Photo K.Fukuda

Index

ICCHIBANプロジェクト …… 藤高　和信・内堀　幸夫　1
医療分野での放射線防護　X線の診断利用を中心に　第5回 …… 舘野　之男　7
放射線計測器の変遷（IV） …… 大島　俊則　11
〔休憩室〕
　潤い－濡れこそいのち …… 13
〔施設訪問記〕
　株式会社 第一ラジオアイソトープ研究所 …… 14
FB News編集委員長交代のお知らせ …… 19

ICCHIBAN プロジェクト

藤高 和信*　内堀 幸夫**

背　景

過去を振り返ると

筆者はもともと大学・大学院で宇宙の端をかじったが、それを自分の業務としてできるとは予想できなかった。何かやっていれば何とかなるだろう、という程度の見込みしかなかったのである。学術振興会の研究員をやったり、高校の先生をやって食いつないでいたから、何でも可だったのである。だから放医研に入所して最初の仕事は大気汚染だったが、それをすんなりと受け入れた。そもそも学生時代にある学会で、初めて座長業の一部を引き受けた時が宇宙線セッションだった。みなが嫌がって引き受け手が見つからなかったのが真相である。かくして20年間を環境放射線の仕事に取り組み、宇宙は時折しか思い出さない時代があった。しかしチャンスがあれば、と思っていたら再開することができた。ただし、昔のように傾いた磁力線に水平風が吹くとプラズマ粒子の集合離散はどうなるとか、磁場が強くなるとどうとかいう、人畜無害な自然現象を扱うのでなく、あくまで人間に直接的な有害成分を取り除く作業である。放医研として当然だと思う。その代わり環境放射線でもする時は本気だった。すなわち全国ガンマ線サーベイを行い、TLD計測を行い、降雨現象を解析し、ラドン計測をやり、モニタリング計画を考えた。米国EMLに留学した時は、気象解析のためと言っていたのに、相手方の都合で宇宙線をやったのである。当時EMLにはオブライエン、ラウダー、ベックというそうそうたるメンバーが揃っていたからである。これがきっかけになった。

宇宙はどんなところ

宇宙と聞いてすぐに思い浮かべるのは高真空、微小重力といったところ。放射線があるじゃないかと指摘する人がいたら、その人はかなり知っている人である。宇宙線が放射線の一種であるということを、今まで体にしみ着くほどは理解できていない人が多いのではないかと思う。こういうことを記す筆者自身が宇宙線と聞いても、それは高エネルギー物理学の世界であり、複雑かつ高級な物理学の分野、と考えるか、あるいは環境放射線に重なってしまうやや煙たい存在としてしか理解してこなかった。ところが、最近になってようやく、これが宇宙の本質に関わるものだということを理解するに至った。なぜこの世に物質があるのか、これからどうなるのか、宇宙の運命を探りたい、等々が次から次へとわき出ているのが昨今の姿である。宇宙の将来像はニュートリノに質量があるか無いかに依存する。余り現実の世界との接点がなく、そのため宇宙線研究者はしばしば浮世離れした人と考えられてきた。それが航空機被ばくという大きな問題が起きてきたので、やっと現実の世界と接点が生じた。これなら沢山の公衆が利用するし、利用者は増えこそすれ、減るものでは無いからである。宇宙ステーションもあるが、こちらの方は宇宙開発という大きなプロジェクトを

*Kazunobu Fujitaka　独立行政法人 放射線医学総合研究所 放射線安全研究センター 宇宙放射線防護プロジェクト プロジェクトリーダー
**Yukio Uchihori　同研究員

支える意味があるため、ややスタンスが異なるのではないか。ごく限られたものしか宇宙へは行けないからである。ところが航空機は誰でも乗る機会があり、誰でも宇宙線被ばくを増大させる可能性がある。放射線防護を進めたいという立場から言えば運が良かったということになる。昔は宇宙線の性質が全く不明だったので、空を飛ぶという魅力的な点だけがクローズアップされ、それで被ばくするかも知れないという負の性格は分からないまま、あるいは無視されたのである。今航空機が発明されたばかりだとしたら、宇宙線防護は大問題になったであろう。そして放射線らしく、宇宙線の扱いに苦慮する事態はなく、一律に扱えるようになっていただろうと思う。幸か不幸か、放射線に気がついた時は、航空機は既に飛び回っていたのである。そして宇宙空間にある粒子と航空機飛行高度にある粒子を比較すると、思いきり丸めて考えれば、同じである。いずれも高エネルギーであり、電離成分が一義的に多い。残りの中に占める中性子がフレア時に多くなること、またπ粒子とかμ粒子といった成分もまた増減するということが基本的に似ている。従って宇宙を目指して開発した機器を航空機に転用可能だし、その逆も可能かと思う。

なぜか合ってくる比較校正実験

計測器の指示値を本来の値に換算する仕事がある。これが校正だが、考えようによっては最も重要かも知れない。ただここで重要というのは実用目的にとって重要、という意味である。この研究ではあらゆるパラメータを計測し、そのための実験計画を立て、結果を解析し、理論化を計り、かつそれを実用化するということになる。ここで言う「宇宙の研究」とは自分自身で目的を持たず、その替わり他者の宇宙研究を支えるような仕事である。それでも堂々と行う価値がある。そして校正は回数を重ねるほど、不思議と全体が収束するのである。日本ではラドンの研究が盛んで、比較校正実験がよく行われるが、やはり回数を増すほど全体が収束することが分かっている。なぜそうなるのかは分からない。

そこで、この比較実験を行おうというのが放医研のICCHIBANプロジェクトである。しかも宇宙のためにやろうというわけである。そのために加速器が必要だが、放医研には医療用シンクロトロンHIMACがあり、その出力が最大800MeV/n、イオン種は多彩で水素からキセノンまでである。これは日中は使えないが、夜間は空いているから使わない手はない。核子あたり最大800MeVだから、ほぼ宇宙線の主エネルギー領域をカバーするものの、生物影響の著しい鉄イオンは500MeV/nしか出ない。エネルギー上限がもう少し欲しいところだが何もしないのが一番良くない。「或るものしか無い」と割り切って、これを利用している。しかし現在米国に準備中のNSRLの加速器はHIMAC並に色々な核種を出そうとしており、エネルギーも10GeV/nまでを狙っているが、もう少し時間が掛かりそうである。真に完成してカタログ通りのビームが出れば宇宙線の格好のシミュレータである。そして物理実験、生物実験双方にとって有意義だと思う。

今までに既に５回（各回は能動型、受動型をそれぞれ中心とする）の実験を行っている。結果は、まずまずであった。ほどほどのバラツキで、極端な差は見られなかった。この成功で元気づけられたので、さらにこれを宇宙飛翔体の中でやろうと計画を立てた。現在ロシア・ロケットのプログレスを使って、受動型を中心とした衛星搭載実験をしている最中である。放医研の他に、ロシア、オーストリア、米国が参加している。地表でいかに合っても、宇宙で実際にぶつかる宇宙線が同様に合わなければならないからである。従って地表の加速器実験と宇宙機搭載実験を両方こなす必要がある。実際我々の所では両者を行っているが、その機会を持ちえたのは幸運としか言い様がない。

加速器実験と宇宙実測と

特記すべきこととして、ロシアからの衛星打ち上げ費用は、他よりも圧倒的に廉価なことが挙げられる。打ち上げの事前に安全評価実験がかの地で行われるが、困った問題は起きたことがない。過去にロシア衛星で同様の実験をした時もそうだった。このような比較実験を行い、真に信頼できる

精度よい計測器が出来た時が、この比較実験ICCHIBANプロジェクトの終わりである。あとはアクティブ型検出器の電源小型化とか、新しい原理による計測器の開発等が続くだろう。それ自体では比較実験のカテゴリーを出ないので、学術論文等にする際は、何か新しい事実を付け加える必要がある。これを忘れてはならない。なおICCHIBANという名前はネバダ州で行われた原爆実験の被ばく影響をしらべるプログラムの名前（ICHIBAN）と同じだということを最近指摘されたが、すでにICCHIBANの名前は宇宙放射線モニター国際比較実験として国際的に認知されているので、このまま使用することにした。

（藤高和信）

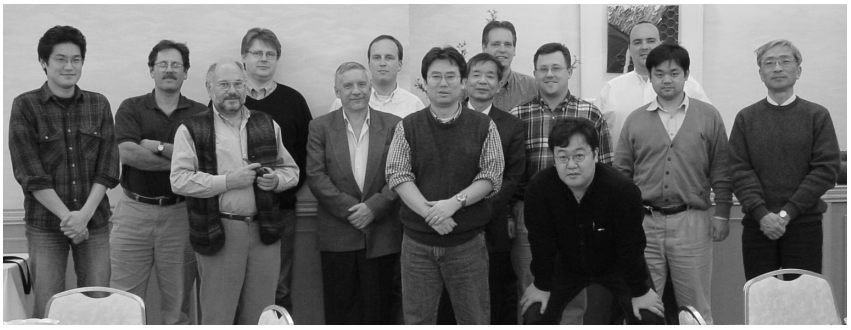
実験の実施について

ICCHIBAN実験の生い立ち

宇宙飛行士が宇宙に上がり始めた初期のころから、宇宙放射線被ばくの影響が心配され、米国アポロ計画でも放射線モニターが搭載されていた。その後、現在に至るまで、いくつもの放射線モニターが開発され運用されている。宇宙開拓創世期を過ぎ、ミール宇宙ステーションや国際宇宙ステーションで宇宙飛行士が長期間滞在し、また、一人の宇宙飛行士が数回のミッションを行う現在においては、生涯に浴びた線量を正確に管理する必要があり、放射線モニターの信頼度の向上は重要な研究課題の一つである。

当然、初期の頃から、放射線モニターの精度については厳しく管理されていたが、非常に広いエネルギー範囲にわたり様々な放射線成分が存在するような、地上とまったく異なる放射線環境で使用できる放射線モニターの開発は容易ではない。特に、近年の放射線生物学研究で宇宙放射線中の重イオン成分あるいは中性子成分の生物への影響が非常に大きいことが明らかになり、それらの成分も正確に測定する放射線モニターが要求される。

しかし、現在までに各国が開発した宇宙放射線モニターの線量測定結果が有意に異なっていると指摘され、大きいときには約50％実効線量が違っているとされている。[１]この問題を解決するために、それらを地上における放射線場で較正すべきであるという議論は、例えば米国のE.V.Benton博士やG.Badwar博士らによって、20年近く前からなされていたが、組織的な比較実験は行われていなかった。1998年ハンガリー、1999年英国で開かれた第3回および第4回WRMISS国際ワークショップ（Workshop on Radiation Monitoring for the International Space Station）において、地上の４つの加速器を利用した較正実験の実施について検討された。そのなかに放医研のHIMAC医用重イオン加速器が挙げられ、藤高がその責任者として指名された。そこで、国際比較実験をHIMACで実施するべく、放射線医学総合研究所・宇宙放射線防護プロジェクトを中心として、国内外の研究機関の有志によりワーキンググループを設立し、2002年2月より照射実験を開始した。この実験を我々は、



第１回ICCHIBAN実験の参加者

ICCHIBAN（InterComparison for Cosmic-rays with Heavy Ion Beams At NIRS）と名付けている。

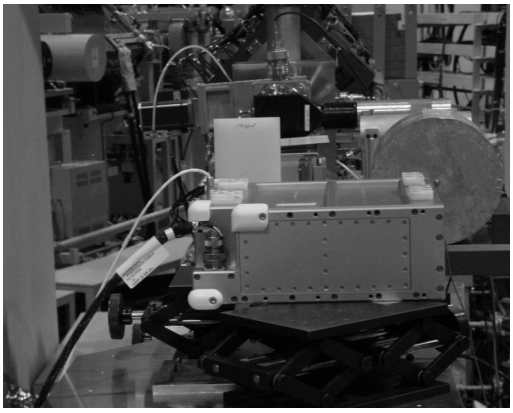
ICCHIBAN実験の実施

この比較実験の目的は、以下の３点にある。

1．銀河宇宙線のスペクトラムと同様な電荷とエネルギーをもつ重イオンに対する宇宙放射線線量計の応答を決める。
2．宇宙環境における計測時に、各種放射線測定装置間に生じている食い違いを理解し、一致せしめる。
3．高いLET領域において、宇宙放射線測定装置を較正しうる重イオン“ 標準線源 ”を確立する。

これらの目的を達成するために、世界の主要な宇宙機関が実際に宇宙飛翔体（スペースシャトル、ミール宇宙ステーション、国際宇宙ステーションなど）で使用している、あるいは使用予定の放射線モニターを持ち寄り、重イオンビームへの照射実験が行われている。

実験は、シリコン検出器や組織等価比例計数管などのアクティブ（実時間）型の放射線モニターのグループと、TLDやOSLあるいは固体飛跡検出器CR-39といったパッシブ（積算）型の放射線モニターのグループとに分けて、年に２回実験を行ってきた。現在までの所、奇数番目の実験がアクティブ型、偶数番目の実験がパッシブ型のグループとなっている。



実験の様子。NASAジョンソンスペースセンターの放射線モニターとビームライン

すでに第５回目まで実験が行われ、米国・航空宇宙局NASAジョンソン宇宙センター、米国・エリル研究社、米国・オクラホマ州立大学、米国・ローレンス・バークレー国立研究所、ロシア・生物医学問題研究所、ドイツ・航空宇宙センター、ドイツ・キール大学、ポーランド・核物理研究所、ハンガリー・原子力エネルギー研究所、チェコ共和国・核物理研究所、ブルガリア・太陽地球影響研究所、英国・放射線防護庁、オーストリア・原子力研究所、日本・宇宙航空研究開発機構ＪＡＸＡ（NASDA・ISAS）、日本・早稲田大学、日本・高エネルギー加速器機構、日本・放医研の各研究機関が参加した。

アクティブ型放射線モニター

第１回目および第３回目の実験はHIMAC物理汎用コースにおいて、２cm直径の細いビームで実施された。鉄、シリコン、炭素などの400～800MeV/nのエネルギーの重イオンビームを使用した。放射線モニターへの照射前には、数枚のシリコン検出器、時間差（ToF）検出器、位置検出器、ビーム強度検出器などのリファレンス検出器群によるビームのエネルギー、エネルギー損失量、形状、レンジなどについて調査が行われた。放射線モニターは、照射室外からコンピュータコントロールできるXZおよび回転ステージに載せられており、自由に照射位置を変更することができる。薄いプラスチックシンチレーション検出器および位置検出型シリコン半導体検出器により、ビームの強度、形状を確認しながら、各放射線モニターにビームを照射した。

アクティブ型の放射線モニターは、主に、シリコン半導体検出器が１枚の測定器あるいは数枚でテレスコープを構成した測定器と、組織等価ガス比例計数管（TEPC）とに分けられる。マイクロドシメトリーの手法により放射線防護パラメータを簡単に得ることができる、TEPCがNASAにおける標準的な放射線モニターとして採用されている。一方、荷電粒子のLETスペクトラムを測定するためにシリコン半導体検出器も使用されている。

パッシブ型放射線モニター

第２回目と第４回目は、パッシブ型の検出器に対して、HIMAC生物照射室において10cm直径以内が５％以内で平坦なビームを照射した。鉄、シリコン、ネオン、炭素、ヘリウムの150～490MeV/nのビームを使用した。実験には、先に示した研究機関の内の11研究機関からパッシブ型検出器が集まった。パッシブ型検出器の場合、実際に研究者が放医研で直接実験を行うか、検出器のみを放医研に送付するか選択できるようにし、ワーキンググループにより同一の条件において照射が実施された。また、照射は実験者に照射条件を示す"Known"実験と、照射条件を隠した"Blind"実験を行った。Blind実験では、単一の重イオンビームだけではなく、ある重イオンを照射した後に、別の重イオンも照射する、混合ビームの条件でも実施した。さらには、ガンマ線の照射を行うなど、なるべく宇宙における放射線環境に近づけるよう照射条件を設定した。

第１回および第２回のＨＩＭＡＣにおけるICCHIBAN実験の結果については、各研究機関によるレポートがワーキンググループに送られ、ワーキンググループによる考察と共に、300ページ近い冊子としてまとめられた。[２]

拡大ICCHIBAN実験

HIMACにおける国際比較実験の成功をもとに、ICCHIBANワーキンググループの組織を中心にして、他の加速器施設における比較実験が計画され、実施されつつある。2003年９月には米国カリフォルニア州にあるLoma Linda大学の陽子線がん治療施設において、最大エネルギー250MeVの陽子線を使用して、国際比較実験Proton-ICCHIBANが行われた。この実験は、太陽フレアに伴ってたびたび発生する太陽高エネルギー陽子現象を模擬するよう、陽子線エネルギーを連続的に変化させて照射が行われた。

さらに、HIMACよりも高いエネルギー（１GeV～）、高い原子番号の重イオンを照射すべく、米国ブルックヘブン国立研究所ＮＳＲＬ（ＮＡＳＡ Space Radiation Laboratory）照射施設における実験を2004年秋に実施する予定である。すでにビームタイムは承認されており、実験のための準備を行っている。

宇宙ICCHIBAN実験

地上加速器施設における比較実験により、各放射線モニターの相違点が明らかになりつつあるので、次のステップとして実際に宇宙環境で生じる相違を研究すべく、宇宙ステーションに放射線モニターを設置して比較することが計画された。そこで、放医研・宇宙放射線防護プロジェクトとロシア・生物医学問題研究所のAkatov博士らとで協議し、いくつかの研究機関のパッシブ型線量計パッケージを同一のケースに収納し、国際宇宙ステーション・ロシア・サービスモジュールに設置する実験を実施することに同意した。両研究所と米国エリル研究社およびオーストリア・原子力研究所がパッシブ型の放射線モニターを準備し、2004年１月にロシア・バイコニール宇宙基地からプログレス貨物船で打ち上げられた。これらの線量計は、約３ヶ月間サービスモジュールに設置された後、地球に降ろされて各研究機関に返還される予定である。

放医研の線量計パッケージには、放医研が準備したCR-39（5～1000keV/μm）、千代田テクノルのガラス線量計および長瀬ランダウアの光刺激ルミネッセンス線量計（～10keV/μm）が組み合わされた。これらのパッケージにより、広いLET範囲にわたる精度の良い測定が期待される。

最後に

ICCHIBAN実験は、高エネルギー重イオンビームという世界でも３カ所しか存在しない放射線源を利用して、大規模かつ効果的にHIMACにおいて実施されている。ＮＡＳＡ、ＥＳＡ、ロシア、ＪＡＸＡを始め、世界各国の宇宙研究機関が一堂に会して相互比較実験が行われ、宇宙環境における放射線測定の問題点が明らかになりつつある。さらに、宇宙放射線の広いエネルギー範囲、および、放射線成分をカバーすべく、世界の他の加速器を利用した実験を開始している。また、宇宙環境に実際に宇宙放射線モニターを設置し

て、比較実験を行う試みも開始された。

これらの比較実験を通して、各放射線モニターの利点、欠点、問題点が明らかになり、それらモニター自身の改良あるいは解析方法の改良などが進み、より精度のよい宇宙放射線線量測定が可能になるとともに、宇宙飛行士の放射線被ばく管理の信頼度の向上に役立つであろう。また、今後の放射線モニターの開発に対する知見を得ることができ、将来の月や火星探査ミッションにおける放射線モニターの開発の基礎となると推測される。これらの国際比較実験を日本が主導して実施できることにより、この分野における日本のリーダーシップが確立できると考えている。

(内堀幸夫)

謝　辞

ICCHIBAN実験は、放医研HIMACの共同研究として実施されており、その類い希な安定したビームにより実験の成功がもたらされたと確信し、HIMAC関係者に深く感謝する。また、筆者らはICCHIBAN実験を実施しているワーキンググループのメンバー、特に安田仲宏博士、北村尚氏、Eric Benton博士に深く謝意を表する。

・ー・ー 参考文献 ー・ー・

[1] T.Doke et al., Measurements of LET-distribution, dose equivalent and quality factor with RRMD-III on the Space Shuttle Missions STS-84, -89 and -91, Radiation Measurements 33 (2001) 373-387.

[2] Y.Uchihori and E.R.Benton (edit), Results from the first two Inter-Comparison of dosimetric instruments for Cosmic radiation with Heavy Ions Beams at NIRS (ICCHIBAN-1&2) Experiments, HIMAC Report 078 (2004).

◆◇◆ プロフィール(藤高和信)◆◇◆

1945年台北生まれ。1967年東京大学理学部物理学科卒。1972年同大学院博士課程修了、理学博士。学術振興会奨励研究員を2年間やり、その後放医研に入所。放医研では環境衛生研究部に所属し、宇宙線、ガンマ線、ラドン、モニタリング計画、大気輸送等、環境放射線の測定・解析に取り組む。特に阿部史朗氏の全国自然放射線サーベイに参加し、全国線量率マップを作成。1978年米国EMLに日本人として初めて留学。屋内宇宙線モデル計算を行う。1995年ラドンの途中で宇宙環境を扱う部門が放医研内に新設され、移籍。現職は宇宙放射線防護プロジェクトリーダー。趣味は声の音楽(ワーグナー、ベルリーニ等)、長編国文学(源氏物語)で、いずれも18歳からの付き合い。特に後者は原文読破2回で、目下第3回目に挑戦中。既婚でオーディオを好む。

◆◇◆ プロフィール(内堀幸夫)◆◇◆

1964年兵庫県伊丹市生まれ。1990年大阪市立大学理学部物理学科卒業、1995年同大学院修了。博士(理学)取得。超高エネルギー宇宙線を乗鞍岳やインドコラー金鉱で観測していた。その後、東京大学宇宙線研究所で2年弱ポスドクとして最高エネルギー宇宙線の研究をした後、放医研に移り、さらにポスドクで4年ほど過ごし、2001年より現職。宇宙放射線計測のための放射線モニターの開発、航空機環境における放射線測定などを行っている。ICCHIBAN実験で来日する外国人を日本料理、日本酒のおいしい店に連れて行くために、夜ごと稲毛界隈を探索している。スポーツは見るのもするのも好きだが、体重増加のために、走ることは苦手。家族は、妻と子供三人。

医療分野での放射線防護 X線の診断利用を中心に 第5回

舘野　之男*

6　X線診断の低線量化を目指して（続き）

6.9　X線写真は四角に限らない

X線写真といえば四角形です。しかし「必要な情報がとれればそれで十分」という方針で進んでいくと、四角でなくとも良い。先天股脱の検診では、骨の輪郭が見えれば当面は間に合うのですから、骨の辺縁だけにX線を照射しての「一筆書きのX線写真」でも役に立つはずです。

「一筆書きのX線写真」を撮るにはどうするか。お誂え向きなX線管がある。電子ビーム走査型X線管です。これは、X線を発生させる際、通常のX線管ならターゲットの一定点に当てるべき電子ビームを、コンピュータ制御のもとに意図的に動かすことによってX線発生点（焦点）を移動させる。発生したX線をピンホールを通すとX線はビーム状になり、そのビームは発生点の移動にともなって動く。

電子ビーム走査型X線管は1950年、Robert J. Moonの発明。実際の利用は、東京大学の藤村靖先生による発声時の舌の動態観測が最初で、1970年、東京大学医学部・音声研に小型のパイロットシステムが、1972年には本格観測実験用の装置が設置されている。

千葉大学で低線量X線撮影の研究に取り組んでいた筆者は、1974年初め、前記東京大学の装置を製作した日本電子（株）の渡辺英二氏や保刈大治氏に会い、電子走査型X線発生機をX線源とした「医療用低線量X線撮像システム」を作ることになった。この提案は同年11月８日機械振興協会の新機械普及促進事業プロジェクトに採用された。

このときの装置は電子走査型X線発生機の臨床応用のさまざまな可能性を探る目的もあって、棒状の検出器と面状の検出器を差し替えて使えるようになっていた。そして前者は主にCTに、後者は主に一筆書きに利用した。

一筆書きのX線写真を撮るにはごく細いX線ビームを走査しながらX線透過量を時々刻々測定し、次に照射すべき点を指示するという手順で次々と照射点を動かして行く。骨の輪郭を描くにはX線ビームが身体を走査してきて骨のフチに来ると吸収率が急に変わるから、それを手掛かりにフチを判断し、それに沿って照射してゆくと、骨の輪郭が描ける。

この輪郭線上で脱臼診断に必要な特異点も同時に分かるし、またその座標間の関係が例えば氏家法の外偏倚角だと何度になるか、というようなことが計算されて打出されてきます。つまり、X線写真の自動診断です。これについては桐谷滋氏（1976）、遠藤眞広氏（1977）の論文があります。

*TATENO Yukio　放射線医学総合研究所 名誉研究員

6.10　電子ビーム走査型X線CT

「医療用低線量X線撮像システム」は、他面、CTでもあったから、このプロジェクトは、世界最初の電子ビーム走査型CTを作ったプロジェクトであった。日本にはじめてCTが入ったのが東京女子医大の1975年８月、日立が国産最初のCTを名古屋保健衛生大学で稼働させたのがそのすぐ後、と聞くから、この電子ビームCTプロジェクトはその約10ヶ月前に立ち上がっていたことになる。

このプロジェクトで日本電子は1975年７月19日には試作機を公開し、1976年11月19日には千葉大学病院で臨床利用がはじまった。

CTでは画像データを取得するのにX線の発生点を動かす必要がある。通常のX線管は決まった方向にしかX線を出さないから、X線管自体を機械的に動かすしかない。トランスレート・ローテート方式とかヘリカルCTとかいうのはいずれもX線管の動かし方の話で、CTの撮影時間はこのX線管の動かし方と動かすスピードでほとんど決まってしまう。

したがって、X線発生点の移動を電子的に行うこの方法は撮影時間がいちじるしく短く、当時のEMI 1010では4.5分かかったが、この装置では最高５秒であった。またX線ビームの電気的制御が容易に行えたので、動態（dynamicな）CT検査が可能になると期待された。梅垣洋一郎先生はそうした期待を込めて、この装置にDynamic Scannerと命名され、事実この装置は世界で最初の心拍同期CT像を撮影した装置となった。

しかしこの装置は商品として成功せず、日本電子はまもなくCT事業から撤退した。

なお、この装置はローテートの部分が電子化されていない。ここを電子化すれば、CTをミリ秒レベルにまで超高速化できる。この構想は一度、工業技術院の大型プロジェクトの候補になるが、結局具体化しなかった。アイディアだけでも論文に残しておこうと書いたのが飯沼武、舘野之男、梅垣洋一郎、渡辺英二連名の論文（1977）である。

ローテート部分の電子化は、当時UCSFにいたBoydが、NIHのグラントによる1980年度から３カ年間の研究で実現した。

6.11　線量を下げれば画質は悪くなる

それはそれとして、問題はプロジェクトの課題名に見られる「低線量」の件である。この場合の低線量は、一筆書きと、CTとを分けて説明した方が分かり易いであろう。

股関節脱臼の検診については「一筆書きのX線写真による自動診断」は低線量の目指す究極の一つであろう。が、その先は?脱臼を骨の位置関係の異常として判定するのであれば、３次元的にそれを示せるCTは、２次元的なX線像による検診よりもっと正確になるだろう。さらにまた股関節自体の内部構造を立体的に描出できる可能性もある

しかもCTは頭のてっぺんから足の先まで無数の疾患に使えるから、股関節だけの話ではない。それも一般の診療だけではなく、検診にも使える可能性がある。

しかし、普通のX線検査に較べてCTは被ばく線量が多い。被ばく線量が多いことはCTが発表された時から分かっていたことで、CTの発明を報告した初めての論文は、その第３部で、120kVp, 32mA, 5.4minの頭部検査で、頭蓋の線量は1.2-2.0Rと報告されている。

1976年、仙台で第14回日本がん治療学会総会が開かれ、その最終日（10月2日）に行われたパネルデイスカッション「コンピュータトモグラフィーのがん診療への応用」（司会：梅垣洋一郎，三浦茂）でダイナミックスキャナの紹介をした私は、総合討論で「CTを検診に用いるには被曝線量の低減が必要」と発言した。というのは、一人の癌患者を見つけるのに約1000人の健康者にX線を浴びせる検診では、一般の診療に較べリスクに対し、厳しい状況にある。臨床で普通に使われている検査法が

あり、その検査には一回当たり10万分の１の致死的リスクがあるとする（たとえば内視鏡検査）。それで10万人を検診する。その中に検出したい疾患をもつ者が100人いる。結果はどうか?100人の患者を見つける代償に１人の死亡者を出す。これは大変なことである。

この点、低線量を旗印にした我々の装置では最大入射皮膚線量で0.3mGy。当時通常のCTは 20-40mGyといわれていたから、約100分の１の低線量である。これなら検診にも使えそうである。

しかしリスクを減らそうとして線量を落とせば画質は悪くなる。画質が悪くては市場競争に勝てない。特に当時は、精密検査法としてCTに注目が集まっていた時代であるから、CTは画質が命であったのである。この点は、このプロジェクトの開発委員会委員長の梅垣先生がたびたび指摘してくださったっことである。いずれにせよ生まれたばかりのこのCTが直面した苛烈な画質競争に勝ち抜くのに、筆者の要求した「低線量」が開発のハンディキャップとなったことは間違いないようである。

６.12 低線量CTによる肺癌検診までの長い道のり

低線量CTによる検診という考え方が生きるのは1990年胸部CT検診までまたなければならない。

結局、CTを検診に利用できるかどうかは、画質と被ばく線量の間に妥当な折り合いをつけられるかどうかに掛かっている。しかし（CT検診はもちろんのこと）X線検診のリスクとベネフィットについては、当時、定量的なことは何も分かっていなかったから、それを確かめる必要がある。それには、一方で、線量ー画質ー診断能ー最終的なアウトプット（健康への寄与）とつながっている検診の利益の部分と、他方で、線量ー放射線リスクとつながっている損失の部分とを定量的に調べて、両者を較べて見ればよい。それには、最終的なアウトプットを見積もる方法や放射線のリスクを見積もる方法を開発しなければならないし、それぞれの検診で必要なデータも集めなければならない。

この方向に沿った研究は長い時間と大勢の協力者が必要で、私のもう一つのライフワークになったが、股関節脱臼の検診に始まり、胃がん検診、肺がん検診等の「リスク／ベネフィット評価・コスト／ベネフィット評価」という研究は、初期には田中仁氏、山本哲夫氏、少し遅れて飯沼武氏、松本徹氏、福久健二郎氏らの同志が参加してくださったことで、今では、ようやく全体像が見えるようになった。これについては別の機会にゆずろう。

CTの話がでたことで思わず話題が先走ったが、話をもとの路線に戻して、今度は、1977.09.16、新潟で開かれた北畠隆先生の追悼講演「医療被曝軽減と放射線の医学利用の将来」で話したことからその一部を引用する。なお書きそびれたが、第４回の分は、1973.10.07青森大鰐で開かれた日本医学放射線学会物理部会特別講演「X線写真ーその診断目的と画質と被曝線量」からの引用です。

６-13　画質と診断能とに関する階段仮説

「X線写真の低線量化にあたって検討すべき一つは画質と診断能との関係であります。画質と診断能との間に、今まで信じられておりましたように直線関係があるのかどうかということです。今までは画質がよくなればよくなるほど診断能は１本調子にあがると信じまして、診断能をあげるために画質をちょっとでもよく努力してきたのが実際ですが、考えてみますとどうも画質と診断能との間の関係は、そのような一本調子のものではない、ところどころにプラトーのある関係ではないかと思うようになったわけです。画質がある程度までよくなれば診断能は急にあがる。けれどもそこから先は画質が多少よくなっても診断能があがらな

いところがあります。また、それからさらに画質がよくなりますと、また診断能が急激にあがる部分があり、そこから先はまたプラトーになると、こういうことがあるのではないかと思ったわけです。」

6-14 胃間接X線写真での調査

「これを検べるのに、前々からリスク・ベネフィットに関心を持っていた胃がん検診の間接X線写頁を対象に選びました。この仕事は大阪府立成人病センターの方々と一緒にやったものでありまして、放医研側は遠藤さん、飯沼さんが中心でした。

やり方はまず、大阪府立成人病センターで、最終診断の分っている胃の間接写真フイルム合計150例を選んでもらい、その中には、早期癌7例、進行癌17例、潰瘍が19例というような具合に、いろんな症例が混っております。これをいろいろな段階にボカした写真をつくりました。いろいろなボカし段階のもの、それぞれ150例ずつ結局4段階やりましたので、合計600例です。これを何人かの先生方に読んでいただきましてどの程度ボケたらどの程度診断能が下るのか先程のROCで判定しました。

その結果は、かなりボケた写真もボケない写真も、ROC曲線がぴったり重なってしまいました。胃の検診の場合、存在診断に係わる所見は股関節脱臼より複雑であるが、それでも対象となったプロの読影者達の診断能は、画質をかなり悪くしても落ちない。画質が極端に悪くなったときまずでてくるのは読影不能の割合の増加で、そのときはまだ診断能は落ちない。(飯沼他1980)

これは重要な結論です。練達の読影者が読む気を失わない範囲の画質なら、存在診断に関する診断能は落ちない。

結局、胃の間接X線の読影でも、画質と診断能の関係にはプラトーがある、という私の仮説は証明されたように思います。」

(注:胃がん検診では、I.I.間接が導入されたお陰で画質を落としてまで被ばく線量を下げるという荒っぽいことはしないで済んだ。画質を落としてまで被ばく線量を下げるという思想が生かされるのは1990年、CTによる肺癌検診を提案した時である)。

6.15 必要にして十分な画質を調査する必要性

「もしこの仮説が他の種々な目的のX線診断でも証明され、またそのときの具体的な画質が定量的に求められたとしますと、肌目細かなX線診断をするのにどれほど役に立つか知れません。胃の写真でいえば、粘膜皺襞を手掛りに診断する場合と胃小区を手掛りに診断する場合とでは要求される画質は当然違うでありましょうし、木を見るのに適当な写真が森を見るのにも適当だと必ずしも言えないからです。

これはまたシステムとしてのX線撮影装置を構成する上にも非常に大事な基本データとなるはずです。というのは、X線の発生系なり記録系なりの設計にあたっては、最終的に必要とされる画質に収斂する形で、使い易さ、費用、被ばく線量など互いに相容れない種々のファクターの折合いをつけているはずだからです。この最終目標である画質については臨床家が明確な注文を出すべきでありますのに、現在までのところ「良ければ良いほど結構」といった幼児のおねだりに似た形でしか出ておらず、工学の側で、赤ん坊をあやすような形で適当に処理しておられるのが現状のように思われます。

以上のことを考えますと、一つ一つの診断に必要な画質をきっちりと押えて行くという作業は、被ばく線量軽減のためのみならず、X線撮影装置の設計にも、また将来のX線診断をもう一段上のプラトーに押し上げるためにも是非必要だと思われ、ここしばらくの間はこの関係の研究を精力的に推進する必要があるだろうと思います。」

放射線測定器の変遷（IV）

大島　俊則*

再処理施設の運転

原子力時代の最終目標である核燃料サイクル確立の第一段階としての原子力発電による本格的な電力の供給が行われるようになり、順調な原子力発電の運転で使用済燃料が溜まっていき、わが国の原子力開発は、次の段階である核燃料の再処理へと進んでいきました。世界的には、ウラン資源の豊富なアメリカではそのまま貯蔵する方針をとりましたが、原子力発電の先進国である英国や石油ショックでの影響を大きく受けたフランスでは使用済核燃料を再処理する方針で進めていました。わが国も、エネルギー資源が少ない上に電力需要が急増したことにより、ヨーロッパと同じように核燃料の再処理による核燃料サイクルの方針を選択し、その準備段階として研究機関での基礎技術の研究を進めていましが、実際に使用済核燃料の再処理を行うには膨大なノウハウが必要で、この技術の最も進んでいたフランスから導入してパイロットプラント施設を動燃（現　動力炉・核燃料サイクル機構）東海事業所につくりました。

昭和41年（1966）（原電 東海発電所 営業運転）

昭和42年（1967）（動力炉・核燃料開発事業団 発足）

昭和52年（1977）動燃 東海再処理施設 運転開始

平成17年（2005）原燃 六ヶ所再処理施設 運転開始予定

六ヶ所での本格的な核燃料の再処理はこれからですが、東海の再処理施設でも、その規模や作業内容はそれまでの各種原子力施設と全く次元の違った大型化学プラントで、原子力関連技術でも全く経験のない分野も多く、したがって放射線管理関連でも多くの問題の解決と新たな構築をしなければならない点が数多くありました。それらを克服し、核燃料サイクルの第二段階へと使命と希望をもって進んでゆきました。

再処理施設がそれまでの原子力施設と大きく違った点は、

1）使用済核燃料を切断、溶解して各種の化学処理をし、大量の核分裂生成物や核反応生成物、燃え残りの核燃料物質等の放射性物質を裸の状態で取り扱うために、プロセスを安全に運転する作業者のための厳重な放射線管理システムの構築が不可欠となる。

2）あらゆる種類の放射性核種を取り扱うため、それに対応する放射線測定装置や放射線監視装置が大量に必要となる。

3）ウラン、プルトニウムの核燃料物質を

*OHSHIMA Toshinori　元アロカ（株）専務取締役

処理するための、多くの危険を除去する特別の技術や安全対策と、その厳重な監視が必要となる。

4) 汚染トラブルがあってもそれを広げないための厳しい検査体制の構築が必要となる。

再処理施設で施設や作業者に対する安全管理に使用する放射線監視用機器は、それまでの原子力施設で使用されていたものと基本的には変りがありませんが、その使用台数は、原子力発電所等のベータ(ガンマ)線を中心とした監視と、ウラン、プルトニウムを取り扱う核燃料施設のアルファ線を中心とした監視を同時に行う必要があることから、これだけでも2種類の監視機器が必要となりました。この中で、アルファ線測定器が大量に使用されることが特徴的ですので、アルファ線測定器の歴史的な経過を説明します。実用的なアルファ線測定器(サーベイメータ他)は、それまで長い間、輸入品(特にアメリカ製)が多く使用されていました。これは、核燃料工場等での長い歴史の中で培われて、実用性に優れた、信頼性も高いものがあったからでした。これにはアルファ線用シンチレータ遮光が必要で、その膜の性能が良かったことが大きな要因でした。それは、光を通さずに、しかもアルファ線の吸収が少ない高性能な薄い遮光膜が付いた測定器でしたが、当時としては高価なもので、日本での核燃料施設の増設につれてアルファ線測定器の使用台数が多くなり、輸入品を大量に使用するのでは負担が大きくなり始めました。その解決の一つとして日本で実用化したものに、エアー・プロポーショナルカウンター式の測定器(サーベイメータ、HFCモニタ等)の開発がありました。これは、空気を計数ガスとするため多くの長所があり、比較的安価にできたので、ある一時期、大量に使用され、活躍しました。しかし、これにも長所、短所があり、機械的に少し弱いことと微妙な調整が必要なためメンテナンスの充実が絶対条件であったことから、大きな施設でしか使用できませんでした。
再処理施設でも使用されましたが、その後、他の方式の測定器との価格差も少なくなったことと、技術面でも安定してアルファ線とベータ線を同時測定できる製品が出て来たことから、徐々に使われなくなりました。

このアルファ線・ベータ線同時測定装置(サーベイ、HFCモニタ、対表面モニタ等)について、開発経過を説明します。現在原子力発電所で多く使用されている体表面モニタの検出部には、大型プラスチック・シンチレーション式検出器が使用されています。これは、液体シンチレーション・カウンターに使用されていた高性能二次電子増倍管二本による高速同時計数方式と、薄い大面積のシンチレータを組み合せて、大きな被測定物を一度に高感度で検査できるものです。この技術をさらに進め、二層組み合せシンチレータと高速同時計数に波形・波高選別回路を追加することにより、高感度で安定な、しかもアルファ線とベータ線を完全分離して同時に計測できる優れた方式の測定装置が開発されました。初めは大型の検出器をHFCモニタや体表面モニタに使用していましたが、小型の高性能二次電子増倍管とIC化による電子回路の小型化により、サーベーメータ等の小型測定器にまで使用できるようになりました。これにより、アルファ線とベータ線の複合汚染場における汚染検査での測定者の負担が軽くなり、検査効率も上げることができるようになりました。

その他に、再処理施設では、空気中エアロゾルのプルトニウム・モニタの大量測定処理に対応した方式など、数多くの放射線管理用の機器が実用化されました。

休憩室

潤い　ー濡れこそいのちー

暑い！　喉が渇く。水ほどうまいものはない。最近は、平穏な世相？を反映してか、環境庁でも「名水百選」なるものを発表しているし、全国各地でおいしいと評判の、ただ？の「水」が商品化されて販売されていたりもする。

人が水をおいしいと感じるには、いろいろな条件が考えられるが、一般には水１ℓ中に、ミネラルが100mgぐらい、硬度50mgぐらい、二酸化炭素（遊離炭酸）3～30mg、酵素5mg以上が含有されているものがまろやかで、コクのある水と言われている。これに加えて、さらに重要な条件は水温で、われわれは、体温よりも20～25℃くらい低い、つまり10～15℃の水をいちばんおいしく感じるようだ。湧清水や井戸水がこれらの条件を満たしていることは、御承知の通りで、おいしいゆえんである。

人間のからだの約70％は水である。からだの至るところに水がある。水は生命維持のために必要な生体内化学反応系の溶媒であり、さらに栄養分や老廃物の運搬系としても重要な役割を担っている。また、人間の生きるいとなみのすべては、「濡（ぬ）れ」なくしては行えない。乾いてしまったら、瞬（まばた）きひとつできはしないのである。

人間のからだには、水の吸収に関して幾つかのルールがある。排泄については、さらに多くの取り決めがあって、二重三重の調節機構が存在して、体内水分の調整を図っている。

体の体外排出は、腸管を経て糞便中に、あるいは経皮的に汗として、または吐く息の中に、あるときは涙となって……といろいろあるが、何といっても、大量の水の排泄をつかさどる器官は腎臓で、からだの中の状態をにらみながら、排泄すべき水の量をかなり几帳面にコントロールしている。

人間は、１日におおよそ２ℓの水分を飲み物や食物から摂取し、1.5ℓ前後の尿を排泄するという。体内にプールされている水は、およそ12日間で、その半分量が新しい水と入れ替わっている。

人間は、断食をしていても、飲み水さえ十分であれば、半月ぐらいは生きていける。それは、生命維持に必要な原材料のストックがあるからである。もちろん、５日以上の断食は、わが国の法律でも禁じられているところではあるが――。

ところが、人間は水なしでは５～６日で生命の危機が訪れる。余剰のエネルギー源を蓄える皮下脂肪のような貯蔵場所を、人間は水に対しては持っていないのである。したがって、脱水は即体重減少につながる。体重の２％ぐらいの水分を失うと、喉が渇き、尿量が減る。６％では衰弱や眼の落ちくぼみが目立つようになり、ときとして性格変化をきたすこともある。さらに脱水が７～14％になると、精神的肉体的作業能力の著しい低下、不安、幻覚など意識の障害も起こってくる。

歳（とし）をとると、水気をあまりとらなくなる人が多い。当人は、喉が渇かないので水気のものを飲まないで良いと思っているようであるが、老齢化に伴って退行する脳の機能のなかでも、最初に退化するグループの中に、体内の水不足をキャッチして口の渇きとして信号を出す役割を担っている中枢が入っているため、生体が水を必要としていても、水を飲みたいという気持にならないのである。高齢者は１日に採る水の量を決めておくとよい。

濡れた瞳、みずみずしい肌、水もしたたる佳い女（男？）等々、水はまさしく躍動するいのちそのものを表現するにふさわしい。乾き切ったものどうしが接触すると火花が散る。世の中が円滑に動いて行くためにも、濡れ、すなわち潤滑剤は必須である。心身共にみずみずしく、潤いのある人生でありたいものである。　（健康子）

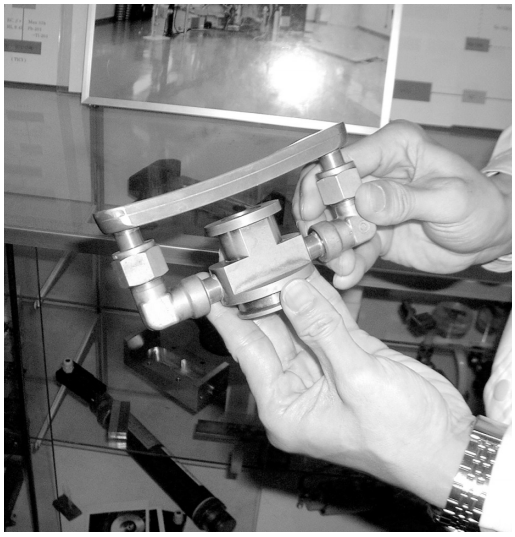
㈱第一ラジオアイソトープ研究所は、昭和43年の12月５日に、第一製薬㈱とアメリカのマリンクロット社との出資比率50%、50%の合弁会社として創設されました。最初の工場は第一製薬㈱の墨田事業所にありましたが、昭和53年に現在地に移転し、現在の工場は竣工して27年目となります。昭和59年に、「工場拡張」に入り、サイクロトロンの１号機を設置しました。昭和63年にはマリンクロット社との合弁を解消し、100%第一製薬グループとなりました。平成3年に「平成第１期拡張」としてサイクロトロンの２号機が設置され、その後、平成５年に「平成第２期拡張」として製剤棟の増築を行い、今日に至っています。

（会社紹介ビデオから）

千葉事業所（工場、研究所）は、ラジオアイソトープの輸入、製品輸送の利便性などを考慮し、新東京国際空港および東関東自動車道に隣接する位置にあります。このことは時間的に制約の大きい放射性医薬品を適切な時間にお届けし、医療に貢献するという私たちの使命からも重要な役割を担っております。

放射性医薬品は注射などの方法により体内に投与され、体の外から臓器の位置や形状,腫瘍の存在場所や大きさ等を確認することができ、また循環機能などの動態検査を定量的に実施する事により、患者の部位や機能を診断することが可能です。それらの部位の機能や目的に合わせ、使い勝手を考慮し、適切な容量のシングルドーズ製剤、バイアル製剤などがあります。

サイクロトロンは、真空中で陽子を加速し、ターゲット（写真－１）に陽子を照射することによりラジオアイソトープを製造するものです。当社は２基のサイクロトロンを有し、^{201}Tlなどのラジオアイソトープ

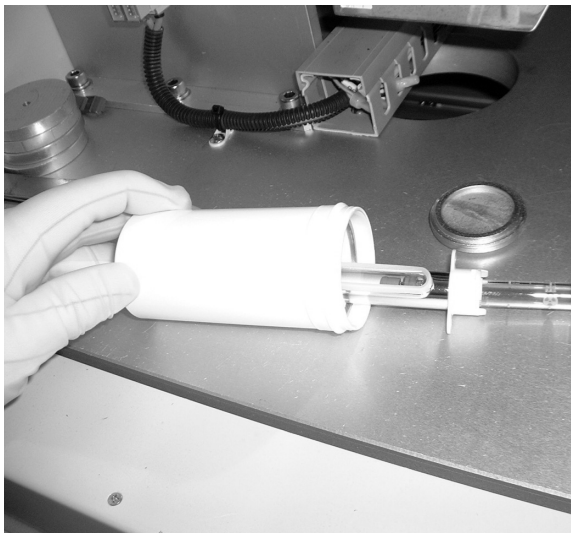


写真－１　ターゲットベースアッセンブリ

を製造しております。サイクロトロンで照射、製造されたラジオアイソトープは、自動搬送システムにより専用ホットセルに移送され、ホットセル内で精製されます。精製されたラジオアイソトープは製剤棟に搬入され、インビボ医薬品の製造に供給されます。医薬品は、クリーンルームと呼ばれる高度に管理された清浄区域で製造されます。クリーンルームに入室する際には専用の無塵衣、無塵靴、無塵手袋を着用し、エアーシャワー室を通って入室することが必要です。

放射性医薬品の多くは、薬効の主成分にラジオアイソトープを結合させる標識という工程が、遮蔽された専用のクリーンフード内で行われます。薬効成分への標識率を確認した上で、高度に管理されたグローブボックス内で無菌ろ過が行われます。放射性医薬品は、無菌的に管理された区画内で調製され、その組成成分は日本薬局方に定める基準に適合しています。

シングルドーズ製剤はシングルドーズ用のシリンジを滅菌処理した後、密封された状態で製造室に搬入されます。製造室のクリーンベンチの中でシリンジの割れや異物などの資材検査を受けて、生産ラインに供給されます。このシングルドーズ生産ラインは、クリーンルームよりも高度に管理されたクラス100という清浄環境を維持しております。製造工程の一例として、調製された塩化タリウム注射液は、専用の充填機により、設定された液量が自動的にシングルドーズ－シリンジと呼ばれる注射筒に充填されます。薬液が充填されたシリンジはガスケットと呼ばれる専用ゴム栓がつけられた状態で真空打栓装置に移されます。ここでシリンジ内を減圧させることで密封されます。



写真－２　シングルドーズ製品容器
（鉛容器＋タングステンシールド＋シリンジ）

すべてのシングルドーズシリンジは、モニタを通じて、充填量や異物混入の有無が目視によって検査され、次工程に搬送されます。シングルドーズ製品用のタングステンシールドと鉛容器は、別ルートで生産ラインに供給されます。供給されたタングステンシールドに密封されたシングルドーズシリンジが自動的にセットされ、フランジキャップが取り付けられます。フランジキャップが取り付けられたシングルドーズシリンジはタングステンシールドと共に鉛容器（写真－２）に格納され、蓋が取り付けられます。容器への封入が完了した塩化タリウム注射液に製品表示ラベルが貼り付けられます。完成した塩化タリウム注射液はテーブルに保管され、当社の厳重な品質検査が行われます。

バイアル製品は専用の充填機を用いてバイアルに充填されます。充填されたバイアルは、モニタで充填量や異物混入の有無が目視検査されます。検査後、鉛容器に封じ、製品表示ラベルが貼り付けられます。品質

写真－３　ホットセル（マニプレーター）

試験合格となった製品は梱包され、自動梱包ラインにより、製品の確認と発送方面での仕分けが実施されます。

最近最も多く使用されているウルトラテクネカウは、原料の^{99}Moをカナダから輸入し、ホットセルと呼ばれる高放射能量取り扱いセルの中で、マニプレーター（写真－３）により取り扱われます。ウルトラテクネカウは、^{99}Moを充填したカラムが鉛容器に封入されています。組み立てられた製品は、溶出液量や、規定放射能量が溶出されることを確認します。品質試験に合格した製品は配送部門で専用ペールカンに封入されます。

注文は、本社地区受注センターにおいて24時間体制で受注し、納期、在庫などの確認をし、受注の入力を行います。この受注に応じて千葉事業所で発送伝票の発行と出荷指示が行われます。これを受けて、配送部門において輸送経路が作成され、必要な時に、希望の製品をユーザーにお届けする体制となっております。常に高い品質の製品を供給するために、日本薬局方や放射線障害防止法など関連法等の厳守の下に、厳正な企業自覚と、各種の社内倫理を行っています。

今回の施設訪問は、放射性医薬品の製造・供給で全国にその名を知られている㈱第一ラジオアイソトープ研究所を訪問し、千葉事業所の東谷事業所長、倉田さん、河内さんにお話をお聞きしました。

ー千葉事業所の概要をご紹介下さい。

ー東谷事業所長

当事業所は、大きく分けて研究部門と製造部門から成っています。現在、従業員は約190名です。また、業務委託の方（清掃、食堂、サイクロトロン等運転の従事者等）を含めると合計約240人が勤務しています。

RI（ラジオアイソトープ）の主な用途は、インビボ検査、インビトロ検査での使用です。弊社が業務を開始した当時の市場環境は、インビトロ検査がかなりの市場を占めていましたが、ある時点からRIを用いたインビトロ検査がだんだんとEIA（エンザイムイムノアッセイ）とか、NON-RIA検査の方法に変わりました。並行してインビボ検査での使用が増えていったという状況です。平成12年には、インビトロ製品は販売のみTFB社に担当していただくことになりました。平成13年にISOの14001を認証取得しました。近々サイクロトロンをもう１台（３号機）導入の計画です。

放射線の安全と防災等には特段の配慮

写真－４　自動梱包ライン（製函機部）

をしています。特に、工場ですから自衛消防隊を組織し、事業所全体での訓練を年1回、消防隊だけの訓練を年１～２回防火関係の訓練を実地しています。

近くの住民の方は、この工場は何をつくっているのか分からないとか、アイソトープということで危険なものをつくっているという感覚になられるのですね。ですから、年に１回以上、工場見学の形で希望者の方に公開したりします。見学者に分りやすいように説明をしたり、いろいろ工夫してやっています。工場の近くに民家があるので、住民とのコミュニケーションを保つため、地域活動の一環として工場の中だけではなくて周辺道路を中心にゴミゼロ運動を実地しています。また、この工場の周辺はかなり緑が多いのですが、平成７年に緑化優良工場として関東通商産業局長賞を受賞しました。

当社の販売品目はインビボ関係が32品目です、その他にインビトロ関係が約30品目あります。特に、Ga、Tl、I-123製品に関して、原料はサイクロトロンで製造しています。当初、サイクロトロンが設置されるまでは輸入していました。Moは国内では手に入らないので、輸入しています。残りは、I-131，Xe-133，Cr-51等も輸入しています。配送は、かなり自動化のラインを組んでいます。自動梱包ラインで製品をダンボールのなかに入れて出荷する形態の自動化です。（写真－４）

以前ですと、手で箱をつくってその中に入れる方式で、ダンボールも折りたたまれたかたちで納品していました。現在は、箱組立作業も自動化して、ダンボールを広げて、箱にして、製造ラインに乗せ、クリーンルームで生産された製品を自動的に梱包して搬送してトラックに積載しています。

この工場は、現在は24時間受注体制です。例えば、突発的に朝の７時とか８時にご注文をいただいても、ご指定の時間帯に配達できるよう、直ちに配送システムで出荷予定を組んでいます。これにより北海道の端でも、沖縄でも、製品の出荷は前日ですが、前日出荷で翌日の朝にはもう届けることができます。

ー放射線管理上で、特に、苦心されていることはどのようなことですか。

倉田　そうですね。被ばく線量の低減です。社内規定では月の被ばく限度を１mSvと定めているのですが、時としてそれを超える者がおりますので、より低い被ばく線量とすることです。それから測定結果の報告は早ければ早い程いいですね。

河内　環境測定用のガラスバッジを管理区域境界に付けています。月1回は付けたりはずしたりしますので、取り外しが容易でハンドリングがし易い、しっかりしたホルダーがあれば助かります。現在は、独自に工夫して取り付けています。

東谷　現在、放射線安全専門委員会があり、必ず毎月開いています。それ以外に、衛生専門委員会とか、各種の委員会があり、その上部委員会として安全衛生委員会がありますが、そこへ報告して対策を立てます。しかも、管理値をかなり厳しく設定し、できるだけ、その管理値を今後数年かけて低くしていこうとしています。それだけ被ばく線量を抑えたい、という考えです。

ー皆様のご趣味について聞かせてください。

東谷　私は、趣味といえる程のものはほとんどないです。ゴルフも、やることはやりますし、家庭菜園もやっていますが、特にこれといった特別なものは有りません。でも本はけっこう読みます。最近は必ず図書館通いです。週に1冊は読むと思います。あとは、ドライブが好きです。私は、車だったら1日中運転しても飽きません。

倉田　海が近いので沖釣りをやっています。あとは友人から海水魚を貰いましたので海水魚を飼っています。

河内　私は釣りを少々。あと子供が小さいので、アウトドア関係全般が趣味です。これから夏はキャンプという感じです。

謝辞

ご多忙にもかかわらず、快く取材に応じてくださいました㈱第一ラジオアイソトープ研究所・千葉事業所の事業所長の東谷さん、倉田さん、河内さん、そしてご案内をしていただきました濱田さん、松本さん、久保さん、薮内さん、正源司さんに、この紙面にて、厚くお礼申し上げます。

平成16年３月19日に宮本、東京営業部の岩瀬が訪問させていただきました。

左から、河内さん、東谷さん、倉田さん

FB News編集委員長交代のお知らせ

弊社人事異動に伴い、FB Newsの編集委員長が宮本昭一から佐々木行忠に交代いたしました、また編集副委員長に小迫智昭が就任いたしましたのでお知らせします。

佐々木編集委員長談

2001年、フイルムバッジをガラスバッジへ全面的に切り替え、これに伴い「フイルムバッジニュース」の誌名もフイルムバッジへの想いを残しつつ、内容と理念をそのまま表示して「放射線安全管理総合情報誌 FB News」と改称しました。

皆様方のご意見を反映し、更に内容を充実させてまいりますので、ご愛読のほどよろしくお願いいたします。

小迫副委員長談

皆様の必要としている情報を、より早く、より分かり易く伝えてまいります。どうぞご期待ください。

編集後記

今年の梅雨明けは平年より10日ほど早く、九州、四国、中国地方では7月11日、近畿、関東でも7月13日には夏本番を迎えました。梅雨の間の降水量は、東京：45%、大阪：59%等、平年の半分ほどしかなく、梅雨とは思えない晴天の日が続きました。気温も7月9日には埼玉・熊谷で37.5度、13日には都心で36.3度、山梨・中富町で38.6度等、年々、猛暑が激化しています。地球温暖化の影響が顕在化してきているように感じます。

8月13日からは、29日までの17日間に亘って、ギリシャのアテネで第28回オリンピック競技大会が開催されます。水泳の北島康介選手、柔道の井上康正選手、谷亮子選手、ハンマー投げの室伏広治選手等への金メダルの期待を初め、日本人選手の活躍を見逃すまいと、連日テレビにかじりつく人も多いことでしょう。

猛暑によるエアコンの使用、オリンピックの深夜に及ぶテレビ観戦で、この夏の電力消費量は膨大なものになることでしょう。日本の電力供給の約50%を支えている火力発電では、石油やLPG等を燃やしたエネルギーの約40%だけが電力に変換され、残りの60%は水蒸気や温排水として捨てられます。大量の二酸化炭素も排出されます。必要なエネルギーの2.5倍相当の燃料を燃やして、環境を汚し、地球温暖化に拍車をかけていることになります。環境を汚さない発電法が必要なのですが、太陽光発電や風力発電等では大電力量の安定供給は難しく、基幹電力にはなり得ません。原子力エネルギーの一層の安全・効率的利用が現状では最も現実的なのでは、と考えるのは私だけでしょうか。

（藤﨑）

FBNews No.332

発行日／平成16年8月1日
発行人／細田敏和
編集委員／佐々木行忠　小迫智昭　中村尚司　久保寺昭子
加藤和明　寿藤紀道　藤﨑三郎　福田光道　江嵜巌　福田美智子
発行所／株式会社千代田テクノル　線量計測事業部
所在地／〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12　千代田御茶の水ビル4階
電話／03-3816-5210　FAX／03-5803-4890
http://www.c-technol.co.jp
印刷／株式会社テクノルサポートシステム

ー禁無断転載ー　定価400円（本体381円）