

Flash NEWS

ポロニウム 210 事件時に滞在していた日本人の汚染検査を実施

【概要】

放医研緊急被ばく医療研究センターは、リトビネンコ氏が放射性核種であるポロニウム 210 (Po-210) を原因として 2006 年 11 月 1 日に発病し、同 11 月 23 日死亡したとされる「ポロニウム 210 事件」に関連し、事件当時、英国・ロンドンの汚染地域に滞在していた日本人数名の汚染検査を実施しました。

汚染検査は被験者の 24 時間の尿を採取し、その尿中のポロニウム 210 の濃度を調べ、事故に関連して体内にポロニウムが混入したか否かを調べるものです。

ポロニウムは自然界にも存在する放射性核種であり、自然界からの寄与に比べて、被験者の尿中濃度が高いか否かを判定する必要があるため、事件と関わりのない一般人 6 名の尿中のポロニウム濃度と比較しました。

その結果、汚染地域に滞在していた被験者の尿中ポロニウム濃度は、一般人のポロニウム濃度のばらつきの範囲内にあり、汚染された可能性が無いことが確認され、被験者に報告されました。

本件は、今回の汚染検査の実施責任者である放医研緊急被ばく医療研究センター被ばく医療部 明石真言部長により、3 月 27 日、英国保健局 (Health Protection Agency) 主催のもとロンドンで開催される、ポロニウム 210 の公衆への影響対応会議 (Polonium210 : The Public Health Response) で報告されました。

【背景】

ポロニウム 210 事件の発生に伴い、放射線被ばく事故時に被ばく患者を受け入れる三次被ばく医療機関と指定されている放医研は、2006 年 12 月以降、ポロニウム汚染に関する数多くの問い合わせを受けることとなりました。これに対応して、同年 12 月 5 日にはポロニウムに関する解説記事を研究所のホームページに掲載するなどの業務を開始しました。

こうした中、放医研は、英国の保健局 (Health Protection Agency) から、外交ルート経由及び直接放医研に連絡された、事故発生当時汚染していると判明した場所に居た日本人に対して、汚染検査の希望の有無を確認した上で、検査を希望される数名の方々の汚染検査を行うこととしました。

【尿中ポロニウムの分析結果】

英国で発生した放射性核種ポロニウム 210 による事件に絡み、犯行現場とされるロンドン・ミレニアムホテル

に 2006 年 11 月 1 日前後に立ち寄った日本人について、ポロニウム 210 の摂取の有無を検査しました。

ポロニウム 210 の半減期は 138 日ですが、体内に入った場合の生物学的半減期は 50 日であり、体外へは尿や便として排泄されます。このため被験者がポロニウム 210 を摂取したか否かを調べるため、その尿を採取して尿中ポロニウム 210 を分析しました。

この結果、被験者の 24 時間蓄積された尿において若干のポロニウム 210 を検出しました。一方、事件と関係のない日本人 6 名を対照者として選び、同時に分析した尿からも、平均で 0.033 ± 0.029 Bq/日のポロニウム 210 を検出しました。その場合、最高値は 0.085 Bq/日、最低値は 0.012 Bq/日となり、個人による差異が極めて大きいことが分かりました。今回、被験者から検出された量は、事件とは無関係であった日本人対照者の濃度範囲内のレベルであり、正常な値と見なされるものでした。この分析結果から、今回の事件に関連してポロニウム 210 を摂取した可能性は無いと判断されます。

【参考】

国連科学委員会(UNSCEAR)の 2000 年報告書 (表 1) によれば、食品を通じて日本人が 1 年間に摂取している量は 220 Bq であり、中国 (68-130 Bq) などと共に他のヨーロッパ地域等よりも多い (世界の参考値 58 Bq) とされています。

国際放射線防護委員会 ICRP の線量換算係数などを用いて評価すると、日本の公衆成人が慢性的に経口摂取した場合、摂取 1 Bq 当たり尿中排泄率は 1 日あたり 0.12 Bq となることから、日本人のポロニウム 210 の尿中排泄量は 1 日あたり 0.072 Bq になるものと目されます (同様に世界平均では 1 日あたり 0.019 Bq となります)。今回検出された被験者の尿中ポロニウム 210 の量は、自然界起源のポロニウム 210 から予測される量とほぼ同一レベルであり、この点からも検出量が異常値ではなく通常の範囲にあると考えて矛盾しません。

(表 1) 食品に含まれるポロニウム 210 (Po-210) の年摂取量

	年摂取量 (Bq)
日本	220
米国	22
アルゼンチン	18
中国	68 - 130
インド	20
イタリア	40
ポーランド	44
ルーマニア	51
ロシア	40 - 55
英国	28 - 44
参考値	58

国連科学委員会 2000 年報告書付属書 B 表 16 より



目次



- ◇ Flash NEWS
ポロニウム 210 事件時に滞在していた日本人の汚染検査を実施 … 1
- ◇ NEWS REPORT
日本—ウクライナ放射生態学国際会議 開催 …………… 2
海外渡航時の宇宙線被ばく線量を知らせる携帯版システム
「JISCARD Mobile」を開発…………… 3

- ◇ お知らせ 独立行政法人 放射線医学総合研究所一般公開 3
- ◇放射線育種十五色 4 月 緑色 イグサ「せとなみ」…………… 3
- ◇外国人特別研究員 ケイラッシュ・マング氏…………… 4
- ◇センター紹介 粒子線生物研究グループ/物理工学部 …… 5 ~ 6
- ◇HIMAC REPORT 次世代重粒子線照射システムの開発研究 …… 7
- ◇エッセイ ばるす…………… 8

日本—ウクライナ放射生態学国際会議 開催

チェルノブイリ 20 年 今後の課題を議論

2月28日と3月1日の二日間、放射線防護研究センターとIAEA協力センターの共催のもと、標記の会議が放医研内で開催されました。放医研とウクライナの研究所との間にはチェルノブイリ事故直後から長い共同研究の実績があります。しかし、20年を経て必要とされる研究の内容や双方の研究環境に変化が生じています。そこで本会議では、ウクライナにおいて放医研がこれから取り組むべき重点課題を選抜し、関連機関との新たな研究協力関係を構築することを目的としました。ウクライナから6人、アメリカから1人の招聘者を含めて所内外から40人の参加があり、下記の3つの課題について19件の研究発表と議論が行われました。

・自然放射線による被ばく線量評価

ウクライナでは放射線に対する国民の関心の高まりとともに、高バックグラウンド地域での被ばく線量評価が極めて重要となってい

ます。まず、Buzynnyy博士（Marzeev 衛生・生態医学研究所）が、ウクライナでの屋内ラドン関連の調査研究、およびウラン採鉱・精錬施設周辺での調査研究の状況を紹介しました。また、JSPSフェローとして来日中の Kovacs 博士（パノン大学）は、建材と自然放射線に関わるハンガリーの研究を紹介しました。これに対して放医研

からは、ラドン・トロン関連研究、および環境中のウラン関連研究が紹介されました。また、実施中の共同研究としてウクライナ人の食餌による核種摂取量調査が紹介されました。総合討論では、ラドン・トロン検出器の相互比較試験を共同研究として開始できること、環境中のウランに関しては相互に強い興味があること等が確認されました。

・内部被ばく線量評価のためのバイオアッセイ

チェルノブイリ発電所4号炉の管理や新シェルター建設に伴って作業員の汚染管理が重要となっており、Tsygankov 博士と Zamostyan 博士（ウクライナ放射線医学研究所）によりバイオアッセイの状況が紹介されました。また、放医研からは、緊急被ばく医療研究で開発を進めているバイオアッセイ法が紹介されました。ウクライナの実試料ではプルトニウムも検出されており、この問題の緊急性は高いと言えます。バイオアッセイ法の精度管理と新手法開発について、具体的な共同研究の内容が議論されました。

・環境の放射線防護

チェルノブイリの汚染地域では事故後20年の間、様々な環境調査が行われました。ここでは、研究の新た

な方向として、国際的な重要課題となっている環境の放射線防護に焦点を当てた議論を行いました。議論に先立ち、Chesser 教授（テキサス工科大学）の特別講演があり、ウクライナの研究機関と実施した、汚染評価、線量評価、生物影響評価研究の概要が紹介されました。その内容はフィールドでの汚染調査から分子生物学的手法による影響評価まで多岐にわたり、有益な情報に満ちたものでした。一方で、環境生物の影響評価に向けて取り組むべき課題の多さも浮き彫りにしました。

引き続き、放射性核種の環境挙動と線量評価について議論が行われました。Bondarkov 博士（チェルノブイリセンター国際放射生態学研究所）から同研究所の概要と外部研究者の受け入れ態勢についての紹介があり、Yoshchenko 博士（ウクライナ農業放射線科学研究所）からは、汚染地域内で行われた土壌—植物間の放射性核

種移行研究について発表がありました。また、天野博士（日本原子力研究開発機構）は、ウクライナとの8年間の共同研究の成果を概説し、今後必要な研究についての提案を行いました。Buzynnyy 博士（Marzeev 衛生・生態医学研究所）から、樹木中の放射性ストロンチウムの挙動に関する研究の紹介もありました。

最後に環境生物や生態系に対する影響評価についての議論が行われました。まず、Gashchak 博士（チェルノブイリセンター国際放射生態学研究所）が汚染地域内の動物に対する線量評価・影響評価研究を概説し、藤森博士（放医研）は放医研で開発された網羅的遺伝子発現解析手法（HiCEP）の概要と、環境生物への適用の可能性を紹介しました。その後、放医研で開始した環境生物・生態系影響評価研究について、4人の研究者より、土壌動物、植物、微生物群集、実験生態系の事例が報告されました。チェルノブイリの汚染地域は比較的低線量の長期影響を見るために最適の場所であり、放医研の研究手法を適用することが期待されます。

会議は、各分野について具体的に研究協力が可能な項目をまとめ、今後の議論を継続すると共に一部の共同研究を開始することを確認して閉会しました。また、会議の前後に、水棲生物舎、第3研究棟微量元素分析施設、静電加速器棟、ラドン実験棟の見学会が開催されました。日本—ウクライナ間の新たな共同研究に向けた第一歩として意義深い会議でした。

（放射線防護研究センター 吉田 聡）



海外渡航時の宇宙線被ばく線量を知らせる携帯版システム「JISCARD Mobile」を開発 携帯電話で国際線搭乗時の被ばく線量の検索が可能に

【概要】

放射線防護研究センター宇宙放射線被ばく研究チームの保田浩志チームリーダーらは、国際線航空機に搭乗した際に受ける宇宙線による被ばくの量を計算して表示するインターネットツール「航路線量計算システム(JISCARD: Japanese Internet System for Calculation of Aviation Route Doses)」の携帯電話版「JISCARD Mobile」の開発を完了し、3月6日に公開しました。このシステムでは、自分の携帯電話から JISCARD Mobile の URL にアクセスし、画面に現れるプルダウンメニューで出発空港、到着空港及び飛行時期(月単位)を指定すると、その路線の飛行中に宇宙線によって被ばくすると推定される実効線量(航路線量)の値が、直ちに画面に表示(搭乗時間やマイル数も併せて表示)されます(通信料以外無料)。

例えば、2006年12月の成田→ニューヨークでは $81\mu\text{Sv}$ 、成田→サンパウロでは $112\mu\text{Sv}$ 、関空→ソウルでは $5\mu\text{Sv}$ などを画面に即時表示します。線量計算の条件や線量値のデータベースは既存の JISCARD と共通で、宇宙線被ばくに関連する参考情報(要約版)も、PC版同様に画面上で見ることができます。本システムの URL は、<http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/mobile/index.html> QRコードは、PC版 JISCARD の携帯サイト紹介ページ <http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/index.shtml> から入手できます。なお、同システムの利用を推奨されている機種は NTT DoCoMo と au のものであり、その他の会社の製品については、動作確認ができていません。



お知らせ

放射線医学総合研究所一般公開「50年、放射線とともに」

- 日時：2007年4月22日(日)
10:00～17:00(受付は16:30まで)
- 会場：放射線医学総合研究所
千葉県千葉市稲毛区穴川4丁目9番1号
- 主催：独立行政法人放射線医学総合研究所
- 後援：千葉市
- 参加料：無料
20名以上の団体の方は事前に放射線医学総合研究所広報室までお申し込みください。
TEL: 043-206-3026 FAX: 043-206-4062
E-mail: info@nirs.go.jp
- 公開施設
重粒子線棟、サイクロトロン棟、画像診断棟、静電加速器棟、研修棟など。 ※詳しくは見学案内図をご覧ください。

- 講演会
 - 11:00～12:00「身近な放射線」
酒井一夫(放射線防護研究センター長)
 - 13:00～14:00「先進画像診断の可能性」
菅野 巖(分子イメージング研究センター長)
 - 15:00～16:00「進展する重粒子線がん治療」
鎌田 正(重粒子医科学センター病院治療課長)
- イベント
スタンプラリー、ミニミニ実験教室、缶バッジ製作コーナー、動物との触れ合いコーナー、施設見学会など
- フードコート
来場の皆様のために軽食を販売する模擬店が出ます。

放射線育種十五色

●●● 4月 緑色 イグサ「せとなみ」 ●●●

この文を読んでいる人の中には、三月に引越をして、四月から新しい場所で新生活を始めたという人もいるかもしれません。新居選びには、畳の部屋があるところを選んだ人もいないのでしょうか？

畳に使われる「イグサ」は、現在中国産にかなり押されているとはいえ、日本でもまだまだ栽培されています。2001年には、品質の良いイグサを栽培するために新しい品種が作られ「ひのみどり」という品種ができました。これは「下増田在来」と「せとなみ」をかけ合わせたものです。

「せとなみ」は、現在でも栽培されている品種で、広島県の農業試験場で育種したものです。昭和37年に「あさなぎ」が育成されていましたが草丈が短く、収量も少ないなどの問題がありました。「あさなぎ」を元親として選び、昭和38年、線源からいろいろ距離を変えて茨城県のガンマーフィールドで6ヶ月ほどγ線を当てました。どれくらいの線量



をかけたならよいかわからなかったためだったのですが、最も線量の高かった68KR(≒17.5[C/kg])でも枯れませんでした。その区域では茎長の変異の幅が大きく、平均値も長かったため、そこから茎の細さ、茎の伸長などを基準に選抜をしていきました。単純に考えれば収量が多く、品質の優良な品種を選抜していけば良いのですが、地域によって「優良な品質」というものは違っていたおかげで、品質評価の段階で時間がかかってしまいました。

結局19年もの歳月がかかり1982年に「いぐさ農林5号」として登録されました。その後、このイグサは「畳表の織目のありさまが、波静かな瀬戸内海のさざなみに似て美しく、落ち着いた感じを受ける」ということで「せとなみ」と命名されました。

新生活で疲れた体を、休日に畳の上で落ち着けるのも良いかもしれません。



今月と来月にわたって日本学術振興会の外国人特別研究員制度で放医研で研究活動をしている研究者2人に、日本の印象、放医研について語っていただきました。

日本学術振興会 (JSPS) 外国人特別研究員事業

日本学術振興会 外国人特別研究員事業は博士号取得後6年未満の外国人若手研究者に対し、我が国の大学や研究機関において日本側受入研究者の指導のもとに1年～2年間研究に従事する機会を提供するものです。外国人特別研究員個々の研究の進展を援助するとともに我が国及び諸外国における学術の進展に資することを目的としています。



氏名：ケイラッシュ・マンダ (Kailash Manda)
所属機関：インド ラジャスタン大学 動物学部
現職名：JSPS 外国人特別研究員
粒子線生物研究グループ
滞在期間：2005年11月1日～2007年10月31日

Being a radiobiologist I have always been passionate to work in any of world renowned institute of radiological sciences. I was lucky that I got JSPS postdoctoral fellowship to work in NIRS.

I have grown up in a Farmer's family. I opted Biology, Zoology. After master degree my interest has slightly turned to study the biological effect of radiation and its possible mitigation by natural antioxidants.

NIRS is one of the topmost institutes for radiological sciences. HIMAC is one which makes NIRS unique. A major difference among most of the India Institutes and NIRS is that the administrative system and staff of NIRS is very excellent and people work with a high level of disciplines and sincerity.

English speaking peoples are scanty in Chiba as well as in Japan. In NIRS also, I observe a kind of aversion to the English which would be an obstacle in popularizing the NIRS globally. Even the English version of NIRS home page is not updated which points to a lack of international environment in the Institute.

Bullet train, Sumimasen, Public bath, Vending machines, Respect to each other, sleeping in public lectures, less water-more green tea (I have hardly seen any person drinking the water) - all these are amazing for me. I favor the eco-friendly custom of waste recycling in Chiba. I would strongly like to make my country people understand the well disciplined system. A special yellow carpeted path for blind people can be seen everywhere in the Japan which is one of sensual concern of Japanese.

So far I have experienced three most exciting tour of Japan, the land of the rising sun.

1. Kyoto and Nara: Kyoto is enriched with a large number of very beautiful cultural heritages. Classical look of shrines and natural views are amazing. Nara is capital of Buddhism. I felt graced while looking the Dibutsu and indeed felt proud sitting near Ashoka pillar (near Todaiji shrine) in the memory of Ashoka, the Emperor of India (304 BC-232 BC). Friendly deer of Nara are unforgettable.

2. Izu-islands: Izu peninsula is one of the most exciting places I have ever visited in my life. Most attractive places were- Izu-Oshima Volcano, Jinata Onsen of Shikinejima, Yunohama Onsen, Nijijima. And of course, the over night journey of boat cruise was one of the exciting experience of life.

3. Japanese Village and Farm: Recently I have visited to remote country side of Chiba prefecture with some of my Japanese Tomodachi. I experienced that country side people are more generous and kind hearted than others. I have enjoyed the full day in an agriculture farm and participated in the harvesting of sweet potato, ginger, radish and broccoli.

放射線生物学者として、常々放射線科学で世界的に著名な研究所で研究をしたいと思ってきました。JSPSのポストドクに採用され放医研で働けるようになったのはラッキーです。私は農家に育ちましたので幼い頃から生物学や動物学に強く惹かれ修士まではその研究をしましたが、その後、放射線の生物学的影響や自然抗酸化物質による影響軽減の方向へと興味は移っていきました。

放医研は放射線科学の分野ではトップの研究所の一つで、HIMACによってユニークな存在となっています。放医研とインドの研究所の大きな違いの一つは、放医研の事務管理システムとスタッフが非常に優秀で、高いレベルの規律と誠実さを備えていることです。

日本でも、そして千葉でも英語を話す人が非常に少なく、放医研でも英語を避けたがる傾向があるようで、これが放医研を世界に広めていくうえで障害になっているのではないのでしょうか。放医研のホームページの英語版があまり更新されないことは、放医研の国際環境の不足に他ならないのではないのでしょうか。

日本に来て驚いたことに、新幹線、『すみません』、銭湯、自動販売機、相手を尊敬する態度、講義中の居眠り、水より緑茶（水を飲んでいる人をほとんど見ない）があります。

ごみのリサイクルという環境にやさしいシステムが入っており、是非インドでも広めたいと思っています。また道路に印された目の不自由な人用の黄色いベルトも素晴らしい心遣いだと思います。

この1年間の間に「日出ずる国」日本で大変楽しい3つの旅行をしました。

1. 京都と奈良：京都は多くの非常に美しい文化的遺産に恵まれ、神社の古い外観と景色には目を見張るものがあります。奈良は仏教の首都です。東大寺の近くで大仏を見ながら、アショカピラーのそばに座って紀元前のインドのアショカ皇帝を思いやることを誇らしく思いました。また人なつっこい奈良の鹿は忘れがたいです。



2. 伊豆諸島：伊豆半島は私がかつて訪れた中で最もわくわくさせられた場所の一つです。魅力的だったのは、大島火山、式根島の地鉦温泉、新島の湯の浜温泉、そして船内泊の船の旅でした。

3. 日本の農村と畑：最近、日本の友達と千葉県の田舎を尋ねました。田舎の人たちはより優しく親切であることを知りました。私は、終日畑で過ごし、サツマイモ、ショウガ、大根、ブロッコリの収穫を楽しみました。



粒子線生物研究グループ

グループ・チームの紹介



岡安グループリーダー

当グループは放医研が世界に誇る HIMAC を用いた重粒子線がん治療の生物学的な基礎研究を行っています。分子レベル、細胞レベル、個体（動物）レベルで重粒子線の生物効果やそのメカニズムを検討することにより、なぜ重粒子線治療が例えば一般の放射線治療に比べてより有効かの研究に加え、将来の重粒子線治療の改良をも目指しています。これらの研究は重粒子線治療のみならず、一般の放射線治療への貢献にもなっていると考えられます。

放射線効果修飾研究チーム

放射線の効果を修飾する化学的な因子を調べ、放射線治療や放射線防護に貢献することを目指しています。すなわち、放射線が生体に当たったときの効果を変化させる因子として防護薬と酸素に注目し、抗酸化剤による放射線生物効果の低減化および組織酸素濃度等とそれに関連する情報の非侵襲的評価の2つをチームの課題として研究に取り組んでいます。平成18年度は以下の成果をあげており、今後もそれぞれを発展させていく予定です。1) ビタミンE等の天然抗酸化物質の反応機構を調べ、塩基導入等の修飾によって試験管レベルで天然より高活性の化合物を見出しました。2) X線に対する防護化合物をマウスの生存率を指標にして探索することにより有効な化合物を複数見出しました。3) 組織酸素濃度や生体レドックス状態を非侵襲的に測定する方法を検討し、In vivo ESR法に加えてMRI法が有効であることを示す基礎的データをえました。



生物物理研究チーム

治療では癌の臓器や種類によって照射方法が異なりますが、腫瘍の増殖を押さえる効果を最大にして周囲の正常部分への影響を最少にするため、主に細胞を使って放射線の効果を分析し理論的に解明して、最良の照射方法を提案することに取り組んでいます。このため照射法によって異なる粒子線の物理的特徴の違いが、どのように生物効果の違いに結びついてくるかを明らかにするための実験・研究を行っています。具体的には放医研の治療で使われている炭素線だけでなく、異なった種類（陽子、炭素、鉄イオンなど）の異なったエネルギー（加速速度）の粒子線で細胞を照射し、多角的に細胞の応答（致死、染色体異常、突然変異など）を調べることで生物効果の違いを解析しています。さらに細胞間コミュニケーションによって、照射された細胞と照射を免れた細胞がお互いに影響し合うことで起こる放射線の効果への影響についても研究を進めています。



細胞分子機構研究チーム

放射線の効果を修飾する細胞分子を探索し、放射線治療や放射線防護に貢献することを目指しています。すなわち、放射線が生体に当たったときの効果を変化させる因子として蛋白質の活性の制御（蛋白質のリン酸化、遺伝子発現など）に注目し、DNA損傷修復蛋白を中心に放射線に反応する生体分子の働きの解明をチームの課題として研究に取り組んでいます。平成18年度は、一つの有望な放射線治療増感剤（17-AAG）の効果にDNA損傷の相同組み換え修復の阻害が関与することを示しました。今後、LETの違いあるいは核種の異なる粒子線（C、Fe、Ne）の生物効果の違いを、細胞の分子機構レベルで明らかにすることをめざしています。一つの分子探索のツールとして、放医研独自の新技術、高精度網羅的遺伝子発現プロファイル解析（HiCEP）を用いています。



実験治療研究チーム

当チームでは、組織・個体レベルでの重粒子線照射効果を調べることにより、より有効な重粒子線治療法を提案することを目的としています。臨床データ解析を行う際、動物実験により線量やエネルギーと障害との関係等を調べ、異なるビーム位置での分割照射効果を推定・予測する方法を得る必要があります。数千匹のマウスの下肢を炭素線非拡大ビームにより分割照射し、その後起こる皮膚早期反応を調べています。腫瘍治療効果に関する臨床データの解析を行う場合には、腫瘍感受性の不均一性に関する実験データが必要です。そのため、異なる複数のマウス移植腫瘍について感受性パラメータを求めることや同一腫瘍内部における感受性変異を調べています。重粒子照射後に起こりうる発ガンの問題に関しては、マウスを用いて炭素線照射実験を行



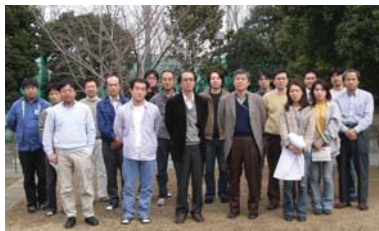
い、線量・エネルギーと発ガンの関係を調べていきます。
数少ない重粒子線治療施設の信頼性、有効性向上のため、

放医研とドイツ GSI 治療用炭素線ビームでマウス照射を
行い、施設間の生物効果比較実験を実施しています。

物理工学部



金井部長



私たちの部は、重粒子線がん治療装置（HIMAC）の保守・運
転および改良・開発を通じて、重粒子線がん治療の物理工学的
な面からサポートを行っています。

また、大型サイクロトロン運転保守・RI製造・供給を通じ
て分子イメージング研究のサポートも重要な仕事となっています。

2つの加速器ともに、共同利用や装置共用に提供し大型施設の
多角的利用の推進にも努めています。

一方では、普及型の重粒子線がん治療装置の設計および全国展開における技術的側面での支援も重要な任務になって
います。特に、群馬大学で普及型治療施設の1号機が建設されることになり、この研究の成果が実りつつあります。

研究面においては、次世代重粒子照射システム・グループと完全に重なったメンバーで行い、治療グループの解析な
どについても協力を行っています。

以上のように多角的な仕事をこなしていくために、一応の縦割りの組織はありますが、有機的にいろいろな仕事を各
個人がこなすことで、使命を果たそうとしています。

加速器開発室

加速器開発室では、HIMACの加速器（イオン源、線
形加速器、シンクロトロン、高エネルギービーム輸送系）
の性能向上にかかわる研究開発を行っています。具体的
には、1) 治療照射の高精度化のためのビームスピルの
改善やビーム強度制御、2) 治療照射の効率アップのため
のビームエネルギー切り替えの高速化やビーム強度の
増強、3) 治療研究の基礎となる生物、物理実験をより
効率的に行い、また、実験の幅を広げるための供給イオン
種の拡大や電子ビーム冷却法によるビームも高品質化
を図る研究を行っています。

重粒子運転室

重粒子運転室では、治療照射から実験照射などに関わ
る HIMAC の加速器、治療照射システム、および治療計
画システム全般にわたる装置の日々の運営を担当してい
ます。HIMAC の運転開始以来、世界で最も故障の少な
い高エネルギー粒子線照射装置であることを誇っていま
す。そのために装置に関する効率化や故障を未然に防ぐ
ための整備を行っています。

ビーム利用調整室

加速器を安定に動かすためには、空調や電力、冷却水
などを安定に供給する必要があります。このための
HIMAC 棟の施設の運営を担当しています。また、ご存
知の通り、HIMAC の共同利用には、所内外から多数の
研究者が参加しております。これらの事務や、現場での
実務を AEC と共に担当しています。

サイクロトロン運転室

大型サイクロトロンは平成 17 年度に加速高周波系を
更新し、陽子線エネルギーの向上とビームの安定化を
実現すると共に、炭素等の重粒子線の安定供給を行って

ます。また平成 18 年度には負イオン加速による荷電変
換ビーム取り出し装置が完成し、高強度の陽子線・重陽
子線の加速・取り出しも行われました。このサイクロ
トロンは、中・短寿命の RI 製造を中心に、重粒子線治療
の基礎研究や宇宙放射線防護のための諸研究等に利用さ
れています。

照射システム開発室

重粒子線治療のために、炭素線を照射するのに必要な
技術開発が主な業務です。具体的にはビームの照射装置
や患者さんの位置決めに関わる装置の開発や、ビーム照
射方法の開発、線量測定及び測定法の高度化等を行って
います。日々の治療を滞り無く進めることが基本的な要
求事項であり、そのためにはこれら装置や照射線量等の
品質保証（QA）やその管理（QC）も重要です。また、
治療をより高度化するための研究も行っています。より
精密で患部に局在した照射野を形成する、効率の良い照
射方法等々です。これらの研究は普及型粒子線治療装置
や次世代照射システムへの応用も意識して進めていま
す。これら研究や業務を通して負担の少ない早く正確な
照射技術の確立を目指しています。

治療システム開発室

上記までの室が主に装置を対象とするのに対し、治療
システム開発室は個々の患者さんで異なる治療条件を対
象とします。すなわち医師が個々の患者さんに描く重粒
子線治療を、照射装置が扱えるパラメータに翻訳する役
割を担っています。実際には治療計画・患者位置決め・
治療データベースが柱となっています。18 年度には 587
件の治療計画作業をサポートしました。現在、新しい重
粒子線治療計画装置への移行に向けた評価試験や最新の
X 線撮像装置を用いた患者位置決めシステムの開発、及
びこれらの臨床運用のためのシステム整備を行っていま
す。医師・放射線技師のルーチン的な作業をサポートす
るシステムを維持管理しながら、さらに高精度で効率的
な治療計画・患者位置決めの研究開発を進めています。



次世代重粒子線照射システムの開発研究

その3—スキャンニング用治療計画の開発

はじめに

重粒子医学センターでは、今年度より次世代重粒子線照射システムの研究・開発をスタートしました。ここでは、3次元スキャンニング照射が可能な新治療室を建設する計画です。研究・開発の紹介として、前回までに1) 研究の概要、2) 3次元スキャンニングシステムの開発について説明しました。今回は、3次元スキャンニング照射用治療計画について紹介します。

3次元スキャンニング照射における治療計画

粒子線治療に関わらず全ての放射線治療では、腫瘍には必要十分な線量を均一に与え、かつ周辺の正常臓器への被ばくを最小限度に抑えることが治療成績を左右します。粒子線治療における治療計画では、この要求に答え、患者個々の腫瘍に対して最適な照射を行うためのパラメータ（例えば、どの範囲に、どの方向から、どれ位の線量を照射するか等）を決定します。HIMACや各地の粒子線施設で用いられる“拡大ビーム照射法”では、まず、加速された細いビームの線量集中領域（ブラッグピーク）を、がん領域を覆うように横方向・深さ方向に広げます。この拡大ブラッグピークを“横方向ビーム整形用コリメータ”及び“深さ方向ビーム停止位置調整用ボラス”によりがん形状に合わせて整形することで、腫瘍内に均一な線量分布を達成します。一方、3次元スキャンニング照射では、細いままのビームを、線量集中領域を拡大することなく、コンピュータ制御により縦・横・深さの3次元方向にスキャンし、複雑な形状のがん領域を塗りつぶすように照射していきます。ここでは、腫瘍に対して均一に線量を与えるために、細いビームを何処に（位置）・どのような割合（重み）で照射するかを決定し、この計画に従って照射を行う必要があります。つまり、3次元スキャンニング照射の治療計画では、照射範囲や、ビームの方向だけでなく、各ビームの位置・重みを決定（最適化）しなければなりません。最適化の様子を図-1に示します。我々は、重粒子線が示す様々な特徴を反映した最適化のための計算コードを独自に開発しました。様々な形状・大きさの腫瘍を仮定し、開発したコードを用いて治療計画を立て（図-2参照）、ビーム試験を行った結果、照射野内に平坦な線量分布が得られることを確認しました。このような計算コードを独自に開発してきたことの最大の利点は、その柔軟性にあります。次世代照射システムの研究・開発を進める中で生じる、様々な要求に柔軟に対応し、治療計画に反映していくことで、より高精度な治療の実現が期待できるのです。次に、研究・開発を進める中で生じた治療計画への要求の例として、“動く臓器に対するスキャンニング”に向けた検討について簡単に示します。

動く臓器に対する治療計画

細いビームを計画通りに重ね合わせることで線量分布を形成する3次元スキャンニング照射では、照射中の患者の動きに弱いという欠点があります。そのために、呼吸性移動を伴う臓器に対してこの方法が用いられた例はありません。そこで、これを克服し、“呼吸性移動を伴う臓器に対するスキャンニング照射”の実現を目指した研究・開発をスタートしました。我々は、患者の呼吸周期中のあるタイミングに合わせて照射を行う呼吸同期照射法と、何度も重ね塗りをするリスキャンニング法を組み合

わせることで目標を達成しようと考えています。これらを用いて短時間で治療を行うためには、スキャンニングの高速化が必要であり、スポット毎のビームのON/OFFを伴わないラスタースキャンニング方式を採用することにしました。この方法では、スポットの移動中にもビームを照射し続けることになります。したがって、治療時間を短縮するために時間当たりのビーム照射量（ビーム強度）を増やすと、スポット移動中の余分な線量寄与が増大し、均一な線量分布を形成することができなくなります。そこで、この余分な線量寄与を予測し、積極的に治療計画に組み込むという新たな方法を提案し、シミュレーションにより評価を行いました。その結果、この方法により線量分布の悪化を防ぎ、かつ治療時間を大幅に短縮できる見通しを得ました。

今後は、ビーム試験によって高速スキャンニングの実現可能性や信頼性を確認し、目標達成に向け研究・開発を進めていく予定です。

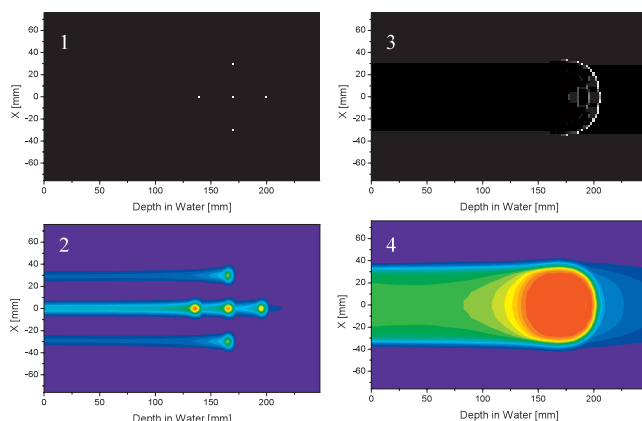
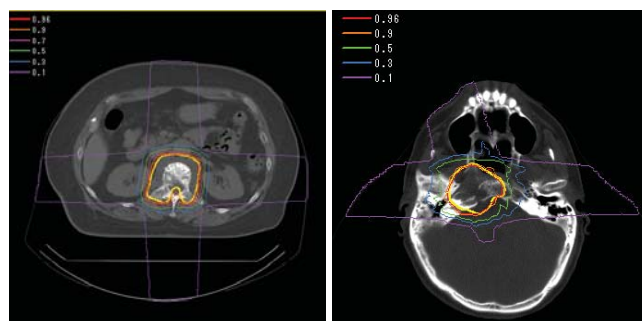


図-1 スポットビームの重み分布と、その重みに従う線量分布

5つのスポットビームを1に示した重みに従って重ね合わせると、2に示した線量分布が得られます。同様に、3で示される重みに従って細いビームを重ね合わせると、4のように球状の照射野に対し均一な線量分布を達成できます。逆に、4のような目標線量分布から、3で示すような各ビームに対する重み分布を決定する計算が最適化です。



(a) 骨軟部腫瘍 (b) 頭頸部腫瘍

図-2 各腫瘍に対する治療計画例 達成された線量分布を等線量線で示しています。

(次世代照射システム研究グループ 稲庭 拓)

エッセイ
ぱるす
No.64

創立 50 周年記念特集
もう一つの歴史

ですから那珂湊支所は、2008 年で設立後 40 周年を迎えることとなります。つまり 50 年の歴史をもつ放医研の中にあつてその歴史に匹敵するほどの長い期間、本所とは異なる研究環境下で研究活動を続けてきたということになります。40 年前の発足当時のことを知る方はもはや現役ではありませんですし、それは遠い昔のこと、いわば歴史上のこととも言えそうです。



放医研の沿革を辿ってみますと、1968 年に臨海実験場附置とあります。この臨海実験場が現在の放射線防護研究センター那珂湊支所の前身

那珂湊支所の特色は、なんと言っても臨海立地、そして茨城県東海地区に設置されていることによつています。那珂湊支所での生活は、海との関

わり合いを抜きにしては語るできません。茨城の海はとても豊かで水産資源に恵まれています。支所の近傍にも平磯、磯崎という沿岸漁業の漁港があり、またかつては沖合漁業の漁港として日本でも有数の水揚げ量を誇った那珂湊漁港があります。水産業の衰退が取り沙汰されるなか漁業は今でも茨城県の重要な産業に位置付けられています。この豊かな海が清澄な海水と実験材料を提供してくれましたし那珂湊の研究を後押ししてくれたと申して過言ではないと思います。支所の前には白亜紀に形成されたという岩礁帯が広がっていますが、この磯も茨城の海の豊かさを反映しています。まさに磯の生物の宝庫です。那珂湊ではイワシが大量に漁獲されたことがありました。そのときはイワシが支所前の磯にも大量に押し寄せ実験用の手網でそれらを簡単に掬えたものです。ワタリガニ、コタマガイが大量発生したこともありました。深夜の磯で赤い布きれをおとりとしたマダコよりは年の暮れの風物詩です。大量発生ということではなくてもワカメ、ヒジキなどの海藻類、アサリやウニなどは通常磯で見られる海の恵みであり、それらは実験材料としてだけではなく、時々自分たちの食材にもさせていただいたものです。もちろん食材には不向きな生物もおります。筆者よりも先に赴任していた先輩達は、この磯で採取される生物が食べられるものかどうかすべて試したそうです。伝え聞くとところによると、ウミウ

シ（アメフラシ）はいかんともし難かったということでもあります。この豊かな海にも近年は少し変化が見られるようになりました。常陸那珂港建設に伴う海況の変化です。海浜がやせ細っていくところと逆に太っていくところがみられ、アンバランスが今茨城の沿岸に起こっています。豊かな海は何時までも豊かであつて欲しいとは一人筆者だけが思うところではないようです。

那珂湊支所の特色のもう一つは、茨城県東海地区に立地しているということです。それはとりもなおさず日本の原子力研究あるいは原子力産業のフロントに身を置いていると言うことでもあります。環境放射能安全評価に必要な様々なパラメータを導き出すというやや実務的な研究にあたるばかりではなく、旧動燃のアスファルト固化処理施設の火災爆発事故や JCO 臨界事故においてそうであったように近隣住民の汚染検査や不安解消のための相談など、まさに実務にもあたらなくてはならないということでもあります。



茨城県東海地区には 20 ほどの原子力関連事業所が存在しています。必然的にこれらの事業所との情報交換、関わり合いの場という

ものも生まれてくるようになります。原子力関連事業所テニス大会、通称、御園生杯争奪テニス大会もその一つで大変楽しいおつきあいの場となっています。毎年初夏、茨城県の国体会場でもあつた笠松運動公園というところで、もともとは原研東海、大洗、動燃東海、大洗の放射線管理の部署、そして放医研那珂湊の五事業所が、今は亡き御園生圭輔先生より寄贈された優勝杯争奪のテニス大会を開催しているのです。以前は優勝杯を何度か手にするほど放医研が強かった時期もありました。その頃放医研那珂湊支所駐車場では 6～8 人制のテニスに興じていた所以でもあります。平成 18 年度は原研と核燃料サイクル開発機構が合併して後の最初の大会でありました。合併に伴い五事業所から四事業所対抗のテニス大会になってしまいました。そして、この御園生杯テニス大会は今年で 30 回目を数えることとなります。この第 30 回記念大会の幹事事業所は奇しくも放医研があつることになっています。近年各事業所とも職員数の減少に見舞われ、チームを編成することが大変難しくなつてきています。もちろん放医研那珂湊もその例に漏れません。果たしてこの歴史あるテニス大会に今年に参加できるかどうか、今年をよくともその先は？

歴史を積み重ねることの難しさを感じます。

(放射線防護研究センター 渡部輝久)

発行所 **独立行政法人 放射線医学総合研究所**

〒263-8555 千葉県稲毛区穴川 4-9-1

発行日：平成 19 年 4 月 1 日 発行責任者：放医研 広報室 (TEL 043-206-3026 FAX043-206-4062)

ホームページ URL : <http://www.nirs.go.jp>

制作協力 (株)サイエンス・サービス