リジンは HTO より約 2 倍、¹⁴C- リジンは¹⁴C- 重炭酸塩より 30～40 倍高く、化学形による差が顕著に認められた。概して、無機形より有機形で母体に投与した場合に、³H や¹⁴C の乳幼児への移行率が高くなることが示唆された。乳幼児の組織間で最も高い放射能濃度が見られたのは、HTO 投与の場合血液で、その他の³H 及び¹⁴C 化合物では肝臓であったが、これらの放射能濃度を母体血液中の放射濃度と比較すると、投与後 3 日目から 5 日目の間に両者がほぼ同じレベルになり、¹⁴C- リジン投与の場合にはその後乳幼児の肝臓の方が母体血より高い濃度値を示すことが明らかになった。

得られた結果は ICRP Committee 2 の Task Group on Age Dependent Dose-Factor に反映され、ICRP Report に有益な情報を与えている。

[研究発表]

- (1) Inaba, J., Nishimura, Y., Takeda, H. and Takahashi. S. : Age-dependent Factors in the Biokinetics and Dosimetry of Radionuclides, 1991. 11. 5-8, Schloss Elmau.
- (2) Matsusaka, N., and Nishimura, Y. : Trace Elements in Man and Animals 7, 19. 9-19. 10. 1991
- (3) 武田、西村、稲葉：日本保健物理学会第26回研究発表会、大阪、1991. 5
- (4) 西村、稲葉、松坂：保健物理、26：147-153、1991

(3) 誘導限度設定のための被曝線量推定評価モデルの開発

① 体内被曝線量算定モデルの開発とデータベースの整備

本郷昭三、竹下 洋 (環境衛生研究部)、山口 寛 (物理研究部)、岩井 敏 (三菱原子力)

日本人の幼児 (1, 5 才)、若年 (10, 15 才)、成年の体格および ICRP の標準人について体内被曝線量を計算するシステム：IDES1 (体格変換法を用いた計算) はパーソナル・コンピュータ (PC) 上で開発されたものであるが、環境放射能迅速評価システム (ERENS) を用いてネットワーク化することにより、従来、大型コンピュータでしか扱えなかったような大きなファイルの取り扱いが PC でも可能となり、このネットワーク上で核データベース、代謝データベース、日本人の体格データベースなどの整備を行った。

これらのデータベースの整備により、従来文献を参照しながらパラメータを決定すべきところが、プログラム上から自動的に参照、決定できるようになった。

IDES は

- ① 体格変換法による線量計算
 - ② 数式ファントムを用いた線量計算
 - ③ シンボルファントムを用いた線量計算
- の 3 種類の線量計算方法がある。

① 体格変換法による計算 (IDES1) は、日本人の体格に相当する比吸収係数 (SAF) を計算する SAF, 比実行エネルギー (SEE) を計算する SEE, 変換の総数を計算する US, 臓器線量当量, 預託実効線量当量を計算する DOSE から構成されている。プログラム、種々のデータなどは既に

整備されており、各ステーションから利用可能である。現特研の最終年度に年齢別、核種別の線量換算係数(DOSEファクター)を求める予定である。

②数式ファントムを用いた線量計算(IDES2)は、新たに発表された日本人の体格データに基づいて日本人の数式ファントムを再設計中であるが、欧米人に比して、体重、身長は小さいにもかかわらず、個々の臓器は大きく、数式ファントムでは臓器が胴体からはみだすケースがみられ、現在検討中である。

③シンボルファントムを用いた線量計算(IDES3)は、②で求めた数式ファントムを基に個々の臓器をシンボル化してファントムを作成する。シンボル・ファントムでは臓器の形状を簡単に変更できるので、日本人のデータに即した、より現実に近いファントムが作成可能である。

なお、②③のファントムが完成後に光子シミュレーションを行い各臓器の吸収割合を求める予定である。

[研究発表]

- (1) 本郷, 山口, 竹下, 岩井: 日本放射線影響学会33回大会, 仙台, 1990, 10.
- (2) 竹下, 山口, 本郷, 岩井: 日本放射線影響学会33回大会, 仙台, 1990, 10.

② 公衆の実効線量当量算定法の確率

丸山隆司、野田豊、白貝彰宏、(物理研究部)、隈元芳一、(サイクロトロン管理課)、内山正史、中村裕司(総括安全解析研究官付)

(1) 乳幼児、小児および成人の¹³⁷Csによる体内被曝における臓器・組織線量の算定

体内放射能の測定は、8 inch × 4 inch NaI (TI) 検出器2個つきのヒューマンカウンタで行われている。体格による放射能測定値への影響を調べるため、3つの体格の人体型ファントムを試作した。それぞれのファントムには42Bq/kgの比放射能の¹³⁷Cs塩酸酸性溶液を満たした。これらの3ファントムと既存の成人用ファントムにつきヒューマンカウンタで放射能を測定した。ファントムの比重は1.08~1.09で、人体ときわめて近かった。これらの測定の結果から、基本的なデータとなる¹³⁷Csに対する計数効率を求め、計数効率と体格との相関を調べた。その結果を以下に示す。

①小サイズのファントムほど計数効率は大きい。

②計数効率と体格との間により相関が認められる。いくつかの体格パラメータに関する計数効率の回帰性のうちで体重の逆数及び身長に逆数に対する計数効率の多重回帰は最も高かった。

(2) 蛍光ガラス線量計の基本的特性

一般公衆の体外被曝線量測定に用いるため、蛍光ガラス線量計を購入したので、線量計の基本特性について引続き予備的測定を行った。測定精度などを比較するため、フィルムバッジと熱ルミネセンス線量計についても同様の測定を試みた。実効エネルギー60keVのX線、²⁴¹Am、⁶⁰Coおよび¹³⁷Csγ線について、3種類の線量計のファントム上でのレスポンスを調べた。

(3) 環境放射線のマイクロドシメトリ

中性子を含めた環境放射線に関する放射線荷重係数と線質計数との関係を明らかにするため、Rossi型比例係数管を用いてマイクロドシメトリの測定を引続き行っている。

(4) 年齢別の公衆の実効線量当量の算定

環境放射線による体外被曝からの公衆の実効線量当量を算定するには、平均的な公衆の日常モデルを知る必要がある。このため、2、3の地域について実態調査の予備調査を行っている。

(5) 新しいICRP勧告による実効線量

1990年に勧告されたICRP-60により、実効線量の算定に用いる組織荷重係数が改められた。ランドファントムを用い、X、γ線について測定した臓器・組織線量に基づいて実効線量を計算した。ファントムの中心位置での自由空気中での空気カーマに対する実効線量の比は、従来の実効線量当量に関する同様の比に比べてわずかに小さく、例えば、腹背方向の照射では100keV近辺で10%、1MeV近辺で3%程度小さいことがわかった。

[研究発表]

- (1) 丸山、隈元、野田: 第28回理工学における同位元素研究発表会、東京、1991
- (2) 内山、中村ほか: 第34回放射線影響学会、東京、1991

③ 体外、呼吸器被曝に影響を与える環境パラメータ

藤高和信、古川雅英、松本雅紀、阿部道子(環境衛生研究部)

空間放射線および大気放射能濃度の変動に最も大きな影響を与える自然因子の一つは気象である。特に降雨が大気中放射性物質を地面に沈着さ

せ、大気放射能濃度を一時的に低下させると共にバックグラウンド空間放射線レベルを上昇させることはよく知られている。従ってデータをうまく解析すれば空間放射線レベルの変動を大気放射能濃度変動を覗くモニタとして利用できる。当グループは放医研敷地内に直径 2 インチの NaI(Tl) 空間放射線モニタと光学計数型雨量計を並べて設置し、1985 年以来同時連続観測をしている。この雨量計の感度は原子力施設モニタリングで広く利用されている転倒ます型雨量計の 100 倍以上あり、降雨開始時と降雨停止時を正確に決定できる。人工放射線の寄与を含む恐れのあるデータは解析から除いてある。

降雨沈着によって低下した大気放射能濃度は回復までに時間がかかる。従って短時間を挟んで断続的に雨が降っても、各々の降雨開始時に空間放射線レベルが上昇するとは限らない。どれだけの無雨時間が経てば大気放射能濃度が回復するかを調べるには、「どれだけの時間が経てば次に降り始めた雨によって空間放射線レベルが著しく上昇するか」を調べればよい。今までに取得したデータ全て(約 300 例)を再整理し、降雨間隔とベースラインに対する相対上昇率 (%) の関係、及び

絶対上昇幅($\mu\text{R/h}$)の関係を調べたところ、降雨間隔が約3時間を越えると相対上昇率は 10 % を越える例が多くなり、その場合の絶対上昇幅は $1\mu\text{R/h}$ を越えるものが増すことが分かった。ベースラインに対する相対上昇率 10%、絶対上昇幅 $1\mu\text{R/h}$ というのは環境放射線モニタリングで容易に検出できる値である。もし降雨中のデータに 10%以上ないし $1\mu\text{R/h}$ のレベル上昇が見つかった場合は、その雨以前にあった無雨時間が 3 時間以上かどうかを検討する必要があることが示唆される(3 時間以下にも拘らずレベル上昇があった場合は発生源が存在した可能性がある)。

[研究発表]

- (1) 藤高、阿部:日本保健物理学会第26回研究発表会、堺、1991. 5.
- (2) 藤高、松本:ラドンシンポジウム、熊取、1991. 8.
- (3) 藤高、松本(環境衛生)、海宝(技術補助員)、阿部(日本分析センター): Fifth International Symposium on Natural Radiation Environment, Salzburg, 1991. 9.

3. 重粒子線によるがん治療法に関する調査研究

概 況

本研究における主要な業務は、重粒子線治療に必要な物理生物研究のデータを蓄え、治療計画のシステムを整備し、重粒子線治療の実行計画を練ることである。すなわち、重粒子線の吸収線量を評価し、線量分布測定法を確立するとともに、線量配分の決め手ともなる皮膚反応(マウス)と実験腫瘍のRBEを定めることが基礎研究領域の重点課題である。

一方、重粒子線を利用する精度の高い治療に対応できる再現性を確保するため、患者の固定から治療までの一連のシステム設計と、最適線量分布を計算する方法を確立する研究も基礎研究に劣らぬ重要な課題になっている。

HIMACを利用するに先立って、基礎研究は、理化学研究所(理研)のリングサイクロトロンを利用して行ない、臨床試行は当初ネオンビームを想定して行なわれることになった。

1. 重粒子線治療のための物理・生物学的基礎研究：

重粒子線治療は、ビームのBragg peakを拡げた状態、すなわち、spread out peak(SOP)を標的容積に合わせる方法で行なわれる。その前段階として、理研の炭酸イオン(135MeV/n)を用いて、SOPを形成するために必要な生物・物理研究が重点的に行なわれた。炭酸イオン(135MeV/n)のRBEは、平均すると1.4、拡大ピークと、上流ではそれぞれ1.5、1.8の値を示し、マウス皮膚反応と、OER(細胞)に関する研究も進んだ。

2. 重粒子線治療における核医学に関する基礎研究：

PETを利用して、癌の所在を生理学的画像情報としてとらえ、さらに脳の放射線損傷を定量的に診断するための基礎研究が行なわれた。さらに、炭素イオンの自放射化(autoactivation)を線量分布として検出することができた。

3. 重粒子線治療に関する臨床的研究：

昭和50年11月から平成3年12月までに2005名の患者が速中性子線治療を受け、昭和54年10月から平成3年12月までに78名の患者が陽子線治療を受けた。これまで速中性子線治療は週間3回のfractionation schemeで行なわれてきたが、daily fractionationによる効果確認の研究が局所進行型の喉頭癌を対象に行なわれて

いる。

患者の固定法、重粒子線の3次元治療計画法の研究と共に陽子線治療精度向上のため照射系の改装が行なわれた。

4. 重粒子線治療のための総合的調査研究：

重粒子線治療には、ヘリウム(^4He)からアルゴン(^{40}Ar)までのイオンが利用される予定である。臨床試行の当初に用いるイオンの種類、並びに重粒子線治療の実行計画につき調査と研究が行なわれた。(恒元 博)

(1) 重粒子線治療のための物理・生物学的基礎研究

① 重粒子線の線量評価及び線量分布に関する研究

平岡武, 星野一雄, 福村明史, 白貝彰宏, 喜多尾憲助, 川島勝弘, (物理研究部), 河内清光, 遠藤真広, 金井達明(医用重粒子線研究部), 中村譲, 古川重夫, (臨床研究部), 中野隆史, 佐藤眞一郎, 坂下邦雄, 柴山晃一(病院部),

(1) 阻止能の評価

重粒子線の線量測定に必要な物理パラメーターの一つ、阻止能の評価を行った。この場合、阻止物質の平均励起エネルギーが求められれば、その他は計算により精度良く阻止能が評価できる。70 MeV陽子線を用い、物質透過した場合と、物質がない場合の水中での深部線量分布を測定した。次に、エネルギーストラグリングや多重散乱の補正を理論値に加え、測定した線量分布に最も近い値を求め阻止能を評価した。電離箱の壁材やファントム材料として用いられる17種類の物質に対して、約0.5%の精度で阻止能を得ることができた。これらの陽子線に対する阻止能の値を、計算により重粒子線に変換して用いる。

(2) フラグメンテーション

高速重荷電粒子が厚い媒質に入射すると、媒質中の原子、分子との相互作用による電離・励起現象のほかに、入射粒子自身が原子核反応により破砕されるプロジェクトイルフラグメンテーション反応が起こる。この反応は一般に重い粒子ほど顕著であるが、核破砕の結果高い生物学的効果を持つ一次粒子は媒質中を通過する間に徐々に減少し、一方新たに発生した二次粒子は一次粒子の飛程の後方領域にまで到達する。したがって組織等価物質中で起こる重荷電粒子の原子核反応を定量的に評価することは、重粒子線によるがん治療の

観点から極めて重要であると考えられる。本年度はドイツ重イオン科学研究所 (GSI) との研究協力により、水フェントム中でのフラグメンテーション反応の実験を、治療ビームの候補の一つである 400MeV/u のネオンビームに対して実施した。その結果原子番号 4 以上の二次粒子が識別され、また一次粒子の平均自由行程はその飛程と同程度であること、そしてこれは原子核の幾何学段面積を基にして得られた半経験式によって計算される予測値と良く一致することが判明した。

[研究発表]

- (1) 平岡, 村越, 星野, 福村, 竹下, 川島 : 第61回物理部会大会, 京都, 1991. 4
- (2) Hiraoka, T., Kanai, T., Kawachi, K., Kawashima, K. : NIRS Int. Workshop on Heavy Charged Particle Therapy and Related Subjects, Chiba, 1991. 7.
- (3) Schall, I*., Scharadt, D*., Kraft, G*., Fukumura, A. : GSI Report 92-1, 1992 (*GSI)

② 重粒子線の初期過程および生物作用モデルに関する研究

丸山隆司、星野一雄、山口寛、野田豊、(物理研究部)、隈元芳一(サイクロトロン管理課)、河内清光、小川博嗣、佐藤健次、佐藤幸夫、金井達明(医用重粒子線研究部)、根井充(養成訓練部)

- (1) 重粒子線の生物効果を解析するモデルの開発
重粒子線による生物作用の解析のため、重粒子線により水中に生成される水ラジカルの収量の理論的推定を引続き検討した。現在開発中の拡散反応モデルはスパー(イオンやラジカルの局所的集り)の微視的空間分布が与えられれば実験値、例えばフリッケG値、で関連パラメタを最適化し、その関連パラメタを使い各種水ラジカルの収量を求めるといものである。スパーの微視的空間分布、または飛跡構造が問題の要である。飛跡構造を決定づけるものは二次電子放出に対する二重微分断面積で、しかもそれらの実験値は僅かしか存在せず、そのためにその理論的検討をも平行して開始した。それら飛跡構造が判明するまでの方策として、重粒子線の阻止能と放出二次電子のエネルギー分布及び陽子線に対する実験フリッケG値だけから、ヘリウム以上の重粒子線に対する水ラジカルの収量を推定する現象論モデルを検討した。核子当り 1-1000MeV、ヘリウムからウラ

ンまでの重粒子線に対する推定を試みた。現存する実験フリッケG値はこの現象論モデルではほぼ説明できる。この現象論モデルの意味付けが今後の課題の課題である。

(2) 重粒子線の生体物質中でのエネルギー付与

重粒子線は体内の原子核との衝突により二次粒子を発生する。その二次粒子は線量分布に大きな影響を与え、LETなど照射ビームの線量にも大きな作用を及ぼす。本年度は、照射ビームの線質を明かにするため、二次粒子の発生断面積の半経験式を作成し、その評価を行った。今後は評価した二次粒子発生断面積を用いて、線量分布、LET分布などの計算プログラムを開発する。

(3) 分布と粒子線束の測定

重粒子線の生体内エネルギー付与とスペクトロメータの設計の基礎資料とするため、理研の炭素(C)およびネオン(Ne)照射ポートを用い、比例計数管やシンチレーションカウンタなどにより、エネルギー付与(LET)分布および粒子線束を測定した。さらに、それらの測定結果から照射ビームの線質を実験的に評価した。

(4) 重粒子線の防護

重粒子線によるがん治療を安全に且つ効果的に行うため、放射線安全管理マニュアルなどを整備する必要がある。今年度も、重粒子線がん治療において患者と医療関係者を残留放射能などから防護するため、種々物質と重粒子との相互作用に関する基礎データの収集につとめた。

[研究発表]

- (1) 山口寛 : 重イオンによる水ラジカルの収量の理論的計算(2)、日本医学放射線学会、第62回物理部会大会、宮崎、1991. 10. 18
- (2) Yamaguchi H. : Estimation of Yields of Species in Water Irradiated by Heavy Charged Paeticles, Proceedings of International Conference on Evolution in Beam Application, Takasaki, 1991. 11. 5. pp. 676-681.
- (3) Kanai T. : (in press)

③ 粒子線治療関連機器に関する研究

河内清光、金井達明、遠藤真広、曾我文宣、蓑原伸一、河野俊之、小川博嗣、山田孝信、山田聰、佐藤幸夫、佐藤健次、板野明史、金沢光隆、高田栄一、野田耕司、平尾泰男(医用重粒子線研究部)、平岡 武、野田 豊、福村明史(物理研究部)、中村 謙(臨床研究部)、森田

新六、中野隆史、坂下邦雄(病院部)、須藤美智雄(客員研究官)

重粒子線治療に関する機器には未開発のものが様々あり、いくつかの機器については、重粒子線がん治療装置(HIMAC)の完成以前に、放医研サイクロトロン、または理研リングサイクロトロンを用いて試験を行っている。

理研リングサイクロトロン施設に設置した放医研の照射コースでは、平成3年度中に5回のマシンタイム(1回のマシンタイムは2~3日間の連続実験)が得られ、医学利用に必要な物理・生物の基礎的実験を行い、135 MeV/uの炭素線に関する様々の貴重なデータが得られた。HIMACビーム輸送系に用いるビーム・プロファイル・モニタは放医研サイクロトロンの陽子ビームで試験を行い106 ppsから1010 ppsまでの広域にわたって良好な精度でビーム形状を求めることができ、重粒子線治療に必要とする各核種のビームを制御するのに充分であることを確認した。

リッジフィルターの設計には、水中深さと線量、水中深さと生物効果、LETと生物効果及び深さとLETの各関係を正確に測定し、完全な物理・生物のデータベースを作ることが必要である。理研リングサイクロトロンで加速される135 MeV/uの炭素線を使ってそのデータベースを作り上げた。正確な水中深部線量分布は、水厚さを任意に設定できる水カラムを使い電離箱で測定した。LETは、粒子弁別装置の検出器のLET部分の測定結果を使用した。生物効果としては、生物グループの実験結果であるV79細胞の10%生残率を基にしたRBEを指標にとった。Braggピーク付近での生物効果の推定には、LET-RBE関係も基礎データベースとして併用した。

以上の単色エネルギー炭素線の各物理量・生物学的データから、リッジフィルターを使用した時の混合ビームの生物学的効果を予測し、約4cmの水中飛程のうち、3cm幅に拡幅した拡大Braggピーク内で生物学的効果が一定になるような、リッジフィルターを設計し製作した。このリッジフィルターについて、線量分布・LET・生物効果を測定し、生物効果は、拡大ピーク内で一定になっていることを確かめた。したがって、単色ビームのデータベースが揃っていれば満足できるリッジフィルターの設計が可能であることがわかった。

[研究発表]

- (1) Kanai, T. et al : ICMP IX, Kyoto, 1991
- (2) 金井達明 他 : 日医放、第61回物理部会、京都、1991
- (3) 金井達明 他 : 第34回放射線影響学会、東京、1991

④ 重粒子線に対する細胞感受性および障害回復に関する研究

安藤興一(臨床研究部)、五日市ひろみ、笠井清美、古澤佳也、福津久美子、坪井篤、小島栄一、田中薫、佐藤弘毅、(障害基礎研究部)、金井達明、河内清光、曾我文宣、蓑原伸一、(医用重粒子線研究部)、松本信二、古瀬雅子、(薬理化学研究部)、大山ハルミ、能勢正子、(障害臨床研究部)、根井充、(養成訓練部)、山口寛、(物理研究部)、田中泰子、(生物研究部)、大原弘(岡山大)

重粒子線による癌治療の基礎研究として、哺乳類培養細胞に対する重粒子線の致死作用に対する酸素効果に関する研究を行なった。

細胞はチャイニーズハムスタ由来 V79 細胞を用いた。重粒子線としては、放射線医学総合研究所サイクロトロンにて得られるプロトン線、ヘリウム-3線、カーボン線に加えて、理化学研究所リングサイクロトロンにて得られるカーボン線、ネオン線を用いた。試作した酸素置換用照射容器を用いて、X線でテストした結果、30分以上のガス置換時間で、酸素増感比(OER)として3の値を得た。そこで、置換時間40分を用いて以後の実験を行なうこととした。粒子線のLETが増加するとOERが減少し、カーボン線(LET=200-400 KeV/ μ m以上)では、約1.2となった。OERの減少の割合は、粒子の種類によって異なり、200keV/ μ m以下の範囲では、LETの等しい粒子間で比較すると、重い粒子の方がOERが大きい傾向が見られた。

次に、重粒子線による細胞失活率の推定値を求める方法について検討した。1倍体と2倍体の酵母を炭素線にて照射した。1倍体の酵母では線量域は異なるもののガンマ線と類似な生残率曲線となった。回復能力がある2倍体の細胞では、炭素線の入射端やブラッグ曲線平坦部の照射後、L-Qモデルの2次項が大きい生残率曲線であったが、ブラッグピーク領域では2次項が殆ど消失していた。

[研究発表]

- (1) 福津、古澤、金井、五日井、笠井、佐藤 : 日

本医学放射線学会第31回生物部会, 横浜,
1992, 4

- (2) 古瀬, 曾我, 松本, 第34回日本放射線影響学会, 東京, 1991, 10

⑤ 治療効果比の早期測定法に関する実験的・臨床的研究

安藤興一, 小池幸子, 古川重夫, 橋本隆裕,
(臨床研究部), 久保田進, 中野隆史, 岡邦
行, 向井稔, 宮本忠昭, 佐藤眞一郎, 柴山
晃一, 清水一範(病院部), 溝江純悦(障害
臨床研究部), 古瀬健, (生理病理研究部),
上島久正(養成訓練部), 金井達明(医用重
粒子線研究部), 小島栄一, 坪井篤, 田中
薫, (障害基礎研究部), 松下悟, (動植課)

医研重粒子炭素線を用いて、マウス移植腫瘍に
対する治療効果を調べるとともに、正常組織障害
に関する定量的検討を行なった。研究成果の概要
は下記の如くである。

(1) 炭素線 (135MeV/ 粒子) 拡大ピークのマウス
実験腫瘍に対する治療効果を調べた。炭素線は
加速されて体内に入射されると深部に高密度の電
離ピークを示し、生物効果が強い。臨床使用では
ピークを物理的に拡大するが、このときピーク中
の位置により生物効果が異なるとされている。炭
素線拡大ピークをレンジモジュレータで作成し、
腫瘍をピーク入射部 (約0.4cm)、ピーク上流部
(約1.6cm)、ピーク中央部 (約3.4cm) の3ヶ所
に腫瘍を置き1回照射した。その後経日的に腫瘍
体積の変化を調べ、腫瘍増殖遅延日数を各照射線
量毎に求めた。いずれの部位で照射しても線量-
効果関係が明瞭に認められ、高線量域では腫瘍の
完全消失と治癒が得られた。ガンマ線照射のデー
タと比較して、炭素線の生物効果比 (RBE) を求
めると、未拡大平坦部で1.4、拡大ピーク入射部
で1.5、拡大ピーク上流部で1.8、中央部で2.5で
あり、拡大ピークの有効性が確認された。

(2) 皮膚に対する炭素線および速中性子線の障害
を調べた。マウス下肢皮下に墨汁で2点入墨し、
皮膚照射後に入墨間距離を計測し、皮膚短縮率を
求めた。皮膚短縮は、照射後3週目頃から出現す
る。皮膚反応が終了した時点早期皮膚短縮とした。
炭素線 20keV/ μm から 100keV/ μm まで4
つの線型エネルギー付与 (LET) を変化させて
照射すると、LETの増大に伴い生物効果 (RB-
E) は大きくなった。また障害度が軽い時の
RBEは大きかった。100keV/ μm の炭素線

(135MeV/ 粒子) を用いると、皮膚表面から0.6
mm までしか照射されない。ガンマ線や速中性子
線のように下肢全体を通過するビームでは、下肢
拘縮は主に膝間接部の放射線障害により誘引され
ると考えられるが、この部位への照射を避けるこ
とができる粒子線は障害軽減化に有効であると思
えられる。また、皮膚短縮自体も深部到達度の弱
い炭素線では早く飽和した。一方、速中性子線の
皮膚障害を1年間調べたところ障害度の軽いとき
の RBE は大きく、炭素線と同様な結果であつた。
照射後1年の晩期になると、RBE はむしろ
小さくなっていた。これは、ガンマ線照射後の皮
膚短縮率の経時的進行が大きいことによる。皮膚
障害の機構は不明な点が多く、今後の検討を要す
るが、本研究により高 LET 粒子線の皮膚晩期障
害は比較的少ないことが示された。

(3) 造血器に対する炭素線照射効果を調べた。第
三代レンジモジュレータを用いて作った拡大
ピーク中央部にマウスを置き、全身照射した。4
時間後に骨髓および脾臓から細胞を取り出し多機
能幹細胞 (CFC-S) の感受性を *in vivo* で、巨
核球 (Meg-CFC) と顆粒球・マクロファージ
(GM-CFC) へ分化する幹細胞の感受性を *in
vitro* で調べた。X線と比較した炭素線の RBE を
脾臓について調べると、多機能幹細胞にしては約
1.0であったが、巨核球と顆粒球・マクロファ
ージ幹細胞に対して、より大きな値であった。

〔研究発表〕

- (1) 福田, 安藤他: 日本医学放射学会第30回生
物部会, 京都, 1991. 4,
(2) 小池, 安藤, 木元, 金井, 大原: 日本医学放
射線学会第30回生物部会, 京都,
1991. 4
(3) 安藤, 小池, 金井, 木元, 河内, 大原, 谷田
貝: 第50回日本癌学会, 東京, 1991、9
(4) 安藤, 小池, 松下, 増田: 第4回放射線腫瘍
学会, 千葉, 1991, 9
(5) 安藤: 第23回放射医研シンポジウム, 千葉,
1991, 12

(2) 重粒子線治療における核医学に関する基礎的
研究

① 放射性薬剤の開発

井上 修. 入江俊章. 福土 清. 山崎統四
郎 (臨床研究部)
鈴木和年 (サイクロトロン管理課)
北爪雅之 (動植物管理課)

渡辺恭良・尾上浩隆（大阪バイオサイエンス研究所）

本年度は昨年度に引き続き、腫瘍の質的診断を目的とした、新規放射性薬剤の開発研究と、トレーサによる放射線障害の機能診断法に関する研究を進めた。腫瘍診断用の放射性薬剤としてはメラノーマを始めとする腫瘍部位へのアミノ酸の取り込みを見るためのトレーサとして ^{13}N -Tyrosineの標識合成についての検討を行った。 ^{13}N -アンモニアを常法により製造し、Tyrosinaseを利用した酵素反応により ^{13}N -Tyrosineを標識した。PH、酵素量、アンモニア濃度等に関する反応条件を検討し最適条件を設定した。反応生成物を液体クロマトグラフィーにより単離精製し最終的には、約10m Ciの ^{13}N -Tyrosineを得ることができた。マウス及びサル脳における ^{13}N -Tyrosineの動態を測定し、アミノ酸代謝の測定に有用なトレーサであることが判った。一方、各種トレーサの腫瘍部位への取り込み率の測定や、治療効果の判定などの動物実験を遂行するにはPETが有用であり、今回 ^{13}N -アンモニアの動態測定を行った。 ^{13}N -アンモニアは正常肝組織と比較して、腫瘍部位に高く取り込まれかつ、長時間その集積は持続することから腫瘍内で何らかの代謝的トラッピングを受けていることが推定された。放射線照射に伴う脳機能障害の予知や診断への基礎知見を得るため、脳局所放射線照射ラットを作成し、核医学的方法による放射線照射の影響の評価を開始した。今回は、ラットの左前頭葉に、70 MeVの陽子線を円形の照射野で60Gyの1回照射を行った後、経時的（2,4,5.5 month）にトレーサー法を用いて脳血流（ ^{123}I -IMP）及び血液脳関門（ ^{14}C -AIB）の状態を照射側と非照射側比として調べた。脳血流は、照射後2ヶ月では脳のいずれの部位においても照射側/非照射側差は認められなかったが、5.5ヶ月では、大脳皮質及び線条体で照射側に有意な血流の低下がみられた。AIBの取り込みは、照射後2.4ヶ月ではあきらかな照射側/非照射側差を認めなかったが、5.5ヶ月では照射側各脳部位において著明な取り込みの亢進を認め、照射側における血液脳関門の障害が示唆された。

② 高分解能ポジトロン CT に関する研究

野原功全、富谷浩、山本幹男、村山秀雄（物理研究部）、山崎純四郎（臨床研究部）、遠藤真広（医用重粒子線研究部）、

田中栄一*（*特別研究員）

本研究はがん診断に必要な高分解能ポジトロン CT 装置の定量性を向上するための方式および装置の開発研究を行うことを目的としている。高分解能ポジトロン CT 装置の開発における問題は、画像マトリックスが細分化されることによって、絵素寸法が小さくなった分だけ画像の統計変動が大きくなって仕舞うことである。この問題を克服するには計数統計を稼ぐことであり、その一つの方法は検出効率を上げることである。検出効率を上げる手段はいろいろ考えられる。例えば、検出器のエネルギー弁別レベルを下げて感度を上げるとか、高密度、高原子番号の結晶を使用するなどであるが、これらの方法に比して一層効果的で有望な感度向上法は幾何学的検出効率を大きくすることである。

具体的には、リング検出型ポジトロン CT 装置の場合、検出器リング上の各検出器の同時計数をリング内だけでなく、全てのリングにわたって行わせることによりサンプリングを増やし、感度を増大させることができる。このような同時計数法はリング面内はもとより、その面を斜めに横切るサンプリングが存在し、3次元的なデータ収集をしていることになる。もとよりポジトロン消滅放射線は全方向に放出されるものであるから、この3次元的なデータ収集の方がむしろ自然である。このように3次元的なデータ収集と3次元の画像再構成を組み合わせた真の3次元ポジトロン CT 装置が考えられる。

ところで実際に使用される検出器は離散的であるため、サンプリングも離散的となる。そのためサンプリングの空間的不均一性が問題となる。とくに検出器リングが円筒形であれば、検出器リングの中心軸近傍のサンプリング密度は粗密が著しく、感度むらを生じる。検出器リングに機械的な走査を加えればこの問題はさけられる。しかし、3次元検出器のように大きな装置やダイナミック計測に対してはそのような機械的走査は好ましくない。そこでこの問題を避けるために、円筒上に配列された検出器の一部を半径方向に微小変位させることを発案し、その効果を模擬的な検出器リングについて検討した。その結果、サンプリングの粗密の問題はこの検出器微小変位の方法で克服できることを確認した。

[研究発表]

- (1) 村山, 野原: 放射線, 17, 98-105, 1991.
- (2) Nohara, N. and Murayama, H.: World

Congr. of Med. Phys. and Biomed. Eng., 9th Intern. Conf. on Med. Phys., Kyoto, 1991. 7.

- (3) 野原, 村山: 日医放第61回物理部会大会, 京都, 1991. 4.
- (4) 村山, 野原: 日医放第61回物理部会大会, 京都, 1991. 4
- (5) 野原, 村山: 日医放第62回物理部会大会, 宮崎, 1991.10
- (6) 野原, 村山: 第31回日本核医学会総会, 松山, 1991.10.
- (7) Endo, M., Fukuda., Suhara, T., Inuma, T., Yamasaki, T., Nohara, N., Ohgushi, A. *, Kumamoto, M. * and Inoue, S. *: Soc. of Nucl. Med. 38th Annual Meeting, Cincinnati, 1991.6. (*Hitachi Medical Corp.)
- (8) Inoue, S. *, Ohgushi, A. *, Kumamoto, M. *, Takakusa, Y. *, Nakamura, T. *, Tabuchi, H. *, Endo, M., Nohara, N., Suhara, T., Matsumoto, T. and Inuma, T. : World Cong. of Med. Phys. and Biomed. Eng., 9th Intern. Conf. on Med. Phys., Kyoto, 1991.7. (*Hitachi Medical Corp.)
- (9) 井上*, 高草*, 熊本*, 大串*, 遠藤, 須原, 松本, 野原, 飯沼, 山崎, 館野: 第31回日本核医学会総会, 松本, 1991.10. (*日立メディコ)

③ ラジオアクティブビーム等の利用に関する調査研究

富谷武浩、野原功全、村山秀雄、(物理研究部)、山田聡、佐藤幸夫、金井達明(医用重粒子線研究部)

重粒子線治療の線量分布を検証する手段として自己放射化、すなわち、重粒子線が標的物体を通過するさいに、放射化する現象を利用することが考えられる。各種の核反応のうち、入射粒子から中性子がもぎ取られ、ポジトロン放出核種が生成される核反応を利用すると、ポジトロンの消滅にともない放射される対ガンマー線を同時計測法により外部計測し、ポジトロンCTの手法によりポジトロン放出核種の空間分布を精度よく測定できる。

理化学研究所リング・サイクロトロンより得られる公称エネルギー核子当り 135MeV の ^{12}C ビームを利用し、ポリメチルメタアクリレート (ルーサイト) を標的として自己放射化で得られる ^{11}C の分布を 1 対のゲルマニウム酸ビスマス検出器を

用いて同時計測法により測定する実験を行った。生成核種は反応断面積から ^{11}C がもっとも収率が大きいと予想されるが、その他にも ^8B 、 ^9C 、 ^{10}C 、 ^{14}O 、 ^{15}O などが生ずる可能性があり、おのおの半減期が異なるため、同時計数をタイム・アナライザーを用いて測定し、アクティビティーの減衰特性を測定した。その結果を最尤推定法を用いて成分分析し、各核種のアクティビティーを決定した。また、ビーム進行方向の分布は標的を移動して、上記測定を繰り返し行った。その結果、① ^{11}C の分布はピークをなすこと、② ^8B 、 ^9C 、 ^{10}C 、 ^{15}O などの核種が減衰特性から同定できたこと、③ ^{11}C に比べ、その他の核種は半減期が短いため、照射終了後約 5 分経過すると他の核種はほぼ減衰すること、④ これらの結果から自己放射化をビームの終端位置推定に用いることは可能であること、⑤ ^{11}C の核反応断面積は数十 mb と推定され、きわめて収量は少ないことなどが判明した。なお、 ^{15}O は、標的であるルーサイト中の ^{16}O が放射化し、生じたものと推定される。

上記の実験は 1 対の検出器を用いた予備的な実験であるが、検出器の数を増し、検出効率を上げ、ポジトロン CT の原理を適用したとしても線量分布を推定するのに必要な程度の画質を得るには標的物体の吸収線量は通常の治療に用いる線量程度かまたはそれ以上必要であるため、被曝線量から自己放射化法は現実的ではないとの結論が得られた。

【研究発表】

- (1) 富谷, 須藤, 蓑原, 河野, 高田, 佐藤(幸), 山田(聡), 金井: 第61回日本医学放射線学会物理部会大会, 横浜, 1992. 4.

(3) 重粒子線治療に関する臨床的研究

① 重粒子線治療の評価法に関する研究

森田新六、恒元博、宮本忠昭、向井稔、久保田進、中野隆史、佐藤眞一郎、坂下邦雄、熊谷和正、柴山晃一、千尾武彦、石居隆義、清水わか子、杉田公(病院部)、中村譲、古川重夫(臨床研究部)、赤沼篤夫、溝江純悦(障害臨床研究部)、川島勝弘、平岡武(物理研究部)、河内清光、金井達明、遠藤真広(医用重粒子線研究部)、福久健二郎(技術部)

研究目的) 平成 5 年度の重粒子線がん治療開始に支障がないようにするため速中性子線、陽子線治療の臨床成績を分析、照射技術の改善、病歴管理

システムの研究、重粒子線治療対象疾患の選定など基礎的事項を具体的に検討した。

研究経過) 速中性子線による患者治療が継続され、1991年12月末迄に患者数は2005人に達した。本年度は治療を再評価する目的で①線量分布の改善(全身固定及び回転照射台の利用による斜照射の施行)、②1回小線量、多分割照射(喉頭癌T3症例に対する週5回、30回分割)、③肺癌の腺癌症例に対する効果の確認を行った。年度末にはコリメーターのオーバーホールが行われた。

陽子線治療では眼球メラノーマ中心の治療計画法、照射技術法の改善が行われている。特にマーカー刺入とX線による確認の方法が帝京大医市原病院眼科の協力によって確立した。

脳腫瘍の照射(エネルギー73MeV)が初めて行われ、成果を得た。

陽子線の総患者数は1991年12月末で78人となった。年度末には陽子線ポートのX線撮影装置が完成した。

病歴管理システムではオンライン化が検討されている。重粒子線治療の対象疾患を検討した。平成5年度末には第1例目の患者の照射を予定しているが、最初は垂直・水平ビーム室(B室)で、比較的表在性で組織構成の複雑でなく、動きの少ないしかも照射効果の観察の容易な部位、頭頸部腫瘍などが対象となる。使用ビームはネオンあるいはカーボンで、エネルギーを250MeV/n程度と考えている。

研究成果)

1) 速中性子線の週5回法で治療された喉頭癌症例は3例であるが、まだ経過観察期間が短く、症例数も不足なので今後更に経験を重ねなければならない。

2) 陽子線の眼球メラノーマ(27例)の平均2年10ヶ月観察期間の結果で、全例転移なく健在(100%)、7例に局所制御と17例の増殖停止か部分退縮(92%)、2例に再発(8%)、強度の障害は5例(19%)、5例が眼球摘出(19%)、2例再発、3例緑内障、白内障1例、視力の完全消失8例(31%)

[研究発表]

1) Tsunemoto, H, et al, Indications of particle radiation therapy in the treatment of carcinoma of the esophagus. Int. J Radiation Oncology Biol. Phys. vol 22 pp 321-324, 1991

2) 溝江、粒子線治療の患者固定法とその開発

日放腫会誌3, Supple 2, 放治システム研究193-194, 1991

3) 中野他、70MeV陽子線による眼のがんの治療成績について、日放腫会誌3, Supple 2, 放治システム研究189-192, 1991

② 重粒子線治療システムの開発に関する研究
遠藤真広、金井達明、養原伸一、河内清光、伊藤浩子*(医用重粒子線研究部)、福村明史(物理研究部)、飯沼武、中村譲、池平博夫、古川重夫(臨床研究部)、赤沼篤夫、溝江純悦(障害臨床研究部)、福久健二郎(技術部)、森田新六、久保田進、中野隆史、佐藤真一郎、坂下邦夫、熊谷和正、柴山晃一、千尾武彦、石居隆義(病院部)(*外来研究員)

重粒子線治療においては重要臓器に近接する腫瘍を治療するため、3次元的な画像を利用して治療計画をたて、それにもとずいて治療を実施することが不可欠である。本グループは画像診断、治療計画、実行治療を一連の過程として円滑確実に行うシステムを開発することを目的として、それに関連する研究を行っている。以下に今年度の成果について述べる。

(1) 3次元重粒子線治療計画装置の開発

重粒子線治療の実行に際しては、3次元画像(X線CT, MRI, PETなど)を用いて治療計画を行い、重粒子線のエネルギー、照射方向、照射野の形状、線量配分などをあらかじめ決めておく必要がある。この治療計画においては、1)3次元画像上に腫瘍や重要臓器を入力する機能、2)3次元表示をリアルタイムに変化させて重要臓器は避け腫瘍にのみ線量が集中するような照射方向や形状を決定する virtual simulation の機能、3)3次元線量分布を高速に計算し表示すると同時に dose volume ヒストグラムなどを用いて解析する機能などが必要である。この様な機能を有する3次元重粒子線治療計画装置を開発するため、今年度はグラフィックワークステーション TITAN 750V を導入し、その上で要素となるソフトウェアを開発し、個々の性能について試験した。

(2) 画像位置合せ法の開発

重粒子線の治療計画においては、標的や重要臓器を軟部組織の分解能の良いMRI(または造影X線CT)で決め、線量計算は電子密度を反映する単純X線CTで行うことが要求される。また、

生理学的情報を得るためには、PET 画像上に病巣領域や臓器を正確に同定することが要求される。このような要求を満たすためには、異なるモダリティで得られた画像を正確に位置合せし、標的領域などを相互に移転する方法を開発する必要がある。前年度に引き続いて本研究を行い、体表の3次元の形状をもとに位置合せをする方法を開発し、その試験を行った。

(3) 患者固定法の開発

重粒子線治療においては、重要臓器を避けて照射を行うためには、ポートに合わせて患者の体位を変える必要がある。このため、その体位を再現し保持する機構の開発が重要である。従来は頭頸部の固定法を重点的に研究してきたが、今年度よりカプセルを用いる全身固定法の開発に着手し、中性子ポートにおいて実際に使用した。

[研究発表]

- (1) Endo, M., Minohara, S., Kanai, T. et al : World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. Kyoto, 1991. 7
- (2) Minohara, S., Endo, M., Kanai, T. et al : World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. Kyoto, 1991. 7

③ ポジトロン CT ・ MRI 等の臨床応用に関する研究

山崎統四郎、池平博夫、須原哲也、橋本隆裕、宍戸文男、井上修、飯沼武、古川重夫、館野之男(臨床研究部)、遠藤真広(医用重粒子線研究部)、鈴木和年(サイクロトロン管理課)、恒元博、宮本忠昭(病院部)

- (1) MRIによる微小肝転移巣検出能の検討
肝機能評価のためのMRI造影剤として1985年に開発したGd-HIDAを用いて微小肝腫瘍検出能の評価研究を開始した。Gd-HIDAは肝細胞親和性の経胆道排泄性のMRI造影試薬であるが、これを微小肝腫瘍の描出を目的として3mmol/kg用いた。ラット肝に経静脈的に腫瘍細胞を移植し、T1強調画像によって観察した。肝内の微小腫瘍は1mmφのものまで明瞭に描出され、微小肝腫瘍の検出での有効性が示唆された。
- (2) 他核種MRIの腫瘍診断への応用¹
重水素：重水としての造影効果の画像化に成功し、静注後の腫瘍への重水集積の速度から腫瘍血流量の評価を検討中である。¹⁹F：腫瘍親和性が

高い酸素増感剤に¹⁹Fを標識し、これによる検討を行なっている。²³Na：これは細胞内、外の存在状態で緩和時間が著しく異なり、それら2成分の情報を正確に捉え画像化できれば、種々の病態での細胞容積の変化を知ることができる。そこでエコー時間を1.9msecとした疑似的な細胞内Na画像によって、脳腫瘍症例を撮影し、腫瘍と浮腫および脳実質との区別がプロトンMRIに比べて明瞭であることを示した。

(3) ポジトロン画像とMR画像の重ね合わせ

ポジトロンCTを用いた脳腫瘍診断は、腫瘍の性質や拡がりを知ることを1つの目的としている。一方ポジトロンCTは、方法論上の制約から、形態学的情報を知る上では、理想的なものとは言えない。そこで形態情報を得る上で優れているMRI情報を、ポジトロンCT画像と重ね合わせることを目的として、基礎検討を行なった。従来のPET装置はZ軸方向の分解能が悪く、MRI画像との重ね合わせに適当でないことから、今回の検討に際しては、これが6mmと従来装置の2倍で、15のスライス面が同時に測定可能なものを用いた。トレーサにはムスカリン性アセチルコリンレセプターに結合し、広く大脳皮質に分布する¹¹C-NMPB(Nメチルピペリジルベンジレート)を用いた。MRIとの重ね合わせは、OMラインを基準として、また大脳の輪郭を指標として、2次元画像で行なった。PET画像単独では、3次元表示も行なっているが、今後は3次元的な重ね合わせについても検討していく予定である。

[研究発表]

- (1) Hashimoto T., Ikehira H., Fukuda H. et al. Magnetic Resonance Imaging 9, 577, 1991
 - (2) Endo M., Fukuda H., Suhara T. et al. J. N. M. 32, 1061, 1991.
- ### (4) 重粒子線がん治療の総合的調査研究

宮本忠昭、恒元博、森田新六、向井稔、中野隆史、佐藤眞一郎、坂下邦雄(病院部)、溝江純悦、(障害臨床研究部)、中村謙、安藤興一、古川重夫、館野之男(臨床研究部)、河内清光、遠藤真広、金井達明、平尾泰男(重粒子線研究部)

重粒子特研も3年度となり平成5年度の臨床試行の足音が近づいてきた。所の方針に依り、特研と所外研究者との研究交流および協力機関であった粒子線研究委員会が廃止され重粒子ネットワーク

ク会議およびその関連会議に移行が計られた。粒子線研究会の下部組織である臨床部会は移行ができる状態にあったが、物理部会、生物部会はこれに代れるものが準備されていなかったため、特研として91年8月31日、重粒子治療研究セミナーを開いてこれに当てた。これに関連して、重粒子特研は、平成5年度の臨床試行の実行を先導するプロジェクト研究であることが再確認された。改めて特研各研究班の研究目的および役割が見直され、臨床試行開始を先導する研究と他の研究に分けて取り組むことになった。その結果、①照射系リッジフィルター等の製作に関する研究、②重粒子線の線量測定に関する研究、③前臨床生物実験に関する研究、④重粒子治療システム構築に関する研究に重点を置くこととなった。特に治療システム構築研究では患者固定に関する研究が遅れていたため速中性子治療の再トライアルと連係して技術開発に力点が置かれた。また、システム全体をどのように構築するか、すでに開発が先行している照射系のハードおよび治療台の製作とどう整合させるかを専門的に検討するため当研究班の下に、平成4年1月10日、重粒子システム検討委員会（中村譲委員長）が結成され具体的な討議がなされた。このような総合的調整研究により、臨床試行にとり組む特研の要点が明らかにされた。

すなわち、臨床試行は、重粒子がん治療装置（HIMAC）のB室に特研で開発した研究用の治療装置を整備して行う。頭頸部腫瘍に対してネオンイオンを用いて開始する。照射は全身固定法による多門照射とCT照合を基本とする。治療計画装置はタイタンを用い、これが計算したパラメーターでボーラス、コリメーターを製作する。線量測定は三次元線量分布評価装置を用いる。前臨床試行は犬を用いて線量分布のチェックを行いマウス皮膚に分割照射を行いRBE値の決定を行う等である。一方、速中性子線を用いてhigh LETの腫瘍効果と障害の再評価が開始され、喉頭癌T₃に対する週5回法トライアル、肺腺癌、骨肉腫と対するトライアル、皮膚および神経障害に対する調査研究が行われ、重粒子線がん治療の対象疾患の選定および障害予測について重粒子ネットワーク会議へ提出する討議資料の蓄積がなされた。また筑波大陽子線治療グループとの協力関係を強めるため肝癌の陽子線治療のプロトコールづくりを行った。

宮本忠昭 他 粒子線治療施設の有効利用に関する総合的評価：粒子線治療の臨床試行と粒子線治療施設の有効利用について 日放腫会誌 3. SUPPLE 2 放治システム研究：199 - 206. 1991.

4. 低線量域における線量効果関係の実証に関する予備的研究

概 況

本特別研究は平成2年度より4ヶ年の計画で、まず放射線の晩発効果特に発癌の線量効果関係の実証を主要な研究目標としてスタートしたが、平成3年度からは新たに遺伝的影響について線量効果関係を実証するための研究を追加することになった。

発癌効果に関しては、昨年度の報告で述べたように、放射線による晩発障害の誘発に関して最も高い感受性を示す新生児のマウスに比較的高線量域から25ラドまでのガンマ線を照射して、終生飼育し、寿命短縮および腫瘍発生を尺度として、放射線による晩発障害発生の線量効果関係を明らかにすると共に、放射線の晩発障害の生涯リスクを定量的に解析する方法を確立することを目的として研究を進めている。そのために、従来から継続中の実験群について得られたデータをもとにして、晩発障害リスクの解析方法の検討を進める一方で、新しく照射群を設定してそれらのマウスの終生飼育を進めている。この群のマウスが全部死に終わるまでには、されに2年半が必要である。本年度は、晩発障害のデータ解析の方法論的検討に大きな進展があった。

一方、本年度から新たにスタートした遺伝的影響の研究では、従来のマウスその他の実験動物に直接に放射線を照射し、その子孫への影響を調べる代わりに、放射線の影響を感度よく検出する実験モデル動物の作出のための方法論の確立を当面の主要な目標とした。すなわち、放射線に対する感受性を支配しているヒトあるいはマウス遺伝子をクローン化して、さらに最近の遺伝子操作および発生工学の技術を用いて、放射線に高感受性のマウスを作成することを、本特別研究の主要な目的とした。将来は、このような方法で作出された放射線高感受性マウスを使って、低線量放射線の影響を定量的に解析することを考えている。初年度が終わった現在までのところ研究は計画通り順調に進んでいる。

(佐渡敏彦)

(1) 低線量域における発癌の線量効果関係実証に関する予備的研究

佐々木俊作、島田義也、荻生俊昭(生理病理研究部)

この予備的研究の第一の目的は放射線による晩発影響全般ならびに発癌効果を正確に把握するための方法論の確立である。この検討にはこれまでに得られている実験データを用いている。第二の目的はこれまでの関連の実験を拡張してより低い線量の影響についてのデータを得ることである。平成3年度は本研究の2年目であり、データ解析の方法論的検討に進展があった。

晩発影響の全般的な尺度として全死因に関する寄与危険度(attributable risk)が優れている。これは放射線に被曝した集団の死亡の何パーセントが放射線に起因するかを示す尺度であり、年齢別死亡率の増加から計算する。寄与危険度は特定の疾患についても勿論適用できる。新生児期に γ 線を0.95Gy照射されたB6C3F₁雌マウスにおける全死因に関する寄与危険度は38%と推定された。線量5.7Gyにおける寄与危険度は97%であり、線量効果関係の形は上に凸である。新生児期照射と若い成年期照射の場合の線量効果関係を曲線回帰により相互に比較して、新生児の方が約2倍感感性が高いという結論を得た。

発癌効果の尺度としての単純発生率はそれなりの意義を持つものではあるが、死因競合の影響を受けるので正確な尺度ではないことはこれまでも指摘されてきた。これを克服するために様々な方法が提案されているのでこれらについて検討を加えた。その結果、累積ハザード法による解析が論理的にも実際的にも無理がないという一応の結論に達した。発癌効果は累積相対リスクを尺度として新生児期の照射による肺腫瘍、肝腫瘍、下垂体腫瘍、卵巣腫瘍ならびにリンパ腫の誘発に関する線量効果関係を得た。これまでに得られている0.95Gyから5.7Gyまでのデータを解析の対象とした。線量効果関係の形は一見したところでは多様である。肝腫瘍と下垂体腫瘍の場合は直線に近い関係である。肺腫瘍と卵巣腫瘍の誘発に関する線量効果関係はこの線量範囲で上に凸であって、ある線量以上でプラトーとなる。リンパ腫の場合は下に凸となる線量効果関係である。これらの全てを従来のLQKモデルにより説明することは困難である。これまでとは考え方の異なる一つのモデルについて検討を重ねている。発癌抑止力が線量に応じて指数関数的に減少し、残存抑止力の程度によって発癌効果の大きさが決まるというモデルである。これを数式に表し、実験データがかなりよく合うことを確めた。解析を進めるためにはこれまでよりも低線量側のデータが必要であり現在行

なっている実験の結果が待たれる。

(2) 遺伝的影響に関する予備的研究

塩見忠博、松田洋一、原田良信、斉藤俊行
(遺伝研究部)

低線量域の遺伝的影響をマウス等の実験動物を用いて行うためには、膨大な数の動物を必要とする。このような研究を本格的に実施するためには、放射線影響を鋭敏に検出できる実験系の確立が不可欠であると思われる。放射線に高感受性となったマウス系統を樹立することが出来れば、これらのマウスは放射線の生物影響を個体レベルで鋭敏に検出し研究するのに最適の材料になると期待される。

近年、多分化能を有するマウス胚幹 (ES) 細胞に遺伝子ターゲティング法を用い特定の遺伝子にのみ突然変異を導入した変異 ES 細胞株を樹立し、さらに ES 細胞をマウス受精卵(胚盤胞胚)に微量注入し、それから変異マウス個体を作製する方法が開発されてきた。理論的には、この方法を用いると、マウスの遺伝子をクローン化すれば、その遺伝子を欠損したマウスを作製することが可能になってきた。われわれの研究グループでは、これまでにヒトの紫外線型 DNA 損傷修復に関与する遺伝子 (ERCC5) のクローニング及び対応するヒト cDNA の分離に成功してきた。そ

こで放射線感受性マウス作製のモデルケースとして ERCC5 遺伝子を欠いた修復欠損マウス作製を目指し研究を開始した。まず、ERCC5 のマウス相同遺伝子の単離を目指した。マウスの肝臓 RNA から cDNA ライブラリーを作製しヒト ERCC5 の cDNA をプローブとして約150万クローンのスクリーニングを行い、10個の陽性 cDNA クローンを得た。このうち最長の cDNA は 2.8Kb であった。このクローンの塩基配列を決定し、ヒト ERCC5 の cDNA 塩基配列と比較すると全長にわたって相同性が保たれていることが判った。このことは、分離したマウス cDNA が ERCC5 のマウス相同遺伝子の cDNA であることを強く示唆している。

〔研究発表〕

- (1) 塩見、原田、斉藤、塩見：第63回日本遺伝学会、福岡、1991.10.
- (2) 斉藤、原田、塩見、塩見：第63回日本遺伝学会、福岡、1991.10.
- (3) 原田、古屋、斉藤、塩見：第63回日本遺伝学会、福岡、1991.10.
- (4) 塩見、塩見、原田、斉藤：第34回日本放射線影響学会、東京、1991.11.
- (5) 塩見：蛋白質・核酸・酵素 36 2277-2280、1991.

(2) 指 定 研 究

1. 放射線誘発乳腺腫瘍の発生制御に関する研究 稲野宏志、鈴木桂子、石井洋子、池田清美 (薬理化学研究部)、荻生俊昭(生理病理研究部)

Wistar 系ラットの放射線誘発乳腺腫瘍は妊娠時被曝や授乳時被曝に特異性が高く、これは、下垂体ホルモンや卵巣ホルモンに応答している乳腺細胞が放射線によるイニシエーションを受け易いことを示唆している。本指定研究では放射線による腫瘍の高頻度発生が確認されている授乳期のラットにコバルト-60 で全身照射し、その線量効果を調べ、また、発生した腫瘍の染色体を分析した。

分娩後21日間授乳し、仔を離れた直後に0、10、50、100、150、210、260、350 cGyの γ 線を(15cGy/min)を全身照射した。約1ヶ月後からジエチルスチルベストロール (DES) ペレット(DES, 5mg, コレステロール, 45mg含有)を背部皮下に埋め込み、2ヶ月ごとに新しいペレットと交換しながら乳腺腫瘍の発生を触診により1年間観察した。腫瘍の発生は、0 cGy (3/11=27%), 10 cGy (3/24=12%), 50 cGy (6/19=32%), 100 cGy (11/22=50%), 150 cGy (17/20=85%), 210 cGy (10/11=91%), 260 cGy (17/17=100%), 350 cGy (5/5=100%)を示した。発生率は150 cGyまで線量に依存して直線的に増加した。0cGy照射(対照群)についてはラットの匹数をふやして追加実験中である。発生した腫瘍は直径が約2cmになったら摘出し、組織学的に腺腫と腺がんに分類した。0-350 cGyの範囲内では被曝線量と腺がん発生率は相関を示さなかった。

260cGy照射により発生した腺腫と腺がん組織をそれぞれ数例ずつ0.2gをコラゲネースとプロテナーゼ処理して細胞を分散した後、コラーゲンゲルで初代培養した。培養液にコルセミド添加3時間後に染色体の核型分析を行うために、ゲル付着細胞を集めて固定、ギムザ染色を行った。両腫瘍組織由来細胞とも異数性染色体異常が多く、倍数性および異数性異常の出現率は60%以上を示した。とくに γ 線照射とDES処理により3倍体および4倍体の異常が多く発見されたが、すでに

報告されているDES単独処理によるチャイニーズハムスター線維芽細胞(CHL)の倍数体出現率との関係は不明である。

[研究発表]

1. Inano, H., Suzuki, K., Ishii-Ohba, H., and Wakabayashi, K., ; Carcinogenesis, 12, 1085-1090, 1991.
2. 石井、鈴木、荻生、稲野; J. Radiat. Res., 33, 26, 1992.
3. 鈴木、石井、稲野、若林; 第16回日本比較内分泌学会、伊勢、1991.11
4. 稲野; 第23回放射医研シンポジウム、1991.12.
5. 鈴木、稲野、石井、若林、高橋; 第112回日本薬学会大会、福岡、1992.3.

2. 分裂酵母(S.pombe)を用いたヒト活性酸素防御遺伝子に関する研究

佐伯哲哉、稲葉浩子、町田勇、森明充興、本郷悦子(遺伝研究部)

活性酸素は生物の酸素呼吸や放射線の照射、薬剤の代謝で作られ、突然変異や発ガンおよび老化の原因と推定されているが、真核生物の防御機構はまだほとんど解明されていない。この研究はヒトの活性酸素防御機構を明らかにするために、酵母を用いて活性酸素の防御に関係するヒト遺伝子を単離することを目指す。このための準備として以下の研究を行った。

(1) 活性酸素およびDNA修復系欠損突然変異株の分離

分裂酵母(S.pombe)を突然変異剤EMSで処理した後、活性酸素増産剤のPlumbaginで増殖阻害を受けるコロニーを分離した。これら突然変異株の内、酸素にも感受性を示す変異株を活性酸素感受株として約400株分離した。また、X線にも感受性を示す変異株が約50株分離できた。これらはX線と紫外線感受性から3つのDNA修復系(除去修復、複製後修復、組換え修復)に分類できた。そのうちM12株は、既存の突然変異株との二重突然変異株を作ると放射線感受性が更に高くなることから、複製後修復系に属する新しい突

然変異株である事が分かった。

(2) DNA 導入系の確立と radM12 遺伝子のクローニング

酵母の *S. pombe* を酢酸リチウムで処理後、一本鎖carrier DNA をプラスミド DNA と共存させると再現的に高効率な DNA 導入が起こることが示された。そこでこの系を用いて、新しい突然変異株 M12 の欠損を補償する遺伝子の単離を行った。酵母の DNA をベクター pAU9B2 に連結して酵母 *S.pombe* の遺伝子バンクを作り、この DNA を突然変異株 M12 に導入して放射線感受性を補償する遺伝子を単離した。その結果、3.9kbp DNA断片を含む2種類のプラスミドが得られた。単離した radM12 遺伝子は M12 株の放射線感受性を完全に補償するばかりでなく、*S.cerevisiae* にも類似の遺伝子が存在する。

これらの実験から、酵母 *S. pombe* の系を用いてヒト遺伝子を単離するための実験系、①活性酸素および放射線感受性株の分離と、②ヒト遺伝子を高効率で導入する系の確立が達成できた。

[研究発表]

- (1) Morimyo, Machida, Hongo, 9th ICRR, Toronto, 1991.7.
- (2) 町田、浜(稲葉)、本郷、佐伯、森明、日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991.10.
- (3) 森明、町田、本郷、佐伯、浜(稲葉)、日本遺伝学会第63回大会、博多、1991.10.

3. S期特異的核蛋白に対するモノクローナル抗体によるヘテロ細胞集団の細胞周期の解析

武藤正弘、久保あい子(生理病理研究部)

正常な胸腺細胞のS期に出現する核蛋白質に対して特異的に反応するモノクローナル抗体(Th-10a mAb)を、マウスの1つの胸腺リンパ腫細胞株をWisterラットに免疫することによって得た。このモノクローナル抗体は、ラット Ig-G2a のアイソタイプをもち、k鎖をもつ、免疫グロブリンであった。B10.Thy1.1 新生児胸腺組織を凍結切片にした後、免疫染色を行なってみると、皮質の胸腺細胞の核はよく染まったが、髄質のリンパ球の核はよく染まらなかった。

細胞周期におけるこの核蛋白の発現の動態を詳しく調べるために、B10 マウスをヒドロオキシウリア(Hydroxyurea, HU)処置後胸腺細胞を取出し、DNA合成の時期とTh-10a mAbによって検出される核蛋白の出現の時期の関係を解析した。DNA合成期の細胞の頻度は、BRdUのとりこみの量とPropidium Iodide (PI)による細胞DNAの量をフローサイトメトリで測定することによって行なった。細胞におけるこの核蛋白の発現は、Th-10a mAbで検出される核蛋白の量とPI染色によるDNA量をフローサイトメトリで解析した。このDNA量/核蛋白の関係を示すグラフにより、G1, S, G2, M期に存在するTh-10a mAbに反応する核蛋白の相対的量をはっきりと示すことが出来る。その結果、正常の胸腺細胞におけるTh-10a mAbで検出される核蛋白は、S期において高いレベルで発見され、G1, G2, M期ではほとんど発現がみられなかった。また、HU処置後のDNA合成阻害と回復にともなうこの核蛋白の発現は、DNAを合成している細胞の消長に対応していた。この核蛋白の性質をより明らかにするために、正常胸腺細胞や、胸腺リンパ腫から核蛋白を抽出し、SDS-ポリアクリルアミドゲルで分離して、イムノブロット法で解析した。その結果、0.2Mリン酸緩衝液で核蛋白を抽出し、ヘパリン・セファローズとフェニール・セファローズの2段階カラムで、ほとんど単品に近い酵素まで精製したDNAトポイソメラーゼIとTh-10a mAbが反応することが示された。分子量や、阻害剤の活性への効果などからこのTh-10a mAbは、マウスのトポイソメラーゼIに反応する抗体であると結論づけた。次にこのトポイソメラーゼIが胸腺リンパ腫細胞においても、正常の胸腺細胞でみられる様にS期特異的に発現するかどうかを解析した。その結果、正常細胞と異なって、細胞周期に依存せず、常に高いレベルで発現していることが示された。トポイソメラーゼIは、細胞増殖に必須の酵素なので、細胞周期非依存性の高レベルの発現は、リンパ腫細胞の1つの特性と考えられるかもしれない。

(3) 経常研究

1. 物理研究部

概況

物理研究部は、放射線の医学利用ならびに放射線障害の防止に関連する物理・工学的分野の研究を行っている。

第一研究室では、画像診断に関連する新技術の開発と精度向上を目指して研究を進め、エミッションCTの高感度化のための三次元画像再構成法の研究、飛行時間差情報を用いた簡易型ポジトロンイメージング法の研究、また、生体顕微鏡画像の自動認識に関する基礎的研究を行った。

第二研究室では、放射線の線量および線質の測定法及びその精度向上を目的としている。電離箱、熱量計、半導体検出器などによる線量測定の研究、W値や阻止能の評価、不均質組織中の線量評価法及びモンテカルロ法による線量分布の計算を行った。

第三研究室では、放射線防護に関する物理面の広範な研究を行っている。医療・職業被曝による国民線量とリスクの推定、疫学調査のための線量評価研究、低線量(率)放射線影響のメカニズム解明のための基礎研究、固定飛跡検出器のモニタリングへの応用などの研究を行った。

第四研究室では、加速器放射線等の医学、生物学利用に関する基礎的研究として、生物試料中の微量元素分析のためのバンデグラーフ粒子線の応用、核データ等の医学への応用研究を行った。

配置換えにより隈元主任研究官が物理研究部に加わった。シアトルのワシントン大学元教授 Hans Bichsel 博士が、4月から6月にわたり科学技術庁外国人招へい研究者として、阻止能の解析に関する共同研究に従事した。米国ノートルダム大学の A. Mozumder 博士が、3年11月から4年1月にわたり省際基礎研究“活性酸素に対する新しい生体内防御物質に関する研究”に参加した。

平岡室長は、米国サンフランシスコでの第33回米国医学物理学会にて、不均質組織中の線量測定について討論した。(川島勝弘)

1. 医用放射線イメージングに関する研究

野原功全、富谷武浩、山本幹男、村山秀雄、外山比南子*、西川慶一*、福岡秀也>(*研究生)

(1) エミッションCTの画像再構成の研究

γ 線放出核種やポジトロン放出核種で標識した放射性薬剤を使用するエミッションCTは性能的に低感度という問題がある。これを改善するために、シングルフォトンCTではコーンビームコリメータの利用、ポジトロンCTでは3次元データ収集によって感度の向上をはかることが考えられている。そこでは多方向の2次元の投影データから3次元の画像再構成が行われる。3次元画像再構成アルゴリズムは解析的な方法に限ればその計算手順によって二つに大別できる。2次元投影データに2次元フィルタを乗じてから3次元像空間内に逆投影する方法(FILBK法)と、投影データを先に逆投影してからこれに3次元フィルタを乗じる方法(BKFIL法)である。BKFIL法は許容角が同じであれば数学的に等価なFILBK法が存在し、その2次元フィルタは3次元フィルタの原点を通る断面で与えられる。BKFIL法の例としてColsherの方法を取り上げ、3次元フィルタとその対応する2次元フィルタを分析した。また、許容角および投影方向をパラメータとする2次元フィルタを分析した。また、許容角および投影方向をパラメータとする2次元フィルタ関数を鳥瞰図表示して、それらの依存度および周波数特性を考察した。

(2) 飛行時間差ポジトロン・イメージングの研究

本研究はポジトロン消滅光子の飛行時間差情報を利用して、ポジトロン放出核種の体内分布を知る簡易型のポジトロン・イメージングを目的としている。このために、前年度までに開発してきた本法は、2cm角のBaF₂結晶をシンチレータとする8個の高速シンチレーション検出器を対向させた試作システムを用いて、従来のCT手法を用いずに、飛行時間差情報を改良ベイジアン法でボケ修正したものと同時計数のビーム幅とで重み付けした2次元書き込みを行う新しい画像再構成法に

基づくものである。本法による定量的画像データを
得るのに必要ないくつかの補正法、すなわちサ
ンプリングの不均質、偶発同時計数、散乱同時計
数等の補正法に関し研究した。

(3) ファジー画像の自動認識の研究

生体顕微鏡標本画像の自動認識に必要なシステ
ムとアルゴリズムの基礎的研究を行なった。これ
らの成果を官民特定共同研究ならびに原子力基盤
クロスオーバー研究に応用した。

[研究発表]

- (1) Murayama, H., Nohara, N.: Med. & Biolog. Eng. & Computing, 29, Supplement Part 1, 417, 1991.
- (2) 村山: 核医学, 28, 835-836, 1991.
- (3) 村山, 野原: 核医学, 28, 976, 1991.
- (4) Yamamoto, M., Nohara, N., Sato, N.*, Shimizu, K.*, Yamashita, T.*, and Tanaka, E.*: Med. & Biolog. Eng. & Computing, 29, Supplement Part 1, 406, 1991. (*Hamamatsu Photonics K. K.)
- (5) Yamamoto, M., Hayata, I., Furuta, S.*, Okabe, N.*, Nakamoto, F., Kurano, M., Okano, T.**, Nishikawa, K.*** and Fukuda, N.****: Med. & Biolog. Eng. & Computing, 29, Supplement Part 1, 219, 1991. (*Nikon Co., **Kitasato Univ., ***Tokyo Dental College, ****Toho Univ.)
- (6) Yamamoto, M., Hayata, I., Yamada, T., Katoh, Y.*, Utsunomiya, S.* and Inoue, M.*: Med. & Biolog. Eng. & Computing, 29, Supplement Part 1, 224, 1991. (*Omron Inst. of Life Sci.)
- (7) 村山, 野原: 第61回物理部会大会, 京都, 1991. 4.
- (8) 村山, 野原: 第31回日本核医学会総会, 松山, 1991. 10.
- (9) 村山: 第31回日本核医学会総会, 松山, 1991. 10.

2. 放射線の吸収線量及び線質に関する研究

平岡武, 星野一雄, 福村明史, 川島勝弘,
竹下美津恵, 佐方周防* (*研究生)

- (1) 電離箱線量計を用いた測定法の精度向上
線量評価に必要な物理パラメーターの一つに、
衝突阻止能がある。ICRUでは電子線に対する阻
止能の再評価を行い、多くの物質に対する値を発
表した。しかし放射線医学に於ては種々のファン

トムを用い、これらに対する阻止能の値を正確に
求めることは困難である。それは密度効果に対す
る補正が正確に評価できないためである。我々
は、密度効果に対する Sternheimer の一般式を基
に、種々のパラメータに補正を加え、より正確な
密度効果補正法を得ることができた。ICRU との
比較の結果、軟組織等価物質の場合 0.2 % で一
致する。また平均励起エネルギーが 180eV 以下
であれば、ほぼ 0.5 % 以内の一致が得られた。こ
の方法によれば、いかなる物質の阻止能も精度良
く評価することができる。

(2) 不均質組織中の線量評価

肺や骨を含む体内不均質組織中の線量分布評価
は、一般に計算により行われている。この線量計
算アルゴリズムの精度管理を目的とした不均質
ファントムを製作した。それらは胸部をモデルと
した単純な構造の標準ファントムと、縦隔腫瘍を
モデルとした臨床ファントムで、各施設で異な
った線質の測定を行うための測定マニュアルを作
製した。全国22主要治療施設に設置された、25
の治療装置の測定を行った。線質はコバルト60,
4, 6, 10, 14, 15, 18 MVX 線で、照射野は 5 ×
5 から 20 × 20 cm² である。これらの測定結果
より、基準の線量評価法を確立した。今後計算
アルゴリズムのチェックを行う。

(3) 水カロリメトリ

水カロリメトリについて調査研究の結果、水カ
ロリメータによる吸収線量は、他の方法で測定
された値より 1 ~ 4 %、放射線化学の知見から予
測される値より 3 ~ 6 % 大きいことが分かった。
水カロリメトリの精度向上を目指すには、水の放
射線照射に伴う発熱 (或は吸熱) 化学反応による熱
の授受を精度よく評価しなければならない。本年
度はこれらの値を測定するための水カロリメータ
を設計製作した。これにより空気、H₂、O₂、N₂
等の飽和溶存溶液の放射線照射による温度上昇
の差異を検討するべく準備をすすめている。

(4) 放射線治療時の体動の線量分布に及ぼす影響

工業用 TV による形状識別装置を応用して、
患者の体動を観測する方法 (体動モニタ) につ
いて検討し、患者の体動の部位別代表例につ
いて観測してきた。本年度は、種々の大きさ
の照射野と体動を仮定したシミュレーション
を行った。その結果照射野内に想定した標
的領域内に、平均線量として計画線量の 95 %
を投与するのに許容される体動の総和を求
める方法や、体動の線量分布への影響の程
度を数値化する方法を開発し、これら

の照射野依存性を求めた。この成果は体動モニタの警報発生レベルや照射中断レベルの設定に応用できる。

(5) モンテカルロ法による不均質ファントム中の線量分布計算

従来の線量計算では、不均質媒質や電子平衡不成立といった条件を適切な考慮する事ができない。前年コバルト60 γ 線の深部線量分布のこういった問題に対して、モンテカルロ法が有効であることを示した。今回これに引き続きモンテカルロシミュレーションを用いた高エネルギーX線での線量分布計算を行った。この場合まず、モンテカルロ法による光子のエネルギースペクトルを計算する必要があるが、結果は統計誤差内で実験値とよく一致した。次にこの計算スペクトルを用いて、肺組織を模擬した不均質ファントム中の深部線量分布を計算した。20 \times 20 cm^2 の照射野に対して、電離箱による実測値とよく一致し、高エネルギーX線に対してもモンテカルロ法が有効であることを確認した。今後、任意の照射野及びエネルギーについても有効性が得られるかを検討する。

[研究発表]

- (1) 星野, 平岡, 福村, 竹下, 川島, 他 : 第61回物理部会大会, 京都, 1991. 4.
- (2) 福村, 平岡, 星野, 竹下, 川島, 他 : 同上
- (3) Hiraoka, T., Irifune, T., Kawashima, K. : World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Kyoto, 1991. 7
- (4) Fukumura, A., Hiraoka, T., Hoshino, K., Takeshita, M., Kawashima, K. : *ibid.* (ditto)
- (5) 星野, 平岡, 福村, 竹下, 川島 : 第16回医療用標準線量研究会, 徳島, 1991. 8
- (6) 平岡, 星野, 福村, 竹下, 川島 : 第62回物理部会大会, 宮崎, 1991. 10
- (7) 平岡, ビクセル, 川島, 星野, 福村, 竹下 : 同上
- (8) 平岡, 入船 : 日放腫瘍会誌, Suppl. 2, 19-23, 1991
- (9) 星野, 他 : 日医放物理会誌, 11, 121-131, 1991
- (10) Bichsel, H. *, Hiraoka, T. : Nucl. Instr. Meth., B66, 345-351, (*シアトル)

3. 放射線防護に関する基礎的研究

丸山隆司、白貝彰宏、野田豊(物理研究部)、
隈元芳一(サイクロトロン管理課)、西沢

かな枝*¹⁾、岩井一男*、馬瀬直通*、
三浦正(研究生)*平成3年8月まで¹⁾

(1) 医療・職業被ばくによる国民線量及びリスクの推定

日本全国で1989年の1年間で実施されたX線CT検査について、ICRPが勧告している実効線量当量、遺伝有意線量などの国民線量及びリスクの推定を行った。X線CT装置は種々のメーカーのものが利用されているが、検査を受ける患者の臓器・組織線量は装置の種類によって異なることを実験で確認した。実態調査により、全国で使用されている装置の普及率を求め、普及率で荷重した平均の臓器・組織線量を算出した。実効線量当量の算定における残りの臓器・組織として、CT検査の部位別に最も大きな線量となる5つを選んだ。CT検査による集団実効線量当量は99,000人 \cdot Svであった。人口を12,500万人とすれば、国民一人当たりの実効線量当量は約0.8mSvである。

(2) マイクロドシメトリの防護への応用

前年度に引続き、有壁あるいは無壁比例計数管を用いて、線エネルギー y の分布を測定した。今年度は測定系の電子回路の改良およびパーソナル・コンピュータによるデータ処理法について検討した。

(3) 医療など放射線使用室周辺環境における中性子実効線量当量測定法の確立。

光核反応によって発生する中性子線に対する1センチメートル線量当量の測定法について、減速型測定器を用いて基礎実験を行った。

(4) 広島・長崎における残留放射能による臓器・組織線量の推定

広島の高い雨地域と、長崎の西山地区を中心として原爆からの放射性降下物による地上での放射能分布を計算した。今年度は、それらの放射能に起因する γ 線の線量を算出し、確率の影響に関連した臓器・組織の線量を求めた。

(5) 疫学調査のための臓器・組織線量の推定

チェルノブイリ地域やテチャ川周辺の建造物などから採取されたレンガやタイルを用いて、熱ルミネッセンス法による γ 線量推定について検討した。テチャ川周辺から採取されたレンガは多量の石英を含んでおり、 γ 線推定に適している。

(6) 体外、体内被曝線量評価のための線量測定および線量計算の基礎的研究

エッチピット法による上空での宇宙線の測定法について理論的な検討を行うと共に、シンクロト

ロン等による宇宙放射線場のシミュレーションの可能性を考慮した。また、高エネルギー電子線などの吸収線量測定について検討した

〔研究発表〕

- 1) 丸山：日医放第62回物理部会大会、宮崎、1991. 10
- 2) 丸山、隈元、野田、岩井：第34回日本放射線影響学会、東京、1991. 11
- 3) 丸山、岩井*、馬瀬*、その他：日本歯放誌31、1991
- 4) 浜田*、丸山、その他：原子力安全技術センター、1991
- 5) 丸山、隈元、野田：第28回理工学における同位元素研究発表会、東京、1991. 7
- 6) Maruyama, T. Kumamoto, Y. and Noda, Y.: J.Radiat. Res., Supplement 1991
- 7) Shiragai, A. Phys. Med. Biol. 36, 633-642, 1991

4. 加速器等の医学生物学利用に関する物理的基礎研究

喜多尾憲助、山口寛、川島勝弘（物理研究部）、越島得三郎（養成訓練部）、金井達明（医用重粒子線研究部）

(1) 原子核・原子分子データの研究・収集・評価
核データの研究では、質量数119をもつ核種の核構造データの評価を終了した。引き続いて質量数118の核種に対する作業を開始した。核反応断面積の評価も昨年度に引き続いて行った。その応用として、空気中のアルゴンから中性子反応によって生成する放射性核種³⁹Arの生成量を計算し、環境への影響を検討した。³⁹Arは比較的長い半減期（269年）をもっているため、ひとたび環境に放出されると、長期にわたって影響を及ぼす。今回研究により核融合の大規模実用化が進めば問題核種となることが明らかになった。

(2) 生体試料中の微量元素分析へのバンデグラフ粒子線の応用

3 MVバンデグラフ加速器の陽子線を用い、小昆虫およびヒト中脳組織のPIXE分析を行った。小昆虫はアリ、蚊などを材料とし、体内微量

元素と環境汚染物質との関係、食餌との生理学的関係を調べるために行われた。一方、ヒト中脳のPIXE分析はパーキンソン病患者に対する核磁気共鳴診断との対応を調べるため、剖検組織標本を用いて行われたものである。その結果、黒質部に高い濃度を持つ部分が見出された。

(3) 放射線生物学の物理的研究

水中で重荷電粒子によって生成される各種ラジカルの収量を推定する計算モデルを検討した。電子線についてすでに開発したラジカル拡散反応計算モデルを重荷電粒子の実験値の解析に適用した。重荷電粒子の微視的エネルギー付与分布の評価およびその分布の拡散反応計算への取り込み方が重要であることが判明した。重荷電粒子の微視的エネルギー付与分布(飛跡構造)は未知の部分が多く、この微視的レベルの現象をふまえた拡散反応計算は現状ではできない。しかし、重荷電粒子による水ラジカル収量を推定する必要性もあることから、我々は、現在既知の物理量のみで推定できる、現象論的モデルを検討した。現状での結果は、陽子線の実験フリッケG値、二つの推定値(重荷電粒子の飛跡構造をそれぞれ阻止能、二次電子エネルギー分布のみで記述する)とした拡散反応計算値、それらをハイブリッドに重ね合わせ、ヘリウム以上の重荷電粒子のラジカルの収量を推定する方法である。

〔研究発表〕

- (1) Kitao, K. et al : Nuclear Data Sheets for A-119, 1991.
- (2) 喜多尾、湯川、村越、遠藤：第十回PIXEシンポジウム、仙台、1991. 11.
- (3) 喜多尾：1991年核データ研究会、東海村、1991. 11.
- (4) Narita, T. and Kitao, K. : JAERI-M 91-043, 1991.
- (5) 山口：日本医学放射線学会第62回物理部会大会、宮崎、1991. 10.
- (6) Yamaguchi, H : Proceedings of International Conference on Evolution in Beam Application, Takasaki, 676-681, 1991.

2. 薬理化学研究部

概 況

本研究部は、人体の放射線障害の予防と治療に役立つ薬効物質の創出の基礎となることを目的とし、第1研究室では生化学的研究、第2研究室では化学的研究、第3研究室では生命薬学的研究、そして第4研究室では薬理学的研究を行うことを旨としている。

第1研究室では、放射線感受性に関与する生体防御機構の研究を行っている。理研リングサイクロトロンによる炭素ビームならびに本研究所のヴァンデグラーフからの陽子線を用い、酵母細胞を照射し、染色体の倍数性の違いによる失活率の差を明らかにした。S期よりG2期前期にかけて放射線耐性が高まることが解ったので、G2阻止による耐性の原因をV79細胞を用いて検討した。細胞核を展開し核構造を調べる方法や、蛋白質の2次元電気泳動を用いて、放射線耐性機構の解明に努めている。

第2研究室では、放射線の初期過程での障害とその防御に関する研究を行っている。電離放射線によって生成される種々の活性酸素種のうち、ヒドロキシラジカルについて化学的生成法を確立し、生成量の定量的測定ならびに種々の生体成分との反応性を検討した。そして、ヒドロキシラジカルの生成を阻害する物質のなかで、チオ尿素などに強い活性があることを明らかにした。

第3研究室では、白血球前駆細胞増殖因子(CSF)誘導物質の放射線防護について研究を行った。血清由来胸腺因子(FTS)、乳酸桿菌の加熱死菌体(LC9018)および緑茶タンニン成分(EGC-G)の放射線防護効果と造血系の回復促進効果との関係を明らかにした。

第4研究室では、内分泌系に対する放射線効果とその修飾因子について、特に放射線誘発乳腺腫瘍の研究を行っている。雌ラットが発情間期Ⅱの状態にあってプロラクチンや性ホルモン分泌の最も低い時期に、むしろ腫瘍発生率が高いことを発見した。この時期の被曝は、腫瘍発生までの潜伏期間も短いことが証明された。詳細をさらに検討している。

91年度より科学技術特別研究員として山内洋が第4研究室に参加することになった。また、稲野らの乳腺腫瘍に関する研究は、昨年度に引き続き指定研究としての助成を受けた。小沢は省際基礎及び地域流動振興調整費、伊古田は振興調整費総合研究費、色田は同重点基礎研究費の助成を受けた。この間に、STAフェローとしてブルガリア病理学研究所よりAディムチェフ博士が第3研究室に1年間滞在し、石原と共同研究を行った。また、池田清美は退官し、雀岡静枝が非常勤職員として勤務することとなった。

1. 放射線感受性に関与する生体防御機構の生化学的研究

松本信二，島津良枝，古瀬雅子

放射線照射によるDNA損傷の内ほとんどのものは修復されるが、局所的に損傷が集中したDNA多重損傷は修復されにくく細胞失活につながる場合が多いと推定されている。粒子線照射では飛跡に沿ってのLETの違いによる多重損傷の形成確立の差異が細胞失活率のLET依存性を与えている。理研リングサイクロトロンによる炭素ビーム、ヴァンデグラーフによる陽子ビームによる照射で、酵母細胞の修復能、染色体の倍数性等の違いによる失活率の差異を検討した。染色体が1倍体から2倍体になると回復効率が極めて高くなる。この回復率の増加分が多重損傷の形成率の増加するブラッグピーク領域でかなりの部分無くなり、感受性が高くなる。

放射線照射後、細胞分裂期の直前で停止するG2ブロック現象は放射線への耐性という点で重要である。V79細胞を増殖の上限から失活が始まる境界温度で培養するとG2ブロック状態になり、サイトフローメータなどにより細胞の成長は続くが核分裂、細胞分裂期に入らない事を確認した。何故、ブロックされるのかを研究するため、この核構造を穏和な条件で顕微鏡下に展開する方法を検討した。現在のところ、生理食塩水に10%のアルコール添加での核の溶出が核構造を壊さず展開するのによい結果であった。尚、酵母細胞の

同様な方法による G2 ブロック後の同調細胞集団について感受性の測定を行った。S 期より G2 前期が耐性となることが分かった。

放射線に対する耐性機構を研究するため、ヒトメラノーマ細胞を用いて、X線照射の誘導により新たに合成される蛋白質を2次元電気泳動法で調べた。細胞をX線照射(5~10Gy)後、³⁵S-メチオニンで、37℃、4時間ラベルする。ラベルした蛋白質を2次元電気泳動した試料のオートラジオグラフを作り、画像解析装置(東洋紡、富士フィルム Bas 2000使用)で蛋白質のスポットを同定した。その結果、増殖期(6日目)の細胞に存在するが、定常期(8日目)にはラベル蛋白質から無くなり、X線照射すると再び合成されるようになるのが少なくとも1種類(分子量、約64,000)存在する事が分かった。PLDR との関係は明らかではない。

[研究発表]

- (1) Matsumoto, S., Furuse, M. and Soga, F. : Proc. 9th Inter. Cong. Radiat. Res. 1, 170, 1991.
- (2) Shimazu, Y., Hama-Inaba, H. and Sawada, F. : Proc. 9th Inter. Cong. Radiat. Res. 1. 221, 1991.
- (3) 松本, 古瀬, 曾我 : 34回放射線影響学会, 東京, 1991, 11.
- (4) 古瀬, 曾我, 松本 : 34回放射線影響学会, 東京, 1991, 11.

2. 放射線による初期障害とその防御に関する薬化学的研究

花木昭、小沢俊彦、伊古田暢夫、上田順市
放射線が生体に照射された時、生体の70%以上を占める水が放射線により励起され、その結果、種々の活性酸素種が生成される。このようにして生成された活性酸素種が生体構成成分を攻撃し、種々の障害を引き起こすと言われている。そこで、これらの活性酸素種の性質を明らかにすることにより、それを消去する化合物を見だし、最終的には放射線による障害を防御することを目的に、本年度は活性酸素のうち、最も反応性が高いと言われるヒドロキシルラジカル(*OH)に注目し、その化学的生成方法と反応性について検討した。

OH ラジカルの生成については、従来鉄(II)イオンと過酸化水素(H₂O₂)の反応(Fenton反応)による生成方法はよく知られていたが、我々は生

体中に存在する銅(II)イオンに注目し、その種々の錯体による H₂O₂ の活性化を ESR-スピントラップ法及びチオバルビツール酸(TBA)を用いる *OH の測定法(TBA法)により調べた。その結果、エチレンジアミン(en)を配位子とする錯体、Cu(en)₂ が最も高い活性で H₂O₂ と反応し、*OH を生成することを明らかにした。この Cu(en)₂-H₂O₂ 系を用いて、*OH の生成阻害効果を調べた。*OH の捕捉剤、マンニトール、チオ尿素、ペニシラミン、DMSO、ギ酸、アセトンあるいはジチオスレイトールの中ではチオ尿素が最も高い阻害活性を示した。また、アルコール類では阻害効果は炭素鎖の長さにはほとんど影響されなかった。生体内では一般に銅イオンは遊離の状態ではなく、アルブミンなどのタンパク質と結合している。そこで、アルブミン及びγ-グロブリンについて *OH の捕捉効果を調べたが、大きな変化は認められなかった。しかし、比較のために Cu(en)₂ を CuCl₂ に代えた Cu(II)イオンと H₂O₂ の反応系ではこれらタンパク質は Cu(en)₂ の場合に比べて高い捕捉効果を示した。遊離の銅イオンと H₂O₂ の反応系でのこれらタンパク質の抗酸化効果は *OH の直接の捕捉によるのではなく、銅イオンのタンパク質分子への非特異的結合によるためであることを明らかにした。

[研究発表]

- (1) Ozawa, T., Hanaki, A. and Onodera, K. : Biochem. Int., 24, 661-667, 1991.
- (2) Ozawa, T., Hanaki, A. and Takazawa, F. : Inorg. Chim. Acta, 188, 163-165, 1991.
- (3) Ozawa, T. : Trends in Org. Chem., 2, 51-58, 1991.
- (4) Ozawa, T. and Hanaki, A. : Biochem. Int., 25, 783-788, 1991.
- (5) Ozawa, T. and Hanaki, A. : Biochem. Int., 26, 477-483, 1991.
- (6) Ikota, N. : Heterocycles, 32, 521, 1991.
- (7) Ikota, N., Yoshino, O. and Koga, K. : Chem. Pharm. Bull., 39, 2201, 1991.
- (8) Ikota, N. : Chem. Pharm. Bull., in press.
- (9) Ikota, N. and Hanaki, A. : J. Pharmacobio-Dyn., 15, S38, 1992.
- (10) Ikota, N. : Tetrahedron Lett., in press.
- (11) Ueda, J., Hanaki, A. and Nakajima, T. : J. Pharmacobio-Dyn., 14, s-120, 1991.

3. 白血球前駆細胞増殖因子 (CSF) とその受容体に関する研究

常岡和子、石原弘、色田幹雄

がんの化学療法や不慮の放射線事故による骨髄障害の回復を促進する薬剤の開発を目的とし、CSF とその受容体、およびサイトカイン誘導物質の放射線防護作用に関する研究を行った。

T細胞の分化増殖作用をもつ血清由来胸腺因子 (FTS) および乳酸桿菌の加熱死菌体 (LC9018) が、被曝マウスの生存率を高めることをすでに報告してきたが、更にひき続き研究を行った。FTS の投与量は $3 \mu\text{g} \sim 100 \mu\text{g}$ /日 が最良で $300 \mu\text{g}$ 以上にすると、毒性があらわれるわけではないのに防護効果は激減した。また FTS 投与により末梢血中の赤血球や白血球の減少が防止され、被曝による脾重量の減少も軽減されることがわかった。FTS を投与したマウスの脾細胞の CSF 産生能が高まることなどから FTS は造血系を刺激することにより放射線防護効果を示すものと思われる。

LC9018 の投与のタイミングを検討した結果、照射の48時間前から照射の9時間後までの投与が有効であることが判明した。特に照射24時間前投与による防護作用がもっとも強かった。LC 9018 を投与して24時間後の骨髄細胞をとり出し、軟寒天中で照射する実験では LC 9018投与マウスの白血球幹細胞がわずかながら放射線抵抗性であることが観察された。照射24時間前投与の場合も、照射直後投与の場合も血清中の CSF 濃度は照射後数時間で上昇し、少なくとも13日目までは高値を維持しており、造血系が刺激・充進されていることがわかった。照射前投与では、造血系刺激作用の他に、骨髄幹細胞を僅かながら放射線抵抗性にする作用が加わるので効力が強化されるものと思われる。

緑茶の成分であるエピガロカテキンガレートが長期経口投与により、放射線防護効果をもつことも証明した。

単球やマクロファージの増殖・分化・機能にかかわっているマクロファージ CSF (M-CSF) の受容体の発現機構を調べるため、M-CSF 受容体遺伝子 (c-fms) のクローニングを行い、マウスの遺伝子ライブラリーから7種の c-fms 類縁遺伝子のクローンを得ることができた。

[研究発表]

- ① Kobayashi, H., Abe, H., Ueyama, T., Awaya, A. and Shikita, M. : Radiat. Res.,

129, 351-356, 1992

- ② Uchida, S., Ozaki, M., Suzuki, K. and Shikita, M. : Life Sci., 50, 147-152, 1992
- ③ Shikita, M., Tsuneoka, K., Ishihara, H., Nomoto, K. and Yokokura, T. : Proc. 9th Int. Congr. Radiat. Res., p.148 (J.D. Chapman et al. eds.) Academic Press, 1991
- ④ 常岡、色田、石原、野本、横倉：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991、11.
- ⑤ 石原、ディムチェフ、常岡、色田：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991、11.
- ⑥ 常岡、色田、栗原、横倉：日本薬学会112年会、福岡、1992、3.

4. 内分泌系に対する放射線効果とその修飾因子に関する研究

稲野宏志、鈴木桂子、石井洋子、山内 洋
池田清美

哺乳動物に特徴的な女性ホルモン標的臓器として子宮と乳腺がある。この両臓器は、性成熟すると卵巣から分泌されるステロイドホルモンの作用により組織重量が増加することが知られている。一般に雌性哺乳動物は性成熟が完了すると、大脳辺縁系-視床下部-脳下垂体-卵巣の内分泌刺激系に周期性が発現して応答系の最終臓器である卵巣の機能(排卵およびホルモン分泌)が周期的に変化する。この性周期による卵巣の卵胞ホルモン(エストロゲン)や黄体ホルモン(プロゲステロン)の生合成やこれらのホルモンの血中への分泌の変動については、実験動物やヒトですでに報告されている。また、これらのホルモン分泌の変動は標的臓器の細胞増殖や分化に直接影響を及ぼすことが内分泌学的に証明されている。本研究では、4日性周期の各ステージの雌ラットにガンマー線を全身照射して、卵巣ホルモンの標的臓器である乳腺に対する腫瘍発生作用を検討した。

ラットは陰スミア像から、発情前期、発情期、発情間期-I、発情間期-IIに分類して、各ステージの午前10時に260 cGy 照射した。約1ヶ月後からプロモーターとして合成女性ホルモンのジエチルスチルベストロール (DES) の投与を開始して一年間観察した。卵巣ホルモンや下垂体からのプロラクチン分泌が最も活発な発情期の被曝が腫瘍の高頻度発生の原因となることが予想されたが、しかし、発情間期-IIの被曝が73.3%、発情前期被曝が68.4%、発情間期-Iの被曝が41.2

％、発情期被曝が35.3％を示した。腫瘍発生までの潜伏期間はそれぞれ 8.5 ± 0.7 , 9.8 ± 0.3 , 9.6 ± 0.7 , および 9.0 ± 0.8 ヶ月を示し、発情間期Ⅰが最も短期間であったが、統計学的有意性はない。腫瘍を組織学的に分類すると発生した腫瘍の25-35％が腺がんである。発情間期Ⅰ被曝ラットが腫瘍の高発生率を示したが、この時期は性周期間中でもプロラクチンの血中濃度が最も低く、また、卵巣から分泌されるエストロジオールやプロゲステロン濃度も発情前期の夜のピーク時と比較すると非常に低い期間である。このようにホルモン分泌活動が比較的抑制されている時の被曝のほうが腫瘍の発生率が高いかと示されたが、その原因については今後の研究で解明する。

[研究発表]

- 1, Inano, H., Suzuki, K., Ishii-Ohba, H., Wakabayashi, K., ; *Carcinogenesis*, 12, 1085-1090, 1991.
- 2, 石井、鈴木、荻生、稲野; *J. Radiat, Res.*, 33, 26, 1992.
3. 鈴木、石井、稲野、若林; 第16回日本比較内分泌学会、伊勢、1991. 11
- 4, 稲野; 第23回放医研シンポジウム、1991. 12.
- 5, 鈴木、稲野、石井、若林、高橋; 第112回日本薬学会大会、福岡、1992. 3.

3. 生物研究部

概 況

本研究部は、生体に対する放射線の影響を生物学的立場から研究し、そのメカニズムの解明に努めるとともに、ヒトの放射線障害の理解に寄与するような基礎的知見を提供することを目的として研究を行っている。

第1研究室では、放射線および変異原の影響をメダカおよびマウスからの細胞培養系を用いて細胞組織学的に研究し、発生、分化異常および実験腫瘍に関する比較生物学的基礎資料を得るべく努力した。これらの研究は経常研究のほか特別研究及び安全解析の適応現象の研究調査において進められた。第2研究室では、ラット肝生体膜を用い放射線による活性種の挙動の反応過程を調べることにより放射線障害発現機構を解明すべく、振興調整費地域流動研究および省際研究にも参加して研究を進めた。また培養細胞 (m5s) を用いて線量率効果に関する修復機構解明に向かってデータの蓄積を行った。第3研究室では遺伝子の放射線損傷や感受性を明らかにするための基礎的知見を得るべく、クロマチン中のヒストン-DNA相互作用の解析およびカイコゲノムの反復配列の塩基配列の決定とその役割の解析を、文部省科学研究費重点領域研究 (遺伝暗号的可変性) や神奈川工大・東北大との共同のもとに行った。また第1研究室の協力を得て、振興調整費重点基礎研究として“ゲノム機能部位におけるクロマチン構造の解析”を行い、成果を上げることができた。

これらの成果は、国内での種々の学会での発表の外、カナダのトロントで開かれた第9回国際放射線研究会議 (1991年7月7-11日、山田武、田口泰子、湯川修身、村磯知採、栗原靖之、藤井由布)、第5回国際酸素ラジカル学会 (1991年11月17-21日、京都、湯川修身)、第31回米国細胞生物学会 (1991年12月8-12日、ボストン、三田和英および市村幸子) 等において発表した。

人事面では今年度は特記すべきことが幾つかあった。まず平成3年4月1日付で戸張巖夫科学研究官が江藤久美部長退官に伴い、生物研究部長併任として発令された。また同日付で中島徹夫研

究員が生物第2研究室に採用された。湯川修身第2研究室長は1年の任期で企画課に併任した。平成4年1月1日付で安全解析研究官付主任安全解析研究官岩崎民子が生物研究部長に昇格し、戸張科学研究官の生物研究部長併任が解かれた。生物第1研究室長の山田武は平成3年3月31日付で退職した。村磯知採研究員は平成3年9月1日より平成4年3月31日まで“ラット初代培養肝細胞を用いた細胞膜の情報伝達機構に関する研究”の為に、九州大学理学部生物学科代謝生理学研究室に国内留学した。

生物第1研究室に琉球大学医学部から石川裕二外来研究員を迎え、メダカの細胞分化に対する放射線の影響を細胞生理学的に研究した。JICA留学生として平成2年7月よりマウス受精卵の *in vitro* 培養技術習得をしていたブラジル核エネルギー研究センターの O. K. Kikuchi 研究員が平成3年7月に、また、日中医学協会留学生として平成2年10月よりマウス胸腺細胞の放射線影響について研究を行っていた蘇州医学院の耿勇志研究員が平成3年9月に帰国した。(岩崎民子)

1. 魚類を用いた放射線の身体的影響の比較生物学的研究

1-1. メダカの発生過程におけるマウスチロシナーゼ遺伝子の発現

田口泰子・栗原靖之・M. Schartl¹ (¹ウルツブルグ大学)

昨年度、マウスチロシナーゼ遺伝子 (ptr-Tyr4) をアルビノメダカの卵母細胞に導入して作成したトランスジェニックメダカのうち発生過程で肉眼的に判別できる胚の黒化を示す卵を産んだ2個体 (BとC) の F₁ 世代の交配をして F₂ 世代における発現の様式を調べた。

B親から生まれた F₁ の13つがいのうち2つがいとC親からの F₁ の20中7つがいが発生過程で黒化を示す卵を産んだ。これらの黒化した胚は、親世代と同様に強度の発生異常をしめし、孵化はしなかった。これらの結果は外来遺伝子の発現をした個体は致死に至ったが、発現をしていない個

体を通して導入した遺伝子が次世代に伝わったことを示唆している。しかし、ptr-Tyr4遺伝子は強度の発生異常を誘発するので、その遺伝子構成を検討する必要がある。

〔研究発表〕

(1) 田口、Schartl、栗原：日本動物学会第62大会、岡山1992、10。

1-2. マウスのメラノサイトとケラチノサイトの無血清培養系の確立

広部知久

マウスのメラノサイトやケラチノサイトへの γ 線の効果を調べるために両者の無血清培養系の確立をはかった。生後0.5日のマウスよりトリプシン-EDTA法により表皮細胞浮遊液を得た。これをF-10培養液にインスリン(I)、ウシ血清アルブミン(BSA)、エタノールアミン(EA)、フォスフォエタノールアミン(PEA)、およびDBcAMPを加えて培養することにより分化したメラノサイトの純粋培養が可能となった。また、さらにbFGFを加えると未分化なメラノプラストが増殖した。一方、生後5.5-7.5日の背側皮膚を Ca^{2+} を欠くMEM培養液にI、BSA、EA、PEA、ヒドロコルチゾン、デキサメサゾン、EGFおよび塩化カルシウム(0.03mM)を加えて培養するとケラチノサイトの純粋培養が得られた。

〔研究発表〕

(1) Hirobe, T. : J. Exp. Zool., 258, 353-358, 1991
(2) Hirobe, T. : Development, 114, 435-445, 1992.

1-3. マウス胎児肢芽細胞の軟骨細胞への分化に及ぼすX線の影響

藤井由布、大山ハルミ、山田武(1:障害臨床)

妊娠11日目のマウス胎児の肢芽は主に未分化な中胚葉性の細胞からなり、この細胞をin vitroで培養すると軟骨細胞に分化し、軟骨特有の構造(ノジュール)を形成する。このような細胞分化に対する放射線の影響を調べるために、培養会し時にX線を照射し(0.024-3.80 Gy)、5日目に細胞数の計数した。また、軟骨分化の度合いは、軟骨特異的プロテオグリカンであるコンドロイチン硫酸をアルシアンブルーによって染色し、その色素の抽出液の吸光度を測定する方法を用いて定

量した。

その結果、細胞増殖及び軟骨分化は線量に依存して阻害されること、コントロールに比較して50%阻害の起きる線量(ID50)は、細胞増殖では1.0 Gy、軟骨分化では1.4 Gyであることがわかった。

この系は薬物の毒性試験に広く用いられているが、細胞分化に及ぼす放射線の影響をin vitroで調べる系としても適していることが示された。

〔研究発表〕

(1) 藤井、大山、山田：日本放射線影響学会第35回大会、大津 1992、10。

2. 組織・細胞における放射線障害の発現とその修復の機構に関する細胞生物学的研究

湯川修身、古野育子、東智康、村磯知採、中島徹夫

本課題は、遺伝子情報発現あるいはその結果である細胞構造の変化を細胞生物学的に追求し、放射線障害発現の過程を明らかにすることを目的とする。このため、ラット、マウスの組織・細胞を用い、放射線によって生ずる細胞機能の変化を解析してきた。

(1) 種々の生体膜が放射線により容易に構造と機能の損傷を受けることを示してきた。本年度は放射線により生ずる活性酸素による生体膜損傷に関して、細胞質内に存在し活性酸素消去能をもつ金属結合酵素であるSODとカタラーゼの作用を解析した。本来これらの酵素は活性酸素を消去して放射線防護に働くと考えられたが、in vitroの系ではむしろ H_2O_2 と反応して $\cdot OH$ あるいはある種の活性酸素種を生成し、生体膜の脂質過酸化を誘導した。従って生体内でも、放射線照射時にこれら細胞質の金属結合タンパク質による膜損傷誘導の機構が存在することが示唆された。

一方、放射線作用を細胞間あるいは組織間の相互作用としてとらえるため、生体膜を介する細胞情報伝達系に関して初代培養肝細胞を用いて解析したところ、種々の細胞機能に大きな役割を果たすセカンドメッセンジャーとしての Ca^{++} の細胞内濃度に関与する細胞膜 Ca^{++} -ATPase活性が放射線により損傷を受けることおよびこの変動は膜脂質過酸化に起因する可能性があることが明らかになった。この培養系の確立のため村磯知採が九州大学に7ヵ月間国内留学して成果を上げた。

(2) マウス胎児由来培養細胞m5sを用いて、細胞増殖が抑制された状態で見られるPLD回復に

ともなって突然変異性障害も修復されることを示した。また同 m5s を用い、正常な付着性培養細胞の特徴である細胞間接触による細胞増殖能の消失および細胞増殖の足場依存性から非依存性への形質転換を指標とした放射線による多段階性発癌機構の解明を目的として、⁶⁰Co 照射後生じた30個のフォーカスを分離し、更にそれから上記形質転換体の分離を進めている。また、形質転換体と正常細胞の融合体の表現系の性質を解析するため、融合細胞のセレクションマーカーとして6TG 抵抗性を利用することとし、6TG 抵抗性突然変異株を m5s から2株分分離した。

〔研究発表〕

- (1) 湯川、小澤、村磯：9th Int. Congress Radiat. Res., Toronto, 1991, 7.
- (2) 湯川、小澤：第13回生体膜と薬物の相互作用シンポジウム、東京、1991, 11.
- (3) 湯川、小澤：5th Int. Congress on Oxygen Radicals, 京都、1991, 11. .
- (4) 湯川、小澤：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991, 12.
- (5) 湯川：第23回放医研シンポジウム、千葉、1991, 12.
- (6) 古野、青木、松平：日本癌学会第50回総会、東京、1991, 9.
- (7) 村磯、湯川：9th Int. Congress Radiat. Res., Toronto, 1991, 7.

3. クロマチンに対する放射線の作用に関する分子生物学的研究

3-1. クロマチンの構造
座間光雄

クロマチンの構造と遺伝子調節機構を理解するための基礎となる、ヌクレオソーム中のヒストン-DNA 相互作用の解析を進めた。DNA と強い相互作用をし、ヌクレオソーム中の DNA の高次構造形成に主要な役割を果たすと考えられるアルギニン残基の数を各ヒストン分子 (H2A, H2B, H3, H4) について生化学的手法で調べた。これらの残基数はヒストン分子により異なる事が分かった。

〔研究発表〕

- (1) 座間：第18回核酸化学シンポジウム、仙台、1991. 10.
- (2) Zama, Nucleic Acids Res. Symp. Ser. 25, 33-34, 1991.

3-2. カイコゲノムの反復配列に関する研究
市村幸子、三田和英、根井充(養訓)

真核生物のゲノムは多種の反復配列を含んでおり、これらはゲノムの構造形成や recombination に重要な働きをしている事が示唆されている。カイコゲノムの系を用いてゲノムの進化や変異における反復配列の役割を明らかにする。カイコフィブリン遺伝子イントロン部位には分散型反復配列が含まれており、この領域は遺伝子の転写活性を制御している事をこれまでに明らかにしてきた。今年度はこの分散型反復配列 (Bm2) の基本単位の塩基配列を決定した。1-2kb のカイコDNA断片を M13 に組み込み Bm2 を含む14個のクローンを得た。これらの塩基配列を決定して323 bの基本配列を明らかにした。この配列は一部ヒト Alu 配列およびジョウジョウバエ 7SL-RNA に相同性があり、Alu 配列同様 7SL-RNA を母体に形成された分散型反復配列である可能性が示唆された。データベースを用いたホモロジー検索からこの配列はカイコの PTT ホルモン、コリオソ、Glu tRNA 等の遺伝子非翻訳領域または近傍にも存在していることが分かった。

〔研究発表〕

- (1) Mita, K., Ichimura, S. and Neno, M : J. Mol. Evol. 33, 216-225, 1991.
- (2) Ichimura, S., Mita, K. : J. Mol. Evol. 35, 123-130, 1992
- (3) Neno, M, Mita, K. and Ichimura, S : Biochim. Biophys. Acta 1130, 247-252, 1992.
- (4) Mita, K., Ichimura, S. and James, TC. : The American Society for Cell Biology 31st Annual Meeting, Boston, 1991.
- (5) Ichimura, S., Mita, K. and James, TC. : The American Society for Cell Biology 31st Annual Meeting, Boston, 1991.

4. 遺伝研究部

概 況

本研究部は放射線の生物影響を遺伝子学的立場から研究し、遺伝子障害の生成機構と防護・修復機構の解明に努めるとともに、ヒトに対する遺伝的リスクの推定に寄与しうる基礎的知見を得ることを目的として研究を行っている。

第1研究室では、大腸菌、酵母、哺乳類細胞を用いて放射線および化学物質による遺伝子損傷の生成とその防護・修復機構を分子生物学的に解析している。本年度は、出芽酵母、分裂酵母および哺乳類 CHO 細胞より多数の活性酸素感受性株を分離し、相補性群への分類を進めた。そのうち1変異株、放射線感受性 RADM12 相補する遺伝子をクローニングした。

第2研究室では、ヒト・ゲノムの遺伝子的変異性を理解するために、ヒトおよび哺乳類細胞の遺伝子的変異株を用いて、その細胞遺伝子的性状の解析を行っている。本年度はヒト染色体の脆弱部位保因者由来の細胞株を用いて、脆弱部位の発現様式を解析するとともに、脆弱部位領域が組換え多発部位であることを明らかにした。

第3研究室では、哺乳類における遺伝子発現の調節機構を解明するための実験系の開発を目指した研究を行っている。本年度は、DNA 損傷修復遺伝子の機能およびその調節機構の解析を目指してマウス紫外線感受性株を用いて、その欠損変異を補償するヒト遺伝子 (ERCC5) およびその cDNA のクローニングを行った。また、マウス染色体マッピングの技術開発を行い、マウス染色体上の遺伝子座位を鋭敏に検出できる複製 R-バンド法を用いた蛍光 insitu ハイブリダイゼーション法を確立した。

第4研究室では、放射線の日本人集団に対する遺伝的障害の解明とその危険度推定に寄与する集団遺伝学的基礎研究を行っている。本年度は、常染色体性優性遺伝病の筋緊張性ジストロフィー (DM) と新生児の DM (先天性 DM、CDM) について家系調査を行い、CMD は母親由来の DM 遺伝子によることが示唆された。また、日本人集団での遺伝病の有病率を調査した結果、倍加線量法

で用いられるメンデル性優性と伴性遺伝子の有病率が白人に比べて約1/3であるという予備的結果がえられる。

人事面では、4月1日付で斎藤俊行研究員を第3研究室に迎えた。堀と高橋永一主任研究官は平成3年8月16日～23日まで第11回国際ヒト遺伝子地図作製会議 (ロンドン) に出席し、研究発表を行うとともにヒト・ゲノム解析プロジェクトについて情報交換を行った。

(堀雅明)

1. 放射線および類似物質による細胞の遺伝的変異誘発と防護、修復機構の分子遺伝学的研究 佐伯哲哉、稲葉浩子、森明充興、町田勇、 本郷悦子

酵母、大腸菌、哺乳類培養細胞を用いて、放射線、活性酸素による遺伝的変異誘発とその防護、修復機構を分子遺伝学的に比較研究し、以下の結果を得た。

- 1) 出芽酵母から活性酸素増産剤プラムバギン (PB) 感受性株を分類し、X線感受性の修復能欠損変異株と酸素感受性株とに分類し、相補性群への分類を進めた。活性酸素抵抗性遺伝子としてクローニングされた PLGJ 遺伝子は活性酸素ならびに酸素の双方に対する抵抗性に機能を持つことが明らかになった。
- 2) 分裂酵母からX線感受性変異株を多数分離したが、紫外線抵抗性でX線感受性の株はえられなかった。これまでに報告されていない新しい放射線感受性株 RadM12 を相補する遺伝子がクローニングされた。
- 3) CHO 細胞から活性酸素増産剤 PB 感受性株を分類し別種の活性酸素増産剤メチルヴィオロゲン (MV) とX線への感受性により分類を試み、その結果活性酸素消去系変異株と推定された株を得て、それらの相補性を検討しつつある。
- 4) 出芽酵母で知られたゲノム染色体組換えによる形質転換が突然変異性修復変異体で高まる現象を応用して分裂酵母の修復欠損株を検索し、同様の株を数株見出した。

5) 出芽酵母で過酸化水素を含む寒天平板上で生息できぬ変異株を新たに多数分類し、先に過酸化水素分解能欠損を指標として分類した感受性株と合わせて相補性テストを進めている。PB感受性株とは異なり、これらの変異株からX線、紫外線に著しい感受性を示す修復能欠損株と思われるものは見出されなかった。

[研究発表]

- (1) 森明、町田、本郷、佐伯、稲葉：日本遺伝子学会63回大会、福岡、1991. 10.
- (2) 稲葉、島津、本郷、森明：日本放射線影響学会34回大会、東京、1991. 11.
- (3) 町田、稲葉、本郷、佐伯、森明：日本放射線影響学会34回大会、東京、1991. 11.
- (4) 本郷、町田、森明：日本放射線影響学会34回大会、東京、1991. 11.
- (5) 森明、町田、本郷：第9回国際放射線学会、Toronto, 1991. 7.
- (6) 島津、稲葉、沢田：第9回国際放射線学会、Toronto, 1991. 7.
- (7) Saeki, T. and Machida, I. : J. Radiat. Res., 32, 352-365, 1991.
- (8) Saeki, T. and Machida, I. : J. Radiat. Res., 32, 366-377, 1991.

2. ヒト・ゲノムの遺伝子的変異性に関する細胞遺伝学的研究

辻秀雄、高橋永一、辻さつき、堀雅明（遺伝研究部）

本研究は、ヒト・ゲノムの遺伝的変異性を理解するために、ヒトおよび哺乳類の遺伝的変異細胞を用いて、染色体構造とそれに関連するDNA代謝関連遺伝子群の解析を行い、染色体突然変異の生成機構を解明することを目的とする。本年度は、ヒト染色体の脆弱部位（FS）保因者から樹立した細胞株を用いて、FSの発現様式およびFSが組換え多発部位か否かについて検討した。

fra(8)(q24)、fra(16)(p12)およびfra(16)(q22)のFS保有細胞3系統について、3種のFS誘発剤、Hoechst33258、distamycin A およびberenil に対するFS誘発率を調べたところ、3種のFSの発現はそれぞれの誘発剤で異なっていた。すなわち、fra(8)(q24)はHoechst 33258に対して感受性であるが、distamycin A やberenil には非感受性であった。fra(16)(p12)はHoechst33258 およびberenil に感受性であり、fra(16)(q22)はdistamycin A のみに感受性で

あった。このようなFSの誘発剤特異性は、個々のFSがDNA配列の特異的な変異を持つためと考えられる。

誘発剤とDNA代謝阻害剤の同時処理により、FSの発現は誘発剤単独処理に比べて高まることが知られている。ハロゲン化塩基であるプロモデオキシウルジン(BrdU)は、いずれのFSの発現に対しても相乗効果をもつことが示された。この原因として、FSに取り込まれたBrdUが、誘発剤存在下ではDNA複製の遅延あるいはクロマチンの凝縮遅延を引き起こすことが考えられる。

FSは組換え多発部位であることが報告されている。fra(16)(p12)を用いて、組換えの指標として姉妹染色分体交換(SCE)の誘発頻度を調べた。その結果、18.5%のFSにおいてSCEが誘発されていた。この頻度は、他の染色体領域での頻度に比べて有意に高く、fra(16)(p12)は組換えの多発部位であることがわかった。以上の結果より、樹立細胞株におけるFSの誘発条件が決定され、FSの遺伝学的意味やDNA構造の解析の基礎的条件が確立した。

[研究発表]

- (1) Tsuji, H., Hitomi, A., Takahashi, E., Murata, M., Ikeuchi, T., Yamamoto, K., Tsuji, S. and Hori, T. : Human Genet., 87, 254-260, 1991.
- (2) 辻、人見、高橋、辻、堀、池内、山本、村田：日本人類遺伝学会第36回大会、山口、1991. 10.
- (3) 高橋、辻、山内、塩見、鮎沢、瀬野、山川、中村、堀：日本遺伝学会第63回大会、福岡、1991. 10.
- (4) 高橋：日本人類遺伝学会第36回大会、山口、1991. 10.

3. 哺乳類動物及び細胞における遺伝子発現の制御機構に関する研究

塩見忠博、松田洋一、原田良信、斉藤俊行

- 1) ヒトDNA損傷修復遺伝子ERCC5のクローニング

マウス紫外線感受性変異株XL216は、げっ歯類の紫外線感受性変異株の相補性群の5群に属し、除去修復の初期過程に欠損を示す。このような変異株の欠損を補償するヒト遺伝子(ERCC5)ならびにcDNAのクローニングを行った。Neo遺伝子で標識した正常ヒトDNAをXL216細胞に導入し、薬剤G418と紫外線に抵抗性になった

形質転換細胞を得た。この様な形質転換細胞から全長 30kb のヒト ERCC5 遺伝子を回収した。次に ERCC5 の遺伝子の 4 つの EcoRI 断片 (E4.6, E1.9, E2.5, E1.7) をプローブにして、ヒト HeLa 細胞の PolyA + RNA とハイブリダイゼーションを行った。E4.6 及び E1.9 をプローブにした時、約 3.5kb の共通なバンドが検出された。このことから E4.6, E1.9 に ERCC5 のエクソンが存在し、mRNA の大きさは約 3.5kb であると推定される。ERCC5 のエクソンをふくむ DNA 断片をプローブにしてヒト cDNA ライブラリーをスクリーニングして、17個の cDNA クローンを得た。このうち最長の cDNA は 3.2kb であり ERCC5 の mRNA よりやや短かった。これらの cDNA はすべて修復遺伝子としての機能は有しておらず、おそらく 5' 側に欠損が存在するものと思われた。

2) マウスを用いた蛍光 in situ hybridization 法の改良

新たにクローン化されたマウス遺伝子を染色体上にマップするための技術開発の一環として、マウスの replication R-band 法の確立を試みた。マウスの脾臓リンパ球を培養し、培養開始後 44 時間後に過剰チミジン処理し、さらに 14 時間培養した後、4-4.5 時間の BrdU 処理を行うことによって、完全な replication R-band を得ることが出来た。この方法は蛍光 in situ hybridization 法に応用することができ、従来の Q-band を用いた染色体同定法に比べ詳細な染色体バンドの同定が可能であり、かつ簡便であるためマウスの遺伝子マッピング技術の一つとして有効であると考えられる。

〔研究発表〕

- (1) 原田、古屋、斉藤、塩見、塩見：第 14 回日本分子生物学会、福岡、1991. 12.
- (2) 斉藤、原田、塩見、塩見：第 14 回日本分子生物学会、福岡、1991. 12.

4. 人類集団における突然変異の動態に関する調査研究

安田徳一、伊藤絢子 (遺伝研究部)

本研究は放射線の遺伝障害の解明とそのリスク推定をするために、日本人集団の遺伝構造および環境要因と遺伝素因の相互作用を数量的に調査研究する。また電子計算機を用いてその解析とリスクモデルの解析を行い、突然変異遺伝子の動態拡散と遺伝性障害の発生との関係を予測することを

目的とする。この目的を達成するためにヒトの遺伝病の原因となる突然変異の分子機構の調査研究、健康障害としての遺伝病の有病率の調査について分子集団遺伝学的、遺伝疫学的研究を行った。

- (1) 筋緊張性ジストロフィー (dystrophia myotonia. 以下 DM と略する) の遺伝リスク (安田)

DM は常染色体優性遺伝の組織多発性の神経難病である。日本 (山陰地方) における有病率は 10 万人中 3 名で、成人にみられる筋ジストロフィーのなかでは頻度の高い疾患である。発症年齢は胎児期から晩年までと多様で、その臨床発症もまた多様で、無自覚から筋力の低下、筋萎縮などのほかに全身の臓器に障害が現れる。特に白内障、前頭部のはげ、性腺機能の低下、痴呆などの老化現象に似た徴候が現れることから、遺伝性早老症の一つに分類されている。DM 遺伝子は 19 番染色体の長腕 (19 q13.3) にあるとされ、その近傍の不安定性 DNA 配列が DM の症状と関連があるという。

死亡率の高い乳幼児期に罹患する新生児の DM (先天性 DM., 略して CMD) 家系調査により母親の DM 遺伝子によることがわかった。重症の CMD は子宮内にデオキシコール酸 (胆汁酸の一種) 濃度がヘテロ胎児に影響するという仮説があるが、不安定性 DNA 配列とミトコンドリア遺伝子の関連で、女性保因者が CMD の新生児を産むリスクを検討した。

- (2) 日本における遺伝病の有病率 (安田、伊藤)

1986 年度国連科学委員会の報告 (以下略して国連 86) によると、ヒト遺伝病の 1,000 人あたりの有病率は、メンデル性優性と伴性が 10.0、劣性が 1.1、染色体病が 3.8、多因子病のうち先天異常が 60.0、成人病が 600 である。これらの数値は白人集団の調査から得られたものである。そこでこれまで文献に報告された日本人集団で調査された遺伝病の有病率を検討した。調査規模、方法などで数値の信頼性は報告により違いがあるが、少なくとも現状を把握することを目標とした。その結果、国連 86 に対応する数値として、メンデル性優性と劣性が 3.5、劣性が 0.8、染色体病が 5.0、(出生時) 先天異常が 10.7 が得られた。成人病の有病率は不明である。

遺伝リスクの推定の基礎となる倍加線量の推定にはメンデル性優性と伴性遺伝病の有病率が用いられるが、現状では日本人は白人の 1/3 の有病率である。体系的な遺伝疫学調査が必要と考えられる。

5. 生理病理研究部

概 況

本研究部は人体に対する放射線障害の本態を明らかにすることを目的として、主として実験動物及びそれらに由来する細胞を用いて、細胞レベルから個体レベルに至る急性及び晩発性障害につき、分子細胞生物学的、免疫生物学および実験病理学的な立場から研究を行っている。全ての研究室が、経常研究のほかに、昭和63年度から継続中の特別研究「公衆被曝のリスク評価に関する生物学的調査研究」あるいは平成2年度から新しく始まった特別研究「低線量域における線量効果関係の実証に関する予備的研究」を分担研究している。

第1研究室では、今年度も骨髄移植の実験的研究および放射線の免疫系に及ぼす影響についての研究を行ったが、特にヒトの白血病の同種骨髄移植による治療の際に見られる GVL (移植片対白血病) 効果に関するマウス実験モデル系での研究に興味ある展開が見られた。

第2研究室では、前年度に引続きサイクロトロンからの速中性子線照射によるマウスの寿命短縮および腫瘍発生の線量反応関係に関する研究を継続すると共に、免疫不全マウスのウレタンによる肺がん誘発、補体第1成分の cDNA を導入されたマウス培養線維芽細胞での造腫瘍性の獲得等について研究した。

第3研究室では、胎内および幼若期での被曝による長期的影響につき研究を続けた。今年度は胎生12日齢に0.95 Gy 照射した群についてのデータがまとまった。その結果では、対照群に比して、平均寿命や腫瘍発生率に差はなかったが、体重減少と過敏行動が認められた。

第4研究室では、放射線による胸腺リンパ腫低発生のマウスを化学発がん剤で処理すると、短期間に極めて高率に胸腺リンパ腫が発生することを認めた。これは放射線と発がん剤による腫瘍発生のメカニズムを比較解析する上で極めて有用な実験モデルになると期待される。

本年度中における当研究部員の国際会議への出席等については、平成3年7月にカナダのトロ

ントで開催された第9回国際放射線研究会議に佐渡、大津、古瀬が参加したほか、平成4年3月に水戸市で開催された放射線影響と防護に関する国際会議で佐渡が「放医研における実験放射線発がん研究」と題する招待講演を行ったほか、武藤、大津、佐々木、吉田がポスター発表を行った。

島田は放射線発がんの機構に関する研究のため、平成3年8月から1年間の予定で、原子力留学生として米国ウイスコンシン大学のクリフトン教授のもとへ留学した。

(佐渡敏彦)

1. 造血器(骨髄)移植における免疫系細胞の分化と晩発性障害及び白血病治療に関する実験的研究

武藤正弘、相沢志郎、久保あゆみ、神作仁子、佐渡敏彦

白血病患者への骨髄移植治療において、同種骨髄移植による GVL (移植片対白血病) 効果の存在を強く示唆する臨床成績が報告されているが、GVL 効果の発現の機構に関する基礎的研究は極めて限られている。本研究では、動物実験モデル系を用いて、再現性のある GVL 効果を誘導し、GVL 効果の発現に必要な遺伝的、細胞学的要因を明らかにすることを目的とした。

C3H マウス由来の放射線誘発骨髄性白血病細胞 (LE750) を静注した C3H マウスを致死線量の放射線で全身照射後、同系あるいは同種骨髄移植を行ない、その後の生存率及び白血病再発率を比較検討した。

同系 (C3H,H-2^k) 骨髄移植を行なった場合に比較して、MHC (主要組織適合遺伝子複合体) の異なる B10 (H-2^b) マウスからの同種骨髄移植の場合は常に再発率の低下、即ち有意な GVL 効果が観察された。この場合の GVL 効果の発現には、移植骨髄細胞中に T 細胞が混入していることが必要であること、および L3T4 (CD4) 陽性 T 細胞ではなく、Lyt2 (CD8) 陽性 T 細胞が重要であることを明らかにした。一方、MHC の一致した数系統 (B10. BR, CBA, AKR) のマウスか

らの同種骨髄移植では有意な GVL 効果が観察されなかったが、人為的に T 細胞の混入割合を高めて GVH (移植片対宿主) 反応を強める操作を行なうことにより、有意な GVL 効果を誘導することが出来た。

次に、他の白血病細胞を用いて特に MHC の一致した同種骨髄移植における GVL 効果の発現の有無を検討した。白血病細胞 (8027、骨髄性白血病) の場合は、白血病細胞 (LE750) の場合とはほぼ同様の結果で、MHC の一致した同種骨髄移植では有意な GVL 効果は観察されなかった。しかし、白血病細胞 (9106、骨髄性白血病) の場合は、MHC の異なるマウス (B10, B10. D2) からの同種骨髄移植のみならず、さほど顕著ではなかったが MHC の一致したある系統のマウス (AKR, CBA) からの同種骨髄移植においても有意な GVL 効果が観察された。更に、白血病細胞 (8313、T 細胞腫; 9107、骨髄性白血病) の場合には、MHC の異なるマウス (B10, B10, D2) からの同種骨髄移植と同様に MHC の一致したマウス (AKR, B10. BR) からの同種骨髄移植においても著名な GVL 効果が観察された。

以上の結果は、MHC の一致した同種骨髄移植においても GVL 効果の誘導が可能であること、その強さは同種骨髄移植のドナー、ホストの組合せの違いや、白血病細胞の違いによって変化することを示している。

[研究発表]

- (1) Aizawa, S. and Sado, T. : Transplantation, 52,885-889. 1991.
- (2) 相沢、佐渡 : 第21回日本免疫学会総会、熊本、1991, 11.
- (3) 武藤、高野、堀口、久保、佐渡 : 第21回日本免疫学会総会、熊本、1991, 11.
- (4) 武藤、久保、佐渡、清水、山岸 : 日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991, 11.
- (5) 佐渡、神作、久保、武藤 : 日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991, 11.
- (6) 神作、佐渡、北川 : 日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991, 11.
- (7) 武藤、山岸、久保、佐渡 : 第50回日本癌学会、東京、1991, 9.
- (8) Aizawa and Sado : "Keystone Symposia" Bone Marrow Transplantation", Keystone, 1992, 1.
- (9) Sado : International Conference on Radiation Effects and Protection, Mito,

1992, 3.

- (10) Muto, Kubo, Sado, Shimizu and Yamagishi : International Conference on Radiation Effects and Protection, Mito, 1992, 3.

2. 腫瘍発生と腫瘍細胞の特性の解析

大津裕司、小林森、崎山比早子、古瀬健、野田攸子

速中性子線の高線量域の照射に誘発される腫瘍とその種類、そして発生率の検索を行ない、さらに引き続いて低線量域における誘発腫瘍について検索した。補体第 1 成分である C1s の生体内分布とその生理的活性の意義、ついで免疫不全マウスを用いての肺腫瘍発生と免疫機能との相関について検討した。

治療用サイクロトロンからの平均エネルギー13 MeV の速中性子線による 1、2、3Gy の照射をしたマウスを経時的に検索した結果、最高発生率約 30% は γ 線照射の最高値と有意差なく、また発生を始める時期を早めることなくただ最高値を発生させる線量は 1Gy と線量効果関係に相違のあるのを確かめた。さらに肝腫瘍が各群に約 60% と γ 線群より 2~3 倍の高率に発生した。しかし線量反応関係が不明であった。平成 3 年にはさらに 0.125、0.25、0.5 Gy の低い線量域での腫瘍発生率と腫瘍の種類を同定することを目標として照射実験を行い現在継続中である。速中性子線の腫瘍発生を早期促進する作用がないことを確認したので経時的検索法から終生飼育に代えた。現在ほぼ 50 匹の検索が終わったが、平均寿命は対照群 818 日、以下低線量から高線量順に 848、817、744 日で 0.125 Gy が対照群より高い平均値を示した。詳細は今後の検索に待たねばならない。肝腫瘍は対照群 11% に対し 20%、36%、40% と線量に応じて増加し、線量効果関係がみられた。また肺腫瘍は対照値 8% で 5%、15%、19% と肝同様線量効果関係が認められた。今後、さらに検索を進めて、 γ 線との生物効果比を寿命、腫瘍別に算出した。

次いで、補体系は生体防御において主要な役割を果たしていることは古くから知られた事実である。古典経路の第一成分である C1s は C2、C4 を部分分解することでこの経路の活性化の引金を引く生物学的機能を持っている。しかし最近 C1s が MHC クラス I 抗原を切ることが報告され我々も C1s がコラーゲンを分解することから、転移に何

らかの役割をはたしていることを示唆してきた。このことを確かめるために Cls の cDNA を BCMGSNeO に組み込み、非転換細胞であるマウス A31 及びそのポリオーマウィルスによる腫瘍原性及び転移能を調べた。SES7 細胞においては転移能を促進することは観察されなかった。しかし A31 細胞においては、対照群の A31、及びこれにベクターのみをトランスフェクトした細胞は腫瘍を形成しなかったのに対し、Clsc の DNA を組み込んだ細胞を皮下接種したものは 8 匹中 5 匹腫瘍を形成した。Cls が腫瘍原性の促進にかかわっているかどうか、さらに検討する。

〔研究発表〕

Sakiyama, H., Yamaguchi, K., Chiba, K., Nagata, K., Taniyama, C., Matsumoto, M., Suzuki, G., Tanaka, T., Tomosawa, T., Yasukawa, M., Kuriwa, K. Sakiyama, S. and Otsu, H. : J.Immunol. 146 : 183-187, 1991

3. 出生前ならびに幼若期被曝による長期的影響に関する研究

佐々木俊作

出生前ならびに幼若期の放射線被曝によりひき起される影響は成年期被曝の場合と多くの点で異質である。この研究は胎内・幼若期被曝による長期的影響を多面的に解明することを目的とする。第一のテーマは発癌であり、当面胎内被曝に重点を置いている。幼若期の全身照射と部分照射の影響の比較や照射後の処置による影響の変更についても検討している。第二のテーマは中枢神経系の発生異常である。第三は非腫瘍性晩発障害である。平成 3 年度に進展が見られた研究内容について以下に記す。

(1) 胎生 12 日齢のマウスへの照射による影響：マウスの胎生 12 日齢は器官形成末期でありヒトの胎生 60 日齢前後に対応する。0.95 Gy の γ 線を照射された C3H 雄マウスの平均寿命は対照群と差がなかった。腫瘍発生率の増加は認められなかった。肝腫瘍の発生率はやや低下したが有意差はなかった。胎生 17 日齢や新生児期照射すると明らかな発癌効果が認められることは既に報告したが、器官形成期は発癌に関して低感受性であるといえる。この時期に照射されたマウスは落ち着きのない過敏な行動と小さな体格が特徴である。これは全個体に認められる。出生後数ヶ月から始まる皮膚の潰瘍はこの時期の照射のみに見られる影響である。皮膚の潰瘍は 26% の個体に発生した。

(2) 照射後のフェノバルビタール経口投与による平均寿命延長：B6WF₁ 雄マウスの 5 日齢に X 線 1.9 Gy または 3.8 Gy を照射し離乳後フェノバルビタール (PB) を 0.05% に含む食餌を与え続けると平均寿命が X 線単独群よりも長くなるという実験結果は既に報告した。その後線量を 5.7 Gy に上げた実験を追加していたが最近終生飼育が完了した。平均寿命は X 線単独群 394 日、X 線 + PB 群 462 日であった。この差は統計学的に有意である。従って、照射後の PB 投与による平均寿命延長効果は線量の高低に関係なく共通であるといえる。組織学的検討は未完了である。

(3) 組織構築異常が生じた小脳皮質の加齢に伴う萎縮：これまで対照群における加齢に伴う萎縮について計測し、新皮質の方が古皮質よりも萎縮の程度が大きいこと等の知見を得てきた。新生児期のマウスに γ 線を 1.9 Gy 照射すると組織構築の異常が起こり正常に復することはない。12 ヶ月齢に達したマウスの小脳を計測したところ、明らかな萎縮が起こっていることが分かった。対照群においては 12 ヶ月齢までには萎縮は検出できない。予想を上回る萎縮であるので、照射後より若い時期についても計測する必要がある。照射線量と萎縮の関係についても検討しなければならない。

4. 造血細胞の分化、増殖統御機構と白血病の発生機構に関する研究

荻生俊昭、吉田和子、島田義也、西村まゆみ、根本久美恵

白血病の発生は種々の要因の影響を受ける。今年度は、①発癌における放射線と化学物質の相互作用の研究のための基礎データを得る、②電離放射線と化学物質による発癌機構の相違を検討するための系を作る、③系統間の差異を研究するための実験系を確立する、等を主な目的に STS/A マウスに三種類の N-ニトロソ尿素を投与し、白血病の発症を検討した。

STS/A マウスは、放射線に抵抗性で、大阪府立大学の奥本らによると、放射線による胸腺リンパ腫の発生率は 9% 以下である。奥本らはまたリンパ腫の発生に関与する遺伝子は第 4 番染色体の *b* と *Ifa* 遺伝子の間に存在することを報告している。

動物は大阪府立大学、奥本先生から分与され、当所の動植課で生産された STS/A マウスを使用した。マウスは 5 群用意し、1 群は対照群とし、他の 1 群は 170R の X 線を週 1 回、4 回照射し

た。残り3群はマウスには400 ppmの濃度のENU (*N*-ethyl-*N*-nitrosourea)、PNU (*N*-propyl-*N*-nitrosourea)、またはBNU (*N*-butyl-*N*-nitrosourea)の水溶液を飲料水として6週間ないし10週間、連続投与した。

この結果、X線を照射したマウスでは実験開始後40週経過した時点で、雌雄合計77匹中4匹(5%)に胸腺リンパ腫が発生したのみである(飼育観察は継続中)。これに対し、ENU投与群では65匹中64匹(98%)に、PNU投与群では66匹中65匹(98%)に、BNU投与群では65匹中61匹(94%)に胸腺リンパ腫が発生した。これらのリンパ腫の発生は極めて早く、平均生存期間はENU群では10.3週、PNU群では10.9週、BNU群では13.1週であった。対照群では胸腺リンパ腫の発生は認めていない。

次に、これら発生した胸腺リンパ腫の細胞表面抗原の発現状態を調べることにより、T細胞分化のどの段階に対応する腫瘍かを検討した。細胞表面の抗原はCD4、CD8、CD3、TCR $\alpha\beta$ 、Thy-1.2およびJ11dに対する抗体を用いて染色し、FACStarにより解析した。全部で45例の解析を行なったが多くの例ではThy-1.2とJ11dは陽性、CD3とTCR $\alpha\beta$ は弱陽性であった。CD4とCD8の発現状態は変動が大きかったが、その中ではCD8が陽性でCD4が弱陽性の例が比較的多かった。この結果、*N*-ニトロソ尿素によりSTS/Aマウスに発生した胸腺リンパ腫の多くは、T細胞分化過程のCD8 single positive ないしCD4/CD8 double positive cellに対応する比較的未熟な細胞からなる腫瘍と考えられた。

[研究発表]

- (1) Seki, M., Yoshida, K., Nishimura, M., Nemoto, K. : *Radiat. Res.*, 127, 146-149, 1991.
- (2) Ariga, T.*, Yoshida, K., Nemoto, K., Seki, M., Miyatani, N.*, Yu, R. K.* : *Biochemistry*, 30, 7953-7961, 1991. (*Virginia Commonwealth University, U.S.A.)
- (3) 荻生 : "毒性試験講座5、毒性病理学" (前川、林、編), 108-125, 地人書館, 1991.
- (4) 島田義也 : "血管の機能と障害、老化を含めて" (安藤、川島、井藤、大山、編), 157-165, 藤田企画出版, 1991.
- (5) Shimada, Y., Kaji, K*, Ito, H* : *Artery*, 18, 268-284, 1991.
- (*Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology)
- (6) Ogiu, T., Fukami, H.*, Nishimur, M. : *J.Cancer Res. Clin. Oncol.*, 118, 23-29, 1992. (*Aichi Cancer Center Research Institute)
- (7) Shimada, Y. : "Tumor Necrosis Factor : Structure Function Relationship and Clinical Application" (ed. by Osawa, T. and Bonavida, B.), 241-252, Karger/Basel, 1992.
- (8) Ogiu, T., Fukami, H.*, Nishimura, M., Shimada, Y., Maekawa, A.** : *Thymus* (in press)(* Aichi Cancer Center Research Institute, **Sasaki Institute)
- (9) 荻生, 深見*, 西村, 松山**, 前川*** : 第80回日本病理学会総会, 大阪, 1991. 4. (*愛知県がんセンター研究所, **名古屋大学, ***佐々木研究所)
- (10) 蒲谷*, 渡辺*, 大淵*, 川岸*, 日下*, 関*, 吉田, 根本 : 第53回日本血液学会総会, 京都, 1991. 4. (*キリンビール医療開発研究所)
- (11) 児玉*, 児玉*, 児玉**, 荻生, 深見*** : 第50回日本癌学会総会, 東京, 1991. 9. (*児玉予防医学研究所, **国立がんセンター研究所, ***愛知県がんセンター研究所)
- (12) 杵淵*, 松浦*, 荻生, 菊池* : 第50回日本癌学会総会, 東京, 1991. 9. (*札幌医科大学)
- (13) 荻生, 深見*, 西村 : 第50回日本癌学会総会, 東京, 1991. 9. (*愛知県がんセンター研究所)
- (14) 根本, 吉田, 西村, 井上*, 佐渡 : 日本放射線影響学会第34回総会, 1991. 11. (*横浜市立大学)
- (15) 石井*, 鈴木*, 荻生, 稲野* : 日本放射線影響学会第34回総会, 1991. 11. (*薬理化学研究部)
- (16) Yoshida, K., Nemoto, K., Nishimura, M., Sado, T. : *International Conference on Radiation Effects and Protection*, Mito, 1992. 3.
- (17) Nemoto, K., Yoshida, K., Shimada, Y., Nishimura, M., Seki, M. : 40th Annual Meeting of the Radiation Research Society, Salt Lake City/ U. S. A., 1992. 3.

6. 障害基礎研究部

概 況

本研究部は、放射線障害の基礎、障害の早期発見、組織・細胞に対する耐容線量および障害予防に関する実験的研究を実施して、放射線障害の実態の解明と防護・回復に有効な方法の確立を図っており、医療に関する基礎的情報の提供を目指して各研究室とも研究を進めている。

第1研究室においては、放射線による造血障害とその防御に関する研究を行っており、内在性脾コロニー形成細胞 (CFU-S) の数はX線照射5日前に5-フルオロウラシル (5-FU) を投与したマウスにおいて最大値を示すこと、および顆粒球コロニー刺激因子 (G-CSF) とインターロイキン6 (IL-6) の併用によって放射線障害の有意の回復が得られることを明らかにした。

第2研究室においては、放射線障害の細胞遺伝学的研究を行っており、放射線誘発染色体異常や腫瘍に出現する染色体異常はランダムに現れるのではなく、特定の染色体対や染色体部位に多く見られることを明らかにした。また、小核検出において、2核細胞の判定に必要な細胞質の保存法と細胞質内の好塩基性物質の除去法を考案した。

第3研究室においては、高LET放射線の細胞および組織に対する効果を研究しており、理化学研究所のリングサイクロトロンから得られる荷電重粒子線の生物効果を培養細胞を用いて調べており、拡大ブラッグピークの各点における分割照射の効果を明らかにした。

本年度は、古川章研究員を第2研究室に迎えることができ、研究が加速された。また古澤佳也博士が客員研究官として来られ、第3研究室が充実した。笠井清美研究員は科学技術庁ライフサイエンス課併任 (1年間) となり、組換えDNA実験の施設調査ならびに指針改訂に貢献した。同研究員は平成3年7月7日から12日にかけてカナダのトロントで開かれた第9回国際放射線研究会議に出席し、研究発表と討論を行った。(佐藤弘毅)

1. 生体の放射線障害とその防御に関する細胞学的研究

坪井篤、小島栄一、田中薫

放射線による造血器障害とその防御に関する研究としては、これまで、放射線による造血器障害における未分化幹細胞の役割について、5-FUを投与したマウスを用いて研究し、また、放射線による造血器障害に対するIL-6の治療効果等についても研究して来た。すなわち、5-FUを投与したマウスにおいて、脾臓および骨髄中のexogenousなCFU-Sの放射線障害からの回復が非投与マウスのそれに比して速いこと、CFU-Sの放射線感受性は5-FUの投与時期によって変化し、5-FU投与後5日目が最も放射線抵抗性になること等を報告した。今回は5-FUを投与したマウスのendogenous CFU-Sの放射線感受性および最も放射線抵抗性となる照射前5日目に5-FUを投与したマウスの末梢血中の赤血球、白血球および血小板の照射後の動態を調べた。endogenous CFU-Sの数は照射前5日目に5-FUを投与したマウスにおいて最大値を示し、照射3日前に5-FUを投与した場合でも、そのCFU-Sは非投与マウスのそれより多かった。しかし、照射1日前に5-FUを投与した場合、そのCFU-Sは殆ど検出されなかった。5-FU投与5日後に1.9Gy照射したマウスの末梢血中の赤血球数および白血球数の動態は照射後25日間5-FU非投与マウスのそれらと殆ど同じ傾向を示した。しかし、血小板の動態は照射7~10日後において5-FU非投与マウスのそれより有意に上昇した。放射線による造血系障害に対するIL-6の治療効果は10 μ g/kgのIL-6単独投与では殆ど認められない事はすでに報告した。今回は4.9GyのX線を照射したマウスに250 μ g/kg/dayのG-CSFと10 μ g/kg/dayのIL-6を照射後4日間投与し、造血系障害に対するG-CSFとIL-6の治療効果を調べた。照射後、2つのサイトカインを投与したマウスにおける脾臓および骨髄中のCFU-SはIL-6を単独投与したマウスにくらべ、照射3日後に有意な上昇が認められ、14日目に非照射レベルまで回復した。有核細胞も同様な傾向が認められた。腫瘍治療の基礎

研究として取り上げて来た、温熱による放射線増感では、放射線でトランスホームした細胞は温熱耐性、放射線増感とも、オリジナル細胞に比して上昇傾向を示した。

〔研究発表〕

- (1) 坪井篤：第11回日本獣医学会、東京、1991. 4.
- (2) Z.Pojda, K.Tanaka, Y.Aoki and A. Tsuboi : 20th Ann Meet. Inter Society for Exptl. Hematl. Parma in Italy, 1991. 7.
- (3) A. Tsuboi, Y. Aoki, Z. Pojda ; 9th Inter. Congr. Radiat. Res., Canada, 1991. 7.
- (4) E. Kojima and A. Tsuboi : Inter. Confer. on Radiat. Effect & Protection, Mito, 1992. 3.
- (5) 坪井篤、ポイダ、青木芳朗、田中薫、小島栄一：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.
- (6) 小島栄一、坪井篤：同上。
- (7) 坪井篤、田中薫：日本ハイパーサミア学会第8回大会、東京、1991. 10.

2. 放射線による身体的障害の細胞遺伝学的研究

早田勇、南久松真子、古川章、小高武子

放射線によって誘発される染色体異常は被曝後数時間以内に発現する急性障害の一種であるが、がんや白血病などの晩発性障害の言わば卵とも考えられている。本研究は放射線による身体的障害の発現に対する染色体異常の役割、特に、染色体異常と腫瘍性増殖との関連性につき、放射線被曝例と白血病とを細胞遺伝学的に解析し解明すること、および、医療被曝における正常組織の障害の実体を明らかにし、公衆被曝のリスク評価の基礎資料を得ることを目的とする。

本年度は(I)血液疾患189例、放射線被曝者11例、先天異常患者1例につき染色体標本を作成し、染色体分析を行うと共に、(II)リンパ球の小核標本作成の改良法を開発し、X線照射した健常人末梢血のリンパ球に誘発された不安定型染色体異常と小核の線量効果関係の比較研究を行った。

(I)について、昨年度までに本研究室において分析した症例と合せ、合計457例(骨髄性404例、リンパ性53例)の造血腫瘍中に検出された構造異常染色体に関与した切断点(延べ281ヶ所、100バンド部位)につき検討を行った。その結果、リンパ性疾患については、症例数が少なかったため顕著な傾向が見出せなかった。骨髄性例について

は、切断点が1番染色体の長腕上部(1q21)や、7番染色体の長腕中部(7q22)等13ヶ所のバンド部位に高頻度で認められた。4番、10番、15番、X、Y等には切断点は非常に少なかった。切断点と切断点を介して生じた染色体異常の種類は、文献例と同様にそれぞれの疾患において特徴的であった。

(II)について、最近開発され、活発に利用され始めている培養リンパ球を用いた小核検定のための標本は、エアドライ法で作成すると細胞質が離散し、2核細胞の判別が難しくなり、スメア法で作成すると、細胞の伸展度がばらつく上、細胞質が濃染されて小核が見にくいという問題がある。本研究では、培養リンパ球を牛血清に懸濁させ、スピナーを用いて均一スメア標本を作成し、メタノールで固定した後、RNA分解酵素で処理し、細胞質の濃染物質を除去する方法を開発した。この方法を用いてX線照射した末梢血リンパ球に誘発される小核の線量効果関係を求め、コンピューターで不安定型染色体異常のものと比較解析したところ、不安定型染色体異常は線量の増加に伴い1次と2次の項が複合し増加する曲線に相関し出現したが、小核は線量の増加に伴い出現数が増加する要因と減少する要因とが複合した曲線に相関して出現した。また、小核の出現頻度はコントロールでは不安定型染色体異常の頻度よりやや高かった。文献的にも小核の線量効果関係には研究者間で一致した曲線が得られていないので、今後さらに研究を進める予定である。

〔研究発表〕

- (1) 早田：『バイオドシメトリーに関する研究』成果報告書、pp43-45、原子力安全技術センター刊、1991.
- (2) 南久松、石原：染色体学会1991年度年会、長崎、1991. 10.
- (3) 早田、松岡：染色体学会1991年度年会、長崎、1991. 10.

3. 高 LET 放射線の細胞および組織における障害の発現に関する研究

重粒子線照射細胞における亜致死損傷の回復

佐藤弘毅、笠井清美、五日市ひろみ、福津久美子、古澤佳也*(*客員研究官)、金井達明(医用重粒子線研究部)

高 LET 線では、LETの増大に従って、亜致死損傷の回復(SLDR)が減少することが知られている。このことは、分割照射を繰り返す事が予想

される癌の重粒子線治療において、治療効果に重大な影響を及ぼすと考えられる。すなわち、重粒子線の入射部付近に当たる皮膚などでは回復が大きく、逆に、粒子の止まるブラッグピークにある癌組織では回復が小さくなると期待できるからである。そこで、理化学研究所リングサイクロトロンにて得られるカーボンイオン線の、癌治療時の線量分布形成試験を目的とした拡大ブラッグピークを用いて、その入射部と拡大ピーク部における分割照射の効果を比較した。

ランダムポピュレーションの V79 細胞を 4 時間間隔で 3 分割照射を行った。入射部での 3 分割照射では、単照射に比べて同じ 1 % 生存率を与える線量として、約 1.1 倍必要であった。これに対して、拡大ピークの上流部と中流部では、ほぼ同一の線量で十分であった。すなわち、分割照射の

効果は観察されなかった。拡大ピークの下流部では逆に、0.9 倍の線量で 1 % 生存率を得た。分割照射によって、かえって、細胞致死効果が高くなった事になる。これは、第 1 回の照射によって、細胞増殖周期に同調が起き、第 2 回目以降の照射時に、放射線に高感受性の周期に細胞が集積し、かつ、このための高感受性化が、分割照射による回復を上回ったためと考えられる。これを証明するには、今後、細胞周期による、感受性の差、および回復の差、照射による同調の程度などについて、細胞周期同調集団を用いた詳細な研究が必要となる。

「研究発表」

- (1) 福津、古澤、金井、五日市、江口、佐藤、大原：日本医学放射線学会第 31 回生物部会，横浜，1992. 4.

7. 内部被ばく研究部

概 況

本研究部は、超ウラン元素等アルファ線放出放射性核種による内部被ばくの人体影響を動物実験などにより明らかにすることを目的とし、昭和57年に設立された。アルファ放射体のうち保健物理的意味の大きなプルトニウムの吸入毒性を中心課題にすえ、エアロゾル発生から生物影響まで広範にわたる領域を取り扱い、特別研究「公衆のリスク評価に関する生物学的研究」において「超ウラン元素による内部被ばくのリスク評価に関する調査研究」を分担している。本年度はプルトニウムのエアロゾルを発生させ、エアロゾル特性を同定すると共にその発がん量をラットに吸入させ、長期飼育によりプルトニウムの体内残留と排泄を測定、死亡した動物の組織病理学的検索を行うなどの本格実験を始めることが出来た。経常研究はこの特別研究を支えるための基礎的研究を中心とし、そのほかに特別研究では取り扱わないが内部被曝としては重要なものにつき研究を進めた。

第一研究室は放射性核種の代謝に着目、全胚培養法および妊娠母体に投与する方法により、胎児移行、母体と胎児での放射性核種の沈着と滞留の様相を検討する研究を行い、体内での重合体を形成しやすい物質からの胎児被ばくにおける胎膜の重要性を明らかにした。第二研究室では影響評価における線量に着目し、固体飛跡検出器の基礎特性と内部被ばく研究への応用を中心に研究を進めた。この検出器のエッチピットの直径が紫外線曝露により増大するなど α 線検出メカニズムにつながる興味深い事実を観察した。第三研究室では生物効果とその修飾因子に着目、肺、肝、骨および造血系組織を標的臓器として考え研究を進め、組織マクロファージの細胞動態と機能の不均一性ならびに骨での代謝に関する研究において成果を得た。また第四研究室では防護技術に関する研究として蒸発凝縮法を用いた超微細エアロゾル粒子発生計測技術などを基礎に空気汚染評価の精度向上を計るとともに動物実験における飛散率を観察した。

外国出張として、4月に稲葉が英国ハンガーフォードでのICRPの年齢依存線量係数タスクグループ会合に出席した。7月に福田がカナダトロントでのICRRに、9月に山田が英国エジンバラでの吸入粒子に関する国際シンポジウムに、10月に福田がフランスリヨンでの高血圧ラット及び関連研究に関するシンポジウムに、11月に稲葉がドイツシュロスエルマウでのEULEP-CEC主催ワークショップに、また3月には宮本がドイツニュルンベルグで開催された粒子計測技術シンポジウムに出席し、それぞれ研究発表を行った。

9月には第一研究室の久保田が英国NRPBでの原子力留学を終え、放医研での研究に復帰した。
(稲葉次郎)

1. 放射性核種の代謝に関する比較動物学的研究 高橋千太郎、佐藤宏、久保田善久、稲葉次郎

内部被ばくの生体影響は、対象とする放射性物質の生体内での挙動や代謝に依存している。本研究の目的は、超ウラン元素の影響評価を行う上で重要な生体の各器官、臓器における超ウラン元素およびその類似放射性核種の挙動、代謝を明らかにすることである。本年度は、主として ^{239}Pu 、 ^3H 、 ^{59}Fe の妊娠母体ならびに胎児での沈着、滞留に関して検討を行った。従来のプルトニウム等超ウラン元素の胎児移行に関する研究は、主として母体への投与後の胎児移行量を明らかにする目的で行われてきており、移行機序や胎児の特定器官への沈着、滞留に関する研究はほとんど行われていない。そこで、昨年度までに開発した全胚培養法を用いてプルトニウム単量体および重合体の胎児移行機序について検討した。プルトニウム単量体(クエン酸塩)を母体に投与すると、胎膜や胎盤にプルトニウムの高濃度の沈着がみられた。このようなin vivoの系では胎膜のプルトニウム濃度は、投与後24時間での胎児の60-200倍に達した。一方、体外で培養した妊娠12.5日令のラット胎児では、in vivoに比べ胎膜や胎盤への集積(胎児濃度に比較した場合)は小さかった。すな

わち、投与後60分での胎膜と胎盤におけるプルトニウムの濃度比は、in vivo の系では約50~70、in vitro の系では14~22であった。一般に胎児へ移行する物質の分子量が大きくなると胎膜でのブロックが顕著となり、胎膜/胎児の濃度比が増大することが知られている。このような胎膜でのブロックは高分子物質で特に顕著なことが知られている。したがって、プルトニウムの場合、たとえば単量体として母体へ投与されても、胎児移行の途中で重合体に化学形が変化し、胎膜によるブロックを受けている可能性が示唆された。このようなプルトニウムの胎児移行メカニズムの検討は、放射線生物学や放射線毒性学の見地からきわめて興味深いものであるとともに、ゲッ歯のデータをヒトへ適用するといった保健物理学的な見地からも必要なデータである。

〔研究発表〕

- (1) 高橋、佐藤、稲葉：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 10.
- (2) 近藤*、高橋、佐藤、古谷*：環境科学会1991年大会、東京、1991. 11. (*：東京理科大)
- (3) 山田*、高橋、佐藤、古谷*：環境科学会1991年大会、東京、1991. 11. (*：東京理科大)
- (4) Takahashi, S. : Radiat. Res., 128, 59-63, 1991.

2. 内部被曝の影響評価における線量の研究

石樽信人、仲野高志、榎本宏子

本研究所では、固体飛跡検出器の、オートラジオグラフィなど内部被曝研究への応用、及び、 α 線検出基礎特性並びに実用段階における諸問題を調査検討してきた。

本研究で開発した固体飛跡検出器を撮像媒体とする全身オートラジオグラフィは、従来のX線フィルムを用いる方法と比べ、①露光時間の大幅な短縮(1/30)、②暗室操作不要等の簡便さ、③放射能濃度の定量の可能性などの点で優れており、内部被曝の生物学的研究に応用されている。また、従来より、固体飛跡検出器の特性に影響する環境因子を、実用的観点から検討してきた。平成3年度においては、この検出器の α 線エッチピットやバルクエッチ率が紫外線灯及び蛍光灯の曝露によりどのように変化するかを詳しく調べた。

検討項目は、① α 線を照射する前と後とでの紫

外線や蛍光灯曝露の効果の差異、②紫外線(蛍光灯)の効果の曝露量依存性、③紫外線の波長による効果の差異、④検出器の製造バッチによる紫外線(蛍光灯)の効果の差異、以上である。

実験の結果明かとなった重要なポイントは次の通りである。①紫外線(波長254 nm、302 nm)、蛍光灯ともに α 線エッチピットの直径の増大をもたらした。しかし、この効果は α 線を照射した後に曝露した方が、照射する前に曝露した場合よりも大きかった。あるバッチについて、この直径増大率は、紫外線：1.79倍(254nm, $3.1 \times 10^5 \text{ J/m}^2$)、蛍光灯：1.80倍(2週間曝露)であった。②紫外線(蛍光灯)曝露はバルクエッチ率の増加ももたらしたが、この効果は直径の増大よりは小さかった。上記①と同一バッチについて、このバルクエッチ率増加率は、紫外線：1.16倍(254nm, $3.1 \times 10^5 \text{ J}$)、蛍光灯：1.15倍(2週間)であった。③紫外線(蛍光灯)照射量の増加につれ、効果は大きくなった。特に、蛍光灯曝露の場合は強い照射量依存性を示した。④紫外線波長について、254 nmと302nmは同等の効果をもたらした。しかし、365nmでは、直径の増大もバルクエッチ率の増加もきわめて小さいものであった。⑤検出器の製造バッチによって、紫外線(蛍光灯)の効果に大きい差異が見られた。直径の増大率について見ると、同一照射量に対し、紫外線：1.96倍(最大)/1.43倍(最小)、蛍光灯：2.04倍(最大)/1.62倍(最小)の開きがバッチ間で見られた。

〔研究発表〕

- (1) 石樽：第9回固体飛跡検出器研究会、東京、1991. 4.

3. 内部被曝による生物効果とその修飾因子に関する基礎的研究

小木曾洋一、福田俊、山田裕、飯田治三

超ウラン元素による内部被曝の主要な標的器官である肺、肝、骨および造血系組織について、それぞれの生物効果発現に関わる生体側修飾要因を明らかにすることが本研究の目的である。これまでに粒子状物質の体内挙動とその生物学的効果の発現に強い関わりをもつ組織マクロファージ(M Φ)の細胞動態と機能の不均一性並びに骨の代謝・病態における生物学的諸要因の検討を中心にそれぞれ以下のような研究成果を得た。(1)骨親和性⁸⁹Sr投与による骨髓造血の選択的著減あるいはこれに摘脾を加え枯渇を誘導したマウス、さらに肝切除による造血能刺激マウスの組織M Φ

およびMΦコロニー形成細胞(M-CFC)の動態を比較検討し、骨髄依存性の集団(腹腔滲出性MΦ)、非依存性の集団(腹腔常在性MΦおよび肺胞MΦ)、造血系とくに脾に依存性の集団(肝MΦ)とが存在し、起源の不均一性を反映したものであることが明らかにされた。(2)肺、腹腔、肝の組織MΦあるいはコロニー刺激因子誘導骨髄由来MΦのサイトカイン(TNF、IL-6等)産生能を比較し、そのmRNA発現および産生量ともに、不均一性が存在することを明らかにしたが、その要因として起源、微小環境および刺激に対応するシグナル伝達機構にそれぞれ違いが存在することが示唆された。また、サイトカインに加えて、活性酸素の種類および産生量の比較検討も開始した。(3)ラット、イヌにおける骨代謝の加齢性変化を形態計測および骨代謝成分分析等の手法により検討し、骨量にピークが存在すること、種々の刺激要因(性ホルモン、カルシウム、運動、栄養等)に対する骨反応にも年齢差が存在することが明らかにされた。また、脳卒中易発性高血圧症自然発症ラット(SHR)における骨代謝の特性およびその加齢性変化から本系統が骨粗鬆症を併発すること、同じにX線照射によっても骨粗鬆症変化が起こることを明らかにした。(4)ビーグル犬の加齢性自然発症病変(腫瘍など)の臨床・病理学的検索によってプルトニウム投与動物の生涯生物効果の基礎データを蓄積中である。

[研究発表]

- (1) 小木曾、山田：日本網内系学会、札幌、1991. 6.
- (2) 山田、小木曾：日本網内系学会、札幌、1991. 6.
- (3) 小木曾、山田：日本放射線影響学会、東京、1991. 11.
- (4) 山田、小木曾：日本放射線影響学会、東京、1991. 11.
- (5) 小木曾、山田：日本免疫学会、熊本、1991. 11.
- (6) 山田、小木曾：日本免疫学会、熊本、1991. 11.
- (7) Oghiso, Y., Yamada, Y., Shibata, Y. : Regional Immunol., 3, 318-322, 1991.
- (8) 小木曾、山田、柴田、吉田* : 日本網内系学会誌、31、207-216、1991.
(*東京免疫薬理研究所)
- (9) 福田、飯田：日本骨形態学会誌、1、89-94、1991.
- (10) Fukuda, S., Iida, H. : Exp. Animal. 41, 131-137, 1992.
- (11) 福田：Clinical Calcium, 2, 68-71, 1992.
- (12) 福田、飯田、土倉*、池田*、奈良*、堀江*、家森* : 日本骨形態計測学会、つくば、1991. 6. (*島根医科大)
- (13) 土倉、福田、池田、奈良、堀江、家森：日本病理学会、大阪、1991. 4.
- (14) 土倉、福田、飯田、池田、奈良、家森：SHR学会、札幌、1991. 6.
- (15) Yamori, Y., Fukuda, S., Tsuchikura, S., Ikeda, K., Nara, Y., Horie, R. : Clinical and Exp. Hypertension, 13, 755-762, 1991.
- (16) Fukuda, S., Tsuchikura, S., Iida, H., Ikeda, K., Nara, Y., Yamori, Y. : 7th International Symposium on SHR, Lyon, 1991. 10.
- (17) Fukuda, S., Tsuchikura, S., Iida, H., Ikeda, K., Nara, Y., Yamori, Y. : International Conference on Osteoporosis, Kobe, 1991. 11.

4. 吸入による内部被曝の防護技術に関する研究

小泉彰、山田裕司、宮本勝宏

原子力産業の発展に伴い、内部被曝管理の重要性が増加してきており、その中でもプルトニウムのようなアルファ線放出核種による個人の内部被曝線量の評価には多くの問題が残されている。本研究は、アルファ核種による内部被曝の種々の評価法に対し、その精度、感度の向上、評価の迅速化あるいは簡便化に資する基礎データを得ること、および吸入による内部被曝線量の評価に不可欠な空气中エアロゾル粒子の種々の状態における捕捉、沈着等の挙動を調べ、エアロゾル粒子の呼吸気道内沈着の評価法の向上に有用な知見を集積することを目的としている。

これまでに肺深部沈着率に大きく影響するエアロゾル粒子径の発生・計測技術を検討し、蒸発凝縮法を用いた0.1μm以下の超微細エアロゾル粒子発生技術を開発した。この超微細粒子の計測に静電分級法(EC)と凝縮核検出法(CNC)の組み合わせを採用し、正しい指示値を示すことを確認した。同時に6台のCNCの同時測定を行なって計数値を比較し、CNCの互関性、信頼性の高いことを確認した。

本年度は、これらの成果を基礎として空気汚染

評価におけるラドン娘核種の影響、弁別評価方法を検討した。

一方、プルトニウムを用いた動物実験の安全性を評価するための基礎的知見を得るために、 ^{99m}Tc を用いて代表的な3つの実験操作における空気中への飛散率を測定・評価した。その結果、動物体毛がRIで汚染するとその動物を取り扱った際、極めて高い空気中への飛散率を示すことを観察した。などの成果を得た。

さらに、プルトニウムを吸入投与されたラットの取り扱い時の実際に発生した空気汚染を実測し、動物体表面汚染の経時的变化を測定した結果、最大の空気汚染濃度でも法規制値の1/1000程度であること、動物体表面汚染の消失速度はかなり早いことが明らかになった。このことは、汚

染動物飼育、管理あるいは実験時に発生する汚染空気の吸入摂取の防止上、有用な知見と考えられる。

本年度は、これらの成果を用い、Pu投与動物飼育時の汚染基準、すなわちグローブボックス型飼育装置から密閉性のより緩い飼育装置へ移動する際の判断基準の検討を行った。

[研究発表]

- (1) 山田、小泉：第44回大気電気学会、大阪、1991、1.
- (2) 吉田、小泉、山田、津浦：第27回保健物理研究発表会、秋田、1992、6.
- (3) 下*、加藤*、池辺*、山田、宮本、小泉：第27回保健物理研究発表会、秋田、1992、6.
(*名大)

8. 環境衛生研究部

概 況

本研究は、人間の生活環境に関する電離放射線と放射性物質によって、人体が体外および体内から放射線被曝を受ける場合の環境因子ならびに被曝の防護に資するための調査研究を実施している。研究の対象と成る核種としては、核燃料サイクル施設から環境へ放出される可能性の高い人工核種、核実験や原子炉事故による放出核種、および自然核種である。これら経常研究の他に環境特研“食物連鎖に係る公衆の被曝に関する調査研究”のうち、本研究部が担当している“化学形を考慮したトリチウムの環境挙動”、“放射性物質の年齢群別体内代謝”、“人体被曝線量算定モデルの開発とデータベースの整備”などに係る研究も実施している。

さらに本年度より開始された原子力基盤技術総合研究のうち“放射性核種の環境中移行の局地規模総合モデルに関する研究”を環境放射生態学研究部と共同で実施している。一方、環境放射能、放射線に係る重要なデータベース造りの基本となる放射能調査研究も、各研究室の関連分野について担当している。

第一研究室では、自然環境におけるいろいろの放射性物質の挙動、電離放射線の分布およびその変動を明らかにする研究を実施している。その一環として、今までに蓄積したバックグラウンド空間放射線の測定データを解析し、地質的観点からの考察を進めている。また、TLD素子による測定法を医療体内被曝測定へ応用する手法について研究を開始した。第二研究室では、環境中の放射性物質が一連の食物連鎖を経て生体に取り込まれた場合の体内代謝の様相と化学的挙動の解明、天然キレート物質による放射性物質の排出除去研究ならびに公衆の被曝線量予測の精度向上を目指した研究を実施した。淡水生態系における放射性核種のうち、 ^{60}Co の蓄積に及ぼす温度効果を調査検討した。また底土からの移行寄与についても評価を行った。人体組織、食品中の安定同位体の分布や化学形をPIXE法やHPLC法で調べた。天然のキレート物質であるキトサンのSr排泄促進効

果については、低分子のものの効果がより大きいことを、見出した。体内被曝計算システムについては、817核種のデータ登録を終え、改良が進んだ。

第三研究室では、 ^3H の生体内挙動について種々の有機標識試料を動物に投与して実験を進めた結果、動物の脂肪組織への取り込みに関する、興味深い知見が得られた。 ^3H の環境挙動に関しては、土壌水の浸透速度の推定に関する研究を実施し、今までに得られず測定データの解析から、東海村砂質土壌の浸透速度を評価した。

第四研究室では、放射性核種の化学的挙動の解明と分析法の開発を目的として、無機イオンの非イオン性高分子吸着体への吸着挙動、金属錯体水溶液の物性、ルテニウムの吸着、脱着挙動、人体臓器内Thの分析法の研究を進めた他、天然キレート化合物へのSrの吸着挙動についての予備的検討や、大気中 ^7Be の粒度分布や存在量の時間変化の考察を行った。

人事面では、4月1日付で阿部道子主任研究員が第四研究室長に昇任し、松本雅紀研究員が新規採用され、第一研究室に配属された。また、7月1日付で古川雅英研究員が同じく第一研究室に配属となった。9月1日より約3か月間カナダ、チョークリバー研究所(AECL)よりDr.R.Brownが共同研究員として来所された。(岩倉哲男)

1. 自然環境における放射性核種の挙動ならびに電離放射線の様相に関する調査研究

藤高和信、古川雅英、松本雅紀(環境衛生研究部)

本研究は自然環境における種々の放射線の分布と変動を明らかにし、その原因を明らかにすること及び国民線量算定に寄与することを目的とする。

今までに蓄積した自然環境中のバックグラウンド空間放射線レベルの測定データを解析して地質的観点から成因・影響因子を推定する作業が続いている。放射能調査等で蓄積した日本全国の空間放射線データ数は本年度末までに市町村数で

798、サイト数で1,304、測定点数で6,257である。今回は全データをSI単位系に変換し、市町村単位の値をデータベース化してフロッピーディスクに収録した。

定性的に分かっていた東日本と西日本の平均レベルの違いをさらに明確にするため、糸魚川-静岡地殻構造線を境に市町村を東西に分け、それぞれの平均レベルを計算した。東側に入る市町村数は331で、その平均値は $70.2+18.1\ln\text{Gy/h}$ である。西側に入る市町村数は467で、その平均値は $86.4+16.1\ln\text{Gy/h}$ である。なお全国の798市町村の平均値は $79.7+18.8\ln\text{Gy/h}$ である。西高東低の傾向は地域毎のデータの分布形を比べてさらに明確にした。

またこのデータから全国の等高線図が作成された。以前に作成した等高線図は人口分布や地理条件を考慮して作られたもので旧単位系($\mu\text{R/h}$)で表示されていたが、今回のものは各市町村の単純平均値に基づき、SI単位系によっている点が異なる。但しこれら2種類の分布図を比べるとよく似ており、巨視的には同じと言える。その新しい分布図にも旧図同様に糸魚川-静岡構造線、中央構造線、柏崎-銚子構造線が認められる。旧図では棚倉構造線が曖昧だったが、新図でもやはり曖昧である。

これらのバックグラウンド放射線レベルには地殻ガンマ線の他に宇宙線が約 30nGy/h 含まれ、また僅かながら大気中放射性核種の寄与と過去のフォールアウトの影響が含まれている。後2者の寄与は量的に小さいので、宇宙線寄与分を差し引いて地殻ガンマ線だけの分布図を作成する計画を立てた。あわせて、航空機高度の宇宙線被曝線量を推定する予備的な調査を開始した。

地殻ガンマ線分布図を地球科学的視点から解析する作業は10年以上前から試みているが、未解決の問題が多い。例えば上述のように空間放射線分布図上で糸魚川-静岡構造線は明瞭に認められるのに棚倉構造線はなぜ曖昧なのか、構造線はなぜ特定の放射線レベルを示すのか、中央構造線の南西端はこの放射線分布図から決められるのか、等の問題がある。これらの解析のためにさらに離島や火山を含む山間部を測定し、放射線以外の情報(地熱流、地磁気等)も収集する必要があるので、新しいメンバーを加えて幅広い地球科学的研究を開始した。

空間放射線の測定の一部に従来からTLDを利用してきたが、本年度から研究室に加わったメン

バーによりそれを医療被曝測定へ応用することが試みられた。医療診断のため体内に注入された放射性物質(^{18}F)による外部線量を患者の体表面に置いたTLDによって測定する。複数の部位における同時計測値を逆行列法で処理すると患者の体内の各臓器の吸収線量を推定できる。この手法には、患者の被曝線量を医療を妨げずに容易に推定できる長所があるため、潜在的に大きな可能性を持っている。

[研究発表]

- (1) Fujitaka, K., Abe, S. and Abe, M. :
Proceedings of the Third Symposium on Advanced Nuclear Energy Research, 76-80, 1991.
- (2) 藤高和信 : 宇宙線研究会健康講演会, 東京, 1992.2.
- (3) Matsumoto, M., Nakamura, T., Watabe, H., Itoh, M. and Hatazawa, J.: Digest of the World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, 582, 1991.
- (4) Matsumoto, M., Nakamura, T., Watabe, H., Itoh, M. and Hatazawa, J.: Abstracts of International Conference on Radiation Effects and Protection, 76, 1991.
- (5) Furukawa, M., Tokuyama, H., Abe, S., Nishizawa, A. and Kinoshita, H.: Bulletin of the Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, 66, 17-36, 1991.
- (6) Furukawa, M., Kondo, S., Miki, M. and Isezaki, N.: Bulletin of the Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, 66, 91-150, 1991.
- (7) Ishikawa, M., Sato, H., Furukawa, M., Kimura, M., Kato, Y., Tsugaru, R. and Shimamura, K.: Bulletin of the Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, 66, 151-177, 1991
- (8) Kimura, M., Furukawa, M., Izawa, E., Ishikawa, M., Kuramoto, S., Sakai, H., Uyeda, S. and Makris, J.: Bulletin of the Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, 66, 179-209, 1991.
- (9) 古川雅英: 琉球弧と沖縄トラフの発達史-とくに沖縄トラフの形成年代について-, 地学雑誌, 100, 552-564, 1991.
- (10) 古川雅英: 琉球弧のテクトニクスと西表島群発地震、月刊地球, 13, 656-663, 1991.

- (11)古川雅英：地球の時計－放射年代測定、放射線科学, 35, 77-82, 1991.
- (12)古川雅英, 伊勢崎修弘：地球惑星科学関連学会1991年合同大会, 東京, 1991. 4.

2. 環境中の放射性物質の生体内代謝とそれによる被曝線量評価に関する研究

岩倉哲男, 木村健一, 本郷昭三, 湯川雅枝, 西村義一

環境中の放射性物質が一連の食物連鎖を経て生体に取り込まれたときの体内代謝の様相と化学的挙動の解明、天然キレート物質による放射性物質の排出除去研究ならびに公衆の被曝線量予測の精度向上を目的とした研究を昨年度に継続して進めた。

低レベル放射性固体廃棄物の陸地貯蔵に伴う淡水生態系における放射性核種の挙動についての定量的情報を得る目的で、淡水魚による⁶⁰Coの蓄積に及ぼす環境要因の影響について検討した。淡水魚による⁶⁰Coの蓄積に及ぼす温度効果を調べるため、鯉を15℃および25℃の水温条件下でそれぞれ30日間にわたって飼育し、魚体内への⁶⁰Co蓄積経過を追跡した。鯉における⁶⁰Coの濃縮係数は10℃の温度上昇により、2倍になった。鯉による⁶⁰Coの蓄積による底土からの寄与(水→底土→鯉)は水のみからの移行(水→鯉)に比べて6倍高いことが認められ、底土からの寄与は温度効果に比べて大きいことが明らかになった。

体内被曝線量評価のための基礎データとして、人体組織中あるいは食品試料中の安定同位体の動態や化学形をPIXE法やHPLCを用いて調べ、分析手段としての方法論を確立することに努めている。今年度はジャガイモとチンゲン菜を対象に元素分析を行った。ジャガイモに関しては発芽するとその部分にK, Fe, Cu, Mn, Znが集り、可食部から失われること、チンゲン菜ではゆでるとKの大部分およびCa, Mn, Znの一部が失われることが明らかとなった。また、東京医科歯科大学神経内科との共同研究によりヒト脊髄中の元素分布解明を試みた結果、CuやZnが前角部に多く存在することなどが明らかになり、脊髄機能や神経疾患との関連で研究を継続中である。

天然キレート物質であるキトサンが放射性Srの排泄促進剤、防護剤として利用できることを明らかにしたが、その後の実験により低分子量のキトサンで効果が大きいこと、これの連続摂取は

Srの連続投与に対しても一定の効果があることなどを実験的に確かめた。さらにキトサン中の安定体微量元素分布をPIXE法、ICP法を用いて調べた結果、キトサンのSr排泄促進機構は体内共存物質の影響を強く受けていることが明らかになった。

すでに体内被曝線量計算システム(IDES)の開発を行い、核データならびに周辺機器の整備を行っている。今年度は、ICRP Publ. 38の全核データ(817核種)の登録を終了し、このデータから直接SEEを計算できるように改良を行った。また、日本人の数学ファントムについての検討を進めた。

[研究発表]

- (1) 木村：日本水産学会, 東京, 1991. 4.
- (2) 星加, 湯川, 桜井：日本衛生学会, 京都, 1991. 4.
- (3) 湯川：日本公衆衛生学会, 盛岡, 1991. 10.
- (4) 喜多尾, 湯川, 村越, 遠藤：第10回PIXEシンポジウム, 1991. 11.
- (5) 湯川：理研シンポジウム, 1991. 11.
- (6) 星加, 湯川：第62回日本衛生学会, 1991. 3.
- (7) Yukawa, M., : Intern, J. PIXE, 339-354, 1991
- (8) Yukawa, M., Sumiya, M. and Furuse, T. : Trace Elements in Man and Animals 7,17.15-17.17, 1991
- (9) 牛水, 佐藤, 品川, 松坂, 西村, 第111回日本獣医学会, 東京, 1991. 4
- (10) 原, 武田, 西村, 稲葉, 高須：第61回日本衛生学会, 京都, 1991. 4
- (11) 西村, 魏, 金, 渡利, 今井, 稲葉, 松坂：日本保健物理学会第26回研究発表会, 大阪, 1991. 5.
- (12) 森, 西村, 高須：第2回微量元素学会, 大阪, 1991. 7
- (13) 西村, 魏, 金, 渡利, 今井, 竹下, 稲葉, 松坂：第5回キチン・キトサンシンポジウム, 佐賀, 1991. 7
- (14) Matsusaka, N. and Nishimura, Y. : Trace Elements in Man and Animals 7, 19.9-19.10, 1991

3. 環境および生物における³Hと¹⁴Cの挙動に関する基礎的研究

井上義和, 武田洋, 宮本霧子

食物連鎖を介するトリチウム (^3H) の生体内移行に関し、炭水化物、アミノ酸および核酸前駆体の ^3H 標識化合物を動物に投与する実験を実施した結果、 ^3H 標識アミノ酸は他の化学形に比べ、相対的に高い線量を与えることや、 ^3H 標識食物である玄米、小麦、大豆等を投与した結果、多くの動物体組織への ^3H の取り込みがアミノ酸を投与した場合より更に高くなることを既に報告した。本年度は、 ^3H 標識食物が特に動物の脂肪組織へ効率的に取り込まれる原因を解明するため植物性食物の主要脂肪成分である ^3H -オレイン酸の動物投与実験を行った。この結果、 ^3H -オレイン酸の取り込み率は、他の食物成分の ^3H 化合物と比較して、動物の主要組織に対しては低いが、脂肪組織に対しては顕著に高いことが判明した。 ^3H -オレイン酸の脂肪組織に対する線量は、投与後100日間で他の組織の線量の10~10²倍高く、脂肪組織への取り込み率の高かった単一化学形の ^3H -グルコースと比較しても、30倍以上になることが判明した。 ^3H の脂肪組織への取り込み率の高さの放射線影響上の意義は、脂肪組織が人体の全体重の約20%を占め、エネルギー源として他の組織で再利用される生物学的機能を有していることを考慮すると、主要組織に対し二次(間接)的な付加線量を与える可能性があると評価すべきであろう。

^3H (T) の環境挙動に関しては、昨年地下水の滞留時間の推定研究に引続き、今年度は土壌水の垂直浸透速度の推定に関する研究を実施した。施設から放出される ^3H 水 (HTO) をトレーサーとし、東海村において約10年間にわたり毎月測定した月間降水と地下水の ^3H 濃度に関する時系列データを解析した。この結果、降水の ^3H のピークが20~21mの地下水面に約3.6年後に到達する現象を観測し、東海村砂質土壌の土壌水の浸透速度を約5.8/年と推定した。この結果は日本原子力研究所が同地で重水 (HDO) トレーサーを用いて数ヶ月にわたり実施した大規模な野外実験の結果と良く一致した。

[研究発表]

- (1) 武田、呂、岩倉：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.
- (2) Takeda, H. : Int. J. Radiat. Biol., 59, 843-853, 1991.
- (3) 原、武田、西村、稲葉、高須：第61回日本衛生学会、京都、1991. 4
- (4) Lu, H and Takeda, H. : Chin. J. Radiol.

Med. Prot., 11, 320-322, 1991.

- (5) 井上、宮本、岩倉：日本保健物理学会第26会研究発表会、大阪、1991. 5.

4. 放射性核種の挙動と分析測定法の開発に関する基礎的研究

阿部道子, 黒滝克己, 柴田貞夫, 今井靖子, 竹下洋, 渡利一夫 (養成訓練部)

放射性核種の化学的挙動の解明および分析法の開発を目的として吸着、揮発、水和、立体的構造等の基本的な現象について検討した。さらに保健物理、環境科学分野等への応用に関し、基礎的な検討をも進めている。

(1) 放射性核種の吸着挙動：無機イオンの非イオン性高分子吸着体への吸着現象は、イオンの表面電荷密度(疎水性)から説明でき、環境中で問題となる⁹⁹TcO₄⁻とReO₄⁻のXAD-7および活性炭への吸着挙動をβ線測定とPIXE法によって調べ、同様の解釈が可能であることを明らかにした。また、理研のリングサイクロトロンで製造される「マルチトレーサー」を用いた研究を開始し、GaからInまでの18元素の吸着挙動を調べた。

(2) 金属錯体水溶液の物性：MX_z^{z-} 錯イオン (M=Al, Si, Ti, Fe, Pt など; X=F, Cl, CN; z=1~4) の部分モル体積V⁰と中心イオン-配位原子間距離rの関係について考察した。その結果、z, Xが同一でMの異なる錯イオンのV⁰がrに対し直線関係にあり、勾配が配位原子の大きさに依存していること、勾配値の解析から最近接の水分子が錯イオン八面体の面中心にあることを明らかにした。

(3) 分析法の開発等：さきに、放射性Ruは常温においても一部RuO₄として揮発し、RuO₂の形で有機物に吸着されやすいことを明らかにしたが人体汚染を考えた場合、放射化学的な検討が必要になる。乾燥豚皮を用いてその脱着を調べた結果、NaClOが有効であることを認め、他の化学種とは異なる観点からの脱着が必要であることを示した。また、キッチン、キトサン類への放射性Srの吸着挙動について予備的検討、Thの各種分析法の比較を行った。なお、大気中⁷Beの粒度分布の時間変動、ソ連調査期間(1991年3月)における約20人の体内、体外被曝線量の測定結果について解析中である。

[研究発表]

- (1) 阿部, 阿部：NIRS-M-80, 132~146, 1991.

- (2) 河村, 黒滝, 竹下, 柴田 : Anal.Sci., 7, Suppl. 1581~1584, 1991.
- (3) 西村, 魏, 金, 渡利, 今井, 稲葉, 松坂 : Radioisotopes, 40, 244-247, 1991.
- (4) 黒滝, 河村 : 日本化学会第61春季年会, 横浜, 1991. 4.
- (5) 柴田, 渡利, 今井, 宇野 : 同上
- (6) 竹下, 西村, 今井, 渡利 : 日本保健物理学会第26回研究発表会, 大阪, 1991. 5.
- (7) 西村, 魏, 金, 渡利, 今井, 竹下, 稲葉 : 第5回キッチン・キトサン・シンポジウム, 佐賀, 1991. 7.
- (8) 柴田, 渡利 : 第35回放射化学討論会, 豊中, 1991. 11.
- (9) 阿部, 石沢, 佐藤, 田辺, 田沼, 宮丸, 阿部 : 日本放射線影響学会第34回大会, 東京, 1991. 11.
- (10) 黒滝, 河村 : 日本化学会第63春季年会, 大阪, 1992. 3.

9. 臨床研究部

概 況

本研究部はその名のとおり、本研究所設立目的の第2に掲げてある放射線の医学利用研究を担当している。放射線の医学利用研究はさらに放射線診断に関する研究と放射線治療に関する研究とに分けられる。

第1研究室は放射線診断および放射線治療の基礎となる化学・薬学的研究を行っている。その中心は加速器を利用した放射性薬剤の開発である。

第2研究室は、放射線診断および治療の基礎となる物理工学的研究を行っている。その内容は多様であるが、中でも画像診断における読影者のばらつきに関する研究、癌の集団検診システムの評価、子宮癌の放射線治療における最適システムの構築が重点である。

第3研究室は、放射線診断の臨床的研究を担当し、ポジトロン核医学、核磁気共鳴映像法による新しい診断技術の開発と、X線およびRIによる診断に関する有効性の評価に力を注いでいる。疾患としては中枢神経系の疾患およびがんが中心である。

第4研究室は放射線治療に関する基礎的および臨床的研究を担当している。基礎的研究の面では放射線効果を分子レベルで測定する研究や速中性子線治療の早期・晩期障害の定量化の研究を行っている。臨床的研究の面では特に中性子線治療による障害の診断に関する研究を行っている。

(館野之男)

1. 放射性薬剤の開発に関する基礎的研究

山崎統四郎, 福土清, 入江俊章, 井上修

第一研究室では、加速器を利用した放射性核種及び標識化合物の製造に関する研究のほか、核医学診断利用を目的とした新規薬剤の分子設計、動物実験による有効性評価などを行っている。今年度は、脳内アセチルコリンエステラーゼ活性のポジトロンCT測定のための新規薬剤、N-¹⁴C-methyl-piperidyl acetate (MP3A) について、下記の2項目の研究を行った。

(1) アルツハイマー病モデル動物(片側マイネル

ト核破壊ラット)を用いた有効性評価

本研究では、大脳皮質コリン神経系の投射起始核であるマイネル核を一侧破壊したラット(アルツハイマー病モデル)を用いて、トレーサー摂取率と酵素活性との相関性を検討した。雄性ウィスター系ラット(週令9週)の一侧マイネルト核(NBM)を脳定位的なイボテン酸注入により破壊した。術後2週間でトレーサー(¹⁴C-MP3Aおよび¹²³I-IMP)を尾静脈から二重投与し、30分後(IMP投与からは2分後)に断頭して脳を摘出した。左右の大脳皮質(視交叉レベルで前半部と後半部に分割)を切り出してホモジナイズし、試料中のAchE活性(Ellman法)、¹²³Iおよび¹⁴Cの放射能を同時定量した。NBM破壊側の大脳皮質での¹⁴C-uptakeは、対側に比して前半部で約84%、後半部で約89%に低下した。AchE活性は前半部で約51%、後半部で約76%に低下していた。一方、¹²³I-uptakeの大脳皮質での左右差は認められなかった。この結果は、左右の血流量が等しく酵素活性が異なる系において、酵素活性の変動に相関して¹⁴C-uptakeが変化したことを示している。以上より、MP3Aはラット大脳皮質レベルでのAchE活性に真に依存するインビボ・トレーサーであることが実証された。

(2) マウスを用いた最適薬剤の選択

われわれの方法(代謝固定型トレーサー法)を利用して脳内酵素活性の変動を高精度で検出するには、標的部位の酵素活性レベルに応じて、適当な酵素反応速度をもつ化合物を選択する必要がある。理論的には、標的部位でのトレーサーの代謝固定率(RF)、すなわち、標的部位においてトレーサーが代謝固定される確率が0.5となる場合に最高感度になる。そこで、酵素反応速度の異なる5種類のピペリジルエステル類について、マウスを用いて測定した脳内分布データの区画モデル解析を行ない線条体、皮質及び小脳における各化合物のRF値の推定と各部位での最適反応性を有する化合物の選択を行った。

[研究発表]

(1) 入江, 福土, 難波: 第31回核医学会総会,

松山, 1991. 10

- (2) 福士, 入江, 難波, 野崎: 第31回核医学会総会, 松山, 1991. 10
- (3) Irie, T., Fukushi, K. and Namba H.: The Second China-Japan Joint Seminar on Radiopharmaceutical Chemistry, Beijing, 1991. 11

2. 放射線診断と治療の基礎となる物理工学的研究

飯沼武、中村謙、松本徹、山崎統四郎、
館野之男、福久健二郎、(技術部電算室)、
遠藤真広、(医用重粒子研究部)

本研究は臨床第2研究が主として実施しているもので、臨床放射線医学における診断と治療を広範囲にカバーしており、目的は放射線診断と治療を物理工学的基礎から支えることにある。その基本線に沿った研究から3つの項目について述べる。

(1) 放射線診断のための基礎的研究

1-1 ^{123}I -IMP SPECT 像による脳血管障害の診断精度に関する研究

頭部専用リング形断層装置(HEADTOME SET-050)で撮像された画質の揃った55症例の ^{123}I -IMP SPECT 像を自施設および他施設に所属する14人の医師が読影し、欠損や再分布を検出する実験を行った。実験データをROC解析し、early scan, delayed scan の SPECT 像で脳血管障害の有無判定を行った時の医師群全体の診断精度とその医師間変動(客観性)を評価した。さらに、XCT 像やその診断報告書も併用して SPECT 像を再読影する実験も行い、XCT からの情報が SPECT 診断にどの程度関与するか(独自性)を評価した。その結果、SPECT による病変の存在診断のシステム全体としての性能およびその全体的な医師間変動はXCTを追加しても顕著な変化はなく、診断の独自性を認めた。しかし、医師個人のレベルでは、医師間における診断能の個人差はXCTの併用により拡大される傾向がありSPECT診断の客観性に影響を与えたことが確認された。

1-2 癌集団検診の放射線被曝による個人のリスク

老人保健法による癌集団検診が広く行われている。その中で胃癌と肺癌では第一次スクリーニングとしてX線診断が利用されており、乳癌も近い将来に乳房撮影が採用される可能性が大きい。一

方、国民の放射線被曝に対する関心は極めて高く、受診者個人の被曝によるリスクがどの位であるかを定量的に把握しておく必要がある。

本研究では、胃癌、肺癌、乳癌の第1次スクリーニングとしてのX線診断の線量と被曝のリスク係数から直線モデルによりおこり得る余命の短縮を計算した。

- 1) 胃集検: 40から69才の30年間毎年X線検査を受けた個人の場合。線量は最大1.0 cGy, 平均0.4 cGy。男は2.7日から1日、女は4日から1.5日の余命短縮。
- 2) 肺癌集検: 40から69才の30年間毎年X線検査を受けた個人の場合。線量は最大0.05cGy, 平均0.014cGy。男は0.1日から0.02日、女は0.15日から0.03日の余命短縮。
- 3) 乳癌集検: 30から69才の40年間毎年X線検査を受けた女性の場合。線量は最大1.0 cGy, 平均0.3cGy。余命の短縮は2日から0.5日。

これらの余命の短縮は日本人男女の平均余命と比較して無視できるくらい小さいことがわかった。しかし、癌検診におけるX線検査は上限値を設定して定期的な監視を行うことが必要である。

(2) 放射線治療のための基礎的調査研究

2-1 子宮頸癌治療における高線量率および低線量率腔内照射のTDF計算法

子宮頸癌腔内照射は高線量率および低線量率により、しかも分割照射により実施されている。時間、照射回数を考慮した至適線量を求める計算法は高線量率照射の場合は外部照射の正常組織の効果を対象とし、低線量率照射の場合は腫瘍の治療を対象としているが、分割照射の効果が考慮されていない。そこで高線量率照射および低線量率照射の期間、線量、照射回数を考慮したTDF (time, dose and fractionation factor) 計算法を共に腫瘍の治療を対象にして求めた。得られたTDF計算式は放医研での至適線量およびわが国で使われている子宮頸癌の標準放射線治療の腔内照射の至適線量と最大で4~5回の小分割照射で10%程度大きくなったがよく一致している。低線量率照射の標準照射の線量率は1~1.5cGy/分の場合でその線量率効果係数は1.77である。

「研究発表(文献)」

- 1) Akiyama Y., Matsumoto T., Iinuma T. et al: Annals of Nucl. Med., 5, 1-9, 1991
- 2) 五十嵐、久保塚、松本ほか: 核医学, 28, 205-212, 1991

- 3) 細田、松本、野辺地：臨床放射線、36, 195-203, 1991
 - 4) 町田、松本、飯沼ほか：核医学、28, 1301-1312, 1991
 - 5) 松本：臨床放射線、36, 369-370, 1991
 - 6) Ikehira H., Matsumoto T., Iinuma T. et al : Med. Inform. 16, 1-6, 1991
 - 7) 松本：新医療、200, 138-141, 1991
 - 8) 久繁、飯沼、松本：新医療、203, 54-59, 1991
 - 9) 市川、山田、館野、飯沼：最新がん画像診断－現状と展望、シュプリンガ東京、1991
 - 10) 河内、飯沼：病院設備、33, 75-78, 1991
 - 11) 飯沼：臨床放射線、36, 261-262, 1991
 - 12) 飯沼：放射線科学、34, 70-74, 1991
 - 13) 飯沼：BME, 5, 8-9, 1991
 - 14) 遠藤、飯沼：臨床成人病、21, 375-384, 1991
 - 15) 飯沼：映像情報(M), 23, 662, 1991
 - 16) 飯沼：臨床画像、7, 10-14, 1991
 - 17) 飯沼、館野：癌の臨床、37, 641-650, 1991
 - 18) 池平、飯沼：日本臨床、49, 1454-1456, 1991
 - 19) 池平、橋本、飯沼：日本臨床、49, 1627-1633, 1991
 - 20) 館野、飯沼、相沢ほか：超高速 CT、医学書院、1991
 - 21) 飯沼、宮本、恒元：癌の臨床、37, 749-756, 1991
 - 22) 阿部、渥美、飯沼ほか：A New Horizon on Medical Physics and Biomedical Engineering, Elsevier, Amsterdam, 1991
 - 23) 飯沼：現代数理科事典(広中平佑編)、607-612, 大阪書籍、1991
 - 24) 飯沼：JASTRO Newsletter, No. 15, 8, 1991
 - 25) 飯沼：日本磁気共鳴医学会誌、11, 233-236, 1991
 - 26) 飯沼：日本医事新報, No. 3521, 137, 1991
 - 27) 飯沼：医療91, 7, 90-93, 1991
 - 28) 飯沼：JASTRO Newsletter, No. 16, 2-3, 1991
 - 29) 飯沼：Karkinos, 4, 1301-1312, 1991
 - 30) 飯沼：Front. Med. Biol. Engg., 3, 241, 1991
 - 31) 久保田、古川、中村ほか：臨床放射線、36, 1585-1589, 1991
 - 32) 久保田、古川、中村ほか：臨床放射線、36, 1689-1691, 1991
 - 33) 川島、中村、平岡ほか：日放腫会誌、3, Suppl. 2, 17-23, 1991
 - 34) 都丸、赤沼、中村ほか：日放腫会誌、3, Suppl. 2, 25-35, 1991
 - 35) 望月、飯沼、中村、福久ほか：日放腫会誌、3, Suppl. 2, 37-43, 1991
 - 36) 増田、久保田、中村、川島ほか：日放腫会誌、3, Suppl. 2, 55-59, 1991
 - 37) 福久、中村、田伏：日放腫会誌、3, Suppl. 2, 97-101, 1991
- 3. 放射線診断の研究**
 宍戸文男、池平博夫、須原哲也、橋本隆裕、館野之男
- ポジトロン CT を用いた研究については、脳内レセプターの結合能の定量法の確立、および正常加齢による変化の検討を継続的に行っているが、本年度は脳内ベンゾジアゼピンレセプターの測定法について、 ^{11}C -Ro 15-1788をトレーサとして、正常ボランティアを対象にデータの収集を行った。また、脳内アセチルコリンレセプター測定について、トレーサとして ^{11}C -NMPBを選択し、その予備的な評価を行った。
- MRI については、心電図同期イメージにて心弁膜疾患における血流乱流定量的解析、および系統萎縮症における大脳神経核の萎縮程度の定量を行った。さらに、視神経炎についても検討を行っている。
- MRS については、人体での肝臓・腎臓の ^{31}P スペクトル測定と腫瘍スペクトル測定を開始し、その検討を行った。更に、 ^{13}C スペクトル測定についても予備的な検討を行った。動物実験においては ^{19}F ・ ^{13}C などを使った多核種スペクトル測定を検討した。
- 【研究発表】**
- (1) 橋本、山浦、池平、他：神経内科34：35 1-452, 1991
 - (2) Ikehira H, Matsumoto T, Iinuma T, et al : Med Inform 16 : 1-6, 1991
 - (3) 池平、福田、橋本、他：第5回非破壊生体計測シンポジウム 大阪 1991. 6.
 - (4) 篠遠、館野：神経精神薬理 13 : 315-323, 1991

- (5) Suhara T, Fukuda H, Inoue O, et al :
Psychopharmacology 103 : 41-45, 1991
- (6) 山田、池平、橋本、他 : 千葉核医学研究会誌
1991 37-39, 1991
- (7) 池平、橋本、山田、他 : 千葉核医学研究会誌
1991 47-49, 1991
- (8) 天谷、柿栖、橋本、他 : 日本眼科紀要 4
2 : 2071-2075, 1991
- (9) 池平、橋本、山崎、他 : ファルマシア28 :
26-28, 1992
- (10) 橋本、池平、安藤、他 : 日磁医誌 11 :
208-212, 1991
- (11) Hashimoto T, Ikehira H, Fukuda H, et
al : Am J Physiol Imag 6 : 74-80, 1991
- (12) 宍戸、上村、村上、他 : 核医学29 : 27-35,
1992
- (13) 羽上、宍戸、菅野、他 : 日本臨床 49 :
1502-1508, 1991
- (14) 上村、宍戸、藤田、他 : 神経精神薬理 1
3 : 247-256, 1991
- (15) 上村、宍戸 : 現代医療 23 : 480-485,
1991

4. 放射線治療に関する基礎的並びに臨床的研究

安藤興一、古川重夫、小池幸子、橋本隆裕

本研究は悪性腫瘍の放射線治療に必要な基礎的知識を蓄積するとともに、臨床治療の技術的開発を目的としている。本年度は動物や細胞を用いた実験治療や核磁気共鳴法による放射線治療効果判定法に関する研究を行ない、臨床的研究としては子宮頸癌腔内照射要のアプリケーションを改良開発した。

実験治療では、生物学的応答修飾能を有する放射線増感剤の開発を行なった。イミダゾール基にメチルを含む KIN806 は培養低酸素細胞の放射線感受性を高めたが、常酸素細胞に対して増感を示さない。また、この低酸素細胞増感剤の KIN806 は、神経芽細胞腫に作用して神経突起形成を促進し、細胞増殖を抑制した。第二に、ヒト由来腫瘍組織をヌードマウスに移植し、放射線感受性を調べた。ヒト唾液腺由来腫瘍細胞 HSG-c5 を Balb/c マウス下肢部皮下に移植し、約2週間後に8mm直径となった時点で、ガンマ線を照射した。腫瘍は照射後数日間増殖し続けた後、その体積は減少した。腫瘍中で増殖している

細胞のみを免疫染色法で病理切片上で調べると、放射線照射後一定時期に増殖細胞が増えることが判明した。同様の結果は、ヒト子宮頸癌の生検試料でも認められた。第三に、腫瘍内部における細胞感受性不均一性について検討した。マウス線維肉腫細胞を移植し、腫瘍径が25mmに達した時点でガンマ線照射した。腫瘍を無菌的に摘出し、辺縁部と中心部とに二分し、それぞれを酸素処理して単一細胞浮遊液を作成し、in vivo コロニー形成を行なった。中心部ではコロニー形成能が低いものの、放射線感受性自体は辺縁部と変わらなかった。しかし、低酸素細胞増感剤を照射前に担癌マウスに投与したところ、腫瘍中心部は増感剤の効果が低かった。従って、低酸素細胞増感剤の有効性を評価する場合、腫瘍の大きさが考慮されるべきものと考えられる。第四に、放射線照射が正常脳組織にもたらす障害について研究した。陽子線60グレイをラット脳に1回照射し、5ヶ月後に調べたところ、脳梁を中心に異常が造影剤ガドリニウム-DTPA 投与と核磁気共鳴法により認められた。この造影剤は臨床的に既に利用されている。照射後に色素(エバンスブルー)を投与し、脳血液関門の損傷を調べたところ、色素の漏出範囲と核時期共鳴法で得られた異常部位と一致しない点もあった。

子宮頸癌の高線量率腔内照射用に新たなアプリケーションを開発した。近年子宮頸癌の患者が高令化しており、腔壁が狭く、また腔の伸展性が少なく、従来のアプリケーションが使用出来ない場合が多くなってきた。そこで分離式アプリケーションを開発した。この装具はディスプレイであるので、多数の患者治療時には消毒の操作を要せず、治療の効率化が促進できる点も特徴である。

〔研究発表〕

1. K. Ando, S. Koike 他 : 第9回国際法研究会
議, トロント, 1991, 7
2. 安藤, 山田, 小池 : 癌の臨床, 37(14),
1603-1607, 1991
3. 小池, 安藤, 佐藤 : 第50回日本癌学会, 東京,
1991, 9
4. 橋本, 池平, 安藤他 : 日本磁気共鳴医学会雜
誌, 11(3), 208-213, 1991
5. 古川, 中村他 : 臨床放射線, 37(3), 369-
373, 1992

10. 障害臨床研究部

概 況

当研究部は、放射線による人体の障害に関する診断と治療の調査研究を行っている。又緊急時被曝医療に関しての業務活動も行っている。

人体の被曝障害のモデル系として、全身外部被曝を主とする混合被曝例であるビキニ海域の被災者について、内部被曝例としては、トロトラスト沈着症例について、定期的に医学的追跡調査を実施している。さらに人体では解析不能な放射線障害の問題点については、実験動物を用いてモデル実験を行い、ことに放射線障害の致死的な標的器官である造血器と、免疫系に焦点をあわせた調査研究を行っている。骨髄障害研究「急性放射線骨髄障害の治療に関する基礎的研究」の安全解析研究も行っている。第1研究室においては、放射線骨髄障害に対する各種防護剤の研究を推進し、又第2研究室では、胸腺リンパ球の放射線障害機序、ならびに初期分化過程との関連についても研究を進めている。以上の研究の他に、第2研究室は、特別研究「公衆被曝のリスク評価に関する生物学的調査研究」のうち「放射線誘発白血病リスクの修飾と低減化に関する研究」を行っている。この他、緊急被曝医療の業務に関しては、科学技術庁の委託による原子力安全技術センターにおける「SPEEDI ネットワーク調査検討委員会」、「原子力防災活動資機材調査連絡会」「原子力防災研修事業検討委員会」に委員として参加した。放射線安全研究協会での「緊急時医療対策専門委員会」、「原子力施設事故情報調査専門委員会」に委員として参加した。また、北海道、茨城県の原子力防災訓練に国の緊急医療派遣チームの構成員として参加し、北海道、青森、茨城、千葉、新潟、佐賀、鹿児島各道県の原子力防災教育研修会の講師として参加した。（赤沼篤夫）

1. 各種線源よりの被曝者に関する臨床的研究

赤沼篤夫、溝江純悦、鈴木元、大山ハルミ、能勢正子、川瀬淑子、明石真言、蜂谷みさを、鶴沢玲子、

各種被曝者の臨床的・生化学的検査によって、

被曝線量、線量率、被曝様式の差異などによる人体に及ぼす影響を明らかにし、今後の緊急被曝医療に役立てる目的で研究を行った。対象は、外部被曝を主とする混合被曝群と内部被曝群であり、経年的に定期検査を行い、追跡調査を行ってきている。

第一は、混合被曝を受けたビキニ被災者である。1954年3月、ビキニ海礁で、核爆発実験の降灰により、旧第五福龍丸乗組員23名が放射線被曝を受けた。全身外部被曝（1.7-6.9 Gy）を2週間にわたって受け、甲状腺で0.2-1.2 Gyの内部被曝を受けた。現在までに8名が死亡し、（急性障害死1名、事故死1名、大腸癌1名、肝癌を含む肝障害死5名）、15名について追跡調査を行ってきている。毎年1回、放医研病院にて3日間の入院調査を実施し本年度は、8名の入院検査を行った。現在認められる障害は、皮膚障害及び肝機能障害が主なものである。

第二は、診断の目的で、トロトラスト($^{232}\text{ThO}_2$)注入を受けた者についての追跡調査である。本年度は16例について入院検査を実施したが詳細は、実態調査の項で述べる。

2. 放射線障害の免疫学的研究

溝江純悦、明石真言、蜂谷みさを、鈴木元、赤沼篤夫

本研究は主として間質細胞を用いて放射線による造血因子の産生に与える影響を遺伝子の発現から研究する事を目的としている。また近年注目を浴びている放射線防護剤としてのサイトカインの作用機序もあわせて研究している。

2-1. 放射線による線維芽細胞における造血因子の発現

細胞は放射線により様々な反応を引き起こすが、放射線により誘導される遺伝子のなかに造血因子遺伝子群がある。ヒト線維芽細胞はTリンパ球と並び主要な造血因子産生の細胞である。この細胞を照射すると顆粒球・単球コロニー刺激因子(GM-CSF)、マクロファージ-CSF(M-CSF)、Interleukin-6(IL-6)などのmRNAの蓄積が

おこることが示された。さらにこの機序を解明する為に、プロスタグランジンの合成阻害剤であるインドメサシンや抗 IL-1 α ・ β 抗体存在下で照射しても、これら RNA の増加がおこることも明らかになった。また放射線の mRNA の安定性に与える影響を検討したところ、これらの mRNA は著明に安定化されることも見出した。

腫瘍壊死因子 (TNF) や IL-1 は放射線防護剤として知られているがその機序に関しては、あまり報告が無い。線維芽細胞を TNF や IL-1 添加後照射し24時間培養後のこれらサイトカイン mRNA のレベルを検討した。照射もしくは、TNF や IL-1 添加のみでは、24時間後に mRNA の増加は認められなかったが、TNF や IL-1 添加後、照射し、24時間後のレベルは増加しており、照射された細胞では、TNF や IL-1 が非照射時とは異なった反応を起こす事が判明した。

2-2. GM-CSF mRNA の安定化における

AUUUA 塩基配列の役割

線維芽細胞など正常細胞での GM-CSF mRNA の半減期は約20分と短い。生体内で見出される多くのサイトカインや癌遺伝子の mRNA は半減期の短いものが多く、これらの3'末端の蛋白質をコードしていない部分 (3'UTR) には "AUUUA" の繰返し構造が認められている。このヒト GM-CSF RNA は8組の AUUUA の繰返しを持っているが、この意味を明らかにするため 1, 2, 3, 5, 7 組の ATTTA の繰返しをもった構造をウサギのグロビン遺伝子の 3'UTR あるいは第二エクソンに組込んだ後、ヒト線維芽細胞に導入し転写される mRNA の安定性に与える影響を比較した。AUUUA を5組以上もったキメラウサギグロビン RNA では、半減期が有意に短縮した。また、第二エクソンにこの構造を持った場合でも RNA は不安定化された。これらのことは GM-CSF RNA の安定化には、長い AUUUA 鎖が関係していることを示唆しており、また、同時にこの構造は必ずしも 3'UTR に存在する必要は無い事を示した。

【研究発表】

- ① Akashi M et al, Blood 78; 2005-2012, 1991.
- ② Miyagi T, Akashi M et al, Leukemia Res. 15; 441-451, 1991.
- ③ Joe J-Y, Akashi M et al, Blood 78; 75-82, 1991.
- ④ 2nd International Symposium: Molecular

Biology of Hematopoiesis

1991年7月オーストリア

- ⑤ アメリカ血液学会 1991年12月デンバー
- ⑥ 蜂谷みさを他。日本放射線影響学会 1991年11月東京
- ⑦ 蜂谷みさを他。日本血液学会 1992年4月東京

3. 造血機構及びリンパ系への放射線障害と、その治療に関する諸因子の検索に関する研究 鈴木元、川瀬淑子、能勢正子、明石真言、赤沼篤夫

本研究の目的は、人体の放射線障害のさいに、標的臓器となる造血系、リンパ球系について、その障害発生機序を明らかにすると共に、診断・治療に有用な情報を取得することにある。なお、造血系の晩発性障害である骨髄性白血病の発生機序に関する細胞学的研究については特別研究の項で述べる。

3-1. 急性放射線造血器障害に対する骨髄移植と造血刺激因子投与に関する研究

BALB/c 雄マウスに X 線全身照射直後、OK-432 と G-CSF の併用投与が、OK-432、または G-CSF 単独投与に比べて急性放射線造血器障害に対し、より高い効果が得られるか否かを検討した。マウスを6群に分け、コントロール群として、生理食塩水を照射直後より0.2ml、1日2回7日間投与。単独投与群として、G-CSF を照射直後より1 μ g、1日2回7日間投与。OK-432を照射3時間後、5KE 1回投与。照射3時間前、5KE、1回投与。併用投与群として、OK-432を照射3時間後に5KE、1回投与し、24時間後よりG-CSF を1 μ g、1日2回6日間投与。OK-432を照射3時間前に5KE、1回投与し、24時間後よりG-CSF を1 μ g、1日2回6日間投与。いずれも、5.67Gy 照射後、14日目の末梢血中の白血球数、血小板数について検討した。白血球数はOK-432を照射3時間前に投与し、24時間後よりG-CSF を6日間併用投与群が、他の単独投与群と生食投与群に比べて、有意に高値を示した。血小板数も同様であった。OK-432照射前に投与すると、単独、併用投与共に、照射後投与よりも早期回復した。14日目のCFU-Cは、OK-432照射前と後の単独投与2群間と、OK-432、G-CSF 併用投与2群間に差はなかった。次に、先と同じく6群に分けたマウスに6.67Gy 照射後、30日間の生存率を検討し

た。OK-432を照射前投与後、G-CSFを併用投与した群が、91.4%と生存率が最も高く、他の5群と比べ有意差があった。以上、マウスにX線照射する3時間前、または3時間後に、OK-432を5KE、1回投与し、24時間後よりG-CSFを1 μ g、1日2回6日間連続投与すると、白血球、血小板、CFU-Cに回復効果が見られた。特にOK-432を照射前に投与した併用群が、生存率を含め最大の効果があった。これらの結果からマウスにおいてOK-432とG-CSFの併用投与は、放射線照射後の造血能を回復促進させると考えられる。

【研究発表】

(1) 能勢、川瀬他：第34回日本放射線影響学会総会、東京、1991. 11.

3-2. 宿主対移植片 (HVG) 反応あるいは移植片対宿主 (GVH) 反応の制御に関する研究

骨髄移植にともなうHVG反応、GVH反応の制御を目的として、これらの反応を司るT細胞が自己の抗原にたいしてどのような機序で免疫寛容に陥るのかを基礎的に検討した。

① 胸腺キメラマウスの研究から、胸腺が自己抗原にたいする寛容 (自己寛容) 導入で重要な働きを行っている事を発見してきた。胸腺内のどのような細胞成分が自己寛容導入に重要な働きをするかを、胎仔胸腺へ異系の細胞を移入して、どの移入細胞が寛容導入能を持つか検討した。この結果、マクロファージ/樹状細胞のほか、胸腺内T細胞そのものが強い寛容導入能を持つ事を発見した。また、寛容導入がT細胞の分化段階特異的におき、キラーT細胞では、CD8 シングル陽性細胞になってから2日目までは寛容導入可能である事を示した。

② B6マウス、BALB/CマウスあるいはH-2Ld 遺伝子トランスジェニックB6マウスの骨髄細胞を、10Gy照射BDF1マウスに骨髄移植する実験系を用いて、NK細胞による移植骨髄拒絶反応の基礎研究を開始した。既にスズコヴィツらが報告しているように、BDF1マウスはBALB/CよりB6の骨髄を拒絶しやすく、この拒絶反応がマウス主要組織適合複合体MHC遺伝子座のH-2D座近辺の遺伝子により制御されている。クラスI MHC発現欠損マウス骨髄は拒絶されやすいことを考慮に入れると、骨髄幹細胞でのH-2D領域のクラスI MHC (DおよびL) の発現の有無が、NK細胞による骨髄拒絶に関連し

ている可能性が考えられる。

そこで、私たちは、クラスI MHCの発現を人為的に調節した場合の骨髄生着効率を系統的に検討することとした。アクチン遺伝子プロモーターにH-2Ld遺伝子をつなぎ、B6マウス受精卵に導入して作製したトランスジェニック・マウス (東大、宮崎純一先生との共同研究) は、親のB6マウスに欠損しているH-2Lを強発現する。このトランスジェニック・マウス骨髄細胞をBDF1マウスに移植すると、B6マウス骨髄細胞より移植効率が高まることを発見した。今後、他のクラスI MHCトランスジェニック・マウスを用いた研究、あるいは別の方法で幹細胞上のクラスI MHCの発現をコントロールした場合の移植効率を検討していく。

③ 異系のクラスII MHC分子であるEad遺伝子をc-fms遺伝子のプロモーターに接続してB6マウスに発現させたトランスジェニック・マウスを作製した (熊大、山村教授、東大、宮崎徹先生との共同研究)。トランスジーン産物であるI-E分子はマクロファージに特異的に発現し、クローン麻痺という機序で寛容導入に働くことが判明した。

【研究発表】

- (1) Matsubara, H. * et al. : Int.Immunol. , 2:755-763, 1990. (*Osaka Univ.)
- (2) Matsushashi, N., Kawase, Y., Suzuki, G.: J. Immunol. 146 : 444-448, 1991.
- (3) Sakiyama, H., Yamaguchi, K. et al. : J. Immunol., 146 : 183-187, 1991.
- (4) Suzuki, G. : Workshop on Thymus, Clonal Deletion and Suppressor Systems in Demyelinating Disease. Santa Fe, New Mexico, 1991, 3.
- (5) Sugiura, W., M. Miyamoto, M. Honda, G. Suzuki, and A. Yamashita: Submitted.
- (6) Suzuki, G., A. Uzawa, M. Hachiya, T. Sudo, N. Minato, M. Akashi and N. Matsushashi : Submitted .
- (7) Miyazaki, T., K. Yamamura, and G. Suzuki: Submitted.

4. 放射線間期死の機構に関する研究

大山ハルミ, 猪俣友子 (東邦大学実習生)

これまでの研究では、放射線感受性が高い胸腺リンパ球の細胞間期死が生理的細胞死とも共通するアポトーシス (apoptosis-自爆死) であるこ

とを明らかにし、その発現機構の解析を進めてきた。本年度は、各種培養細胞の放射線誘発細胞死についての検索も行なった。その結果、放医研で樹立された胸腺リンパ腫細胞株がきわめて放射線高感受性にアポトーシスを起こすことを見出し、これら培養細胞の細胞死について主として検討した。

培養細胞は、生理病理研究部武藤博士が放射線誘発リンパ腫から樹立した3SB, T1GN, K2Bの3種の細胞株を用いた。アポトーシスの判定は、細胞を低張処理後、エタノール：酢酸混合液で固定、ギムザ染色しクロマチン凝縮を観察、あるいは一昨年開発し報告した単一細胞DNAのマイクロゲル電気泳動によりDNA断片化細胞を検出測定した。コロニー形成能はメチルセルロース中で一週間培養判定した。

X線 5Gy 照射4時間培養後のアポトーシスは、クロマチン凝縮で判定すると、3SBで81%、T1GN 83%、K2B 55%となった。0.1Gyで対照非照射の2倍以上の死細胞が検出され、線量依存性の死細胞増加が認められた。死細胞は照射後2時間から増加し始め、その後急速に増加した。また、マイクロゲル電気泳動で検出したDNA分解細胞とクロマチン凝縮で判定した死細胞の割合が一致した。

コロニー形成能の照射による低下は、 D_0 が

3SBで 0.3 Gy, T1GNは 0.6Gy, K2Bは 1Gy となり、T1GNは僅かに肩があるが他は肩の無い生存曲線を示した。

今年度検討した胸腺リンパ腫は、これまで間期死研究を行ってきた胸腺細胞よりアポトーシスを起こしやすい放射線高感受性細胞であることがわかった。また、コロニー形成能で測定した放射線感受性もこれまで報告されている細胞中最も高いものの一つであることが分かった。

[研究発表]

1. 耿勇志、大山ハルミ、山田武：日本医学放射線学会生物部会、京都、1991,4.
2. H. Ohyama, H. Tamamoto, Y. Geng & T. Yamada : 9th ICRR, Toronto, 1991, 7.
3. T. Yamada, S. Nakada, K. Ohta & H. Ohyama : 9th ICRR, Toronto, 1991, 7.
4. 大山ハルミ、耿勇志、武藤正弘、猪俣友子、山田武：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991,11
5. 山田武、中田理美、太田一正、大山ハルミ：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991,11
6. H. Ohyama, US-Japan Cancer Meeting, "Programmed Cell Death and T Cell Repertoire Selection", Fukuoka, 1992, 2

11. 医用重粒子線研究部

概 況

昭和62年度新設され、当所が積み重ねてきた各種放射線によるがん治療の実績と経験を基盤とし、最も効果的で緊要と考えられる重粒子線の医学利用に関する基礎的ならびに技術的開発研究を行うこととした。

部は3研究室で構成され、第1研究室は重粒子加速装置の入射器系に関する物理・工学的研究、第2研究室はその主加速器系ビーム輸送系に関する物理・工学的研究、第3研究室は重粒子線の医学利用に関する物理・工学・生物学的研究を行うことを主たる業務としている。構成メンバーは、部長、併任7名、第1研究室専任研究官3名、客員研究官1名、科学技術特別研究員1名、第2研究室専任研究官6名、客員研究官5名、第3研究室専任研究官6名、客員研究官2名、研究生3名である。

研究の内容は、世界初の医学専用の高エネルギー重粒子加速器を中心とした「重粒子線がん治療装置」の建設に関する1) 加速装置技術の開発研究、2) 利用技術および関連基礎研究である。具体的には同装置の詳細設計・製作とそれに必要な試作開発の実施であり、併せて関連する基礎研究を所内外の既存施設を用いて実施することである。

本年度は、昭和62年度製作を開始した入射器系、昭和63年度製作を開始した主加速器系1、平成元年度製作を開始したビーム出射系、ビーム輸送系、主加速器系2、治療・照射系、制御系の製作を引続き行った。本年度末にはこのうち入射系の搬入が大部分完了した。試作試験研究としては、長寿命のPIG型パルス多価重イオン源の開発、前段加速器における高周波系の開発、主加速器・高エネルギー輸送系における入射・加速・引き出しに関する開発、加速器各段の重粒子ビーム観測のためのビーム監視装置の開発、照射シミュレーションシステムによるビーム制御の開発等、装置製作に必要な重要事項をとり上げて実施している。さらに、線量分布の評価にとって重要な飛程に沿った半径方向の線量分布の観測は、前年度

重粒子線の基礎データとしてサイクロトロンからの α 、 ^{12}C 、 ^3He を用いて実験し、平成元年度からそれを拡張して、アメリカ・ローレンス・バークレー研究所(LBL)との国際共同研究の一環としてBevalacの重粒子ビームを用いて研究を続けると共に、理化学研究所リングサイクロトロンでも実験研究を行うためのポート整備も行って、それを用いた生物実験研究等を前年度に引続き行っている。

国際協力に関しては、上記のLBLと共に西独重イオン科学研究所(GSI)と研究所長間のMOUを締結して、今後の協力の基礎をつくった。

なお、装置詳細設計の進展に併せて、その装置に整合した建屋と必要付属設備、遮蔽設計、管理区域設定、動線等の検討をさらに詰め、建屋実施設計をまとめ、工事の進展と共にさらに詳細な建屋と装置のすり合わせを前年度に引続き精力的に行った。

(平尾泰男)

1. 重粒子線がん治療装置前段加速器に関する研究

小川博嗣、山田 聡、佐藤幸夫、山田孝信、平尾泰男、北川敦志*¹、南園忠則*²

(*¹科学技術特別研究員、*²客員研究官)

昭和62年度に製作に着手した重粒子線がん治療装置のイオン源及び前段加速器は、工場での組立、調整、試験を経て、平成4年3月に重粒子線棟地下2階にあるイオン源室及び線型加速器室に搬入され、据付けられた。現在、調整作業が進められている。

PIGイオン源の開発研究は、イオン源試験装置を用いて行われ、昨年度に改良型イオン源を使用して、低デューティのパルス運転に於ける収量の増加と動作の安定化を主眼とした研究を行い、治療の際にイオン源に要求されるビーム強度を十分に満たし、且つ、 $^{20}\text{Ne}^{3+}$ について長時間安定なビームが得られることを確認したが、今年度は引き続き、 $^{40}\text{Ar}^{6+}$ について長時間試験を行い、

ビームの安定性を確かめた。一方、東京大学原子核研究所及び東京工業大学と共同で進めている ECR イオン源の開発研究では、ガスのイオン化について基本的な性能試験を実施した。cw 運転では多価イオンの一部を除き、医学利用の仕様を満足させるビーム強度 (${}^4\text{He}^+$ 1.3 mA、 ${}^{20}\text{Ne}^{3+}$ 210 μA) が得られているが、イオンの価数分布が他の ECR イオン源に比べて低い方へ偏る傾向が見られる。パルス運転試験では、マイクロ波断から約 1 ms の間にイオン電流が一時的に増加する「アフター・グロー」と呼ばれる現象を観測し、磁場構造依存性やエミッタンスに関する知見を得た。この現象は、その特性と生成機構についてのイオン源工学的な問題として、また、ECR イオン源のシンクロトロン用イオン源としての有用性を考える上で、今後解明すべき興味ある課題である。

RFQ 型線型加速器では、疑似負荷試験で大電力増幅器の安定度、直線性を確認したのち、大電力導入試験を実施した。繰り返し 1 Hz~10 Hz の高周波パルス印加試験は、パルス幅 0.2 ms、1.2 ms について行われ、それぞれ設計値の 14% 増および 7% 増の高周波電圧が安定に印加されることを確かめた。この際、高周波振幅の変動は 10^{-3} 以下、位相変動は 1° 以下で、高周波制御回路が安定に機能していることを示している。

アルバレー型線型加速器については、前年度の第 3 タンクに引き続いて第 1・第 2 タンクについて試験を実施した。低レベル RF 試験では、共振モードの観測、電場調整、共振周波数調整、Q 値測定、チューナ動作特性試験を含む基本的特性試験を行い、いずれも良好な結果が得られた。ドリフトチューブ内のパルス動作の四極電磁石については、運転パラメータを求めるために、磁場の空間分布、有効長、励磁特性等を測定し、ほぼ設計通りの性能を確認した。このほか、ビーム輸送系のスイッチング電磁石で、再現性の良い磁場を実現するための初期化方法について試験を行い、実用的な電流設定パターンを得た。

【研究発表】

- 1) Yamada, S., et al.: Proc. of the 8th Symp. on Acc. Sci. and Tech., Nov.(1991) 28-30
- 2) Kitagawa, A., et al.: Proc. of the 8th Symp. on Acc. Sci. and Tech., Nov. (1991) 58-60
- 3) Sato, Y., et al.: Nucl. Instr. and Methods, A309(1991) 348-349
- 4) Sato, Y., et al.: Nucl. Instr. and Methods,

A310 (1991) 693-695

2. 重粒子線がん治療装置主加速器系及び高エネルギービーム輸送系に関する研究

佐藤健次、熊田雅之、板野明史、高田栄一、金沢光隆、野田耕司 (医用重粒子線研究部)、松本 啓^{*1}、遠藤有聲^{*1}、野田 章^{*1}、須藤美智雄^{*1} (*1:客員研究官)
 内野權次^{*2}、佐藤 皓^{*2}、末野 毅^{*2}、高田義久^{*2}、加藤直彦^{*2}、田辺徹美^{*2} (*2:加速器システム部会委員)

重粒子線がん治療装置の主加速器系及び高エネルギービーム輸送系の製作は平成 4 年度の搬入開始に向けておおむね予定通りに進行している。昭和 63 年度には主加速器系 1、平成元年度にはビーム出射系及び高エネルギービーム輸送系、平成 2 年度には主加速器系 2 の製作を開始し、現在では、一部の機器・装置と制御系のソフトウェアを除いて大部分の機器・装置の製作に着手しており、その多くについては工場での組み立てと調整の段階に入っている。特に、主加速器系 1 と主加速器系 2 とで同一設計で複数台必要な機器・装置に対しては、1 台目の試験運転にて性能を確認した後、2 台目以降の製作を行っている。

入射ビーム輸送系については、前年度までの電磁石及び電源の製作に引き続いて、真空容器の製作を行い、これを終了した。

主リングを構成する偏向電磁石及び四極電磁石については、前年度に決定した磁極の 2 次元断面形状に基いて電磁鋼板を打ち抜き、製作を開始した。偏向電磁石においてはセクタ型にこの打ち抜き鋼板を積層し、側板を溶接して完成させる。このときの溶接歪みの量を低減するために側板の千鳥溶接を提案して、この製作方法に成功し、歪み取りの作業をせずとも所定の製作精度が確保できている。引き続いて偏向電磁石及び四極電磁石の磁場測定を開始し、脱着可能な磁極端部の形状の最適化を含む最終調整段階に入っている。

主リングの高周波加速系については、これまでの加速空洞、高周波電力増幅器、制御回路、等々の 1 号機のビーム加速試験を含む諸々の試験運転の成功に基いて 2 号機の製作を開始し、一部については試験運転を行った。

主リングの偏向電磁石の磁極間隙に挿入する薄肉リップ付真空容器については、前年度の直接通電によるベーキング試験の成果に引き続いて、全数の製作を開始し、ベーキングを含む真空試験を終

了した。その他の部分の真空容器についても製作に着手している。

主リングの遅いビーム取り出しにおけるビーム強度のリップルについては、その原因と低減方法に関する研究を進め、高エネルギー物理学研究所や東大原子核研究所での経験も検討して、当所はシンチレータにてビーム強度を計測する方針で臨んでいる。

マイクロチャンネルプレートは今後主リングからの遅いビーム取り出しの強度リップル等の非破壊型ビーム計測装置として開発が期待されているものであるが、その試験研究に着手した。

主加速器系の計算機制御については、上位の計算機及び下位のコントローラの全体システムの機能とその分担の検討が終了し、機種と比較検討に基き選択を行った。これに引き続いて、制御のアルゴリズム及びシーケンスの詳細についての検討を進めている。

ビーム射出系及び高エネルギービーム輸送系については、大部分の電磁石の製作が終了して磁場測定に基き調整を行っている。また、その電源についてもほぼ製作を終了して、試験運転により所定通りの性能であることを確認した。

高エネルギービーム輸送系のプロフィールモニタについては、これまでの試験研究の成果を取り入れて最終的な仕様を決定して全数の製作を行い、試験調整を行った。

「研究発表」

- (1) 佐藤健次：日本物理学会、北海道、1991
- (2) Hirao, Y. et al: Proc. of Nucleus - Nucleus Collisions IV, Kanazawa, Japan, 1991
- (3) 佐藤健次：放医研国際ワークショップ、千葉、1991
- (4) Kohno, T. et al: Proc. of Int'l Conf. on Accelerator and Large Experimental Physics Control, Tsukuba, Japan, 1991
- (5) Kanazawa, M. et al: ibid.
- (6) 佐藤健次他：第8回加速器科学研究発表会、埼玉、1991
- (7) 金沢光隆他：同上
- (8) 金沢光隆他：同上
- (9) 金沢光隆他：同上
- (10) 板野明史他：同上
- (11) 高田栄一他：同上
- (12) 熊田雅之他：同上
- (13) 野田耕司他：同上
- (14) 須藤美智雄他：同上

(15) Kanazawa, M. et al: Proc. of 3rd European Accelerator Conf., Berlin, Germany, 1992

(16) Kanazawa, M. et al: ibid.

3. 医用重粒子線の照射・制御及び利用に関する研究

河内清光、曾我文宣、遠藤真広、金井達明、河野俊之、養原伸一、平尾泰男(重粒子)、丸山隆司(物理)、安藤興一(臨床)、隈元芳一(技術)、森田新六、坂下邦夫(病院)、Sihver, L. (STA フェロー)、須藤美智雄(客員研究官)、稲田哲雄(筑波大)

1) 重粒子線がん治療装置照射系及び制御系に関する研究

重粒子線がん治療装置照射系の製作が平成2年度より開始され、各機器の設計製作が行われている。一方技術的に開発を必要とする位置決め装置試作試験の最終年度にあたり、実際の撮像系に近い幾何学的配置により試験を行い、撮像パラメータを決定した。これに基づいて、X線装置の最終仕様を決定し、また画像歪補正及び位置決め計算ソフトについても実験の結果をもとに修正し、最終仕様をまとめた。

試作した多葉コリメータについて各種試験を実施し、その結果に基づいてリーフの形状及び大きさを決定し、全体の構造についても精度及び性能の向上を計り、医療用として要望のあった小型化、並びに騒音の低減化を配慮した設計変更を行った。

重粒子線がん治療装置では、粒子の加速中、あるいは他治療室で照射中であっても、治療室では患者設定等の作業は不可欠であり、ビーム輸送系と照射室を遮断する中性子シャッターを必要とする。本機器は通常の実験照射の場合より遥かに開閉の頻度が多くなるため、信頼性と保守性を重視して設計し、一部製作を実施した。

重粒子線治療のシミュレーションシステムでは、異なるモダリティの画像、すなわちX線CT, PET, MRI等の画像位置合わせ法を治療計画に導入するための研究を開始した。また重粒子線治療開始に向けて、重粒子線3次元治療計画装置の開発に着手した。

全体制御系は、全ての仕様について承認を終了し、制御卓の製作もほぼ終了した。ソフトウェアとしては、操作表示用画面、パラメータファイルの管理、建屋設備の安全管理計算機とのデータ授

受等の製作が順調に進んでいる。また実際の運転においては、LAN を通して結合された様々な系の計算機間でデータの授受が行われるため、全体制御計算機の中でこれをシミュレーションし、その動作確認をするためのテストシミュレータを製作した。

2) 重粒子線の医学利用に関する基礎的研究

重粒子線治療計画装置で線量分布を計算するためには、核反応に伴う基礎的データが必要である、各種重イオンと標的原子核との全反応断面積、フラグメンテーションによる各種原子核の生成断面積、エネルギー損失、飛程等について従来 of 計算及び実験と極めて良い一致を示す計算コードを開発した。一方重イオンの生物学的効果を議論するためには、低エネルギーの重イオンから高エネルギーの重イオンまで矛盾のない線量測定システムを確立する必要がある。放医研サイクロトロンによる比較的低エネルギーの重イオンから、理研リングサイクロトロンで加速されるエネル

ギー領域の重イオンにも適用可能な線量計測システムを開発した。単位面積を通過する重イオンの個数を小さなシンチレータで計測し、電離箱で計測した電離量と飛程から推測される阻止能とを掛け合わせて線量を求める方法である。この線量計測結果と電離箱電離量との関係から、重イオンに対する空気のW値を測定した。

研究発表

- (1) Soga, F. et al : ICRR 1X. Tronto Canada, 1991
- (2) 金井達明 他 : 第34回放射線影響学会、東京,1991
- (3) Kawachi, K. et al : PTCOGXV Darmstadt. Germany 1991
- (4) 遠藤真広 他 : 日医放第62回物理部会、宮崎、1991
- (5) 河野俊之 他 : 加速器と大型物理実験装置の制御に関する国際会議、筑波、1991
- (6) Minohara, S. et al :ICMP 1X, Kyoto , 1991

12. 環境放射生態学研究部

概 況

本研究部は、放出源に係わらず放射性物質の陸圏環境中での分布や挙動、存在形態、農作物への移行および食品摂取に起因する放射性物質の人体組織における蓄積とそれに起因する被曝線量算定の計算モデルやパラメータに関する調査研究並びに放射性物質の経口摂取量低減化に関する調査研究を実施している。

更に、電源多様化技術開発費による「アルファ廃棄物処理・処分対策技術に関する評価」研究を継続して行った。また、原子力基盤技術研究費による「放射性核種の環境中移行の局地規模総合モデルに関する研究」も行っている。その外に5課題の放射能調査研究と2課題の国際協力研究を行っている。

第1研究室では、新規の経常研究課題として「放射性核種の環境挙動に影響を及ぼす諸要因に関する調査研究」が始まった。この研究では、放射性核種などの環境挙動に与える因子を検討し、環境変化と生態影響との関連についての基礎的研究を目的として始めた。

第2研究室では、環境中のヨウ素の化学形態と土壌吸着との相関関係とその吸着メカニズムの解明研究を行っている。また、土壌と農作物中の安定元素をICP発光分析法で定量し、さらに、植物などによる森林中の ^{137}Cs の分布に関する基礎データを得ている。

第3研究室では、ICP質量分析器による生体試料の測定値の再現性と精度向上を計り、同位体希釈分析法の導入によって、食餌、人体組織中のThが精度良く定量できることを得た。またこの結果はアルファ・スペクトロメトリーの結果とも一致することを得た。

4月1日付で、第一研究室長鎌田博は特別研究官に昇任、後任に同部主任研究官渡部輝久が昇任、また、同日付けで新規採用者田上恵子が着任した。第一室長渡部は9月1日付けで環境科学技術研究所に休職出向した。主任研究官住谷みさ子は10月31日より休職となった。

中島(米国)、河村(印度)、村松(オーストリア)

は研究交流促進法による国外出張した。

(中島敏行)

1. 放射性核種の環境挙動に影響をおよぼす諸要因に関する調査研究

内田滋夫、田上恵子、中島敏行(環境放射生態学研究部)、渡部輝久*(環境科学技術研究所)

第一研究室では、被曝線量評価の精度向上を目指して、今年度から、上記の調査・研究を開始した。

①農耕地における長半減期核種の蓄積状況に関する研究

本研究では、長半減期核種の1つであるI-129について、水稻に吸収され、収穫により作土層から除去される ^{129}I 量の評価を試みた。

従来、土壌から農作物へのRI移行研究では、土壌中でのRIの挙動に関しては余り注意を払われず、物理的減衰を考慮するだけであった。しかし、現実には、作土層に付加されたRIは、すべてそこに留まる訳ではなく、一部は雨水や灌漑水とともに、より深部へ移動してゆく。また、一部は農作物に吸収されるが、吸収されたRIは収穫により系外へ取り除かれることになる。したがって、物理的減衰だけの評価では、長期間にわたる土壌から農作物へのRIの移行量を精度良く評価することはできない。

土壌から農作物への移行量は、移行係数を用いて求められると仮定した。通常、移行係数法では評価対象は可食部のみであるが、上記のような目的では収穫により農耕地から除去される部位すべてが対象となる。したがって、本研究では、地上部すべてを考慮した。

その結果、農耕地への連続的な供給があった場合、(1)玄米および籾だけが除去されたとした場合、除去無しとした場合とあまり差はないが、(2)葉や茎も含めた場合は、農耕地の ^{129}I 濃度が数百年で一定の値となり、それ以上増加しないこと、などが分かった。今後、移行係数が大きいTc-99についても同様の計算を行う予定である。

②放射性核種の挙動に与える自然科学・社会科学の要因に関する研究

昨年度までに、わが国のフォールアウト・データを利用し、国連科学委員会で用いられている計算モデルにより、放射性核種の地表沈着量から食品摂取による人体の移行量を推定するための換算係数を北海道および東京について求めた。その結果、欧米などとは異なった値が得られ、対象となる国や地域に適した値を用いるべき事が確認された。本年度は、このような結果をふまえ、上記以外の地域における”Radioactivity Survey Data in Japan”のデータ・ベース化をさらに推進した。

2. 環境における放射性物質及び安定元素の存在形態と循環に関する生物地球化学的調査研究

村松康行、柳沢啓、吉田聡、住谷みさ子

環境中におけるI、Cs、Sr、Mn、Zn、K等に着眼して、その放射性同位体及び安定元素の濃度と存在形態を調べ、それらの元素の環境挙動を明らかにする目的で研究を行っている。本年度は、①土壌から農作物への安定元素の移行、②環境試料中のヨウ素の分析、③キノコへの¹³⁷Csと⁴⁰Kの濃縮に関する研究を実施した。ここでは、元素の農作物への移行の実験結果について報告する。

東海村実験圃場において栽培した葉菜類（ハクサイ、キャベツ、芽キャベツ、アブラナ、カラシナ、コマツナ、ホウレン草）について可食部と栽培土壌をICP-AESを用いて分析した。定量できた元素はMg、Ca、Ba、K、Na、Al、P、FeおよびMnであった。移行係数は植物体乾物中の元素濃度を乾燥土壌中の元素濃度で除した値とし以下に述べるような移行係数を得た。すなわちMg：0.1~0.4、Ca：0.2~1.2、Sr：0.1~0.6、Ba：≤0.1、K：4~10、Na：0.02~0.15、Al：≤0.002、P：2~3、Fe：0.0004~0.002およびMn：0.008~0.03であった。これからわかるように、K、Pでは1を越える大きい値を示し、Fe、Alでは0.002以下と小さい値であった。これらの元素は土壌中での主要元素であるが、化学的性質が異なる微量元素や放射性核種の移行を考える上で参考になる。移行係数の中でCaとSrについて比較すると、CaはSrより高い移行係数が得られた。土壌中のCa濃度はSrの約130倍であったが、植物体中では通常300~450倍であった。Srの挙動はCaと似ていると考えられるが、こうした相違から考えると、CaのほうがSrに比べ植物が吸収し易いか、または土壌中で吸収され易い

形態で存在することが示唆された。また、葉菜以外では、ニンジン、ダイコン、カブなどの根菜についてみると、根のほうが葉に比べCa/Sr比は低い傾向にあった。今後さらに分析データを増し、放射性及び安定元素の土壌から植物への移行およびそのメカニズムを明かにしていく予定である。

【研究発表】

- (1) Y. Muramatsu et al., Sci. Tot. Environ., 105, 29-39, 1991
- (2) Y. Muramatsu et al., Int. Conf. Modern Trends in Activation Analysis, Vienna, 1991.

3. アルファ核種の系統分析および超微量安定体の分析測定法ならびにその応用に関する研究

河村日佐男、白石久二雄、J. F. McInroy* (*LANL)、山本政儀**(**金沢大)、黒沢勝治***(**管理課)

本研究は、環境・食品-人体系における放射性物質の移行と内部被曝の過程の解明を目標とし、人体組織および日常食のアルファ核種および関連超微量安定体の分析測定法の検討などを行なっている。

前年度までに、人体・食品・環境試料に含まれる極低レベルの天然および一部の人工アクチノイド核種(とくに長半減期のもの)の定量に関して、ICP質量分析法の応用開発を精力的に進め多くの成果を挙げた。今年度は、骨試料中元素のICP-MSによる迅速定量および²²⁶Raと⁹⁰Srの逐次分析の予備的検討そのほかを行なった。

① ICP質量分析法の応用に関する基礎的研究

骨組織はCaとPを主成分とするため、ICP-MSによる元素の分析がとくに困難な生体試料である。脊椎骨試料を乾式灰化後、その灰分約0.25gを分取し、さらに湿式分解を加えたのち高純度10%硝酸に溶解し、定容(25ml)とした。ICP-AESおよびAASと比べて、ICP-MSでは物理的干渉が重要となるので、内部標準元素(Re)の使用およびマトリクス濃度の影響について検討を行なった。その結果、総塩濃度5000ppmという高いマトリクス濃度においても、相対誤差30%以内で²³²Th、²³⁸Uを含む14元素(Mn, Co, Cu, Zn, Sr, Mo, Cd, Cs, Ba, Tl, Pb, Bi, Th, U)が能率よく半定量可能であることがわかった。その中で、既に濃度が報告されていた元素(Mn, Cu, Zn, Sr, Cs等)については本法による値と良い一致が認められた。

②人体試料のアルファ核種等の系統分析に関する研究

骨中の低レベル ^{226}Ra のアルファ・スペクトロメトリーによる定量法は金沢大学との共同研究により既に確立したが、もし、 ^{90}Sr と ^{226}Ra の逐次定量が可能となれば好都合である。そこで、骨マトリクス中の ^{226}Ra をBaキャリア(10mg)により共沈分離し、ついでクロム酸バリウム共沈法によりSrキャリアと(50mg)と分離する過程につき、 ^{225}Ra (^{229}Th の娘核種)を用いて追跡した。その結果、リン酸カルシウム2-5gに対して発煙硝酸処理を3回行った後、Ba(Ra) CrO_4 沈殿として得られた ^{225}Ra の回収率は40-50%にとどまり、本実験の条件下ではBaはRaのキャリアとしては不適當であることが分かった。

また、日本人の毛髪中の自然放射性核種である

^{210}Po および ^{210}Pb の濃度分布に関する金沢大学との共同研究に関してサンプリングを行い、その結果、茨城県東部地区と他地区との間に顕著な差は認められなかった。

今後、放射生態学研究の基盤をなす新しい分析測定法の開発研究を続行すると共に、人に関する放射生態学および放射線防護への応用に力を入れていく予定である。

(研究発表)

- 1) Shiraiishi, K. and McInroy, J. F. :
Biomed. Res. Trace Elements 2, 289-296, 1991.
- 2) Yamamoto, M., Kawamura, H., Igarashi, Y., Shiraiishi, K., Ueno, K. : Radiochim. Acta 55, 163-166, 1991.

13. 海洋放射生態学研究所

概 況

本研究部は、海洋環境中における放射性物質の挙動を検討して海洋中に入った放射性物質がヒトへ回帰する時の被曝線量推定に資するための挙動の一般則の抽出とこれにかかわるパラメーター・データベースを創出することを目的としている。

本研究部の研究内容は多様なものがあるが、手法として(1)フィールドにおける長寿命放射性核種と微量安定元素の分布・移行の追跡による挙動の予測・および(2) RI トレーサー実験による海洋生物の動的な濃縮機構の解析、にまとめられる。

大型原子力施設を念頭においた沿岸海域の研究に関しては環境特研の中の2課題「沿岸海域における安定元素および長寿命放射性核種のキャラクタリゼーション」および「沿岸海域における生物濃縮パラメーター」で主に実施した。一方国の環境放射能調査の一部を分担し、3課題を行なった。

フィールドの研究に関しては東京大学海洋研究所「白鳳丸」「淡青丸」の共同利用のほか、広島大学「豊潮丸」、北海道大学「北星丸」の協力を得て多くの試料を採取することが出来、文部省高エネルギー研究所施設の共同利用、極地研究所との共同研究を通じて研究を推進することが出来た。

本年度は平成3年4月1日付けで山田正俊主任研究官を第1研究室に迎え入れた。外来研究員として東京大学海洋研究所の野崎義行教授の協力を得て、セジメントトラップを使用した外洋の研究を開始した。6月から約6ヶ月間、中国放射防護研究所の Qi Yong 氏が STA 交流制度で来日し、本研究部で研修した。

(中村清)

1. 海洋環境中における放射性物質の移行循環とそれに影響する因子の研究

中村清、石川昌史、山田正俊、成田尚史(科学技術特別研究員)、長屋裕(那珂湊支所長)

海洋に放出された放射性物質の環境物質と生物への分布・蓄積とその変動を把握し、放射性物質の移行・蓄積の経路と移行量およびこれに影響する因子についての知見を得て、海洋環境の汚染とそれによるヒトの被曝線量の予測のための基礎資料を得ることを目的とする。

(1) 沿岸堆積物における人工放射性核種の分布

1990年に広島大学の豊潮丸の航海で採取された柱状堆積物について、 ^{137}Cs と $^{239,240}\text{Pu}$ を分析した。試料は周防灘の水深9mの地点のものを使用した。Pu/Cs比は表層から18~21cmの画分では0.97を示し、全堆積物中でも0.67とこれまでの測定例では最高の値を示した。関門海峡をはさんで響灘から周防灘の一体はPuがCsにくらべて堆積し易い海域であることがわかった。今後とも、Pu/Cs比の海域による差の解明についての研究が必要である。

(2) ^{137}Cs の簡易分析法の検討

外洋の深層海水は大量の試料採取に時間がかかるので、同一試料から多くの情報が得られるように連続的に化学分析を行なって種々の核種を測定している。表面海水は容易に大量の海水が採取出来るので、一試料について ^{137}Cs のみの分析に使用することが出来る。イオン交換樹脂を使った簡易分析法を検討した。樹脂は本研究所の渡利らが開発したフェロシアン化銅-陰イオン交換樹脂を用いた。乾燥状態の樹脂40gを $\phi 27.5\text{ mm}$ X135mmのカラムに充填し那珂湊沿岸の海水を流量5~10 l/hで通過させた。樹脂をカラムから取り出して乾燥後、直接 γ -スペクトロメトリーで計測し、同時に採取した試料についての化学分析- β 計測の結果と比較したところ、良く一致した。また樹脂40gは海水1600 l以上のCsが捕集可能であった。この結果から、フェロシアン化銅-陰イオン交換樹脂カラムを現場濾過装置と組み合わせれば、深海の海水についても、 ^{137}Cs が簡易に分析出来るものと思われる。

(3) 深海堆積物中の自然放射性核種

東大海洋研究所の白鳳丸の航海で得られた6mのピストンコアについて、堆積物中のTh, U同

位体の分析を行なった。このコアは過去 30 万年間に相当し、過剰の ^{230}Th の堆積速度は $4.5\sim 28\text{dpm cm}^2/\text{kyr}$ の範囲で変動し、氷期に比べ氷期に大きくなる傾向が見られた。これは間氷期に海洋表層の生物生産性が活発になり、過剰の ^{230}Th の堆積速度が増大したものと説明出来る。さらに ^{230}Th の堆積速度は有機炭素、炭酸 Ca、陸起源物質の堆積速度と良い相関が見られたが、このことは、大気を経由した陸起源物質の海洋への流入と表層の生物生産性とが関連していたことを示唆していると考えられる。

[研究発表]

- (1) Ishikawa, M. et al : Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 1813-1819, 1991.
- (2) 中村(清)、長屋、成田 : 1991年度日本地球化学会年会、松山、1991, 10.
- (3) 中村(清) : 第19回放射医研環境セミナー、千葉、1991, 11.
- (4) 中村(清) : 「オーシャンフラックス」研究成果シンポジウム、名古屋、1992, 2.

2. 海洋生態系における元素の生物代謝変換に関する研究

中村良一、平野茂樹、中原元和、石井紀明、松葉満江

海洋における元素の移行・循環を明かにする手間は主として三つあるが、フィールド試料の放射化学分析においては対象とする放射性核種濃度が極めて低い場合が多く、正確な分析値を得るには分析法の開発および改良が常に求められる。また、RI トレーサー実験は天然の海で起っている複雑な生物濃度現象を単純化した実験条件下で行えるため、異なる蓄積経路からの取り込みを別々に調べることが可能であり、それぞれの蓄積経路の寄与の大きさを算定することができる。安定元素分析による方法には多種の生物試料中の多元素を同時に高感度・高精度で測定する方法があり、特定元素を高濃度に蓄積する生物やその臓組織を見出すことができるため、放射性元素の特異的濃縮を解明する有力な手段となる。

- (1) 海水中におけるテクネチウム-99 の挙動の研究

長半減期核種である ^{99}Tc の海水中の挙動を解明するために分析法の開発およびこの核種の海水から海藻への移行について検討を加えた。 ^{99}Tc の分析法については溶媒抽出法を開発したが、収率を得るための良い方法がこれまでは無かったので今回 ^{99}Tc の標準添加法を用いる方法を検討し、良い結果を得た。ただし、極低濃度の ^{99}Tc の定量にはさらに改良が必要であることがわかった。また、褐藻の一種のウミトナリオの ^{99}Tc 濃度の分析結果から、この海藻は海水中の ^{99}Tc 濃度変化に非常に敏感に反応してその濃度が変化することがわかった。

- (2) イイダコの放射性元素濃縮

頭足類イイダコによる6核種の濃縮について海水および餌からの経路別の寄与を調べたが、海水経路では ^{65}Zn の濃度が高く、次いで ^{57}Co であり ^{85}Sr は殆んど蓄積されなかった。海水蓄積6日目の体内分析は ^{57}Co が鰓臓に、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ が腎のうに、 ^{103}Ru と ^{65}Zn が肝臓にそれぞれ高濃縮され、 ^{137}Cs と ^{85}Sr では特に高く蓄積される部位は見られなかった。イイダコ全身からの排出では、 ^{85}Sr と ^{137}Cs は速やかに除去されるのに対し、 ^{57}Co と ^{65}Zn は排出が遅かった。餌経路の取り込みでは ^{57}Co 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{103}Ru および ^{65}Zn が肝臓に多く蓄積されるのが観察された。

- (3) 環形動物エラコのパナジウム蓄積

ゴカイの仲間である環形動物エラコの branchial crown (鰓冠)には $5000\ \mu\text{g/g}$ 乾のパナジウムが蓄積されており、このパナジウムは鰓冠の上皮細胞の液胞の中において3価のイオンとして存在していることが判明した。パナジウムの生理的役割については生化学的、生態学的な観点から検討を加えている。

[研究発表]

- (1) 中原、石井、中村(良)、鈴木 : 平成4年度日本水産学会春季大会、東京、1992. 4.
- (2) 中村(良)、中原、鈴木 : 平成3年度日本水産学会春季大会、東京、1991. 4.
- (3) 平野 : 第33回放射化学討論会、大阪、1991. 11.
- (4) 石井、大越、大竹、中原 : 日本水産学会誌投稿中

(4) 安全解析研究

1. 放射線のリスク評価研究 (総括安全解析研究官)

概 況

今年度は当組織の発足(昭和59年4月)第8年目に当る。今年度の組織構成については予算定員9名(実働定員6名)であることに変わりはないが、西澤かな枝主任研究官の採用と岩崎民子主任安全解析研究官の生物研究部部長への転出に加えて、中村主任研究官の仏国留学からの帰国があり、小人数の組織としては大幅な変化のあった年であった。以下に活動の概況を(1)リスク情報収集・整理、(2)リスク評価手法開発、(3)リスク評価、の3研究室毎に分けて述べる。この分類は便宜上の扱いであり、ほとんどの研究課題は室の枠を越えて全ての研究室の協力のもとに実施されている。

(1) リスク情報収集・整理研究室では例年通り主として国連科学委員会(UNSCEAR)関連の情報整理に当ると共に、広くリスクデータベース構築のための基礎資料の収集作業を続けた。UNSCEAR(第40回会議)へのコメント作成に関してはリスク評価検討委員会のメンバー等、所内外の専門家の協力を得た。

(2) リスク評価手法開発研究室では当組織全員及び所内外の研究者と共同して①健康環境安全評価ネットワークシステム(Health and Environmental Safety Assessment Network System, HESANS)の開発、特にその内の環境中放射性核種移行に関するコンピュータ・コード開発のための検討を行うかたわら、②全国屋内ラドン濃度測定調査プロジェクトの推進に当った。この両課題に対して、当組織は所内外及び国内外の研究者及び研究機関等の協力援助のもとに担当者の努力によりごく限られた人員でその推進を図っている。HESANSの参照とするためにヨーロッパ共同体委員会により開発された同種のコンピュータ・コード[COSYMAコード]を入手して、その解説を行った。ラドン測定に関しては全国屋内ラドン濃度測定結果の解析を進めた。

(3) リスク評価研究室では前年度に引続きチェルノブイリ事故による環境影響の評価に努力を傾注した。限られたマンパワーに鑑み当面の目標をリスク評価の前段階としての線量評価におき、特にホールボディカウンタを用いての体内放射線の測定と、これに基づく内部被曝線量の算定評価を主たる研究課題としている。この課題に関して日ソ科学技術協力協定に基づく「放射線医学分野における日ソ科学技術協力計画—放出された放射性核種による低レベル放射線の健康及び環境影響についての共同研究」を過去2年間実施してきたが、その第3年度活動はソ連の政変のために実施できなかった。

当組織が果たすべき機能の一つである「研究と行政とのインターフェイスに役立つこと」に関しては、昨年に引続き原子力のパブリック・アクセプタンス(PA)について放射線影響の正しい知識を普及する活動に関与し、講演(岩崎主任安全解析研究官)、原子力PA用データベースの作成(小林他、全員)に参加している。後者は科学技術庁の依託により日本原子力研究所が主体となって実施している事業であるが、放医研は放射線に係わる部分を分担しているものであり、所内の関連研究部(那珂漢支所、環境衛生研究部、内部被ばく研究部、生物研究部、生理病理研究部、薬理化学研究部)と共にこれに参加している。この他に昨年と同じく安全解析に係わる科学技術庁等の各種の委員会、審議会等に積極的に参加し寄与することに努めた。これらは以下の如くである。

- 1) 科学技術庁原子力安全委員会「環境放射能安全研究専門部会」(小林)
- 2) 科学技術庁原子力安全委員会「核燃料安全専門審査会審査会(核燃料部会及び再処理部会)」(小林)
- 3) 科学技術庁原子力安全局「放射性物質安全輸送専門部会」(小林)
- 4) 運輸省：「海上輸送技術顧問会」(小林)
- 5) 厚生省委託原爆死没者慰霊等調査啓発研究事業原爆資料及び情報ネットワーク委員会(小林、西澤)

- 6) 日本原子力学会「原子力安全調査専門委員会」(小林)
- 7) 日本原子力学会「低線量放射線と安全評価研究専門委員会」(小林)
- 8) 原子力安全研究協会「線量率効果検討専門委員会」(小林)
- 9) 原子力安全研究協会「低線量放射線安全評価専門委員会」(小林)
- 10) 原子力環境整備センター「広報素材作成検討委員会」(小林)
- 11) アイソトープ協会「ICRP勧告翻訳検討委員会」(小林)
- 12) 日本原子力研究所「PA用情報検索システム研究委員会」(小林)
- 13) 日本原子力研究所「原子力研修検討委員会」(小林)
- 14) 日本原子力研究所「放射線影響と防護に関する国際会議組織委員会」(小林)
- 15) 原子力安全研究協会「原子力施設事故情報調査専門委員会」(小林、内山)
- 16) 科学技術庁「放射線審議会基本部会」(岩崎、西澤)
- 17) 原子力安全研究協会「リスク評価研究委員会」(岩崎)
- 18) 原子力データセンター「低線量放射線安全評価データベース専門委員会」(岩崎、中村)
- 19) 宇宙開発事業団「有人サポート委員会」(岩崎)
- 20) 放射線影響協会「放射線疫学調査の手法等に関する調査研究」(岩崎)
- 21) 放射線安全技術センター「再処理施設における平常時被曝評価に関する調査委員会」(岩崎)
- 22) 政策化学研究所研究委員会(岩崎)
- 23) 日本原子力研究所「環境放射能挙動専門部会」(内山)
- 24) 科学技術庁原子力安全局安全局課原子力安全技術参与(内山)
- 25) 科学技術庁「放射線審議会基本部会」(中村)
- 26) 科学技術庁「放射線審議会アイソトープ部会」(西澤)

関連するその他の活動として、IAEA-RCA「放射線防護」プロジェクトの1991年度の活動として「放射線防護基礎技術トレーニングコース」が1991年10月に東海地区で、放射線防護プロジェクト専門家諮問会合（Expert Advisory Group Meeting）が1991年12月に東京において開催され（日本原子力研究所及び動力炉・核燃料開

発事業団のホスト）、その運営等に参加した（議長：小林、報告書作成：中村、土居）。また、IAEA-RCA政府専門家会合が外務省および科学技術庁の主催により1992年3月に東京で開催され日本原子力研究所（保健物理部）、動力炉・核燃料開発事業団（安全部・安全管理部）と共にその運営に参加した（議事進行、記録を担当）。尚この会議には環境放射生態学研究部、臨床研究部、臨床障害研究部、病院部、養成訓練部からそれぞれの分野の専門家が参加した。

本年度の研究体制及び人員は以下の如くである。

- 1) 総括安全解析研究官 小林定喜
- 2) 主任安全解析研究官 岩崎民子（平成4年1月生物研究部部長に転任）
- 3) 主任安全解析研究官 内山正史
- 4) 主任安全解析研究官 藤元憲三（平成2年11月よりオーストリア国際原子力機関（IAEA）に出向中。）
- 5) 主任研究官 中村裕二（平成3年7月フランス国原子力安全防護研究所（IPSN）より帰国）
- 6) 主任研究官 西澤かな枝（平成3年9月採用）
- 7) 安全解析研究官 土居雅広
- 8) 外来研究員 村田紀（千葉県がんセンター・疫学部）
- 9) 研究生 高原明、石井覚（石膏ボード工業技術委員会）

今年度の海外出張を経時順にあげると以下の如くである。

- 1) 岩崎は1991年5月13日から17日までオーストリア・ウィーンにおいて開催された第40回国連科学委員会（UNSCEAR）に日本代表（松平所長）のアドバイザーとして出席し、引き続いて5月20日から24日まで同市IAEAにおいて開催されたチェルノブイリ事故影響評価に関する国際諮問委員会報告会「放射線影響のアセスメントと防護措置の評価」に出席した。（公用出張）
- 2) 内山は1991年7月7日から12日までカナダ・トロント市で開催された第9回国際放射線会議（ICRR）に出席し「ホールボディカウンタで測定した日本人成人男子群のチェルノブイリ事故後5年間の被曝線量」について報告した。（研究集会出席）
- 3) 岩崎は同じく第9回国際放射線会議（ICRR）に出席した自然放射線レベルとがん死亡率の

関係について報告した。(研究集会出席)

- 4) 土居と小林は1991年9月22日から28日までオーストリア・サルツブルグ市において開催されたEC・米国DOE・IAEA主催の「自然放射線環境第5国際シンポジウム」に出席し、「日本における高ラドン・トロン濃度家屋の特性」について発表した。土居は引き続いて10月3日までバードガシュタイン市で開催された「産業と医学におけるラジウム、ウラン、トリウムおよび関連核種—歴史と今日の利用」ワークショップ、およびラドン比較測定実験に参加した。(いずれも研究集会出席)
- 5) 小林は1992年2月23日から3月2日までチェルノブイル事故影響現状調査のためロシア連邦(モスクワおよびオブニンスク市)とウクライナ(キエフ市、チェルノブイル町)に出張した。(科学庁派遣による公用出張)

1. 安全解析に関する情報の収集・整理

放射線のリスク解析に必要な各種データの収集・蓄積を精力的に行った。また国連科学委員会(UNSCEAR)への協力、国際放射線防護委員会(ICRP)等の放射線リスク評価に係わる情報の収集と紹介もあわせて行なった。これらの活動のうち主要なものは以下の通りである。

国連科学委員会では昨年に引き続いて新しいデータをとり入れたドラフトを作成中であり、この内容検討のため、第40回委員会が平成3年5月13日から17日までオーストリア・ウィーンで開催され、松平所長と岩崎が放医研から出席した。今回のドラフトは人工的な環境放射線による被曝、医療放射線被曝、職業被曝、自然放射線被曝、環境への放射線影響、ヒトの放射線発がん、放射線照射を受けた子供の確定的影響、放射線反応の線量および線量率効果、発達中のヒト脳への放射線影響、放射線発がんのメカニズム、放射線の遺伝影響、放射線リスクの認知の12項目であった。これらについて内容・コメントの検討がリスク検討委員会において行なわれ、その結果を国連科学委員会事務局に提出した。

昨年に引き続きリスク評価に関連して、(財)放射線影響研究所より「原爆被爆生存者の追跡調査」、(財)体質研究会より「診療放射線技師の死亡追跡調査」、また(財)放射線影響協会より「甲状腺RI診断患者の健康調査」に係わる疫学データの収集を行なった。これらの収集されたデータの評価に関しては、放射線リスク評価研究委員会

の下におかれた疫学部会で検討された。

この他、経常研究として行なっている労働災害及び日常生活におけるリスクに関する資料解析を続行すると共に、正しい放射能(線)の知識を一般公衆に与えるという社会的要請により、報道や講演等による広報活動に精力的に従事した。この活動の一環として、日本原子力研究所による「原子力PAのためのデータベース作成」事業に参加している。

本年度も千葉県がんセンター・疫学部長村田紀氏を外来研究員として招き、日本における原子力発電所周辺における健康調査のための基礎データとして、自然放射線レベルとがん死亡との相関関係について検討した。チェルノブイル事故関係並びに放射性核種の環境移行、人体中での代謝に係わる情報収集も続けられた。

さらに、東南アジア諸国から強い要望のあった「標準日本人」のデータについて元那珂湊支所長田中義一郎博士が集積された日本人の解剖学的パラメータを同博士参画の下に検討整理し、英文の研究報告書(安全解析報告書)にまとめた。

2. リスク評価手法の開発

放射線被曝に伴う人への健康影響リスク評価を的確に行うことを目的として、被曝線量や健康リスクの算定に関連したモデルの開発、放射性廃液の処分における最適化の検討及び一般住民のリスク認識についての研究を継続した。一昨年度から5ヶ年計画で開始した「健康・環境安全評価ネットワークシステム」(HESANS)は原子炉から環境中へ放出された放射性核種の環境中濃度を出発点とし、放射性核種の環境移行、食物連鎖、体外・体内被曝線量評価、健康影響評価、リスク低減対策評価、経済的影響評価までの全体を評価し得ることを目標とする総合的な安全評価システムである。各年度毎に各サブプログラム及びデータベースを作成し、5年後には一貫性のあるシステムを構築する予定となっている。今年度は平成元年、2年度に開発した「健康影響評価」及び「放射性核種の環境移行評価」のサブプログラム群の改良・総合化を進めた。また所内の電算機システムに適合するよう変換等を行うとともに、このコードで使用される各種のデータベース及びいくつかのユーティリティプログラムの設計及び予備的な開発を行った。さらに「健康影響評価コード」のうち、放射線発癌予測評価モジュールを基に、PC上で作動する簡易型プログラムを開発し、ICRP 1990年勧告の基礎データの再評価を行っ

た。また健康リスク評価サブプログラムのうちの遺伝性影響リスク算定コードに関しては昨年度に引き続き文献調査による遺伝性リスクの数学的モデルの検討を行った。

3. リスク評価

放射線リスク評価研究の基礎は、我々の遭遇するあらゆる放射線源からの被曝線量を算定してそれによる健康障害リスクを把握することである。放射線による健康障害リスクを算定するためには、被曝線量とそれにより生ずる健康影響とが定量的に明らかにされていなければならない。我々が日常遭遇している極低線量、低線量等の被曝による健康影響の大きさは正確には知られておらず、従って、現段階ではそれらについての正確なリスク評価は行えない。しかし、被曝線量が算定されているならば、低線量の健康影響が明らかにされたときに、健康影響もまた評価できることになろう。この様な観点から、放射線リスク評価研究の第一歩として被曝線量の評価に重点をおいて研究が進められており、全ての線源について一般公衆の被曝線量を総合的に算定評価し、それぞれのリスク評価につなげることが計画されている。その一環として、全国規模の屋内ラドン濃度調査が進捗している。また日本石膏ボード工業会技術委員会（研究生）の協力により諸外国における屋内ラドン濃度の法的規制状況の調査やラドン源としての建築材料等に係わるリスク低減化費用効果解析の検討を進めた。

チェルノブイリ事故に係わる線量評価については特に努力を傾注して来たが、これに関する本年度の主要な研究効果は以下の如くである。ホールボディカウンタで全身の放射性セシウム量(体内量)を測定してきた日本人成人男子集団(特定集団)については測定限界を越える体内量を持つ被検者は少数となった。日本に常時居住する日本人についてはチェルノブイリ事故の影響は事実上解消したと判断される。5年間の内部被曝線量は $5.8 \mu\text{Sv}$ で1962年以降に大気圏内で行われた核兵器実験で生じた内部被曝線量(1964年から算定を開始した22年間の積算線量)の $83 \mu\text{Sv}$ や年に $170-190 \mu\text{Sv}$ であるカリウム-40からの内部被曝線量よりはるかに少ない。ソ連に2週間程度の短期滞在後の帰国者についても引き続き放射性セシウムの体内量が計測された。なお若干のセシウム-137が残存しているが、概して、減少傾向が続いている。チェルノブイリ事故に関連して、平成3年11月に来日したベラルーシ(ミンスク)

の科学者を測定したが、平成4年3月に来日したウクライナ(キエフ)の科学者の50%強の体内量でミンスクで特に著しい汚染があるとはいえない結果が得られた。体内量を測定されたキエフ住人7名とキエフ短期訪問者8名について体重当たりセシウム-137摂取量は事故後、半減期260日で減少しているものと推定される。過去2年間実施された「放射線医学分野における日ソ科学技術協力計画」-放出された放射性核種による低レベル放射線の健康及び環境影響についての共同研究」はソ連の政変により実施されなかった。しかしウクライナ放射線医学科学センターのリヒタリオフ教授の体内量を測ることができた。半減期の長くなる傾向が見えるが、食物汚染の影響と代謝の第3成分とはいづれも原因としての可能性があり、リスク評価の観点からは、今後の継続測定により解明すべきと考える。フランス滞在者の体内量及びカナダへの短期出張者の体内量も計測されたが、いずれも特定集団の体内量の変動内であった。

リスクの総合的評価に関しては放射線の健康影響リスク評価の側面から日常生活のリスクとレジャーリスクについて比較検討を進めた。

[研究発表]

- (1) 内山：放医研環境セミナーシリーズ，85-89，1992.
- (2) 岩崎：日本リスク研究発表会，東京，1991. 11.
- (3) 土居，藤元：日本保健物理学会，大阪，1991. 5.
- (4) Doi, M et al. : Radiat. Protect. Dosimetry, 37, 5-12, 1991.
- (5) 藤元他：日本保健物理学会，大阪，1991. 5.
- (6) 小林他：日本保健物理学会，大阪，1991. 5.
- (7) 土居他：日本保健物理学会，大阪，1991. 5.
- (8) Uchiyama, M., Nakamura, Y. and Kobayashi, S. : The ninth ICRR, canada, 1991.
- (9) 内山，中村，小林：日本放射線影響学会第35回大会，東京，1991. 11.
- (10) 内山，中村，小林：日本原子力学会1992年年会，1992，3.

2. 骨髄障害治療研究

② 急性放射線骨髄障害の治療に関する基礎的研究

鈴木 元、鶴沢玲子、能勢正子、
赤沼篤夫（障害臨床）

チェルノブイリ原発事故における他家骨髄移植の失敗の経験は、放射線骨髄障害の治療に関して新しい対策を講ずる必要性を示している。骨髄幹細胞が残存する患者に関しては、各種の幹細胞増殖因子あるいはそれらの惹起物質の有効性が推察される。他方、骨髄幹細胞が死滅するような全身被曝線量の患者においては、幹細胞刺激因子の効果が期待できず、それゆえ幹細胞の移植が必要となろう。このためには、GVH 反応を安全に制御できる骨髄移植プロトコルの確立、将来的には GVH 反応がおきない幹細胞移植法の確立が必要である。GVH 反応を制御した骨髄移植および幹細胞移植においては、HVG 反応による骨髄生着不全がむしろ問題となり、この問題を解決するために HVG 反応の基礎的研究を進める必要がある。

幹細胞刺激因子 G-CSF および菌体製剤 OK432 の放射線防護回復効果を検討してきた。G-CSF は被曝後の連続投与により放射線骨髄障害からの回復を促進する。また、BDF1 マウスの LD/50-30 を 8.05Gy から 9.30Gy に高めた。OK432 は、照射前 24 時間から照射後 3 時間までに投与した場合に放射線防護回復作用を発揮した。OK432 は、G-CSF と併用した場合血小板回復を促進し、有意に生存率を改善した。OK432 の防護効果の機序を検討中である。

免疫系が破壊されている被曝患者では輸血された他人のリンパ球を排除する能力に欠けるため、輸血中のリンパ球による GVH 病誘発の危険性が存在する。輸血後 GVH 病の予防措置として、輸血製剤の放射線照射が有効であること、照射線量としては 30Gy 以上が望ましいこと等を、厚生省研究班、日赤輸血センターと協力して明らかにしてきた。

骨髄移植にともなう HVG 反応、GVH 反応の制御を目的として、これらの反応を司る T 細胞が自己の抗原にたいしてどの様な機序で免疫寛容に陥るのかを基礎的に検討した。

①胸腺キメラマウスの研究から、胸腺が自己抗原にたいする寛容（自己寛容）導入で重要な働きを行っている事を発見してきた。胸腺内のどの様な細胞成分が自己寛容導入に重要な働きをするかを

に、胎仔胸腺へ異系の細胞を移入して、どの移入細胞が寛容導入能を持つか検討した。この結果、マクロファージ/樹状細胞のほか、胸腺内 T 細胞そのものが強い寛容導入能を持つ事を発見した。また、寛容導入が T 細胞の分化段階特異的におき、キラー T 細胞では、CD 8 シングル陽性細胞になってから 2 日目までは寛容導入可能である事を示した。

② B6 マウス、BALB/c マウスあるいは H-2Ld 遺伝子トランスジェニック B6 マウスから T 細胞除去骨髄細胞を調整して 10Gy 照射 BDF1 マウスに骨髄移植する実験系を用いて、骨髄生着が H-2D、L に関連して調節されていることを発見した。

③異系のクラス II MHC 分子である E α^d 遺伝子を c-fms 遺伝子のプロモーターに接続して B6 マウスに発現させたトランスジェニック・マウスを作製した（熊大、山村教授、東大、宮崎徹先生との共同研究）。トランスジーン産物である I-E 分子はマクロファージに特異的に発現し、クローン麻痺という機序で寛容導入に働くことが判明した。

〔研究発表〕

- (1) Matsubara, H.* et al.: Int. Immunol., 2:755-763, 1990. (*Osaka Univ.)
- (2) Matsushashi, N., Kawase, Y., Suzuki, G.: J. Immunol. 146:444-448, 1991.
- (3) Sakiyama, H., Yamaguchi, K. et al.: J. Immunol., 146:183-187, 1991.
- (4) Suzuki, G.: Workshop on Thymus, Clonal Deletion and Suppressor Systems in Demyelinating Disease. Santa Fe, New Mexico, 1991, 3.
- (5) Sugiura, W., M. Miyamoto, M. Honda, G. Suzuki, and A. Yamashita: Submitted.
- (6) Suzuki, G., A. Uzawa, M. Yachiya, T. Sudo, N. Minato, M. Akashi and N. Matsushashi: Submitted.
- (7) Miyazaki, T., K. Yamamura, and G. Suzuki: Submitted.
- (8) 能勢他、第34回日本放射線影響学会、東京、1991, 11(9) 鈴木他、第40回日本輸血学会、札幌、1992, 6

② 赤血球造血能の放射線障害からの回復と防護

上島久正（養成訓練部）、大原 弘（岡山

大)、青木芳朗 (東大)

Multicytokine inducer である OK-432 の放射線防護剤としての有用性を検討した。① C57BL 雄マウスに 662 cGy 照射 1 時間前または 1 時間後に OK-432 を 5 KE 投与したところ、OK-432 投与群では生存率の有為の増加が認められた。② 造血臓器の Heme 分画への Fe-59 の取り込みから赤血球造血能に対する OK-432 の作用を検討したところ、a) 378cGy 照射 1 時間前に投与された 5 KE の OK-432 は、脾臓の赤血球造血能の回復を促進すること、b) OK-432 は非照射の正常赤血球造血能には影響を及ぼさないことが、明らかとなった。③ 284cGy 照射では、OK-432 は照射 1 日前から照射 3 時間後の間での投与で有効であった。今年度は、摘脾マウスの生存率・赤血球造血能に対する OK-432 の作用を検討する。

③ 急性骨髄障害に対する IL-6 の治療効果 坪井篤 (障害基礎)

放射線による造血障害に対する IL-6 の治療効果を研究するため、半致死線量を照射したマウスに、照射後 4 日間、 $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ の dose で IL-6 を投与し、マウスの末梢血中の各細胞や脾臓および骨髄中の幹細胞の動態を検索した。これまでの結果では血液細胞や造血幹細胞の放射線障害に対し IL-6 の治療効果は認められなかった。ただ、4.8 Gy の X 線を全身照射したマウスに対し 100 倍の dose ($1\text{mg}/\text{kg}$) の IL-6 を 5 日間投与した場合、骨髄および脾臓中の有核細胞数は照射 13 日後までに非投与マウスのそれより上昇し、GM-CFC は非投与マウスのそれの約 10 倍の増加となった。この様に IL-6 の放射線による造血障害の治療効果は濃度依存性があり、さらに詳細に検討すべきである。この IL-6 の $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ の投与レベルにおいて、その放射線障害の治療効果が認められないことに関連して、G-CSF と IL-6 の作用の競合現象が検討された。すなわち、G-CSF の刺激によって形成される GM-CFC のコロニー数が培地に IL-6 を添加することにより減少した。このコロニーの減少は IL-6 の添加量の増加とともに増大した。この現象は *in vitro* において $\mu\text{g}/\text{ml}$ のオーダーで検出されるものであり、*in vivo* における $\mu\text{g}/\text{kg}$ のオーダーの現象を説明することが出来るかもしれない。つまり、低濃度の IL-6 を生体に投与すると、生体内の G-CSF の作用がある程度抑制されるかもしれない。

④ 急性放射線骨髄障害の治療に関する基礎的研究

色田幹雄 (薬理化学)

生体内における各種のサイトカインの産生を誘導することによって放射線防護効果を発揮すると思われる 3 種類の物質、すなわち血清由来胸腺因子 (FTS)、乳酸桿菌 YIT 9018 株の加熱死菌体、および緑茶の抗酸化成分エピガロカテキン・ガレートについて、致死線量または半致死線量を全身照射したマウスの救命ならびに延命効果を証明した。さらに、これらの処理により造血組織の放射線障害が軽減され、回復が促進されることを証明した。また、投与の時期と効果の発現について詳細な実験を行い、実用化への基礎を強固とした。

[研究発表]

- (1) S.Uchida, M.Ozaki, K.Suzuki, M.Shikita : Life Sci, 50 : 147-152, 1992.
- (2) H.Kobayashi, H.Abe, T.Ueyama, A.Awaya, M.Shikita : Radiat.Res., 129 : 351-356, 1992.
- (3) K.Nomoto, T.Yokokura, K.Tsuneoka, M.Shikita : Radiat Res., 125 : 293-297, 1991.

⑤ Methylthioribose による放射線防護作用の検討

安藤興一 (臨床研究部)

Methylthioribose (MTR) は、WR 化合物と同等あるいはそれら以上のヒドロキシラジカルに対する強いスカベンジャー活性を有している。そこで、本化合物の放射線防護効果について検討した。

in vitro の検討は、チャイニーズハムスター由来 V79 細胞および人唾液腺癌由来 HSG 細胞を用い、X 線照射に対する防護効果を検討した。10% 生存率レベルの MTR の DMF を求めると、V79 細胞では 1.27、HSG 細胞で 1.44 であった。また MTR の効果を linear quadratic の式に当てはめ計算したところ、V79 細胞では α に、HSG 細胞に対しては β に作用していることがわかった。

in vivo の検討は、C3H/He マウスで $^{137}\text{Cs} \gamma$ 線照射に対して行った。骨髄障害および腸管障害に対して延命効果が認められたが、活性の程度は弱かった。骨髄に対する作用を、尾静脈より採血した末梢血球の変動を Sysmex で計測し検討したが、MTR 投与の影響は認められなかった。一方、

空腸のクリプト細胞に対する防護効果が認められた。

今後誘導体を合成し、より強い生物活性を示す化合物を探索していく。

3. 低線量放射線の刺激効果現象の発現機構に関する研究

山田武*、湯川修身*、栗原靖之*、藤井由布*、中島徹夫*、石原弘**、常岡和子**、大山ハルミ***、能勢正子***、岩崎民子*
(*生物研究部、**薬理化学研究部、***障害臨床研究部)

低線量の放射線は、大線量の場合と異なり、生物活性を刺激し各種の生体反応をもたらすこともあることが明らかにされつつある。本研究はこの現象をストレス一般に対して生体が本来持つ適応応答の発現の一つとして捉え、その機構を解明することを目標に始められた。放射線によるこのような適応応答の発現機構を当面、1) 分子、2) 細胞、3) 動物個体、の3つのレベルにおいて研究することとしたが、それぞれのグループは常時連絡をとりあい、全体としての協力体制を維持しながら以下の実験を行った。

1) 放射線による早期応答遺伝子の活性化と適応応答に関する研究

放射線被曝と強いストレスに対して、細胞は新たなタンパク質を合成することに対応することが知られている。ヒトメラノーマ細胞を用い、X線照射後に新たに誘導合成されるタンパク質が存在することを2次元電気泳動法により確認した。すなわち、細胞に5-10GyのX線を照射後、培地に³⁵S-メチオニンを加えて4時間培養し(³⁵Sによるパルスラベル)、新しく合成されるタンパク質を標識した。細胞を可溶化後2次元電気泳動し、オートラジオグラフにより標識新タンパク質を解析、検出した。この際、富士フィルムBAS2000および東洋紡の画像解析装置を活用した。その結果、照射しない増殖期(16日目)の細胞に存在するが、定常増殖期(8日目)にはラベルされなくなり、X線照射により誘導合成されるタンパク質は、少なくとも一つは存在し、その分子量64kDaのものであることがわかった。報告されている潜在的損傷との関係は明らかにはできなかった。

一方、近年放射線照射後直ちに発現誘導される初期応答遺伝子として、腫瘍原遺伝子c-fos、c-jun等が注目されている。適応応答にもこの

ような初期応答遺伝子が関与する可能性が考えられるので、正常マウス細胞における新規初期応答遺伝子の検索を行うこととした。まず、マウスを全身 γ 線照射後、あるいは細胞のX線照射後急性応答を細胞RNAのノザンプロットハイブリダイゼーションにより分析した。同時に発現誘導物質の効果ならびにc-fos発現誘導との量的対比を行った。全身50Gyの γ 線照射後3時間以内に脾臓細胞特異的にIL-1 β の発現がきわめて顕著に誘導された。IL- α を含め他のIL類の発現は誘導されなかった。10Gy以上のX線照射後IL-1 β のRNA量は増加し、その後速やかに消失した。以上の結果からIL-1 β の遺伝子は、放射線照射後早期に応答する遺伝子であることが明らかとなった。

2) 骨髄幹細胞動態に及ぼす低線量前照射の影響の解析

致死線量照射マウスへの低線量照射による救命効果が報告されている。ここでは、その機構解明を目的として骨髄幹細胞動態への低線量前照射の影響の解析を行った。すなわち、5.5-8Gy照射前に0.1Gyの前照射を受けたBDF₁マウスのCFU-cの経時的変動を調べた。致死量照射によりこの値は正常の36492+1979/大腿骨から18564+3697/大腿骨と大幅に低下するが、前照射により僅かに回復の傾向はみられるものの有意な影響は観察できなかった。前照射と致死線量照射の間隔を1から8週との間で変化させても大きな影響はみられなかった。また、低線量照射による細胞内の活性酸素消去能の上昇の有無をすでに適応現象のみられた金魚ヒレ細胞でDPPHを用いた方法により調べたところ、消去能の上昇の可能性が示された。

3) 低線量照射によるマウス攻撃行動の抑制

動物への低線量放射線の刺激効果の機構としてはしばしば免疫活性の促進が示唆されているがその機構は不明である。動物個体の免疫活性は中枢神経系の活動と密接な関係にあることが近年明らかにされつつある。そこで、これまでほとんど研究されていない低線量放射線の中枢神経系への影響を検出する方法をとり、将来その免疫系への関与を追求することを目標として研究を開始した。

雄マウスは、通常複数匹を同一飼育ケージ内で飼育を続けると、テリトリー維持行動等相互に激しい闘争行動を示すようになる。低線量照射したマウスにこの闘争行動が減少することに偶然気付いた。そこで、これを定量的に測定するため、マ

ウスを単数で一つのケージに飼育する、いわゆる一匹飼いをを行い、そこに他のマウスを投入した場合にみられる侵入者マウスに対する激しい攻撃行動をビデオに記録し、その行動を定量化することとした。定量化は侵入者に全く興味を示さない0から、先住者マウスと侵入者マウスとが噛みつきあったまま激しく回転運動をする最も激しい闘争行動を4とするスコアリング(点数化)によった。ビデオ観察は照射の翌日から早朝の定時に一定時間だけ毎日行った。その結果、5-15cGyの全身照射後しだいに攻撃行動は減少し、8日後には雄マウスの攻撃行動は非照射対照マウスの約1/5になるという顕著な抑制がみられることがわかった。興味あることに、25-40cGyというこれより大きな線量ではこの抑制はみられない。頭部のみ照射でもこの現象がみられることから、この効果は中枢神経系への影響を介するものである。これまで、このような低線量で中枢神経系への影響は観察されておらず、これはきわめて興味ある知見である。また、通常の放射線生物作用は線量の増加と共に増大するものであるが、この現象はより大きな線量では上述のように全く見られなくなる。この点もこれまでの放射線生物学的常識にも反する面白い現象である。この現象がどのような点で低線量放射線による刺激効果と関連性がある

かは、今後の研究に待たねばならない。現在このような刺激行動に関連すると考えられている脳内物質の測定を始めている。例えば攻撃行動は脳内のセロトニン代謝と関連があるとされているが、これも同じ低線量域で影響を受けることが判明しつつある。

研究発表

- 1) 石原ら：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.
- 2) 常岡ら：同上
- 3) 石原ら：第23回放医研シンポジウム、千葉、1991. 12.
- 4) 色田ら：9th ICRR. Tronto. 1991. 7.
- 5) 栗原ら：同上
- 6) 山田：第23回放医研シンポジウム、千葉、1991. 12.
- 7) 宮地ら：日本放射線影響学会第34回大会、東京、1991. 11.
- 8) 宮地ら：同上放射線ホルミシスワークショップ、東京、1991. 11.
- 9) 宮地ら：東京放射線生物談話会、東京、1992. 1.
- 10) 栗原ら：J. Radiat. Res., in press
- 11) 山田：Isotope News 1991/3月号 p. 2-5
- 12) 宮地ら：J. Radiat. Res., in press

(5) 実態調査

1. ビキニ被災者実態調査

赤沼篤夫、明石真言、蜂谷みさを、鈴木元（障害臨床研究部）

昭和29年ビキニ環礁で行われた核実験で、放射性沈降物により第五福龍丸乗組員23名が被曝した。この実態調査は、全身外部被曝者の放射線障害に関する調査を目的としている。平成3年度は、調査可能な15名のうち希望者8名について、平成4年1月20日より2月20日の間に入院検査を実施した。なお眼科学的検査は国立千葉病院で行った。

今回の症例は58歳から67歳までの男性で全員とも通常の日常生活に支障はない。放射性物質の降灰による皮膚障害は8名中3名（腹部2名、頭部1名）に認められるが、これまでの色素脱失、毛細血管拡張、皮膚萎縮等の所見に変化はなく、悪性化の徴候はみられていない。胸腹部また神経学的に異常所見はないが、1名は肺結核のため昭和62年から1年間化学療法を行っている。上部消化管検査では、1名が昭和57年に早期胃癌により胃切除術を受けている。今回検査では特に異常は認めなかったが、CEA(Carcinoembryonic Antigen)が軽度上昇しており今後の経過観察が必要である。その他2名に胃病変が認められたがいずれも生検の結果、現在のところ悪性像はない。眼科的には、1例はすでに白内障の手術をしてあり、その他は年齢相当の水晶体混濁以上の病的所見は認められなかった。生化学検査では、軽度のもも含め8例中5例に肝逸脱酵素の上昇がある。B型肝炎の検索ではHBs・HBe抗原とも陽性例はないが、全例にHBc抗体が陽性であり、HBs抗体は5例に、またHBe抗体は7例（うち2例は疑陽性）が陽性であった。またA型肝炎抗体は6例、C型肝炎ウイルス抗体は6例が陽性を示した。 α -fetoproteinは全例とも正常であった。末梢血液検査では白血球・赤血球・血小板の3系統とも異常は認められず、染色体検査ではこれまでに1例に異常が認められているが今回の8名にはない。甲状腺機能では T_3 ・ T_4 ・TSHとも正常であり甲状腺腫も認められない。その他の腫瘍

マーカーの検索で、上述の1例以外にもう1例にCEAの軽度の上昇が認められたが、過去3年間に大きな変化はなく、また糖尿病の合併もあり、経過を観察中である。CA19-9は全例陰性であった。

これまでに23名中8名が死亡しており、主たる死因は悪性腫瘍を含む肝障害である。今回の調査でも、CT上悪性像は捕えられていないものの肝障害の頻度が高い事が示されている。しかしながら、全血もしくはプラズマ製剤の輸注があり、全例に肝炎ウィルス感染の既往を示す所見がある事や8名中7名がアルコールを飲む事など複雑な要因があり、また、過去数年間に当研究所を訪れた被災者に固定化の傾向が認められ、現状を把握できていない者も多い。放射線被曝との因果関係や予後に関してはこれらの人々への出張調査も含め、今後のよりいっそうの検索が不可欠である。

2. 医療および職業上の被曝による国民線量の推定のための実態調査

－X線診断の全国実態調査－

丸山隆司、野田豊、竹下美津恵、新山よし子（物理研究部）、隈元芳一（サイクロトロン管理課）

胸部および上部消化管の集団検診による被検者の平均実効線量当量、遺伝有意線量などの国民線量、確率的影響のリスク等を評価するため、1991年度における日本全国の集団検診の実態を調査した。胸胸部集団検診については保健所などを中心に、上部消化管集団検診の場合は検診センターなどを対象に、郵送によるアンケート方式で検診件数や検診の技術的条件について回答を依頼した。

保健所、結核予防会、県厚生農協組合など1,049機関から約60%の回答率であった。アンケートは、胸部および上部消化管集団検診について、各機関が1年間に実施した検診件数を性別、年齢別に回答していただくものであった。また、線量測定のためのデータを得るため、各機関が検診に用いているX線装置やフィルムの種類についても回答をお願いした。

表1は胸部検診について、表2は上部消化管に

ついて、それぞれ、1年間に全国で実施された検診件数を示す。

表1 胸部集検の件数

年 令	男	女	小 計
6-12未満	398千件	379千件	777千件
12-15	647	575	1,222
15-18	744	724	1,468
18-20	327	315	642
20-30	1,084	1,100	2,184
30-40	1,663	1,999	3,662
40-50	2,020	2,548	4,568
50-60	1,595	2,647	4,242
60-70	1,478	2,228	3,706
70-	828	1,206	2,034
計	1,784	13,721	24,505

表2 胃集検の件数

年 令	男	女	小 計
20-30未満	43千件	17千件	60千件
30-40	360	214	574
40-50	1,051	1,046	2,097
50-60	1,179	1,126	2,305
60-70	1,145	1,158	2,303
70-80	185	229	414
80-	16	11	27
計	3,979	3,801	7,780

3. トロトラスト沈着症例に関する実態調査

赤沼篤夫、明石真言、蜂谷みさを、溝江純悦（障害臨床研究部）

<今年度までの経緯>

障害臨床研究部が現在までに把握しているトロトラスト患者リストは380例に及んでいるが、この中には死亡者や放医研未受診例も239例以上含まれている。昭和58年以降1回でも放医研で入院検査を行った者は49例である。平成3年度は、この49例中死亡が確認された例を除いた45例に定期健康診断を行う旨を通知した。

なお、過去の入院数は次の通りである。

昭和58年	59	60	61	62	63	平成1年	2	3
36例	29	23	29	14	15	22	18	13

<今年度の受診状況>

45例中10例が死亡している事が判明した。残り35例のうち、13例が受診した。放医研を受診しな

い理由には、厚生省の検診をうける、他の診療機関受診中、高齢などがあげられる。

<検査結果>

13例(男12例、女1例)の年齢は66~82歳で、トロトラスト注入時年齢は15~28歳であった。注入時より今回の検診までの経過年数は約50年である。肝細胞癌、アルコール性肝障害、縦隔腫瘍の治療を受けている例があるが、その他は血液、生化学にもほぼ正常範囲にあった。骨髄にトロトラスト顆粒が認められる症例もあるが、現在のところ白血病などの造血器腫瘍を示す所見は得られていない。

<問題点と今後の展望>

本調査の目的は、体外からの線量評価と臨床症状・悪性腫瘍の発生との関係及び死因の調査である。最近、受診者が限られてくる傾向にあるが、多くの症例の体外計測と最寄りの医療機関の協力を含めた、その後のfollow upが必要である。

今後、厚生省の調査との関係も含め、抜本的な調査方法の改革が不可欠である。

4. トロトラスト被注入者の線量評価に関する実態調査

赤沼篤夫、明石真言、蜂谷みさを、溝江純悦（障害臨床研究部）、渡利一夫（養成訓練部）、今井靖子（環境衛生研究部）、加藤義雄、森 武三郎（特別研究員）

近年、肝臓・脾臓・骨髄等に微量トリウムの沈着に関連する発癌がみられるようになったことから晩発障害の研究が重要視されている。これらの関連をあきらかにするためには臓器中のトリウムを正確に定量することが必要である。

生体試料中のトリウムの分離、定量についてはいくつかの報告があるが、トロトラスト患者臓器のように貴重な試料については、主として試料の放射線（ガンマ線）測定あるいは放射化分析法が用いられている。

今年度はトロトラスト患者臓器中の微量トリウムを実験室で簡便に定量することを目的としてアルセナゾIIIによる吸光光度法について検討、トロトラスト患者実試料についても分析を行い、従来方法により得られた結果と比較した。

はじめに、硝酸トリウムより調製した試料溶液について吸光光度法、放射線測定、放射化分析、ICP 発光分析、ICP 質量分析、重量分析等の各種方法によりトリウムを定量した結果を表に示す。

次にイカの内臓約10gに硝酸トリウム溶液（95

μg Th) を添加した模擬試料を用いて吸光光度分析法の検討を行った。すなわち、105℃で24時間乾燥後電気炉で450℃、24時間加熱、灰化した試料を王水 10ml に溶解、濃硝酸 3ml、フッ化水素酸 2ml を加えて蒸発乾固する。これを 6M 塩酸に溶解し不溶性部分をろ別して試料溶液とした。試料溶液について水酸化第二鉄共沈法、陰イオン交換法および TTA 抽出法により妨害元素を除去したのち吸光光度法によりトリウムを求めた。その結果、トリウムはほぼ定量的に回収できることが示された。また、ブランク試料中のトリウム量について同様にしらべた結果イカ内臓生試料 1g あたり 0.03 μg 以下の値が得られた。

なお、死亡したトロトラスト患者の実試料（脾臓および肝臓）について吸光光度法、放射化分析法および放射線測定により、予備的検討を行った。その結果、それぞれ生重量 1g 当たりのトリウム量は、試料 1 について 142.0, 146.0, および 150.0 mg、試料 2 について 0.60, 0.59 および 0.46mg と比較的よく一致した値が得られた。

極低濃度の場合、放射線測定は誤差が大きく、また放射化分析法は感度はすぐれているが、精度は比較的低い。最近開発された ICP 発光分析法あるいは ICP 質量分析法は高感度、高精度であるが機器が高価であり特別な設備を要するなど現状では必ずしも一般的とはいえない。吸光光度分

析法の場合は化学的な分離操作が必要であり他の方法に比し分析技術も重要な因子となる。しかし、溶液化した時に 0.05 μg/ml 以上のトリウムが含まれている試料については手軽に定量できる点で有用である。

[研究発表]

- (1) K. Watari, T. Morimoto and Y. Kato :
Japanese-German Joint Workshop on
Thorotrast Late Effects. (東京) 1992. 1.
Th 試料溶液の各種分析法による比較

分 析 法	Th (mg/ml)
重量分析法	8.3364
吸光光度分析法 (アルセナゾⅢ)	8.19
ICP発光分光分析法	8.34
ICP質量分析法	8.50
放射化分析法	8.61
放射線測定分析法	8.23

(6) 受託研究

1. 胸腺細胞分化とトレランス誘導

鈴木 元 (障害臨床研究部)

理研のプロジェクト研究「免疫系遺伝子発現産物研究」第 II 期 (H2-H5 年度) に班員として参加するにあたり、受託研究枠でこれに加わった。

このプロジェクト研究は、免疫系細胞の増殖・分化に関わる遺伝子及び遺伝子産物を解析し、それらの発現調節機構を解明する事により、免疫系機能発現制御のための基盤技術の開発に資する事を目的とする。鈴木は、このプロジェクト研究の中で、①ストローマ細胞が産生する胸腺リンホーマ細胞刺激因子 (TLSF) の精製・解析およびその生理機能の解析、②胸腺臓器培養法による胸腺分化、修飾因子の解析を行う。後者は、公衆被曝特研の項で述べているので参照されたい。

TLSF の研究は、『公衆被曝特研』で行ってきた研究である。H3 年度は、IL-1 刺激 PA-6 ストローマ細胞株培養上清 (1% FCS-ASF301 培地) からの TLSF 精製方法を検討した。TLSF は、ヘパリン・セファロースに吸着し、pH 7.5, 20 mM-Tris バッファー / 0.7 M NaCl で溶出される。また、レッド A アガロースおよびグリーン A アガロースに吸着し、pH 7.5, 20 mM-Tris バッファー / 1 M NaCl にて溶出される。等電点は約 6.5 前後であるため、イオン交換樹脂カラムによる分離は選択性に欠ける。1.5 M 硫酸アンモニウムで塩析後フェニール・セファロースに吸着させたのち、塩濃度を減じて蛋白質を溶出すると、TLSF は 0.75 M 硫酸ナトリウム液で溶出される。TSK2000 カラムを用いて HPLC ゲル濾過を行うと、TLSF は 1.25 Kd から 1.7 Kd の間に分離される。また、ポア・サイズ 10 Kd のタンジェント・フロー型の限外濾過膜で濃縮すると、一部ろ液に TLSF が漏れてしまい、濃縮効率が悪い。

そこで、選択性の高いヘパリン・セファロースをバッチワイズ法で 1 段目に用い、カラムから溶出した TLSF 分画を希釈後、連続的にグリーン A カラムにアプライして、TLSF を精製した。さ

らに、活性分画をヘパリン HPLC カラムで分離すると、5 本のピークに分離できた。現在、スケールアップを図っている。この 5 本のピークを分離後、HPLC ゲル濾過、SDS-PAGE でさらなる分離を試みる。

2. 断層撮影法による新しい機能診断法に関する受託研究

池平博夫 (臨床研究部)

第一製薬が MRI 用造影剤として開発した、Gd-DTPA-BMA (Gadolinium-diethylene triamine pentaacetid acid-bis methylamide, DV-7572) の生体内造影効果を実験腫瘍モデルによって評価を行なった。また MR 法による新しい機能診断法を検討するため、昨年度使用した 4-oxo-2,2,6,6-tetramethyl piperidine-d17 の重水素標識試薬としての MR 画像化と炭素標識試薬 1-D-¹³C-glucose の生体内代謝測定への応用に関する検討を行なった。

造影効果については、実験動物としてニュージランドホワイト (雄) の大腿部骨格筋内に移植した VX2 腫瘍に対し移植後 5 週にて腫瘍直径約 8 cm にて測定した。重水素および炭素の実験は実験動物はラット (ウイスター) およびマウス (C3H) を用いた。

使用した装置は 2T 動物用 MRS/I 装置 (RS-200)、使用した試薬は Gd-DTPA-BMA、Gd-DTPA、および重水素標識試薬 (4-oxo-2, 2, 6, 6-tetramethyl piperidine-d17)、1-D-¹³C-glucose である。

造影効果の判定は家兎の耳静脈より 0.1 mmol 投与後、SE 法 (TR 492ms, TE = 15ms) および SE 法 (TR = 235ms, TE = 20ms) で行なった。さらに造影剤投与直後から 20 分まで経時的ダイナミック測定も行なった。重水素標識試薬と ¹³C 標識試薬は RS-200 により測定した。

① Gd-DTPA-BMA の造影効果

Gd-DTPA-BMA の腫瘍造影効果は従来の製品である Gd-DTPA とほぼ同様の傾向を示し、造影前の均一な低信号領域として描出された組織

が、造影後明瞭に造影されるカプセルで覆われた多数の蜂巢状構造を有する不規則なリング状のパターンを示した。この造影効果は Gd-DTPA とほぼ同様に観察されたが、致死量効果が大きく約 5 倍の安全性があると言うので、投与量を増加させることも可能と考えられ、生体内の局所の造影剤濃度を上げてより微小な病巣の検出に期待される。

②重水素および ^{13}C 標識化合物

重水素や炭素 (^{13}C) は MR 計測用の標識安定同位体として利用が期待されているが、生体とくに人体への応用については感度や計測に伴う困難な問題があり、実用化にはまだ距離がある。しかし、動物やファントムによる基礎実験の結果、生

体内分布の画像化に可能性を認めた。炭素の MR 法による計測には、特に生体の場合天然に存在する脂肪組織からの信号が強く、サブトラクションなどによる手法を利用しなければならない。生体内の炭素化合物の代謝測定については、特に画像化に関して測定系の感度改善など解決すべき問題が多いが、将来の MR 機能診断には有効な手法となろう。

現在 MR 法による機能診断は、造影剤(特に組織特異性の有るもの)や安定同位体標識試薬(重水素、 ^{13}C 、 ^{19}F など)の利用が考えられている。造影剤についても現在は緩和効果と安全性の向上に力が入れているが、生体における新しい代謝診断法として MR に期待されるところが多い。

(7) 原子力基盤技術総合的研究

1. 放射線による染色体異常の高速自動解析システムに関する研究

概 況

本研究は科学技術庁の原子力基盤技術総合的研究(原子力基盤クロスオーバー研究)の重点的推進基盤技術開発の4技術領域のうちの一つである放射線リスク評価・低減化研究課題として平成元年度から5ヶ年計画で実施しているものであり、本年度前期を終了し、来年度より後期に入る。放医研においては、慶応義塾大学、北里大学、東邦大学、東京歯科大学、(株)ニコンの開発本部研究所、サワ工業、梅谷精機、ニコンエンジニアリング、オムロンライフサイエンス研究所、英国MRC人類遺伝学研究所などの協力を得て、計画に従い後述のごとく着実に成果を得ている。本年度の特記事項として、平成3年7月3日～5日、KKR東京竹橋において本プロジェクト研究の中間成果報告会を兼ねて「放射線による染色体異常の高速自動解析システムの開発研究に関する国際シンポジウム」を開催した。このシンポジウムには海外からの12名(米国3、英国4、独国2、仏国1、デンマーク1、中国1)の演者を含む120名の参加があり染色体異常の自動解析法につき活発な論議が交わされた。シンポジウムのプロシーディングスは日本放射線影響学会誌の特集号(1992年)として出版される予定である。

(佐藤弘毅)

1) 放射線誘発染色体異常分析法の精度の改善および自動化のための生物学的研究

早田勇、古川章、南久松真子、佐藤弘毅(障害基礎研究部)、武藤正弘(生理病理研究部)、山本幹男(物理研究部)

コンピューター自動画像認識装置が判断できる均質で高質な染色体標本を作成するために、平成元年度と2年度に改良確立した分離リンパ球の2日間培養法を元にリンパ球培養・処理・ハーベスト・ロボットシステムの基本部を製作した。

このシステムは中心に作業ロボットを置き、周辺に回転培養装置付炭酸ガスインキュベーター、

遠心器、2台のアルミ製恒温ラック(5℃と37℃)、キャップ着脱装置、アスピレーター、ピペットチップ着脱装置を配備したものである。作業ロボットは自由度5度の動きが可能な梅谷精機製シリンドーロボットで、腕の先にピペット用シリンジと遠沈管やキャップ等をつかむ指を持ち、遠沈管の配達やピペット作業等が出来、培養・処理・ハーベストを行う仕組となっている。インキュベーターや遠心器の蓋は空気圧でスライド式に開閉できる。回転培養器や遠心器のロータリーの回転位置は光センサーと金属センサーで検知される。このロボットで培養リンパ球のハーベストを試行したところ、水処理、細胞固定等、一応自動作業で行うことが出来た。ロボットがハーベストしたサンプルでエアドライ標本を作成したところ、良好な染色体像を得ることが出来た。平成4年度には、試行実験をくり返し、プログラム等の改良や修正を行い、さらに進化したロボットシステムとする予定である。

他方、平成3年度には、改良法によって、ゴミや不要細胞成分を除いた染色体標本を用いて、自動解析アルゴリズムの開発や査定用の放射線誘発染色体異常を持つ細胞の画像と異常な部分などのマーク付けをしたテキスト画像を光磁気ディスクに追加記録し、工学的研究に役立てた。

2) 放射線による染色体異常の自動解析システムに関する工学的研究

山本幹男、野原功全(物理研究部)、早田勇、古川章(障害基礎研究部)、西川慶一、福岡秀也(研究生)

工学的研究は、放医研が責任をもち、概況に記した機関との共同・協力で進められている。

本プロジェクトで開発するシステムは、染色体標本の持っている画像情報を最高解像力で取込むこと、ならびに、研究開発用として柔軟性に富んだものであることを要件としている。そこで、顕微鏡テレビシステムの解像力に関する研究を行った結果に基づき、本プロジェクトでは、光学顕微鏡の最高解像力を実現するために、1000本

程度のラスターを持つ高解像力顕微鏡テレビシステムを有する装置を開発することとし、本プロジェクト画像解析システム全体に NIRS-1000 というニックネームを付した。

その第1段階として NIRS-1000 : CHROMO MARKER と名付けた染色体画像マーキング集計装置の開発に成功し、第2段階として NIRS-1000 : CHROMO ALGO と名付けた染色体異常の自動認識の方法(アルゴリズム)を開発するための研究を行うのに最適なコンピュータシステムを設計・構築し、専用ソフトウェアシステムを開発した。

3年度には、その上で放射線による染色体異常の指標となる、二動原体ならびに環状染色体を自動画像認識する研究を行った。一般に広く行われている、白黒の二値化画像を基にして画像認識するのではなく、中間階調(グレーレベル)の画像を基に画像認識した。染色体の両腕のピークの濃度分布と、両腕のピーク間の距離を組み合わせる方法により、123個のメタフェーズ中の3886個の染色体を分析した結果、正常の染色体3835個中3729個を正常、106個を異常と自動認識し、異常の染色体51個中35個を異常、16個を正常と自動認識した。

さらに、NIRS-1000 : CHROMO RANKER と名付けた300枚のスライドローダーを持つ専用自動顕微鏡システムのハード部の試作に成功した。これは、自動調光、自動油浸(コンデンサレンズ、対物レンズの双方に)、自動XYステージ、自動焦点、自動ズーム、高解像力テレビカメラによる画像取込が可能で、世界で最も優れた自動顕微鏡テレビシステムといえる。

〔研究発表〕

- (1) Hayata, I., Kajima, J. and Okabe, N. : Radiat. Phys. Chem., Suppl., 1992.
- (2) Hayata, I., Tabuchi, H., Furukawa, A., Okabe, N., Yamamoto, M. and Sato, K. : International Symposium on Automated Analysis of Radiation Induced Chromosome Aberrations, Tokyo, 1991, 7.
- (3) Hayata, I., Tabuchi, H., Okabe, N., Yamamoto, M. and Sato, K. : World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Kyoto, 1991, 7.
- (4) Hayata, I., Tabuchi, H., Furukawa, A., Okabe, N., Yamamoto, M. and Sato, K. : J. Radiat. Res., Suppl., 1992.
- (5) Hayata, I., Tabuchi, H., Okabe, N., Yamamoto, M. and Sato, K. : Med. & Biol. Engin. & Comput., 29, Suppl. Part 1, 224, 1991.
- (6) 早田 : 放射線科学, 34, 291-294, 1991.
- (7) 早田 : Isotope News, Nov-1991, 33-44, 1991.
- (8) 早田、山本 : 組織培養, 17, 501-504, 1991.
- (9) Yamamoto, M., Hayata, I., Furuta, S., Okabe, N., Nakamoto, F., Kurano, M., Okano, T., Nishikawa, K. and Fukuda, N. : Med. & Biol. Engin. & Comput., 29, Suppl. Part 1, 219, 1991.
- (10) Yamamoto, M., Hayata, I., Nohara, N., Furukawa, A., Nakamoto, F., Kurano, M., Iitsuka, C., Furuta, S., Okano, T. and Fukuoka, H. : Med. Imag. Tech., 9, 325-326, 1991.
- (11) Yamamoto, M., Hayata, I. and Furuta, S. : International Symposium on Automated Analysis of Radiation Induced Chromosome Aberrations, Tokyo, 1991. 7.
- (12) Yamamoto, M., Hayata, I., Furuta, S., Okabe, N., Nakamoto, F., Kurano, M., Okano, T., Nishikawa, K. and Fukuda, N. : World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Kyoto, 1991. 7.
- (13) Yamamoto, M., Hayata, I., Nohara, N., Furukawa, A., Nakamoto, F., Kurano, M., Iitsuka, C., Furuta, S., Okabe, N., Nishikawa, K., Fukuda, N., Okano, T. and Fukuoka, H. : 10th JAMIT Annual Meeting, Tokyo, 1991. 7.
- (14) Fukuoka, H., Yamamoto, M., Hayata, I. and Kawashima, H. : Med. & Biol. Engin. & Comput., 29, Suppl. Part 1, 220, 1991.
- (15) 清水, 福岡, 川嶋, 早田, 山本 : Med. Imag. Tech., 9, 327-328, 1991.
- (16) Fukuoka, H., Yamamoto, M., Hayata, I. and Kawashima, H. : World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Kyoto, 1991. 7.
- (17) 清水, 福岡, 川嶋, 早田, 山本 : 日本医用画像工学会第10回大会, 東京, 1991. 7.

2. 放射性核種の環境中移行の局地規模総合モデルに関する研究

内田滋夫, 吉田 聡, 村松康行, 中島敏行
(環境放射生態学研究所) 宮本霧子, 井上
義和, 岩倉哲男 (環境衛生研究所)

本研究は、放射性核種の発生源から各種環境媒体を経て生体への移行について、局地的な環境条件(地形, 気象, 土壌, 植生等)に対応した精密な移行モデルの開発を目的として、平成3年度から5ケ年の計画で実施している。この研究を担当する機関は、放射線医学総合研究所, 日本原子力研究所, 動力炉・核燃料開発事業団, 理化学研究所及び気象研究所である。

放医研においては、1) 環境移行パラメータの地域特性および2) 陸圏水循環モデルの適用性の2つのテーマに関して調査研究を行っている。それぞれのテーマにおける研究成果は、下記のようなものである。

1) 環境移行パラメータの地域特性

今年度は、環境移行パラメータの中で土壌中の放射性核種の移動のしやすさを表すパラメータである分配係数(Kd)のデータ収集を行った。主として、1980年以降の論文・報告書を中心に、Sr, Cs, およびCoについて国内・国外のデータを整理した。国外のデータでは、3核種とも、Kd値は5ケタの変動幅を有することが分かった。一方、国内では、SrおよびCoのKd値は、5以下の値から1万まで4ケタにわたっていた。また、Csは国外と同様0から 10^5 まで5ケタにわたる値が報告されている。これは各地域の土壌種に大きく依存すると思われる。

より正確なKdを求めるため、土壌種が明らかにされている報告値だけを選び、砂, ロームおよび粘土の3種類に大別して、Kdの整備を行った。

その結果、Kdの変動幅は、1ケタないし2ケタ小さくなる事が分かった。今後、もっとデータを収集するとともに、実験条件をさらに詳しく検討し、Kdの変動要因の解析を行ってゆく予定である。

[研究発表]

- (1) 内田, 住谷, 柳沢, 大桃: Radioisotopes, 40, 347-353, 1991.
- (2) 大桃, 内田, 住谷, 村松: 第34回日本放射線影響学会, 東京, 1991. 11.

2) 陸圏水循環モデルの適用性

陸圏中の放射性核種の移行に大きく影響する水循環機構に着目して、モデルの局地適用性を評価すると共に、実サイト周辺の地域特性を考慮したパラメータの収集とその精度向上に務める。

初年度として青森県下北半島の太平洋岸を対象の局地として、気象、地質、水理、土地利用などの地域特性を明かにするために、文献検索や現地調査などを行った。また、試験的に湖沼水、地下水、河川水を採取し、重水素、重酸素、トリチウム濃度の測定を行った。その結果、小河川は大河川よりも重水素、重酸素共に濃度が高く、その分布も河川の涵養地域の立地高度、及び卓越風の風向によって方向性を修正されてはいるが、おおむね海岸からの距離の大きさを反映した合理的な濃度勾配を示した。トリチウム濃度は、河川水が現在の東北日本のフォールアウトレベルで、いずれも $1\sim 2\text{Bq/l}$ の範囲であったが、地下水は 0.5Bq/l 程度で低かった。

従来は湖沼、河川を中心に進んできた水循環モデルの研究も大気水蒸気→土壌水分→地下水の水収支を含めたものに広げる必要がある。これに関係したパラメータはとりわけ局地の気象や地質条件によって大きく変動するので、今後その変動パターンについて集中的に収集する予定である。

(8) 放射能調査研究

1. 環境中の空間ガンマ線線量率調査

藤高和信、古川雅英、松本雅紀（環境衛生研究部）

日本各地における自然放射線レベルの測定を行っている。昭和50年までに全国の主要地域の第一次測定は済んでおり、その後は離島部などの未測定地の測定を続けている。また単なる自然のバックグラウンド放射線レベルにとどまらず、実際に人間が生活している環境中のレベルを知るといった目的に沿って都会の中心部などでも測定を平行して行っている。人間被曝という観点から原則的に人口密度の高い市町村に重点を置き、かつ地質分布、測定精度を考慮して測定地を選んでいる。都市および周辺部は人為的な環境の変更（宅地化など）も多いため、一度測定したあとも一定の期間をおいて繰り返し測定する必要がある。その考えに立ち、今回は典型的な地方都市として和歌山市を測定地として選び、市内の合計16サイトにおいて測定した（但し最終測定点1サイトは機器不調のため解析から除いた）。なお一つのサイト内では通常5点で測定し、その平均からサイトの代表値を求める作業をしている。従って実際のデータ数はサイト数の数倍ある。

測定は1"φx1"NaI(Tl)シンチレーション・サーベイメータおよび直径約200mm、厚さ3mmのプラスチック電離箱（1気圧、内容積約4リットル）、振動容量型電位計、記録計を組み合わせたシステムによる。サーベイメータの読みとり値は後に標準線源で校正した電離箱の値に換算するのを原則とするから、サーベイメータを介した電離箱測定と言える。自然条件のデータを求める際は、測定サイトとしてはなるべく広く、かつ平坦な裸地を選ぶ。但し生活環境として測定する場合は、舗装道路の上であっても、近くにコンクリート建物があっても構わない。ただし、今回報告するのは自然条件における測定値である。いずれの場合も測定する高さは地上約1mとし、サーベイメータの検出部は水平にして使用した。また特に気をつけた点として、ラドン娘核種の湿性沈着による空間放射線レベル上昇を避けるため、雨の降

り始めを避けた。屋外における照射線量率（宇宙線の寄与を含む）を示すと表1のようになる。なお測定は平成3年8月に行った。和歌山市は昭和48年9月にも2サイトにおいて測定しているが、その時の結果と今回15サイトから得た結果は良い一致をみせた。また過去に実施した測定で未整理ないし未発表だったものをまとめて表2に示す。

【研究発表】

- (1) 藤高、阿部：第33回環境放射能調査研究成果論文抄録集、6-7、1991

表1 各測定地点における照射線量率（大地、大気、宇宙線、フォールアウトからの寄与を含む）

測定地	サイト	平均値 (μ R/h)	標準偏差	点数
和歌山市	長町公園	7.3	2.7	5
	砂山公園	8.4	2.1	5
	端ノ丁公園	7.9	2.3	5
	土佐町公園	9.3	2.3	5
	牛町公園	10.4	2.4	5
	河岸公園	8.4	2.4	5
	汀公園	9.2	2.1	5
	城北公園	11.5	2.0	5
	湊北公園	9.5	2.4	5
	本町公園	11.3	2.1	5
	大新公園	7.8	2.5	5
	城東公園	7.6	2.0	5
	中之島公園	12.6	1.9	5
	美浜公園	6.8	1.9	5
	尚之芝公園	7.7	1.6	5
和歌山市平均		9.0	1.7	75
(昭和48年の測定結果)		9.0	0.5	10)

表2 各測定地点における照射線量率（大地、大気、宇宙線、フォールアウトからの寄与を含む）

測定地	市町村	平均値 (μ R/h)	標準偏差	サイ ト数
五島列島	福江市	10.7	0.0	1
	富江町	8.9	0.0	1
	玉之浦町	9.6	0.0	1
	三井楽町	10.2	0.0	1
	奈良尾市	9.9	0.0	1
	(平均)	9.9	0.6	5
甌島	下甌村	9.3	1.1	2
	鹿島村	8.8	0.0	1
	上甌村	9.5	1.2	5
	里村	8.2	0.0	2
	(平均)	9.1	1.1	10
広島市	(平均)	11.4	0.5	50
名古屋市	中区	9.08	0.6	11
	昭和区	8.1	0.0	1
	千種区	9.3	0.0	1
	東区	9.8	0.9	6
	北区	9.7	0.0	1
	(平均)	9.2	0.6	20

2. 居住環境のラドン娘核種による被曝線量調査

藤高和信、古川雅英、松本雅紀（環境衛生）、児島 紘*（*東京理科大学）、阿部史朗**（**日本分析センター）

屋内ラドン娘核種濃度を減少させるためエアクリナーを稼働すると、エアロゾルに付着した娘核種が濾過されて濃度は減少する。しかし気体であるラドン濃度は残るので、結果的に非付着（フリー）娘核種の割合が増して、むしろ線量増加の原因になり得る。定常状態の屋内ラドン娘核種濃度については Porstendorfer (1978) のモデルがあるが、ここではそれを拡張したものを考え、実測によって検証を試みた。

容積 V m^3 の部屋で処理流量率 Q m^3/h のエアクリナーを稼働させた時の放射性エアロゾル（フリー成分を含む）に対する濾過率 (A_f') は次のように表せる。

$$A_f' = QE'/V$$

但し E' = 放射性エアロゾルの捕集効率
ここで非放射性エアロゾルに対する濾過率 A_f のエアクリナーを稼働した場合を考えると、エアロゾルの壁等への沈着率 X_f は下記ようになる。

$$X_f = X_{out} \cdot v / (v + A_f)$$

但し v = 換気率

X_{out} = 屋外エアロゾルの付着率

$$A_f = QE/V$$

E = 非放射性エアロゾルの捕集効率

但しここでは屋内のエアロゾルは全て屋外のエアロゾルが換気によって屋内に侵入したものと、屋内にエアロゾル発生源は無いとする。またエアクリナー稼働前の付着率 X_{in} は屋外の付着率 X_{out} と等しいとする。屋内と屋外ではフリー成分の存在量、放射性/非放射性エアロゾルの粒径分布が異なるが、それに起因する濾過率の差は無視し $A_f = A_f'$ とした。それで生じる誤差はせいぜい 10% 程度である。

エアクリナーを稼働すると室内空気が混合されるから、フリー娘核種の壁等への沈着率が増加する。今までに得た測定結果によれば沈着率 q_f^f は以下の式で近似できる。

$$q_f^f = q^f + 10A_f$$

但し q^f = 空気濾過を行わない場合の沈着率

定常状態における j 番目の屋内フリー娘核種濃度 ($C^{(f)}$) と付着娘核種の濃度 ($C^{(a)}$) は次式で表せるが、上述のように q_f^f や X_f を通じてエアクリナーの効果が現れる。

$$C^{(f)}_{out} = (vC^{(f)}_{out} + \lambda_j C^{j-1(f)} + r_{j-1} C^{j-1(a)}) / (v + \lambda_j + q^f + X_f + A_f)$$

$$C^{(a)}_{out} = (vC^{(a)}_{out} + (1 - r_{j-1}) C^{j-1(a)} + X_f C^{(f)}) / (v + \lambda_j + q^a + A_f)$$

但し r_{j-1} = 反跳係数 (0.8)

q^a = 付着娘核種の壁等への沈着率 (0.2/h)

λ = 各核種の壊変定数

C_{out} = 屋外濃度 (屋内の 5 倍)

上肩の a, f は付着成分とフリー成分を表す。

上記のモデルの検証のため、内容積 180 m^3 の部屋にエアクリナー及び放射能・エアロゾル測定装置を設置して実測した。用いたエアクリナーはメカニカル・フィルタを内蔵し、流量は 510 m^3/h と 390 m^3/h で切り替えられる。放射性エアロゾルの主要サイズ領域である 0.055~0.3 μ m に対する捕集効率は 0.27 である。エアロゾルの粒径分布はレーザー光源付きの粒度計、ラドン濃度は静電捕集型の ZnS (Ag) シンチレーション式連続モニタ、ラドン娘核種の各成分濃度はフィル

タ捕集型連続モニタ（3回測定法）、そのフリー成分はワイヤースクリーン式モニタ（3回測定法）で測定した。また測定中は常に窓とドアを閉じておいた。部屋の換気率は炭酸ガスをトレーサーとして測定したが、エアクリナー稼働前は0.16~0.25/h(平均0.20/h)、稼働中は0.15~0.25/h(平均で0.22/h)であり、ここでは0.2/hを採用した。

エアクリナーの屋内エアロゾル濃度に対する効果は、 X_f （稼働時の付着率）と X_{in} （エアクリナー稼働前の付着率）との比 X_f/X_{in} で評価できる。その比の計算値（但し $X_{in} = X_{out}$ と仮定し、 $A_f = 0.5/h$ と仮定）は0.28、実験値は 0.31 ± 0.07 ではば一致した。

図1に平衡比と RaA のフリー成分の割合に対するエアクリナーの効果をも2種類の濾過率

($A_f = 0.7/h$ と $A_f = 0.5/h$)について示す。エアクリナーの始動とともにフリー成分の割合は増加するが平衡比は減少し、4~5時間後にはほぼ一定になる。図中の破線は幾つかの X_{in} 値に対するモデル計算値を示す。実験値と計算値はほぼ一致している。以上から、ここで考えたモデルは妥当なものと考えられる。

【研究発表】

- (1) 児島、阿部、藤高:第26回日本保健物理学会、堺、1991.5.
- (2) Kojima,H.,Abe,S.and Fujitaka,K.:Fifth International Symposium on Natural Radiation Environment,Salzburg,1991.9.
- (3) 児島、藤高、阿部:環境ラドン(下道国、辻本忠編)、569-570、電子科学研究所、1992.

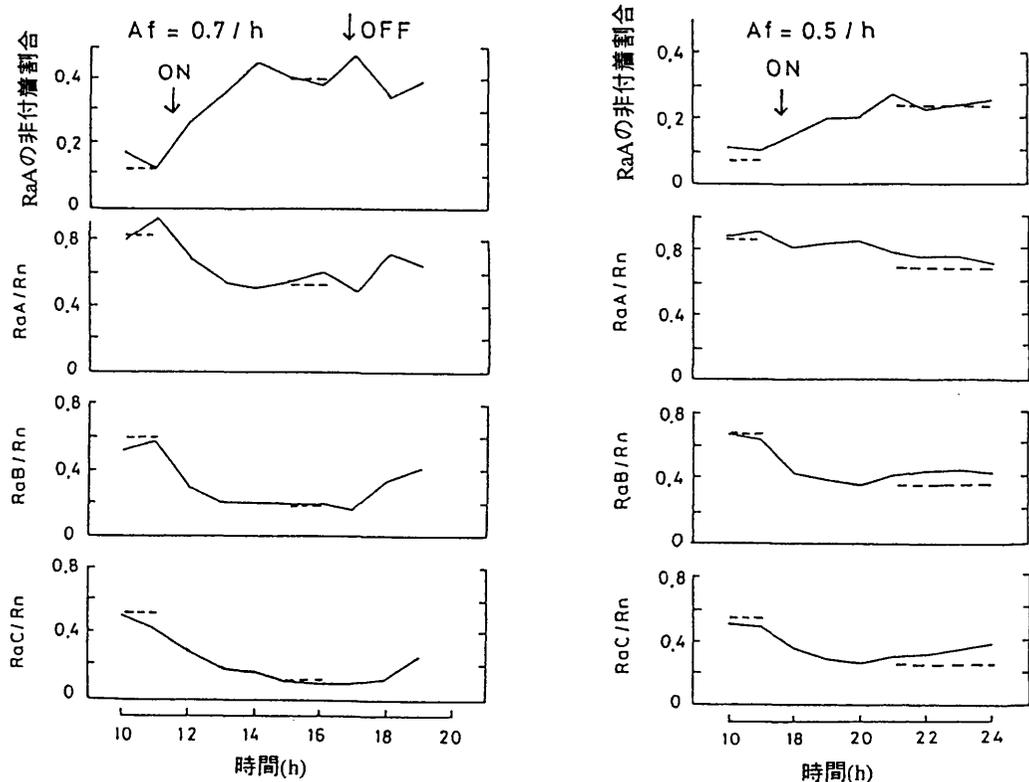


図1 平衡比、RaA のフリー成分割合に対するエアクリナーの効果 ($A_f = 0.7/h$ と $A_f = 0.5/h$ の場合)

3. 人体臓器中の $^{239-240}\text{Pu}$ 濃度

湯川雅枝 (環境衛生研究部)、阿部 享*、
滝澤行雄* (*秋田大学)、田中千枝子、
佐藤愛子 (技術補助員)

1. 諸言

核爆発実験等によって生成したプルトニウム等超ウラン元素は広範囲に大気圏内に拡散し、徐々に地球上に降下蓄積されている。また、原子力平

和利用の進展に伴い、環境中の超ウラン元素濃度が増加するおそれがある。これらの元素は大気、食品などの種々の経路を通じて人体内に取り込まれているので、国民の被曝線量評価の上でこれらの元素の環境、生体間の循環を知ることは重要である。このような見地から、環境試料及び人体臓器中のプルトニウム等超ウラン元素の濃度測定を継続実施している。

2. 調査研究の概要

(1) 試料の前処理

人体臓器試料を湿式灰化する前に、灰化時に使用する硝酸量の低減と作業時間の短縮を目的として試料の凍結乾燥を行っている。この際、乾燥の前後に試料の重量を測定し、臓器中の水分含有量を求めておく。

(2) プルトニウムの分離定量

$^{239-240}\text{Pu}$ は化学技術庁編の「プルトニウム分析法」に従って、灰化試料から陰イオン交換樹脂(Dowex 1×8)をもちいて分離し、ステンレス板上に電着した。プルトニウム量の定量はα線スペクトロメーターにより実施した。

3. 結果

今年度は昨年に引き続き、六体分の人体主要臓器についてプルトニウムの定量を行った。臓器中のプルトニウム濃度は、試料の保存時や解凍時に失われる組織水を考慮して乾燥重量当りとした。また、湿重量当りへの換算を可能にするために水分含有量も併せて表示することとした。但し、この内の二体分の臓器に関しては水分の測定を行っていないため、湿重量当りのプルトニウム濃度のみを記載した。

4. 結語

人体臓器中のプルトニウム等超ウラン元素の濃度測定を継続する。また、環境から生体への移行を把握するために、大気浮遊塵、食品等の分析と他元素との相関関係などについても検討していく。

〔研究発表〕

- (1) 湯川雅枝、佐藤愛子、阿部 享、滝澤行雄：第33回環境放射能調査研究成果論文妙録集。67-68. 1991.

表-1 人体臓器中のプルトニウム濃度

検体；男 69才 採取日：S 63. 11. 24				
	湿重量(g)	乾重量(g)	水分(%)	$^{239-240}\text{Pu}$ Bq/g·dry
肺	66.2	10.3	84.4	10.3×10^{-5}
肝 臓	124.3	39.4	68.3	6.95×10^{-5}
腎 臓	59.0	17.9	69.7	5.70×10^{-5}
脾 臓	22.6	7.9	65.0	10.1×10^{-5}
脾 臓	32.8	7.6	76.8	5.97×10^{-5}
筋 肉	137.4	40.6	70.4	1.95×10^{-5}
骨	56.1	36.6	34.7	未処理
検体；男 77才 採取日：S 59. 12. 2				
	湿重量(g)	乾重量(g)	水分(%)	$^{239-240}\text{Pu}$ Bq/g·dry
肺	131.3	29.1	77.9	欠測
肝 臓	141.9	29.7	74.1	14.1×10^{-5}
腎 臓	35.5	10.9	69.4	6.56×10^{-5}
脾 臓	26.0	17.0	34.6	6.55×10^{-5}
脾 臓	25.9	8.85	65.8	11.4×10^{-5}
筋 肉	92.2	36.2	60.8	4.45×10^{-5}
骨	40.6	19.8	51.8	8.3×10^{-5}
生殖器	19.2	6.68	65.2	12.6×10^{-5}
検体；女 55才 採取日：S 59. 12. 5				
	湿重量(g)	乾重量(g)	水分(%)	$^{239-240}\text{Pu}$ Bq/g·dry
肺	172.0	43.1	74.9	欠測
肝 臓	226.5	114.0	50.0	1.85×10^{-5}
肝 臓	59.9	15.5	74.1	5.19×10^{-5}
脾 臓	48.0	24.3	49.7	5.64×10^{-5}
脾 臓	33.3	8.19	75.4	12.3×10^{-5}
筋 肉	195.4	96.4	50.7	1.70×10^{-5}
生殖器	16.5	6.12	62.9	欠測
検体；男 58才 採取日：S 63. 10. 17				
	湿重量(g)	乾重量(g)	水分(%)	$^{239-240}\text{Pu}$ Bq/g·dry
肺	51.5			欠測
肝 臓	115.0			2.8×10^{-5}
腎 臓	67.5			4.03×10^{-5}
脾 臓	31.5			3.4×10^{-5}
筋 肉	41.8			5.86×10^{-5}
骨	40.9			7.92×10^{-5}
検体；女 80才 採取日：S 63. 10. 1				
	湿重量(g)	乾重量(g)	水分(%)	$^{239-240}\text{Pu}$ Bq/g·dry
肺	84.0			欠測
肝 臓	44.3			14.3×10^{-5}
腎 臓	50.7			3.8×10^{-5}
脾 臓	31.4			2.08×10^{-5}
筋 肉	55.0			8.0×10^{-5}
骨	51.4			未測

4. 大気浮遊塵中の放射性核種濃度

本郷昭三・湯川雅枝（環境衛生研究部）、
田中千枝子・佐藤愛子（技術補助員）

1. 諸言

大気浮遊塵中の放射性核種の濃度を調査するために、千葉市穴川にある放医研構内の地上1～1.5mの外気浮遊塵を採取し、放射性核種の分析測定を昭和40年10月より実施してきた。昭和56年3月までは静電式連続集塵器を用いて試料採取を行ったが、同年4月からは本研究所で開発試作した集塵器による採取を継続している。

2. 調査研究の概要

(1) 試料採取

浮遊粒子は大口径のエアースンプラーを用いて捕集効率が0.995以上の大型グラスファイバー濾紙（20.3cm×25.4cm）に連続集塵した。

流量はマイクロコンピュータによって一定量を保つように制御されている。濾紙の目づまりは約2ヶ月程度の集塵ではおこらなかったが、目づまりを生じて流量が下がった場合でも、積算流量は正しく表示されるように設計されている。

(2) 分析測定

浮遊塵を捕集したグラスファイバーフィルターは、一定の大きさに折り畳んで、Ge(Li)半導体検出器によるガンマスペクトロメトリーを行った。ガンマ線放出核種定量後、NaOHとHClによりSrを抽出し、発煙硝酸法で精製した。ストロンチウム-90はマイクロコンピュータ自動解析装置付きの低バックグラウンドベータ線スペクトロメータにより定量を行った。

3. 結果

昨年度に引き続き、浮遊塵試料の採取及び分析を継続中であるが、本年度は未発表の1989年7月から1991年5月までの採取試料についての分析結果を得た。1991年については浮遊塵試料採取期間をほぼ2週間として、放射能の変動をより細かく観察した。表-1にガンマ線放出核種の定量値を示した。表-2にストロンチウム-90の分析結果について示した。

4. 結語

大気浮遊塵中の放射性核種の濃度変動を経時的に観測する上で、さらに詳細なデータを得るために、放射能の自動モニタリング装置の開発を行い、放射能レベルの変動を認めた時点での浮遊塵サンプルに関して詳細な分析測定を行うなど、放射能レベルの非常に低い浮遊塵に関するモニタリング方法の再検討を行う。

〔研究発表〕

1. 本郷昭三、湯川雅枝、前田智子、
田中千枝子：第33回環境放射能調査研究成果論文妙録集。1-3.

表-1 大気浮遊中のγ線放射性核種濃度

大気浮遊塵採取期間	通風量 m ³ (×10 ³)	放射性核種濃度 (×10 ⁻⁶ Bq/m ³)
		¹³⁷ Cs
1989 7/28～ 8/25	15.9	17.1
8/25～10/ 3	20.7	5.9
10/ 3～10/27	8.7	9.6
10/27～11/24	16.3	1.1
11/24～12/22	15.9	1.6
12/22 ～1990 1/26	20.6	2.7
1990 1/26～ 3/ 5	22.2	4.4
3/ 5～ 3/23	17.1	4.6
3/23～ 4/27	22.9	1.3
4/27～ 5/25	9.6	8.4
5/25～ 6/25	27.2	2.2
6/25～ 7/25	20.0	4.2
7/25～ 8/24	26.0	3.5
8/24～ 9/14	23.4	2.2
9/14～ 9/28	14.9	4.4
9/28～10/29	20.9	4.6
10/29～12/ 3	7.3	4.5
12/ 3～12/28	18.4	7.5
12/28 ～1991 1/25	21.4	5.6
1991 1/25～ 1/28	3.1	--
1/28～ 2/ 4	8.3	9.55
2/ 4～ 2/12	8.2	7.9
2/12～ 3/ 4	19.3	4.1
3/ 4～ 3/11	9.3	1.8
3/11～ 3/18	10.7	1.1
3/18～ 3/27	12.7	0
3/27～ 4/26	27.6	3.3
4/26～ 5/24	24.6	0.23

-- 検出限界以下

表-2 大気浮遊塵中のストロンチウム濃度

大気浮遊塵採取期間	通風量 m ³ (×10 ³)	放射性核種濃度 (×10 ⁻⁶ Bq/m ³)
		⁹⁰ Sr
1986 11/13~12/12	19.0	2.4
12/12~1987 1/22	18.2	1.8
1987 1/22~ 2/19	18.2	3.0
2/19~ 3/19	10.7	2.2
3/19~ 4/ 2	11.6	3.8
10/22~11/ 5	7.24	2.2
11/19~12/ 3	7.04	2.6
12/ 3~1988 1/14	14.5	1.9
1988 2/12~ 3/18	22.2	0.88
3/18~ 4/21	22.0	8.0
4/21~ 5/26	19.7	0.93

5. 環境中のトリチウムの測定調査

井上義和、宮本霧子、岩倉哲男（環境衛生研究部）、工藤美和子、梶谷邦人（技術補助員）

茨城県東海村では、原子力発電所、重水型研究炉、核燃料再処理施設などが互いに隣接して稼働し、常時 ³H を放出している。施設周辺環境に対する影響を調査する目的で東海村と対照地域である水戸市、那珂町、および千葉市で降水、河川水、水道水などの環境試料を定期的に摂取し ³H 濃度を報告してきた。1991年に採取した試料は、河川水（茨城県3地点）、沼水（東海村1地点）、降水（千葉1、東海村14地点）、井戸水（東海村6地点）、水道水（茨城県7地点）および海水（茨城県2地点）である。

全試料の測定を終了している月間降水の年平均値を表1に示した。千葉市の降水の1991年の年平均値は、0.59±0.03Bq/lであった。昨年の平均値約0.6Bq/lと同じであり、近年の10年間に濃度は約1/2に減少したが、最近は減少傾向が鈍化しつつある。東海村の降水の1991年の³H濃度分布は、日本原子力研究所と動力炉・核燃料開発事業団の中間地域で常時自然レベルより高い傾向を示した。地点により濃度差が生じるのは、湿沈着が施設からの距離や降水時の風向の相違により影響を受けるためである。年平均値の最大値は、例年と同様原研の南の施設境界付近の地点で観測され、2.62±1.65Bq/lであった。

東海村村松地区の1991年の地下水の³H濃度については、測定が終了している半年分の結果を見る限り、昨年と同様の地域分布であり、同一地点ではほぼ同じレベルで推移し、最大濃度は原研の

南の地点で観測され、約6.5Bq/lであった。1985年の同一地点で観測された最大値に比べ約1/4に減少している。

なお、観測された全ての³H濃度は法令値と比較して、十分低い濃度であった。

【研究発表】

- (1) 井上、宮本、岩倉、工藤、福島：放射能調査研究報告書、NIRS-R-21, 43-53, 平成3年
- (2) 井上、宮本、岩倉、福島：第33回環境放射能調査研究成果論文妙録集、14-15, 平成3年

表1 千葉および茨城県東海村村松における1991年月間降水の年平均トリチウム濃度

採取地点	データ月数	濃度±変動幅 Bq/l	
千葉市	12	0.59	0.03
東海村			
村松 P 1	9	0.69	0.56
村松 P 2	12	2.02	1.32
村松 P 3	12	2.01	1.29
村松 P 6	12	2.62	1.65
村松 P 8	3	1.09	0.51
村松 P 10	12	1.96	0.95
村松 P 11	10	1.94	1.45
村松 P 13	11	1.44	0.96
村松 P 14	12	1.47	0.76
村松 P 15	12	1.25	0.84
村松 P 16	12	1.18	0.69
村松 P 17	12	2.18	2.08
村松 P 18	12	1.80	1.20
村松 P 19	12	2.40	1.52

6. 環境中の¹⁴Cの濃度調査

井上義和、岩倉哲男（環境衛生研究部）

核燃料サイクルに関連して環境に放出される¹⁴Cは、線量率は低い、その半減期（5730年）の長さ故に集団線量預託への寄付は無視できないと考えられている。施設から放出される¹⁴Cの影響を実測により評価するためには、まず施設の影響のない自然環境における¹⁴Cレベルの長期間の時間推移に関する情報が不可欠である。このため、我々の研究室では、1960年頃より現在に至るまで、主に植物精油と発酵アルコールを測定試料としてそれらの¹⁴C濃度（比放射能）を測定し

てきた。植物のある年に生長した部分に含まれる成分中の炭素は、その年の大気中の二酸化炭素由来であることから、大気中の ^{14}C 濃度を良く反映すると考えられる。また、植物は、植物連鎖と同時に炭素循環サイクルにおける生物圏への移行の第一段階のプールであり、線量評価上のみならず地球化学的にも極めて重要な位置を占めると考えられる。

今年度測定した試料は1991年に日本の各地で収穫されたブドウを原料として発酵醸造されたワインである。3回蒸留し、約94-98重量%のアルコールを得た。比重を測定して正確な濃度を決定後、その10mlをトルエンシンチレータ10mlと混合し、液体シンチレーションカウンターで1試料当たり数100分測定した。バックグラウンド計数率は、同量の合成アルコールを用いて調製した。この測定法では、1試料に導入出来る炭素量は約4gである。Packard社製TRICARB 2260XLを使用した場合、計数効率は約60%で、B.G計数率は約3.5cpmであった。

1991年産のワイン10試料の ^{14}C 比放射能の測定結果を表に示す。平均値は、 $15.63 \pm 0.14 \text{dpm/gC}$ であった。日本での地域差については、近年の国産試料に関する限り認められなかった。1980年から1991年までの年変化を図に示した。1980年から1989年までの10年間の ^{14}C 比放射能は、図に示す通り、ほぼ一定の割合約0.20dpm/gCずつ減少してきた。1989年から1991年の最近3年間は、 15.6dpm/gC 前後の一定のレベルで推移している傾向が見えるが、原因の解析など今後の課題である。

表 日本の1991年産ワイン中の ^{14}C の比放射能

試料 #	ブドウの産地	^{14}C 比放射能 (dpm/gC)	± 1SD (dpm/gC)
1	北海道	15.36	± 0.052
2	山形県	15.70	± 0.054
3	山梨県	15.63	± 0.054
4	山梨県	15.75	± 0.054
5	山梨県	15.65	± 0.054
6	山梨県	15.66	± 0.054
7	日本	15.85	± 0.055
8	日本	15.41	± 0.053
9	日本	15.65	± 0.054
10	日本	15.62	± 0.054
		平均値: 15.63	± 0.14

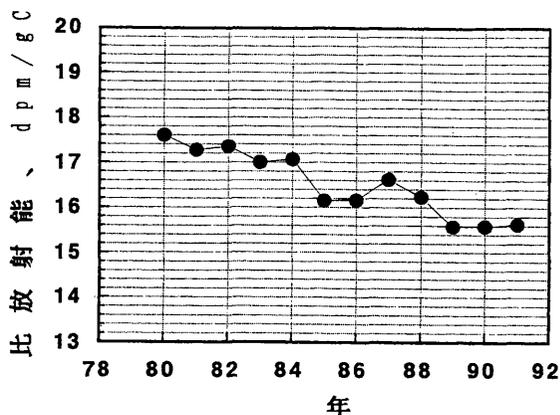


図 日本の ^{14}C 比放射能の年変化

7. 放射能迅速評価システム (ERENS) (Environmental radiation Estimation Network System)

本郷昭三、竹下 洋、岩倉哲男 (環境衛生研究部)、内田滋夫 (環境放射生態学研究部)

はじめに

放射能、放射線は人間を取り巻く種々の危険性のなかで最も良く管理できているものの一つでと考えられるが、環境汚染、危険度管理は全人類的規模で行う必要がある。

これらの観点から、放射能調査研究で得られたデータ・成果を電算機ネットワークを用いて、構造化データベースを構築し資源の共有化・有効利用をはかり、平常時、緊急時の放射能レベル把握、線量評価の基礎処理を行うことを目的として放射能迅速評価システム (ERENS: Environmental radiation Estimation Network System) の導入を昭和63年度から行ってきた。

平成3年は衛星通信、無線通信により、測定器から直接 ERENS にデータを送信する機器の導入をおこなった。衛星通信の許可が国内ででないため、現在当所内でソーラー電源を用いて、調整中であるが、完成すれば、世界のほとんどの地点から ERENS にデータを送信できるようになる予定である。

その他、拡張された機能として、テキスト・ファイルの直接ファックス送信 (各ステーションで作成してファイルをプリントすることなしにファックス送信する) 、

本所の各ステーションから那珂湊支所のファイル・サーバのディスク、那珂湊の各ステーション

から本所のファイル・サーバのディスク、の直接マウントする（あたかも、自分のディスクのように使用）ことができる。本所、那珂湊支所で TALK などの UNIX コマンドにより、直接会話機能がある。

また、ロシア連邦サンクトペテルブルク近郊レニングラード原子力発電所 3 号炉の事故に対応して、ERENS を用いて、空気中の放射性核種、空間放射線スペクトルの監視を行い異常が検出されなかったことを報告した。これらのデータもまた前述機能により本所、那珂湊の各ステーションで閲覧、データ処理可能である。

8. 緊急被曝医療体制の整備に関する調査研究

赤沼篤夫、鈴木元、明石真言、溝江純悦、宮本忠昭、向井稔、恒元博

主に原子力災害に伴う危険から住民及び事業所内従業員を守る為の緊急被曝医療には、

1) 一般住民等を放射線事故による被曝から守る為の緊急被曝防護医療と

2) 従業員等の生命を放射線事故による受傷から守る緊急被曝救命医療とがある。

この二項目は明確に区分する事は不可能であるが、前者は地域住民を守るだけでなく、子孫すなわち国民の将来をも守る重要な保健衛生体制である。昭和55年6月原子力安全委員会が「原子力発電所等周辺の防災対策について」を出している。項目6-3医療体制の整備に基づき我々も放射線障害専門病院として、その体制に組込まれている。また、各道県の原子力防災訓練に緊急被曝医療派遣チームの構成員として北海道には赤沼、茨城には赤沼、溝江が参加した。各道県の主催する原子力防災教育にも北海道、青森、茨城、新潟は赤沼が、鹿児島には鈴木が、佐賀、千葉には明石が研修会講師として参加した。教育訓練活動は所内においても養成訓練部で行なわれており、これに講師として赤沼、溝江、明石が放射線障害、緊急医療等の講義を行った。原子力研究所での研修にも赤沼、明石が講師として緊急被曝医療の講義を行った。放射線安全研究協会での「緊急時医療対策専門委員会」、「原子力施設事故情報調査専門委員会」に委員を派遣しており、原子力安全技術センターの「SPEEDIネットワーク調査検討委員会」、「原子力防災研修事業検討委員会」、「原子力防災活動資機材調査連絡会」にも委員を派遣している。

ここに於ける緊急医療処置は放射線防御が中心

であり、防災訓練に於いても支障なく実行されており、格別な研究課題を見出す事は出来なかった。予想される傷病としても第1群や第2群に相当するものと考えられるので地域の救急病院との連携については研究の余地があるが格別な放射線医学的な問題は今のところ考えられない。しかし、放射線事故による社会心理的な問題や傷病者の心理的動揺については、今後急ぎ研究する必要がある。

後者は産業事故に於ける救急医療の問題の一つである。放射線事故としては小さな物でも重篤な症例も起こり得る。第3群の傷病者が対象となり、一般的傷病等と複合して居る事が考えられる。この群の傷病者に対処には各種の専門医の協調により実行されなければならない。放射線医学、救急医学、外科、整形外科、血液内科の専門家が関与する必要がある。放射線医学担当医は患者の受入れ、除染を優先するか、救命処置を優先するかの判断、保健物理専門家の統轄、診療の統轄等すべきと考えられるが未だプロトコルはできていない。今後は第3群の傷病者に対する各専門家の役割について研究すべきである。特に、外科的な救急処置の在り方、より長期的な血液学的処置、感染症や内部被曝に対する治療の検討を行う。基礎的研究としてはOK-432やCSF等の防護剤の研究、骨髄移植の基礎的実験等を行ってきた。

(赤沼篤夫)

9. 高ラドン濃度を有する家屋の再調査

小林定喜、土居雅広、藤元憲三（総括安全解析研究官付）

1. 目的

屋内ラドン濃度全国調査をドイツ製カップ型ラドン測定器を用いて6300家屋について実施した結果、約0.5%の家屋が米国環境保護庁の介入レベル(150Bq/m³)を越えていることが明らかになった。本研究の目的は(1)高濃度家屋について再調査を実施して、高濃度の実態を解明すること、(2)この調査に使用するためにラドン濃度とトロン濃度を同時弁別測定できる新型測定器を新たに開発し、実環境での性能実証試験を実施することである。

2. 方法

(1)ラドン・トロン弁別測定器の実環境での性能実証試験は、滋賀医科大学及び名古屋大学によって十分に調査された伝統的な木造日本家屋の屋内(京都府精華町、名古屋市千種区)及び研究

所屋外（千葉市稲毛区）に於て実施した。屋内では壁からの距離、屋外では地面からの距離を変えて測定器を設置し、ラドン濃度とトリオン濃度それぞれの空間分布を測定した。(2)再調査の対象とした家屋は、広島県の21家屋である。

3. 結果と考察

(1) 新型測定器の実環境での性能実証試験の結果を図1及び図2に示す。ラドン濃度には屋内・屋外ともに顕著な空間分布は認められなかった。トリオン濃度は屋内では壁からの距離に比例して、屋外では地面からの距離に比例して急激に減少することが明らかとなった。ラドン濃度の測定結果はアクティブ法による測定結果と良い一致を示しており、ラドン・トリオン弁別測定器が十分な性能を有することが確認された。(2) ラドン・トリオン弁別測定器を用いて、前回調査で最も平均ラドン濃度の高かった広島県の21家屋についてラドン・トリオン濃度予備調査を実施した結果を図3に示す。測定器は、壁から20cmの位置に設置した。測定の結果、ラドン濃度よりもトリオン濃度が極端に高い家屋（部屋）が見いだされ、屋内自然放射線被曝源としてラドン及びその娘核種のみならずトリオン及びその娘核種をも考慮する必要性が明らかとなった。

【研究発表】

- (1) Doi.M, Kobayashi.S and Fujimoto.K :
International Symposium on the Natural Radiation Environment - V, Austria, 1991.9
- (2) 土居、小林、藤元：ラドン・シンポジウム、日本保健物理学会、熊取、1991.8
- (3) 土居、小林、藤元：日本保健物理学会第26回研究発表会、大阪、1991.5

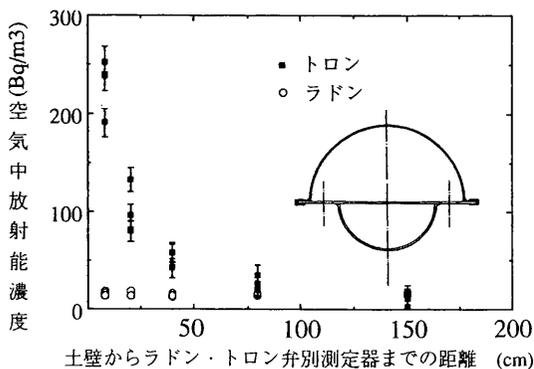


図1 京都府精華町木造家屋 2Fにおける室内ラドン・トリオン濃度分布

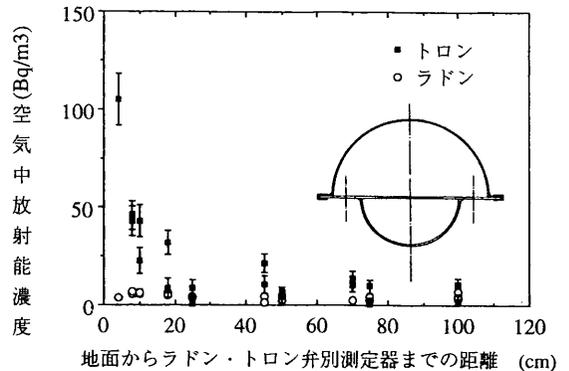


図2 放射線医学総合研究所敷地内における屋外ラドン・トリオン濃度分布

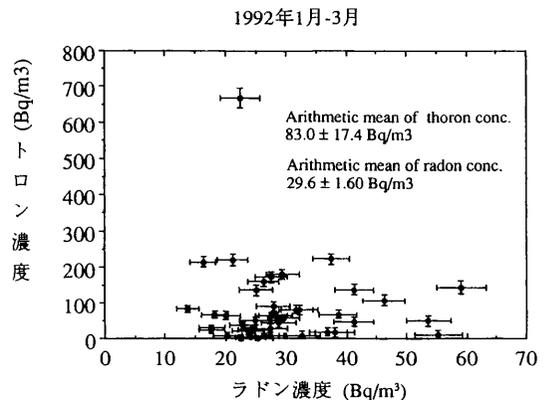


図3 広島県における高濃度家屋再調査結果 (第1回) 1992年1月～3月

10. 自然放射線の疑似実効エネルギー調査

— 疑似実効エネルギーの国内分布 —

中島敏行（環放生）、越島得三郎（養成訓練部）

自然放射線にはエネルギーおよび線量率などの物理的な因子が含まれている。しかし、これらは地域における地学的な条件の違いによって変わる。前年度は自然放射線の線量率と疑似実効エネルギーとの間に相関関係を見出し、その関係式より特定地域の疑似実効エネルギーを求めてきた。本年度はこの関係式を使い、公表されている自然放射線の線量率データを導出した関係式に適合するように整理して、国内の疑似実効エネルギー分布調査を行い、その結果を取りまとめた。

1. 関係式とデータの補正

疑似実効エネルギーを得るための関係式は下記

の式である。ここでは \dot{X}_q は線量率、 E_q は擬似実効エネルギーである。

$$\dot{X}_q = 2.58[4.60 + 4.27/(E_q - 0.679)] \\ \text{nC} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$$

既に、公表されている全国の自然放射線量率データを上の関係式導出時の条件と付合させるために組み換え、擬似実効エネルギーを求めた。なお、宇宙線線量は自然放射線量率データの場合同様全国で一定と仮定した。

この組み換えデータを上式に入れ、全国768ヶ所のモニタリングポイントの自然放射線の擬似実効エネルギーを求めた。

表は日本の各県の平均擬似実効エネルギーである。表が示すように、平均擬似実効エネルギーは地域によって明白に違いがみられる。特に、関東以北と以西とは大きな相違がみられた。これはこれらの地域の地質の特徴が大きく作用しているものと考えられる。

これらの自然放射線の擬似実効エネルギーとその頻度分布は次のようなことに利用、応用が考えられる。

1. 自然放射線の線量校正線源としては、エネルギー的にコバルト60が適している。
2. 自然放射線の生体影響を考察する上で必要なエネルギー情報がこれにより入手できる。
3. 擬似実効エネルギーは異常時における放出核種のエネルギーの影響を受ける、そのため放出核種の平均エネルギーと線量評価に使用出来る。
4. 年代推定するさいの校正線源の選択に利用できる。
5. Pair-Filter 法の応用例については一昨年度の年報に報告したことは、その一例である。

[平成2年度研究発表]

- (1) Nakajima, T., Neno, M. and Koshijima, T.:
Radiation Protection Dosimetry
35, 261-264, 1991.

県名	モニタリングポイント数	擬似実効エネルギー (MeV)
北海道	57	1.09 ± 0.15
東北	86	1.03 ± 0.27
青森	16	1.37 ± 0.49
岩手	14	1.14 ± 0.23
宮城	11	1.02 ± 0.11
秋田	11	0.99 ± 0.04
山形	13	1.03 ± 0.11
福島	21	0.95 ± 0.06
北陸	65	0.94 ± 0.10
福井	12	0.88 ± 0.08
石川	13	0.97 ± 0.10
富山	10	0.96 ± 0.07
新潟	30	0.94 ± 0.09
関東	132	1.17 ± 0.27
茨城	19	0.98 ± 0.08
栃木	12	0.97 ± 0.10
群馬	14	1.18 ± 0.21
埼玉	24	1.13 ± 0.15
千葉	27	1.20 ± 0.11
東京	19	1.14 ± 0.24
神奈川	17	1.56 ± 0.45
東海	105	0.98 ± 0.16
山梨	8	1.16 ± 0.18
長野	22	1.01 ± 0.13
愛知	30	0.92 ± 0.05
静岡	26	1.07 ± 0.21
岐阜	19	0.87 ± 0.03
近畿	91	0.94 ± 0.06
和歌山	10	0.93 ± 0.04
奈良	9	0.93 ± 0.08
兵庫	21	0.93 ± 0.05
大阪	17	0.93 ± 0.04
京都	10	0.97 ± 0.06
滋賀	7	0.89 ± 0.06
三重	7	0.95 ± 0.08
中国	66	0.98 ± 0.10
山口	16	1.00 ± 0.15
広島	16	0.95 ± 0.08
岡山	12	0.94 ± 0.05
島根	13	1.04 ± 0.08
鳥取	9	0.95 ± 0.08
四国	33	0.93 ± 0.07
徳島	6	0.99 ± 0.09
高知	9	0.93 ± 0.08
愛媛	13	0.91 ± 0.06
香川	5	0.88 ± 0.02

九州	95	0.98 ± 0.08
福岡	17	0.93 ± 0.05
佐賀	6	0.93 ± 0.04
長崎	9	0.99 ± 0.06
熊本	16	1.01 ± 0.07
大分	13	0.96 ± 0.05
宮崎	15	0.97 ± 0.10
鹿児島	19	1.02 ± 0.10
島	13	1.17 ± 0.31
沖縄	25	1.04 ± 0.12

11. 緊急時被曝線量評価法に関する研究

中島敏行（環放生）

1. 目的

一般の人々が被曝する放射線被曝事故が起きている。このような被曝事故や緊急時における被曝患者の治療には患者の被曝線量情報が必要不可欠な因子の一つである。本調査研究は一般の人々の被曝線量情報を得る手段を開発し、緊急時、異常時における一般人の被曝線量評価、推定法を確率することを目標としている。

緊急時における一般人の被曝線量の測定材料として家庭に常備している蔗糖を使い、その電子スピン共鳴（ESR）吸収から被曝線量を測定することが有効であることを立証してきた。しかし、その実際事故に遭遇した蔗糖の測定精度については検証されていなかった。ここではチェルノブイリ事故に遭遇した蔗糖を使って、線量推定すると共にその際の測定精度などをしらべた。

その対象項目は線量－ESR 吸収量の比例関係を示す相関係数、感度の試料別の違い（ロット効果）、測定精度として変動係数をプリビアチ市砂糖を使い求めた。その結果を表に示した。

表にあるように、単位線量当りの ESR 吸収量は試料の違いにも係わらずほぼ一定していた。更に、線量との比例性を表す相関係数はどの蔗糖試料でも 0.99 以上であった。これは測定器および ESR 線量計開発にあたって、線量校正曲線は蔗糖の産地別、ロット別などの条件にほとんど左右されないことまた、蔗糖に生成する単位線量当りのラジカル濃度はほぼ一定であることを示す。

このような ESR 蔗糖線量計の特徴のもとで、小型化、高感化した ESR 装置を次年度は検討する。

[平成 2 年度発表]

1. Nakajima, T., Ohtsuki, T. and Likhtariov, I.

3rd. Internat. Symp. ES R Dosimetry & Applications, 1991.10.14~18, NIST, USA.

2. Nakajima, T., Likhtariov, I., and Repin, V. : Internat. Conf. Radiation Effects & Protection, 1992. 3.18~20, 水戸

表 1 旧ソ連チェルノブイリ原発にあったプリビアチ市内の蔗糖の線量測定時の相関係数、感度比と測定の変動係数

試料No.	相関係数	感度 (ESR/Gy)	変動係数(%)
011	0.9938	0.397	5.3
014	0.9998	0.376	8.4
015	0.9999	0.356	6.1
016	0.9999	0.351	2.8
002	0.9884	0.353	2.3
003	0.9999	0.424	1.4

12. 環境中におけるテクネチウム等長半減期核種の挙動に関する研究

田上恵子、渡部輝久*、横須賀節子（環境放射生態学研究所）（*環境科学技術研究所）

本調査研究は、日本の主要な地域におけるテクネチウム等長半減期核種の放射能レベルを調査研究し、その蓄積状況を把握することを目的とする。さらには、得られた諸データを放射生態学的に解析し、人体被曝線量の算定に資することを最終目的とするものである。平成 3 年度は前年度に引き続き、⁹⁹Tc を対象核種として研究を行った。

原子燃料サイクル施設からの放出や ^{99m}Tc の医学利用に伴い、⁹⁹Tc は環境中へ移行することが考えられる。一旦環境中に移行すると長半減期核種であるために、環境中に長期間滞留することが予想される。したがって、環境中の ⁹⁹Tc レベルを測定し、その分布と挙動を明らかにし、蓄積状況の推移を把握しておくことは、原子力平和利用の進展のためにも有益である。土壌は、そのための有用な指標材料の一つであるので、試料として用いた。

土壌から ⁹⁹Tc を溶出する方法としては、酸分解法が一般的である。この方法では、同時に他の元素も多量に溶出するため、分離作業が煩雑になり Tc の回収率が低下することが懸念される。そこで、燃焼装置を用いた分離方式を検討してきた。

本方式は、試料を詰めた石英管を加熱し、その石英管内にガスを流して、蒸発成分を捕集液でトラップする方式である。この方式は、捕集条件や燃焼温度等を考慮することにより、幾つかの元素については効率よく分離することができる。したがって、土壌中の Tc の分離に関しても有効な手法の一つであると考えられる。今年度は、土壌中の Tc 捕集実験に関し、①灰化条件の検討、②燃焼操作の改良、③捕集溶液の検討などを行った。

灰化に関して、土壌の Tc は、500℃前後で蒸発開始することを得た。同時に、それ以下ではほとんど蒸発しないことが確認できた。そこで、約

450℃で完全に灰化した土壌を試料とし、捕集実験を行った。土壌中の Tc の捕集実験の結果は、表 1 に示す通りである。前年度は蒸発した Tc の約 60% までが器壁に付着していたが、燃焼操作を改良することにより、捕集液一段目の捕集率が明らかに向上する結果を得た。また、捕集液の効果を調べるため、2N の NaOH および純水を使用して捕集率について比較検討した。その結果、両者において、捕集率に差がないことを得た。

【研究発表】

鎌田・渡部・横須賀 第33回 環境放射能調査研究成果論文抄録集、79-80, 1991

表 1 燃焼装置による土壌中の Tc の捕集実験の結果

捕集液	蒸発率 (A)	捕集率 (b)				試料中残留率
		1 段目	2 段目	器壁等*	計	
2N NaOH	78	59 (0.75)	1 (0.02)	14 (0.18)	74 (0.95)	22
純水	72	63 (0.88)	0 (0)	6 (0.08)	69 (0.96)	28

燃焼温度：950℃

燃焼時間：3時間（スキャニング速度：10cm/h）

試料量：風乾土50g

捕集率：（各捕集液のTc捕集量／試料中のTc量）×100

カッコ内は、捕集率 (B) / 蒸発率 (A)

*：器壁等を洗浄した液を測定

13. 茨城県沿岸原子力施設周辺住民の放射性及び安定元素摂取量に関する調査研究

村松康行、住谷みさ子、吉田 聡（環放生部）

環境安全評価をおこなう上で、放射性及び安定元素の経口摂取量を予測する必要がある。そこで、茨城県沿岸を中心に、食品摂取実態調査、及び食品中に含まれる放射性及び安定元素の濃度測定をおこなってきた。今年度は、キノコ中の放射性セシウム及びカリウムの定量をおこなったので報告する。

チェルノブイリ事故以降、ヨーロッパ各国においてキノコ中に放射性セシウムの高い値が報告されるようになり、保健物理、及び、森林での物質循環の面から注目されている。しかし、日本産のキノコの ¹³⁷Cs 濃度に関してはまだデータが少ない。ここでは、食用キノコに注目して、キノコ中の ¹³⁷Cs 及び ⁴⁰K の濃度の分析結果を報告する。また、キノコを食べることにより摂取される

¹³⁷Cs の量及びそれによる被曝線量を推定する。

キノコは1989年から1990年にかけて市場で購入又は森林で採取した。凍結乾燥後、ミキサーで粉碎し、10~50g 程度をポリエチレン容器に入れ Ge 半導体検出器を用いて測定をおこなった。

日本で食用にされている主なキノコ中の ¹³⁷Cs 及び ⁴⁰K の定量結果を表に示す。キノコ中の ¹³⁷Cs 濃度は野菜などに比べて高い傾向にあったが、ヨーロッパの報告値などに比べるとはるかに低い値であった。また、エノキダケやハラタケ（シメジ）など、オガクズや米粉を用い室内で栽培されたキノコ中の ¹³⁷Cs は低い傾向にあった。ナメコは、栽培したものの方が森林で採取したものに比べ低い濃度を示した。木材腐朽菌（シイタケ、エノキダケ、ヒラタケ、ナメコ、マイタケ）よりも、地表面にでる菌根性のキノコ（ハツタケ、マツタケ）のほうが ¹³⁷Cs の値が高い傾向にあった。これは、キノコの菌糸がはっている培地の ¹³⁷Cs 濃度に関係していると考えられる。つまり、

木材中では表層土壌中に比べ ^{137}Cs の濃度が低い
ため、木材に生育するキノコの ^{137}Cs の値が低い
のであろう。また、土壌中でも菌糸のはる深さに
より ^{137}Cs の濃度も異なってくると推定される。
チェルノブイリ起源の ^{134}Cs は ^{137}Cs に比べはる
かに少ない量であり、キノコ中に検出された
 ^{137}Cs の多くが核実験のフォールアウトに由来す
るものと考えられる。 ^{40}K の濃度（平均：約
1000Bq/kg）は ^{137}Cs に比べ通常はるかに高い値
であり、また、キノコの種類による変動はそれほ
ど大きくなかった。

上記7種類のキノコ中の ^{137}Cs の濃度平均値を
計算したところ7.1Bq/kg（生）という値を得た。

前年度の研究から、那珂湊地区住民のキノコの摂
取量は、1日約5g（年間約1.8kg）であるので、
この値をかけ合わせると、1年当たりキノコを通
じての ^{137}Cs 摂取量は約13Bqである。この値か
ら被曝線量（effective dose equivalent）を計算
すると $3.2 \times 10^{-7}\text{Sv}$ となる。これは、自然界から
年間受ける線量 $1.7 \times 10^{-3}\text{Sv}$ （UNSCEAR 1989）
に比べ僅か0.01%以下である。

【研究発表】

- 1) 村松、吉田、住谷：日本放射線影響学会要旨
集(1990)
- 2) Muramatsu, Yoshida & Sumiya : Sci.
Tot. Env. 105 (1991) 29-39.

【表】食用キノコ中の ^{137}Cs および ^{40}K の濃度

	^{137}Cs [Bq kg ⁻¹]		^{40}K [Bq kg ⁻¹]	
	wet	dry	wet	dry
エノキタケ (3)	0.4	3.7	130	1150
ヒラタケ [シメジ] (6)	1.0	10	120	1110
ナメコ (5)	7.5	130	60	1090
マイタケ (3)	3.4	34	120	1170
ハツタケ (7)	20	220	71	746
マツタケ (3)	12	102	120	1150
平 均	7.1	77	104	1020

注：*括弧内は試料数

14. 人体の放射性核種濃度および線量の解析調査
白石久二雄、河村日佐男（環境放射生態学
研究部）

環境に放出された放射能とくにフォールアウト
に由来する人体の放射性核種の測定を行い、体内
の濃度に影響する因子について解析し、被曝線量
の推定を行うことを目的とする。

人骨中の ^{90}Sr は、環境中に放出された放射性
核種からの体内被曝線量推定上の指標核種として
重要であるとともに、超ウラン元素の核種から人
体への移行機作の解明のための参照核種としても
重要性を持っている。今年度は、平成2年度死亡
例の結果を中心に報告する。なお、平成3年死亡
例の分析は、灰化炉その他の装置の故障のため平
成4年に行う予定である。

得られた ^{90}Sr 濃度の分布結果を表1に示した。
平成2年（1990年）死亡者の平均骨中 ^{90}Sr 濃度
は、5～19才群で 29 ± 14 および成人群で $14 \pm$

$3.0\text{mBq } ^{90}\text{Sr/g Ca}$ であった。0～4才群では昭和
62、63年平成元年および平成2年に各々42、70、
46および $29\text{mBq } ^{90}\text{Sr/g Ca}$ であった。

骨中 ^{90}Sr 濃度は緩慢な減少傾向にあり、近年
の年齢群間の骨中濃度の比較では、0～4才 \geq 5
～19才 = 20才～となっている。また、東京地区
と北海道地区との間に差は認められていない。
1986年のチェルノブイリ事故により放出された
 ^{90}Sr の影響は明瞭には現れていない。しかし、昭
和63年にはいずれの年齢群においても平均骨中
濃度が前年にくらべてごくわずか高い傾向が見ら
れ、平成元年にはほぼ前々年のレベルに戻ってい
る。骨中 ^{90}Sr から赤色骨髄及び骨表面細胞の受
ける吸収線量を推定し、代表的天然放射能 ^{226}Ra
による骨線量との比較を行った。

【研究発表】

- (1) 白石、五十嵐、河村：第33回環境放射能調査
研究成果論文妙録集、65-66, 1990.

表1 年齢別人骨中の⁹⁰Sr濃度

死亡年		mBq ⁹⁰ Sr/g Ca		
		0~4yr	5~19yr	20yr~
1988	分析数*	3(11)	5(6)	21
	平均値	70	24	17
	標準偏差	3.6	5.2	4.8
	最小値	67	17	9.3
	最大値	74	31	26
1989	分析数*	2(7)	6(8)	46
	平均値	46	17	13
	標準偏差	1.5	5.9	4.4
	最小値	44	11	4.5
	最大値	47	26	28
1990	分析数*	1(5)	7(9)	36
	平均値	29	29	14
	標準偏差	0.74	14	3.0
	最小値	—	16	8.1
	最大値	—	54	22

*)合併後の試料数に相当する

15. 沿岸海域試料の解析調査(1)

中村 清、山田正俊、中村良一、鈴木 譲
(海洋放射生態学研究部)

沿岸海域の海水、海底堆積物、海産生物の放射性核種濃度を調べ、試料相互の汚染の関連を求め、またそれらの結果から将来の沿岸海洋環境の

放射能汚染を予測して人体の放射線障害の予防に資することを目的として調査している。

茨城県沿岸から海水、海産生物、青森県沿岸から海水、海産生物、瀬戸内海沿岸から海水および海底堆積物を採取した。これらの試料について、前年度と同じ分析法で¹³⁷Cs、^{239,240}Puを測定し

表1 魚類の¹³⁷Cs、^{239,240}Pu濃度(1991年2月および3月採取)

魚 類	採取場所	部 位	¹³⁷ Cs	^{239,240} Pu
マコガレイ	磯 崎	筋肉	226±12	0.2±0.03
		内臓	93±18	1.0±0.1
		皮	112±13	0.3±0.06
	大 洗	筋肉	163±12	0.1±0.03
ア イ ナ メ	磯 崎	筋肉(皮付)	193±25	0.2±0.05
		内臓	181±39	15.9±0.7
	大 洗	筋肉	247±20	0.2±0.04
		内臓	725±55	3.6±0.3
イ シ モ チ	磯 崎	筋肉	296±15	0.4±0.06
		内臓	200±28	1.3±0.2
ア カ エ イ	磯 崎	筋肉	590±26	0.2±0.03
		内臓	222±14	2.2±0.3
		骨	277±23	0.6±0.09
マ ダ イ	磯 崎	全体	171±27	2.1±0.2
クロウシノシタ	大 洗	全体	143±18	0.3±0.06

(単位 mBq/kg-wet)

た。表1、表2、表3に平成3年2月および3月に採取された茨城県沿岸の魚類、軟体類、甲殻類、海藻の¹³⁷Cs、^{239,240}Pu濃度を示す。魚類の内臓中の放射性核種濃度に差が見られるが、内臓は消化管内容物を含んでいるので、その内容物の影響が考えられる。表4に沿岸表面海水中の放射性核種濃

度を示す。

【研究発表】

- (1) 中村(清)、山田、中村(良)、鈴木：第33回環境放射能調査研究成果論文抄録集、41-42. 1991.

表2. 軟体類・甲殻類の¹³⁷Cs、^{239,240}Pu濃度 (1991年2月および3月採取)

種 類	部 位	¹³⁷ Cs	^{239,240} Pu
ハマグリ	軟体部	62±11	4.4±0.5
コタマガイ	軟体部	59±10	1.8±0.3
ワスレガイ	軟体部	50±11	6.1±0.3
イイダコ	全 体	75±12	2.9±0.2
サルエビ	全 体	140±23	5.0±0.3
ヒラツメガニ	全 体	36±29	2.5±0.4
コウイカ	軟体部 (除内臓)	72±14	3.9±0.5
マダコ	筋 肉	74±10	0.9±0.1
	内 臓	83±13	5.7±0.4

(単位 mBq/kg-wet)

表3. 海藻の¹³⁷Cs、^{239,240}Pu濃度 (1991年3月採取)

種 類	¹³⁷ Cs	^{239,240} Pu
アナアオサ(緑)	58±12	7.4±0.5
ネジモク(褐)	193±64	32.1±2.0
アラメ(褐)	243±34	6.6±0.7
ツノマタ(紅)	205±39	11.7±1.2
フノリ(紅)	124±24	9.8±1.0
ハリガネ(紅)	240±46	42.3±3.2

(単位 mBq/kg-wet)

表4. 沿岸表面海水中の放射性核種濃度

	¹³⁷ Cs (mBq/ℓ)	^{239,240} Pu (mBq/100ℓ)
茨城県東海沖 (2km沖) 5月	2.87±0.21	1.44±0.23
(10km沖) 5月	2.28±0.19	0.95±0.18
(2km沖) 7月	2.83±0.23	1.99±0.22
(10km沖) 7月	2.89±0.24	0.86±0.19
周 防 灘 6月	2.86±0.24	0.29±0.08
青 森 県 泊 11月	3.27±0.19	0.70±0.11

15. 沿岸海域試料の解析調査 (2)

中村良一、平野茂樹、中原元和、石井紀明、
松葉満江 (海洋放射生態学研究所)

沿岸海域に生息する海産生物を対象として調査を行っているが、前年に続き六ヶ所村周辺海域採集の海産生物を用いて RI トレーサー実験を行い、各種の生物濃縮パラメータを求めた。

実験は青森県沿岸で採取した生物を活魚運搬車で支所に輸送し、RI 棟内の実験水槽で飼育して海水または餌を通じて放射性物質を取り込ませ、経時的な生物体濃度を観察することにより取り込み定数 (u)、排出定数 (β)、生物学的半減期 (Tb_{1/2})、臓組織分布 (%) などの濃縮パラメータを求めた。

表1および表2にクロソイおよびヒラメ幼魚全身に対する海水から濃縮パラメータを示した。幼魚の平均体重はクロソイが6g、ヒラメが10gで各5尾を1群とし、¹⁰³Ru および¹³⁷Csを添加した40ℓの濾過海水中で12日間飼育して放射性物質を取り込ませた後、排出実験に移し、取り込み、排出実験期間を通じて経日的に取り上げて放射能を測定した。測定値に対数式をあてはめて取り込みおよび排出の近似曲線を求め、表の各パラメータを求めた。いずれの場合も曲線は生物学的半減期が長いコンポーネントと短いものの2成分から成り、長い成分の割合が大きく、濃縮係数 (CF) では両生物種共 ¹⁰³Ru に比べ ¹³⁷Cs の値が大きかった。

図1にクロソイ成魚により餌から取り込まれた¹⁰³Ru、¹³⁷Csの体内残留率の実測値と近似曲線を示し、表3に近似曲線から求めた餌取り込みの場合のパラメータを示した。クロソイ成魚の平均体重は352gで、¹⁰³Ru または ¹³⁷Cs でラベルしたクロソイ幼魚 (7.3g) を餌として強制的に経口投与した後の RI の吸収・排出状況を観察した。餌の消化・排泄が観察された2日目の放射能の残存%を腸管吸収率とし、他の実験から求めた餌のCFと自然の海における1日の摂餌量の体重に対する割合 (日間摂餌率) とから次式により求めた餌からの濃縮係数は Ru および Cs に対してそれぞれ0.02と20であり、餌取り込みの場合の Ru の極めて低いCFが注目された。

$$\text{餌からの CF} = \frac{(\text{餌のCF}) \times (\text{日間摂餌率}) \times (\text{RIの腸管吸収率})}{\text{RIの排出定数}}$$

[研究発表]

- (1) 中村 (良)、中原、松葉、鈴木：第33回環境放射能調査研究成果論文抄録集、43-44, 1991.
- (2) 中原：第33回環境放射能調査研究成果発表会、千葉、1991, 11.
- (3) 鈴木、中村 (良)、中原、松葉：平成3年度日本水産学春季大会、東京、1991, 4.

表1 クロソイ幼魚のパラメータ

	構成割合 %	取り込み定数 u	排出定数 β	u/β	濃縮係数 CF	生物学的半減期 Tb _{1/2} (日)
Ru	short	44	0.6223	2.1613	0.3	0.3
	long	56	0.0306	0.0116	2.6	60
Cs	short	26	0.1303	0.0824	1.6	8
	long	74	0.1479	0.0144	10.2	48

表2 ヒラメ幼魚のパラメータ

	構成割合 %	取り込み定数 u	排出定数 β	u/β	濃縮係数 CF	生物学的半減期 Tb _{1/2} (日)
Ru	short	47	0.2040	1.0895	0.2	0.3
	long	53	0.0180	0.0141	1.3	49
Cs	short	15	0.2871	0.4044	0.7	2
	long	85	0.2436	0.0095	25.7	73

表3 クロソイ成魚のパラメータ (餌取り込み)

	吸収率 %	構成割合 %	β	Tb _{1/2} (日)	
Ru	47.3	short	97	0.5345	1
		long	3	0.0230	30
Cs	82.4	short	55	0.0629	11
		long	45	0.0056	123

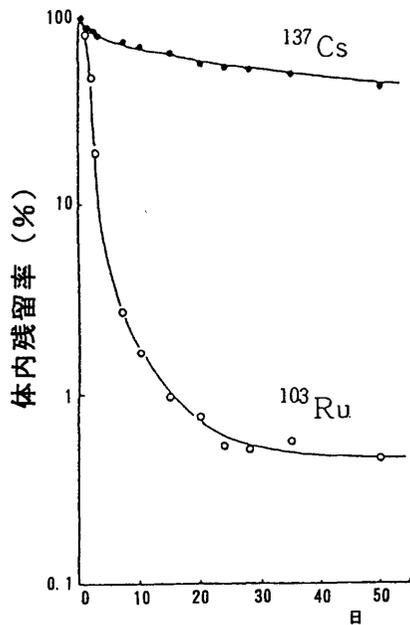


図1 餌から取り込まれた ^{103}Ru および ^{137}Cs のクロソイ成魚からの排出

16. 外洋の解析調査

中村 清 (海洋放射生態学研究部)、
長屋 裕 (那珂湊支所長)、成田尚史 (科学技術特別研究員)

外洋の海水、海中懸濁物の放射性核種濃度を明

らかにするとともに、その経年変化と水平および鉛直方向の分布の様相から、海洋におけるこれら核種の挙動の解明に資するデータを得ることを目的として調査している。

東京大学海洋研究所「白鳳丸」の KH-90-3 次航海に際して、赤道域西太平洋において海底堆積物柱状試料および大量海水を採取し、 ^{137}Cs と $^{239,240}\text{Pu}$ を測定した。

試料採取地点および表面海水中的 ^{137}Cs 濃度 (mBq/l) を図1に示す。 ^{137}Cs 濃度は 2.1~4.0 mBq/l であり、これは 1989 年のインド洋 (KH-89-3, Leg.6) の同緯度海域と同様のレベルであった。

図2および図3には St.AQ-7 (水深 5389m, $00^{\circ} 01.6' \text{ S}$, $178^{\circ} 54.9' \text{ E}$) における海水中的 ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$ 濃度の鉛直分布を示す。この鉛直分布パターンは北太平洋の他の海域と同じであるが、 $^{239,240}\text{Pu}$ の亜表層極大は 600m 付近とやや浅い深度に観察された。

表1に海底堆積物中のこれら核種の全存在量を示す。これはインド洋の同緯度海域と同様のレベルであるが、海域へのフォールアウトの供給量に差があるので、北太平洋の中高緯度海域よりかなり少ない。

【研究発表】

- (1) 中村 (清)、長屋、成田：第33回環境放射能調査研究成果論文抄録集、39-40, 1991.

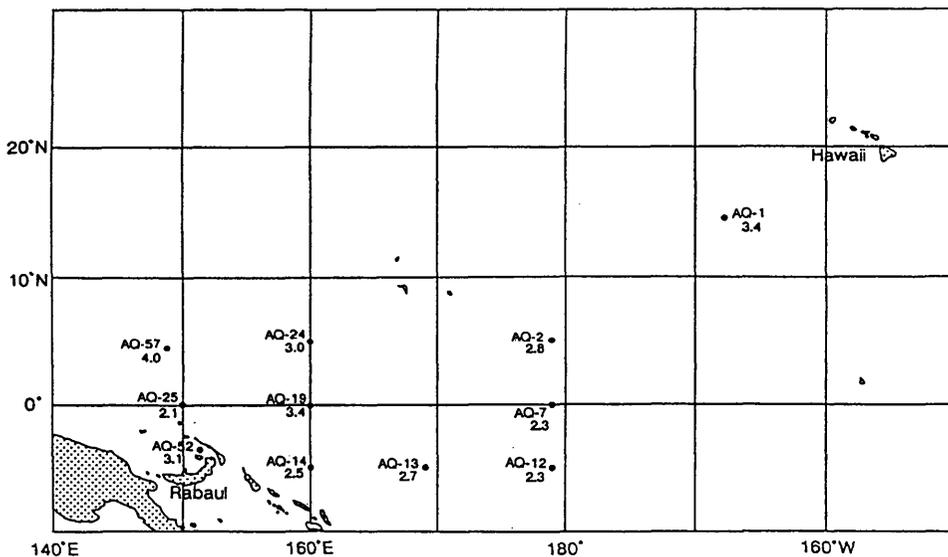


図1 表面海水中の ^{137}Cs 濃度 (mBq/l)

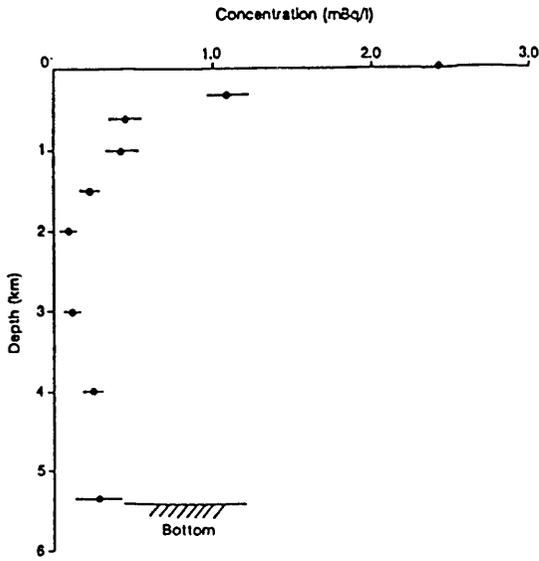


図2 AQ-7の海水中の¹³⁷Csの鉛直分布

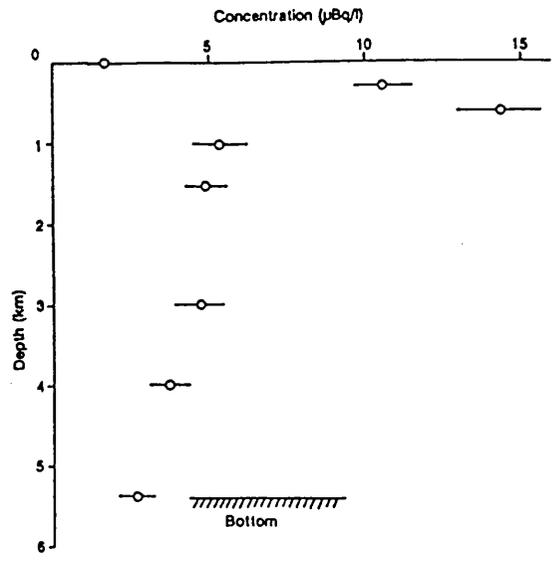


図3 AQ-7の海水中の^{239,240}Puの鉛直分布

表1 放射性核種の海底堆積物中全量

St.	^{239,240} Pu MBq/km ²	¹³⁷ Cs MBq/km ²	Pu/Cs
AQ-1	1.2	20.4	0.06
AQ-3	2.5	6.4	0.39
AQ-7	2.6	13.8	0.19
AQ-13	1.9	17.1	0.11
AQ-14	3.1	16.4	0.19
AQ-16	3.2	10.4	0.31
AQ-19	5.4	21.2	0.25
AQ-52	2.1	12.0	0.18
AQ-57	1.7	8.2	0.21
AQ-60	1.0	15.4	0.07

(9) 科学技術振興調整費による研究

1. 総合研究

1. 「がん細胞の浸潤・転移機構解明のための基礎技術の開発に関する研究」

①浸潤能の獲得機構の研究

宮本忠昭（病院部）、崎山比早子（生理病理研究部）

（研究目的）①ヒトK-rasオンコジーンのIN VIVOでの遺伝子増幅に関与する諸因子の解析および転移能亢進と接着能、運動能、コラゲナーゼ分解能との関係を明らかにする。②ハムスター補体第一成分 Cls の浸潤、転移能に及ぼす影響を明らかにする。（研究方法）①ヒトK-ras オンコジーン、トランスフェクタント NIH3T3 株（H-3）細胞と間質細胞（fibroblast, Mφ）を Coculture するとともに同細胞を封入した0.22μのミリポア膜を張ったチャンバーをヌードマウス皮下に埋め込み遺伝子増幅の再現性を検討する。一方、同細胞のマトリックス各成分に対する接着能、ケモタキセルを用いての運動能、ゼラチン分解能の測定による蛋白分解酵素を検討する。②ハムスター Cls の cDNA を発現ベクター BCMGSNeo に組み込み Cls を生産しないマウス細胞（A31, SEA7, B16）にトランスフェクトし、トランスフェクタント Cls 産性能を測定するとともにヌードマウスを用いて転移能を調べる。（研究成果）①H-3細胞の転移能亢進および遺伝子増幅がヌードマウス皮下に埋め込んだデフェージョンチャンバー内で起こることがわかった。また、H-3細胞はK-rasの遺伝子増幅とともにコラーゲン、フィブロネクチンとの接着能が低下し、遊走能が高まることが明らかとなった。H-3細胞の転移能亢進とヒトK-ras遺伝子増幅が繊維芽細胞の他に体液成分を介して起こることが明らかになり、これに関与する物質の検索が容易となった。また同細胞の浸潤能の亢進が主としてマトリックスのコラーゲンとフィブロネクチンとの接着能の低下による遊走能亢進にあることがわかり、K-rasの機能亢進を起こしたH-3細胞の転移メカニズムを解析することが可能となった。H-3細胞のヒトK-ras遺伝子増幅を起こす機序と物質を上記

IN VITRO / IN VIVO系で解析するための研究方法を開発する必要がある。転移機構については更にラミニンとの接着能、プロテアーゼの分泌能亢進などを検討し、運動能の亢進がどのように血管への浸潤能へと進展するかを明らかにする必要がある。②ClsをトランスフェクトしたA31細胞はヌードマウスに腫瘍を形成した。Clsの新しい機能としてコラゲナーゼ（ProMMP-9）を活性化することがわかった。Clsトランスフェクタントは腫瘍原性の亢進の解析やClsの新しい機能を解析するのに有効な系となることが明らかとなった。コラーゲン分解活性、コラゲナーゼ活性化作用が実際にIN VIVOで存在するかどうかモデルシステムを作って検討する必要がある。

（研究発表）

- (1) 滝口、高橋、宮本等：第50回日本癌学会、東京、1991、9.
- (2) Takiguchi, Y., Takahashi, Y., Miyamoto, T., et al : Cancer Research in submission, 1992, 1.
- (3) Yamaguchi, K., et al : FEBS Lett, 268, 206-208, 1990.
- (4) Sakiyama, H., et al : J, Immunol, 146, 183-187, 1991.
- (5) Sakiyama, H., et al : J, Cell Biol, Suppl, 15G CH316, 1991.

②糖脂質リポ多糖類による組織親和性抑制機構の研究

安藤興一（臨床研究部）、荻生俊昭（生理病理研究部）、松本恒弥（動植物管理課）

本研究の目的は、腸内細菌の細胞壁構成物質であるリポ多糖類および類似物質によるがん細胞転移抑制機構をin vivoおよびin vitroで解析する技術について研究することである。本年度は転移病巣の初期状態を解析する技術として、(1) in vitro系で腫瘍細胞と組織との親和性を測定する方法、(2) 組織中の微量腫瘍細胞を検出する方法、(3) 腫瘍細胞走化因子の解析、(4) 自然肺転移に及ぼす腸内細菌叢の影響、および(5) Tリン

パル欠損のリポ多糖類低応答性マウスの作製、について検討した。

研究成果として下記の事項が明らかになった。

(1) マウス肺組織と腫瘍細胞接着性について、肺組織の凍結薄切片とクロム-51標識腫瘍細胞と低温下40分間接触させた後、切片上に付着・残留した細胞数をガンマカウンタにより計測した。その結果、リポ多糖類投与したマウスから作製した肺凍結切片では、腫瘍細胞の接着性が低下していたが、有意な差は認められなかった。

(2) 肝・骨転移について、マウス神経芽細胞腫を同系 A/J マウスに尾静脈内投与し、病理切片の顕微鏡観察により調べた。神経芽細胞腫は肺転移が殆ど認められないが、肝と骨・骨髄転移をもたらした。肝コロニー法を確立し、肝転移の定量的計測法が得られた。骨端部および骨幹部骨髄に転移が先行した後に骨転移へ進行することが判明した。初期骨髄転移巣を検出する方法として、フローサイトメトリーの有効性について検討した。DNA 含量が神経芽細胞腫と正常骨髄細胞との間で異なることが判り、今後はこの方法による初期転移巣検出能の分解能について調べる予定である。

(3) ラット胸腺リンパ腫細胞に対する特異的走化因子を、ラット胸腺由来の培養細胞株から抽出した。皮下移植したリンパ腫細胞が増殖して、一部胸腺に転移したが、この胸腺転移腫瘍細胞は、皮下で増殖した腫瘍細胞よりも強く走化因子に反応した。従って、転移先の組織が産生する走化因子は、転移の組織親和性を決定する要因の一つである可能性が強く示唆された。走化因子活性はトリプシン処理により不活化される分子量50-60kDaのポリペプチドであると推定された。

(4) リポ多糖類低応答性、NK 細胞欠損の C3H/J-bg マウスに nude 遺伝子 (T 細胞欠損) を導入したコンジュニックマウスの作製を継続して行ない、N7 (F14に相当) に達した。

【研究発表】

1. T.Jibu, K.ANDO, T.Matsumoto et al.: Clin. Exptl. Metastasis 9(6), 529-540, 1991.
2. 荻生、深見、西村：第50回日本癌学会総会、東京、1991、9.
3. 岩川、大川、安藤、他：第7回小児がん学会、横浜、1991、11.
4. 松本、安藤、小池：J.Germ free Life and Gnotobiol.20, 59-63, 1990.

2. 海洋大循環の実態解明と総合観測システムに関する国際共同研究

海洋生物による鉛直物質輸送の実態解明に関する研究-2

中村 清 (海洋放射生態学研究部)、
成田尚史 (科学技術特別研究員)、
長屋 裕 (那珂湊支所長)

海洋生物起源の沈降粒子を捕集し得るセジメントトラップシステムを構築し、北太平洋において約1年間海中に設置して、沈降粒子を各月毎に年間を通して採取する。この試料につき、(1) 人工放射性核種 ($^{239,240}\text{Pu}$, ^{137}Cs など)、(2) 自然放射性核種および微量元素を分析・定量し、沈降粒子によるこれらの物質の海水からの除去のフラックスとその経時的、地域的変動を明らかにして、鉛直物質輸送を解明するのを目的としている。

本年度は平成2年度に購入したセジメントトラップ1台を北海道大学水産学部の係留系に組み込んで、日本海溝域に設置した。平成4年6月に回収の予定である。またセジメントトラップ1台、海中切離装置1台を購入したが、これは平成4年度の航海で設置する予定である。

東京大学海洋研究所より入手した微量の沈降粒子試料について、ICP-MSによる安定元素の分析法の検討を行なった。

【研究発表】

- (1) 中村 (清)、長屋、成田：1991年度日本地球化学会年会、松山、1991、10.

3. 生体機能の解析技術の開発

池平博夫、橋本隆裕、宍戸文男、館野之男
生体組織における代謝機能情報による生化学的代謝病態に関する生体機能の解析をNMR技術の高度化により実現することを目的として本研究を実施した。

^{13}C -NMR法により、天然のグルコース、グリコーゲン代謝の測定を生体において行い、 ^{13}C 標識グルコースを付加することにより、 ^{13}C スペクトル測定の感度向上について検討を行った。これらの研究を実施するために、目的組織に対応したコイルを試作した。

^1H -NMR法によって、脳組織において、腫瘍、その他の疾患治療に際し、乳酸等の代謝物質の変化に関して生体機能情報の解析技術の開発も行った。

さらに、 ^2D 等他核種のNMR測定によって薬物代謝、組織血流等の生体機能測定を試行した。

以上の研究から、動物実験により、 ^{13}C グルコース投与後の化学シフト画像を得た。画像化により胃から肝臓への信号の移動を確認し、スペクトルにより糖から脂質への代謝変化の観察を行った。

健常ボランティアの肝臓および骨格筋からグルコース、グリコーゲンの観測に成功した。

重水およびフッ素含有薬剤（麻薬剤）等の化学シフト画像を作成し生体内分布の画像化観測法を開発した。

^1H -NMR法を用いて、脳腫組織代謝と放射線治療効果との関連性について初期的検討を行った。

^{13}C -NMR法では、生体内糖代謝計測を健常ボランティアで行い、グルコース代謝の経時測定に成功した。また、 ^{13}C 標識グルコースによる信号増強効果を観測し、安定同位体のトレーサ計測への応用の可能性を検討した。

^2D -NMR法による経時測定により、重水素投与後の組織への集積とクリアランスから組織血流量評価法の開発を行った。 ^1H -NMR法により脳腫瘍治療時の治療効果、健常組織の障害等の評価に関連した研究を行っている。

このように基礎的技術の開発の目標は達成したが、生体能評価を行うために十分な信号を得るにはなお測定系、すなわちコイル、パルス系列などの改良が必要である。測定系については、特に ^1H -NMR法以外の核種では自作コイルの開発、改良が必要である。画像化や経時測定を効果的に行うために、目的とする機能評価にあつた試薬の選択と生体への適正な投与量の判定を行う必要がある。

[研究発表]

1. 池平、橋本他：第17回日本磁気共鳴医学会、東京、1991、3.
2. 西川、池平他：第17回日本磁気共鳴医学会、東京、1991、3.
3. 西川、池平他：第50回日本医学放射線学会、京都、1991、4.
4. Ikehira, H.: 9th international conference on medical physics, Kyoto, 1991, 5.
5. Ikehira, H., Hashimoto, T., et al.: 10th annual scientific meeting and exhibition, San Francisco, 1991, 8.
6. Nishikawa, S., Ikehira, H., et al.: 10th annual scientific meeting and exhibition, San Francisco, 1991, 8.

4. ヒト遺伝子地図作製に関する基礎技術の開発

①ヒト第11番染色体遺伝子地図作製モデル・システムの開発

(i) 特定染色体領域を含む雑種細胞の分離と遺伝子地図作製への利用

堀 雅明、高橋永一、辻 秀雄、辻さつき（遺伝研究部）、山内正剛（科学技術特別研究員）、関 直彦（客員研究員）

ヒト遺伝子地図の作製（マッピング）はヒト遺伝情報の解読を目指した「ヒト・ゲノム解析プロジェクト」研究の基本となるもので、ゲノム構造の解析に必須の作業である。本研究ではヒト第11番染色体をモデルシステムとして、11番染色体由来のコスミド・クローンを蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション（FISH）法を用いて染色体上にマッピングを行い、詳細な染色体地図を作製するとともに、放射線雑種細胞法および染色体顕微切断法を確立して、11番染色体の特定ゲノム領域の解析を行うことを目的とする。

(1) コスミド染色体地図の作製

高精度R-バンド上に直接マッピングを行うことのできる新しいFISHを用いて、ヒト第11番染色体由来の168個のコスミド・クローン（90 RFLP マーカーを含む）を染色体上にマップした。R-バンド上に座位するクローンが多い傾向がみられたが、11番染色体をカバーするコスミド染色体地図が作製された。クローン間の平均物理的距離は0.77Mb（メガ・ベース、 10^6 塩基対）[168コスミド・クローン（90RFLP マーカー）/130 Mb 染色体]であった。

(2) 放射線雑種細胞法の検討

ヒト18番染色体を1本のみ含むヒト・マウス雑種細胞をテスト材料として80GyのX線照射を行い、染色体DNAを断片化したのち、マウス細胞と細胞融合させて放射線雑種細胞株を分離した。ビオチン標識全DNAをプローブとした染色体ペインディング法を用いて検討したところ、マウス染色体の1ヶ所にのみヒト18番染色体DNA断片が挿入された放射線雑種細胞株を数株確認することができた。今後は11番染色体をモデル・ケースとして特定領域の解析に応用する計画である。

[計画発表]

- (1) Hori, T., Takahashi, E., Tokino, T. and Nakamura, v.: 11th International Workshop on Human Gene Mapping, London, 1991, 8.
- (2) 堀、高橋、時野、山川、中村：第63本遺伝学

会、福岡、1991、8.

- (3) Hori, T., Takahashi, E., Tanigami, A., Tokino, T. and Nakamura, Y. : Genomics, 13, 129-133, (1992)

②ヒト第3番染色体における蛍光 in situ ハイブリダイゼーション (FISH) による高精度染色体地図の作製

高橋永一、辻さつき、七屋雅明 (遺伝研究部)、中村祐輔 (癌研究所)

染色体地図 (細胞遺伝学的地図と遺伝的連鎖地図、本報告では前者を指す) の作製は生命現象の遺伝的研究に欠くことのできない手段であり、遺伝子や染色体の構造と機能を含めた DNA 配列の解析には必須のものである。本“ヒト・ゲノム解析計画”で採択したトップダウン戦略における解析では、染色体由来 DNA マーカーによるマップ距離が 1-5Mb (1-5cM) レベルの染色体地図が要求される。3番染色体には腎がん、肺がん等のがん抑制遺伝子 (antioncogenes) の存在が染色体異常や loss of heterozygosity 解析により知らされている。更に、腎がん細胞における染色体転座 [t(3;8)(p14.2;q14.12-q14.13)] の切断点と fra(3)(p14.2) が一致していることなどから世界的に注目をあびている染色体である。形態的には3番染色体の腕比が1に近いことから直接的マッピング技術は必須である。本報告では、直接的マッピング (direct R-banding fluorescence in situ hybridization, FISH) を用いて3番染色体由来コスミドマーカーをマップした。コスミドクローンに含まれる反復配列はヒト全 DNA により抑制して686クローンのマッピングを試みた。ヒト全 DNA の量はクローンに含まれる反復配列の量に依存して変動する。ダブレットシグナルが10% (10/50細胞×2) 以上のクローンについて局在部位を決めた。366クローン (内142RFLPマーカー) がマップされた。その部位は3番染色体全体に位置するが、R-濃染バンドに集中する傾向が見られた。これはコロニーを選択する際にヒト全 DNA を用いており、Alu 配列を含んだヒト DNA 選択的に回収しているためであり、R-分染標本作製上の技術的問題ではないとこの一連の研究結果から考えられる。3番染色体の大きさは214Mb と見積られている。従って、その平均マップ距離は全クローンで0.58Mb (214/366)、RFLP マーカーでは1.5Mb (214/142) となり、R-濃染バンドに限定すると (214/2, 107Mb)、

各々0.29Mb, 0.75Mbとなり高密度の染色体地図を作製したことになる。このマップデータは YAC クローンやコスミドクローンによる整列クローンの作製のための良いランドマークとなる。更に、このデータを基にして、遺伝的連鎖解析による原因遺伝子の単離が容易になる。このマップでは R-淡染バンドでのマップが欠けており、別の系 (L1 によるコロニーの選択や染色体顕微切断法の導入等) で行う必要がある。また、5Mb レベルでのオーダーリングは可能であったか、それ以下の距離のものについては不可能であり、多色 FISH による interphase mapping や fragile site をランドマークとした解析が有効であろう。

【研究発表】

- (1) Takahashi, E. : 日本人類遺伝学会第36回研究発表会シンポジウム、山口、1991.10.
- (2) 高橋、辻、山内、塩見、鮎沢、瀬野、山川、中村、堀 : 日本遺伝学会第63回研究発表会、福岡、1991.10.
- (3) Takahashi, E., Yamakawa, K., Nakamura, Y. and Hori, T. : 3rd International Workshop for Chromosome 3, Tokyo, 1992. 2.
- (4) 高橋 : 国立遺伝学研究所研究集会発表会、三島、1992. 2.
- (5) Takahashi, E., Yamakawa, K., Nakamura, Y. and Hori, T. : Genomics, 13, 1047-1055 (1992)

5. 糖鎖の構造・機能解析のための共通基盤技術の開発に関する研究

伊古田暢夫 (薬理化学研究部)

糖鎖の生合成、修飾を攪乱する基質アナログや酵素阻害剤のデザインと合成、およびそれら化合物のアフィニティクロマトグラフィなどへの応用や、糖鎖生理機能解析のプロープとするための合成研究を行う。酵素阻害剤の多くは光学活性体として存在するので、キラル化合物として合成する。また二個以上の不斉炭素を有する化合物には光学異性体が存在し、それらの生理作用は異なる場合が多いので、異性体の合成をも同時に行なうことができるような合成戦略をたてる。本研究では (S)-グルタミン酸誘導体を用い、アミノ酸の不斉炭素を利用して三個以上のキラル中心を持つポリヒドロキシインドリジジン類や、その関連化合物を効率良く合成するルートを開発することを検討した。

1- (t-ブトキシカルボニル) -3-フェニルセレノ- (5S) -トリチルオキシメチル-2-ピロリジノンを酸化すると α 、 β -不飽和ラクタムが得られる。一方 γ -ラクタムを一度開環し、6員環にまきなおしてから酸化すると α 、 β -不飽和ラクトンが得られる。これらの化合物をN-メチルモルホリン-N-オキソ存在化、触媒量の O_3O_4 にてシス-ジヒドロキシル化を行なうと、それぞれ立体配置の異なるジオール体が高収率で得られてくる。この化合物を種々のポリヒドロキシアミン類を合成するための chiral building block として利用し、不飽和ラクトンより得られるヒドロキシアミン誘導体から、(2R,3S,4R)-2-ヒドロキシメチル-3,4-ジヒドロキシピロリジン誘導体に導いた。2位のヒドロキシメチル基を酸化後アリル基を立体選択的に導入し、ヒドロボレーションを経てインドリジディン環へ閉環し、 α -マンノシダーゼ阻害作用を有し、抗ガン作用が報告されている (-) -スワインソニンを合成した。

【研究発表】

- (1) Ikota, N.: *Heterocycles*, 32, 521-528, 1991.
- (2) Ikota, N., Yoshino, O. and Koga, K.: *Chem. Pharm. Bull.*, 39, 2201-2207, 1991.
- (3) Ikota, N. and Hanaki, A.: *J. Pharmacobio-Dyn.*, 15, S38, 1992.
- (4) Ikota, N.: *Chem. Pharm. Bull.*, in press.
- (5) Ikota, N.: *Tetrahedron Lett.*, in press.
- (6) 伊古田、花木：第17回反応と合成の進歩シンポジウム 福岡、1991. 11.
- (7) 伊古田、花木：日本薬学会第112年会、福岡、1992. 3.

2. 重点基礎研究

1. 生体防御機構の活性化による放射線防護効果 薬理化学研究部 色田幹雄

組換え体が入手できるようになったので、各種のインターロイキン (IL) やコロニー形成刺激因子 (CSF) の生体作用に関する報告が多数みられるようになった。これらのサイトカインが放射線防護効果をもつことも、いまや多くの人達が認めるところとなった。しかし、特定のサイトカインを一度に大量に投与することは、経費の点で問題があるだけでなく、生体内の他のサイトカインのバランスを崩したり、幹細胞の枯渇化や変異を誘導する恐れがある。そこで、生体内で種々のサ

イトカインの同時的な産生を誘導して、生体自身の放射線抵抗力を高める処置によって放射線防護効果を得ることを目的として、以下の実験を行った。

T細胞の分化を統御するホルモンとされている血清由来胸腺因子 (FCS) ノナペプチドを、化学的方法によって大量に合成した。致死線量のX線を全身照射したマウスに、照射後毎日1回100 μ g のFCSを2週間投与し続けることによって、明らかに生存率を高めることができた (1)。照射の2日前から照射後にわたって毎日注射すると、さらに大きな効果を得ることができた。半致死線量のX線を照射したマウスについても、生存率を高める効果が認められた。FCSの連続投与をしたマウスでは、CSF産生能が高まり好中球の減少が軽減され脾の重量減少も防止されたので、FCSの放射線防護効果は造血器官の早期回復に基づくものであると推定された (2)。

FCSは毒性が無いという点で優れているが、毎日注射しなければならないという不便がある。以下に述べる乳酸桿菌加熱死菌体 (LC 9018) は、1回皮下注射するだけで十分な効果があるという点で優れている。FCSの場合と同様に致死量の被曝をしたマウスにLC 9018を投与すると、明らかに生存率を高めることができた (3)。被曝の2日前に1回投与した場合でも、または被曝の9時間後に1回投与した場合でも、被曝直前または直後に1回投与した場合とほぼ同程度の効果が認められた (4)。

乳酸桿菌は正常のヒトでも消化管内に常在している非病原性の細菌であり、しかも加熱死菌体として皮下投与するので、毒性は極めて低い。LC 9018の投与によって血中のCSF活性が長期間にわたり高いレベルに維持され、血中の白血球や脾および骨髄中の白血球前駆細胞の数の回復が促進されることが証明された。

その他に、緑茶の成分であるカテキンについても長期経口投与により放射線防護効果があることを証明した (5)。

【研究発表】

- (1) Kobayashi, H., Abe, H., Awaya, A., Inano, H. and Shikita, M.: *Experientia*, 46, 484-486, 1990.
- (2) Kobayashi, H., Abe, H., Ueyama, T., Awaya, A. and Shikita, M.: *Radiat. Res.*, 129, 351-356, 1992.
- (3) Nomoto, K., Yokokura, T., Tsuneoka, K.

and Shikita, M. : Radiat. Res., 125, 293–297, 1991.

- (4) Shikita, M., Tsuneoka, K., Ishihara, H., Nomoto, K. and Yokokura, T. : Proc. 9th Int. Congr. Radiat. Res., p.148 (J.D. Chapman et al. eds.) Academic Press, 1991.
- (5) Uchida, S., Ozahi, M., Suzuki, K. and Shikita, M. : Life Sci., 50, 147–152, 1992.

2. ゲノム機能部位におけるクロマチン構造の解析

市村幸子、三田和英、広部知久（生物研究部）、根井 亢（養成訓練部）

遺伝子の母体であるゲノムは均一な構造ではなく各機能部位ごとにヌクレオソーム構造や膜結合状態等のクロマチン構造が異なる。各部位のクロマチン構造の特性を明らかにする事は機能のメカニズムを知る上できわめて重要である。ここでは転写活性、不活性状態にあるカイコフィブロイン遺伝子、ゲノムの安定化に寄与するテロメア部位およびカイコの分散型反復配列 Bm1, Bm2 に注目してヌクレオソーム構造、H1 ヒストンによる高次構造形成、核マトリックスとの相互作用を調べた。

カイコ絹糸腺から細胞核を単離し、マイクロコッカルスクレアーゼおよび DNase 1 で核内のクロマチンをゆるく切断した。切断されたクロマチン断片を初めに溶出してくる S1 分画、低張液処理で溶出する S2 分画、H1 ヒストン除去で溶出する S3 分画、核マトリックスに結合して残る P 分画に分けた。それぞれの分画から DNA を精製して各分画に存在するフィブロイン遺伝子、テロメア、Bm1、Bm2 の量、およびこれらのヌクレオソーム構造をサザンハイブリダイゼーション法で調べた。反復配列 Bm1、Bm2 および転写不活性状態である眠期のフィブロイン遺伝子の溶出パターンは全 DNA のパターンに一致しヌクレオソームラダーも観測されたのに対して、転写活性状態のフィブロイン遺伝子は、P 分画に高濃度に溶出され、またヌクレオソームラダーとは異なるバンドを示した。テロメア部位も P 分画から溶出される割合が高かった。この結果は転写活性及びゲノム安定化機能はクロマチンの核マトリックスとの結合やヌクレオソーム構造によっても制御されている事を示している。S3 分画は H1 ヒストンによって安定な高次構造を形成している部位であるが機能部位との関連は特に見られなかった。

【研究発表】

- (1) Ichimura, S., Mita, K. : J. Mvol. Evol. 35, 123–130, 1992.
- (2) Mita, K., Ichimura, S. and Neno, M. : J. Mol. Evol. 33, 216–225, 1991.
- (3) Hirobe, T. : Development 114, 435–445, 1992.
- (4) Neno, M., Mita, K. and Ichimura, S. : Biochim. Biophys. Acta. 1130, 247–252, 1992.

3. 細胞分裂変異株による哺乳類の染色体分配機構の解析

辻 秀雄、高橋永一、辻さつき、堀 雅明（遺伝研究部）

細胞分裂において、複製された染色体の娘細胞への均等な分配は必須の課題である。染色体の分配は、細胞分裂周期のうち M 期後半におきる紡錘体の脱構築、凝縮した染色体の脱凝縮、核膜形成および細胞質分裂によって行われる。本研究は、チャイニーズ・ハムスター培養細胞から分離した細胞分裂に関する突然変異株（温度感受性変異株、tsTM13）を用いて、染色体分配機構のうち、M 期後半に生じる染色体の脱凝縮と紡錘体の脱構築に関わる遺伝子の機構を解明することを目的とする。

変異株 tsTM13 は、許容温度（33.5℃）では正常な細胞分裂を行うが、非許容温度（39℃）では M 期後半で細胞分裂を停止し、染色体の脱凝縮や紡錘体の脱構築が起こらない。そのため、多くの細胞で染色分体は分離するが、両極へ分配されない。染色体の分配の一部をなす染色体の脱凝縮には、染色体が分配される M 期後半において、ヒストン H1 リン酸化酵素の活性低下と、セリン・スレオニ脱リン酸化酵素の活性上昇が関与していると考えられている。M 期後半で細胞分裂を停止している変異株において、これらの酵素の活性を測定したところ、脱リン酸化酵素の活性は正常であったが、リン酸化酵素は異常に高い活性を維持していた。この結果は、染色体の脱凝縮の欠損とリン酸化酵素の異常活性との間に因果関係があることを示唆する。リン酸化酵素の活性を低下させる阻害剤で M 期停止細胞を処理したところ、リン酸化酵素の活性は低下し、染色体の脱凝縮と紡錘体の脱構築がおこり、核膜形成を伴って細胞は間期核を形成した。この結果は、上記の推定の傍証であるとともに、変異株の変異遺伝子

が染色体の脱凝縮と紡錘体の脱構築のいずれにも関与していることを示唆する。リン酸化酵素遺伝子に突然変異があるか否かをリン酸化酵素遺伝子変異株との細胞融合による相補性検定で調べたところ、リン酸化酵素の構造遺伝子に異常は認められなかった。リン酸化酵素の活性は、活性を制御する遺伝子群によって支配されることから、本来 M 期後半で働くリン酸化酵素の不活性化に関わる遺伝子が、この変異株では遺伝的に変異していると考えられる。

[研究発表]

- (1) Tsuji, H., Matsudo, Y., Ajiro, K., Yasuda, H., Hanaoka, F, Hayashi, A., Utsumi, S., Ohba, Y. and Hori, T. : Exp. Cell Res., 198, 201-213, 1992.
- (2) Ajiro, K., Nishikawa, Y. and Tsuji, H. : Cold Spring Harbor Symposium, 1991, 7. Cold Spring Harbor, U.S.A.
- (3) 辻、網代、安田、林、堀 : 日本遺伝学会第36回大会、福岡、1991, 10.
- (4) 辻、網代、安田、堀 : 日本分子生物学会第14回年会、福岡、1991, 12.

4. 胸腺リンホーマ細胞刺激因子 (TLSF) の精製と遺伝子クローニングに関する研究

鈴木 元、鶴沢玲子、蜂谷みさを、
明石真言 (障害臨床)

放射線誘発胸腺リンホーマ細胞は、胸腺ストローマ細胞と強く接着しながら増殖する。ストローマ細胞が無い培養条件下では、増殖が悪い。初期過程においては、リンホーマ細胞とストローマ細胞の相互作用が、リンホーマ細胞の増殖に重要と思われる。この相互作用は、接着による刺激とストローマが産生する液性因子による刺激に大別できる。私たちは、ストローマが産生する液性因子、胸腺リンホーマ細胞刺激因子 (TLSF) の存在を明らかにしてきた。

IL-1 刺激 PA-6 ストローマ細胞株培養上清 (1% FCS-ASF301 培地) からの TLSF 精製方法を検討した。TLSF は、ヘパリン・セファロースに吸着し、pH 7.5, 20 mM-Tris バッファ / 0.7M NaCl で溶出される。また、レッド A アガロースおよびグリーン A アガロースに吸着し、pH 7.5, 20mM-Tris バッファ / 1M NaCl にて溶出される。等電点は約 6.5 であるため、イオン交換樹脂カラム分離は選択性に欠ける。1.4 M 硫酸アンモニウムで塩析後フェニール・セファ

ロースに吸着させたのち、塩濃度を減じて蛋白質を溶出すると、TLSF は 0.75 M 硫酸ナトリウム液で溶出される。TSK2,000カラムを用いて HPLC ゲル濾過を行うと、TLSF は 1.25 Kd から 1.7 Kd の間に分離される。また、ポア・サイズ 10 Kd のタンジェント・フロー型の限外濾過膜で濃縮すると、一部ろ液に TLSF が漏れてしまい、濃縮効率が悪い。

そこで、選択性の高いヘパリン・セファロースをバッチワイズ法で一段目に使い、カラムから溶出した TLSF 分画を希釈後、連続的にグリーン A カラムにアプライして、TKSF を精製した。さらに、活性分画をヘパリン HPLC カラムで分離すると、5本のピークに分離できた。現在、分離器具のスケールアップを図っており、この5本のピークのうち、どこに TLSF 活性が在るかを決定する。活性ピークを HPLC ゲル濾過、SDS-PAGE でさらに分離精製する。部分アミノ酸配列を決定して、対応するオリゴ DNA プロブを作製して、最終的に IL-1 刺激 PA 6 細胞由来の DNA から TLSFcDNA をクローニングする。

3. 省際基礎研究

1. PET を用いる脳内情報伝達系解析のための基礎研究

館野之男、鈴木和年、井上 修、入江俊章、松本恒也、福田 寛、伊豫雅臣、篠遠 仁、三輪聡一、越村邦夫、渡辺恭良、尾上隆浩、俣賀宣治、藤田一郎、程 康、伊藤高司、田所裕之、小林 薫

本研究は、ヒトやサル脳における神経伝達物質の動態および神経受容体の活性を PET で測定し、シナプスにおける情報伝達系の制御や高次機能との関連を明らかにしようというものである。また同時に PET の基盤技術である標識合成法に関しても、主として高比放射能合成技術の開発及び触媒反応を利用した標識前駆体の固相法による調製の2点について検討を進めた。

神経伝達物質の動態測定に関しては、ドーパミンの前駆体である ^{11}C -DOPA およびセロトニンの前駆体である ^{11}C -5HTP の標識合成に関する検討を行い、 ^{11}C -DOPA については放射化学的純度98%以上の条件下で単離精製ができた。現在収量の向上を目指した基礎検討を進めている。

また、 ^{11}C -DOOA のサル線条体における動態からドーパミンの放出量を推定することを目的と

した解析法の検討も併せて行った。

他の重要な伝達物質であるアセチルコリン動態測定に関しては、その分解酵素であるアセチルコリンエステラーゼ Ach E の活性を測定するための代謝変換型トレーサとして N-メチルピペリジルエステル類について酵素に対する選択性、代謝速度およびインビボにおける放射能動態と Ach E 活性との対応について検討した。

一方、受容体活性の測定に関しては、ドーパミンレセプター、アセチルコリンレセプター、ベンゾジアゼピンレセプターについて、それぞれいくつかの標識リガンドに関してその結合特性をインビトロ、インビボ双方の系で比較した。

その結果、種々の条件下でインビボ固有の現象としてレセプターの結合活性が変化することが明らかになり、その機序としてリガンドレセプターの結合-解離速度に影響を与えている環境因子（拡散障壁を含む）が、変化しているものと推定された。またベンゾジアゼピンレセプター、アセチルコリンレセプターについては、それぞれ ^{14}C -Ro15-4513、 ^{14}C -NMPB の前臨床段階での有用性の評価を行った後正常ボランティアにおける脳内動態を測定した。特に、 ^{14}C -Ro15-4513 は ^{14}C -Ro15-1788 と比較して前頭葉、海馬に高い結合活性を示した。

サルを用いて基礎検討を行った結果、 ^{14}C -Ro15-4513 のインビボ結合には少なくとも高親和性と低親和性の2つの結合サイトが存在することが明らかになった。PET による脳機能の解明にはサル等の高等動物を用いた実験が必要不可欠であると考えられるが、今回サルを無麻酔下で測定できるシステムを確立した。また、高比放射能標識化合物の合成技術に関しては、カルシウム拮抗薬である NKY-722 を対象した、合成研究及び ^{14}C -二酸化窒素から直接 ^{14}C -メタノールを合成するための触媒の選択、反応システムの設計を行った。

2. 活性酸素に対する新しい生体内防御物質に関する研究

佐藤弘毅、小木曾洋一、湯川修身、伊古田暢夫、小沢俊彦、森明充興、山口 寛、寺尾純二（食品総合研究所）、宮田直樹（国立衛生試験所）、長野哲雄（東京大学）、米井脩治（京都大学）、石井直明（東海大学）、内海英雄（昭和大学）、大柳喜彦（藤沢薬品開発研究所）、

吉川敏一（京都府立医科大学）、

A.Mozumder（米国、ノートルダム大学）

活性酸素は各種の疾患に関与していることが報告されており、その防御研究は重要である。まず活性酸素の化学的生成については、最も活性の高いヒドロキシルラジカルの生成が過酸化水素と銅錯体によって起こることを明らかにした。生物的生成については、肺胞、腹腔、肝臓、骨髄などのマクロファージが産生する活性酸素を測定しているが、組織によって産生能が不均一であることを示した。活性酸素による損傷を測定するために、細胞を低融点寒天に浮遊させ、薄膜状に包埋した後、SDS 処理して電気泳動を行うことで個々の細胞における DNA 鎖切断を定量する系を確立した。活性酸素消去能をもつと考えられる3種の新しい物質を化学合成した。大腸菌から活性酸素防御に関係する新しい遺伝子 *mvrA* および *mvrC* を単離した。*MvrA* 蛋白質の大量生産系を確立したので、この系を用いて蛋白質の精製に取り掛かる。*mvrC* は膜透過に関与することを明らかにした。活性酸素によって合成が誘導される8種類の遺伝子群を分離した。線虫についても活性酸素に対する防御に関与する3種類の遺伝子を同定した。動物の組織中に存在する脂質過酸化を抑制する成分を分画すると、強い活性酸素消去能をもつ塩基性蛋白質と低分子の3種類の消去物質を見出した。その中の1種はグルタチオンであったが、他の物質については研究中であるが、新しい活性酸素防御蛋白質の可能性が示された。活性酸素の生成量と生物障害に関する量・効果関係の理論的解明を目指して、放射線による生成する活性酸素の収量を推定する現象論モデルを開発した。このモデルは実験値をほぼ説明できる。

【研究発表】

1. Ozawa, T. et al. : *Biochem. Int.*, **24**, 661-667, 1991.
2. Morimyo, M. et al. : *Nucl. Acids., Res.*, (in press) .
3. Yukawa, O. et al. : 9th Int. Congress on Radiation Research, Toronto, 1991, 7.
4. Yoshikawa, T. et al. : *J. Clin. Biochem. Nutr.*, **11**, 161-169, 1991.
5. Yamaguchi, H. : Int. Conference on Evolution in Beam Applications, Takasaki, 1991. 11.
6. Ikota, N. : *Heterocycles*, **32**, 521-528, 1991.

7. Fukuhara, K., Miyata, N. : *Mutation Res.*, 263, 27-32, 1991.
8. Miura, Y., Utsumi, H. et al. : *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 182, 1108-1114, 1992.
9. 小木曾、山田 : 日本免疫学会、熊本、1991, 11.
10. 石井ほか : 日本分子生物学会、福岡、1991, 12.
11. 米井ほか : 日本放射線影響学会、東京、1991, 10.

4. 個別重要国際共同研究

1. 低線量放射線発がんの病理学的研究

大津裕司 (生理病理部)

速中性子線により生物にもたらされる晩発影響である発がん作用は γ 線より効果が大きく、また低線量域における発がん効果はより一層大きいのではないかと予測されている。放医研において、私共は van de Graaff からの平均エネルギー 2 MeV の速中性子線と医療用サイクロトロンからの平均エネルギー 13 MeV 速中性子線を用いてその発がんの効果を検索し、Cs-137 からの γ 線を用いた発がん実験の結果との比較検討を続けてきた。同じく、イタリア、ENEA・カサチア中央研究所でも RSV-TAPIRO 原子炉からの平均エネルギー 0.4 MeV~6 MeV の中性子線による発がん実験を行ない、X線の発がん実験との比較検討を行なってきた。最近では低線量、低線量率におけるリスク評価を目指して実験が続けられている。私共も 1、2、3 Gy の高い線量域の結果を踏まえ、0.125、0.25、0.5 Gy と低線量域の実験を行なっている。

発がん実験における病理組織学の役割は大きく二つであると考えられる。一つは発生した腫瘍が如何なるタイプの腫瘍であるかの同定であり、もう一つはその腫瘍が如何なる組織から発生してきた

か、組織発生をつきとめることである。このことは、生体組織内で放射線の作用する標的細胞を同定することにも関連している。以上の考えに基づいて、今回、カサチア中央研究所の病理研究室のコベリ博士のもとで、照射実験において発生した腫瘍の病理組織標本について腫瘍の特質を観察した。

結論的にはX線や中性子線によって誘発される腫瘍には組織のタイプ、すなわち、細胞構築的には差異はなく、その発生頻度のみが線質の影響を受けて異なり、発生した腫瘍の種類は使用したマウスの系統により多少異なってくるが、大体は同じ傾向を示すことを確認しあった。カサチア中央研究所では BC 3F1 と CBA/Cne マウスが専ら用いられており、私共は C57BL/6J や A/He を使ってきた。

主として発生してきた腫瘍は造血系では悪性リンパ腫(B細胞タイプ)と骨髄性白血病であった。上皮性腫瘍では肝細胞性の肝腫瘍と、肺胞上皮細胞性の肺腫瘍とが有意に高い発生としてみられた。その他、皮下組織などの軟部組織には繊維肉腫、そして骨には骨肉腫などが線量との比例関係はなく散発性の発生として認められた。そして骨髄性白血病では骨髄芽球性白血病の像を呈していた。その白血病細胞の増殖は脾臓に高度で、骨髄では部分的にのみ増殖し、正常の造血機能が抑制されていた。

次にこれらの組織所見をもとに低線量域における低い発生率の腫瘍の統計処理の方法として、長期観察における発がんの頻度を統計学的に処理する Pete 等の方法が有用であるとの教示を受けた。

現在これまでの成果に基づいて、私共の低線量域での高エネルギー速中性子線による誘発性腫瘍の発生について総括を急いでいる。

今後とも両研究所間で放射線発がんなどの研究交流が行なわれることが有用と思われる。

(10) 国際研究協力

1. 放射性核種の胎児移行に関する研究

稲葉次郎、高橋千太郎（内部被ばく研究部）、西村義一、武田 洋（環境衛生研究部）

チェルノブイリ事故なども契機となって、近年、放射線防護も公衆の構成員を対象としたものが関心を集めている。IAEA では放射性物質の摂取に伴う内部被曝に関連して、公衆のための放射性核種単位摂取量当りの実効線量と等価線量、いわゆる体内被曝線量係数を検討することを目的とした共同研究計画を発足させた。検討の結果はICRP が将来出版すると考えられる公衆のための年摂取限度に役立つものと考えられる。

公衆被曝を考えると重要なポイントは、それが胎児を含む種々の年齢層に依って構成されていることである。一般に胎児期は放射線感受性が高いと考えられており、また、妊婦が放射性核種を摂取したとき胚あるいは胎児がどの程度の線量を受けるかに関しても精度の高い情報がないと考えられる。したがって、本研究では標記テーマにより、胎児の線量算定の精度向上を目的として放射性核種の妊娠母体での挙動ならびに胎児移行に関する知見を集積し、よって上記 IAEA の共同研究計画の一部を分担する。

本年度は体内移行性の低い核種の胎児移行の様相を投与経路との関連で観察した。すなわち、塩化セリウムを妊娠ラットに経口投与あるいは静脈内投与し、体内分布を観察した結果、母体濃度に対する胎児濃度の比は経口投与後の方が静脈内投与後よりも高いことを認めた。アメリシウムのクエン酸塩を妊娠ラットに経口投与あるいは静脈内投与したところ母体濃度に対する胎児濃度の比は経口投与後も静脈内投与後も大差がなかった。投与経路による体内分布の違いは投与時の放射性物質の化学形により異なり、クエン酸塩の場合には経路の違いに特別配慮する必要のないことが明らかとなった。また、トリチウムおよび¹⁴C有機化合物の胎児移行、器官形成期のラットの胚の全胚培養による放射性物質の移行などの研究も進展した。さらに、胎児線量計算のためのシナリオと種々

の因子に関する検討の世界的流れを文献的にサーベイした。

本年度中に IAEA の計画調査会議を開催することが予定されていたが財政事情のため来年度に延期された。

[研究発表]

- (1) Inaba, J., Nishimura, Y., Takeda, H., Takahashi, S.: CEC-EULEP Workshop on Age-Dependent Factors, Schloss Elmau (Germany), 1991. 11.

2. 標準アジア人データの整備に関する共同研究

河村日佐男、白石久二雄（環境放射生態学研究部）、田中義一郎*（*標準アジア人研究センター）、小柳 卓**（**環境科学研）

被曝線量評価の基本的なモデルである標準人を念頭におき、日本人を含むアジア人の人体特性に関するデータおよび放射性核種の摂取源でもある食品・栄養素の摂取量等に関するデータの収約・管理を通じて、標準アジア人の設定に資することを目的としている。

RCA 諸国での放射線防護の基盤強化の一環として、共同研究計画「標準アジア人のための身体的（解剖学的）、生理的ならびに代謝的特性の集成」が1989年から5ヶ年計画が進行中である。本年度は、本研究開始後初回の研究調整会合がインドのバーバ原子力研究センター（ボンベイ市郊外）で開催され、参加している11ヶ国のうち7ヶ国および IAEA が集まり、進捗状況の報告と計画の一部見直しを含めて討議を行った。特筆すべきことは、ICRP 標準アジア人改定タスクグループからの代表がオブザーバーとして出席し、現在進行中の改定作業の一部を紹介するとともに、IAEA と ICRP の相互協力の一端を実施したことである。

計画の変更点としては、新たに呼吸量および水摂取量が調査研究項目に加えられた。中緯度地帯の ICRP 標準人に対して、アジア諸国の中でも低緯度地帯に居住する南アジア人の特性を強調しようとするものである。各国の体格（数カ国からは

器官重量も)、食品および元素摂取量に加えて肺機能、基礎代謝量、血圧などにいたるかなりの量のデータが提出されたが、あとの2項目は種々の理由から採用されなかった。本共同計画は成功しつつあると言える。ただ、データの質よりも量についての議論が多い印象を受け、また、達成率は、当然のことながら国により異なる。本年度は、作業資料が参加国に配列され、また、統計ソフトがIAEAにより開発中である。今後は、なおデータ

の少ない食品・栄養素摂取を重点に調査研究が続行される。

運営について、会合の毎年開催と研究資金の増額が要望されたが、IAEAのCRP実施上の制約のもとでは困難であることが確認された。体格等に関するデータが、日、中、印を中心に出てきたため、小規模な会合で構想をまとめようとする意見と、あくまでも全体会合でまとめるべきだとの意見があり、結論は見送られた。

(11) 官民特定共同研究

1. 小核の自動検定システムの開発に関する研究

山本幹男、村山秀雄（物理研究部）、山田武（生物研究部）、古瀬健、吉田和子（生理病理研究部）、早田勇、古川章（障害基礎研究部）、大山ハルミ（障害臨床研究部）

小核は、赤血球などの内に1～数個の丸い小物体として観察される、異常な細胞核断片のことである。

小核検定は、放射線や化学物質などの突然変異原による染色体異常や紡錘糸の障害に起因して誘発される細胞損傷の有無をみる試験法である。小核検定は近年薬剤などの毒性試験の検定法として義務付けられ、広く利用されている。しかし、人が顕微鏡下で細胞一つ一つを判定しカウントしなければならず、人手がかかるため、その自動化の社会的ニーズが高かった。

多くの分野において自動化が進行している中で、人が眼で観察し判断することを自動化する画像認識の分野、とりわけ、生物体のように形状のあいまいな対象に対しては必要が高いにもかかわらず、コンピュータが最も苦手な分野であるために、著しく研究開発が遅れているのが現状である。

本研究では、小核の自動検定システムを開発することを目的として、(株)オムロンライフサイエンス研究所と共同で平成元年より3年間以下の研究を行い、MICRONUCLEUS ANALYZER（小核自動検定装置）の開発に成功した。

本研究の成果は、以下の項目にまとめられる。

イ) 小核検定自動化に適す標本の作製法の研究。

自動認識に妨害となる有核血球の除去法、ならびに、自動フォーカスを可能とする標本スライド上での血球分布を実現する塗抹条件を確立した。本法では、特別な技術を要さずに、容易に安定した標本作製でき、特許出願した。

ロ) 光学顕微鏡ビデオシステムの高解像力化の研究。

光学顕微鏡の最高解像力は、使用波長と対物レンズの開口径率(1.4)より、理論的には $0.24\mu\text{m}$

と求められた。顕微鏡にハイビジョンビデオカメラシステムを取付けた高解像力画像取込みシステムを構築し、実際にはどこまで解像出来るかを実験した結果、理論値に近い $0.25\mu\text{m}$ が解像出来ていることを実証でき、小核のように小さい物体には特に有効であることが示された。

ハ) システム化に関する研究。

小核用に $0.1\mu\text{m}$ と精密な顕微鏡自動焦点合せ機構を考案し、特許出願した。

試作した小核の自動検定装置は次の機構を有す。合計300枚のスライドガラスをセットでき、自動的に油浸をし、専用の自動顕微鏡下に送り出す。スライドガラス上を順次2次元スキャンしながら、前記の自動焦点法で、3原色それぞれの画像を撮像する。これらを専用のハードウェアプロセッサならびにソフトウェアにより分析し、自動分類する。

ニ) 自動認識に関する研究。

3原色それぞれで撮影された画像を基にして、ラットの末血赤血球中の小核に関し、5つの分類にパターン認識で分け、自動計数する手法を開発した。これら5分類の典型的な赤血球6000個以上に関するテストでは、目視による分類と自動による分類の一致率が良好であることを確認した。

【研究発表】

- (1) Yamamoto, M., Hayata, I., Yamada, T., Katoh, Y., Utsunomiya, S. and Inoue, M. : World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Kyoto, 1991. 7.
- (2) Yamamoto, M., Hayata, I., Katoh, Y., Utsunomiya, S., Inoue, M., Yamada, T., Furuse, T. and Murayama, H. : 10th JAMIT Annual Meeting, Tokyo, 1991. 7.
- (3) Yamamoto, M., Hayata, I., Yamada, T., Katoh, Y., Utsunomiya, S. and Inoue, M. : Medical & Biological Engineering & Computing, 29, Suppl. Part 1, 224, 1991.
- (4) Yamamoto, M., Hayata, I., Katoh, Y., Utsunomiya, S., Inoue, M., Yamada, T.,

Furuse, T. and Murayama, H. : Med.
Imag. Tech., 9, 323-324, 1991.

- (5) 早田, 松岡 : 染色体学会1991年度年会,
長崎, 1991. 10.
- (6) 山本, 早田, 古川, 山田, 大山, 宇都宮,
井上, 加藤 : 日医放第63回物理部会大会,
横浜, 1992. 4.
- (7) 山本, 早田, 大山, 他 : 官民特定共同研究成
果報告書
- (8) 山本, 早田, 加藤, 宇都宮 : (特許出願)
- (9) 井上, 加藤, 早田, 山本 : (特許出願)

(12) 電源多様化技術開発評価費による評価試験

1. アルファ廃棄物処理処分対策技術に関する評価

村松康行、内田滋夫、吉田 聡、
中島敏行（環放生部）

本研究では、我国の代表的な土壌や性質の異なる種々の土壌を用いて、放射性核種（主としてアルファ核種及び¹³⁷Cs）の吸着、土壌中での移動、および、それらにおよぼす微生物の影響を検討する。また、環境から人間への移行の中で特に重要な、土壌－農作物－人体経路に関する我国独自のデータを得ることを目的とする。本年度は、5ヶ年計画の初年度（2年度を含む）にあり、基礎的な事柄を中心に調査研究をおこなった。

土壌試料として採取地や種類がはっきりと分かったものが必要であるため日本各地から各種の土壌(90試料)を集めた。それらの土壌のうち、30試料については、化学分析を完了し、pH、CEC（陽イオン交換容量）、AEC（陰イオン交換容量）、アンモニア化成量、置換性 K₂O と CaO、活性 Al と Fe、および、Al、Fe、Ca、K、C、N、についてのデータを得た。また、イオンクロマトグラフィで土壌溶液中に存在する種々なイオンを分析した。これらのデータは、アルファ核種の土壌への吸着を考える上での基礎データとなる。放射性核種の土壌中での挙動に影響を及ぼす可能性のある微生物は、存在量が多い点から考えると、主に①細菌、②糸状菌、③放射

菌の3種類であろうと推定される。東海村で採取した黒ボク土2試料について実際に測定したところ、細菌数は両者とも 5×10^6 程度、放射菌数は両者で差があり 9×10^4 と 2.9×10^6 、糸状菌数は両者とも $2 \sim 3 \times 10^4$ 程度であった。滅菌処理の効果を見ると、オートクレーブ処理（121℃、30分）及びガンマ線照射（25kGy）をした土壌試料では、3種類の微生物とも検出されなかった。

土壌への核種の吸着及び土壌中での移行については、プルトニウムと化学的挙動が比較的似ている放射性セリウム（Ce-141）及び比較のため放射性セシウム（Cs-137）を用い、パッチ実験により土壌溶液間の分配係数（Kd）を求めた。その結果、Ceの分配係数は、水田土壌で2300～58000（平均12300）、畑土壌で1500～23000（平均8700）と水田土壌のほうが大きい値を示した。一方、Csの分配係数は、水田土壌で260～6100（平均2600）、畑土壌で1100～7300（平均4300）とCeとは逆に畑土壌のほうが高い傾向にあった。CeおよびCsの分配係数と土壌の化学成分との関係を調べた結果、CeはCECと比較的高い相関を示した。Csでは、土壌溶液中のK濃度とCsの分配係数は逆相関する傾向にあった。植物への移行については、ワグネルポットを用い、水稻の予備栽培を行い、栽培条件に関する基礎的なノウハウを得た。

Ⅲ 技術支援

1. 概況

技術部においては各課が連携を保ちつつ所定の諸業務を実施し、技術支援を行った。

施設関係業務では、各棟の円滑な運用を図るため、給電・冷暖房設備等の運転及び保守に努めた。また、3年度は老朽化が甚だしいX線棟の空調設備及び電気設備の一部改修工事を行った。

共同実験施設関係業務では、分離用超遠心機、低バックグラウンドβ線スペクトロメータを更新した他、第1研究棟分光機器室の恒温恒湿装置、晩発障害実験棟低温実験装置の更新・整備等を行うなど機器及び各実験室の効率の利用を図った。

X線棟の北側半分について空調設備と電気設備の改修工事を実施した。

照射関係業務では、第1ガンマ線棟の⁶⁰Co-111TBqガンマ線照射装置に無停電装置を取付け照射実験の安全確保と性能向上を図った。また、ソフテックスCS-70の更新としてソフテックスM-70WE特型軟X線装置を購入した。バンデグラフ型加速器については本年もメーカー(米国)提携会社によるオーバーホールを行った。

内部被ばく実験施設関係業務では、前年度に引き続き各施設は24時間フル稼働運転を継続した。また、各係においては研究の進展にとめない原子炉等規制法に基づく保安規定に係わる安全作業基準及び作業マニュアル等に従って作業を実施した。

データ処理業務では、東芝製AS-4470GXを中心とする分散型システムの運用環境の整備を行うと共に従来のACOS-650による開発プログラム及び関連データの変換を完了した。さらにローカルエリアネットワーク(LAN)の幹線工事を行った。

放射線安全管理業務では、放射線障害防止法に基づく各種申請、放射線の安全取扱いに関する管理、個人被ばく管理、健康管理、教育訓練及び放射性廃棄物処理等の諸業務を遂行した。内部被ばく実験棟においては、平成元年度から開始されたプルトニウム投与実験が今年度も引続き実施された。また、来年度は、早々に第1回目のビーグル犬へのプルトニウム吸入実験を開始する計画もあ

り、その安全管理を含め、保安規定に基づく核燃料物質等の使用に関する安全対策の周知徹底を図った。

一方、近年の研究内容の進展等に伴い、使用不要となったRI温室管理区域を廃止した。

動植物管理業務では、各種実験動物の生産、供給及び動物施設の円滑な運用に努めると共に、動物施設の衛生管理の向上を図った。また、実験動物系統維持の効率化のため、本年度も積極的にマウス受精卵の凍結保存を推進した。

なお、実験動物生産・観察棟(仮称)の建設について、関係部課と共に基本設計に積極的に関与した。

サイクロトロン関係業務では、サイクロトロンの運用並びにアイソトープ生産業務等の円滑な管理運営に努めた。また、装置本体及び関連設備の整備、更新を積極的に行うと共に、運転及び生産体制の充実に努めた。

本体関係では、本年度も装置は概ね順調に稼働し、マシンタイムはほぼ予定通り消化することができた。

マシンタイムの配分については、9月より12月までの間、1週に5回治療照射する中性子線治療トライアルが実施されたのに伴い、大幅に変更された。これにより時間外の夜間運転が行われることになったため、運転管理体制の確保に努めた。

老朽化対策としては、3年計画で実行してきた冷却系の更新を完了させ、流量計、調整弁等の部品を置き換えした。電源関係では、トリムコイル予備電源を設置し、故障時には直ちに対応できるようにした。また、真空系では主真空系にクライオポンプを加えた。現在使用中のターボ分子ポンプと共用することにより排気能力の強化、信頼性の向上を図った。

運転面では、陽子線治療は70MeVの陽子線で行われてきたが、73MeVの陽子線治療も併せて実施された。また、サイクロトロン本体中心部近傍にシャッターを設けた。このシャッターを使用することにより、本体及び輸送ダクト等の放射化の減少、運転要員の被ばくの低減化に大いに役

立った。

付帯設備では、空調設備等の老朽化対策として、天井クレーンの修理、調整及び冷却塔（CT-1）の更新等を行った。

装置等の性能向上に係る研究業務では、昨年度末に据え付けが完了した垂直入射系によるビーム加速テストを実施した。外部イオン源からのイオンをサイクロトロン中心部に注入する運転パラメータを確立すると共に、このイオンを加速してサイクロトロンからビームを取出すことに成功した。更に調整運転を続け加速効率の向上に努めた。

RI生産業務では、短寿命放射薬剤を製造し、核医学診断・研究用として関連研究部へ定期的に提供した。設備面では、ホットラボ2室体制の効率的な運用を図った。

液体クロマトグラフ質量分析計を用いて原材料

並びに製品の品質管理の向上に努めた。また、自動調剤装置と自動洗浄装置も設置した。これにより作業員の放射線被ばくの低減化と、装置の自動化による業務の円滑な運用を進めた。

RI生産等研究業務では、高品質放射薬剤の効率的な生産法の確立、並びに放射線被ばく低減のための機器開発を行った。

特に乾燥 $^{11}\text{CH}_3\text{OH}$ 製造法を確立し、それを反応前駆体として ^{11}C 標識NKY-722の自動合成に成功した。

また、作業員の放射線被ばく低減のため、小型ロータリエバポレータ、四連ピンチバルブ、逆流防止機能付フラスコを試作し、それらを組合せて自動調剤装置の開発に成功した。

関連業務関係では、ポジトロン棟の施設整備を行った。

2. 技術業務

2-1 施設関係

変電、ボイラ及び空調の各施設は、おおむね順調に稼働した。

受電関係では、契約電力を前年の 4300KWH から、4600KWH に増加した。実際の最大月間需要電力は、平成 3 年 8 月に最高 4590KWH を記録し、最低は 3 年 4 月の 3180KWH であった。年間総使用量に対する主要施設ごとの使用割合は、内部被ばく実験棟 44%、サイクロトロン棟（冷却水循環施設含む。）13%、晩発障害実験棟 9% であり、3 施設の合計は所内の使用電力の 66% 余りを占めている。

空調設備関係では、年次計画に基づき、平成 3 年 8 月から平成 4 年 3 月にかけて X 線棟の空調設備及び電気設備の一部改修工事が実施された。

晩発障害実験棟ターボ冷凍機（No.1）及び実験観察棟冷凍機は、長い期間の運転を考慮し消耗部品の交換を含めオーバーホールを行った。

3 年度における物品の工作物の申込みは、木工関係で 31 件、金工関係で 57 件、合計 88 件が各部からあり、所定の工作を行った。

2-2 共同実験施設

(1) 共同実験用機器では、分離用超遠心機（ベックマン社製 optima L-60）、低バックグラウンド β 線スペクトロメータ（富士電機製 F-1 型）の他、超低温槽、純水製造装置及び製氷機 2 台を更新した。これらの共同実験用機器は、多くの研究分野において、今後とも広く活用されることが期待される。

また、その他の共同実験用機器についても、前年度同様活発な使用がみられた。主要な機器の使用状況を表 1 に示した。

(2) 共同実験施設及び機器の運用面では、前年度に引続き 3 年度も次のような技術業務を実施した。

表 1 平成 3 年度 共同実験室主要機器使用状況

機 種 名	台数	使 用 研 究 部	使用件数	使用時間
分光光度計	各種	薬理化学、生物、環境衛生、障害臨床、病院、技術課	318	562
核磁気共鳴装置	1	薬理化学	140	583
液体シンチレーションカウンタ	3	薬理化学、生物、遺伝、環境衛生、障害臨床、技術課	190	1545
放射線計数装置	各種	物理、薬理化学、生物、環境衛生、臨床、技術課	154	823
遠心機	各種	薬理化学、生物、遺伝、障害臨床、養成訓練、病院、技術課	420	2844
電子スピン共鳴装置	1	薬理化学	46	246
ヒューマン・カウンタ	1	企画課、障害臨床、総括安全解析、養成訓練、技術課、放射線安全課	74	518
DNA塩基配列決定装置	1	生物、遺伝、養成訓練、技術課	38	531
元素分析装置	1	薬理化学	10	212
組換えDNA実験施設		薬理化学、障害臨床	181	1011

- ① 研究棟関係については、機器の効率的利用を図るため、超遠心機のオーバーホールを行うなど機器及び各測定室の整備に努めた。
- ② 組換え DNA 実験施設関係については、第1研究棟組換え DNA 第1実験室及び RI 棟組換え DNA 実験室の安全キャビネットの定期点検を行った。
- ③ その他、第1研究棟分光機器室の恒温恒湿装置、晩発障害実験棟低温実験装置の更新等を行った。

2-3 照射棟

- (1) X線棟；X線棟改修工事のため10月から平成4年3月まで標準線源室（標準線源遠隔操作装置（ $^{241}\text{Am}-185\text{GBq}$, $^{226}\text{Ra}-3.65\text{GBq}$, $^{137}\text{Cs}-370\text{MBq}$ ）及びスタンド型照射装置（ $^{60}\text{Co}-1.85\text{TBq}$, $^{137}\text{Cs}-3.7\text{TBq}$ ）と第1～第4照射室（KXO-12型・信愛-5号）が使用停止となった。使用頻度の高い信愛-7号は、第5照射室に移設し既設の軟X線装置2台と併設使用した。同時には使用できないため時間調整に苦労したが、装置は順調に稼働した。信愛-5号は、前年度同様、電圧・電流調整回路、リレー、スイッチ類の老朽化等による故障が頻発し、部品調達難から修理に日数がかかりしばしば研究に支障をきたした。故障が多くなったソフテックスCS-70はソフテックスM-70WE特型に更新した。

メーカーの製造中止により更新することができなかった信愛号の代替機種を選定すべく、共同実験施設運営委員会のもとに照射機器ワーキンググループを設置し作業に取り組んだ結果、信愛号のX線管を使用して従来の機種とほぼ同等の機種ができることとなった。

X線装置は、TLD線量計等の校正、医療被ばく線量測定、スタディミーティング実習等の物理実験、マウス・ラット・メダカ・マウス受精卵・培養細胞・血液・イースト等の生物照射及びマウス・ラットの撮影に使用された。RI棟のシールド型X線装置（信愛-8号）は、順調に稼働し培養細胞の照射に使用された。

改修工事前の上半期、標準線源室の2台の照射装置はほぼ順調に稼働し、培養細胞・メダカ卵等の連続照射及びTLD線量計等の校正に使用された。

- (2) 第一ガンマ線棟；第1照射室の回転シャッター式 $^{60}\text{Co}-111\text{TBq}$ ガンマ線照射装置には、停電

時の照射継続と安全確保をはかるため無停電装置を導入した。イースト・細胞構成物質等の大線量照射とともに細胞・ラット等の照射実験に使用された。

第2照射室の ^{137}Cs 吊上式ガンマ線照射装置（370GBq）はほぼ順調に稼働し、マウス・メダカ卵・細胞等の長期低線量率連続照射実験に使用された。

- (3) 中性子線棟； $^{226}\text{Ra}-\text{Be}$ 37GBq, $^{241}\text{Am}-\text{Be}$ 185GBqは、線量校正用の中性子線源として使用された。

- (4) バンデグラフ；本装置は加速条件等の変更が容易に行える装置として設置以来30年の長期にわたり使用されている。

この間メーカーにおいて改良が行われ、保守用部品は現在のところまだ供給されているものの装置本来の純正部品は年々少なくなっておりそのほとんどが代替部品である。このため保守点検時に部品の交換と老朽化により長時間を要する事が多くなってきた。このために年度末にメーカー(米国)と技術提携している日新ハイボルテージ(NHV)社においてオーバーホールを行なった。

利用面については主として陽子線はPIXE（荷電粒子励起による微量元素のX線解析）およびイーストの照射、中性子線においてはSPFマウス等の生物照射と線量測定に使用された。使用している部課は、8部課に及んだ。

なお、昨年1月にオーバーホールを行っているため、今年度は順調に稼働し使用時間も順調に伸びてきており平年を100時間上回り、年間の稼働時間は671時間でありその割合は陽子線が88%で中性子線が12%であった。

X線装置、密封線源照射装置、バンデグラフ型加速器の使用状況は表2のとおりである。

- (5) 線量管理；照射業務の一環として、アイオネクス線量計（標準線量計）及び広領域線量計（準標準線量計）の標準線源による安定性試験を定期的実施し、精度の維持管理に努めた。また、X線照射のモニタとして使用しているAE-1320型線量計、AE-1321型線量計、RI棟のA-1142型線量計、コンデンサRメータその他の線量計の校正試験及びX線装置の出力試験を定期的実施し、照射実験の精度の向上に努めた。

- (6) 液体窒素；液体窒素貯留槽については年2回の定期保守点検および日常巡回点検を行って

るため、保守管理面では概ね順調に稼働した。貯留槽の錆の発生に対処するため塗装を行った。液体窒素は主に、半導体検出器の冷却、細胞組織等の凍結保存に使用された。使用量は年々増加の傾向にあり、本年度の受け入れ回数41回、受け入れ量32,616kg、使用量16,781kg、使用している部課は15に及んだ。

(7) その他；特研班の要請により、晩発棟X線装置（信愛-6号）のモニタ校正を定期的を実施するほか、照射実験の技術指導、保守管理に關する技術援助を行なった。

表2 平成3年度照射装置使用状況

装 置 名	使用件数	使用時間
KXO-12型X線装置 *	5	20.4
信愛-250型 " (7号)	420	370.8
" " (5号)*	193	175.5
" " (RI棟)	172	173.4
CS-70型軟X線装置	167	168.9
EMB型 "	19	6.2
X線装置(計)	976	915.2
バンデグラフ型加速器	206	671
標準線源遠隔操作装置 *	2	6.5
スタンド型γ線照射装置 *	16	187.4
⁶⁰ Co-111TBq" (第1γ線棟-1)	164	1,200.3
¹³⁷ Cs-370GBq" (" -2)	# 66	# 8,780.0
Ra-Be-37GBq 中性子線照射装置	2	1.3
密封線源照射装置(計)	184	1,395.5
合 計	1,366	2,981.7

* 印は改修工事のため下半期使用停止の装置

印は連続照射のため使用件数、使用時間数の合計から除いた。

2-4 内部被ばく実験施設管理業務

(1) 施設管理

全棟の各設備は、3年度もフル稼働運転を行った。プルトニウム使用に伴い、原子炉等規制法に基づく保安規定に定められた給排気設備、非常用発電機、無停電電源装置、通報連絡設備の自主検査を実施すると共に自動制御設備、中央監視盤等の各種点検を実施し、施設・設備の保全を図った。

また、スクラバー設備にpH自動装置を設け、洗浄水を自動中和しながら給水することにより、地下排水プラントへ一定量連続して排水することとした。これにより、作業の簡素化を

図ると共にプラントへのpH値の影響をなくした。スクリュウヒートポンプの圧力計器等にITV監視システムを設け常時中央管理室で監視することにより、スクリュウヒートポンプの円滑な運転と異常事態に対処するよう改善した。全熱交換器(AHE-41、42)の外気取入れダクトに全熱交換器を通さないバイパスを設けた。これにより点検作業時に塵埃等を全熱交換器のエレメントに侵入することを防止すると共に、各室における負圧バランスを安定に維持する改善を行った。3Fサル検疫室に温湿度センサーを設け、これを中央監視盤に連絡することにより室内環境を常時監視し、実験動物の適切な環境条件の維持を図った。

老朽化対策として蒸気ボイラーの修理、プリー・ベアリングの交換、スクリュウヒートポンプ(R-3)のオーバーホール、全熱交換器エレメントの交換及び屋上配管・冷却塔架台等の塗装を行った。

(2) 中型動物管理

プルトニウム投与実験の進展に伴って、次のような実験動物に対し飼育管理および技術援助を行った。今年度は6回のラットへのプルトニウム吸入曝露実験によって120匹が追加され、グローブボックス型小動物用飼育装置を用いて長期飼育が開始された。プルトニウムの静脈投与は新たにラット290匹に実施され、その一部と前年度分をあわせた100匹のラットとマウス120匹の長期飼育が行われた。

犬へのプルトニウム吸入実験実施を目的とした技術援助、訓練、安全性確認作業を3回、テクネチウムを用いた予備実験を2回実施し、技術援助体制の確立と確認を行った。犬の繁殖頭数は7頭(2産)であった。系統維持と遺伝的統御の目的で繁殖用種犬5頭の導入と検疫を実施した。また、各種飼育装置の修理や点検調整および犬の健康管理のための血液検査を定期的実施した。

(3) 廃棄物処理設備管理

平成3年度実施した乾留灰化設備(焼却炉)による放射性廃棄物の焼却量は、以下の通りであった。

可燃性雑固体	4,048 Kg
動物死体等	1,544 Kg
回収毛(Wet)	288 Kg
脱水汚泥	9,133 Kg
有機廃液	1.66 Kg

この結果発生した焼却灰は、851Kgであった。

また、排水処理設備は、15,733m³の処理を行い、この内 11,840m³を中水として再利用し、放出水総量は 6,569m³であった。

一方、処理設備各装置について定期分解点検および保安規定に基づく自主検査を実施し、設備の健全性を維持、確認した。

2-5 データ処理業務

昨年度更新機種に選定した東芝情報(株)製の AS 4470GX 及びマイクロ VAX 3100/10e を中心とする分散型電子計算機システムは、本年4月末から搬入、据付及び調整作業が開始され、5月から稼働を開始した。新電算機システムは表3に示すように8台の計算機で構成され、うち1台を那珂湊支所測定室に設置して従来から敷設されている ERENS システムの一環として活用することになった。このシステムには那珂湊支所を含めて無停電装置を接続したため、本所においては空調機の関係上、平日だけ2台のサーバーと管理ステーションを終夜運転とし、那珂湊支所ステーションは全日連続運転が可能となった。

また、本年度末には第1研究棟から病院棟を経てMRI装置計算機室までの間のイーサネットによるローカルエリアネットワーク(LAN)敷設工事を行い、これによって所内のミニネット3経路(第1研究棟、第2研究棟及びボジトロン棟・医用重粒子線研究部間)相互、これらのミニネットと電算機室との間及び経路に当たる病院部、臨

床研究部、管理部、技術部の一部などと電算機室との間での情報伝達や居室等から電算機室の各装置の使用が自由に行えることとなった。

この新電算機導入にともない、昨年度まで使用していた ACOS-650 による開発プログラム及びデータの変換も本年度当初から本格的に作業を開始し、10月までに所定の部分約3,500ファイルの変換・コンパイル作業を終了し、うち7割は実行の確認を完了した。

本年度の電算機使用時間等の記録は従来の大型汎用計算機とは異なって各電算機それぞれの使用時間などをすべて積算する必要がある。基準的には MS-DOS 環境整備ステーションを除く6台の計算機の各電源投入、CPU 使用、他システムからの接続、保守、システム・ダウン時間等をそれぞれ積算することとしたが、このための管理業務が増大した。

5月からの集積では、延べ20,068時間の電源投入時間に対し、実使用時間は3,609時間で、月平均328時間、使用率は約18.0%であった。これは昨年度までの汎用大型電算機とは直接比較は出来ないが、各利用者とのオンライン接続が完全ではない期間が長かったにしては予想以上の使用時間となった。他方、障害時間はファイルサーバーのみで73時間に達し、このファイルサーバーが停止すると電算機室内の全ての AS シリーズ電算機5台がすべて使用不能となるので延べで換算すると障害時間は365時間に達する。主な原因は8ギガバイトの磁気ディスクの放熱が十分でないことに

表3 分散型電子計算機構成表

装置名	機種名	メモリ容量	磁気ディスク容量	付属装置
管理ステーション	μVAX3100/10e	24MB	1GB	ラインプリンタ、漢字ターミナル、カセットMT
ファイル・サーバー兼 I/Oサーバー	AS4470GX	32MB	8.6GB	カセットMT, 1/2MT, 8 mm テープ、光磁気ディスク、高速プリンタ、光品質プリンタ
コンピューティング・サーバー	AS4075GX	32MB	1.1GB	カセットMT, 光磁気ディスク、3.5inch フロッピーディスク
FORTRAN 開発ステーション (2式)	AS4040C	24MB	0.2GB	3.5inch フロッピーディスク
病歴管理ステーション	AS4040M	24MB	0.9GB	カセットMT、3.5inch フロッピー
MS-DOS 環境整備ステーション	PC9801DA	1.6MB	60MB	3.5、5inch フロッピーディスク
那珂湊ステーション	AS4040C	24MB	0.9GB	カセットMT, 8 mm テープ、高速プリンタ、高品質プリンタ 3.5 inch フロッピーディスク

よるリード・エラーに起因するシステム・ダウンで、この種の障害は同形機種を使用している他施設でも発生しているため、メーカーでも総合的に対策を検討している。そのほか、情報入出力の大部分がオンラインで行われるため、従来のフロッピーディスク、IBM カード、ラインプリンター、カーブプロッター等の使用数の把握・管理が困難になった。

2-6 研究業務

(1) 電子計算機による医用画像の処理、表示および蓄積ならびに医用画像の臨床的評価に関する調査研究

福久健二郎、武田栄子、館野之男*、
飯沼 武*、松本 徹*(*臨床研究部)

各種疾患の診断のための医用画像装置及び撮像技術の進展に伴って、それらによる診断能の客観的評価研究はますます重要なものになってきている。しかし、ほとんどが数名の医師や技術者が自施設で撮像した僅かな症例を読影して評価しているのが現状で、われわれが実施してきたような完璧な調査解析研究は世界的にもきわめて少ない。本年度は前述のように電算機システムの更新作業のためあまり研究の進展が望めなかったが、以下のプロジェクトの研究を継続した。

- a. じん肺症診断のための労働者選定標準写真差替えを目的として関連6施設から収集した69症例のじん肺症直接撮影X線フィルムを33名の専門医が読影し、その結果を統計学的に解析して最終的に18症例を標準写真候補として推薦した。これらの候補写真は臨床的検討結果でも最適と認定され、現在関係機関で差替えのための検討が行われている模様である。
- b. IAEA/RCA の肝臓疾患の画像診断に関するプロジェクト、すなわち” Evaluation of the Imaging Procedures for the Diagnosis of Liver Diseases - phase II ” の作業を継続し、ファントムに関する情報収集を完了した。また、日本の肝臓疾患症例で超音波断層像も肝シンチグラムも実施した93症例のコピーを作成して東南アジア地域を中心とする各参加国に送付し、10カ国（バングラデッシュ、中華人民共和国、インド、インドネシア、日本、韓国、パキスタン、フィリピン、シンガポール及びタイ）で延べ138名が読影した結果を解析した。引き続き各国から同様の症例を180例収集し、画質及び病巣描写の良好な103症例を選択してコピーし、

各国に配布して読影作業を依頼した。

- c. 肺癌のCT画像上でのリンパ節転移部位名の確定のため、20名の医師が72症例、202個のリンパ節転移巣を読影した結果を解析し、これに基づく新しいリンパ節命名案が日本肺癌学会で採択された。
- d. 新しいXCT装置であるヘリカルCTによる肺癌の診断能客観的評価を行うため、国立がんセンターを主体として症例を収集し、読影・評価の方法の検討を開始した。

【研究発表】

- (1) 福久、森¹⁾、鈴木¹⁾、山田²⁾：日本肺癌学会第17回画像診断セミナーと肺癌診断会、淡路島、1991. 7
(¹⁾札幌医大・第3内科、²⁾横浜市民病院)
 - (2) 福久、松本：日本産業衛生学会第174回関東地方会例会、宇都宮市、1991. 9
 - (3) 福久：放射線科学 34: 174-179, 1991
 - (4) 福久、武田、森¹⁾、鈴木¹⁾、山田²⁾：日医放学会第62回物理部会、1991. 10、宮崎
(¹⁾札幌医大・第3内科、²⁾横浜市民病院)
 - (5) 福久、武田、松本、千代谷¹⁾、志田¹⁾、野辺地²⁾、細田³⁾：日医放学会第62回物理部会、1991.10、宮崎（¹⁾桂肺労災病院、²⁾聖路加病院、³⁾放疫センター)
 - (6) H. Ikehira, T. Matsumoto, K. Fukuhisa, et al: Med. Inform. 16: 1-6, 1991
 - (7) 松本、福久、飯沼、他：日医放学会誌 52: 1-8, 1992
- (2) 放射線治療病歴のデータベース開発に関する調査研究

福久健二郎、武田栄子、飯沼 武*、
中村譲*、佐藤眞一郎**、森田新六**、
久保田進**、中野隆史**、宮本忠昭**、
恒元 博** (*臨床研究部、**病院部)

過去21年にわたって蓄積してきた本研究部院内における放射線治療病歴約16,000件とその統計処理用プログラムを新電算機システム用に変換する作業を早急に実施し、約7割の作業が完了した。また、新規症例情報の登録方法が変化したので登録追加修正用プログラムを新たに開発する必要があり、これらほぼ完成した。また、医用重粒子線治療の開始に先立って新たな病歴登録方法の検討が必要となってきており、各種調査や最新施設視察を通して最新情報の収集分析を重点的に実施した。

一方、放射線治療内容の全国集計の必要性が叫ばれ、そのためのデータベース構築に関する研究会を日本放射線腫瘍学会に設置して活動を開始した。全国アンケートの結果、情報登録に参加を希望する施設は200近くに上るため全国登録実現の可能性の見通しができた。共通プロトコルを作成して実際の情報収集の実験を開始する予定である。

さらに子宮頸癌新鮮症例の遠隔腔内照射装置による治療計画最適化プログラムを使った症例の全国登録のシステムの開発も継続して実施し、興味ある解析結果が得られつつある。

【研究発表】

- (1) T. Arai, T. Nakano, K. Fukuhisa, et al:
Cancer 67: 398-405, 1991
- (2) S. Morita, H. Tsunemoto, K. Fukuhisa, et al:
J. Jpn. Soc. Ther. Radiol. Oncol 3: 27-33, 1991
- (3) T. Arai, T. Nakano, K. Fukuhisa, et al:
Cancer 69: 175-180, 1992
- (4) 福久、中村、田伏：日放腫会誌
3:97-101, 1991

(3) 実験用ビーグル犬の繁殖および育成技術の開発に関する研究

福田 俊、飯田治三、早尾辰雄

1. 育成期に発症する脱肛や肛門周囲炎の処置方法と発育障害の防止対策について検討した。
2. 定期的に行っている血液検査や血清生化学的検査や臨床観察の結果から異常の認められた個体の疾患の種類や発生率、および治療方法について検討した。とくに加齢に伴う疾患やがんについては、詳細な臨床学的および病理学的なデータの蓄積を行った。
3. 突発性痙攣を示す個体について臨床的および病理学的検索を行った結果、副甲状腺の疾患によるカルシウム代謝異常に伴うテタニーと疑われた。
4. 雌犬の妊娠および哺乳期間中の貧血や低カルシウム血症について血液学的検索や骨組織学的検索を実施した。

【研究発表】

1. Fukuda, S. and Iida, H. : Exp. Anim. 41, 131-137 (1992).
2. 福田、飯田：第113回日本獣医学会、神奈川、1992。

3. 放射線安全業務

3-1 申請業務

1. 平成3年度においては、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（以下、放射線障害防止法）並びに核原料物質核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下、原子炉等規制法）に基づいて科学技術庁長官の承認を受け、又は届出したものは、次のとおりである。（那珂湊支所等を含む。）

(1) 放射線障害防止法に基づく変更承認申請

- ① 承認使用に係る変更承認申請（東海施設）
（第2実験室に放射性同位元素装備機器（ガスクロマトグラフ用エレクトロン・キャプチャ・ディテクタ）1台設置）（平成3年6月17日申請→平成3年8月5日承認）
- ② 承認使用に係る承認証訂正申請（東海施設）（平成3年8月28日申請）
- ③ 承認使用に係る変更承認申請（那珂湊支所）（（イ）第2研究棟において密封されていない放射性同位元素（208-Po, 237-Np及び233-Pa）の使用を追加、（ロ）第1研究棟及び第2研究棟において密封されていない放射線性同位元素（82m-Br）の使用を廃止、（ハ）3ヶ月間使用数量の設定）（平成3年12月24日申請→平成4年2月21日承認）
- ④ 承認使用に係る変更承認申請（東海施設）
（第2実験室に設置した放射性同位元素装備機器の場所にフードを設置するため放射性同位元素装備機器の設置場所を変更）（平成4年2月20日申請）
- ⑤ 承認使用に係る承認証訂正申請（那珂湊支所）（平成4年3月3日申請）
- ⑥ 承認使用に係る変更承認申請（本所）
（（イ）廃棄物除染棟内液体廃棄物保管室を有機廃液焼却室とし、焼却炉を設置する。（ロ）廃液処理棟、化学実験室及び廃棄物保管棟、解体詰替室を廃棄作業室から作業室に変更する、（ハ）廃棄物除染棟、固体廃棄物処理室を廃棄物処理室と名称を変更する。）（平成4年3月31日申請）

(2) 放射線障害防止法に基づく使用の場所の一時

的変更の届出

- ① 承認使用に係る使用の場所の一時的变化届（養成訓練棟）（養成訓練部研修生の実習のため）（平成3年5月9日）
 - ② 承認使用に係る使用の場所の一時的变化届（養成訓練棟）（養成訓練部研修生の実習のため）（平成3年10月29日）
- ##### (3) 放射線障害防止法に基づく変更の届出
- ① 放射線取扱主任者選任・解任届の変更届（本所）（平成3年5月21日）
 - ② 放射線取扱主任者選任・解任届の変更届（東海施設）（平成3年9月14日）
 - ③ 承認使用に関する軽微な変更に係る変更届（本所）（RI温室の使用施設及び廃棄施設の廃止並びに貯蔵施設の貯蔵能力の減少に係る変更）（平成3年12月9日）
 - ④ 放射線施設の廃止に伴う措置の報告（本所）（RI温室の使用施設及び廃棄施設の廃止）（平成4年1月10日）
 - ⑤ 放射線医学総合研究所放射線障害予防規定の一部改正に伴う変更届（「RI温室管理区域」廃止に伴う「別表（2）放射線管理に関する職務及び組織」の一部改正）（平成4年1月29日）
- ##### (4) 原子炉等規制法に基づく変更承認申請
- ① 核燃料物質の使用に係る変更の承認申請（那珂湊支所）（平成3年10月30日申請→平成4年1月7日承認）
- ##### (5) 原子炉等規制法に基づく変更の届出
- ① 核燃料物質の使用に係る変更届（那珂湊支所）（平成4年1月20日）
- ##### (6) 原子炉等規制法に基づく報告
- ① 核燃料物質の収支報告及び実在庫明細報告（那珂湊支所）（（イ）核燃料物質収支報告書、（ロ）核燃料物質実在庫量明細報告書及び（ハ）核燃料物質実在庫量供給当事国別明細報告書（1））（平成3年5月8日科学技術庁長官あて提出）
 - ② 核燃料物質の在庫変動報告、収支報告及び実在庫明細報告（本所）（（イ）核燃料物質在

庫変動・受払間差異・リバッティング報告書、
(ロ)核燃料物質在庫変動等供給当事国別明細
報告書(1)、(ハ)核燃料物質収支報告書、
(ニ)核燃料物質実在庫量明細報告書、(ホ)核
燃料物質実在庫供給当事国別明細報告書
(1)) (平成3年5月8日科学技術庁長官あ
て提出)

- ③ 平成2年度下期報告管理報告書(平成3年
4月19日科学技術庁長官あて提出)
- ④ 核燃料物質受払計画等報告書(平成3年7
月1日から12月31日まで)
- ⑤ 平成3年度上期放射線管理報告書(平成3
年10月17日科学技術庁長官あて提出)
- ⑥ 核燃料物質受払計画等報告書(平成4年1
月1日から6月30日まで)(平成3年11月25
日科学技術庁長官あて提出)
- ⑦ 核燃料物質の在庫変動報告書(本所)
(イ)核燃料物質在庫変動・受払間差異・リ
バッティング報告書及び(ロ)核燃料物質在庫変
動等供給当事国別明細報告書(1)) (平成3
年11月14日科学技術庁長官あて提出)
- ⑧ 平成3年上期核燃料物質(トリウム在庫変
動)管理報告書(平成3年7月25日科学技術
庁長官あて提出)
- ⑨ 平成3年下期核燃料物質(トリウム在庫変
動)管理報告書(平成4年1月20日科学技術
庁長官あて提出)
- (7) 放射線障害防止法に基づく施設検査等の申請
及び実施の件
 - ① 放射線障害防止法に基づく定期検査の申請
(那珂湊支所)(平成3年11月5日(財)原
子力安全技術センターあて提出)(平成4年
1月30日実施→平成4年2月26日合格、(財)
原子力安全技術センター)
- (8) その他
 - ① 原子炉等規制法に基づく保安規定の遵守状
況調査(平成4年3月11日実施科学技術庁原
子力安全局核燃料規制課)
 - ② 放射線管理報告書(平成2年度下期本所、
那珂湊支所)(平成3年4月19日科学技術庁
原子力安全局長あて提出)
 - ③ 放射線管理報告書(平成3年度上期本所、
那珂湊支所)(平成3年10月17日科学技術庁
原子力安全局長あて提出)
2. 重粒子線棟施工状況の進展に伴い、放射線障
害防止法に基づく手続き等に係る諸業務を円滑に
遂行するため、重粒子線棟安全評価検討委員会

(平成3年8月27日施行)を設置した。

3-2 放射線安全会議

会議は、本年度4回(書面審議1回を含む。)開
催され、審議された主要な議題は次のとおりで
ある。

- (1) 放射線施設の安全性に関する案件について
 - ① サイクロトロン棟及びポジトロン棟の使用
に基づく安全対策
 - ② 那珂湊支所及び東海施設の使用に基づく安全
対策
 - ③ 重粒子線がん治療装置の設置に係る建屋施
設の放射線の遮へい等の安全対策
 - ④ その他放射線施設の使用に基づく安全対策
- (2) 放射線障害の防止に関する案件について
 - ① 温室における放射線管理区域の変更(抹
消)に関する事項
 - ② 放射線障害予防規定の一部改正に関する事
項
 - ③ その他施設検査等に関する事項

本年度の会議の構成は、議長に小林総括安全解
析研究官、委員に館野臨床研究部長(本所放射線
取扱主任者)、中山技術部技術課内部被ばく実験
施設管理室施設管理係長(本所放射線取扱副主任
者)、渡部環境放射生態学研究部環境放射生態学
第一研究室長(平成3年8月31日まで那珂湊支所
東海施設放射線取扱主任者)、内田環境放射生態
学研究部主任研究官(平成3年8月31日まで那珂
湊支所東海施設放射線取扱副主任者、平成3年9
月1日から同施設放射線取扱主任者)、平野海洋
放射生態学研究部主任研究官(那珂湊支所放射線
取扱主任者)、石井海洋放射生態学研究部主任研
究官(那珂湊支所放射線取扱副主任者、平成3年
9月1日から那珂湊支所東海施設放射線取扱副主
任者)、田口管理部長、吉川技術部長、恒元病院
部長、門間技術部放射線安全課長、丸山物理研究
部物理第3研究室長、坪井障害基礎研究部障害基
礎第1研究室長、藤高環境衛生研究部環境衛生第
1研究室長、今井環境衛生研究部主任研究官、渡
利養成訓練部長の16名であった。また、会議に
は、次の専門委員会が設けられている。

- ① サイクロトロン安全専門委員会：本委員会
は、サイクロトロンの利用に伴う放射線に対
する安全管理並びに安全対策を審議するため
設置されている。

本年度は、(イ)サイクロトロン作業計画書
に基づく安全対策、(ロ)使用施設に係る安全

測定の結果等に対する評価等の審議を行った。委員会は、本年度8回（書面審議5回を含む。）開催された。

- ② 那珂湊支所放射線安全専門委員会：本委員会は、那珂湊支所における放射線施設に関する放射線の安全管理について調査審議するため設置されている。

本年度は、(イ)那珂湊支所と那珂湊支所東海施設の安全管理及び使用 RI 核種の検討、(ロ)那珂湊支所の放射線作業計画書に基づく安全対策等の審議を行った。委員会は、本年度4回開催された。

- ③ 重粒子線安全専門委員会：本委員会は、重粒子線がん治療装置の設置並びに建屋の建設に関し、その施設等に係る放射線防護の専門的事項を調査審議するため設置されている。本年度は、(イ)重粒子線施設におけるインターロック・システムの設計概要の検討、(ロ)医用重粒子加速器がん治療装置等の安全対策資料の検討、(ハ)放射線管理区域の設定時期の検討等について審議を行った。委員会は、本年度3回開催された。

3-3 核燃料安全会議

会議は、本年度2回（書面審議1回を含む。）開催され、審議された主要な議題は、次のとおりである。

- (1) 核燃料物質等の使用施設の安全性に関する案件について
- ① 内部被曝実験棟における核燃料物質の使用計画について
- ② 内部被曝実験棟における核燃料物質等の使用等に係る施設の安全対策
- (2) 核燃料物質等の使用等に係る放射線障害の防止並びに安全性に関する案件について
- ① 内部被曝実験棟における核燃料物質等の取扱いに係る作業者の安全性に関する事項
- ② 核燃料物質等の使用施設に係る安全測定の結果等に対する評価
- ③ 保安規定に基づく定期の実施事項
- ④ 保安規定遵守状況調査等に関する事項

本年度の会議の構成は、議長に中島環境放射生態学研究部長、委員に館野臨床研究部長（核燃料取扱主務者）、田口管理部長、吉川技術部長、恒元病院部長、山田技術部技術課長、門間技術部放射線安全課長、稲葉内部被ばく研究部長、小泉内部被ばく研究部内部被ばく第4研究室長、内山総

括安全解析研究官付主任安全解析研究官、松本技術部動植物管理課主任研究官、渡利養成訓練部長の12名であった。

3-4 個人被ばく管理

前年度に引続き放射線業務従事者の個人被ばくの管理に一層の充実を図った。

外部被ばくによる線量当量の測定は、放射線業務従事者に対しては、フィルムバッジを主体にその他、補助線量計としてポケット線量当量計、熱ルミネッセンス線量計（TLD）により測定した。現在使用しているフィルムバッジは、M型（X線、 γ 線、 β 線用）A型（X線、 γ 線、 β 線中性子線用）の2種類を使用して1ヶ月ごとに交換をしている。また、手の線量当量の測定については、 β 線を放出する非密封 RI を取り扱う放射線業務従事者を対象に平成2年度に引続き、X・ γ 線の他、 β 線まで測定できる TLD 指リングを着用させ1ヶ月ごとに交換をして測定をした。なお、フィルムバッジ及び TLD 指リングの測定については、外部機関に委託している。また、一時立ち入者に対しては、ポケット線量当量計、TLD により測定をした。なお、ポケット線量当量計は、敏速に線量当量を知るため従来の電離箱型から読み取りやすい半導体式デジタル型に30本を更新した。

内部被ばくの測定については、サイクロトロン本体の運転保守管理及び短寿命 RI 生産、放射性廃棄物等の取り扱う業務等に係わる放射線業務従事者について、例年どおり WBC（ヒューマンカウンタ）により、確認モニタリングを年6回（延べ61人）実施し、測定を行なった。なお、非密封放射性同位元素を取り扱う研究者については、空气中濃度、取扱状況、作業環境から計算で線量当量を求めたが、WBC により確認モニタリングをするまでの放射線業務従事者はいなかった。また、核燃料物質を取り扱う施設の放射線業務従事者26名については、肺モニタ（年2回）及びバイオアッセイ法（年1回）により確認モニタリングを実施し、測定を行った。内部被ばく線量当量の測定結果は、サイクロトロン保守管理をする放射線業務従事者3名について⁶⁵Z が WBC により前年度に引き続き検出されたが、線量当量を評価するまでにはいたらなかった。

平成3年度における放射線業務従事者の実効線量当量の評価結果を表1に、また、組織線量当量（皮膚）の評価結果は、表2のとおりである。

3-5 健康管理

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律、人事院規則及び所内規程に基づき放射線業務従事者の健康診断を例年どおり実施した。

健康診断の実施状況は、年4回（被ばく歴の調査及び末しょう血液については年2回）対象者（延べ年間1347名）に対して問診票により実施し

た。以上、問診票の調査結果から健康管理医の指示により血液、皮膚、眼の検査及び検診を実施した結果を表3に示す。診断結果については、健康管理医及び委託専門医の報告から、放射線作業による被ばくに起因する異常は、認められなかった。

表1 平成3年度放射線業務従事者の実効線量当量

線量当量 (mSv/年) 作業区分	0.1未満	0.1以上 1.0未満	1.0以上 3.0未満	3.0以上 5.0未満	5.0以上 10.0未満	10.0以上 15.0未満	15.0以上 20.0未満	総数 (人)
研究者	172	3		2	1			178
診療関係者	57	7	3					67
研修担当者	5							5
管理担当者	65	1		1	3			70
外来研究者	55	1	1					57
合計	354	12	4	3	4	0	0	377

表2 平成3年度放射線業務従事者の皮膚の組織線量当量 (0.1mSv以上)

線量当量 (mSv/年) 作業区分	1.0未満	1.0以上 10未満	10以上 50未満	50以上 100未満	100以上 200未満	200以上 300未満	総数 (人)
研究者	4	2		1			7
診療関係者	10	2	1				13
管理担当者	2	3				1	6
外来研究者		2					2
合計	16	9	1	1	0	1	28

表3 平成3年度健康診断実施結果

対象者	健康診断項目 (人/年)	血液	皮膚	眼	合計
①. 前年度の線量当量が年限度の10分の3を超えた者		4	8	8	20
②. 本年度の線量当量が年限度の10分の3を超える恐れのある者又は超えた者		1	2	2	5
③. 過去に業務上皮膚に大量に被ばくした者		0	4	0	4
④. 健康管理医により指名された者		1	3	4	8
合計		6	17	14	37

3-6 放射線安全管理

(1) 放射性同位元素の受入れ及び管理

平成3年度に受入れた密封されていない放射性同位元素の種類及び数量は、表4のとおりである。入荷した放射性同位元素は、個々に管理番号を付け、所定の貯蔵庫に保管され、配分し使用された。

放射性同位元素の使用に当たっては、6ヶ月又は3ヶ月（那珂湊支所）ごとに作業計画書により、核種、使用数量、実験方法等を把握するとともに、貯蔵中の放射性同位元素については、定期的に在庫調査を実施し、管理に万全を期している。

(2) 線量当量率、表面密度及び排気中濃度の測定

密封されていない放射性同位元素を使用する施設の管理区域内の人が常時立ち入る場所、同区域境界及び事業所の境界における線量当量率の測定は、1ヶ月ごと、その他の放射線施設については、6ヶ月ごとにサーベイメータにより実施し、法令で定められた線量当量限度以下であることを確認した。また、所内33ヶ所に設置したモニタリングポスト（フィルムバッジ及びTLD）による測定結果においても、法令で定められ線量当量限度以下であることを確認した。

密封されていない放射性同位元素を使用する放射線施設の管理区域内の放射性同位元素による表面密度の測定は、1ヶ月ごと及び随時にスミア法又はサーベイにより実施し、汚染の早期

発見及び被ばく防止に努めるとともに、法令で定められた表面密度限度以下であることを確認した。

排気中の放射性同位元素の濃度の測定は、連続して行っているが、年度間を通じて法令で定められた濃度限度以下であった。

(3) 管理区域

放射線施設並びにその周辺に設けている管理区域は、25ヶ所（うちRI温室1ヶ所を12月に廃止）であるが、定期的に年2回自主点検を行い、クラックの補修、標識の張替え等維持管理に努めた。

(4) 放射線安全管理者

管理区域ごとに放射線安全管理者（那珂湊支所を含む18名）をおき、放射線安全管理に努めた。

(5) 教育訓練

管理区域に立ち入る者に対する教育訓練のうち、管理区域に立ち入る前の者55名（那珂湊支所を含む。）及び1年を超えない期間ごとに行う教育訓練の対象者のうち214名について、教育訓練を実施した。

(6) 一般管理

- ① 養成訓練棟に出入り管理装置を設置し、安全管理の強化を図った。
- ② RI管理プログラムを導入し、非密封RIの在庫管理の簡素化を図った。
- ③ 施設の安全管理を強化するため、サーベイメータ等の測定機器類を更新整備した。

表4 平成3年度 RI 入荷量

<研究用>			<診療用>		
<第1群>			<第3群>		
²⁴¹ Am	0.8	MBq	³² P	2627	MBq
<第2群>			³⁵ S	1017.15	〃
⁴⁵ Ca	37	MBq	⁵⁹ Fe	86.95	〃
⁵⁴ Mn	18.5	〃	^{99m} Tc	6475	〃
⁸⁵ Sr	148	〃	¹²³ I	222	〃
¹⁰³ Ru	74	〃	¹³¹ I	237.018	〃
¹⁰⁶ Ru	37	〃	<第4群>		
¹⁰⁹ Cd	37.37	〃	³ H	75.19	GBq
¹²⁵ I	298.895	〃	¹⁴ C	151.145	MBq
¹³⁷ Cs	0.187	〃	⁵¹ Cr	928	〃
¹⁴¹ Ce	111	〃			
²⁰³ Hg	74	〃			
			<第3群>		
			⁶⁷ Ga	16.206	GBq
			⁹⁹ Mo- ^{99m} Tc	92.5	〃
			¹²³ I	555	MBq
			¹³¹ I	388.5	〃
			<第4群>		
			²⁰¹ Tl	74	MBq

3-7 アルファ線管理

(1) アルファ線棟関係

平成3年度アルファ線棟管理区域内で行われた業務は環境レベルのプルトニウム電着試料の測定のみであり、通常の管理体制で安全を確保することができた。

(2) 内部被ばく実験棟関係

① 施設及び作業管理

平成元年度末から開始されたラットへのプルトニウム投与実験は今年度、6回行われた。この結果、プルトニウム及び実験動物の取扱い並びに使用設備の操作などについて安全に行われ、作業終了後の汚染検査では作業室への漏洩・表面汚染等はなかった。また、来年度は、早々に第1回目のビーグル犬へのプルトニウム吸入実験を開始する計画についての安全管理を含め、保安規定に基づく核燃料物質等の使用に関する安全対策の周知徹底を図った。

プルトニウムの取扱いはグローブボックス内で行い、測定用試料やオートラジオグラフィ用試料をグローブボックスから取出し、フード内で汚染拡大防止上の必要な処置をして、放射能測定や各種観察・試験を行った。排気・排水系及び焼却設備等の機器の開放点検を行うに当たっては、事前に作業計画を十分に検討し、汚染拡大防止を目的とした作業場の養生、作業者の内部被ばく防護に注意を払い安全な作業の遂行を確認した。

このように安全作業に心がけた結果、予定外の被ばくやプルトニウムによる汚染の拡大は全くなかった。また、各作業室内の空气中プルトニウム濃度管理は主にエアースニファシステムを用いて行い、年間通して検出限界である管理区域内プルトニウム濃度限度 (80nBq/cm^3) の約 1/500 以下を確認することが出来た。

② 廃棄物管理

排水管理としては、平成3年度に約6650 m^3 の排水を65回に分けて放出したが、すべて管理基準値以下であった。排気管理では、 β (γ) 線放出核種の放出は無かったことはもちろん、全 α 放射能もプルトニウムの排気に係る濃度限度 (1nBq/cm^3) の 1/10 以下であった。

放射性同位元素によって汚染された不燃性固体廃棄物は従来どおり廃棄物処理棟に引き

渡したが、動物死体や一部可燃性廃棄物は内ばく棟内焼却設備で焼却処分とした。また、プルトニウムによって汚染された固体廃棄物は可燃性ドラム缶1 (200 ℓ) 本、不燃性廃棄物ドラム缶21 (200 ℓ) 本発生し、地下廃棄物保管庫内に保管廃棄した。

3-8 中性子線安全管理

(1) 放射線安全管理用機器整備

本年度は、放射線監視装置が正常な状態を維持するために、ガスモニタ (3系列)、ダストモニタ (2系列)、排水モニタ (1系列)、エリアモニタ (5系列)、ゲートモニタ (2系列) について、動作等点検を行い、安全管理に努めた。

(2) 線量当量率、表面密度及び排気中濃度の測定、バンデグラフ棟、サイクロトロン棟及び中性子線棟の管理区域内の人の常時立ち入る場所及び同区域境界における線量当量率の測定は、6ヶ月ごとにサーベイメータ及びレムカウンタにより実施した。

サイクロトロン棟ホットラボ室等及びポジトロン棟における表面密度及び室内線量当量率の測定は、1ヶ月ごと及び随時にスマヤ法又はサーベイメータ等により実施した。

排気中の放射能濃度の測定はガス及びダストモニタで連続測定し、これをモニタデータ処理装置に入力して、1ヶ月間及び3ヶ月間の平均濃度をそれぞれの総放出量と総排気量とで算出した。

また、サイクロトロン棟においては、人の常時立ち入る場所及び管理区域境界の線量当量を測定するために、フィルムバッジを34ヶ所設置して測定した。これらの測定結果は法定線量限度以下であった。

サイクロトロン棟の各照射室については、残留放射能核種分析及び空間線量当量率分布の測定を年2回以上実施すると共に、サイクロトロン作業計画に基づき新規エネルギーの使用等についても、事前に安全測定を実施した。これらの測定結果は、放射線安全会議サイクロトロン安全専門委員会においてサイクロトロンマシンタイムに係る作業計画書に基づき作業の安全対策と併せて検討評価を行い、業務従事者等の安全管理に努めた。

3-9 放射性廃棄物の処理

所内（那珂湊支所を除く。）の各放射線管理区域から排出された放射性廃棄物は、固体（可燃物、不燃物、特殊不燃物）、液体（無機、有機廃液）、動物死体等に分類している。概要は以下のとおりである。

(1) 放射性廃棄物の排出量及び処理状況

平成3年度において、RI使用施設から排出された放射性廃棄物の排出量及び処理状況を、表5に示す。

① 個体廃棄物

可燃物及び不燃物は、主にRI実験室から排出されたものである。特殊不燃物については、旧排水プラントの砂濾過槽及びRI温室植物栽培装置の解体撤去により排出されたものである。

また、排出された廃棄物は、それぞれ50ℓ、200ℓドラム缶に詰替後、廃棄業者に引き渡し一部は廃棄施設に保管している。

② 液体廃棄物

中レベル廃液（0.37Bq/cm³以上37Bq/cm³未満）は、専用の容器に封入後、液体廃棄保管室に保管している。

低レベル廃液（3.7×10⁻⁴Bq/cm³以上0.37Bq/cm³未満）については、排水処理設備によるイオン交換、凝集沈澱等の化学的処

理を実施し、法令に定められている排水濃度限度以下であることを確認したのち、放流した。また、極低レベル廃液（3.7×10⁻⁴Bq/cm³未満）及び尿についても法令に定められた排水濃度限度以下であることを確認したのち、放流した。トリチウム廃液については、トリチウム廃液専用の希釈槽を用いて一部希釈処理を実施し、法令濃度限度以下であることを確認したのち放流した。有機廃棄物は、専用の容器に封入後、有機液体廃棄物保管庫に保管している。

③ 動物死体等廃棄物

動物死体等は、RI実験室から排出されたマウスラット及びしきわら等である。これらの廃棄物（動物死体等）は、前年度に引き続き、内部被ばく実験棟の乾留灰化設備によって焼却処理を実施した。

また、発生した焼却灰は、内部被ばく実験棟内廃棄物保管庫に保管している。

(2) 廃棄業者に引き渡した放射性廃棄物

平成3年度において、RI使用施設から排出された放射性廃棄物のうち廃棄業者に引き渡したものの種類別容器本数を表5に示す。

(3) その他

有機液体廃棄物の保管量低減のため、廃棄物除染棟内に有機廃液焼却装置を設置した。

表5 平成3年度放射性廃棄物の排出量及び処理状況

種類		排出量	処理の方法	
			引き渡し（廃棄業者）	保管量
固体	可燃物	カートンボックス 108個	—	200ℓドラム缶 14本
	不燃物	50ℓドラム缶 147本	50ℓドラム缶 80本	50ℓ 67本
	特殊不燃物	50ℓドラム缶 214本	50ℓ 214本	—
動物死体等		カートンボックス 156個 (514Kg)	—	乾留灰化設備により焼却し、発生した焼却灰（51.4Kg）は50ℓドラム缶に詰替後、内部被ばく実験棟内廃棄物保管庫に保管した。
排気フィルター		109ℓ箱 30個 74ℓ箱 10個	—	109ℓ箱 30個 75ℓ箱 10個
液体	中レベル	250 ℓ	—	25ℓポリ瓶 10本
	低レベル	57.2 トン	化学処理し測定後放流	
	極低レベル	1110.8 トン	測定後放流	
	し尿	100.0 トン	"	
	トリチウム	142.0 トン	希釈処理し測定後放流	
	有機廃液	120 ℓ	—	120 ℓ

4. 動植物管理業務

4-1 実験動物の生産と供給

(1) 系統維持

本年度維持した実験動物(げっ歯類)の系統は、マウスでは、A/J, BALB/c, BALB/c-nu/nu, C57BL/6J-nu/nu, C57BL/6J-bg-nu/nu, C57BL/10, C57BL/10. BR/Sn, C57BL/10. D2/new-Sn, C3H/HeJ-bg, WHT/He, STS/A, RFM/MS, C3H/HeJ, C57BL/10-nu-nu, C57BL/10-Thy-1.1, C57BL/10. BR-Thy-1.1, CBA/2, NRH, RFM/Ms-PgK-1a, B10.129(5M)Sn, C3H/He-W/+ , C3H/He-W^v/+ , C3H/HeMS, C3H/HeHa-PgK-1^a, C57BL/6J, CBA/J の26系統と、ラットでは Wistar/Ms, WM の2系統でそれぞれ継代されている。

(2) 実験動物(げっ歯類)の生産と供給

本年度はSPFマウスとして、C57BL, C3H, B10, B10. BR, B10. D2, WHT, A, STS の8系統と、CVマウスのC57BL, C3H, RFM, BC3F1, BDF1, B10-Thy-1.1, BALB/c, C3H-Pgk, C3H-W/W^v の9系統およびラットのWistar, WMを

生産した。

マウス、ラットの総供給数は25,418匹でありその内訳は SPF マウス13,142匹、CV マウス9,200匹であり、その内妊娠マウス50匹を供給している。ラットの供給数は3,076匹であり、その内訳は、Wistar 2,091匹および WM 985匹その内妊娠ラット Wistar 228匹を供給している。

購入した主なマウスは、ddy, ICR, MCH, C57BL/6J, C57BL/10, C3H/J, DBA/2, SJL, scid, BALB/c-nu/nu の10系統と、ラットおよびハムスターであり購入動物の総数は、10,001匹でその内訳は、マウス9,870匹、ラット106匹、ハムスター25匹であった。

マウスの主な系統別当所生産供給数の内訳を前年度供給数とともに表に示す。

なお飼育関連設備等で、ボイラー蒸気配管取り替え工事を実施した。

空調設備関係では、特に支障はなく順調に稼働した。

主要系統別生産供給数(前年度比較)

区分	SPFマウス					CVマウス				
	C57BL	C3H	WHT	A	B10.BR	C57BL	C3H	BC3F1	BALB/c	BDF1
H2年度	341	8,307	111	75	130	1,100	3,799	825	1,907	88
H3年度	1,709	9,584	120	863	114	1,639	3,135	1,410	1,242	840

4-2 実験動物施設の管理と利用

(1) SPF 動物照射実験棟

前年度同様、薬理化学、生理病理、環境衛生、臨床、技術、病院の各所で、4飼育室の40飼育棚を使用し、マウスの実験飼育を行った。本年度の実験動物管理区域立入作業者は49名であった。

施設設備関係では、製氷機及び超音波手洗装置の更新並びにγ線照射装置及びガス滅菌機の修理を行った。

(2) 哺乳動物実験観察棟

本年度は、薬理化学、生物、遺伝、障害基礎、

内部被ばく、環境衛生、臨床、障害臨床、技術、養成訓練、病院、の各々がヌードマウス、マウス、ラット、を用いた実験観察が行なわれ、ヌードマウス用アイソラック2台、マウス用アイソラック4台増加して8台、マウス飼育棚36台、ラット用スチールラック10台、ラット用カスケード12台が使用された。また、本年度の実験動物管理区域立入り作業者は112名であった。

(3) 晩発障害実験棟

晩発障害実験棟は、長期飼育観察施設であり、本年度も生理病理、障害臨床、技術、病院の各部

でヌードマウス、マウス、ラット、ハムスターを用いた実験観察が行われ、4階 SPF マウス飼育棚50台、3階 CV マウス飼育棚64台、1階 CV マウス飼育棚5台、CV ラット飼育棚6台及びハムスター用カスケード2台が使用された。実験動物管理区域立入作業者は常時・随時合わせて102名であった。

施設設備関係では、実験動物の飲水として使用する酸性無菌水自動供給装置が修理不能のため更新した。

(4) 霊長類実験棟

霊長類実験棟においては、研究面では本年度も公衆被曝リスク評価に関する特別研究の一環として原猿類（ツパイ）の実験動物化、げっ歯類の受精卵凍結保存に関する研究及び経常研究が実施された。また、検疫室の協力によりアカゲザル雄1頭（臨床研究部所有）の検収、検疫を行った。飼育ザル類の衛生管理面では、定期的に一般健康検査、血液検査等を実施したが、異常は認められなかった。なお、本年度末現在のサル類の飼育頭数はカニクイザル雄5頭、アカゲザル雄1頭、ツパイ25頭（雌13、雄12）である。一方、空調機等の機械設備関係では、老朽化の著しい空調機の改修工事を行った。

その他、飼育管理業務に大きな支障を来たすような事故や異常は認められなかった。

(5) ポジトロン棟

本年度も、昨年度と同様標識化合物 (^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{18}F) を投与し、生体内分布を求める実験が引続き行われた。マウス、ラット、アカゲザルの実験動物飼育管理を行っている。また、アカゲザル飼育用ケージの改造を行ない、飼育施設の維持管理に努めた。

(6) ラジオアイソトープ実験棟

実験動物飼育室1～7号室及び水生動物室において、昨年と同様 RI を投与したヌードマウス、マウス、ラットの実験観察が、生物、内部被ばく、環境衛生、臨床、病院の各部で行なわれた。

(7) 第1ガンマ線棟

飼育室1～4号室において所外から導入したマウスの短期間の観察隔離飼育が昨年と同様に行なわれた。また、ガンマ線照射実験群のコントロール飼育のため、生物、生理病理、の各部がマウス用飼育棚14台を使用し実験観察を行なった。

(8) 水生昆虫動物舎、魚飼育池

水生動物（ヒメダカ、キンギョ、コイ）を用いた各種実験が生物、環境衛生、養成訓練の各部に

おいて行なわれた。

飼育池において、自家繁殖用及び系統維持等長期飼育実験用として飼育した。

本年度は、自家繁殖したキンギョ77尾、ヒメダカ1151尾を実験用として提供した。また、飼育池の防鳥用金網破損のため一部を更新し施設の維持管理に努めた。

(9) 植物栽培施設

温室では、ケヤキ、マツ、苔を栽培し、環境及び生物における ^3H 、 ^{14}C の測定及び挙動に関する実験研究に使用した。圃場では、前年度に、引続き桑の栽培を実施し、蚕の飼料として100kgの桑の葉を供給した。

4-3 実験動物の衛生管理

前年度同様、実験小動物の病原微生物汚染検査、生産・実験施設の病原体汚染検査を月1回定期的に実施し、その結果を使用者に報告した。

マウス・ラットでは、解剖検査および以下の SPF 指定病原体の検査をおこなった。1. 細菌培養検査：*Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* spp., *Pasteurella pneumotropica*, *Bordetella bronchiseptica*, *Escherichia coli* 0115a, c : K(B), *Corynebacterium kutscheri*, *Mycoplasma* spp. 2. 血清検査：Sendai virus, Mouse hepatitis virus, Tyzzer's organism, *Mycoplasma pulmonis*, *Corynebacterium kutscheri*, *Bordetella bronchiseptica* 3. 顕微鏡検査：*Hexamita muris*, *Giardia muris*.

マウス糞便検査では緑膿菌、サルモネラ菌、病原性大腸菌を検査した。動物施設検査では床の拭き取り検査、落下細菌検査を実施した。

(1) 生産動物・生産施設

毎月、SPF マウス30例、CV マウス20例、CV ラット15例、核マウス10例の病原微生物汚染検査を実施した。毎月 CV 生産ラットの約半数に *H. muris* の汚染が認められたが、*H. muris* は病原性が低いので、特別な処置は行わず、飼育管理に注意して生産することとした。核マウスに年間で2例に肺炎が観察されたため、当該系統のマウス13例について、松下らが確立した IFA 法によって CAR bacillus の汚染検査を実施した。その結果は陰性で、肺炎は非感染性または *E. cloacae* に起因し、特に問題はなかった。SPF 生産マウスの糞便検査では異常はなかった。SPF マウス生産施設の床の一部より、まれに緑膿菌が分離されたが、その都度消毒を徹底した。

(2) SPF 動物照射実験棟

前年度同様、落下細菌検査、マウス糞便検査を行ったが異常はなかった。

(3) 哺乳動物実験観察棟

本年度は検査に持ち込まれた異常動物はいなかった。

(4) 晩発障害実験棟

毎月 SPF 動物区域のモニターマウス10例の病原微生物汚染検査を実施したが、SPF 指定病原体は陰性であった。落下細菌検査及び糞便検査では異常はなかった。

(5) 異常動物依頼検査

本年度はマウス39例、ラット14例の検査依頼があった。C3H×MOM RI マウス2例（SPF棟）に大腸粘膜の肥厚を伴う下痢及び異物性肺炎が認められたが、SPF 指定病原体は陰性であった。骨髄移植実験を行った C3H マウス2例（晩発棟 CV 区域）に死亡及び呼吸異常を示す例が認められたが、実験に伴われた感染症で問題はなかった。その他、特筆すべき異常動物は認められなかった。

(6) 導入動物の検査

本年度はマウス4件及びラット1件の依頼があった。1件では MHV 及び *H. muris* が陽性であったが、他の4件では SPF 指定病原体は陰性であった。

4-4 実験動物の検疫

山極順一、成毛千鶴子、新井 統
施設別疾病発生の実態

- (1) 動物生産施設（生産係）：1990年 Tyzzer 病発生事故後の施設の改修が実施され、新しい親からの生産が開始され、生産数の現状復帰を目指して繁殖が続けられた関係もあって、幸い特筆すべき疾病の発生は観察されなかったが
(A) マウスの周産期の突然死（胃腸障害症）
(B) マウス尿道結石症（尿毒症）、(C) マウス乳腺腫瘍とその物理的胸腔圧迫による肺の退縮、慢性心不全、(D) スードマウスのリンパ性白血病など幾つかの疾病が観察された。
- (2) 霊長類実験胸（開発室）カニクイザル、ツバイに伝染性の疾患の発生は観察されなかったが、腫瘍性疾患、慢性膀胱炎（尿毒症）などの発生が観察された。
- (3) 水生昆虫舎（管理一係）：1985年に集団発生したメダカの結核（抗酸菌症 = *Mycobacterium chelonae* Dis.）を中心にチェックを継続しているが、現在のところ異常は観察されていない。

4-5 研究業務

(1) 老化に関する実験病理学的研究

V. 生涯活動量・老化

老化に関する研究過程の中でその研究方法は過去においては病理形態学的手法がその主役の座を占めて来た。

しかしながら、循環器系、呼吸器系の老化の解析に至って、その手法が巨大な隘路である事を認識した。これを契機として、より明確な解析を求めて加齢に伴う経時的な脈拍数、血圧、心電図及び呼吸数などの生理学的データと病理形態学的データの接点を求める事とした。

それら実験の一環として、4年前にマウスの生涯に亘る活動量・運動量を継続的に計測する事によって、様々な時間要素：分、時、週、月および年単位に於ける活動量の変化・変動を定量化し、生涯に亘るエネルギー放出のパターンを求めることを計画した。

1. 供試動物：C3H/Heマウス、雌雄。
2. 測定期間（日齢）：雄初代23-521日齢（死亡）、2代目529-810日齢（死亡）、雌初代23-784日齢（死亡）、2代目785-810日齢。
3. 測定環境：コンベンショナル検鏡室内、換気：6回/時、照明：12/12時明暗。
4. 測定方法：毎15分積算集計、連続記録（記録紙）。1匹/1ケージ/測定器
5. 居住空間：ケージ：270(w)×145(d)×115(h)×5(t)mm, 透明塩ビ仕様（池田理化製）、蓋：ステンレス金網製、中ぶり飼料箱、ポリカーボ、口金ステンレス給水瓶（以上トキワ科学製）。
6. 測定器：ACTOMONITOR II(2ch)/1基；Medical Agent Inc., kyoto, Jpn、記録計：4 channel。

結果抄 1. 性差：YOUNG ADULT (0.9 : 1.0)、OLD (0.6 : 1.0) をのぞく生涯各時期において、最高3.8 : 1.0 (MATURE)、最低1.1 : 1.0 (YOUNG) と雄 > 雌と活動量に有意の差が観察され、日差、SD 等においても同様傾向が明確に示されていた。

【研究発表】

- (1) 山極、新井、成毛：第111回日本獣医学会（病理）、東京、1991.4.

(2) マウス周産期の胃腸障害症（産後突然死）に関する機能病理学的研究

本症が本態に関しては様々な角度から検討を重ねて来たが、明解な回答を得るまでに至っていない。そこで、前述の研究方法にも適用させ、周産期における母マウスに対する妊娠という生命現象の与える一つのストレスを定量的に表現する事によって、本症の解析を容易にするきっかけを作るべく予備的実験を開始した。

1. 供試動物：C3H/Heマウス（雌雄）。15匹。
2. 妊娠動物の作出：1週間の雌雄同居交配を行い、雄を分離させ、その後、10日間の観察期間を置き、妊娠を確認し、不妊の場合は、雄を交換して再度7日間の雌雄同居交配を行うこととした。
3. 測定環境：コンベンショナル検鏡室内、換気：6回/時、照明：12/12時明暗。
4. 測定方法：毎15分積算集計、連続記録（記録紙）1匹（交配中は2匹）/1ケージ/測定器
5. 居住空間：ケージ：270(w)×145(d)×115(h)×5(t)mm、透明塩ビ仕様（池田理化製）、蓋：ステンレス金網製、中づり飼料箱、ポリカーボ・ロ金ステンレス給水瓶（以上トキワ科学製）。
6. 測定機器：ACTOMONITOR 11(2ch)/1基；Medical Agent Inc., Kyoto, Jpn、記録計：4 channel。

結果抄

周産期の活動特性

- (1) 分娩日：24時間全ての時間帯において、活動は沈静化する。特に夜間（マウスでは6:00-15:00）では顕著であった。
- (2) 分娩後1～3日目：通常の雌活動の約1/2～2/3に減少。
- (3) 分娩後4～7日目：急激な活動量の増加が観察され、分娩日0～3日目までの4日間の泌乳と半絶食状態（急性の栄養失調）からの脱出という生理（Homeostatic Reaction）と理解されるべき劇労と目されるものであった。
- (4) 分娩後8～9日目：通常生活の各時間帯レベルに活動量は低下し、4～7日目に於ける劇労の回復期（Homeostatic Reaction）と目された。
- (5) 分娩後10～12日目：最大活動期であり、一般水平運動（床上運動）並びに垂直運動（採餌、採水）は昼夜を分ける事なく行われていた。
- (6) 分娩後13日目：再び(4)と同等まで低下して

いた。

- (7) 分娩後14～16日目：1日置いて再び活動は活発(3)となっていた。
- (8) 分娩後17日目：再度(4)と同程度まで低下していた。
- (9) 分娩後18～20日目：活動は再び活発化し、(3)と同等のレベルを示していた。
- (10) 分娩後21日目：仔の離乳、分離とほぼ同時に活動は沈静化していた。

結語

最大活動期である分娩後10～12日目におけるその量は通常生活時のおおよそ5～6倍量に達し、しかも昼夜殆ど関係なくおこなわれる活動は医学的には生理活動の限界を超えたストレスとして母体に影響を与えているもの、即ち、古来からの定説である『妊娠は病気ではない』を否定するものであり、明かに、一歩病的状態側に踏み込んだ現象と理解された。しかも、臨床上健康体であって初めて耐過可能な現象と考えられた。

(3) 放射線照射マウスにおける微生物の影響に関する研究

松本恒弥、松下 悟、川島直行、佐藤義子、安藤興一、小池幸子（臨床研究部）

我々は、マウスの微生物管理に役立てるため、常在細菌及び病原・非病原細菌の宿主に及ぼす影響について調べている。

本年度は、マウスにおいて腸内細菌叢は腫瘍の自然転移の修飾因子となり得るかについて、無菌、ノトバイオート及び抗生物質投与 SPF を用いて検討した。その結果、無菌マウスは SPF マウスより明らかに肺転移は抑制されていた。抗生物質投与により腸内を無菌とした SPF マウスでも転移は抑制された。さらに、無菌マウスに SPF マウスの糞便を投与したマウスでは肺転移数は増加した。これらのことより、腸内細菌叢は腫瘍細胞の自然転移の修飾因子となることが明らかになった。

マウス飲水の微生物統御の一貫として、塩素添加水道水を給水瓶に詰めてマウスに与えることにより新たにトリハロメタンが生成されるか否かについて種々検討した。その結果、塩素添加水道水をマウスに与えても新たにトリハロメタンは生成されることが明らかとなった。しかし、トリハロメタン総量を低く抑えるため、マウス飲水用の塩素添加水の原水は、水道水より蒸留水を使用することが望ましいことが明らかとなった。

また、最近発見された実験小動物の呼吸器病原細菌であるカー・バチルス (CAR bacillus) に関して、菌と宿主細胞である気道粘膜上皮の寄生形態及び宿主細胞の変化を走査電顕及び透過電顕で観察した。

さらに、実験中の7ヶ月齢以降のC57BL/6Jヌードマウスに肺炎が高率に発生したため、その原因を追求した。肺炎は組織学的に、好酸性結晶を伴うマクロファージの増殖を特徴としていた。微生物学的に病原体による感染は否定された。従って、本症は系統特異的な非感染性の呼吸器疾患と診断された。

【研究発表】

- (1) 松本、安藤、小池：第25回日本無菌生物学会、東京、1992. 1.
- (2) Matsushita, S. : *J. Vet. Med. Sci.*, **53**, 361-363, 1991.
- (3) 松下、小林、松本、大津：第38回日本実験動物学会総会、札幌、1991. 5.
- (4) 松下、浦野：第4回日本放射線腫瘍学会、千葉、1991. 9.
- (5) 安藤、小池、松下、増田：第4回日本放射線腫瘍学会、千葉、1991. 9.
- (6) 小林、大津、野田、松下、松本、佐渡：第50回日本癌学会総会、東京、1991. 9.

(4) マウスの系統維持を目的とした受精卵凍結保存および放医研生産系統マウスの各種特性に関する調査研究

岡本正則、松本恒弥、富田静男、山田能政、桜田雅一、佐藤義子

1) 凍結保存：受精卵(胚)の凍結保存は、従来の繁殖による継代・維持に代わり、より合理的な実験動物生産、供給及び維持を行うことを目的として実施している。即ち、使用希望の少ない系統については従来の繁殖による継代・維持に加えて凍結保存法による系統維持を併用しながら、本法による系統維持を順次導入していく計画である。本年度までに以下に示す13系統を対象に凍結保存を進めた結果、凍結保存胚の総数は2,182個となった。これらの系統別内訳は、B10. A : 222, B10. LP:212, B10.129 :183, B10. Thy-1.1: 135, B10. BR-Thy-1.1: 220, C3H: 259, C57BL : 225, C57L : 164, CBA/J : 151, GAM : 51, HTI : 259, HTH: 4, STS: 97である。この結果、B10. A, B10. LP, B10. BR-Thy-1.1, C3H, C57BL, HTIの6系統が、予定の保存胚数200個に達し凍

結を終了した。これまでの結果から、胚の回収率及び交尾率に系統差が著しいこと(回収率の良い系統：B10. BR>B10. LP>C57BL>B10. A>C3H>HTI 低い系統：HTH<B10. 129<B10. Thy-1.1<CBA<C57L<STS)が明らかになった。次年度は、これらの点を考慮し、凍結保存法による系統維持をさらに推進する計画である。

2) マウスの各種特性に関する調査研究：本研究は放医研で維持している系統マウスの各種特性に関するデータベースを作成し、当所における生命科学の発展に寄与することを目的として行っている。本年度は生産数の多い系統を対象に、各種の質的形質及び成長・繁殖に関する量的形質について観察・測定を行った。特に重要と考えられる繁殖に関しては、系統別の交尾率及び過剰排卵数調査を行った。その結果、交尾後第1日・第3日目に行った胚の回収率には系統差が著しいことが明らかになった。また、胚回収時における発生ステージはほとんどの系統で8~16細胞期に同調していたのに対し、発生速度の遅い系統や、未受精卵・異常卵数が著しく多い系統もあり、系統間に変動が認められた。

一方、実験動物は遺伝的モニタリングを定期的実施し、遺伝的品質を保証することは研究を進める上で重要である。このため、本年度は9系統のマウスについて生化学的標識遺伝子の調査を(財)実験動物中央研究所 ICLAS 遺伝モニタリングセンターに検査を依頼して実施した。その結果は表に示すとおり、RFM/Ms 系統のバンドパターンでヘテロ型を示す *Mup-1* 遺伝子が認められた(表*印)。しかし、他の維持機関の同系統のマウスにおいても同様のパターンが認められるので、本系統は特異な *Mup-1* 遺伝子を有していることが示唆される。なお、本結果は実験動物使用者に配付済である。

【研究発表】

- (1) 岡本、松本、山田、富田：第3回哺乳動物生殖工学会シンポジウム-精子・卵子・胚の凍結保存、東京、1991. 12.
- (2) 岡本：実験動物、**41**, 33-38, 1992.

表 遺伝的モニタリング・遺伝検査結果

系 統		染色体番号および遺伝子座																				
		1			2	3		4		5	6		7		8		9		11		17	
		<i>Idh</i>	<i>Pep</i>	<i>Akp</i>	<i>Hc</i>	<i>Car</i>	<i>Mup</i>	<i>Gpd</i>	<i>Pgm</i>	<i>Ldr</i>	<i>Gpi</i>	<i>Hbb</i>	<i>Es-1</i>	<i>Es-2</i>	<i>Thy</i>	<i>Mod</i>	<i>Trf</i>	<i>Es-3</i>	<i>H-2K</i>	<i>H-2D</i>		
-1	-3	-1		-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1				-1	-1							
A/J	(2)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	0	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>k</i>	<i>d</i>		
BALB/c	(2)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>d</i>		
C3H/He	(2)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>k</i>	<i>k</i>		
C3H- <i>Pgk-1^a</i>	(2)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>k</i>	<i>k</i>		
C3H/He- <i>bg</i>	(2)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>k</i>	<i>k</i>		
C57BL/6J	(2)	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>l</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>		
ICR	(2)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	0	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>q</i>	<i>q</i>		
RFM/Ms	(2)	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	0	<i>a</i>	*	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	?	<i>f</i>		
STS/A	(2)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	0	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	?		

5. サイクロトロン管理業務

5-1 技術・運転関係業務

本年度のサイクロトロンの運転時間は1382時間で、利用内容による内訳とその百分率は次のとおりである。

速中性子線治療クリニカルトライアル	415.5時間 (30.1%)
陽子線治療クリニカルトライアル	48.7時間 (3.5%)
短寿命 RI の生産と生産法研究	403.7時間 (29.2%)
物理関係照射実験	164.2時間 (11.9%)
生物関係照射実験	191.2時間 (13.8%)
放射線安全管理測定	2.3時間 (0.2%)
サイクロトロンの改良開発研究等	43.0時間 (3.1%)
調整運転	113.4時間 (8.2%)

利用に供された粒子の種類とエネルギーを表1に示す。

本年度も、前年度と同様に、サイクロトロンは特に大きな故障の発生も少なく順調に稼動した。その結果、その運転内容に若干の問題があったものの予定されたマシンタイムを無事に全部消化することができた。この良好な稼働率を可能にして

いる理由の主なるものは、ここ数年来重点施策として行いつつある電源類をはじめとする周辺機器の老朽化対策の成果と運転技術の向上であると判断される。この施策及び注意深い運転管理と保守を今後とも継続することにより、この良好な稼働状況を長く保てるものと期待している。

しかし、運転開始後18年の歳月を経過しているサイクロトロンには、危惧すべき破損が一部基本的要素に進行していることも事実である。これに伴い、これ等問題点の洗い出しと対応策の立案、並びに製造中止などの理由により輸入不可能と思われる重要部品の補充対策が現時点においての最優先課題となってきた。

本年度のマシンタイム提供週数は37.5であった。特徴的なことは9月より12月までの15週間にわたり、週5回の速中性子線治療トライアルが実施されたことである。これに対応して週間マシンタイムの見直しを行い、新たに夜間利用を設けた。これにより、多目的のマシンタイム利用の減少を最小限に抑えるようにした。表2に新しい週間マシンタイムの配分をしめす。

この様に配慮した提供可能な年間のユニット数(午前、午後及び夜間を各1単位)は403であり、特高受電設備の点検分6を除外した397がマシンタイムとして配分された。前年度のそれに比して15%の増加となった。

軽度のトラブルによる若干のマシンタイム開始

表1 平成3年度サイクロトロン利用状況

陽子		重陽子		その他の粒子	
エネルギー(MeV)	運転時間(h)	エネルギー(MeV)	運転時間(h)	エネルギー(MeV)	運転時間(h)
80.0	7.4	54.0	1.8	$^{14}\text{N}^{4+}$	10.7
73.0	15.6	52.45	6.5	$^4\text{He}^+$	25.8
70.0	173.8	30.0	542.0	$^3\text{He}^+$	4.0
60.0	10.1			$^{12}\text{C}^{4+}$	143.3
50.0	26.0			$^3\text{He}^+$	
40.0	2.8				
18.0	412.2				
	計 647.9		計 550.3		計 183.8

表2 週間マシンタイム配分表

	第1週			第2週		
	午前	午後	夜間	午前	午後	夜間
月	C		M	NT	RI	CM
火	RI	NT	—	RI	NT	
水	RI	NT	RI	RI	NT	*P/B
木	NT	P または B		NT	P または B	
金	NT	PT	—	NT	PT	*P/B
土	NT	—	—	—	土曜閉庁	—

CM; メインテナンス RI; RI 生産
 NT; 中性子線治療 PT; 陽子線治療
 P; 物理実験 B; 生物実験
 *P/B; 物理または生物実験、午後の加速モード
 にあわせて、いずれか一方を選択

時間の遅延があったものの時間延長などの処置を施した結果、初めて全ユニットの無事消化が達成された。

また、前年度に引き続き年度始めより夏の定期点検保守期間までの間に、午後の利用が早めに終了した場合に適用する空き時間利用制度を実施した。その利用回数は延べ21回にわたった。

安全測定に関しては本年度も放射線安全課の協力を得て、年3回実施している定期点検の調整運転時に併せて実行された。

老朽化対策としては、三年度計画で実行してきた冷却系の更新を完了させた。これによって全系の警報付き流量計、調整弁等の構成部品が新製品に置き換えられた。電源類では、トリムコイル予備電源を新設すると共に一部のトリムコイル極性切回路を遠隔操作機能付きで更新した。また、交換部品入手不能で修復不可能となっていた高周波電力管のスクリーングリット電源と制御系用電源の各2台を更新した。未更新電源は2台のトリムコイル用電源と20台程度の小型電源のみとなった。今後、順次更新の予定にしている。

一方、三年ぶりに全電源の整備点検を夏の整備期間に実施した。全般的に良好な状態にあったが、一部製作年度の古い電源の構成部品に品質劣化や補充不能等の問題が存在することが判明した。

故障の多発で、ここ数年来問題となっていた主真空排気系の6台のターボ分子ポンプについては、昨年のNo2共振器に引き続きNo1共振器にもクライポンプを設置してターボ分子ポンプ故障

時のバックアップとした。10月末より相次いで3台のターボ分子ポンプ回転軸の焼き付き事故を起こした。そのため、予備器を含めて4台での注意深い運転を余儀なくされる状況となった。現時点において、現用機種は製造中止となっており部品の補給も不能となっている。新機種の採用及び配管コンダクタンスの増大を目指す真空配管系の改良等の対策が急がれる。

その他、サイクロトロン本体中心部近傍に方位角方向に90度回転してビーム加速平面を遮るシャッターを新たに設けた。これにより、供給ビーム待機時における本体内部及びビーム輸送系シャッター等の無用の放射化を軽減させることに成功した。

従来より、主電磁石中心穴を通してテレビカメラにより内部イオン源の位置を確認してきた。しかし、中心穴に垂直入射系の機器を取り付けたため、位置確認が困難になっていた。種々の方法を試みた結果、視野が狭くなる欠点を有するものの超望遠レンズとレーザー光源を使用した従来方式の採用に落ち着いた。

幸いなことにマシンタイムに直接影響を与えなかったが、故障は大小取り混ぜてしばしば発生した。ビーム取出し用プリセプタイムの焼損、イオン源からの水漏れ、高周波電力増幅器のグリット整合用抵抗器の水漏れ事故等が主なものである。また、未更新の小型電源に事故が多発した。一方、3台の高周波位相検出器にもIC破損による事故が頻発した。

運転面では、今まで陽子線治療はC9コースを使用して70MeV陽子のみで行われてきたが、今期初めて73MeV陽子に依る治療も併せて実施された。また、新しい試みでは、C4コースに小型の中性子発生用ターゲットを新製し30MeV重陽子を用いた中性子捕獲療法のための物理的基礎実験が行われた。

サイクロトロンの運用に関しては、運転委託業務も教育訓練期間を終え軌道にのり、新しい戦力として期待しうる状況になりつつある。今後とも、装置の性能向上と老朽化対策を強力に推進し、もって装置の高率的運用を計り、利用成果を含めた全体性能の向上の達成を目標とする努力を継続することを指針としていく。

施設関連業務では、施設の老朽化対策として、冷却水循環施設のチラーユニット自動発停用偏差調節器の取替、排水管の修理、冷却水ポンプ(PW-5)モータコイル巻替、冷却塔更新

(CT-1)並びに空調機(AC-1) プーリー交換、燃料メータ取替、ターボ冷凍機用リレー交換、温水ポンプ (PW-3) 取替、便所用排風機 (FE-16) ファン用モータ修理等を行った。また天井クレーンの修理調整を行い所要の対策を講じた。

5-2 アイソトープ生産業務

サイクロトロンを用いた短寿命放射性同位元素の製造、標識及びその薬剤化に関する業務を行った。

製造した短寿命放射薬剤は核医学診断、研究用として関連研究部へ定期的に提供した。本年度に製造した標識化合物及びその生産量等を表3に示す。

短寿命放射薬剤の診断提供については、①¹¹C-N-メチルスピペロン注射液 (提供量：24.175 GBq、提供回数：9回、患者数24名)、②¹¹C-NMPB注射液 (提供量：22.818 GBq、提供回数：11回、患者数17名)、③¹¹C-SCH-23390注射液 (提供量：11.66 GBq、提供回数：3回、患者数6名)、④¹¹C-Ro15-1788注射液 (提供量：30.33GBq、提供回数：11回、患者数17名)、⑤¹¹C-Ro15-4513注射液 (提供量：19.05 GBq、提供回数：4回、患者数7名)、⑥¹³N-アンモニア注射液 (提供量：46.942 GBq、提供回数：27回、患者数36名)をポジトロンCTを用いた核医学診断に提供した。その他、動物実験、ファントム実験、標識合成実験などにも種々

の標識化合物を製造提供した。

設備面については、ホットラボ2室体制の効率的運用を図るとともに、液体クロマトグラフ質量分析計、自動調剤装置、自動洗浄装置を設置した。

液体クロマトグラフ質量分析計は、照射液や製造放射薬剤中に含まれる化学種の同定に威力を発揮するものである。自動調剤装置は、分離溶媒の除去や除去後の生理食塩水への溶解、滅菌濾過などを自動的に行える装置である。今までこれらの工程は手作業で行っていたが、本装置の設置により自動化が可能となり、作業者が受ける放射線の被ばくが低減された。自動洗浄装置は、自動合成装置に使用された反応容器などの洗浄・乾燥を自動的に行う装置であり、装置にセットするだけで洗浄・乾燥工程を自動的に行うことが可能となったので、これまで反応容器の洗浄に費やした労力が大幅に軽減された。

5-3 研究業務

(1) 医用サイクロトロン装置及び設備に関する研究

山田孝信、隈元芳一、運転係、

小川博嗣、佐藤幸夫(医用重粒子線研究部)

本研究は、サイクロトロン並びにビーム輸送系の改良と性能向上を目的とし継続して実行されている。

本年度は、昨年度末に機器の据え付け並びに電源と制御系の配線工事の完了をみた垂直入射系によるビーム加速テストを開始した。技術・運転関

表3 平成3年度に製造した標識化合物および生産量

核種	標識化合物	生産量 (GBq)	診断提供量 (GBq)	実験提供量 (GBq)
¹¹ C	NMSP	76.155 (26)	24.175 (9)	23.79 (10)
	NMPB	64.503 (24)	22.818 (11)	7.613 (8)
	SCH23390	20.35 (6)	11.66 (3)	
	Ro15-1788	61.88 (20)	30.33 (11)	15.27 (4)
	Ro15-4513	102.155 (33)	19.05 (4)	57.003 (27)
	NKY722	19.6582 (20)		5.9452 (8)
	PK11195	4.8026 (8)		3.782 (3)
	MP3A	1.135 (2)		0.07 (1)
	アラニン	39.48 (8)		39.48 (8)
	CH ₃ OH	69.251 (16)		
¹³ N	NH ₃	270.8992 (107)	46.942 (27)	93.998 (28)
¹⁸ F	F ⁻	3.323 (13)		

註、()内は生産回数もしくは提供回数を示す。

係業務の項で前述したように、本年度は空き時間利用の他に新たに夜間利用が開始されたため、サイクロトロン利用時間が前年比で30%の増加となった。このため、垂直入射系整備の一連の作業はマシンタイムの合間をぬって断続的に行わざるを得ない状況となった。

作業はまず最初に、垂直入射系を総合的に運転するために必要な制御装置の細部の調整から行われた。調整箇所が多岐にわたり、その作業は困難を極めたが得られた結果は予定を十分満足するものであった。

次に当面、系の調整用イオン源として用意しておいた構造が単純で保守の容易なデュオプラズマトロンの運転調整を行い、必要なイオンの出力強度を得るガス流量、アーク電圧等のパラメータを確立した。

デュオプラズマトロンから出射したイオンをサイクロトロン内部の加速軌道にのせるまでのビーム加速テストの過程は次の手順を踏んだ。まず、イオン源から出射したビームを2組の収束用アイソツェルレンズで絞り、4つの上下左右スリットを使用してビーム断面形状を20×20mmにきめた。このビームを電荷質量比分析機能をもった90度偏向電磁石で垂直方向に曲げて主電磁気の中心穴に入る直前のファラデーカップまで輸送し、輸送効率・ビームサイズ等のイオン光学的検証を行いほぼ予定通りの結果を得た。同時にイオン源で生成される各種イオンの分析を行い、必要とするイオンの量を最大とするイオン源の運転パラメータの再調整を行った。つづいて、垂直ビームを水平方向に偏向して加速軌道にのせる役目をするインフレクタを単にストッパーとして機能させ、電磁石中心穴内の輸送を行い、4組の収束用コイルレンズのパラメータを確立した。

以上一連の作業は第一段階としてサイクロトロン主電磁石を無励磁の状態を実施した。これは主電磁石上側ヨーク上の漏れ磁場及び中心穴内の磁場のビーム軌道へ与える擾乱を除いて純粹に輸送系としての特性を調査すること、並びに輸送系のまわりを覆う磁器遮蔽材を取りのぞいて各機器の調整を容易にするためである。

垂直入射系の特徴から、その主な用途はネオン程度までの重イオンの最高エネルギー（最大磁場に対応）の加速になるであろう。したがって第二段階でのテストは主電磁石からの漏れの磁場が最も多くなる最大磁場でのビーム輸送となった。イオン源を出た直後から偏向電磁石までの水平ビ-

ーム輸送ラインのまわりを弱磁場遮蔽特性の良い6mm厚の純鉄材（フェロパーム）で覆った状態で比較テストを行った。予想された事であるが速度の遅い電荷質量比の小さいイオンに輸送効率の劣化がみられた。しかし、パラメータの若干の変更で、ある程度補正が可能であることが分り実用上問題は発生していない。

これ等の作業と並行して、内部イオン源を使用し最大磁場におけるサイクロトロン本体のビーム加速テストを行った。従来より実験に供してきた電荷質量比 $e/m=1/3$ の ${}^3\text{He}^+$ 、 ${}^{12}\text{C}^{4+}$ (12MeV/核子) の他に、新たに $e/m=1/2$ の ${}^2\text{D}^+$ (27MeV/核子) 及び $e/m=1/4$ の ${}^4\text{He}^+$ 、 ${}^{20}\text{Ne}^{5+}$ (6.7MeV/核子) の加速を試み運転パラメータを確立した。

この作業の結果、垂直入射系を使用して最大磁場で H=2 モードにより加速可能な $e/m=1/2.3$ (20.8MeV/核子) から $e/m=1/4.5$ (5.4MeV) までの範囲にある重イオンの運転パラメータの確立が容易となった。

これ等の作業を経てインフレクタに電圧を印加しビームを加速軌道にのせる最終段階の作業に到達した。まず手始めにサイクロトロンの運転状況が最も良好で運転経験の深い30MeV重陽子の加速を選択してテストに着手し、10月25日に初めて垂直入射系によるビーム取出しに成功した。

通常、垂直入射系を用いたビーム加速の効率は垂直ラインに入ったビーム量とサイクロトロンから取り出された量の比で一般に定義される。この比をよりよくするため垂直入射系を有する大部分のサイクロトロンにはビームバンチャーが付加されている。バンチャーはイオン源からの直流ビームを加速高周波の有効な位相幅内に圧縮する機能をもつ。バンチャーの使用により3倍程度のビーム増強が可能となる。バンチャーを使用しているビーム加速効率の世界的レベルは5~15%である。

初ビーム取出し成功後、バンチャー無しの状態でのビーム調整を重ねて得られた加速効率の結果は次の通りである。30MeV重陽子で5.3%、最大磁場における $e/m=1/3$ 、 $1/4$ のヘリウム3及び4の一価イオンでそれぞれ4.9%、3.7%であった。イオンの e/m が小さくなるに従って効率が劣化する主な原因は、定軌道運転をするサイクロトロンへの入射エネルギーが低くなるため垂直入射ライン中でのイオン速度が遅くなり、主電磁石の漏れ磁場の影響を受ける時間が長くなるためと思われる。上記の加速効率は、バンチャーの付加によ

り 10~15%のほぼ上限に近い値に改善できることが十分期待できる。これ以上の効率は種々の理由により技術的にも無理と考えられる。

次年度にバンチャーの設置を予定している。取り付け場所は確保してある。バンチャー本体、高周波回路及びそれ等の制御方式を現在検討中である。

(2) サイクロトロンを用いた RI 製造と製造設備に関する研究

本年度は、 ^{11}C 標識乾燥メタノールの製法の確立と、それを反応前駆体とした ^{11}C 標識 NKY-722 の自動合成法の確立を行った。また、自動調剤装置の開発に成功したことにより、照射から最終製剤の製造までの自動化を達成した。

^{11}C 標識メタノールは、 ^{11}C 標識放射薬剤の重要な反応前駆体である $^{11}\text{CH}_3\text{I}$ 製造の中間体として常に生成しているにもかかわらず、直接利用されることは稀であった。これは、生成する $^{11}\text{CH}_3\text{OH}$ に比べ大過剰の水分が混入し、その除去が極めて困難なためであった。ここでは LiAlH_4 と $^{11}\text{CO}_2$ のコンプレックスの加水分解試薬として、水の他に水 /THF(1/99)、濃磷酸、濃硫酸を検討した。また、メタノールの乾燥剤としてモレキュラーシーブ 3 A、ドライアライトなど 5 種類以上を検討した。その結果、加水分解試薬として濃磷酸、乾燥剤としてモレキュラーシーブ 3 A の組合せが収量、乾燥度ともに最も良い結果が得られた。

このようにして得られた乾燥 $^{11}\text{CH}_3\text{OH}$ を酸クロライド (NKY722の原料であるカルボン酸の一種 M35 と塩化チオニルを反応させたもの) を反応させ ^{11}C 標識 NKY-722 を合成した。収量は、2~4GBq、比放射能は 40~200GBq/ μmol 、放射化学純度 99%以上であった。

放射線被ばくの低減を図るため、自動的に分離溶媒を留去し、生理食塩水に溶解し、滅菌濾過した後、最終製品を鉛容器中にセットした無菌バイアル瓶中に捕集することのできる自動調剤装置を開発した。そのため、小型軽量のロータリーエバポレータや逆流防止機能付フラスコ、小型四連ピンチバルブの開発などを行った。この装置の開発により、照射から最終製品の取り出しまで全て一貫した自動化が完成したことになる。また、溶出液を捕集しながら溶媒の留去を同時に行うなどの工夫をしたことにより、製造所要時間も大幅に短縮することができた。例えば、 ^{11}C -標識 Nメチルスピペロンの場合、旧来法では全所要時間が 28 分程度であったものがこの装置との組合せで 22 分程度に短縮することができた。その結果、収量、比放射能ともに向上させることに成功した。これにより、今後、作業者の放射線被ばくの大幅な低下が期待できる。

[研究発表]

- (1) Suzuki K., Inoue O., Itoh T., Nemoto K., Oosumi S. and Miwa S. : Int, Conf. on Evolution in Beam Appl., Nov. 5-8, 1991., Takasaki.

Ⅳ 養成訓練業務

(1) 概 況

放医研における養成訓練業務は、放射線影響の研究および放射線防護ならびに放射線の医学利用に関連する科学技術者を養成することである。

昭和34年度、養成訓練部の発足以来33年目をむかえ、各課程の修了者は、すでに4,740名を数え、わが国におけるほとんどすべての原子力開発利用とその安全管理の分野で活躍している。これも過去30年以上にわたって、常に質的に充実した養成訓練を実施するよう努力してきた結果であろう。

平成3年度の養成訓練は「放射線医学総合研究所長期業務計画（昭和54年4月決定）」に基づいてすすめられた。特に長期計画において強調している「社会情勢の変化に対応しての再編成と教科内容の充実と高度化」をはかるため、昭和49年度に発足した養成訓練教科委員会では、更に教科内容の一層の充実をはかるために、必要に応じ専門委員会を設置し検討を進めている。

次に、各課程の概要を示す。

1. 放射線防護課程

この課程は、昭和34年度に開設され、放射線の防護、放射線および放射性物質の安全取扱、放射線施設の管理などに必要な知識と技術を修得させることを目的とし、研修期間4週間、30名、年3回実施している。放射能調査、放射線障害研究、大学などにおける講義、実験指導、原子力行政などの必要から応募する者が多かったが、最近では、原子力発電所、核燃料施設、大型加速装置、放射性医薬品などの関係者の増加が、目立っている。

2. 放射線・核医学基礎課程

本課程は、昭和36年度に放射線利用医学課程として開設されたものであるが、昭和49年度に核医学課程と改称された。その後昭和56年度に、教科内容を変更し放射線核医学基礎課程と改めた。放射線診断治療、核医学診断、RI臨床応用に必要な知識と技術を修得させることを目的とし、期間

は5週間、14名、年1回実施している。応募者は国、公、私立の大病院および大学病院の医師が大部分である。

3. RI利用生物学課程

昭和40年度に開設し、研修期間5週間、16名、年1回実施している。RIトレーサー技術の研修を主体とするもので、毎回多数の応募者があり、医学、理学、農学、水産、薬学など、その分野は多岐にわたっている。

4. 環境放射線モニタリング技術課程

本課程は、昭和53年度に開設されたものであり、主に都道府県の放射能調査担当者を対象とし、環境放射能調査の標準化、技術水準の向上を図ることを目的とする。研修期間2週間、30名、年1回実施している。応募者は衛生公害研究所等の実務担当者などである。

5. 緊急被ばく救護訓練課程

本課程は、昭和54年度に開設されたものであり、主に原子力発電所等原子力施設において従業員健康管理又は診療所等に従事する看護要員ならびに救急要員を対象として、放射線およびその人体に対する影響に関する基礎知識を与えるとともに、放射線管理区域における労働災害の発生に際しての被害者の救急医療に必要な基礎的知識と技術を修得させることを目的としている。研修期間1週間、20名、年2回実施している。応募者は、原子力施設の救急要員およびその診療所ならびに関連機関病院等の看護要員が大部分である。

(2) 業務内容

平成3年度の養成訓練業務は、計8回を次のように実施した。

1. 放射線防護課程

- | | |
|------|----------------------|
| 第83回 | 平成3年5月7日～平成3年6月1日まで |
| 第84回 | 平成3年6月10日～平成3年7月6日まで |

第85回 平成3年11月11日～平成3年12月7日
まで

2. 放射線・核医学基礎課程

第43回 平成4年1月20日～平成4年2月21日
まで

3. RI利用生物学課程

第27回 平成4年1月20日～平成4年2月21日
まで

4. 環境放射線モニタリング技術課程

第14回 平成3年10月21日～平成3年11月1日
まで

5. 緊急被ばく救護訓練課程

第23回 平成3年4月15日～平成3年4月20日
まで

第24回 平成3年9月30日～平成3年10月5日
まで

本年度は、8課程を通じて174名が受講した。

また受講者を選考するについては、必要に応じて
選考委員会を開催した。

6. 課程別、応募者および受講者数

放射線防護課程	応募者数	受講者数
第83回	31	30
第84回	31	30
第85回	33	29
放射線・核医学基礎課程		
第43回	8	8
RI利用生物学課程		
第27回	10	10
環境放射線モニタリング技術課程		
第14回	24	23
緊急被ばく救護訓練課程		
第23回	30	22
第24回	41	22

各課程の科目一覧

1. 放射線防護課程

講義科目	実習科目
(物理・計測)	
放射線物理学 放射線発生器 放射線しゃへい 原子力炉概論 放射線測定 液体シンチレーションカウンタ 線量標準測定法	計数値の統計とβ線の性質 γ線スペクトロメトリ ガスフローカウンタ 液体シンチレーションカウンタ
(化学)	
放射化学 放射線化学 RIの製造・標準化合物	放射化学分析法
(生物)	
放射線生物学 放射線遺伝学 放射線被ばくによる身体的障害 オートラジオグラフィ	急性放射線障害と血液変化 オートラジオグラフィ
(放射線防護・安全管理)	
法令 放射線被ばくの制限値 密封RIの安全取扱法 RIの安全取扱法 個人被ばく管理 放射線施設概論	サーベイ・モニタリング RIの安全取扱法 非密封RI取扱法 汚染管理 実習室のサーベイ

講 義 科 目	実 習 科 目
廃棄物処理技術 職業被ばく線能 環境放射線能	
(演習)	
物理演習 化学演習 生物演習 計測演習 法令演習	
(その他)	
実習講評 施設見学	

2. 放射線・核医学基礎課程

講 義 科 目	実 習 科 目
I. 物理学・測定・装置関係	係 数 値 の 統 計 γ線スペクトロメトリ 液体シンチレーションカウンタ 放射性物質の安全取扱 オートラジオグラフィ 生物試料調整法 ラジオイムノアッセイ サザンハイブリダイゼーション 実 習 講 評
放射線物理 放射線測定 液体シンチレーションカウンタ 放射線の単位	
II. 化学関係	
放射化学 放射線化学	
IV. 放射線防護関係	V. 利用関係(講義)
放射線被ばくの制限値 医療被ばく 放射性物質の安全取扱 内部被ばく線量評価法 放射線障害防止法	
III. 生物学関係	治療計画 がん研究におけるRI利用 集学的療法 重粒子線治療の基礎 核医学データ処理
放射線生物学 放射線遺伝学 放射線被ばく身体障害 クロマチン構造 遺伝子工学 放射線治療の生物学的基礎 染色体異常と自動分析 放射線と免疫 放射線病理学	MR PET 動態画像 モノクローナル抗体 放射線治療学 医用画像の臨床的評価法
	そ の 他
	トピックス講 補

3. RI 利用生物学課程

講 義 科 目	
I. 基礎関係	放射線治療の生物学的基礎 染色体異常と自動分析 モノクローナル抗体 がん研究におけるRI利用 放射線被ばくによる身体的障害 放射線応用分析
放射線物理学 放射線測定 物理演習 液体シンチレーションカウンタ 放射化学 放射化学分析法 放射線化学 放射線の単位	
II. 生物学・基礎医学関係	III. 放射線防護関係 医療被ばく 放射性物質の安全取扱 個人被ばく管理 放射線障害防止法 内部被ばく線量評価法 放射線被ばくの制限値
放射線生物学 放射線遺伝学 標識化合物 オートラジオグラフィ 放射線病理学 ラジオイムノアッセイ 放射線と免疫 医学生物学実験計画法 物質代謝研究におけるRI利用 クロマチン構造 遺伝子工学 遺伝学特論	実 習 科 目 計数値の統計 γ線スペクトロメトリ 放射性物質の安全取扱 生物試料調整法 オートラジオグラフィ 液体シンチレーションカウンタ ラジオイムノアッセイ サザンハイブリダイゼーション 実 習 講 評

4. 環境放射線モニタリング技術課程

講 義 科 目
ガンマ線測定 食品中放射性核種 全身カウンタによる体内 RI の測定 環境試料採取法 環境中 RI の存在形態と挙動 核種機器分析法 モニタリング計画と緊急時モニタリング 環境放射線モニタリングの指針 環境放射線モニタリングの現況 試料調整法 管理区域の立ち入り
実 習 科 目 放射化学分析 牛乳中放射性ヨウ素の測定 Ge 半導体検出器

5. 緊急被ばく救護訓練課程

講 義 科 目
緊急体外被ばく計測と評価 緊急時の身体汚染測定と線量評価 体外被ばく障害 救急処置蘇生法 緊急時の医療対策 体内被ばく障害と汚染患者の取扱 放射線被ばく事故の概況 緊急被ばく医療概論 米国の緊急被ばく事故対策の現況
実 習 科 目 ヒューマンカウンタ (校正と計測・評価) 傷汚染計測法 救急蘇生法 汚染患者の救護・取扱・移送法

1. 職員研究発表
- A. 原著
(養成訓練部)
 1. 西村義一、魏仁善、金統崙、渡利一夫、今井靖子、稲葉次郎、松坂尚典：放射性 Sr の代謝に及ぼすキトサンとアルギン酸の影響について、Radioisotope, 40, 244, 1991.
 2. Neno, M. : Induced accumulation of polyubiquitinating transcripts in HeLa cells after UV-irradiation and TPA-treatment. Int. J. Radiat. Biol. 61 205-211, 1992
- C. 口頭
 1. 渡利一夫：主な核分裂生成核種の除去方法、第23回放医研シンポジウム、放医研、1991.12.6
 2. Watari, K., Morimoto, T., Kato, Y. : Determination of Th by various analytical methods., Japanese-German Joint Workshop on Thorotrast Late Effects. Tokyo 1992.1.
3. 越島得三郎、喜多尾憲助： γ 線測定装置のバックグランドスペクトルに及ぼす水試料の影響。第26回日本保健物理学会、堺、1991.5.
4. H. Joshima, K. Fukutsu, Y. Nishimura, H. Ohara and K. Kashima.: Radiosensitivity of Erythropoietic Activity in Pregnant Mice. 9th ICRR, Toronto, 1991.7.
5. I. Tamanoi, H. Joshima, N. Fujii, S. Muraoka and K. Harada. : Distribution of D-Aspartic acid in Irradiated Mice. 9th ICRR, Toronto, 1991.7.

V 診 療 業 務

概 況

放医研の病院は、平成3年5月13日に、設立の30周年を迎えた。放医研の病院は、放射線障害患者の診断と治療、放射線の医学利用に関する診療と臨床研究を主な業務として運営されてきた。放射線障害の診断と治療に関しては、この期間中に大きな放射線被曝事故は無く、僅に1件のみ、昭和46年9月、非破壊検査用のイリジウム-192線源の取扱不注意による被曝患者6名を収容したことがあっただけである。一方、放射線による被曝事故を想定して進められていた放射線障害の診療業務も、昭和54年3月28日に発生したTMIの事故以降、原子力防災対策の一環として位置づけられ、病棟内に無菌室が新たに設けられた。この無菌室は、平時、化学療法のために活用され、有事における診療の訓練の場ともなっている。

放射線治療の分野では、病院開設以来のphoton beam 治療全盛の時代から、昭和50年以降は粒子線を利用する時代への転換期を迎え、速中性子線と陽子線を利用する臨床試行の成果は重粒子線がん治療装置を導入する基盤ともなり、平成5年度には重粒子線治療の臨床試行が開始される予定になっている。一方、放射線診断も、現在では画像診断の全盛期に入っている。画像診断と放射線治療計画を一連のシステムとしてまとめた“CT-シュミレーター”が導入され、治療精度を向上するための努力が重ねられている。

平成3年11月15日、病院設立30周年の祝賀会が、100名を超える参加者のもとに、千葉共済会館において開催された。

1. 診療：

特別研究「重粒子線によるがん治療法に関する調査研究」に参加し、重粒子線治療の適応を明らかにする研究を進めると共に、重粒子線治療システムの策定に力を注いだ。特に、治療の再現性と精度を向上させる基礎となる患者の固定法に関する研究は重点的に進められている。

Photon beam を利用する分野では、RALS の治療成績評価とともに、放射線を中心に据える集学的癌治療の中で、ピシバニールの局所注射を併

用する食道癌の放射線治療の成果が注目されている。

速中性子線治療に関しては、これまでの fractionation scheme (週3回照射法) の他に、喉頭癌の進行症例を対象にした週5回分割照射法の再評価が行なわれている。

2. 重粒子線治療ネットワーク会議：

重粒子線治療ネットワーク会議のもとに、計画部会が設けられ、平成3年9月2日、平成4年1月17日の2回部会が開催され、平成4年3月25日には、第2回ネットワーク会議が開催された。これらの会議の討議を経て、重粒子線治療臨床トライアル要領を作製することなど、重粒子線治療を進めるために必要な事項につき討議が行なわれた。

3. その他：

a. 放医研病院は、開設以来、30年を経過し、各所に老朽化が目立ってきた。一方、重粒子線治療臨床試行を行なうための体制作りの一環として新病院構想があり、その基本設計に関する討議が行なわれた。

b. 第4回日本放射線腫瘍学会・学術大会が平成3年9月17日～19日の3日間、会長恒元博のもとで日本コンベンションセンター（幕張メッセ）において開催された。

1. 放射線障害の臨床的研究

宮本忠昭、門沢浩二、向井 稔、安川朋久、
森田新六、恒元 博、*赤沼篤夫、
*溝江純悦、 *鈴木 元、 *明石真言
(*障害臨床研究部)

- 1). 障害臨床研究部によるビキニ被災者、トロトラスト症例の追跡調査研究に診療協力を行った。
- 2). a). 悪性リンパ腫、肺小細胞癌などの進行悪性腫瘍患者に対する化学療法後の造血器障害を緊急時の外部被曝のモデルとして無菌室治療および成分輸血治療を行った。 b). 自己骨髄移植の準備として、①患者、無菌室の病原体のチェック体制の強化、②無菌食の調理、③骨髄液保存、

④全身照射のためベットストレッチャーの使用、および⑤ G-CSF による白血球防護治療を行った。

- 3). 免疫賦活剤ベスタチン、ソニフラン、免疫抑制剤スバガリンの放射線防護作用の基礎的研究をマウスを用いて行い、その成果を発表した。

HORIUCHI, K and MIYAMOTO, T
Radioprotective Effect of UBENIMEX
(Bestatin) on C3H and BALB/c Mice.
Int. J. Radiat. Biol., 62, 73-80, 1992

2. 画像診断による臓器疾患の評価研究

中野隆史、恒元 博、森田新六、宮本忠昭、
向井 稔、久保田進、佐藤眞一郎、
坂下邦雄、熊谷和正、柴山晃一、千尾武彦、
石居隆義、館野之男*、山崎統四郎*、
福田 寛*、池平博夫*、溝江純悦**、
*臨床研究部 **障害臨床研究部

研究経過

- 1) CT 画像や MRI、超音波断層像などの画像診断法を用いて癌病巣の進展範囲、転移部位等の診断を行い、治療領域の決定や放射線治療方針の決定に用いられた。
- 2) 特に MRI や PET 診断法は従来の X 線診断法では描出困難な病巣の描出が可能で診断精度が向上した。また生理的機能を画像化することができるため、照射後の経過観察には有用であった。
- 3) RI は肝臓、肺、腎臓を中心に転移病巣の検出や生理学的機能の変化を検索し、放射線照射に伴う変化を研究することができた。
- 4) X 線 CT 画像上で病巣を指定し、これにより照射野を作製すると、自動的に患者の皮膚上にレーザービームで照射野を描出できる X 線シュミレーター装置を導入し、X 線透視で見えない腫瘍病巣を精度良く治療計画が可能となった。
- 5) MRI 画像は CT 画像で描出不可能な腫瘍の描出に有効である。これを利用して、肺癌の脳転移の早期発見の試みがなされ、5 mm 程度の小転移病巣を同定し、早期の治療に役立てている。子宮癌でも腫瘍の描出には MRI が威力を発揮している。照射前の腫瘍量と照射後の腫瘍量の比較より、定量的な照射効果の解析が行われている。
- 6) 陽子線治療装置内に X 線撮影装置を設置し、照射部位を X 線写真により、照合するシステムの設計をおこなった。この CT 装置として画像

による放医研独自の陽子線治療計画システムの併用で眼球の悪性黒色腫の治療がこれまで以上に正確で再現性の高い治療が可能となる。

3. 放射線治療技術開発に関する研究及び癌の集学的治療の基礎的・臨床的研究

森田新六、宮本忠昭、向井 稔、久保田進、
中野隆史、佐藤眞一郎、安川朋久、
門澤浩二、清水わか子、杉田 公、
加藤博敏、坂下邦雄、熊谷和正、柴山晃一、
千尾武彦、石居隆義、岡 邦行、恒元 博、
赤沼篤夫*、溝江純悦*、(*障害臨床研究部)

(研究経過)

放医研の放射線治療は平成 5 年度末の重粒子線治療開始に向けて前進している。この大プロジェクトが成功するには、現行の放射線治療が高い評価を得て、多くの患者が治療のため紹介されてくることである。そのためには放射線治療技術をより一層改善し、がんの集学的治療を更に向上させることが必要である。従来放医研では子宮癌のラルス治療や B-M 併用療法の肺癌治療などの一般的治療法、サイクロトロンの中性子線、陽子線での新しい治療法で外部医療施設よりの積極的な協力を得てきた。今後重粒子線治療のためには単に進行期、抵抗性の難治性がんの治療で評価をうけるだけでなく、高度で正確な治療で、他の治療法よりも優れているという大きな信頼と要望を得ることが大切である。

治療技術の開発では照射範囲を必要最小限に止めようとする X 線 CT シュミレーターの利用が活発であり、頭部固定マスク、全身固定発泡スチロール製ベットを装着した治療計画が特に粒子線（中性子線、陽子線）治療で行われた。重粒子線治療の場合にも多門照射の有効性が示唆されているので、これらの重要性は更に増加する。腫瘍部周辺へのマーカー刺入、それに対する X 線撮影による照準がより正確な照射技術として陽子線治療で実行されている。

子宮頸癌のラルス治療の最適化も最良線量分布を作るための方法として行われている。すでに 30 名をこえる症例数が検討され全国規模でのトライアルの中核として重きをなくしている。

がんの集学的治療の目的は難治性癌の治癒率を上げることにある。このためには化学療法、免疫療法は欠くことの出来ない併用療法である。食道癌の放射線治療とピシバニール併用療法は 50 例を超える症例数となった。2 年及び 4 年生存率は 44

%と34%であり、全国平均の生存率を15~20%上回る優れた成績である。子宮頸癌の放射線治療とソニイフィラン併用療法も30例を超え、組織学的検討を中心とした検討が続けられている。患者のQOLを考えた乳房温存的治療は外部外科側先生方との定期検討会を含めて、予定通りの成果が得られている。症例数も30例を超えて今後更に検討が続けられる。

[研究発表]

- 1) Arai.T.,etal : High-Dose-Rate Remote Afterloading Intracavitary Radiation Therapy for Cancer of the Uterine Cervix. A 20-year Experience. Cancer 69(1) 175-180, 1991.

4. 放射線診療業務のシステム化に関する研究

向井 稔、久保田進、中野隆史、佐藤眞一郎、森田新六、恒元 博、溝江純悦*、赤沼篤夫*、福久健二郎**、飯沼 武***、中村 譲***

* : 障害臨床研究部 ** : 技術部

*** : 臨床研究部

[研究経過]

- 1) 昨年導入された全身用X線CTシミュレータをベースにした治療計画・線量計算システムを、主に脳腫瘍・頭頸部腫瘍の速中性線多門照射治療計画に応用し、線量分布の改善による速中性子線のより有効な適用、および重粒子線治療のための技術的な問題点の発掘と改善のために利用した。これを通じて重粒子線治療にあたっての患者固定・照射法に関する貴重な経験とデータの集積を行うことができた。
- 2) 1975年以来運用している病歴システムへのデータ登録とその利用のためのソフトウェア開発を継続した。本年度は速中性子線治療後に晩

期障害として皮膚潰瘍及び中枢神経障害を起こした症例の詳細な検討のためのデータを中心に、いくつかのretrospectiveな臨床研究のためのデータを供給した。

また、日本放射線腫瘍学会との協力の下で全国の放射線治療の実態調査を行い、現在の日本の放射線治療の実態を把握し、日本の各施設ならびに当病院の放射線治療技術の改善や標準化のための基盤を整備した。

総合診療情報管理については今後、当病院での重粒子線治療を含めたがん診療のために必要不可欠であるとの観点から1992年度以降は独立した経常研究課題とし、この研究開発を強力に促進してゆくこととした。

- 3) 子宮頸がんに対する高線量率腔内照射法最適化システムの臨床応用症例を選びつつ毎回定期的に継続し、一般化にあたっての問題点の描出とその解決を続けてきた。今までのところ、現場における線量位置入力 of 煩雑さと計算時間の長さが具体的問題として挙がっているが、これらの解決のためにはフィルムを介さない線源位置入力法の開発と計算機の高速度が必要となろう。

[研究発表]

- 1). 中野隆史他：重粒子線治療における標的領域内の放射線障害についてのDVHを用いた定量的評価第50回日本医学放射線学会 1991年4月
- 2). 恒元 博：日本の放射線治療の現状と将来 第4回日本放射線腫瘍学会 1991年9月
- 3). 佐藤眞一郎他：全国放射線治療実態調査 第62回日本医学放射線学会物理部会 1991年10月

医 事 統 計

表 1 外来入院別患者統計

入 院											外 来			
入院患者数			退院患者数			入院患 者延数	取扱患 者延数	1 日 平 均 患者数	病 床 利 用 率	平 均 在 院 日 数	新 患 者 数	外 来 患 者 延 数	1 日 平 均 患者数	平 均 通 院 回 数
総数	男	女	総数	死亡	その他									
305	179	126	309	17	292	12,787	13,106	35.8	40.7	41.7	793	11,532	45.6	14.5

表 2 年令階級別、性別、放射線障害による入院患者数

年 令		総数	30～39	40～49	50～59	60～69	70～79
性 別	男	20	0	0	1	5	14
	女	8	0	1	2	3	2
計		28	0	1	3	8	16

表 3 RI 診断患者数

		実 数	延 数
性 別	男	216	430
	女	111	231
総 数		327	661

表 4 - I 年令階級別、性別、悪性新生物による入院患者数

年 令		総 数	9歳以下	10～19	20～29	30～39	40～49	50～59	60～69	70～79	80～
性 別	男	149	0	5	3	3	11	36	49	34	8
	女	118	0	4	5	2	14	14	37	34	8
計		267	0	9	8	5	25	50	86	68	16

表 4 - II 疾病分類別悪性新生物による入院患者数

疾病分類		D57 口腔および咽頭悪 性新生物	D58 胃の悪性 新生物	D60 直腸および S字状結腸 移行部の悪 性新生物	D61 その他の消 化器および 腹膜の悪性 新生物	D62 喉頭の悪 性新生物	D63 気管気管 支および 肺の悪性 新生物	D65 骨の悪性 新生物	D66 皮フの悪 性新生物	D67 乳房の悪 性新生物
総 数										
性 別	男149	2	5	5	36	5	64	2	0	0
	女118	8	1	3	12	1	17	2	0	1
計267		10	6	8	48	6	81	4	0	1

D68 子宮頸の 悪性新生 物	D70 その他の 子宮悪性 新生物	D71 卵巣の悪 性新生物	D72 その他およ び詳細不明 の女性器の 悪性新生物	D74 睪丸の悪 性新生物	D75 膀胱の悪 性新生物	D77 脳の悪性 新生物	D78 その他の明 示された部 位の悪性新 生物	D82 白血病	D83 その他リン パおよび増血組 織の悪性
0	0	0	0	0	0	8	12	0	10
55	1	2	2	0	0	3	6	1	3
55	1	2	2	0	0	11	18	1	13

表5 照射方法別、線源種類別、悪性新生物の放射線治療件数

方法別	種類別	外部照射												
		111Tbq ⁶⁰ Co (コバルト)	10MeV -X線 (リニアック)	電子線(リニアック) MeV					30MeV 速中性 子線 (サイクロ トロン)	70MeV 陽子線 (サイクロ トロン)	⁶⁰ Co 37GBq (ラルス トロン)	¹³⁷ Cs RA≒ 16mg (管)	226Ra 針(mg) 1,1.5,2	198Au グレイン
実数	710	125	317	8	15	6	3	1	112	7	110	0	6	0
延数	19,796	2,828	14,147	151	450	114	21	7	1,739	24	309	0	6	0

表6 X線診断件数

	件数
透視	1,418
撮影	10,261

表7 X線CT診断件数

実数	延数
1,357	36,674

表8 臨床病理検査件数

総数	115,599	
尿検査	10,724	
糞便検査	169	
血液検査	血液生化学	67,683
	末梢血液	26,134
	骨髄検査	56
採取液穿刺液検査	99	
細菌検査	766	
免疫血清反応	3,136	
生理機能検査	804	
病理組織検査	713	
外注検査	5,315	

表9 病理解剖件数

死亡数			解剖数			
総数	男	女	総数	男	女	解剖率
17	13	4	9	6	3	53%

表10 入院患者給食統計

総給食数	35,934食	延給食人数	11,978人	平均年齢	61歳	栄養指導	29件		
栄養給与量 (1人1日 平均)	エネルギー	蛋白質	脂肪	Ca	Fe	ビタミン A	ビタミン B ₁	ビタミン B ₂	ビタミン C
	Kcal 1,869	g 81.4	g 43.7	mg 617	mg 20.7	IU 2,613	mg 1.35	mg 1.15	mg 100
穀類エネルギー	55%	動物蛋白質比	53%	PFC/E%	P17% F21% C62%				

解剖記録

○印は死因にあたる副病変を示す。

剖検番号 住 所	年齢, 性 職 業	臨床診断	病 理 学 的 診 断 名	治 療
557 千葉市	60才 男 会社員	原発性肺癌	肺癌(左上葉、小細胞癌、燕麦細胞癌) 転] 大脳、小脳 ①膿瘍形成性気管支肺炎 2.左胸膜肥厚 3.動脈硬化症	放、制癌
558 四街道市	90才 男	麻痺性 イレウス	上行結腸癌(管状腺癌) 転] 腹膜、横隔膜、右副腎、肺、 肝と脾の周囲、噴門部リンパ節、1.閉塞性イレウス、 2.右腎癌完全治癒(20年前)	抗生
559 東京都	62才 女 無職	食道癌	食道癌(胸部中部食道、扁平上皮癌) 局所再発浸潤転移 なし、①肺膿瘍、2.子宮筋腫、3.腎のう胞	放、副
560 千葉市	77才 男	食道癌	食道癌(胸部下部食道、扁平上皮癌) 転移なし、①肺膿 瘍、②心筋梗塞、3.両心室拡張、4.胸水貯留(左200cc, 右650cc)	放
561 千葉市	70才 女 無職	肺 癌	肺癌(右上葉、扁平上皮癌) 転] 両肺、心外膜、縦隔、 大動脈、1.腎盂腎炎、2.動脈硬化、3.心のう水と胸水貯 留	放
562 横浜市	38才 男 新聞配達	肺癌(パン コースト型)	肺癌(右肺尖部、扁平上皮癌) 局所再発なし、転] 肺、 左心房、大脳、腰椎、リ] 右総腸骨動脈周囲、1.胸水貯 留、2.肝うっ血、3.無気肺	放、制癌
563 千葉市	13才 男 生徒	悪性リンパ腫	悪性リンパ腫(喉頭原発、びまん性、大細胞型、B細胞 型) 浸潤] 肝、脾、腎、肺、副腎、睾丸、胃、骨髄、 扁桃、リ] 頸部、肝門部、1.出血傾向	放、制癌、 副
564 佐倉市	72才 男 医師	悪性リンパ腫	胃原発悪性リンパ腫(びまん性、大細胞型、B細胞型) 浸潤] 脾、①亜急性肝炎、2.汎発性血管内血液凝固症、 3.左肺癌完全治癒(扁平上皮癌)	放、制癌、 抗生
565 印旛郡	49才 女 主婦	悪性リンパ腫	悪性リンパ腫(びまん性、大細胞型) 浸潤] 脊髄、子宮、 直腸、1.心室中隔欠損、2.腹水貯留(1250cc)	放、制癌、 抗生

Ⅵ 那珂湊支所管理業務

1. 一般管理

支所における一般管理業務は、①庁舎管理、文書の接受、福利厚生等の庶務的業務、②資金前渡管理、役務等の契約、物品の調達及び管理、各所修繕等の会計業務、③受変電設備、ボイラー、空調設備、特定装置の運転保守等研究業務への技術支援業務があるが、これら業務を積極的に遂行した。

本年度は、特別修繕費が予算化され、関東地方建設局宇都宮営繕工事事務所の監督施工により、第3研究棟雨漏り改修工事が行われた。

その他給湯管、灯油埋設タンク通気管の改修工事、海水取水管、海水揚水ポンプの交換工事、渡り廊下シャッターの補修工事、第2研究棟避難用タラップの取付工事等を行った。また、図書、印刷物の増加に対応し、収納スペースの増加を図るため、ハンドル式移動棚を図書庫に設置した。

例年実施されている国主催の原子力防災訓練に加えて、本年度は、茨城県・東海村主催の原子力防災訓練が実施され、通報訓練等を行った。

国際交流面では、原子力研究交流制度により、マレーシア・ゴム研究所の Dr. Zainab Hamzah 氏が平成3年6月3日～平成3年11月29日まで環境放射生態学研究部において、中国放射線防護研究所の Dr. Qi Yong 氏が平成3年6月24日～平成3年12月20日まで海洋放射生態学研究部において、それぞれ研究に従事された。

2. 放射線安全管理業務

当支所で行っている放射線安全管理業務は、放射線障害防止法に基づく各種の申請、個人被ばく管理、健康管理、放射線業務従事者の教育訓練及び放射性廃棄物処理等、さらに地域協定（茨城県原子力安全協定）に基づく環境放射線監視と、その測定記録の結果の連絡業務である。平成3年度の業務概要は、次のとおりである。

(1) 申請・承認事項

放射線障害防止法に基づく科学技術庁長官への申請及び届出を行ったものは以下のとおりである。

なお、科学技術庁長官への申請・届出は、本所の放射線安全課の協力を得て水戸原子力事務所経由で行った。

- ① 承認使用に係る変更承認申請（東海施設）
放射性同位元素装備機器（ガスクロマトグラフ用エレクトロンキャプチャディテクタ）の設置

申請日：平成3年6月17日

承認日：平成3年8月5日

承認番号：3水原第351号

- ② 上記承認使用に係る承認証訂正申請（東海施設）

申請日：平成3年8月28日

- ③ 承認使用に係る変更承認申請（那珂湊支所）

密封されていない放射性同位元素の追加、廃止及び3ヶ月間使用数量の設定

申請日：平成3年12月27日

承認日：平成4年2月21日

承認番号：3水原第711号

- ④ 上記使用に係る承認証訂正申請（那珂湊支所）

申請日：平成4年3月16日

- ⑤ 放射線医学総合研究所放射線障害予定規定（本所 RI 温室の使用施設、廃棄施設の廃止に伴う）の一部改正に伴う変更届（那珂湊支所・東海施設）

申請日：平成4年1月29日

- ⑥ 核燃料物質の使用に係る変更届（本所放射線安全課経由科学技術庁原子力安全局核燃料規制課届出）

提出日：平成3年10月30日

承認日：平成4年1月7日

承認番号：3安（核規）第848号

(2) 個人被ばく管理

支所及び東海施設における放射線業務従事者等の外部被ばくによる線量当量の測定は、フィルムバッジによる測定結果を主体に評価した。その結果は表1のとおりすべて法定の実効線量当量限度以下であった。また、一時立入者に対

してはポケット線量計により、測定及び評価を行った。

内部被ばくについては本所と同様の方法により線量当量を評価したが、確認モニタリングを行うまでの対象者はいなかった。

(3) 健康管理

問診票により放射線業務従事者等に対して健康診断を実施した。

この問診票の調査結果により、健康管理医から検査及び検診（血液、皮膚及び眼の検査）の対象者に指名された者は無く、放射線作業による被ばくに起因する異常は認められなかった。

(4) 放射性同位元素等の受入れ

本年度受入れた密封されていない放射性同位元素の種類及び数量は、表2に示すとおりであった。

(5) 放射性廃棄物の処理

支所及び東海施設の放射性廃棄物処理状況は、表3に示すとおりであった。支所における放射性廃棄物及び東海施設における固体廃棄物（フィルター）は、日本原子力研究所東海研究所に処理を委託し、引き渡した。

(6) 放射線の量及び放射同位元素による汚染の状況の測定

支所及び東海施設における管理区域内の人が常時立ち入る場所、同区域の境界及び事業所の境界における線量当量率の測定は、1ヶ月ごとにサーベイメータにより実施し、いずれも法令で定められた線量当量限度以下であることを確認した。また、管理区域内の汚染の状況の測定は、1カ月ごと及び随時にサーベイメータ又はスマヤ法により実施し、汚染の早期発見に努めた。排気中の放射性同位元素の濃度の測定は、連続して行っているが、年間を通じて放射線障害防止法に定められた排気中濃度限度以下及び茨城県原子力安全協定に定められた管理の目標値以下であった。

(7) 環境放射能監視等

排気、排水中の放射性同位元素の濃度の測定結果については、茨城県環境放射線監視計画に基づき、茨城県東海地区環境放射線監視委員会あて四半期ごとに所定の連絡書により連絡を行った。また、放射性同位元素の使用、放射性廃棄物の処理状況及び教育訓練実施状況等については、茨城県原子力安全協定に基づき茨城県知事、那珂湊市長及び東海村長あて四半期ごとに所定の連絡書により連絡を行った。

(8) 東海施設の給排気の改善

東海施設管理区域内の給排気のバランスが崩れており放射線安全管理上支障来すおそれがあるため、3連微差圧ダンパー及びフィルター付きギャラリーを設置し、管理区域内の各実験室における給排気のバランスの改善を図った。

(9) 那珂湊支所第1研究棟入り口のハンドフットクロスモニター更新

管理区域の入退時の放射線安全管理用として使用しているハンドフットクロスモニターは経年の使用により老朽化が著しく放射線安全管理に支障を来すおそれがあるため本年度更新した。

表1 平成3年度放射線業務従事者の実効線量当量

作業区分	線量当量 (mSv/年) 人数	線量当量		
		0.1未満	0.1以上 1.0未満	1.0以上 2.0未満
研究者	20	20	—	—
管理担当者	8	8	—	—
外来研究者	4	4	—	—
合計	32	32	—	—

表2 非密封放射性同位元素の受入れ

	那珂湊支所		東海施設	
	核種	数量(MBq)	核種	数量(MBq)
第1群	⁹⁰ Sr	0.370		
第2群	¹³⁷ Cs他6核種	351.87	⁸⁵ Sr他5核種	245.3
第3群				
第4群				
その他	²³² U	800Bq		
総計	9核種	352.24	6核種	245.3

表3 放射性廃棄物処理状況

		那珂湊 支所	東海 施設	
種 類		排出容量(m ³)		備 考
低固 レベル 体	可燃物	0.74	0.34	原研東海へ 処理を委託。 ()内は 東海施設に おいて測定 後放流
	不燃物	0.52	0.38	
	フィルター	3.19	0.78	
	特殊固体	1.0	0.2	
低液 レベル 体	一般無機廃液	64.0	(17.0)	
	海水廃液	32.0	0	
中レベル無機廃液		0	0.028	

Ⅶ 図書及び編集業務

図書業務

平成3年度は、予算42,275,000円を計上して下記の業務を行った。

I. 経常業務

1) 収集

	洋書		和書	
	購入	寄・交	購入	寄・交
単行書	153	26	94	8
雑誌	274	19	43	19
新聞	2	0	11	2
製本雑誌	1140		96	

寄・交=寄贈、交換資料

2) 蔵書(平成4年3月末現在)

	洋書	和書	合計
単行書	7121	4247	11368
製本雑誌	31752	3717	35469
合計	38873	7964	46837

3) 資料、機器の利用(支所を除く)

- a. 貸出冊数
 - 単行本 1,181冊
 - 雑誌 1,495冊
 - その他 316冊
- 貸出者数 1,612人
- 支所巡回雑誌(毎月17日) 756冊
- b. 文献複写(xerox カラーを含む3機種) 331,375枚
- c. 情報検索
 - オンライン(BRS, DIALOG, JOIS) 161件
 - CD(Medline) 7月から 437件
- d. スライド作成(パナコピー3機種)
 - 白黒 3,921コマ
 - ブルー 2,729コマ
 - カラー 37コマ
- e. OHP原稿作成 1,024枚
- f. ポスター等作成(レタリング)
 - 2機種テープ使用 41,153cm

- g. 文献製本(ホリゾン) 651件
 - h. マイクロプリント 409コマ
 - i. 時間外利用 1,896名
- 4) 相互利用
- 外部閲覧者(大学) 108人
 - (企業) 47人
 - 資料貸出し(千葉大学他) 172人
 - 資料借受 19件
 - 外注文献複写 925件
 - 受注文献複写 45件

II. 特記事項として

- 1) 「業務機械化」をさらに進めるために市販パッケージ「情報館」(プレインテック)を11月に導入し、雑誌受け、新着資料案内作成等を試みた。
- 2) CD検索(7月導入)が、従来のオンライン検索をはるかに超えて好評である。
- 3) 時間外利用がさらに増え、昨年度の1.3倍であった。
- 4) 外注複写件数が非常に増え、多い月は月177件であった。

編集業務

本研究所では、毎年実施した研究の成果を年報及び特別研究の報告書にまとめて刊行している。本年度は、次のとおりである。

(1) 定期刊行物

- 1) 放射線医学総合研究所年報(平成2年度): NIRS-AR-34
平成2年度中の特別研究、指定研究、経常研究等の研究成果、その他技術支援、養成訓練業務、診療業務、職員研究発表リスト等を編集。平成4年1月刊行、B5判、259頁。
- 2) Annual Report, April 1989-March 1990. (英文年報): NIRS-30 (ISSN 0439-5956)
平成2年度中の研究成果を Physics, Chemistry, Bio Medical Science. (Biochemistry and Biophysics, Cell Biology, Immunology and Hematology, Physiology

and Pathology, Genetics), Clinical Science, Environmental Science) に分類、86編を集録、その他職員研究発表論文リスト等を編集。平成4年3月刊、A4判、121頁。

- 3) Radioactivity Survey Data in Japan (放射能調査英文季報) : NIRS-RSD-94~97 (ISSN 0441-2516)

国内の指定した機関、科学技術庁、厚生省、農林水産省、運輸省を始め32都道府県の放射能調査研究実施機関の放射能調査データを集録。年4回刊行、A4判、毎号約30頁。

- 4) 放射能調査研究報告書 (平成2年度) : NIRS-R-20

本研究所が科学技術庁の放射能調査研究の一環として、平成2年度に実行した「環境・食品・人体の放射能レベルおよび線量調査」、「原子力施設周辺のレベル調査」、「放射能データセンター業務」、「放射能調査結果の評価に関する基礎調査」、「環境放射線モニタリング技術者の研究」、及び「緊急被曝測定・対策に関する調査研究」等の研究成果を編集。平成3年12月刊、B5、99頁。

(2) 不定期刊行物

- 1) 第17回放医研環境セミナー報文集「環境モニタリングの今日的意義」NIRS-M-80

本報文集は、環境モニタリング総論、環境モニタリング計画各論、環境モニタリング技術、総合討論について集録したものである。平成3年8月刊、B5判、198頁。

- 2) Proceedings of the NIRS International Workshop on Heavy Charged Particle Therapy and Related Subjects : (重粒子線治療とその関連課題に関する国際ワーク

ショップの報文集) NIRS-M-81

本報文集は平成3年7月4~5日、放医研で開催された国際ワークショップの成果を英文で纏めたもので、重粒子線・陽子線治療装置、施設、治療の現状、線量計測、機器の品質管理、生物学的基礎研究等広く内外の第一線の研究者の論文・討論を集録。平成3年11月刊、A4判、255頁。

- 3) 第18回放医研環境セミナー報文集「地球環境の汚染と保全」NIRS-M-82

本報文集は、ジャーナリストから見た地球環境問題、地球環境問題の現状、温室効果の環境への影響、酸性雨の科学と環境への影響、農薬の環境中の動態、放射線による環境汚染と人体への影響評価、最近の水質汚濁問題、フロンによるオゾン層の破壊、重金属による環境汚染、施設従事者の被曝とそのリスク、環境汚染の人為的低減方法と内部被曝量の軽減効果の評価、地球とヘルストランジション、小さな生き物から見た自然を集録。平成4年3月刊、B5判、103頁。

- 4) 第22回放医研シンポジウム「ポジトロン核医学の将来展望」: NIRS-M-83

本報文集は、方法論の開発、臨床応用、循環器と腫瘍、臨床応用他、脳について集録したものである。平成4年2月刊、B5判、177頁。

- 5) 特別研究「重粒子線によるがん治療法に関する調査研究」論文集第2集 NIRS-M-84

本報文集は、基礎的研究、画像診断、治療について集録したものである。平成4年3月刊、B5判、136頁。

Ⅷ 国際協力

科学技術分野における政府の活発な政策を反映して、本研究所としても先進国、開発途上国、国際機関（IAEA）等との間の研究協力、技術協力を積極的に推進すべく、本研究所の研究者を海外に派遣し共同研究を行うとともに、国際研究集会等で研究発表を行う等、研究者の交流を盛んに行った。また、海外からも多数の研究者の招へいや訪問があり、講演会や研究に関する意見交換等が行われた。科学技術庁の原子力研究交流制度、STAフェローシップ制度、JICAフェローシップ制度等による外国人研究者の長期受入も行った。また、本研究所においても国際ワークショップを開催した。

これらの中で、平成3年度の主な活動は次のとおりである。

1. 第40回国際連合放射線影響科学委員会（UNSCEAR）出席

UNSCEAR 第40回会議は、5月13日から5月17日までの5日間オーストリア国ウィーン市の国際センター（VIC）会議場において開催された。参加者は、委員会構成メンバー国21カ国の代表、代表代理、アドバイザー及びWHO、IAEAの2つの国連機関とICRP、ICRU、CECの3つの国際学術団体ほかからのアドバイザーで、UNSCEAR事務局の専門家を含め総計82名であった。日本からは、代表として本研究所の松平所長、アドバイザーとして岩崎主任安全解析研究官等を含め5名が出席した。

2. 国際原子力機関（IAEA）関連会議等の出席等

- (1) 「RCA 第14回政府専門家会合」（平成4年3月24日～3月27日、日本・東京）に協力し、また小林安全解析研究官他多数が出席した。
- (2) 「放射線防護プロジェクト、1991年度専門家諮問グループ会議」（12月3日～12月4日、日本・東京）に協力し、小林安全解析研究官他数名が出席した。
- (3) 「標準アジア人に関する調整研究計画」に

関するIAEA会議（4月8日～4月12日、インド・ボンベイ）に、河村環境放射生態学研究部第3研究室長が出席した。

- (4) 「IAEA チェルノブイル原発事故評価最終報告案検討会議」（5月21日～5月24日、オーストリア・ウィーン）に、岩崎主任安全解析研究官（当時）と障害臨床研究部併任青木芳朗（東京大学医学部教授）が出席した。
- (5) 「海洋環境中の放射性核種のデータベースに関する会議」（6月3日～6月7日、オーストリア・ウィーン）に鈴木海洋放射生態学研究部長が出席した。
- (6) IAEA 技術協力「ラルストロンに関する技術指導」（5月24日～6月4日、スリランカ・コロンボ）に溝江障害臨床研究部第1研究室長を派遣した。
- (7) IAEA 技術協力「環境放射能（線）測定に関する技術指導」（平成4年1月21日～2月1日、韓国・太田）に井上環境衛生研究部第3研究室長を派遣した。
- (8) IAEA 技術協力「環境放射線モニタリングのネットワークのオンラインデザインに関する技術指導」（平成4年1月21日～2月1日、韓国・太田）に本郷環境衛生研究部主任研究官を派遣した。

3. 国際放射線防護委員会（ICRP）関連会議の出席

- (1) 「ICRP 総会及びICRP 第1専門委員会」（7月29日～8月2日、オーストリア・ウィーン）に松平所長が出席した。
- (2) ICRP コミッティ2、タスクグループ「核種吸入による公衆への年令依存会議」に稲葉内部被ばく研究部長が出席した。

4. 重粒子線がん治療装置開発に係わる国際協力

- (1) 本研究所と、ドイツ国・重イオン科学研究所（GSI）及び米国・ローレンスバークレイ研究所（LBL）との間で、重粒子線がん治療装置の開発に関わる共同研究を実施中であ

る。

- (2) 国際ワークショップを「重粒子線治療とその関連課題」と題して、7月4日～7月5日の2日間開催した。参加国は、米国、ドイツ国を始めとし10カ国を数え、参加者も200名近くに達した。

5. 日本・イタリア国際共同研究

日伊科学技術協力協定に基づき、バイオテクノロジー分野での「生体医科学」について、大津生理病理研究部第2研究室長を ENEA（原子力及び代替エネルギー資源国家委員会）に派遣し1カ月にわたり共同研究を行った。

6. 日本・ソ連国際共同研究

- (1) 日ソ科学技術協力協定に基づき、放射線医学分野での「微量の放射線量が人体及び環境に与える影響」について、AUSCRM（ソ連邦医学アカデミー、全ソ放射線医学科学センター）と共同研究を行っていたが、ソ連邦崩

壊にともない一時停滞を余儀なくされた。

- (2) 日ソ外相覚書（チェルノブイル原子力発電所事故の住民の健康に対する影響を緩和するための日本国とソヴィエト社会主義共和国連邦との協力に関する覚書）に基づき、10月29日から11月7日までソ連の専門家が来日し「日ソ専門家代表者会議」が東京で開催され、11月1日には本研究所において見学及び意見交換が行われた。しかし、ソ連邦崩壊にともない一時停滞を余儀なくされた。

7. 環境放射能に関するスタディ・ミーティングの開催

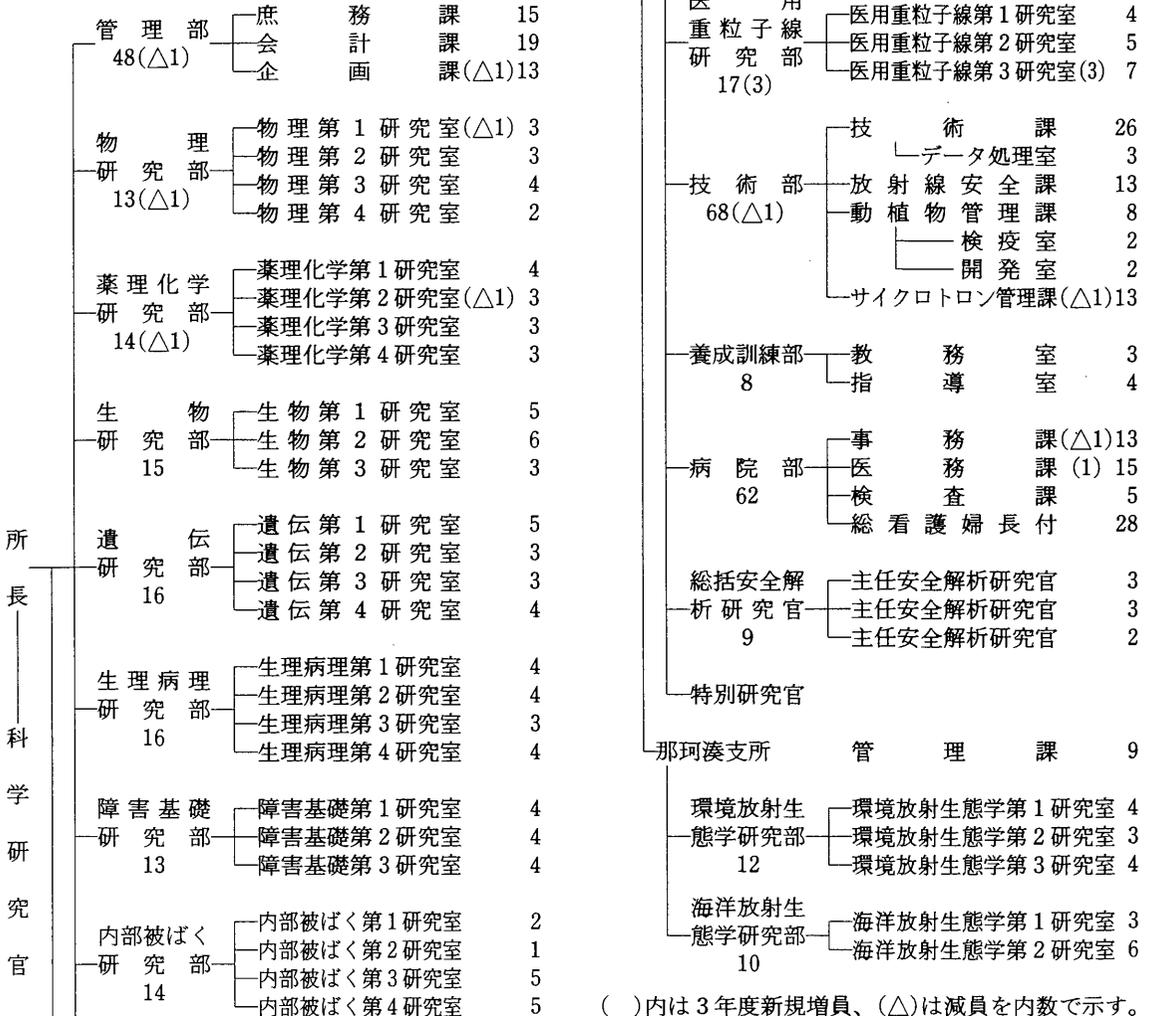
昭和56年度にスタートした JICA（国際協力事業団）の集団研修コース「アイソトープ・放射線の医学・生物学利用」は、今年度で11回目を迎え、アジア及びアフリカの8カ国より環境放射能の専門家8名を迎え、8月26日から9月27日までの間実習及び講義が行われた。

IX 総 務

1. 組織及び人員

定員については、医用重粒子線研究部医用重粒子線第3研究室に医学物理学を専門とする研究員1名、医用工学を専門とする研究員1名を増員、病院部医務課に放射線科の専門医師1名を増員、治療照射機器の制御プログラム及びインターフェイスに関する研究開発を行うため、技術部サイクロトロン管理課の主任研究官1名を医用重粒子線研究部医用重粒子線第3研究室に振替配置（ほかに第7次定員削減計画による定員削減4名）した。このため、平成3年度未定員は393名となる。

第1図 機構図



()内は3年度新規増員、(△)は減員を内数で示す。

2. 予算及び決算

平成3年度 当初予算額

平成3年度当初予算額は、前年度予算額12,536,349千円

に対し、922,839千円増の13,459,188千円（107.4％）であった。

表1 平成3年度予算事項別内訳

(単位：千円)

事 項	前年度予算額	3年度予算額	対前年度比較 増△減額	備 考
(項) 科学技術庁	21,108	21,791	683	
(項) 科学技術振興費	35,537	54,896	19,359	
(項) 科学技術振興調整費	184,305	246,240	61,935	
(項) 放射能調査研究費	113,328	113,188	△ 140	
(項) 科学技術庁試験研究所 放射線医学総合研究所に 必要な経費	5,761,138	6,086,591	325,453	
人 件 費	2,578,129	2,815,704	237,575	
一 般 管 理 運 営	26,401	26,636	235	
経 常 研 究	349,483	352,436	2,953	
外 来 研 究 員 等	15,901	19,261	3,360	
実 態 調 査	2,375	2,375	0	
那 珂 湊 支 所 運 営	25,620	25,851	231	
特 定 装 置 運 営	17,610	17,611	1	
病 院 部 門 経 常 経 費	38,820	43,874	5,054	
養 成 訓 練 部 門 運 営	8,638	8,781	143	
官庁会計事務データ通信 システムに必要な経費	985	7,624	6,639	
研 究 設 備 整 備	120,158	120,158	0	
サイクロトロン設備整備	383,323	404,945	21,622	
特 殊 実 験 棟 運 営	1,382,355	1,365,261	△ 17,094	
受 託 研 究	1,024	4,024	3,000	
放射線医学特別研究	341,222	374,839	33,617	
原子力基盤技術総合的研究	46,594	64,018	17,424	
病 院 部 門 診 療 経 費	289,152	289,273	121	
安全解析研究経費	49,973	60,545	10,572	
安全管理・廃棄物処理 対策経費	83,375	83,375	0	
重粒子線がん治療装置の 研究開発等	④ 4,711,220	3,064,021	220,564	
(項) 科学技術庁試験研究所施設費	④ 3,091,030	④ 3,749,200	④ 658,170	
営繕等施設整備費	3,577,476	3,872,461	294,985	
合 計	④ 7,802,250 12,536,349	④ 3,749,200 13,459,188	④ △ 4,053,050 922,839	

表2 平成3年度歳

項 目	歳出予算額	前年度繰越額	予備費使用額	流用等増△減額
211 科学技術庁				
95016-2123-09 各 所 修 繕	21,791,000	0	0	△ 5,000,000
212 科学技術振興費	54,896,000	0	0	0
13073-2111-05 非常勤職員手当	14,664,000	0	0	0
13073-2122-08 職 員 旅 費	44,000	0	0	0
13073-2122-08 外来研究員等旅費	283,000	0	0	0
13073-2123-09 試 験 研 究 費	39,905,000	0	0	0
225 科学技術振興調整費	246,240,000	0	0	0
13073-2111-05 非常勤職員手当	5,013,000	0	0	0
13073-2122-08 職 員 旅 費	5,002,000	0	0	0
13073-2122-08 外来研究員等旅費	1,087,000	0	0	0
13073-2123-09 試 験 研 究 費	179,792,000	0	0	0
13073-2125-14 科学技術総合研究委費	55,346,000	0	0	0
217 放射能調査研究費	107,631,000	0	0	0
13073-2129-06 諸 謝 金	485,000	0	0	0
13073-2122-08 職 員 旅 費	2,331,000	0	0	0
13073-2123-09 放射能測定費	100,819,000	0	0	0
13073-2125-14 放射能測定調査委託費	3,996,000	0	0	0
218 科学技術庁試験研究所	9,108,620,000	0	0	△ 28,933,000
13073-2111-02 職 員 基 本 給	1,712,076,000	0	0	△ 19,000,000
13073-2111-03 職 員 諸 手 当	1,092,111,000	0	0	△ 2,170,000
13073-2111-04 超過勤務手当	92,920,000	0	0	0
13073-2111-05 非常勤職員手当	22,945,000	0	0	0
13073-2111-05 育 児 休 業 給	348,000	0	0	0
13073-2151-05 児 童 手 当	1,740,000	0	0	△ 76,000
13073-2129-06 諸 謝 金	6,002,000	0	0	0
13073-2122-08 職 員 旅 費	16,147,000	0	0	0
13073-2122-08 委 員 等 旅 費	3,749,000	0	0	0
13073-2122-08 外来研究員等旅費	5,268,000	0	0	0
13073-2123-09 庁 費	60,390,000	0	0	0
13073-2123-09 試 験 研 究 費	5,791,434,000	0	0	△ 7,687,000
13073-2123-09 通 信 専 用 料	6,902,000	0	0	0
13073-2123-09 受 託 研 究 費	4,024,000	0	0	0
13073-2203-09 医療機器整備費	118,586,000	0	0	0
13073-2123-09 医 療 費	150,626,000	0	0	0
13073-2123-09 土 地 借 料	3,164,000	0	0	0
13073-2123-09 患 者 食 糧 費	20,061,000	0	0	0
13199-2133-09 自動車重量税	127,000	0	0	0
220 科学技術庁試験研究所施設費	3,861,559,000	0	0	0
13073-1202-08 施設施工旅費	11,084,000	0	0	0
13073-1203-09 施設施工庁費	87,026,000	0	0	0
13073-1204-15 施設整備費	3,573,449,000	0	0	0
13073-1944-15 不動産購入費	190,000,000	0	0	0

出 決 算 科 目 別 内 訳

(単位：円)

歳出予算現額	支出済歳出額	翌年度繰越額	不 用 額	備 考
16,791,000	16,791,000	0	0	
54,896,000	54,881,622	0	14,378	
14,664,000	14,650,212	0	13,788	
44,000	43,780	0	220	
283,000	282,630	0	370	
39,905,000	39,905,000	0	0	
246,240,000	246,236,225	0	3,775	
5,013,000	5,011,550	0	1,450	
5,002,000	5,001,350	0	650	
1,087,000	1,085,325	0	1,675	
179,792,000	179,792,000	0	0	
55,346,000	55,346,000	0	0	
107,631,000	107,630,200	0	800	
485,000	485,000	0	0	
2,331,000	2,330,200	0	800	
100,819,000	100,819,000	0	0	
3,996,000	3,996,000	0	0	
9,079,687,000	9,052,983,603	0	26,703,397	
1,693,076,000	1,692,472,208	0	603,792	
1,089,941,000	1,065,075,810	0	24,865,190	
92,920,000	92,911,019	0	8,981	
22,945,000	22,942,179	0	2,821	
348,000	136,530	0	211,470	
1,664,000	935,000	0	729,000	
6,002,000	6,002,000	0	0	
16,147,000	16,146,840	0	160	
3,749,000	3,748,741	0	259	
5,268,000	5,267,470	0	530	
60,390,000	60,390,000	0	0	
5,783,747,000	5,783,747,000	0	0	
6,902,000	6,622,481	0	279,519	
4,024,000	4,024,000	0	0	
118,586,000	118,586,000	0	0	
150,626,000	150,626,000	0	0	
3,164,000	3,162,726	0	1,274	
20,061,000	20,060,999	0	1	
127,000	126,600	0	400	
3,861,559,000	3,671,566,530	189,992,106	364	関東地建支出委任分
11,084,000	10,723,285	360,351	364	〃
87,026,000	86,941,145	84,855	0	〃
3,573,449,000	3,383,902,100	189,546,900	0	〃
190,000,000	190,000,000	0	0	

表3 平成3年度歳

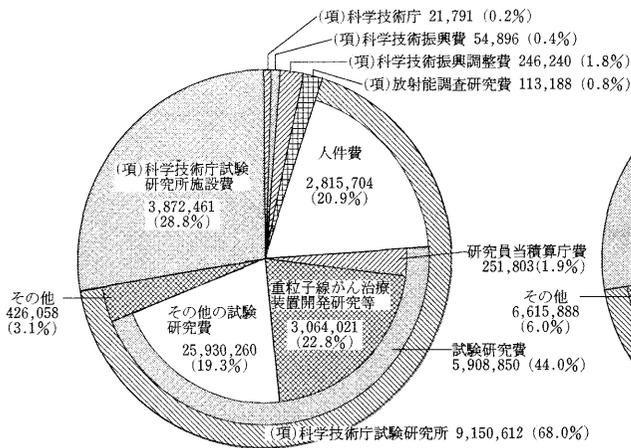
部 款 項 目	歳入予算額	徴収決定済額	収納済歳入額
3000-00 官業益金及官業収入			
3200-00 官業収入			
3201-00 病院収入			
3201-03 放射線医学総合研究所 病院収入	399,886,000	344,528,010	344,528,020
5000-00 雑収入	10,358,000	9,914,017	9,914,017
5100-00 国有財産利用収入	4,224,000	3,756,986	3,756,986
5101-00 国有財産貸付収入	2,767,000	2,473,129	2,473,129
5101-01 土地及水面貸付料	97,000	93,480	93,480
5101-02 建物及物件貸付料	165,000	242,220	242,220
5101-03 公務員宿舍貸付料	2,505,000	2,137,429	2,137,429
5102-00 国有財産使用収入			
5102-01 版權及特許権等収入	1,457,000	1,283,857	1,283,857
5300-00 諸収入	6,134,000	6,157,031	6,157,031
5307-00 受託調査試験及役務収入			
5307-01 受託調査及試験収入	5,009,000	5,400,985	5,400,985
5309-00 弁償及返納金	153,000	70,995	70,995
5309-01 弁償及違約金	66,000	70,995	70,995
5309-02 返納金	87,000	0	0
5311-00 物品売払収入			
5311-04 不用物品売払代	575,000	333,567	333,567
5399-00 雑収入	397,000	351,484	351,484
5399-01 労働保険料被保険者負担金	391,000	343,904	343,904
5399-99 雑収	6,000	7,580	7,580
合 計	410,244,000	354,442,037	354,442,037

入 決 算 科 目 別 内 訳

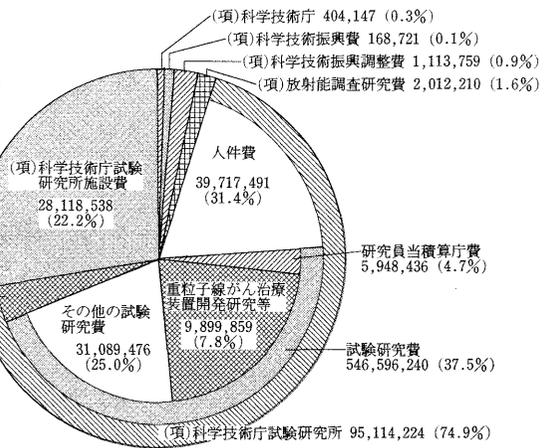
(単位：円)

不納欠損額	収納未済歳入額	歳入予算額と収納 済歳入額との差	備 考
0	0	△ 55,357,980	
0	0	△ 443,983	
0	0	△ 467,014	
0	0	△ 293,871	
0	0	△ 3,520	
0	0	77,220	
0	0	△ 367,571	
0	0	△ 173,143	
0	0	23,031	
0	0	391,985	
0	0	△ 82,005	
0	0	4,995	
0	0	△ 87,000	
0	0	△ 241,433	
0	0	△ 45,516	
0	0	△ 47,096	
0	0	1,580	
0	0	△ 55,801,963	

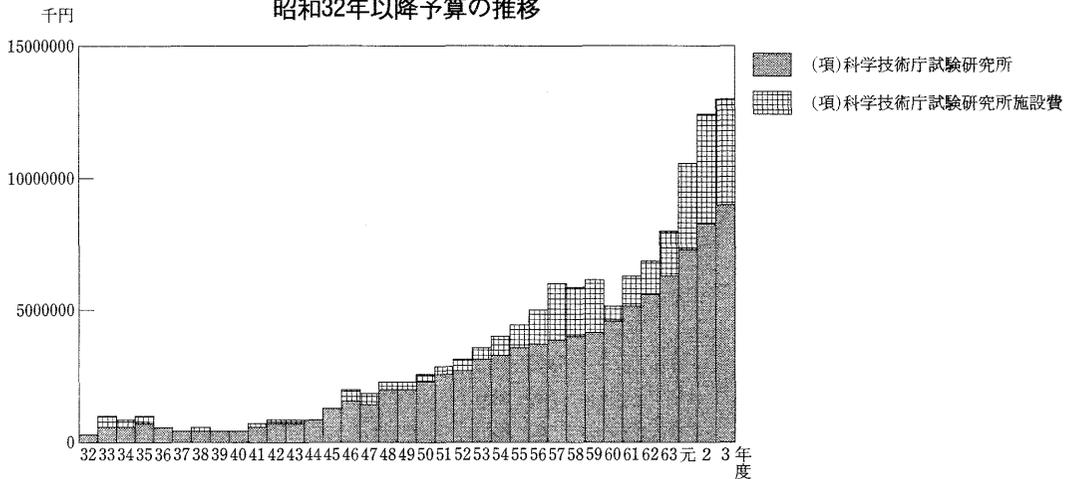
3 年度 予算額



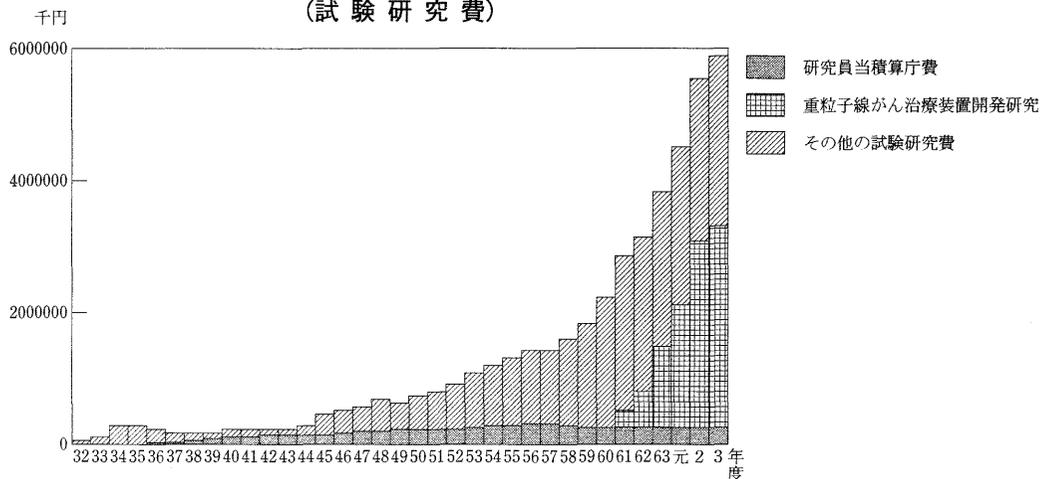
予算累計額



昭和32年以降予算の推移



(試験研究費)



付 録 目 次

1. 職員海外出張及び留学
2. 来所外国人科学者
3. 外来研究員・客員研究官
特別研究員・レジデント
4. 研究生・実習生
5. 養成訓練部講師
6. 職員名簿
7. 人事異動
8. 栄 誉
9. 特 許 等
10. 放 医 研 日 誌

1. 職員海外出張および留学

(平成4年3月31日現在)

派遣者氏名	所属	出張先	出張期間	用務
河村 日佐男	環放生	インド・ボンベイ	3年4月6日～ 3年4月14日	標準アジア人に関する調査研究計画のIAEA会議出席
稲葉 次郎	内部被ばく	イギリス・ハンガーフォード	3年4月20日～ 3年4月28日	ICRP タスクグループ会議(UNSCEAR)出席
松平 寛通	所長	オーストリア・ウィーン	3年5月10日～ 3年5月18日	第40回国連科学委員会(UNSCEAR)出席
宍戸 文男	臨床	フランス・カーン	3年5月12日～ 4年5月11日	ポジトロンCTを用いた脳及び腫瘍の診断治療に関する共同研究のため
高田 栄一	医用重粒子線	アメリカ・ニューヨーク	3年5月10日～ 3年5月25日	重イオン加速器を用いる実験
岩崎 民子	安全解析	オーストリア・ウィーン	3年5月11日～ 3年5月26日	第40回国連科学委員会(UNSCEAR)及びIAEAチェルノブイル原発事故評価最終報告案検討会議出席
青木 芳郎	障害臨床	オーストリア・ウィーン	3年5月19日～ 3年5月26日	IAEAチェルノブイル原発事故評価最終報告案検討会議出席
溝江 純悦	障害臨床	スリランカ・コロμπο	3年5月23日～ 3年6月6日	IAEA技術協力ラルストロンに関する技術指導
鈴木 譲	海放生	オーストリア・ウィーン	3年6月2日～ 3年6月9日	IAEA海洋環境中の放射性核種のデータベースに関する会議出席
笠井 清美	障害基礎	カナダ・トロント、 モントリオール	3年7月6日～ 3年7月16日	「第9回国際放射線研究会議」出席及び「放射線抵抗性腫瘍研究会」出席
曾我 文宣	医用重粒子線	カナダ・トロント	3年7月6日～ 3年7月14日	「第9回国際放射線研究会議」出席
明石 真言	障害臨床	オーストリア・インスブルック	3年7月12日～ 3年7月20日	第2回国際シンポジウム「造血の分子生物学」出席
松平 寛通	所長	イギリス・ロンドン、 オーストリア・ウィーン	3年7月26日～ 3年8月3日	ICRP第1専門委員会事務局との打ち合わせ及びICRP総会、ICRP第1専門委員会出席
堀 雅明	遺伝	スギリス・ロンドン	3年8月17日～ 3年8月24日	「第11回国際ヒト遺伝子地図作成会議」出席
高橋 永一	遺伝	イギリス・ロンドン	3年8月17日～ 3年8月24日	「第11回国際ヒト遺伝子地図作成会議」出席
島田 義也	生理病理	アメリカ・ウィスコンシン	3年8月28日～ 4年8月27日	発癌機構の生物学的研究(原子力留学)
井上 修	臨床	スウェーデン・ウプサラ、 ノルウェー・オスロ	3年9月6日～ 3年9月20日	「PET研究の現状と将来」シンポジウム出席及び打ち合わせ
福村 明史	物理	ドイツ・ダルムシュタット	3年9月20日～ 4年9月19日	重粒子線によるがん治療のための物理学的基礎研究(原子力留学)
河内 清光	医用重粒子線	ドイツ・ダルムシュタット、 スイス・ビリゲン	3年9月22日～ 3年10月2日	「第4回重荷電粒子に関するワークショップ」出席及び重粒子線がん治療装置に関する開発状況調査

派遣者氏名	所属	出張先	出張期間	用務
根井 充	養成訓練	アメリカ・シンシナチ	3年10月1日～ 4年9月30日	遺伝子の放射線感受性部位におけるクロマチン構造の分析に関する研究(原子力留学)
赤沼 篤夫	障害臨床	ベルギー・ブルージュ、ドイツ・ハノーバー	3年10月18日～ 3年10月25日	IEC(国際電気標準会議)62C小委員会 WGI 会議出席及び打ち合わせ
安田 徳一	遺伝	中国・蘇州、太原、北京	3年10月21日～ 3年11月2日	職業被ばく者集団の疫学研究(原子力研究交流制度)
稲葉 次郎	内部被ばく	ドイツ・シュロスエルマウ	3年11月3日～ 3年11月10日	ワークショップ「放射性核種の体内動態と線量算定における年齢依存因子」出席
中村 謙	臨床	中国・蘇州、太原、北京	3年11月5日～ 3年11月18日	腫瘍治療への放射線利用に関する研究(原子力研究交流制度)
山崎 統四郎	臨床	オーストラリア・シドニー、マレーシア・クアラルンプール	3年11月9日～ 3年11月21日	「RI・放射線の医学利用に関する科学フォーラム」出席及びマレーシアにおけるRI・放射線医学分野の現地調査
森田 新六	病院	オーストラリア・シドニー、マレーシア・クアラルンプール	3年11月9日～ 3年11月21日	「RI・放射線の医学利用に関する科学フォーラム」出席及びマレーシアにおけるRI・放射線医学分野の現地調査
赤沼 篤夫	障害臨床	アメリカ・アンアーバー	3年11月20日～ 3年11月25日	セミナー「放射線療法の最近の進歩」出席
恒元 博	病院	アメリカ・アンアーバー	3年11月19日～ 3年11月25日	セミナー「放射線療法の最近の進歩」出席
三田 和英	生物	アメリカ・ボストン	3年12月7日～ 3年12月14日	第31回米国細胞生物学会出席
明石 真言	障害臨床	アメリカ・デンバー	3年12月6日～ 3年12月12日	第33回米国血液学会出席
河村 日佐男	環放生	インドネシア・ジャカルタ	3年12月11日～ 3年12月15日	「インドネシアにおける正常な生理学的パラメータに関するセミナー及びワークショップ」出席
折田 義彦	管理部企画課	中国・北京、成都、上海	4年1月13日～ 4年1月22日	日中研究交流セミナーへの専門家派遣について
門間 静雄	技術部放射線安全課	マレーシア・クアラルンプール	4年1月9日～ 4年1月16日	「マレーシア放射線利用研究巡回指導調査団」参加
相沢 志郎	生理病理	アメリカ・キーストン	4年1月19日～ 4年1月28日	シンポジウム「骨髄移植」出席
本郷 昭三	環境衛生	韓国・太田	4年1月20日～ 4年2月2日	IAEA 技術協力環境放射線モニタリングのネットワークのオンラインデザインに関する技術指導、講義
井上 義和	環境衛生	韓国・太田	4年1月20日～ 4年2月2日	IAEA 技術協力環境放射線モニタリングのネットワークのオンラインデザインに関する技術指導、講義
向井 稔	病院	アメリカ・ロサンゼルス、パークレー	4年1月29日～ 4年2月9日	重粒子線治療システム及び治療技術の開発に関する調査研究
今関 等	技術部技術課	アメリカ・ロサンゼルス、パークレー	4年1月29日～ 4年2月9日	重粒子線治療装置の情報収集及び放射線安全、運転管理に関する調査等
大津 祐司	生理病理	イタリア・ローマ	4年2月4日～ 4年3月7日	ENEA との「放射線影響と医・生物への応用」に関する共同研究
鈴木 元	障害臨床	中国・香港	4年2月6日～ 4年2月12日	「免疫、感染症学に関する冬期上級コース」出席
小林 定喜	安全解析	旧ソ連邦・ロシア連邦、ウクライナ	4年2月23日～ 4年3月2日	チェルノブイル環境汚染調査

派遣者氏名	所属	出張先	出張期間	用務
山口 寛	物 理	アメリカ・シカゴ、 ソルトレイクシティ	4年3月8日～ 4年3月20日	放射線生物物理の研究に関する意見交換、米国放射線影響学会出席
根本 久美恵	生理病理	アメリカ・ ソルトレイクシティ	4年3月13日～ 4年3月21日	放射線研究学会年次総会出席
金井 達 明	医 用 重粒子線	アメリカ・ バークレー	4年3月13日～ 4年3月22日	LBL での重粒子線がん治療装置 照射系機器設計のための照射実験
金沢 光 隆	医 用 重粒子線	ドイツ・ダルムシュ タット、ベルリン	4年3月16日～ 4年3月30日	SIS、ERS の調査及び EPAC '92 出席
赤沼 篤 夫	障害臨床	ドイツ・エルランゲン、 ピースバーデン、スイ ス・チューリッヒ	4年3月22日～ 4年4月3日	IEC・TC62総会出席、及び事務 局との打ち合せ
藤 高 和 信	環境衛生	イギリス・ ロンドン	4年3月22日～ 4年3月29日	ラドン被ばくに関する全国（英） 会議出席
宮本 勝 宏	内部被ばく	ドイツ・ ニュールンベルク	4年3月22日～ 4年3月28日	第5回ヨーロッパ粒子計測技術シ ンポジウム出席
笠井 清 美	障害基礎	ドイツ・ダルムシュ タット、イギリス・ スコットランド	4年3月26日～ 4年4月6日	GSI との研究交流及び英国での「英 国・スウェーデン・オランダ合同放 射線学会」出席
松本 信 二	薬理化学	アメリカ・ ソルトレイクシティ	4年3月13日～ 4年3月22日	米国放射線影響学会出席
			合計 50名	

2. 平成3年度来所外国人科学者

(平成4年3月31日現在)

氏名	所属	内容	来所期間
Xiao Hui-Juan	中国・工業衛生研究所	照射ラットの肺胞におけるマクロファージとインターロイキン1の産生と増加、免疫性の研究(科学技術庁フェローシップ制度)	H2年4月19日~H3年4月18日
Olivia Kimiko Kikuchi	ブラジル・原子力研究所	マウスの胚における放射線の影響(JICA個別研修)	H2年7月12日~H3年7月4日
Oiyue Hu	中国・蘇州医学院放射線医学系	放射線に対する細胞の反応に関する研究(笹川財団)	H2年10月1日~H3年9月30日
Alexander Borissov Dimuchev	ブルガリア科学アカデミー一般比較病理学研究所	腫瘍原遺伝子の放射線誘発変異(科学技術庁フェローシップ制度)	H3年1月22日~H4年1月21日
Mark Christy	米国・オークリッジ国立研究所健康安全研究部副部長	意見交換等	H3年4月3日~H3年4月5日
王作元	中国・公衆衛生研究所長	意見交換等	H3年4月3日~H3年4月4日
Seong Yul Yoo 他3名	韓国・原子力研究所附設原子力病院放射線治療課長	意見交換等	H3年4月4日~H3年4月5日
Lembit. Sihver	スウェーデン・ウプサラ大学中性子科学研究所	重粒子線治療照射制御システムの設計と重イオントラック構造に関する研究(科学技術庁フェローシップ制度)	H3年4月23日~H4年10月22日
Robert Jameson	米国・ロスアラモス国立研究所加速器技術研究部前部長	加速器技術に関する討論	H3年5月1日
Pedro Andreo	スウェーデン・ストックホルム大学カロリンスカ研究所助教授	放射線の線量計測、モンテカルロ計算シミュレーションに関する意見交換のため	H3年5月15日~H3年5月18日
Karel Prokes	チェコスロバキア・チャールズ大学	重粒子線治療装置設計に関する調査研究(学術振興会 科学者交流事業)	H3年6月3日~H3年10月18日
Zainab Hamzah	マレーシア・ゴム研究所	耕作土壌中での放射性及び安定元素の挙動に関する研究	H3年6月3日~H3年11月29日
Norimah Yusof	マレーシア・原子力庁	施設見学及び意見交換	H3年6月7日
Michel Richonier	EC	重粒子線がん治療装置関係見学及び意見交換等	H3年6月7日
Wang Ganvchang 他5名	中国科学院学部委員、中国核工業総公司科学技術顧問、中国原子能科学研究院名誉院長	施設見学	H3年6月3日
Oi Yong	中国放射線防護研究所	海洋環境中での放射性核種の挙動に関する研究	H3年6月24日~H3年12月20日
Ge Zhong-liang	中国・北京放射線医学研究所(IRMB) 所長	意見交換等	H3年6月26日~H3年6月28日
Jin Cui-zhen	中国・IRMB放射線防護、放射性毒性学部門細胞遺伝学研究部長	意見交換等	H3年6月26日~H3年6月28日
Chen Jia-pei	中国・IRMB病理生理学研究部長	意見交換等	H3年6月26日~H3年6月28日
Guo Yong	中国・IRMB物理研究部長	意見交換等	H3年6月26日~H3年6月28日
Wang Gui-lin	中国・IRMB放射線治療研究部長	意見交換等	H3年6月26日~H3年6月28日
George T.Y.Chen	米国・シカゴ大学、放射線腫瘍学科教授	重粒子線がん治療装置に関する調査研究(科学技術庁外国人研究者招へい制度)	H3年6月30日~H3年7月13日
Antony Gee	米国・ロンドン大学 St. トーマス病院	PETを用いる脳内情報伝達系解析のための基礎研究(STAフェローシップ制度)	H3年7月1日~H3年7月31日
V.S.Khoroshkov 他1名	旧ソ連・理論・実験物理学研究所	放医研国際ワークショップ「重粒子線治療とその関連課題」参加及び講演	H3年7月3日~H3年7月5日

氏 名	所 属	内 容	来 所 期 間
John R.Cunningham 他14名	カナダ他	放医研国際ワークショップ「重粒子線治療とその関連課題」参加及び講演	H3年7月3日～H3年7月5日
K.R.Das	オーストラリア・ピーター・マッカラムがん研究所	施設見学及び意見交換等	H3年7月17日～H3年7月18日
David Lloyd 他5名	英国他	意見交換等	H3年7月1日
Soendjoto	インドネシア・カルヤディ病院放射線部長	施設見学及び意見交換等	H3年7月15日～H3年7月19日
Paul Malet	フランス・クラモンフェラン大学医学部教授	意見交換等	H3年7月11日
Sun Shiquan	中国・輻射防護研究院	意見交換等	H3年8月5日
Fatimah Mohd Amin	マレーシア・原子力庁副長官	施設見学及び意見交換	H3年8月23日
Meng, Xiao-mei 他7名	中国他	「環放射線防護スタディ・ミーティング」(JICA 集団研修コース)	H3年8月28日～H3年9月20日
Istvan Szentesi	ハンガリー・ヒューマンゲノム研究所	意見交換等	H3年9月2日～H3年9月3日
Peter Rajczy	ハンガリー・Lorand Eotös 大学	意見交換等	H3年9月2日～H3年9月3日
Somporn Chalernsuk	タイ・Khon Kaen 大学理学部物理学助教授	施設見学	H3年9月2日
Robert M. Brown	カナダ・原子力公社チョークリバー核研究所	「化学系を考慮したトリチウムの影響挙動に関する研究」	H3年9月3日～H3年11月30日
Greg Evans	カナダ・トロント大学工学部工業化学科助教授	施設見学及び意見交換	H3年9月10日
Emico Okuno	ブラジル・サンパウロ大学物理研究所教授	施設見学及び意見交換等	H3年9月12日
Herman D. Suit	米国・マサチューセッツ病院	施設見学及び意見交換等	H3年9月17日
ソ連専門家技術研修員10名	笹川記念保健協力財団チェルノブイリ医療協力事業	施設見学	H3年10月3日
Cho Chul Koo	韓国原子力病院	中性子線、重粒子線の細胞生物学的研究 (STA 原子力研究交流制度)	H3年10月7日～H4年3月30日
Park Young Hwan	韓国・ソウル大学医学部放射線治療教室	放射線治療技術に関する研究及び粒子線治療技術に関する研究	H3年10月7日～H3年12月6日
第5回「原子力関係管理者研修セミナー」研修員8名	近隣アジア諸国	施設見学等	H3年10月15日
Rolt F.Barth	米国・オハイオ大学、病理学教授	高 LET 放射線治療に関する討議	H3年10月17日
Devyatov Valerij Prokopjevich 他9名	ソ連専門家	施設見学等	H3年11月1日
第5回「原子力安全規制行政セミナー」研修員5名	近隣アジア諸国	施設見学等	H3年11月7日
J.Kiefer	ドイツ・Giessen 大学放射線生物学教授	施設見学等	H3年11月14日
Edward L. Cooper	カナダ・チョークリバー研究所	環境放射能研究討論	H3年11月15日
Sankar Mitra	米国・オークリッジ国立研究所	意見交換	H3年11月18日
A.Mozumder	米国・ノートルダム大学	生体内活性酸素の生成に関する研究 (科学技術庁フェローシップ制度)	H3年11月21日～H4年1月2日
Yeon-Sook Yun	韓国・原子力病院	免疫賦活剤による放射線防護効果に関する研究	H3年11月21日～H3年12月7日
H.D.Livingston	米国・ウッズホール海洋研究所	第19回放医研環境セミナー出席及び講演等	H3年11月25日～H3年12月2日
A.Dritschilo	米国・ジョージタウン大学	第23回放医研シンポジウム出席及び講演等	H3年12月3日～H3年12月7日
Evelyn Waldstein	イスラエル・テルアビブ大学・生化学部	DNA 修復に関する意見交換	H3年12月18日
Soekarno Suyadi 他2名	BATAN	意見交換	H4年1月8日～H4年1月9日
Supatra Sangruchi	タイ・シリラジ病院助教授	子宮頸癌の放射線治療に関する研究 (科学技術庁原子力研究交流制度)	H4年1月13日～H4年3月27日

氏 名	所 属	内 容	来 所 期 間
L.A.Ilyin	旧ソ連保健省生物物理研究所長	施設見学及び意見交換	H4年1月27日
Percedita Cansino	フィリピン・原子力研究所	施設見学	H4年1月22日
王 方能 他3名	中国	施設見学及び意見交換	H4年1月31日
Anna Jelenova 他14名	チェコスロバキア	施設見学	H4年2月5日
Dusadee Thuntawadthananon	タイ原子力庁	施設見学	H4年2月7日
Kim Byong Wook	韓国漢陽大学病院治療放射線 科技師長	放射線治療に関する研修	H4年2月10日～H4年2月22日
JICA 放射線安全管理実務者	タイ他	施設見学及び受講	H4年2月26日
Fu Shinian	中国原子能科学研究院	重粒子線が発生させる陽電子放出核の生体内の微小領域への直接注入により、その領域の血流状態を観測する基礎開発研究（科学技術庁フェローシップ制度）	H4年3月1日～H5年3月31日
Jin Yu-tai	中国・北京師範大学	PETを用いる脳内情報伝達系解析のための基礎研究（科学技術庁フェローシップ制度）	H4年3月1日～H4年8月31日
R.Lindstorm	米国・国立標準及び技術研究所	講演	H4年3月6日
Gustavo Victor	ペルー原子力研究所設計/開発技師	施設見学及び意見交換	H4年3月13日
K.Sankaranarayanan	オランダ・Sylvius Laboratories	講演及び意見交換等	H4年3月16日～H4年3月17日
Idris Besar	マレーシア・原子力庁	公衆被ばく及び職業被ばくの線量測定研究（科学技術庁原子力研究交流制度）	H4年3月16日～H4年6月15日
Roger Cox	英国・放射線防護庁	講演及び意見交換等	H4年3月17日
E.N.Gorban	ウクライナ共和国・キエフ老年学研究所生理学研究室長	施設見学及び意見交換等	H4年3月25日
Gann Ting	台湾・国立原子力研究所	施設見学	H4年3月25日
Ibrahim Haddad	シリア原子力機関総裁	施設見学	H4年3月30日
		合計 158名	

3. 外来研究員・客員研究官・特別研究員・レジデント

(1) 外来研究員

受入研究部	氏名	所属機関名 所属・職名	研究課題	期間
物理研究部	秋根康之	国立がんセンター病院 放射線治療部 医員	Gdによる熱中性子捕獲療法の開発に関する基礎研究	3. 4. 1 ～4. 3. 31
薬理化学研究部	佐野 充	名古屋大学 教養部 助教授	SOR を利用したX線吸光分析による金属イオンの配位環境の研究	〃
生物研究部	石川 裕二	琉球大学 医学部解剖学第一教室 助教授	メダカ胚の眼胞分化に対する放射線照射の影響の細胞・生理学的研究	〃
生理病理研究部	井上 達	横浜市立大学 医学部病理学教室 助教授	放射線発癌に及ぼす食餌制限の効果についての病理学的研究	〃
内部被ばく研究部	古谷 圭一	東京理科大学 理学部応用化学科 教授	放射性粒子の呼吸器内における溶解過程とその機序に関する研究	〃
臨床研究部	神庭 重信	慶應義塾大学 医学部精神神経学教室 助手	PET による細胞内情報伝達系の測定に関する研究	〃
医用重粒子線研究部	伊藤 浩子	東京大学医科学研究所 中性子診療部	重粒子線線量分布計算法の開発とその評価に関する研究	〃
総括安全解析研究官	村田 紀	千葉県がんセンター 疫学研究部 部長	日本人の一般公衆における放射線発がんにかかわる疫学研究の基礎的データベースの構築	〃
海洋放射生態学研究部	野崎 義行	東京大学海洋研究所 助教授	海中沈降粒子中の微量元素及び長寿命放射性核種量とその変動の研究	〃

(2) 客員研究官

所 属	氏 名	受入研究部	研 究 課 題	期 間
高エネルギー物理学 研 究 所 (教授)	遠藤有聲	医用重粒子線研究部	重粒子線がん治療装置製作 に係る調査研究	3.4.1～ 4.3.31
獨協医科大学 教養医学科 (教授)	松本 啓	医用重粒子線研究部	重粒子線がん治療装置建設 に係る調査研究	3.4.1～ 4.3.31
高エネルギー物理学 研 究 所 (助手)	熊田雅之	医用重粒子線研究部	重粒子線がん治療装置主加 速器系に関する研究	3.4.1～ 4.3.31
放射線医学総合研究所 客員研究官	北川 敦志	医用重粒子線研究部	重粒子線がん治療装置イオ ン源・前段加速器に関する 調査研究	3.4.1～ 4.3.31
放射線医学総合研究所 客員研究官	養原伸一	医用重粒子線研究部	医用重粒子線の照射・制御 及び利用に関する研究	3.4.1～ 4.3.31
大阪大学理学部 (教授)	南園忠則	医用重粒子線研究部	重粒子線がん治療装置イオ ン源・前段加速器に関する 調査研究	3.4.1～ 4.3.31
放射線医学総合研究所 客員研究官	須藤美智雄	医用重粒子線研究部	重粒子線がん治療装置主加速器系 及び高エネルギービーム輸送系に 関する調査研究及び開発研究	3.4.1～ 4.3.31
(順天堂大学医学部 研究生)	關 直彦	遺 伝 研 究 部	放射線感受性に関するヒ ト・ゲノム解析研究	3.5.1～ 4.3.31

(3) 特別研究員

氏 名	所 属 機 関	研 究 課 題	期 間
石原隆昭	文教大学 国際学部・教授	公衆被曝のリスク評価に関する生物学的 調査研究	3.6.1～ 4.3.31
松岡理	(財)電力中央研究所 我孫子研究所・研究顧問		〃
田中義一郎	明治薬科大学 非常勤講師	環境と食物連鎖に係わる公衆の被曝評価 に関する調査研究	〃
市川龍資	(財)原子力安全研究協会 理事		〃
小柳卓	(財)環境科学技術研究所 所長		〃
大桃洋一郎	(財)環境科学技術研究所 理事		〃

氏名	所属機関	研究課題	期間
榎田 義彦		重粒子線によるがん治療法に関する調査研究	3.6.1～ 4.3.31
田中 栄一	浜松ホトニクス(株) 東京営業所・顧問		〃
山下 昌次	国立埼玉病院 放射線科・医長		〃
青木 幸昌	東京大学 医学部放射線科・講師		〃
福田 信男	東邦大学 理学部・教授		〃
春日 孟	東京医科歯科大学 医学部・教授	低線量域における線量効果関係の実証に関する予備的研究	〃
藤田 正一郎	(財)放射線影響研究所 統計部・主任研究員		〃
福田 信男	東邦大学 理学部・教授		〃
江藤 久美	日本科学技術情報センター	研究の円滑な推進及び研究成果の向上に関して	〃
阿部 史郎	日本分析センター 技術参与		〃
加藤 義雄			〃
森 武三郎			〃
荒居 龍雄			〃

(4) レジデント

所属部	氏名	研究課題	期間
病院部	杉田 公	消化器癌に対する BRM の局所投与と放射線の併用療法	2.5.1～
〃	加藤 博敏	肝、胆、膵癌の放射線治療に関する研究	3.10.2～4.3.31

4. 研究生・実習生

(1) 平成3年度研究生受入れ一覧

所属研究部	氏名	所属機関	研究テーマ	期間
物 理	西 沢 かな枝	杏林大学医学部	医学利用放射線の測定とその防護	3. 4. 1~4. 3.31
物 理	岩 井 一 男	日本大学歯科病院	放射線防護に関する基礎的研究、医療被曝の線量評価に関する研究	3. 4. 1~4. 3.31
物 理	外 山 比南子	(財)東京老人総合研究所	ポジトロンCTの画像再構成について	3. 4. 1~4. 3.31
物 理	佐 方 周 防	千葉県がんセンター放射線治療部	放射線の吸収線量及び線質に関する研究	3. 4. 1~4. 3.31
物 理	三 浦 正	東京電子専門学校診療放射線学科	放射線防護に関する研究	3. 4. 1~4. 3.31
物 理	馬 瀬 直 通	日本大学歯科病院	放射線防護に関する基礎的研究、医療及び職業上の被曝による国民線量推定のための実態調査	3. 4. 1~4. 3.31
物 理	西 川 慶 一	東京歯科大学歯科放射線学講座	放射線による染色体異常の高速自動解析システムに関する研究	3. 4. 1~4. 3.31
物 理	福 岡 秀 成	慶応義塾大学理工学部	放射線誘発異常染色体の画像解析による自動検出に関する研究	3. 4. 1~4. 3.31
薬理化学	小 林 昶	三井製薬工業(株)生物科学研究所	胸腺因子の放射線防護効果に関する研究	3. 7. 1~4. 3.31
生 物	宮 地 幸 久	(財)電力中央研究所狛江研究所	低線量放射線が生体内情報伝達系に及ぼす影響の検討	3. 4. 1~4. 3.31
生 物	太 田 一 正	東邦大学大学院理学研究科	ウニ胚アセチルコリンエステラーゼ遺伝子のクローニング	3. 4. 1~4. 3.31
生 物	二 宮 栄一郎	千葉大学医学部附属病 院	胃癌細胞 DNA の研究	3. 4. 1~4. 3.31
生 物	菱 川 悦 男	千葉大学医学部附属病 院	食堂癌細胞 DNA の研究	3. 4. 1~4. 3.31
生 物	角 田 出	石巻専修大学理工学部	魚の尿および組織中の微量元素の分析	3. 4. 1~4. 3.31
生 物	浜 名 康 栄	群馬大学医療技術短期大学部	ストレスに対する生体の防御機構に関する研究	3. 4.15~4. 3.31
生 物	押 尾 茂	帝京大学医学部	放射線照射による実験的精巣障害に関する研究	3. 7. 1~4. 3.31
生 物	船 引 龍 平	東京農工大学農学部	組織・細胞における放射線障害の発現と修復の機構に関する研究	3.10. 1~4. 3.31

所属研究部	氏 名	所属機関	研究テーマ	期 間
生 物	土 屋 朋 子	東京農工大学農学部	組織・細胞における放射線障害の発現と修復の機構に関する細胞生物学的研究	3.10. 1~4. 3.31
生 物	金 森 葉 一	日本農産工業(株)中央研究所	野蚕のフィブロイン遺伝子の塩基配列決定	3.10. 1~4. 3.31
生 物	日 馬 剛 彦	東京水産大学大学院水産学研究所	メダカのゲノム解析	3. 4. 1~4. 3.31
生理病理	山 口 喜一郎	千葉大学医学部	軟骨組織における Cls の生理機能の解明	3. 4. 1~4. 3.31
生理病理	北 川 昌 伸	東京医科大学医学部病理学第2講座	骨髄キメラマウスにおけるフレンド白血病ウイルスに対する抵抗性機構の解析	3. 4. 1~4. 3.31
生理病理	深 澤 毅	千葉大学医学部	補体第一成分 Cls の消化管における生理機能及び病態との関連性について	3. 4. 1~4. 3.31
生理病理	豊 口 透	千葉大学医学部	軟骨組織における Cls の生理機能	3. 4.15~4. 3.31
生理病理	酒 井 紀 恵	筑波大学博士過程医学研究科	癌の移転に関する研究	4. 1. 1~4. 3.31
障害基礎	鈴 木 雅 雄	横浜市立大学医学研究科	高 LET 放射線の培養細胞に対する障害に関する研究	3. 7. 1~4. 3.31
障害基礎	坪 内 進	鈴鹿医療科学技術大学保健衛生学部	高 LET 放射線の基礎的研究特に放射線抵抗性細胞の RBE	3. 7. 1~4. 3.31
障害基礎	鈴 木 捷 三	東京大学医科学研究所	粒子線の薬剤耐性細胞に対する効果	3.10. 1~4. 3.31
内部被ばく	土 倉 覚	(株)船橋農場	ラットの骨代謝に関する骨組織動態学的研究	3. 4.15~4. 3.31
環境衛生	岩 井 敏	三菱原子力工業(株)大宮研究所	標準日本人体格を用いた内部被ばく線量評価に関する研究	3. 7. 1~4. 3.31
環境衛生	佐 藤 兼 章	(財)日本分析センター分析部	放射性核種分析法の開発	3. 7. 1~4. 3.31
環境衛生	森 本 隆 夫	(財)日本分析センター分析部	放射性核種分析法の開発	3. 7. 1~4. 3.31
環境衛生	川 上 欽 也	(財)日本分析センター分析部	放射性核種分析法の開発	3. 7. 1~4. 3.31
環境衛生	大 木 善 之	(財)日本分析センター分析部	放射性核種分析法の開発	3. 7. 1~4. 3.31
環境衛生	北 村 清 司	(財)日本分析センター分析部	放射性核種分析法の開発	3. 7. 1~4. 3.31
環境衛生	池 内 嘉 宏	(財)日本分析センター分析部	放射性核種分析法の開発	4. 1. 1~4. 3.31
環境衛生	川 辺 勝 也	(財)日本分析センター分析部	放射性核種分析法の開発	4. 1. 1~4. 3.31

所属研究部	氏 名	所 属 機 関	研 究 テ ー マ	期 間
臨 床	加賀屋 秋 彦	千葉大学医学部	ポジトロンCTの心血管学への応用	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	小 林 薫	日本医科大学第一病院	トレーサーによる中枢神経系レセプタの研究	3. 4. 1~4. 1.14
臨 床	米 澤 久 司	岩手医科大学医学部	ポジトロンCT及びポジトロン核種を用いた脳研究及び各種放射線リガンドを用いた動物実験による脳研究	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	難 波 広 樹	千葉県がんセンター	ポジトロンCTのためのトレーサー開発とその評価	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	青 墳 章 代	千葉大学医学部	ポジトロンCT、MRIによる臨床研究	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	山 田 滋	千葉大学医学部	放射線治療の基礎的研究	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	加 藤 博 敏	国立習志野病院	肝機能評価法としての31P-MRSの有用性に関する研究	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	木 元 正 史	千葉大学医学部	細菌内毒素(LPS)の肉腫肺移転抑制機序の解明	3. 4. 1~4. 1.14
臨 床	篠 遠 仁	千葉大学医学部 附 属 病 院	ポジトロンCT、核磁気共鳴装置による神経疾患の研究	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	西 川 悟	千葉大学医学部 附 属 病 院	13C-MRSの人体への応用	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	庭 山 博 行	千葉大学医学部	ポジトロンCTを用いた心臓の研究	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	中 川 敬 一	(財)東京都保健医療 公社東部地域病院	循環器におけるポジトロンCT検査の応用、オートラジオグラフィ	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	佐 藤 俊 之	東京理科大学薬学部	RIによる生体機能測定	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	秋 山 芳 久	千葉県がんセンター	体内放射能の定量測定に関する研究	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	氷 見 寿 治	千葉大学医学部 附 属 病 院	ポジトロンCTの循環器領域での臨床応用について	3. 4. 1~4. 3.31
臨 床	嵯 山 陽二郎	東京大学医学部	トレーサー法による生体機能の計測と解析	3. 4. 1~4. 1.14
臨 床	田 中 雅 康	東京理科大学	RIによる生体機能測定	3. 7. 1~4. 3.31
臨 床	朝比奈 正 人	成田赤十字病院	神経疾患においての、ポジトロンCTを用いた脳内神経伝達物質受容体に関する臨床研究	3. 7. 1~4. 3.31
臨 床	塚 田 秀 夫	浜松ホトニクス(株) 中 央 研 究 所	In vivo トレーサテクニックを用いた脳機能研究	3. 7. 1~4. 3.31
臨 床	窪 田 宣 夫	横浜市立大学医学部	ヒト悪性腫瘍細胞の速中性子線に対する反応に関する研究	3. 7. 1~4. 3.31

所属研究部	氏 名	所属機関	研究テーマ	期 間
臨 床	西 堀 知 行	千葉大学医学部	ポジトロンCTの心疾患への応用	3. 7. 1~4. 3.31
臨 床	田 所 裕 之	日本医科大学 第1病院第2外科	ポジトロンCTによる脳機能の解析	3. 7. 1~4. 1.14
臨 床	志 鎌 伸 昭	千葉大学医学部	ポジトロンCTの心疾患への応用	3. 7. 1~4. 3.31
臨 床	飯 塚 正 之	千葉大学医学部	重粒子線治療についての研究	3.10. 1~4. 1.14
臨 床	中 川 恵 一	社会保険中央総合病院	ドース・ボリューム・ヒストグラムを用いた治療計画評価ソフトウェアの開発	3.10. 1~4. 3.31
臨 床	木 内 孝 司	日本ゼノン(株) 研究開発センター	糖鎖化合物の放射線防護作用	3.10. 1~4. 3.31
臨 床	岩 川 真由美	筑波大学 臨床医学系小児科	小児悪性腫瘍の転移機構の解明及び転移巣の放射線治療の基礎的研究	3.10. 1~4. 3.31
臨 床	有 賀 隆	千葉大学医学部	カルボプラチン (CBDCA) と放射線の併用効果についての基礎的・臨床的検討	3.10. 1~4. 3.31
臨 床	岩 崎 好太郎	千葉大学附属病院 第二外科	腹部 MR Angiography	3.10. 1~4. 3.31
臨 床	石 原 真木子	帝京大学市原病院 放射線科	MR スペクトロスコピーを用いた臨床有効性の検討	3.10. 1~4. 3.31
臨 床	石 附 知 美	川崎市立川崎病院 精神神経科	PET による精神・神経疾患の研究 向精神薬の薬理機序の解明に関する研究	3.10. 1~4. 3.31
臨 床	趙 圭 一	千葉大学医学部 付属病院	MRS による生体内代謝の検討	4. 1. 1~4. 3.31
障害臨床	馳 澤 憲 二	都立豊島病院	治療における放射線障害の低減	3.10. 1~4. 3.31
障害臨床	宮 崎 徹	東京大学医学部 附属病院	トランスジェニックマウスを用いた自己寛用の研究	3.10. 1~4. 3.31
障害臨床	森 山 貴 志	東京大学医学部 附属病院	トランスジェニックマウスを用いた自己寛用の研究	3.10. 1~4. 3.31
医 用 重粒子線	鎌 形 望	千葉大学医学部附属 診療放射線技師学校	大視野X線テレビ及び3次元X線CTの基礎的研究	3. 7. 1~4. 3.31
技 術	西 山 新 吾	浜松ホトニクス(株) 中央研究所	PET 用トレーサーの標識合成の研究	3. 7. 1~4. 3.31
技 術	伊 藤 由 磨	名古屋市福祉健康 センター企画研究室	サイクロトロン照射により生成する ¹¹ C ポジトロン核種からのPET 薬剤合成に関する実習	3. 9. 1~3.10.31
技 術	山 田 慎 一	(株)住友重機工業	¹¹ C、 ¹⁸ F 標識放射薬剤製造用自動合成装置の開発研究	4. 1. 1~4. 3.31
病 院	野 本 靖 史	千葉大学医学部	肺小細胞癌の脳転移に対する早期診断と放射線治療	3. 7. 1~4. 3.31

所属研究部	氏名	所属機関	研究テーマ	期間
病院	高橋義彦	千葉大学医学部	肺癌の樹立細胞を用いて転移機構と癌遺伝子の関係について解析する	3. 7. 1~4. 3.31
病院	鈴木裕	千葉大学医学部	メラノーマ細胞の培養と増殖動態解析と放射線感受性の測定	3. 7. 1~4. 3.31
病院	滝口裕一	国立療養所松戸病院	肺小細胞癌の放射線および薬剤耐性に関する細胞生物学的研究	3. 7. 1~4. 3.31
病院	根本久一	(株)日本化薬医薬事業本部総合研究所	BALB/c マウスを用いて全身照射を行い、免疫抑制剤デオキシバガリンの放射線防護効果を血液学的に解析する	4. 1. 1~4. 3.31
病院	吉野薫	千葉大学医学部	マウス神経芽腫四行性転移モデルにおいて放射線治療により肝転移を抑制し、骨髄・骨転移の化学療法に対する反応、その他を検討する	4. 1. 1~4. 3.31
安全解析	高原明	(社)石膏ボード工業会	建材中 Rn 放射能基準地設定及び Rn 放射能簡易測定器の開発にかかわる調査研究	3. 4. 1~4. 3.31
安全解析	石井覚	(社)石膏ボード工業会	建材中 Rn 放射能基準地設定及び Rn 放射能簡易測定器の開発にかかわる調査研究	3. 4. 1~4. 3.31
海放生	佐伯龍夫	理研食品(株)	海藻に於けるミネラル分布と代謝についての研究	3. 7. 1~4. 3.31
			合計 85名	

(2) 平成3年度実習生受入れ一覧

所属研究部	氏名	所属機関	研究テーマ	期間
薬理化学	栗原由美子	東京理科大学 基礎工学部	放射線防護薬の薬理化学的研究	3.4.15~4.3.31
薬理化学	窪川かおる	早稲田大学教育学部	放射性同位元素によるステロイド代謝検出技術の習得及び安全取扱の実習	3.7.1~3.12.31
薬理化学	田中卓	東邦大学理学部	造血幹細胞分化関連遺伝子の構造に関する研究	3.7.1~4.3.30
薬理化学	中村佳織	共立薬科大学薬学部	内分泌系に対する放射線効果とその修飾因子に関する研究	3.7.1~4.3.31
薬理化学	慶野理恵	共立薬科大学薬学部	放射線による初期障害とその防護に関する薬化学的研究	3.7.1~4.3.31
薬理化学	戸張敬子	共立薬科大学薬学部	放射線による初期障害とその防護に関する薬化学的研究	3.7.1~4.3.31
生物	猪俣友子	東邦大学理学部	放射線細胞死の制御機構に関する研究	3.4.1~4.3.31
生物	幕田誉	東邦大学理学部	マウス培養胚発生に及ぼす成長因子の影響	3.4.1~4.3.31
生物	川辺二郎	東邦大学理学部	カイコにおけるくり返し配列の機能に関する研究	3.4.1~4.3.31
遺伝	古屋利恵	東邦大学理学部	ヒトDNA修復遺伝子の塩基配列の決定	3.4.1~4.3.31
生理病理	堀口努	東邦大学理学部	正常胸腺及び白血病誘発処置胸腺内でのT細胞 subpopulation の細胞周期に関する研究	3.4.1~4.3.31
生理病理	加藤紀夫	東邦大学理学部	転移に関与するタンパク分解酵素の精製とその性状の検索	3.4.1~4.3.31
障害基礎	松岡順子	日本女子大学家政学部	放射線誘発染色体異常の研究	3.4.1~4.3.31
内部被ばく	近藤正	東京理科大学 理学研究科	肺胞貪食細胞への粒子溶解実験	3.4.1~4.3.31
内部被ばく	山田学	東京理科大学 理学研究科	肺胞貪食細胞への粒子溶解実験	3.4.1~4.3.31
臨床	若原俊一	東京理科大学薬学部	トレーサーによる生体機能の測定に関する実習	3.4.1~4.3.31
			合計 16名	

5. 養成訓練部講師

1. 所外講師

氏名	所属機関名	氏名	所属機関名
上 蓑 義 朋	東京大学	小 山 雄 生	農業環境技術研究所
宮 原 諄 二	富士写真フィルム	新 藤 勝 盛	日本分析センター
小 野 耕 治	コニカ	大 石 卓	〃
鈴 木 修	日本アイソトープ協会	長 岡 和 則	〃
増 田 高 廣	東京都立大学	高 野 直 人	〃
加 藤 義 雄	日本歯科大学	塚 田 祥 文	〃
伊 東 範 行	千葉県救急医療センター	阿 部 史 朗	〃
衣 笠 達 也	三菱重工業	石 居 進	早稲田大学
河 村 正 一	神奈川大学	和 田 勝	東京医科歯科大学
小 泉 勝 三	動力炉核燃料開発事業団	若 林 克 己	群馬大学
福 山 繁	原子力安全技術センター	南 保 俊 雄	第一化学薬品
青 木 芳 郎	東京大学	遠 藤 敬 吾	群馬大学
中 尾 憲	六高台病院長	菊 地 元 史	早稲田大学
山 野 知 寛	科学技術庁	西 川 潤 一	東京大学
倉 田 泰 孝	科学技術庁	小山田 日吉丸	癌研究会
岩 島 清	国立公衆衛生院	根 本 信 雄	癌研究会

2. 所内講師

物理研究部	川島勝弘 野原功全 丸山隆司 野田豊 喜多尾憲助 山口寛	内部被ばく研究部 稲葉次郎	医用重粒子線研究部 平尾泰男 遠藤真広
薬理化学研究部	石原弘 稲野宏志	環境衛生研究部 岩倉哲男 藤高和信 本郷昭三 湯川雅江 井上義和 武田洋 宮本霧子 阿部道子 今井靖子 柴田貞夫 竹下洋	技術部（技術課） 今関等 斉藤和典
生物研究部	山田武 田口泰子 廣部知久 湯川修身 福士育子 座間光雄 沼田幸子 三田和英	臨床研究部 山崎統四郎 入江俊章 井上修 松本徹 池平博夫 安藤興一 福田寛	技術部（放射線安全課） 田代克人 川上利彦 伊藤幸久 佐々木昭徳 津浦伸次 朽木満弘
遺伝研究部	堀雅明 佐伯哲哉 塩見忠博 安田徳一	障害臨床研究部 赤沼篤夫 溝江純悦 明石真言 鈴木元	病院部 向井稔 総括安全解析研究官付 内山正史 那珂湊支所 長屋裕 村松康行 鈴木讓 中村良一
生理病理研究部	佐渡敏彦 大津裕司		養成訓練部 渡利一夫 越島得三郎 青木一子 上島久正 根井充
障害基礎研究部	早田勇		

6. 職員名簿

(平成4年3月31日現在)

所	長	松平寛通	国際研究協力官	淵上辰雄
	科学研究官	戸張嚴夫	企画係長	鎌倉幸雄
	管理部長	田口善一		桜井康明
	庶務課長	山崎茂雄		鶴澤勝己
	課長補佐	大谷邦博		榎本昇一
	専門職	廣瀬昇	調査係長	石澤義久
	庶務係長	鈴木直方		高橋淳
	主任	金山貴子	統計係長	城正弘
	主任	松本登美子		小島謙次郎
	人事係長	伏見淳一	図書係長	森田恭子
		池田睦	放射能資料係長	尾留川祐規
	給与係長	佐々木昭吉		桜井清一
		近藤和子		菅原幸喜
	厚生係長	鶴田善文	物理研究部長	川島勝弘
		池田保	物理第1研究室長	野原功全
	安全係長	河合徹	主任研究官	富谷武浩
	会計課長	田崎喜康	主任研究官	山本幹男
	課長補佐	永井幸彦	主任研究官	村山秀雄
	専門職	駒谷恒男	物理第2研究室長	平岡武
		阿部正男	主任研究官	星野一雄
	予算係長	矢野敏男		福村明史
	契約係長(併)	阿部正男	物理第3研究室長	丸山隆司
		木村裕一	主任研究官	隈元芳一
		米倉友昭	主任研究官	白貝彰宏
		片山哲也	主任研究官	野田豊
	物品係長	足立仁勇	物理第4研究室長	喜多尾憲助
	主任	酒井ふさ子	主任研究官	山口寛
		土屋義男	薬理化学研究部長	色田幹雄
		藤野輝雄	薬理化学第1研究室長	松本信二
	管財係長	春山広隆	主任研究官	島津良枝
	(併)	山本節子		古瀬雅子
		貝沼育子	薬理化学第2研究室長	花木昭
	經理係長	川部時男	主任研究官	小澤俊彦
		中田欣成	主任研究官	伊古田暢夫
		橋登志雄	主任研究官	上田順市
	監査係長	折田義彦	薬理化学第3研究室長	常岡和子
	企画課長	田辺寿男	主任研究官	石原弘
	課長補佐		薬理化学第4研究室長	稲野宏志

主任研究官	鈴木桂子	西村まゆみ
主任研究官	石井洋子	根本久美恵
生物研究部長	岩崎民子	障害基礎研究部長 佐藤弘毅
生物第1研究室長	山田武	障害基礎第1研究室長 坪井篤
主任研究官	田口泰子	主任研究官 小島栄一
主任研究官	廣部知久	田中薫
	栗原靖之	障害基礎第2研究室長 早田勇
	藤井由布	主任研究官 南久松真子
生物第2研究室長	湯川修身	小高武子
主任研究官	福士育子	古川章
	東智康	障害基礎第3研究室長(併) 佐藤弘毅
	村磯知採夫	五日市ひろみ
	中島徹夫	笠井清美
生物第3研究室長	座間光雄	福津久美子
主任研究官	沼田幸子	内部被ばく研究部長 稲葉次郎
主任研究官	三田和英	内部被ばく第1研究室長(併) 稲葉次郎
遺伝研究部長	堀雅明	主任研究官 高橋千太郎
遺伝第1研究室長	佐伯哲哉	主任研究官 佐藤宏
主任研究官	稲葉浩子	主任研究官 久保田善久
主任研究官	町田勇	内部被ばく第2研究室長 石榑信人
主任研究官	森明充興	仲野高志
	本郷悦子	榎本宏子
遺伝第2研究室長(併)	堀雅明	内部被ばく第3研究室長 小木曾洋一
主任研究官	高橋永仟	主任研究官 福田俊裕
主任研究官	辻秀雄	山田裕三
	辻さつき	飯田治三
遺伝第3研究室長	塩見忠博	内部被ばく第4研究室長 小泉彰
主任研究官	松田洋一	主任研究官 山田裕司
	原田良信	宮本勝宏
	斎藤俊行	環境衛生研究部長 岩倉哲男
遺伝第4研究室長	安田徳一	環境衛生第1研究室長 藤高和信
	伊藤綽子	古川雅英
生理病理研究部長	佐渡敏彦	松本雅紀
生理病理第1研究室長	武藤正弘	環境衛生第2研究室長(併) 岩倉哲男
主任研究官	相澤志郎	主任研究官 木村健一
	久保忍子	主任研究官 本郷昭三
	神作仁子	主任研究官 湯川雅枝
	木村正子	主任研究官 西村義一
生理病理第2研究室長	大津裕司	小平和子
主任研究官	崎山比早子	環境衛生第3研究室長 井上義和
主任研究官	小林森	主任研究官 武田洋子
主任研究官	古瀬健	主任研究官 宮本霧子
	野田攸子	環境衛生第4研究室長 阿部道子
生理病理第3研究室長	佐々木俊作	主任研究官 黒滝克巳
生理病理第4研究室長	荻生俊昭	主任研究官 今井靖子
主任研究官	吉田和子	主任研究官 柴田貞夫
	島田義也	竹下洋

臨床研究部長	館野之男	主 任	元吉貞子
臨床第1研究室長	山崎統四郎		高石重利
主任研究官	福士清		川島利雄
主任研究官	入江俊章		大竹孝進
主任研究官	井上修		黒沢昭雄
臨床第2研究室長	飯沼武		榎本幹男
主任研究官	中村讓		館林石実
主任研究官	松本徹		立石文男
臨床第3研究室長	宍戸文男		宮原文晴
主任研究官	池平博夫		内田晴康
	須原哲也	技術第1係長	今関等
臨床第4研究室長	安藤興一		斎藤和典
主任研究官	小池幸子		前田武
主任研究官	古川重夫	技術第2係長	長沢志保子
	橋本隆裕		遠藤節子
障害臨床研究部長	赤沼篤夫	内部被ばく実験施設管理室長(併)	小泉 彰
障害臨床第1研究室長	溝江純悦	施設管理係長	中山隆
	明石真言	中型動物管理係長	早尾辰雄
	蜂谷みさを		岡田和夫
	鵜澤玲子		川島直行
障害臨床第2研究室長	鈴木元	汚染動物管理係長	田澤実
主任研究官	大山ハルミ	データ処理室長	福久健二郎
主任研究官	川瀬淑子		武田栄子
主任研究官	能勢正子	放射線安全課長	門間静雄
医用重粒子線研究部長	平尾泰男	課長補佐	小藤田満
医用重粒子線第1研究室長	小川博嗣	専門職	増澤武男
主任研究官	山田聰	(併)	佐藤孝司
主任研究官	佐藤幸夫	健康管理係長	田代克人
医用重粒子線第2研究室長	佐藤健次		石澤昭子
主任研究官	板野明史		三門富士夫
主任研究官	熊田雅之	安全係長	川上利彦
主任研究官	金澤光隆		崎野貴光
主任研究官	高田栄一	汚染処理係長(併)	増澤武男
	野田耕司		伊藤幸久
医用重粒子線第3研究室長	河内清光		佐々木昭徳
主任研究官	金井達明	アルファ線管理係長	津浦伸次
主任研究官	遠藤真広	中性子線管理係長	朽木満弘
主任研究官	曾我文宣	動植物管理課長	佐藤俊介
	河野俊之一	専門職	細谷公蔵
	蓑原伸一	生産係長	富田静男
技術部長	吉川元之	管理第一係長	種田信司
技術課長	山田隆		前田栄男
課長補佐	長谷川芳夫	管理第二係長	魚路益男
専門職	川嶋和雄	動物衛生係長(併)	細谷公蔵
専門職	深谷衛三	主任研究官	松本恒弥
専門職	村越善次	主任研究官	松下悟二
施設係長	森貞次	検疫室長	山極順二

主任研究官	中村裕二	田上恵子
主任研究官	西澤かな枝	横須賀節子
	土居雅広	環境放射生態学第2研究室長 村松康行
特別研究官	鎌田博	主任研究官 住谷みさ子
那珂湊支所長	長屋裕	主任研究官 柳澤啓
管理課長	武井恒男	吉田聡
課長補佐	山崎友吉	環境放射生態学第3研究室長 河村日佐男
管理係長(併)	山崎友吉	主任研究官 白石久二雄
	黒沢勝治	海洋放射生態学研究部長 鈴木讓
会計係長	川又昭男	海洋放射生態学第1研究室長 中村清
	佐藤泰司	主任研究官 石川昌史
放射線安全係長	玉手和彦	主任研究官 山田正俊
	斎藤和浩	海洋放射生態学第2研究室長 中村良一
環境放射生態学研究部長	中島敏行	主任研究官 平野茂樹
環境放射生態学第1研究室長(併)	中島敏行	主任研究官 中原元和
(研究休職)	渡部輝久	主任研究官 石井紀明
主任研究官	内田滋夫	松葉満江

研究員等出身専門分野別内訳

所 属	物 理	化 学	自 然 科 学	原 子 力 工 学	原 子 核 工 学	工 分 子 化 学	電 子 工 学	電 気 工 学	応 用 物 理	生 物
所 長										
科 学 研 究 官										(1) 1
物 理 研 究 部	(5) 8		(1) 1	(1) 1	1		1	(1) 1		
薬 理 化 学 研 究 部	(1) 1									(1) 2
生 物 研 究 部		(1) 1				(1) 1				(5) 7
遺 伝 研 究 部		(1) 1								(2) 2
生 理 病 理 研 究 部		(1) 1								(2) 2
障 害 基 礎 研 究 部										(3) 4
内 部 被 ば く 研 究 部	(1) 1	1			(2) 2					
環 境 衛 生 研 究 部	(1) 1	(4) 6	1		1			1	1	
臨 床 研 究 部	(1)	1		(1) 1					(1) 1	
障 害 臨 床 研 究 部		1								1
医 用 重 粒 子 線 研 究 部	(7) 7			(2) 2	1		1	(2) 2	(1) 1	
技 術 部	1	(1) 1								
養 成 訓 練 部		(1) 1								(1) 1
病 院 部										
総 括 安 全 解 析 研 究 官	(1) 1			(1) 1	1					
特 別 研 究 管										
那 珂 湊 支 所 長										
環 境 放 射 生 態 学 研 究 分		(1) 1	(1) 1							
海 洋 放 射 生 態 学 研 究 部		(1) 1								
計	(17) 21	(11) 16	(2) 3	(5) 5	(2) 6	(1) 1	2	(3) 4	(2) 3	(15) 20

平成4年3月31日現在

生物化学	動物学	数学	農学	畜産	獣医	水産	農芸化学	薬学	医学	その他	計
									(1) 1		(1) 1
											(1) 1
										(1) 2	(9) 15
								(9) 9		1	(11) 13
	(1) 1							(1) 2		(1) 2	(10) 14
(1) 1		(1) 1	(2) 2	(3) 3						(1) 5	(11) 15
(1) 1			(1) 1	(1) 1					(3) 3	(2) 8	(11) 17
			(1) 1						(1) 1	5	(5) 11
			(2) 2		(3) 4			(1) 1		3	(9) 14
					(1) 1					(2) 4	(8) 16
								(2) 2	(6) 6	(1) 3	(12) 15
									(5) 5	2	(5) 9
										(1) 2	(13) 16
		1		2	(1) 3					3	(2) 11
					(1) 1					(1) 2	(4) 5
									(7) 10		(7) 10
						(2) 2					(4) 5
								1			1
						(1) 1					(1) 1
						1	(1) 3			(3) 4	(6) 10
						(2) 6	(1) 1			1	(4) 9
(2) 2	(1) 1	(1) 2	(6) 6	(4) 6	(6) 9	(5) 10	(2) 4	(13) 15	(23) 26	(13) 47	(134) 209

※指定職・研究職2G以上・医療職(一)
()は博士学位取得者を内数で示す。

7. 人 事 異 動

採用・転入者

所 属 ・ 職 名	氏 名	日 付	前 任 官 署 等
管理部会計課専門職	個人情報保護 の為、非公開	3. 4. 1	国際科学技術博覧会協会
管理部企画課長補佐		〃	科学技術庁
管理部企画課統計係長		〃	厚生省
遺伝研究部遺伝第3研究室		〃	国立多摩研究所
臨床研究部臨床第3研究室長		〃	秋田県立脳血管研究センター
障害臨床研究部障害臨床第1研究室長		〃	北海道大学
病院部事務課医事係長		〃	国立精神・神経センター
病院部総看護婦長付看護婦長		〃	国立療養所神奈川病院附属看護学校
那珂湊支所海洋放射生態学研究部主任研究官		〃	山形県立新庄工業高等学校
管理部庶務課		〃	採 用
生物研究部生物第2研究室		〃	〃
障害基礎研究部障害基礎第2研究室		〃	〃
環境衛生研究部環境衛生第1研究室		〃	〃
技術部技術課		〃	〃
技術部放射線安全課		〃	〃
病院部医務課医師		〃	〃
病院部総看護婦長付看護婦		〃	〃
那珂湊支所環境放射生態学研究部環境放射生態学第1研究室		〃	〃
障害臨床研究部長		3. 5. 1	東京大学
管理部会計課長		〃	科学技術庁
那珂湊支所管理課長		〃	航空宇宙技術研究所
技術部サイクロトロン管理課専門職		〃	宇宙開発事業団
環境衛生研究部環境衛生第1研究室		3. 7. 1	採 用
医用重粒子線研究部医用重粒子線第3研究室	〃	〃	

所 属 ・ 職 名	氏 名	日 付	前 任 官 署 等
病院部事務課	個人情報保護 の為、非公開	3. 8. 1	採 用
総括安全解析研究官付主任研究官		3. 9. 1	〃
病院部総看護婦長		3.10. 1	国立療養所千葉東病院
医用重粒子線研究部主任研究官		〃	高エネルギー物理学研究所
病院部総看護婦長付看護婦		3.11.13	採用（臨時任用）

転出・退職者

所 属 ・ 職 名	氏 名	日 付	転 出 先 等
管理部企画課長補佐	個人情報保護 の為、非公開	3. 4. 1	科学技術庁
管理部企画課統計係長		〃	厚生省
障害基礎研究部障害基礎第3研究室長		〃	岡山大学
病院部事務課医事係長		〃	国立千葉病院
病院部総看護婦長付看護婦長		〃	国立療養所千葉東病院
那珂湊支所環境放射生態学研究部環境放射生態学第2研究室		〃	気象研究所
管理部会計課長		3. 4.12	科学技術庁
技術部サイクロトロン管理課長		〃	〃
那珂湊支所管理課長		3. 5. 1	金属材料技術研究所
管理部庶務課		3. 5.16	科学技術庁
技術部動植物管理課		3. 6.15	辞 職
管理部会計課		3. 6.30	〃
薬理化学研究部薬理化学第4研究室		〃	〃
病院部事務課		3. 7.31	〃
病院部総看護婦長		3.10. 1	国立療養所西群馬病院
那珂湊支所環境放射生態学研究部主任研究官		3.10.31	休職（平成3年12月21日まで）
技術部動植物管理課動物衛生係長		3.12. 1	辞 職
管理部企画課		4. 1. 1	〃
科学研究官		4. 3.31	定年退職
那珂湊支所長		〃	〃

所 属 ・ 職 名	氏 名	日 付	転 出 先 等
特別研究官	個人情報保護 の為、非公開	〃	定年退職
物理研究部物理第4研究室長		〃	〃
病院部医務課薬局長		〃	〃
病院部総看護婦長付看護婦長		〃	〃
病院部総看護婦長付看護婦		〃	〃
技術部動植物管理課		〃	〃
技術部放射線安全課アルファ線管理係長		〃	動力炉・核燃料開発事業団
生物研究部生物第1研究室長		〃	辞 職
臨床研究部臨床第4研究室		〃	〃
病院部医務課診療放射線技師		〃	〃
病院部検査課		〃	〃
病院部総看護婦長付准看護婦		〃	〃
病院部事務課長		〃	厚生省

8. 栄 誉

年月日	受 賞 者	氏 名	受 賞 内 容
3. 5. 19	業 績 表 彰	阿 部 道 子	大気中粒子状自然放射性の挙動解析に関する研究
3. 5. 19	業 績 表 彰	越 島 得三郎	放射線測定法の改善と被ばく評価
3. 5. 19	業 績 表 彰	岡 崎 悦 子	放射線診療施設における看護
3. 5. 19	業 績 表 彰	稲 野 宏 志	内分泌系に対する放射線の影響に関する研究
3. 5. 19	業 績 表 彰	武 藤 正 弘	放射線による発がん機構の細胞生物学的研究
3.10.25	原子力安全功労者表彰	岩 崎 民 子	原子力の安全確保のため尽力
3.11. 8	放射線安全管理功労者表彰	山 田 隆	放射性同位元素等の取扱いにおける安全確保のため尽力
3.12. 9	人 事 院 総 裁 賞	長 澤 志保子	放射装置の開発、改良に努め放射線によるがんの最適治療法の条件を探る上で貢献

9. 特 許 等

(1) 国内特許等

発 明 の 名 称	発 明 者	出 願 日 出願番号	登 録 日 登録番号	備 考
1. 画像処理装置のリサーチ式走査方法	田中 栄一 野原 功全 富谷 武浩	S 47. 2. 2 47-011419	S 53.11.30 第933586号	H4. 2. 2で消滅
2. 低バックグラウンド液体シンチレーション検出器	櫻田 義彦 岩倉 哲男	S 49. 6.18 49-069414	S 53.11.30 第933675号	新技術事業団のあっせんによりアロカ(株)にて実施
3. 放射線測定装置	田中 栄一 野原 功全 富谷 武浩 他 2 名 (東芝)	S 51. 8.31 51-104025	S 56. 1.22 第1030342号	
4. 光学的信号伝達装置	田中 栄一 富谷 武浩 他 2 名(日立メディコ)	S 53.12.28 53-161165	S 61.11.13 第1347961号	
5. 陽電子横断断層装置	田中 栄一 野原 功全 富谷 武浩 他 2 名(日立メディコ)	S 54. 1.12 54-1228	S 62.12.10 第1415837号	
6. ポジトロンCT装置	田中 栄一 野原 功全 山本 幹男 他 1 名(日立メディコ)	S 54. 3.30 54-36859	S 63. 2.15 第1424803号	新技術事業団の斡旋により日立メディコ(株)にて実施
7. 陽電子横断断層装置	田中 栄一 野原 功全 富谷 武浩 山本 幹男 他 2 名(日立メディコ)	S 54. 3.30 54-36860	S 62.12.10 第1415841号	
8. 放射線位置検出装置	田中 栄一 野原 功全 村山 秀雄 他 3 名(日立メディコ)	S 54. 9.29 54-124742	出 願 中	
9. CSF 産生腫瘍移植法を用いた CSF 製造法	平嶋 邦猛 色田 幹雄 常岡 和子 安藤 興一 奈良 信雄 別所 正美 他 1 名(電気化学工業)	S 56.10. 3 56-156954	S 61. 3.31 第1305935号	

発 明 の 名 称	発 明 者	出 願 日 出願番号	登 録 日 登録番号	備 考
10. 汚泥等の乾留焼却方法及び装置	松岡 理彰 小泉 彰 他4名(新潟鉄工所)	S57. 9.30 57-172235	H2.7.10 第1569233号	
11. CSF 制御物質	平嶋 邦猛 別所 正美 他3名(中外製薬)	S58. 3.11 58-39146	出 願 中	
12. CSF 製造法	色田 幹雄 常岡 和子 他1名(電気化学工業)	S58. 5.14 58-83507	出 願 中	
13. 放射線検出装置	田中栄一 村山秀雄 他3名(浜松ホトニクス)	S58. 7.13 58-127190	出 願 中	新技術事業団の委託開発 実施(浜松ホトニクス)
14. 血流速分布測定法	福田 信男 池平 博夫 館野 之男 他3名(旭化成)	S59. 5.30 59-110377	出 願 中	
15. 濾過装置	鈴木 和年 山田 孝信 玉手 和彦	S59. 6. 7 59-115558	出 願 中	
16. 限外濾過装置	鈴木 和年 山田 孝信 玉手 和彦	S59. 6. 7 59-83625	出 願 中	実用新案
17. 発光検出装置	山本 幹男 富谷 武浩 野原 功全 田中 栄一 他4名(浜松ホトニクス)	S60. 6.25 60-138410	出 願 中	
18. 放射線線量分布測定法	福田 信男 平岡 武 他2名(旭化成)	S60.10. 9 60-225494	出 願 中	
19. 霧滴付着実験方法及び装置	鎌田 博啓 柳沢 啓	S60.10.15 60-227892	出 願 中	
20. 放射線検出装置	山本 幹男 他1名(浜松ホトニクス)	S60.12.17 60-283905	出 願 中	
21. 放射線発光検出装置	山本 幹男 他1名(浜松ホトニクス)	S60.12.17 60-283906	出 願 中	
22. 肝機能診断用金属錯塩	池平 博夫 山根 昭子 他2名(旭化成)	S61. 1.30 61-16686	出 願 中	
23. ポジトロンCT装置	田中 栄一 野原 功全 富谷 武浩 山本 幹男 村山 秀雄 他5名(浜松ホトニクス)	S61. 3. 7 61-49883	出 願 中	

発明の名称	発明者	出願日 出願番号	登録日 登録番号	備考
24. シングルフォトン ECT	野原 功全 村山 秀雄 田中 栄一	S61. 4.14 61-84389	出願中	
25. 放射線三次元位置検出 装置	村山 秀雄 野原 功全	S61. 8.15 61-190549	出願中	
26. 放射線治療用ポーラス	古川重夫 他3名(ヘキスト合成)	S61. 3. 3 61-4712	出願中	
27. 超音波診断用ポーラス	古川重夫 中村 譲 池平博夫 他2名(ヘキスト合成)	S62. 2. 4 62-24369	出願中	
28. 電磁波温熱治療用ポー ラス	古川重夫 中村 譲 他3名(ヘキスト合成)	S62. 4.23 62-100338	出願中	
29. 荷電粒子装置	河内清光 他5名(三菱電気)	S62. 6.10 62-145859	出願中	
30. 荷電粒子装置	河内清光 他5名(三菱電気)	S62. 6.10 62-145860	出願中	
31. 荷電粒子装置	河内清光 他5名(三菱電気)	S62. 6.10 62-145861	出願中	
32. 可搬型ダストモニタ	小泉勝三 他1名(応用光研)	S62.11.20 62-292180	出願中	新技術事業団のあっせんにより 応用光研工業(株)にて実施
33. 人体軟組織等価材	平岡 武 他1名(京都科学)	S63. 2. 8 63-26971	出願中	新技術事業団のあっせんにより (株)京都科学により実施
34. 電子スピン共鳴吸収を 用いた放射線の測定方法	中島 敏行	S63. 4. 1 63-81699	出願中	
35. 電子スピン共鳴吸収放 射線量計用測定体	中島 敏行	S63. 4. 1 63-81700	出願中	
36. エアロゾルの粒度分布 測定方法及び装置	小泉 彰 山田 裕司 宮本 勝宏 他1名(千葉カノマックス)	S63. 4.19 63-96599	出願中	
37. エアロゾル粒子径分布 の測定方法及び装置	小泉 彰 山田 裕司 宮本 勝宏	S63. 8.18 63-205250	出願中	
38. エアロゾル粒子の分級 方法及び装置	山田 裕司 小泉 彰 松岡 理	H1. 3. 8 1-55750	出願中	
39. 放射線治療用ポーラス 整形用型の形成装置並び にポーラス製造法	古川 重夫 中村 譲 金井 達明 他3名(ワイエル工業)	H1. 9.29 1-254098	出願中	
40. イオン源	佐藤 幸夫 他1名(住友重機)	H2. 8.24 2-221229	出願中	

発明の名称	発明者	出願日 出願番号	登録日 登録番号	備考
41. 高比放射能 ^{11}C 標識放射薬剤製造用多目的合成装置	鈴木 和年	H2.11.30 2-337850	出願中	新技術事業団のあっせんにより(株)住友重機工業により実施
42. 組合せ式汎用筐体	鈴木 和年	H2.11.30 2-337849	出願中	新技術事業団のあっせんにより(有)中沢製作所により実施
43. 放射線被曝による染色体異常の検出方法	早田 勇 他1名(株)ニコン)	H2. 9.19 2-247336	出願中	
44. ポジトロン断層撮影装置	野原 功全 村山 秀雄	H3. 7. 6 3-192560	出願中	
45. 静置 (パッシブ) ラドン・トロン弁別測定器	土居 雅広	H3. 5.16 3-181519	出願中	
46. 自動ピペッティング用ピペット及びその先端チップ	早田 勇	H3. 6.28 3-57851	出願中	

(2) 外国特許

発明の名称	発明者	国名	登録年月日	登録番号	備考
1. 放射線測定装置	田中 栄一 野原 功全 富谷 武浩 他2名 (東芝)	アメリカ カナダ	1980. 1.29 1979.11.27	No.4186307 No.1067214	
2. 光学的信号伝達装置	田中 栄一 富谷 武浩 他2名(日立メディコ)	アメリカ カナダ イギリス	1982. 3.23 1983. 4.19 1983. 4.13	No.4321474 No.1145075 No.2040447	
3. 陽電子横断断層装置	田中 栄一 富谷 武浩 野原 功全 他2名(日立メディコ)	アメリカ カナダ イギリス フランス	1982. 1. 5 1983. 5. 3 1983. 4.20 1985. 9.10	No.4309611 No.1145861 No.2048012 No.2446492	
4. ロジック回路	富谷 武浩 田中 栄一 野原 功全 他2名 (東芝)	ドイツ カナダ イギリス フランス	1982. 9.16 1982. 6.15 1982. 8. 4 1984. 4. 2	No.3007849 No.1125869 No.2045489 No.8004636	
5. 放射線検出器	田中 栄一 他3名 (日立メディコ、日立中研)	アメリカ カナダ イギリス	1982. 1.19 1982. 6.15 1983. 4. 7	No.4311907 No.1125926 No.2051348	
6. 陽電子横断断層装置	田中 栄一 野原 功全 富谷 武浩 山本 幹男 他2名 (日立メディコ、日立中研)	アメリカ カナダ フランス	1982. 9.28 1983. 1.18 1985. 9.16	No.4352018 No.1139896 No.2452274	
7. 放射線位置検出装置	田中 栄一 野原 功全 村山 秀雄 他3名 (日立メディコ、日立中研)	アメリカ カナダ イギリス	1983. 7.19 1983.10. 4 1983.12. 7	No.4394576 No.1154881 No.2072452	

10. 放医研日誌

(1) 本所 平成3年

- | | | | |
|-------|--|-------|--|
| 4月10日 | Science Now '91に参加(～13日、東京晴海) | 4日 | 放射線医学総合研究所国際ワークショップ
「重粒子線治療とその関連課題」
(～7/5 放医研講堂) |
| 15日 | 第23回緊急被ばく救護訓練課程
(～4/20) | 26日 | 松平所長、ICRP 出席のため渡欧 |
| 20日 | 所内一般公開(本所、那珂湊支所、東海施設) | 8月23日 | マレーシア ファチマ原子力庁副長官
来所 |
| 23日 | Dr.L.Shiever(スウェーデン、ウプサラ大学)
研究会講演、峰岸安津子氏(神奈川大学) | 27日 | 第2回重粒子線がん治療運営委員会治療準備部会 |
| 5月7日 | 第38回放射線防護課程開講
(～7/1)
重粒子線がん治療体制懇談会 | 31日 | 重粒子線治療研究セミナー |
| 10日 | 第40回国連科学委員会出席のため松平所長渡欧 | 9月1日 | 原子力防災訓練 |
| 20日 | 平成4年度ヒヤリング(～24日) | 2日 | 重粒子線治療ネットワーク会議計画部会 |
| 22日 | 長官表彰・勤続表彰祝賀会 | 13日 | 放医研研究会「チェルノブイル原子力発電所事故から5年」 |
| 31日 | 研究会講演、真鍋淑朗氏(米プリンストン大学) | 19日 | 参議院科学技術特別委員来所 |
| 6月3日 | Ms Zainab Hamzah(マレーシア、ゴム研究所)来所 | 24日 | 実験動物慰霊祭 |
| 10日 | 第84回放射線防護課程開講(～7/6) | 30日 | 第24回緊急被曝救護訓練課程開講 |
| 14日 | 研究会講演、玉置文一氏(長崎大学) | 10月3日 | ソ連チェルノブイル調査団8名来所 |
| 17日 | 第8回放影研・放医研研究交流セミナー | 7日 | 韓国ソウル大学 Park Yong Hwan 氏
来所 |
| 19日 | 研究会講演、及川恒ゆき氏(佐々木研) | | 韓国原子力病院 Cho Chul Koo 博士来所 |
| 24日 | Mr.Qi Yong(中国放医研防護研究所)来所 | 8日 | 第1回屋内Rn線量測定実行委員会 |
| 26日 | 講演会、北京放射線医学研究所・葛忠良所長ほか2人 | 9日 | 研究会講演：田中栄一氏(浜松フォト)
小野田真氏(カリフォルニア大学) |
| 29日 | 第10回放医研会(若潮会館) | 21日 | 第14回環境放射線モニタリング技術課程開講(～11/1) |
| 7月1日 | Dr.Antony.Gee(米・ロンドン大学)来所 | 28日 | 放射線電話相談(原子力の日関連) |
| | Dr. George.T.Y.chen(米・シカゴ大学)来所 | 11月1日 | 日ソ専門家会議ソ連代表団10名来所 |
| 3日 | 放射線による染色体異常の高速自動解析システムに関する国際シンポジウム
(～7/4 KKR東京竹橋) | 8日 | IAEA 次長 町末男氏来所 |
| | | 11日 | 第85回放射線防護課程開講(～12/7)
研究会講演、坂口隆司宮崎医科大学教授 |
| | | 21日 | Dr. A.Mozumder 来所(米ノートルダム大学) |
| | | 25日 | Dr. Yeon-Sook Yun 来所(韓国原子力病院) |
| | | 27日 | 第33回環境放射能調査研究成果発表会 |
| | | 28日 | 第19回放医研環境セミナー「海洋にお |

- ～29日 ける物質循環」
- 12月 3日 消防訓練
- 4日 IAEA RCA 専門家会議
- 5 第23回放医研シンポジウム
- ～ 6日
- 9日 外来研究員審査会
- 16日 研究会講演、Dr Cho Chil Koo (韓国
原子力病院)
- 19日 千葉県国立病院・療養所定期研究会
- 平成4年
- 1月 6日 所長新春挨拶
- 10日 研究会講演、千葉簾氏(東北放射学
セ)
- 13日 Dr. Supatra Sangruchi 来所
- 17日 第2回重粒子線治療ネットワーク会議
計画部会
- 20日 第43回放射線・核医学基礎課程開講、
第27回 RI 利用生物学課程開講(いず
れも2/21まで)
- 30日 顧問会議
那珂湊支所放射線施設定期検査
- 31日 講演会、魏履新氏(中国衛生部)
- 2月10日 原研-放医研定例懇談会
- 11日 第20回「きらさぎ会」開催
- 12日 外来研究員審査会
- 18日 研究会講演、木下武雄氏(防災研究所)
- 25日 放射線業務従事者教育訓練
- 28日 講演、武市宣雄氏(広島大学)
- 3月 6日 講演、織田暢夫氏(聖徳大学)
- 16日 Idris Besar 氏(マレーシア ETN)
来所
- 17日 K. Sankaranarayanan 氏(ライデン大
学)
R. Cox 氏(英 NRPB) 講演会
- 18日 放射線影響・防護国際会議(水戸)
- ～20日
- 25日 重粒子線ネットワーク会議
- 26日 実験動植物委員会
- 31日 退官記念講演会・歓送会
- (2) 那珂湊支所
- 平成3年
- 4月20日 所内一般公開
- 6月 3日 マレーシア・ゴム研究所
Dr. Zainab Hamzah 氏 研究留学
(～11月29日まで)
- 6月24日 中国放射線防護研究所
Dr. Qi Yong 氏研究留学
(～12月20日まで)
- 7月11日 関東地方建設局宇都宮営繕工事事務
所 宇梶工務課長来所
- 8月 5日 電源開発(株)原子力部原子力調査
室 井上主査来所
- 8月22日 関東地方建設局宇都宮営繕工事事務
所 笠井工務係長来所
- 9月 1日 放医研原子力防災訓練実施
- 9月 5日 大洋漁業(株)中央研究所 津村氏
来所
- 9月 6日 科学技術庁原子力安全局防災環境対
策室久保寺係長来所
- 9月 6日 温水養魚開発協会 千原理事来所
- 9月10日 トロント大学 Greg Evans 教授来所
- 10月11日 国立ゴム研究所 H. Othman 研究員
来所
- 10月24日 科学技術庁長官官房会計課 平田管
理係長来所
- 10月25日 工業技術院地質調査所 川幡氏来所
- 11月 6日 金属材料技術研究所 大河内特別研
究官来所
- 11月12日 茨城県原子力防災訓練実施
- 11月27日 海洋科学技術センター 山田深海総
合研究棟建設推進室室長代理来所
- 12月12日 海洋科学技術センター 藤沢企画室
調査役来所
- 12月18日 海洋生物環境研究所 齊藤業務第二
部長来所
- 平成4年
- 1月30日 那珂湊支所放射線施設定期検査実施
原子力安全技術センター放射線安全
部 小林参事来所
- 2月26日 農林水産省農林水産研修所 富田研
修指導官他研修員21名来所
- 2月27日 日本原子力研究所原子炉研修所 東
條教官他研修員9名来所
- 2月27日 三菱化成生命科学研究所 南川室長
来所
- 3月 6日 米国・国立標準及び技術研究所
R. Lindstrom 研究官来所
- 3月26日 安全管理者安全点検実施