

放医研『サイエンスキャンプ '97』
放射線の基礎から先端研究を実体験
— 4日間のコースに12人の高校生が参加 —



科学技術に関心を抱く高校生を招き、各機関の研究者がそれぞれの研究現場で直接実験指導や講義を行うことによって、最先端の装置に触れたり優れた科学者と直接話をして、科学技術がより身近なものと感じることを狙いとしたサイエンスキャンプ'97（科学技術庁、科学技術振興事業団、（財）日本科学技術振興財団が主催）が国立試験研究機関（15機関参加）及び特殊法人等試験研究機関（5機関参加）を会場として7、8月に開催された。放医研では、8月19日～22日に開催し、放医研を第1志望とする応募者68人の中から選ばれた12名（男子5名、女子7名）を受け入れた。第1日目は、佐々木所長の歓迎挨拶、オリエンテーションと放医研概要説明の後、「放射線と放射能」の講義を行い、内部被ばく実験棟見学、ヒューマンカウンターによる体内の放射性物質の量の測定を体験した。第2日目は、「放射線の医学利用」の講義の後、終日「放射線を見る・測る」で各種放射線の性質を観察したり、身の回りの物のX線撮影で放射線を実体験した。第3日目は、午前中2班に分かれて、Aコース「染色体実験」では、放射線を照射した染色体標本を使って放射線による染色体異常を観察し、Bコース「放射線診断と治療体験」では、MRI（磁気共鳴断層装置）による頭部撮影やFCR（コンピュータ・トモグラフィ装置）による診断画像処理を体験し、さらに模擬患者となって照射治療に使う固定具を作成した。午後は、「培養細胞の顕微鏡による観察とDNAの抽出・精製実験」で、分子生物学の基本的な実験操作を体験した。第4日目は、重粒子線がん治療装置や新病院を見学した後、全体まとめと質疑応答を行って終了した。

今回は、昨年の参加者の感想を参考に4日間と1日多くしたが、日を追うごとに参加者同士の交流も進み、担当の研究者が精根込めて用意した内容と打ち解けた指導と相まって、非常に有意義な4日間となった。「叶うことなら来年もまた参加したい」という2年生の言葉が印象に残った。

（情報公開推進委員会普及啓発部会長 手塚 雅之）



センター長に就任して

より多くの成果が生まれる環境づくり

重粒子治療センター長

村田 啓



放射線医学総合研究所に勤務して2ヶ月が過ぎましたが、これまでの生活と国研として40年の伝統ある放医研との環境の差による戸惑いがいまだ残っているこのごろです。

私は大学を卒業して10年間母校の内科医局で過ごした後、放射線科へ転じ、東京都養育院附属病院（現、都老人医療センター）核医学放射線部で9年間、さらに虎の門病院放射線科で14年間と一貫して臨床病院で臨床核医学を中心に歩んで参りました。したがって一日中診療に追われる日々には慣れておりますが、最新の設備と多くの人材をかかえた放医研のような組織の中で自分がどのような役割を果たし得るかを今模索しているところです。

重粒子治療センターは着々と整備されつつあります。重粒子線治療装置（HIMAC）の運用とがん治療臨床試行は関係各位の熱意により軌道に乗っております。臨床試行は、重粒子線ネットワーク会議、各部会、研究班の御協力によりその評価が進行中ですし、HIMACの共同利用も活発に行われております。

また、10月には新たにHIMAC研究棟（仮称）が立ち上がる予定ですが、より効率良い共同利用や粒子線治療の全国展開を視野に入れた人材育成などが求められております。

一方、高度画像診断推進研究棟の建設も具体化し、診断機能研究のネットワーク会議、研究班も動きだしております。最新かつ高度な器をいかに効率よく利用し成果を出すかが問われますが、全国の研究者の方々との共同研究も踏まえ画像診断機能研究の発信基地となることが期待されております。

来年度はまた医学関連部門の外部識者による研究評価が行われます。研究業績の評価が最優先されるべきは勿論ですが、大きな組織では研究を円滑に遂行させる上で不可欠なサービスの業務も重要です。このようなペーパーになりにくい業務にも何らかの評価が戴けないものかと考えております。

いずれにしても、整った施設からより多くの成果が生まれるような環境作りに努めなければならないと考えておりますが、課題も多いようです。

どうぞ皆様のご助言とご協力をお願い致します。

◆お知らせ◆

屋内ラドンの健康影響に関する国際ワークショップ (International Workshop on indoor radon exposure and its health consequences)

●開催日時：平成9年10月27日、28日 9:00～17:00

●場 所：放射線医学総合研究所講堂

千葉市稲毛区穴川4-9-1 TEL 043-251-2111

■講演者（予定）：O. Axelson (Linköping Univ. Sweden), R. Falk (SSI, Sweden), Mats H-Ringdahl (SSI, Sweden), G. Monchaux (CEA, France), J.P.Morlier (CEA, France), J. Strong (AEA-technology, U.K.), A. Birchall (NRPB, U.K.), R. Bartstra (TNO, Holland), A. Brooks (Washington State Univ., U.S.A), F.T. Cross (PNL, U.S.A), E.G. Luebeck, (Fred Hutchinson Cancer Research Center, U.S.A) B.L. Cohen (Pittsburgh Univ., U.S.A), 祖父江友孝 (国立がんセンター研究所), 石川雄一 (がん研究会がん研究所), 小木曾洋一 (放医研), 米原英典 (放医研)

■総合討議：「屋内ラドンと肺がんに関する生物影響研究及び疫学調査研究の現状と将来について他」

■問い合わせ先：ワークショップ事務局

(TEL 043-251-2111 内線453 土居まで)

放医研シンポジウムの開催

●主 催：放射線医学総合研究所

●テーマ：画像診断の最前線—視覚でとらえる機能と形態—

●期 日：平成9年11月18日 (火) 10:30～17:00

●会 場：大宮ソニックシティビル4階 大宮ソニック市民ホール

●主な講演：特別講演 Radioimmunodetection (Steven M. Larson Sloan-Kettering Cancer Center)

宇宙放射線の防護体系の確立に向けて

1903年、ライト兄弟の作ったフライヤー号が世界で初めて動力機での飛行に成功してから、まだ100年たっていない。その間の飛行技術の進歩は目ざましく、音の壁、熱の壁、重力の壁、といった難題を次々と克服して、惑星間航行も可能なレベルに達している。

しかし、そこに乗り込む人間の体は、環境の急激な変化に果たしてついていけるのだろうか？ 気圧（酸素分圧）の低下が引き起こす呼吸困難や体液の沸騰は気密室で防げるが、高エネルギーの宇宙放射線はその壁をつきぬけて入ってきてしまう。スペースシャトルのような短期間のミッションならともかく、21世紀初頭に予定されている国際宇宙ステーションや火星の有人探査では、相当の被ばくが避けられない。有人宇宙活動の発展を望む研究者の一人としては、将来「宇宙に行ったおかげで病気になった」等といわれる事態は避けたい。が、「どの航路でどのぐらいの期間なら問題なのか」というストレートな質問にストレートに答えるには、基礎データが明らかに不足しているのが現状なのである。

そこで筆者らのグループでは、宇宙放射線被ばくの防護体系を構築することを大きな目標として研究を進めている。現在は「宇宙放射線の線量評価法の基準化」に重点的に取り組んでいる。これを最初に片づけておかなければ、測定の度に大きく違った線量値が評価される恐れがあり、その次の議論を進める上で大きな不確定要因になるからである。具体的には、製造法の確立した固体線量計を組み合わせた複合線量計パッケージを構成し、各線量計の特性の違いを利用して、生物試料や人体が受ける放射線の線質と線量を簡便かつ確実に評価するための方法を探っている。実験は、宇宙開発事業団（NASDA）やアメリカ航空宇宙局（NASA）の協力を得て行う宇宙線量測定と、放医研の重粒子線がん治療装置（HIMAC）等の粒子線ビームを用いた地上校正実験を両輪として行っている。

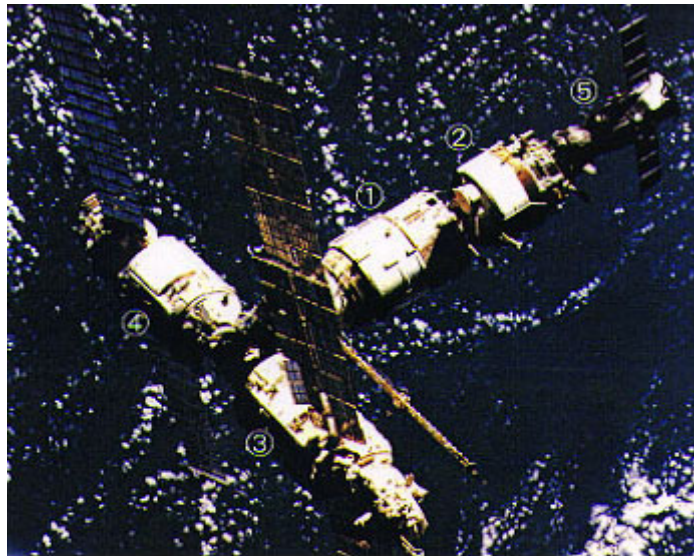


図1 ロシア宇宙ステーション「ミール」の全景
①制御・居住部、②天体観測室、③追加居住部、
④半導体等製造室、⑤無人貨物宇宙船「プログレス」

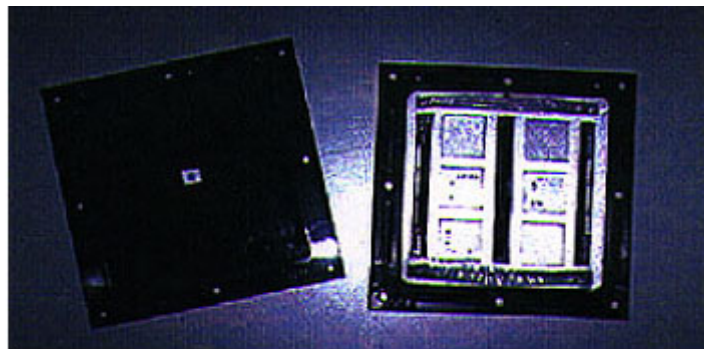


図2 ミールの制御・居住部に搭載した積算線量計
パッケージ：遮光塗布したアクリルケースの内部に
測定原理・機構の異なる固体線量計：蛍光ガラス線
量計、熱ルミネッセンス線量計、蔗糖、および飛跡
検出用プラスチックが入っている。

今年度は、7月5日から8月14日までの約40日間、ロシア宇宙ステーション「ミール」（図1）の制御・居住部内で線量測定を行った。搭載した線量計パッケージ（図2）には、積算型固体線量計と飛跡検出用プラスチックが入っている。これらの素子の粒子線に対する応答特性（LET依存性、中性子に対する感度、等）は、宇宙実験と並行して地上加速器実験で調べてきた。そのデータを基に、宇宙実験で得られた応答のパターンから線質と線量の評価を行った。蛍光ガラス線量計と熱ルミネッセンス線量計の組み合わせで評価した線量値を表1に示す。同じ宇宙船内でも場所によって線質・線量が大きく変動していることが分かる。

固体線量計には、軽量、小型（放射線場を乱さない）、電力不要、等といった宇宙での利用に適した特徴があるが、今回のデータから、平均的な線質と（線質で補正した）正確な線量を既存の固体線量計で評価し得ることが示された。今後は、本手法の信頼性をさらに向上させつつ、宇宙放射線防護に関する判断の基礎となるデータの収集に努めたいと考えている。

(第3研究グループ 保田 浩志)

表1 ガラス線量計とTLDを組み合わせ測定評価した宇宙ステーション「ミール」内の線量

設置場所 (制御・居住部)	吸収線量 ¹⁾ [mGy 40 days]	吸収線量率 ¹⁾ [mGy day ⁻¹]	実効LPI値 ²⁾ [nm ⁻¹]
実験用コンテナ内	13	0.33±0.045	0.016±0.0020
ロシア製計測器横	29	0.75±0.16	0.039±0.0075
遮蔽厚の大きい場所	12	0.32±0.043	0.019±0.0025

1) 水(組織等価物質)に対して

2) 水に対する実効 Linear Primary Ionizationの推定値



肥満を解消しよう！

標準体重の求め方は一般的に「ブローカの変法」が使われています。

$$(\text{身長}-100) \times 0.9 = \text{標準体重}$$

上記の求め方では身長の高い人には甘く、低い人には厳しい実状があります。最近BMI (Body mass index) という指数が国際的にも広く普及し、体の中に占める脂肪量との相関が高いことから、日本肥満学会が肥満の判定基準の統一を目指して提言しています。

BMIの算出方法

$$\text{体重 (kg)} \div \text{身長 (メートル)}^2$$

BMI値22が有病率が低く標準値とされています。標準体重より±20%以上、BMIが男性25%、女性30%以上が肥満です。

たとえば身長160cm、体重64kgの女性が1日1時間普段より速い速度でウォーキングすると消費量は184kカロリー。週5日ウォーキングすると460kカロリー消費できます。もしこの人が毎日2本飲んでいた清涼飲料水をお茶にかえると1週間で1400kカロリー減らすことができ、運動と合わせると合計1860kカロリー減らすことができます。



運動だけではなく食生活も改善すると、さらにインが減り、アウトが増えてダイエットは成功するでしょう。体脂肪を1kg燃焼させるのに約7700kカロリーを必要とします。

体脂肪を上手に減らすポイント

1. **運動は20分以上続ける**…体脂肪がエネルギーとして効率よく燃焼しだすのが運動を開始して20分以降で、短時間では糖質しか燃えません。血糖の低下は空腹感をもたらし、食欲増進してダイエットになりません。
2. **きつい運動ほど減量の効果があると思うのは間違い**…数秒、または数回し

かできない筋力運動は筋肉は増えますが、脂肪をエネルギーとして燃焼させることはありません。筋肉が増えると体重も増えるでしょう。

3. 食事のコントロールをしっかりと考えよう…肥満の原因は消費するカロリーより摂取するカロリーが多いことです。缶ビール1本のカロリーを消費するには40分早歩きしなければなりません。1日卵半分(40kカロリー)のカロリーオーバーが毎日続くと、1年で2kg体重が増えます。清涼飲料水も1本100kカロリーあるので、肥満が気になる人はノンカロリーのお茶にしましょう。

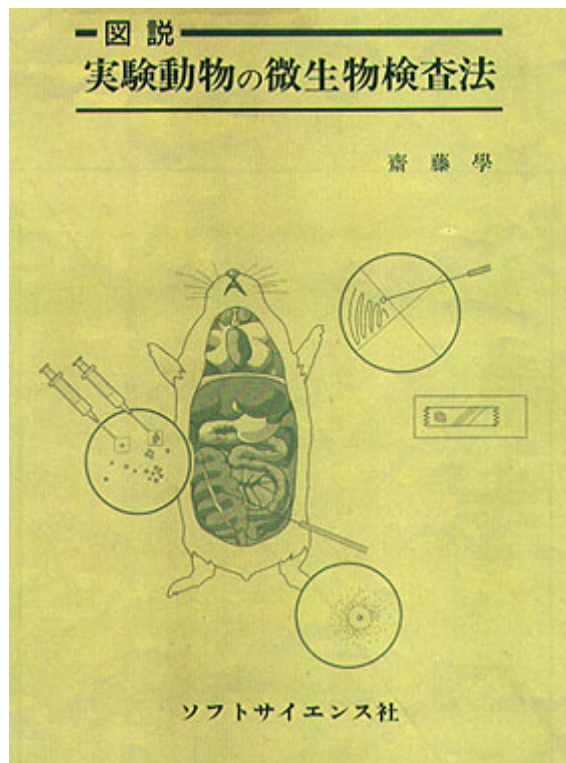
(健康管理室 海老原 幸子)



図説 実験動物の微生物検査法

齋藤 學 著

B5版 124頁 ソフトサイエンス社発行 定価7,725円



動物実験は、実験処理に対して動物が示す様々な反応を通して、その処置がヒトや他の動物にどのような影響または効果を及ぼすかを推測することを目的とし、医学・生物学分野をはじめとした基礎科学研究を進める上で必要不可欠な方法論の一つとなっている。また、近年の発生物工学技術のめざましい進展により、数多くの遺伝子組換え動物などが作出され、遺伝子発現の調節機構の解析に利用されるなど動物実験の重要性は増すばかりとなっている。しかし、再現性に優れ、精度の高い動物実験を行うためには、十分にコントロールされた環境下で、厳しく微生物学的統御された実験動物を用いる必要がある。もし、感染症が実験動物群に発生すると、実験の再現性の確保や動物の計画的な生産などに重大な影響を与えることになる。このため、実

験動物の定期的な微生物検査は大変重要な意義を持つてくる。

本書は、実験動物の主要な感染症とその検査法を主な実験動物種別に図を用いてわかりやすく記述しており、(1) 病原体、(2) 検査手順、(3) 菌の同定(確認培地)、(4) 免疫用抗原の作成と免疫方法、(5) 検査手順チャートから構成されている。特に、「検査手順」の章では、動物種別の検査手順及び採材方法などを図説するとともに、病変が認められた場合の検査法も併せて紹介しており、実験動物施設の飼育管理者をはじめ動物実験に携わる研究者の方々にも役立つものと思われる。しかし、残念ながら、本書では、最近新たな感染症として注目を集めているカーバチルス感染症やヘリコバクター感染症については触れられていない。

ちなみに、ここで紹介されている検査法の大部分は放医研において実施しているものと同じであり、さらに、放医研では、カーバチルス感染症についても間接蛍光抗体法を用いて検査を行うなど実験動物の微生物学的統御に万全を期している。

(人材・研究基盤部 河野 明広)

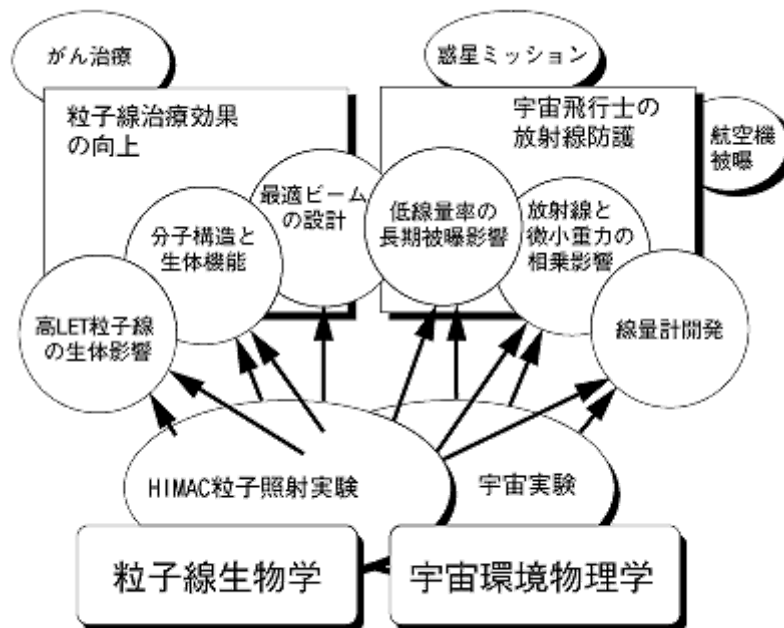


宇宙環境および加速器利用における 高エネルギー粒子線の生体影響解明と防護の確立

— 宇宙時代の粒子線科学と取り組む第3研究グループ —

第3研究グループは、平成7年の放医研機構改革の際に、色々な研究部のメンバーが寄り集まって全く新規に編成された研究集団です。それだけに部屋の確保、備品の調達、メンバーの交流等で色々な工夫が必要でした。現在のメンバーの出身は環境衛生研究部、臨床研究部、生理病理研究部、医用重粒子物理学研究部、物理研究部、環境放射生態研究部、内部被曝・防護研究部であり、またグループ発足後に客員研究官や大学院、米国の大学研究室から採用した者もあって専門分野は多様です。職員に準じる科学技術特別研究員には大気力学や天文学をバックグラウンドとする者もいます。さらに科学技術庁フェローや2国間協定による交流等で外国人研究者の滞在も繰り返されています。

このような学際的集団に共通するテーマは高エネルギー粒子線です。研究対象には一方にがん治療最適化があり、他方に宇宙放射線防護がありますが、いずれも重粒子加速器HIMACを利用して応答を調べることが技術的基盤になっています。HIMACがあるからこそ世界に向けて情報を発信できると言って過言ではありません。そして第3研究グループはHIMAC共同利用研究のうち、生物系実験の実質的なベースキャンプの役割を果たしてきました。



現在4つのサブグループで構成されていますが、第1サブグループは「粒子線照射の治療効果に関する研究」を主課題とし、色々な粒子種の生物学的線量分布の検討や、分割照射の影響、脳腫瘍の再酸素化等に取り組んでいま

す。第2サブグループは「粒子線の生物物理学的影響」を主課題とし、細胞死への粒子種依存性やクロマチン損傷の修復と取り組むと共に最適照射ビーム設計にも寄与しています。また多くの共同利用研究の世話人を担当しています。第3サブグループは分子レベルの生体影響解明を念頭にマイクロシメトリやナノシメトリに関する計算機科学を進める一方で「宇宙における放射線計測に関する研究」を担い、線量計測や機器開発等を地上と宇宙で行っています。第4サブグループは「宇宙環境要因の放射線と微小重力の生体に対する相乗効果の研究」を主課題とし、クリノスタットと呼ばれる疑似微小重力装置を用いて骨中カルシウムに対する微小重力影響と取り組んでいます。しかし実際には各サブグループの研究活動は独立でなく交差しています。

宇宙開発委員会は平成7年に「宇宙放射線の生体影響と防護の研究」という課題を放医研に認め、平成9年には「国際宇宙ステーション建設に備えた宇宙医学研究」を追加して認めました。平成9年夏には当グループ最初の宇宙飛翔体計測を行いました。これは故障続きで気を揉ませたロシア・ミール宇宙ステーションに各種積算線量計のパッケージを搭載したもので、昨年からの数度の延期を経てようやく実現しました。このパッケージは手造りのプロトタイプからスタートして改良を重ねたものです。これからも宇宙開発事業団や米国NASAと協力してスペースシャトル等を用いる宇宙実験を繰り返しますが、特にファントム計測による人体深部線量推定を目指しています。また国際宇宙ステーション完成直前の平成12年には、培養細胞に対する宇宙放射線の影響実験を行う予定です。宇宙放射線と並んで微小重力も宇宙の特徴ですが、飛翔体を用いた実験計画もあります。これらのノウハウの応用として航空機搭乗中の宇宙線被曝にも取り組んでいて、特に中性子被曝の重要性を考慮して諸外国の航空機、気球を用いた計測を近々に予定しています。また第3研究グループは宇宙放射線防護体系を検討する委員会を企画室と共催しています。

このように第3研究グループは医療から宇宙までカバーする粒子線科学を担い、がん治療効果の向上や有人火星ミッション等で21世紀の人類に貢献することを目標としています。まとまった部屋がないためタコ足生活を続けましたが、今秋には新しい建物が完成して、ようやくメンバー全員が一緒に研究できるようになります。

特別寄稿

HIMAC施設全体の運転・維持管理を担う

-80名の社員が6つのグループに分かれて-

重粒子線棟に行くといつも目につく若草色の作業着、これが加速器エンジニアリング株式会社（AEC=Accelerator Engineering Corporation）の社員です。原研や動燃の業務を請負う日本アドバンステクノロジー、検査開発と、HIMACを製作した4つの加速器メーカー（三菱電機、日立製作所、東芝、住友重機械工業）が設立母体となり、HIMAC施設全体の運転・維持管理業務を一元的に実施する会社として、平成4年11月20日に産声を上げました。ささやかながら、JR稲毛駅と放医研の間の村田ビルに本社があります。小さな看板を見つげられた方もおられるでしょうか。



放医研にある事業部では、現在80名を超える社員が6つのグループに分かれて、重粒子ビームの発生・加速とビーム輸送の、いわゆるHIMACの運転と、治療照射系での線量測定や治療準備運転、治療計画のための線量分布計算、また、これら日常の運転を支える改良や保守の維持業務、それに、重粒子線棟と病院棟の空調設備や電力分配設備など、建屋設備の運転保守業務まで広い範囲の業務を実施しています。

建屋設備を担当する二つのグループ（第1とPTグループ）は、設備管理上要求される電気主任者やボイラー技士など多数のベテランの資格技術者を擁し、24時間年中無休で重粒子線棟と病院棟の建屋設備を運転・保守しています。勤務は昼勤8時間、夜勤16時間の2交替です。

HIMACは通常月曜日の朝8時30分から立ち上げ、土曜日の夜8時まで重粒子線ビームを供給する一週間連続運転です。火曜日から金曜日までの昼間が治療タイム、それ以外は共同利用の実験研究と装置改良の検証や試験ですが、装置改良には我々の若いエンジニアも直接参加させて頂いています。運転業務は12時間2交替で、三つのグループ（第2、第3、第4グループ）が一丸となって担当しています。改良を含む維持業務は、HIMACの広い技術

分野を入射器、主加速器、BT系に分けて担当しています。

もう一つの第5グループは治療照射系を担当しています。

X線位置決めシステム、照射機器システム、照射管理システムなど複雑なシステムを毎週月曜日に点検保守すると共に、毎日治療前の線量測定・照射機器動作の確認・監視・治療データの集積などを行い、放射線技師の方々と協力して重粒子線治療をサポートしています。

呼吸同期システムを維持しているのもこのグループです。医療行為は行えませんが、エンジニアリングという立場で治療ホールで放射線技師の皆さんと一緒に仕事をしています。治療計画のための線量分布計算を行う人達もこのグループの所属です。

会社設立以来まもなく5年になり、当初殆どHIMACメーカー4社から派遣されていた技術員でしたが、少しずつプロパー社員が増え、今年度末には建屋設備関係を除いて約50%がプロパー社員になります。今AECは医用重粒子物理工学研究部や運転課の先生方に直々の御指導を頂きながら、実力を一日一日着実に向上させています。「頼れるAEC」と言われるべく、さらに努力したいと思います。御支援をよろしくお願い致します。

(加速器エンジニアリング(株) 上田 和宏)