



Photo K.Fukuda

## Index

計量の話.....	佐藤 克哉	1
環境放射線モニタリングの今昔(福井県の原子力発電所周辺のモニタリングを中心として) 第6回：トピックス.....	吉岡 満夫	7
[加藤和明の放射線一口講義] ポアソン過程の逆問題(2).....	加藤 和明	13
ガラスバッジ測定センター創立5周年にあたって.....	宮本 昭一	14
世界第1級の放射光研究施設 SPring8を訪問して .....		15
知って得するガラスバッジ情報(1) .....		17
[サービス部門からのお願い] 個人線量管理票のお届けについて .....		19

# 計量の話



佐藤 克哉\*

## I はじめに

### 1. 計量とは

計量という単語は何を表しているのだろう。辞書では「はかる」を引くと計る、測る、量る、図る、謀る、諮ると出てくる。後の三つは計略という意味だから、計量的には前の三つの「計る、測る、量る」が使われることになる。感覚的には時間を計る、長さを測る、容積を量るとすると少々納得できるような気もする。従って計量は重ね言葉になるわけだが、現場の感覚から言えば、法律上では「計量」で、広くは「計測」である。ここでは、m（メートル）やkg（キログラム）などの単位が付いてくるのを計量ということにする。

### 2. 計量の歴史

人は計る生き物である。他の生物たちも計ることはするかもしれないが、計量と言う行為はしない。本質的に違う点である。人は先史時代から計っているに違いないが、はっきりした痕跡が残るのは、紀元前5000年頃からである。イラン、アフガニスタン地域でそのころの分銅が発掘されている。長さの単位としては前腕、指や穀粒を並べたもの等が使われていたらしい。

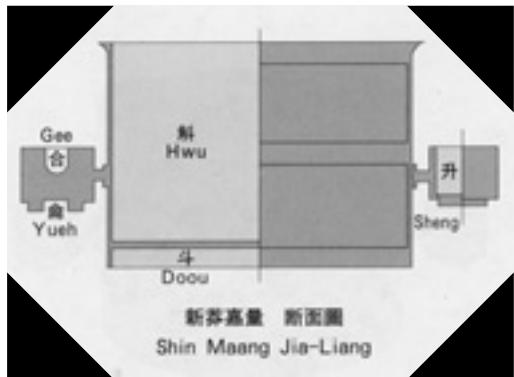


はかりが使われていた例としてよく紹介されるのが、紀元前2000年から1000年頃エジプトでパピルス（記録紙）に描かれた死者の書である。

この絵の場合、左から物語が始まる。まず、死者が犬の頭を持つ神アヌビスに導かれて審判の場に登場する。次に死者の心臓が入った壺が左側に、正義の神マートを表す羽根が右側に置かれた天秤が描かれ、アヌビス神が天秤の指針を調べている。朱鷺の頭を持つ神トートが記録を行い、その結果によっては心臓を食ってしまう怪獣が振り向いて記録を見ている。計量の後、死者は鷹の神ホルスに手を引かれ、右端に座っている冥界の王オシリスから判決を言い渡されている。象徴として、正義を計る天秤は現代までも引き継がれ、正義の女神が天秤を持っていいる彫刻を世界中で見ることができる。

過去の計量標準器が残っている例を挙げよう。次頁の写真は、台湾の故宮博物館に展示されている新莽嘉量（しんもうかりょう）という容積の標準器の説明である。実物は銅の桶みたいなものだが、一人では持てないほどの大ささである。中国の前漢と後漢との間に王莽が建てた新という国（AD 8～23年）の時代に使われた。標準として、斛（コク）、斗、升、合、龠（ヤク）の五つの量が量れる。1斛（コク）=10斗、1斗=10升、1升=10合、1合=2龠（ヤク）の関係にある。現代の単位に直すと1斛（コク）は約19リットルである。龠（ヤク）は別として、またコクを石と解釈するといつ最近まで使っていた量の呼び名と同じである。2000年の間、量の名前と関係が変わらなかったことになる。計

\*Katsuya SATOU (株)日本計量振興協会 参与



量の連続性と安定性が如何に重要視され、保存されてきたかが、理解できる。

我が国では明治維新後、メートル法に統一するとの目標を掲げたが、上記の計量の性格からそう簡単には変えられず、100年以上かかる、1999年に国際単位系（SI）移行完了の宣言をした。これで、日本は固有の計量体系から世界の計量体系へと移ったことになる。こうなると我が国だけの計量体制では世界に合わなくなるとの認識から、日本独自の計量から世界的な国際相互承認体制へと変えようと動いているが、これもそう簡単には進んでいない。それでも、今が計量の変わり目だといっても間違いではないと思う。

## II 今までの計量

### 3. 法定計量（計量法）

意識的であろうと、無意識であろうと、誰でも毎日計るという行為をしている。自分自身のために計るのであれば、どんな方法でもかまわない。しかし、他人との関係で計るとなれば、共通のルールが要る。計量器の信頼性も外観からは判断できない。また正しく使われたかを確認する方法も必要である。そこで、国による指導、監督、規制のもとに計量を行うことにすれば、混乱も起ららず、全員が納得できるという

### SI 単位への苦闘の歩み

年	単位統一についての動き	国際関係
1875	度量衡取締り条令	メートル条約締結
1885		メートル条約に加盟
1861	度量衡法制定（メートル法による尺・貫の定義）	
1909	度量衡法改正（ヤード・ポンド法を公認）	
1910	電気測定法制定（国際ボルト、国際オーム）	
1911	度量衡協会（現日本計量振興協会）設立	
1918	度量衡及び工業品規格統一調査会設置	
1920	度量衡法改正（メートル法で統一と決定）	
1951	計量法制定（メートル法への統一期限決定）	
1960		国際単位系（SI）採択
1966	電気測定法を計量法と統合（SI 基本単位正式採用）	
1972		ISO が SI 化を正式決定
1973	日本標準調査会 JIS の SI 化開始	
1990	日本標準調査会 5 年間で JIS の SI 化を決定	
1992	計量法改正（1999年まで SI 化を決定）	
1999	SI 化完了	

前提に立ち、近代日本では、まず強制法である度量衡法が制定され、第2次大戦後に計量法となり、適正な計量を行うという計量思想が普及するにつれ、少しづつ規制が緩和されてきたが、主要な部分は依然として法定計量という強制法規である。

#### 4. 計量法（要点）

計量法は180条の項目を持つ法律であるが、それに計量法施行令、計量法施行規則、計量単位令、特定計量器検定検査規則、基準器検査規則等の各種の政省令を加えると1,900条を超え、細目まで含めると万を超す大きく複雑な体系を構築している。計量法を理解するために、主要項目を列挙してみる。

##### 第1章 総則

###### ・目的と定義

この法律は計量の基準を決め、適正な計量が実施されるために必要なことを法律的に保証することを目的としている。従って強制力もあり、罰則もある。また、電力計、タクシーメータのような社会への影響の大きい計量器を特定計量器として指定している。

##### 第2章 計量単位

###### ・SI 単位を基本とした長さ、質量、角度、周波数、力、電気量、輝度、音圧レベル、放射能、カーマ等の72の量を規定している。分野を限定した特殊な計量単位、もんめ、カロリー等の量も認められている。

##### 第3章 適正な計量の実施

###### ・適正な計量の実施を保証するために、消費者保護の観点から米、野菜など日常消費品のような商品を特定商品として指定し、計量方法を規定している。また、はかりのような特定計量器についての定期検査も規定されている。

##### 第4章 正確な特定計量器の供給

###### ・特定計量器を製造しようとする場合の規定が書かれている。

##### 第5章 検定等

###### ・ここでは計量器の製造に関し、特定計量器の品質を保証するために、装置の定期検査と型式承認を規定しているとともに、定期検査に用いる基準器の検査について決めている。

#### 第6章 計量証明の事業

###### ・環境計量証明等の計量の証明を事業とする場合の規定が書かれている。

##### 第7章 適正な計量管理

###### ・計量管理を推進する目的のために、計量士と適正計量管理事業所の設置が決められている。

##### 第8章 計量器の校正等

###### ・計量の国際化を目指して新しく採用された任意法であり、必要な場合に利用すればよい。国家計量標準の指定、計量標準供給の制度等が決められている。

##### 第9章 雜則・罰則

###### ・立入検査、手数料等が規定されている。

##### 第10章 附則

###### ・経過措置、例外規則等が書かれている。

#### 5. 法にもとづく計量の仕組み

計量法に従って、適正計量を実施するための仕組みが必要になる。仕組みとしては、大きく5つに分けることができる。

##### ① 計量単位

計量単位を実際に表す計量標準を開発し、維持し、供給する機能である。この任務を担っているのが独立行政法人産業技術総合研究所の計量標準総合センター（NMIJ）である。

##### ② 法定計量器

製造された計量器が法で決められた通りに運用されていることのチェック機能である。これらには、製造される計量器の仕様が法に適合していることを判断する形式承認、使用中の計量器を保証する検定、定期検査等が含まれる。型式承認は独立行政法人産業技術総合研究所計量標準総合センター（NMIJ）が行う。検定、定期検査は主に地方自治体の計量検定所、特定都市の計量検査所が担当している。

##### ③ 基準認証

法定計量器の維持に関する定期検査、検定、製造等を、一部民間に委託する場合、その民間機関の資格の認定を行う機能である。ここでの基準認証は検査等を民間に委託する場合の狭い意味である。

##### ④ 計量管理

計量器が適正に使用されることを推進するた

めに、人材として計量士制度、事業所として適正計量管理事業所制度を設けてある。

#### ⑤ 計量標準供給制度（JCSS）

強制法ではないが、信頼できる計量標準が必要な場合、利用できる制度。計量法の新しい面を代表している制度である。JCSS 制度は計量制度の新しい方向の一つで、本稿後半で詳細を説明する。

### 6. 計量制度の運営組織

計量法にもとづき、計量制度を運営するための組織としては次のような機関がある。

#### ① 計量法

経済産業省産業技術環境局知的基盤課計量行政室が計量法および関連政省令の起案、立法化を担当している。

#### ② 計量行政機関

地方自治体に設置されている計量検定所が検定、定期検査、計量普及等の業務を担当している。特定市の計量検査所は主に定期検査を行っている。

#### ③ 研究機関

独立行政法人産業技術総合研究所計量標準総合センター（NMIJ）が我が国の計量標準の研究機関である。計量標準の開発・維持・供給を行うとともに、型式承認、基準器検査等の法定計量業務および計量に関する国際協力、相互承認等を行っている。

#### ④ 検査機関

法で定める各種の検査を担当している機関として、日本電気計器検定所（JEMIC）、日本品質保証機構（JQA）がある。JEMIC は主として電力計等の電気計器の検定を、JQA は濃度計、騒音計等の検定を行っている。

#### ⑤ 校正事業所認定機関

計量標準供給制度（JCSS）に関し、校正事業者の技能等を認定する機関として、独立行政法人製品評価技術基盤機構認定センターがある。

## III 変わりつつある計量

### 7. これからの計量

すでに述べたように我が国は従来の計量体系から世界共通の計量システムに移ろうとしてい

る。貿易の自由化、ワン・ストップ・テスティング（輸出入の検査を1箇所で済ませる方式）を実現しようという WTO（国際貿易機構）での申し合わせに呼応した動きであるが、具体的には国の関与ができるだけ減らすということである。つまり、規制緩和である。しかし、そうなったら、だれかが保証することが必要になる。計量に関して言えば、信頼できる計量単位と適正な計量管理の保証である。計量単位については、公共財であるとともに、国内で唯一の存在でなければならないので、国が整備して、提供する。国際的には、国同士で比較することにより、その内容を確認しあう取り決めができる。計量管理については、ISO 等の国際規格に適合していることを審査・認定する機関によって保証することになる。世界はこの国際的に共通な計量体系の確立を目指しており、我が国も一步一歩着実に進めている。この動きを以下に紹介したい。

### 8. 計量標準

1875年にメートル条約が締結され、1886年に日本が加盟してから130年になろうとしている。この間にメートル単位は手直しをされ、SI 単位へと代わっている。SI 単位を現実に示す物あるいは方法が計量標準であるが、単位の定義に従って標準を実現し、維持し、供給する部署が必要になる。我が国で国家レベルの標準（国家計量標準と呼ぶ）の研究等を行っているのは、独立行政法人産業技術総合研究所計量標準総合センター（NMIJ）である。NMIJ は2001年に計量研究所、電子技術総合研究所、物質工学工業技術研究所の計量研究部門が統合されて出来た研究所である。以前の研究所でも計量標準の研究は行われてきたが、維持、供給に関する技術、手順等のルールが確立されていなかった。2003 年までに179計量標準、192標準物質が整備されたが、引き続き急ピッチで開発が行われている。

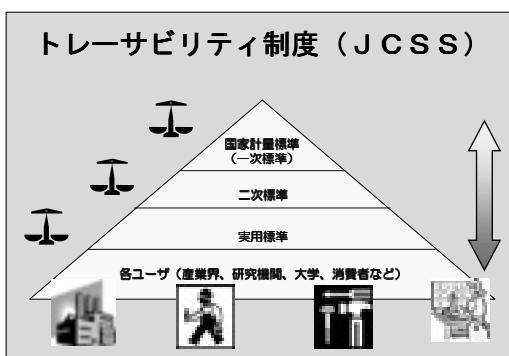
### 9. 計量標準供給制度（JCSS）

国家計量標準は維持されているだけでは意味がない。供給される必要がある。国家標準の供給とは一般的の計量標準を国家標準と比較し、その値（値付け）と信頼性を示すこと（このこと

を校正と呼ぶ)である。しかし、国家標準を比較のために頻繁に使用することは精度維持の観点から望ましいことではないし、多くの要求に応じることもできない。従って、国家標準によって校正された計量標準を使って標準供給を行えるシステムが必要である。そのための制度がJCSS制度で、計量器を校正する事業者の能力を認定する制度である。国の計量標準で直接もしくは間接に校正された計量器を標準として用い、一般的の計測器を校正する能力があると認められた事業者を登録する制度で、日本校正サービス制度 (Japan Calibration Service System) の頭文字を取って、JCSS制度と呼ぶが、計量標準供給制度あるいは計量トレーサビリティ制度とも呼ばれる。

## 10. 校正とトレーサビリティ

標準を供給するということは計量器の校正を行うことを意味する。校正とは、計量器がどのような値を示しているか確認することである。校正のためには、より精度の高い計量器と比較し、どの程度差があるかを調べる。差が大きい場合には、使用中止・修理・調整等をしていくことになるが、この作業を校正とは呼ばない。校正はあくまでも計量器の状態を知るために行うものである。校正のためにはより精度の高い、つまり上位の計測器が必要だが、この上位の計測器の更に上位の計測器をと遡って行くと、最後には国の計量標準にたどり着く(これをトレーサビリティと呼ぶ)。国の計量標準から見ると、次々に比較を繰り返して、次第に下位の計測器の校正に移っていくので、計量標準を供給していくことになり、一方測定器として使用されて



いる計量器の精度を維持する立場から上位計量器の校正を遡っていくと国の計量標準にたどり着くことになるので、計量のトレーサビリティを確認していることになる。

## 11. 認定事業者（登録事業者）

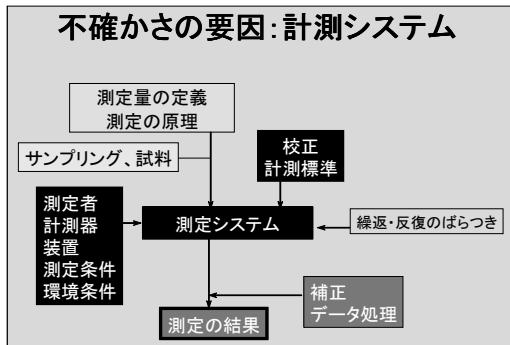
国の計量標準あるいは国の計量標準にまでたどり着ける(トレーサブルな)標準で校正された計量器を持ち、その計量器を使って他の計量器を校正できる能力を持っていることを証明出来れば、校正事業者として登録できる。具体的には①国の標準によって校正された計量器若しくは特定標準器に連鎖して段階的に校正された計量器を用いて、計量器の校正が出来ること、②ISO(国際標準化機構)/IEC(国際電気標準会議)が定めた校正機関に関する基準(JIS Q 17025(ISO/IEC17025))「試験所および校正機関の能力に関する一般要求事項」に適合すること、の2つの条件を満たしていると評価されれば、校正事業者として認められ、JCSS登録事業者になることができる。なお、従来はJCSS認定事業者と呼んでいたが、平成17年7月の法改正によりJCSS登録事業者と名前が変わった。審査に国の判断が入らないことを示すためだが、JIS Q 17025への適合条件は変わらないので、実質的な変化はない。

## 12. JIS Q 17025 (ISO/IEC17025) 「試験所および校正機関の能力に関する一般要求事項」

ISOの規格としてはISO9000sがよく知られているが、ISO/IEC17025は校正および試験事業者のためのISO9000と考えて良い。ISO9000sとの大きな相違点は、ISO/IEC17025には技術的要件が含まれているので、技術能力が証明されていることである。技術的要件の要点は

- ・認定の範囲内で達成できる測定の最小不確かさ(最高測定能力)を見積もりし、算出できること
- ・技能試験(持ち回り試験等)に参加し、必要な技能を保有していることを証明できることの2点である。

不確かさについては、参考書を見ていただくと



して、簡単にはデータのばらつきを要因に分解し、それぞれの要因を数値として算出できることと考えておいても良いだろう。

不確かさの要因の分類例を上図に示す。

技能試験は、同じサンプルについて、複数の試験所等において試験を実施し、試験所間の能力・精度の比較を行い、測定結果と自己の不確かさとの整合性を確認することである。技能試験を実施する機関についての規格として、JIS Q 0043「試験所間比較による技能試験」がある。

### 13. 認定事業者部会

JCSS制度は新しい計量の流れであり、国際化に対応する制度であるが、計量に関しては国の指導、監督、規制に依存してきた時期が長く、任意の制度である JCSS制度はなかなか浸透しなかった。当初 JCSS 校正事業者は情報を入手できず、また、認定側も反応をつかめない状態が続いたので、認定事業者の量横断的な情報センターとして、日本計量振興協会に認定事業者部会が設立され、技能試験の実施、各量別の分科会、ホームページの開設、欧米実態調査、海外ユーザー規格 QS9000 問題交渉、現場標準用技術基準案作成、JCSS 実態調査、ISO17025 適合マニュアル作成、JCSS 制度研究会、不確かさセミナー、JCSS 制度利用経済効果調査等の活動を行うことによって、校正事業者間の情報交換の場として活用されるとともに、JCSS 制度の普及、拡大、定着、広報に役立ってきた。この結果、計量関連産業における JCSS 制度の認識度はかなり向上したが、エンドユーザーで

ある計量器使用事業所への PR についてまだまだ不十分である。これからはこの分野への広報に注力すべきであろう。

### 14. 計量器ユーザーにとっての新しい計量管理

すでに全産業において、ISO9000 等の国際規格に適合していることが要求される時代になっている。これからは、さらに部署別の国際的な要求事項に適合することが求められるようになって来る。計量管理部署についても、JIS Q 17025 (ISO/IEC17025) 「試験所および校正機関の能力に関する一般要求事項」や ISO10012「計量管理システム」などの規格に適合していることが要求されるようになっている。

一方、計量標準供給の立場から見ると、計量標準そのものについては、国家標準の国際比較により、また、計量器の校正については、JCSS 制度の国際相互承認により、いずれも国際的に通用する内容になっている。しかし、現状では、計量器ユーザーの計量管理を保証する制度はまだできていないが、信頼性、安全性を問われる時代であればこそ、JIS Q 17025 (ISO/IEC 17025) や ISO10012 に適合した計量管理を行っておくことが最善の安全対策であろう。

### プロフィール

1959年東京都立大学工学部工業化学科卒業。  
1961年に株式会社島津製作所に入社。ガスクロマトグラフ分析ソフトの開発に従事。1967年から分析機器、試験機等の海外市場開拓を担当、西欧、東欧を転々とする。1976年に工場へ戻り、東京研究所所長、財団法人島津科学技術振興財團常務理事を経て、1993年社団法人計量管理協会専務理事として計量の世界に入る。この間に光学異性体のクロマトグラフ分離の研究で工学博士号取得。その後計量の団体の統合を手がけ、2000年に社団法人日本計量振興協会専務理事として、新しい計量体制の定着に努める。2003年経済産業大臣表彰を受ける。2004年日本計量振興協会専務理事辞任。2005年、計測標準の普及活動を続けるため、独立行政法人産業技術総合研究所計量標準総合センターに籍を置く。

# 環境放射線モニタリングの今昔

(福井県の原子力発電所周辺のモニタリングを中心として)

## 第6回：トピックス



吉岡 滿夫\*

### 1.はじめに（第6回の序に代えて）

毎年、この季節になると地元大学医学部の学生が約10週間にわたり研修を受けるためにやってくる。筆者の属する監視センターは、地域の環境放射線監視の中核機関として、モニタリングの事務局・データセンター・精度管理センター・評価機関・試験研究機関・防災機関の役割を果たすとともに、知識の普及と研修指導機関の役割も担っている。その研修では35年間の様々な出来事を伝えているが、初めて原子力・環境放射能（線）に向かい合う人にとっては、トピックスとその特異性に中々気づきにくいようである。

今回は、トピックスを示したい。既に何度も書いてきたように、早くから環境モニタリングを開始し、際立つ高い濃度も含め施設影響等を数多く検出してきたが故に、あまりに他県や他の事業者と違い、全てがトピックスの連続であったとも言える。その中でも「こぼれ話」的なあ

まりよく知られていない事項を中心に紹介したい。「いつ・どこで・何が・どんな濃度で」についてはこれまで示してきたおり、また、方々で組上に上っている。ここでは「どのように／なぜ検出されたか」を示してみたい。

### 2.検出状況の変遷・トピックス

多くは繰り返しになるが、トピックスを概観するものとして「検出状況等の変遷（抜粋）」を表6-1に示す。○印を付したムラサキガイは、原子力発電所の影響を初検出したものであり、金沢大学への測定依頼試料と筆者の出会いでもある。敦賀事故・ Chernobyl 事故を含む★の「美浜2号(#2) 蒸気発生器(SG) 細管破断・もんじゅ二次系Na漏洩」はいわゆる事故と呼ばれるものであり、いずれも発生直後には徹夜の臨時調査体制をしき、速報・中間報告書・終結時には臨時報告書を刊行している。

▲の「高浜#2一次冷却材90トン格納容器(CV)内漏洩」は、温度検出器予備座の座金(栓)の取付けミスによるものであり、CVページに備え連続モニタ注視の徹夜体制をとっている。数十トンの一次冷却材漏洩は、上記の美浜#2事故、99年度の敦賀#2再生熱交換器でも起きている。このほか10数回の蒸気発生器細管漏洩、何度かの燃料ピンホールの発生時には、まず真っ先に連続モニタの注視を行っている。敦賀地区△のホンダワラの<sup>54</sup>Mnは、敦賀事故を除けば、全地区・全生物試料・全核種の中で最高濃度を示したもの

表6-1 検出状況等の変遷(抜粋)：トピックス (中央の欄は年度)

教 員	O70.1 ムラサキガイ <sup>60</sup> Co 37Bq/kg 73.6 モズク <sup>60</sup> Co, <sup>54</sup> Mn 74.5 ウカメ <sup>60</sup> Co最高値 17Bq/kg 75.8 降下物・ビムカシヨギ・松葉 <sup>54</sup> Mn, <sup>60</sup> Co 78.7 浮遊じん <sup>60</sup> Co, ピムカシヨギ <sup>60</sup> Co最高値 7.4Bq/kg ★81.4 敦賀事故関連臨時調査 90.6 メジナ <sup>60</sup> Co	70 73 74 75-77 78 81-82 90-02	70.7 線量率上界+90nGy/h △73.7 ホンダワラ <sup>54</sup> Mn最高値 52Bq/kg 74.1 大根葉・降下物・ヨモギ <sup>131</sup> I □77.1 海水 <sup>60</sup> Co, <sup>137</sup> Cs 28mBq/l 78.8 希ガスサブマージン測定+21nGy/h 82.5 改修工事後陸上 <sup>60</sup> Co(クロスコンなど推定) ◇90.24 降下物 <sup>54</sup> Mn 0.58Bq/m <sup>2</sup>
他 サ イ ト	77.8-11 ふげん ホンダワラ・イシダタミ <sup>54</sup> Mn, <sup>60</sup> Co 71.7-72.3 美浜 ホウワ7.9 <sup>60</sup> Co, <sup>56</sup> Co, <sup>131</sup> I, 78.10ササエ <sup>60</sup> Co 82.4 美浜 #3定検中海水トリチウム( <sup>3</sup> H) 53Bq/l 81.4-93.11 大飯 ホンダワラ <sup>56</sup> Co(計3回) ▲79.11高浜 #2一次冷却材格納容器内へ90t漏洩→臨時体制 92.3 高浜 #1燃料ヒンホール発生の定檢 + 0.6nGy/h	88.3 ふげん 大気中水分・月間雨水トリチウム 19~23Bq/l ●77年 美浜 #1燃料折損事故報道関連フルトコウム(Pu)調査 ★91.2 美浜 #2SG伝熱管破断事故報道関連臨時調査 77.10 高浜 ホタツワ・ササエ 海底土 <sup>60</sup> Co 86.4 高浜 放出から経過した後に海水トリチウム58Bq/l ★95.12 もんじゅ 40%調整運転中に2次系Na漏洩事故	88.3 ふげん 大気中水分・月間雨水トリチウム 19~23Bq/l ●77年 美浜 #1燃料折損事故報道関連フルトコウム(Pu)調査 ★91.2 美浜 #2SG伝熱管破断事故報道関連臨時調査 77.10 高浜 ホタツワ・ササエ 海底土 <sup>60</sup> Co 86.4 高浜 放出から経過した後に海水トリチウム58Bq/l ★95.12 もんじゅ 40%調整運転中に2次系Na漏洩事故
そ の 他	①70年 科学技術庁放医研 <sup>60</sup> Co, <sup>54</sup> Mn検出誤報問題 ☆73.7~ 中国核実験の都度、臨時調査(Gs分析) ④76年~ 蒸気発生器伝熱管漏洩発生の都度調査(計15回) ⑥82年 <sup>10</sup> N直接線測定、中性子線量調査(事業者報告) ⑧85.9 白木落葉 <sup>60</sup> Co 0.4Bq/kg(複合影響)全敦賀半島調査 ⑨89.7 三方梅 <sup>60</sup> Co検出誤報報道(検出器BGと判明) ⑪90.1 白木降下物 <sup>60</sup> Co 0.8Bq/m <sup>2</sup> (クロスコンタミ) ⑬92年~ 宇宙線生成 <sup>22</sup> Na調査( <sup>22</sup> Na/ <sup>40</sup> Be=0.01%) ⑯93.8 核鉱床実験 <sup>137</sup> Cs汚染(クロスコンタミ) ⑰94年 ブレイボーリー誌悪性腫瘍報道 ⑲96年 テレマータ観測局空気中水分夜光時計 <sup>3</sup> H影響(クロスコンタミ)	70-71 73-83 76-77 82 85-86 89 90-92 92-93 93 94-95 96/99	②71年 京大漁炎研報告(ホツスホット泡・微細海底土) ③75~83年全国 <sup>60</sup> Co Bg調査 最高0.98Bq/kg, <sup>239</sup> Pu比=4% ⑤77年~ 上記●関連Pu 全国BG調査 <sup>238</sup> Pu/ <sup>239</sup> Pu比=3% ⑦82年 ホンダワラ突然変異報道(一公開質問状) ★86.5 チェルノブイル事故影響臨時調査 ⑩89.7 県立児童館ウラン鉛石撤去 ⑫92年 事業者連続モニタRnラップ解消 ⑭93.1/97.1/04.2 TLIDで雷影響検出 ⑯93.4 稼動前もんじゅ放水口トリチウム(複合影響) ⑯95年もんじゅ水蒸気系 <sup>3</sup> H存在(PWR2次系も僅)一大気強化 ☆99.10 JCO事故調査応援

\*Mitsuo YOSHIDA 福井県原子力環境監視センター 所長 (「原子力施設等放射能調査機関連絡協議会(放調協)」会長)

であり、年間を通し分布調査を追加している。初期には職員が2～3名で、十分でなかった調査はこれを機に、73～76年の間に陸上・海洋／空間放射線・放射能／調査頻度／連続・バッチ／ $\gamma$ 機器分析・非 $\gamma$ 化学分析（ $\beta$ ・ $\alpha$ ）／指標生物等を網羅した「体系的な調査体制」を構築している。□の海水の<sup>137</sup>Csは明らかに核実験影響とは異なるレベルであるが、施設内マンホール等に遡及する調査でも原因特定には至らなかつた例である。なお、△を機に74～75年に液体廃棄物管理に活性炭ランドリードレンフィルターが導入され低減化が図られている。放出物の測定結果や環境でのホンダワラの洗浄・離脱試験結果から、液体廃棄物の大部分が懸濁物であることが確認されている。このことは偏在を招き、美浜、福島でも塗料片状のものが検出され、例外的にかなり均質な敦賀発電所前面の浦底湾の海底土でも、最高濃度を示した試料の分割測定結果で数倍の濃度差が観測されたほか、何度も粒子状での存在が観測されている。試料代表性に係る重要な知見である。但し、敦賀事故時の放出物のみは溶存常態である。●の美浜#1燃料折損事故は、77年の刊行本「原子力戦争」で指摘され、後日72年定検で判明していたことが明らかになった事故であるが、行方不明とされたPu3gの環境影響確認のため操業前試料に遡及しPu分析を行うとともに、全国各地の試料のBG調査も実施し、濃度や後述する核種間比により核実験BGと差がないことを確認している。

トピックスとしては、これら施設影響、事故（影響）以外に、その他の欄に記載した「誤報、痛い目、クロスコンタミネーション（以下クロスコンタミと略記）、複合影響」がキーワードとなる。特に、後2者は担当者にとっては技術的に身につまされる問題である。

**【(1)誤報】**誤報では、①稼動開始直後の当時の科学技術庁・放医研自らによるNaIスペクトルの連立方程式による<sup>54</sup>Mn、<sup>60</sup>Co検出・発表、⑨埼玉生協による三方（若狭）梅<sup>60</sup>Co検出報道がその最たるものであり大騒ぎとなった。前者は同じ試料の確認分析の結果で不検出であり、後者は輸入Ge検出器自体のBG（自己汚染）であることを確認したが、訂正報道は大きく扱われてはいない。

**【(2)痛い目】**「痛い目」に遭ったことの例としては、②の京大漁災研報告や⑦ムラサキツユクサ、⑯悪性腫瘍報道がある。②では調査地点の妥当性への疑問や吸着性のよい試料（泡・微細海底土）の調査が提起されている。ホットスポットの有無は分布調査で確認すべきだが、泡・微細海底土は一般性のある試料ではなく、あまり

いただける提案ではない。⑦のムラサキツユクサに関しては、公開質問状が寄せられたが、月毎の大気・植物・降下物による<sup>131</sup>Iに対する綿密な調査で<sup>131</sup>I原因説が成り立たず、トリチウム原因説に唱え直されたが、これも県の大気中水分・陸水・月間雨水による体系立った調査に理解を示さざるを得ず、その原因説を撤回せざるを得なくなっている。ムラサキツユクサに関しては、その後統計処理の不適切性も定説になつていて。⑯の悪性腫瘍は年により0あるいは2～3件と振れ幅が大きく統計に耐えられないものを問題としたことに起因している。

**【(3)クロスコンタミ】**<sup>60</sup>Coでは、敦賀事故時の高濃度試料の粉碎前処理作業や、⑪のような構内従事者が環境試料にタッチすることによりクロスコンタミが発生している。⑮の<sup>137</sup>Csでは乳鉢から核実験寄与と推定される濃度の検出例がある。トリチウムでは、高濃度試料があれば、試料瓶を開栓したままにしておいた場合は容易に周囲の別の試料に移行することが福井県・原電敦賀・日本分析センターで確認されている。また、⑯外国製夜光時計装着者が大気中水分を採取している観測局に入ったことによるトリチウムのクロスコンタミが見出されている。この追試では、デシケータ内の夜光時計からシャーレに張った水に数時間で $10^4$ 、7日間で $10^6$ Bq/1にも達するトリチウムが移行している。環境モニタリングの観点から当時の法に基づく規制を求めたが、逆に規制が免除される結果となった。このほかには、Si(Au)検出器による $\alpha$ 線測定で、反跳現象により、検出器自身や試料台・真空ボックス容器内が $\alpha$ 核種で汚染が起きることはよく知られている通りである。

**【(4)複合影響】**のことでは、かつて気体粒子状物質の放出量が $10^{7\sim 9}$ Bq/年と相当多い時期もあった敦賀地区では、数kmの範囲で他サイトが隣接しており、敦賀半島全体で落葉・腐植土・陸土の調査を実施し<sup>60</sup>Coの存在を確認している。またトリチウムでは、敦賀半島先端部は各サイトの放水口が数kmの範囲内にあり、流向・流速等の流況次第で稼動してもいない「もんじゅ」放水口で比較的高濃度のトリチウムが観測されたことがある。起源特定のためには海象の測定も必要である。

### 3. 空間線量モニタリングにおけるトピック

空間放射線モニタリングの調査結果で、通常頻繁に起きた自然要因の「降雨や大気中ラドン娘核種の濃度変動に基づく変化」以外で大きな変化をもたらすものは、大きさでは雷の影響や人工要因の非破壊検査の影響であり、今までの

ところ約30年・連続モニタ80局の全観測結果の最高値は非破壊検査影響である。頻度では、最近極めてよく観測されるRI診断を受けた患者からの影響の出現が多く、前回示したように極端なケースでは $5\text{mSv}/\text{h}$ を超える線量が観測され避難騒ぎにまで発展している。以下に、多くの人があまり経験したことのない幾つかのトピックスを紹介する。

**【(1)雷に伴う放射線】**図6-1に雷影響出現時のTLD測定結果を示す。連続モニタ(特に電離箱)は電源ラインに結ばれておりノイズとの識別は困難であるが、TLDは電源との結線のない測定器である。35年来、国内ではTLDで明白な施設影響が観測された例はなかった中で、福井県では雷影響により約 $0.1\text{mSv}$ と比較的大きな線量を示した図6-1の例を含めTLDの線量増加が3度観測されている。いずれもNaIでも瞬間的な線量率上昇を伴っており、MICOS気象情報システムの落雷情報でも同時性を確認している。その後の雷に関する研究では、単なる落雷によるものではなく、雷雲中の正負の電荷構造とそこに入射した二次宇宙線の加速によりエネルギーの高い制動放射線が発生すると推定されている。NaIスペクトルでは3MeVを超す高いエネルギー領域に普段よりは格段に多い計数が観測される。図のケースでは約600m四方の11箇所に配置されたTLDで $0.1\text{mSv}$ を最高に半同心円とも見える等値線を描いている。瞬間的な線量率は $10^5\text{nGy}/\text{h}$ 以上にもなると見られる。原災法が雷影響を除くと定義していることから、NaIも含め、雷に伴う影響であることを何らかの方法で確認する必要が生じている。

**【(2)Rn 娘核種のトラップ】**このことは連続モニタのハードデザイン、即ち、検出器近傍構造

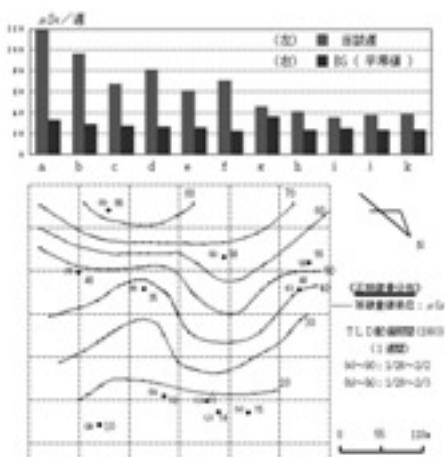


図6-1 雷影響時のTLD測定結果

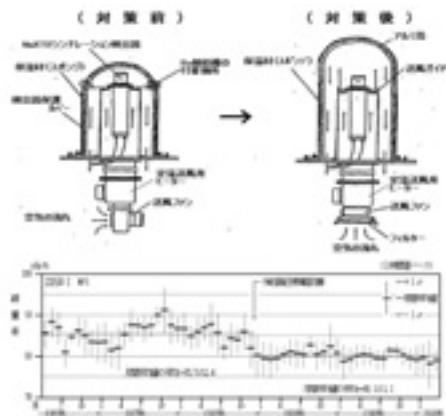


図6-2 検出器近傍構造改造によるラドン娘核種トラップの改善とその効果

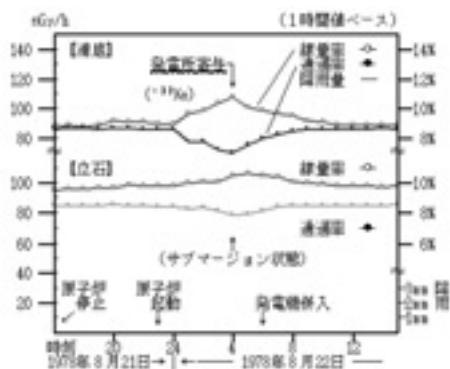


図6-3 施設放出希ガス影響によるサブマージョナルの出現例

に起因する問題である。改善方法とその効果を図6-2に示す。県内事業者のモニタの変動が県のそれよりも大きかったことが発端であり、2~3年の原因調査の後、検出器近傍へRn娘核種が行きにくく、かつ近傍でトラップされにくい構造に変えることで、自然寄与を含めた変動幅( $1\sigma$ )が $1/3$ となり、このことによる変動を解消することができた。なお、花崗岩地帯の敦賀半島では局所的ではあるが、Rnが吹き出し $10,000\text{Bq}/\text{m}^3$ 以上にもなる場所のあることが京大・原電等により報告されている。

**【(3)施設影響のサブマージョナルの出現】**前回示した発電所影響のサブマージョナルの出現を図6-3に示す。北陸を含む日本海側では夏の夜間に無風となることが多く、その際にある程度の量以上の $^{133}\text{Xe}$ 等希ガスが放出され、それが居座ったままの状態が観測された例である。方角が異なる2地点で観測されたこともこのことを裏づけている。

表 6-2 発電所寄与の一過性検出（スポット的・一部特異的）

試料(部位)	地区	地 点	年／月	核 種	濃 度	備 考
浮遊じん	敦賀	浦底/色ヶ浜	78.8	<sup>54</sup> Mn, <sup>60</sup> Co	0.1～0.3mBq/m <sup>3</sup>	分割した週間試料の濃度は0.5～0.9、一部 <sup>58</sup> Coも検出
陸土	"	浦底明神寮	81.5～82.5	<sup>60</sup> Co	1～7Bq/kg	6試料で検出、78年にも1試料、関連分布調査で他に12件検出
降下物	"	"	74.11	<sup>131</sup> I	2.4Bq/m <sup>2</sup>	(11月3日の50mCi放出に起因)
農産物/植物	"	浦底	74.11	<sup>131</sup> I	0.5～0.8/2.5Bq/kg	"、試料は大根葉(3試料)ヨモギ
降下物	美浜	竹波	83.12/85.3	<sup>60</sup> Co	0.7/4.1Bq/m <sup>2</sup>	85.3は <sup>58</sup> Coも検出、クロスコンダムと推定
"	白木	白木	89.12	<sup>60</sup> Co	0.8Bq/m <sup>2</sup>	敦賀地区では検出が常態、クロスコンダム
海水	敦賀	1号放水口	77.11	<sup>60</sup> Co	1.5mBq/l	
"	"	"		<sup>137</sup> Cs	28mBq/l	浦底湾口では13mBq/l
ハマチ(エラ)	敦賀	水試養殖	73.1～73.8	<sup>54</sup> Mn, <sup>60</sup> Co	1.1～2.1Bq/kg	検出は3試料
メジナ(全身)	"	水試前	90.6	<sup>60</sup> Co	0.04Bq/kg	(小型魚でエラを含む全身)
イワシ(〃)	高浜	ヘタケ崎	82.5	<sup>55</sup> Mn	0.1Bq/kg	核実験影響の可能性が大
サザエ(内臓)	美浜	3号放水口	78.1	<sup>60</sup> Co	0.1Bq/kg	敦賀地区では検出が常態
"	高浜	神野浦	77.12	<sup>60</sup> Co	0.4Bq/kg	"
ホンダワラ	美浜	12号放水口	72.3～75.2	<sup>131</sup> I	0.6～15Bq/kg	検出は4試料
"	大飯	台場浜・放水口	81/89/93	<sup>58</sup> Co	0.1～1.5Bq/kg	検出は3試料、採取月は10/5/11 初期数年間の美浜では検出が常態
"	高浜	12号放水口	77/78/80	<sup>58</sup> Co, <sup>60</sup> Co	0.4～1.1Bq/kg	検出は各年1試料、採取月は10/10/5

他に<sup>59</sup>Feが敦賀地区的ヒムカヨモギ、ワカメ、ホンダワラから6件検出されている。

#### 4. 放射能測定におけるトピックス

【(1)一過性検出】表 6-2 に発電所寄与の一過性検出（スポット的・一部特異的）を示す。<sup>131</sup>I 等、この多くは第3回表 3-2 あるいは本稿第2節で既に述べており、それ以外の特異的な魚類での検出例について記す。73年の敦賀のハマチは、当時、敦賀発電所放水口前面で水産試験場が養殖していた魚である。エラからの検出のみで可食部から検出されなかったことも液体放出放射能の形態として懸濁物質が多かったことを物語っている。年間 10<sup>11</sup>Bq の液体廃棄物の放出がある中で、海中の生簀で広く泳ぎ回れなくした魚類からの検出がこの程度であったことから、その後は90年のメジナ1件を除き検出が皆無だったことも頷ける。90年のメジナは同様に生簀で畜養していたもので、小型魚であり全身を測定試料とした。この検出に関連し、液体廃棄物の物理的・化学的組成や海底近くの懸濁物の調査も行ったが、原因はエラを含めた試料であったためと推測される。

【(2)濃度分布】浦底湾海底土の<sup>60</sup>Co 濃度分布を図 6-4 に示す。この海域の濃度分布調査は72年及び78年以降は今日まで継続して実施している。この湾はかつて貯木場として利用されていたために底質が微細で吸着性の高いシルト質であり、陸地に近いほど風化花崗岩の砂となる。放水口から流れ出た様子、放水口からの距離と底質によって濃度が左右されている様子が観える。83年以降の浦底湾内シルト質海底土の<sup>60</sup>Co の半減期が3年なのにに対し、敦賀事故の流出口となった一般排水口（砂）では3.8年と観測されており、一般的な浦底湾内では細かい海底土が海底で舞い上がり運び去られるためと推測され、浦底湾口の<sup>60</sup>Co の増加の遅れがそのことを裏付けている。なお、核実験寄与の<sup>137</sup>Cs の



図 6-4 浦底湾海底土の Co-60 濃度分布

美浜地区丹生湾海底土における濃度分布を図 6-5 に示す。フォールアウトであるこの核種の流入源が河川であることが現れている。<sup>137</sup>Cs のみならず Pu 濃度分布も同じ形状で河川からの流入であることを示している。このことは敦賀湾の<sup>137</sup>Cs でも同様であり、比較的大きな流域面積をもつ笙の川からの流入が読み取れ、<sup>60</sup>Co との起源の違いが明白である。

【(3)平衡関係】敦賀事故の流出口は、底質（砂）や湾最奥部という地形条件からも他と比べ比較的の流動や新たな付加等の変化の要因の少ない海

域である。そこでは海底土のほかホンダワラ、海水からも<sup>60</sup>Coが検出されており（前2者で最高約4,000Bq/kg強）、上記の海底土における半減期のほか、実サンプルを使って海水／海底土間の分配係数も求められている。図6-6は海底土→海水→ホンダワラの平衡関係を模式的に示したものである。稼動以来約1,800件もの海洋試料の<sup>60</sup>Coが検出されている敦賀地区で



図6-5 美浜地区丹生湾海底土のCs-137濃度分布

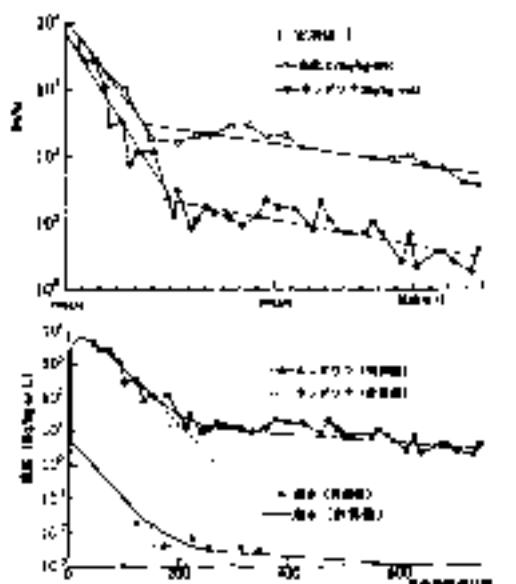


図6-6 敦賀発電所一般排水口海底土/海水/ホンダワラのCo-60平衡関係

は、他にも放出量／ホンダワラ、放出量／海底土／他の海産生物間の移行や平衡関係の研究成果を残している。中でも指標生物として採用しているホンダワラ（属）は、成長との関係、ヤツマタモク・マメダワラ・ウミトラノオ等の種間の濃縮度の違い、安定元素含有量、<sup>60</sup>Coの取り込み形態等を調査し、それらと<sup>60</sup>Co濃度の関係を追及するとともに、指標生物としての備えるべき要件も明らかにしている。

**【(4)核種間比と施設寄与の識別】**図6-7に核実験影響の場合の土壤試料における<sup>60</sup>Co/<sup>137</sup>Cs/Pu核種間比を、図6-8に各種試料中のPu濃度と<sup>238</sup>Pu/(<sup>239+240</sup>Pu)濃度比を示す。<sup>239+240</sup>Puと記すのは、Si(Au)検出器では両者のα線が分離できないためであり、またPuと記すのは、圧倒的にこの両者の同位体存在量が多く、これで代表できることによる。福井県では数多くの日本海側のデータが蓄積されている。Puは試料により濃度差が大きく環境試料では10<sup>-1</sup>以下～10<sup>5</sup>mBq/kgと5桁以上の濃度差があり、濃度だけでは起源を判断できないことが多い。濃度が高い陸土・海底土等の試料では<sup>238</sup>Pu,

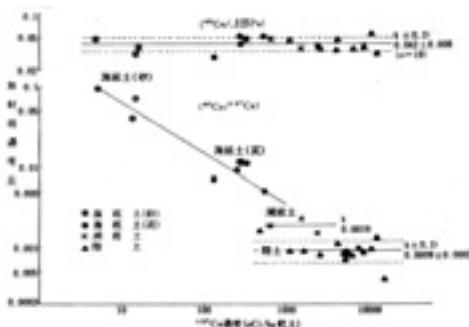


図6-7 核実験影響の場合の土壤試料におけるCo-60/Cs-137/Pu核種間比

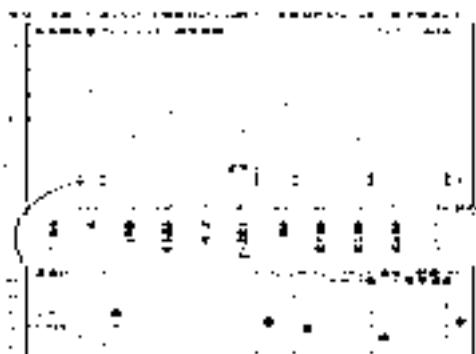


図6-8 各種試料中Pu濃度とPu-238/Pu-(239+240)濃度比

<sup>239+240</sup>Pu の分析結果と両者の比が得られ、その比は核実験寄与では種類を問わず約3.3% ( $\pm 1.1$ ) とほぼ一定である。一方、燃焼中・燃焼後の核燃料における比はおよそ300%以上と全く異なり、これを用いればフォールアウトと施設寄与が明確に識別できる。かつて核実験フォールアウトとして僅かながら降下していた <sup>60</sup>Co についても同様のことが言え、核実験寄与の場合、土壤では <sup>137</sup>Cs との比と異なり、陸土・湖底土・海底土の別や砂～泥の土質を問わず <sup>60</sup>Co/Pu 比は83年時点で4.2% ( $\pm 0.8\%$ ) と一定であった。このことは、Co と Pu の挙動が全く同じであることを示唆している。

**【(5)●トリチウム調査結果】** 原子力発電所からの放出放射能が低減化し、環境で検出される施設起因放射能もなくなった今日、トリチウムは実質的に発電所からの唯一の放出核種となっている。また、トリチウムは軟β放射体でありγ線を放出しないため、欠落のないモニタリングの観点から調査を行っている。図6-9に各種水試料中トリチウム濃度の最高値の推移を示す。図には、最高値を示した時の状況も付記した。体系的な調査体制を確立した75年から調査を行っているが、初期は対照地区での確認による核実験寄与が5～8Bq/lあり、それが優勢であった。それ以降は、いずれも単発的であるが、最高値の出現は幾つかの特異的事象に対応している。

82年の美浜#3では定検により循環水ポンプを動かさなかったため高濃度となり、これが#1,2号放水口への連結配管設置に繋がっている。また、86年には高浜地区の内浦湾内で放出からほぼ1日遅れで58Bq/lと比較的高い濃度が観測された。同湾はヤツデの葉状の、小さな入り江が数多くある複雑地形であり、のちの放出後の経過時間を含む分布調査の結果からも、入り江に回り込み滞留したトリチウムが遅れて水塊となって出てくることが判明している。88年3月には重水炉の「ふげん」で重水浄化系樹脂耐用

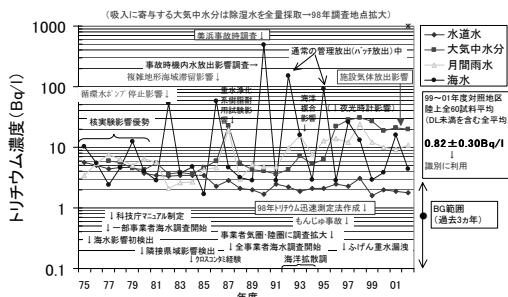


図6-9 各種試料中トリチウム濃度最高値  
(75～02年度)

試験のため一次系から抽水したことにより、雨水・大気中水分から約20Bq/lのトリチウムが検出されている。91年2月の美浜#2SG細管破断事故の調査時に3号からの放出や2号機内水の処理後の放出で数100Bq/l(最大490)のトリチウムが検出されたことは既に第3回に示している。96年の事業者を含む大気中水分トリチウムの調査強化に伴い調査地点を見直したことにより、それ以降、大気中水分から20～30Bq/lのトリチウムがしばしば検出され、調査地点が放出・拡散を反映しやすい地点に見直された効果が現れたと判断される。96、98年には前述したように外国製夜光時計からのクロスコンタミが観測されている。重水炉「ふげん」では重水精製装置からの漏洩発生により何度も警報が発信される事態があり、その都度影響調査を行ったが、大量放出や漏洩があった場合の迅速対応に備え、海水も蒸留せず即座に測定し数10Bq/l以下であることが確認できる迅速測定法も定めている。

なお、大気中トリチウム調査結果と SPEEDI (緊急時迅速放射能影響予測システム) の応答性の検討結果もトピックスに相応しいが、紙面も限られていることから、次回に譲りたい。

## 5. むすび

敦賀発電所は敦賀市浦底（現明神町）に立地している。第3回や前節で書いてきたように、敦賀地区では今まで、<sup>131</sup>Iが検出された農産物を含め水道水以外のありとあらゆる種類にわたる2,000件以上の試料から<sup>60</sup>Coが検出されており、放出やそれら相互間の関係がかなり明らかになっている。欧州古代史・考古学を扱うミケーネ学等があるのと同様、ローカルなネーミングではあるが、原子力施設からの放出放射能の環境挙動を扱う「浦底学」が成立しないかと思ったほどであり、実際、77年には、それまでの成果をもとに全国に呼びかけ研究会を開催している。しかし、放出や検出が激減した今日では、「今は昔」となったことであり、あり得くもない話であろう。

福井県では、その時までの経験を基に環境モニタリングを体系化したが、それが国の「環境モニタリング指針」の骨格ともなっている。その特徴は、指標生物の採用やGe化、連続モニタの重視、柔軟で合理的なモニタリングのための改変等である。指標生物1つを取り上げても、その備えるべき要件を見極めるために様々な追求を実施してきている。次回は、これらのことに関連した環境モニタリングに求められるものを扱い、シリーズ全体の結びとしたい。

▷▷▷ 加藤和明の放射線一口講義 ◀◀◀

## 加藤和明のヒトクチ講義：ポアソン過程の逆問題(2)

前回、生成信号数の期待値を  $m$  とするとき、実際に計測される信号数として  $N$  が得られる確率  $P(m, N)$  は

$$P(m, N) = \exp(-m) \cdot m^N / N! \quad (1)$$

で与えられ（ポアソン分布）、 $m$  が与えられたときに得られる計数の期待値  $\langle N \rangle$  は

$$\langle N \rangle = m \quad (2)$$

となるが、 $N$ を得たときの  $m$  の最確期待値  $\langle m \rangle$  とその標準偏差  $\sigma$  は、 $m$  について先見的 (a priori) 知見を何ら持ち合わせないとき、それぞれ

$$\langle m \rangle = N + 1 \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{N+1} \quad (4)$$

になると書いた。

また、最尤法で  $\langle m \rangle$  を求めると

$$\langle m \rangle = N \quad (5)$$

となるが、これは正しくないとも書いた。

今回は、若干の敷衍と関連性の高い話題について述べる。

(3)、(4)式の結果は、「 $N = N$  という結果を与えるチャンスは  $m$  の取りうる全ての値に等しくある」という前提とベイズ統計学 (Bayesian Statistics) を使って求めたものである<sup>1)</sup>。

$m$  の取りうる値は正の実数であるが、得られた期待値  $\langle m \rangle$  は正の整数となること、標準偏差が期待値の平方根になるというのは、筆者の知る限り、ガウス分布とポアソン分布だけであったのに、この場合にもそうなったというのが、初めて答を知ったときに驚いたことである。

さて、放射線防護の世界では、（人体を含めての）物体や物体を収容する空間の状態の安全性を、放射線の計数率を介して判定することが多い。

放射線の計測というのは、いってみれば、

「放射線の場に何らかの“働きかけ”を行って、“場についての情報を汲み取る”ということ」である。汲み取った情報の量と質は、当然、汲み取りに要した時間（の大きさ）に依存する筈である。最尤法で求めた  $\langle m \rangle = N$  の解を使ったときに出会う困難の一つは、“ $N = 0$ ”という手応えを得たとき、掛けた時間の長さが、求めようとしている計数率（という量）の評価に対して、質の差が現れないということである。本当に放射線が存在しないために応答が得られなかったのか、測定時間が不足していたために統計的変動の所為（せい）で偶々（たまたま）応答が得られなかったのか区別がつかないのである。

時間  $t$  の間測定を行って  $N = 0$  という手応えを得たときに、計数率に関して汲み出された情報は、(3)式から

$$\langle dm/dt \rangle = \langle m \rangle / t = 1/t \quad (6)$$

となり、計数率の期待値は確かに時間の長さに反比例して小さくなるのである。

同様のことは、反跳陽子の飛跡密度を計測する場合にも当て嵌まるのであって、例えば、面積  $S$  を検索して飛跡が 1 個も見出されなかったとき、飛跡密度の期待値  $\langle dN/dS \rangle$  は、

$$\langle dN/dS \rangle = 1/S \quad (7)$$

として評価されるべきである。

- 1). 加藤和明：“微弱線量計測に於ける統計処理”、「微弱線量中性子測定の標準化に関する実験的研究」、昭和54、55年度科学研究費補助金研究成果報告書（研究代表者：関口 晃）、東京大学工学部、p. 20–25、(1981).

# ガラスバッジ測定センター創立5周年にあたって

測定センター 宮本 昭一

本年7月19日をもってガラスバッジの測定センターが竣工してから5周年となります。

また昨年8月にはお客様に測定報告させていただいた総件数が1,000万件になりました。

これもひとえにお客様のご支援、ご愛顧によるところと心より感謝申し上げます。

これを契機に、50年にわたるモニタリングサービスの歴史を紐解いてみると、

## 1. 初期のモニタリングサービス

当社の個人線量測定事業がフィルムバッジサービスとして産声をあげたのは、昭和29年12月、場所は東京八重洲口でした。

当時のフィルム現像は、タンク現像と呼ばれる手法で、現像槽には現像液温度をコントロールする簡単な温度調節器が備わっているだけのものでした。被ばく線量の算出は、手動濃度計でバッジフィルムの黒化度を測定し、線量特性図などを読み取り、手回し計算機や計算尺を使用して計算していました。フィルム発送は、バッジフィルムにゴム印で登録番号、使用回数を押印していました。送り状に相当する測定メモ（お届票）、発送封筒の宛名、結果書（報告書）などは、すべて手書きでした。

## 2. 合理化の方向性

昭和40年半ば頃から合理化の波が始まり、被ばく線量の計算は卓上電子計算機を採用し、それ以前に比べると飛躍的な合理化でした。事務面では、宛名印刷機の導入によりお客様毎に測定メモ、発送封筒の宛名等を事前に印刷、保管し、必要時に取り出していました。この当時、お客様の放射線管理と、私どものモニタリングサービス業務の融和を求め、合理化の方向性を次のとおりといたしました。

- ①お客様に、楽に放射線管理をしていただく。
- ②サービス品質の低下防止、ヒューマンエラー防止をはかる。
- ③被ばく線量の低減に寄与する。

## 3. 合理化の促進

フィルムバッジ測定センターが誕生したのは昭和54年で、世界最大規模の自動処理システム（FAS：フィルムバッジ・オートマチック・サービスシステム）を組み込み、その歴史をきざみました。フィルムバッジの測定処理は、それまでの暗室現像から明室処理を可能とし、フィルムを繋ぎ合わせて連続ロールの状態で自動現像・黒化度測定ができるようにしました。このシステムにより①人為的なミスが発生しない。②再現性のある高精度測定ができる。③自動現像装置などが2系統になっており、さらに無停電装置が付設されていることにより完全に事故防止がで

きる。④脱包、現像処理が機械化されたことで暗室内作業がなくなるという効果を得ることができました。このため処理時間が従来の半分以下となり、大幅なスピードアップと作業合理化が図れるようになりました。

## 4. ガラスバッジ GAS ラインによるサービス

ポリエチレン包装のバッジフィルムに比べ、ガラス線量計は、外形が樹脂成型されているため寸法精度が良く、機械化し易い条件が整っていました。ガラス線量計を用いたモニタリングサービスのための処理システムとはどうあるべきか、その答えとして、

- ①ガラス線量計の性能、精度を生かすシステム
- ②ヒューマンエラーを極力排除した品質システム
- ③簡易・安全なシステム

を構築しました。

現在、ガラスバッジの受付・測定・組立を行っている「GAS（ガラスバッジ・オートマチック・サービスシステム）自動ライン」は、平成12年9月に稼動開始しました。今年で丸5年が経過しますが、この自動ラインによるガラスバッジの受付・分別・測定・組立の効率は、ここにきて飛躍的に向上しています。自動ラインが稼動開始してからしばらくは不安定な時期があり、お客様には大変ご迷惑をおかけしましたことありました。しかし、この反省をふまえ、ISOにのっとったPDCAを徹底して回すことにより、自動ラインの稼動効率を大幅に改善することができました。当測定センターは今期の目標を社内納期7日としていますが、社員一同躍起になって、この目標達成のため日々取り組んでいます。

今日の成果は、社員が一丸となって、業務方針である「正確」、「迅速」、「誠実」、「高信頼性」に向かって進んできたことによります。今期は特に「不適合の撤廃」、「合理化の徹底」、「社内納期の短縮」を掲げています。これらの業務方針を実現するためには、社員個々の知識、技術、技能などのスキルアップが欠かせません。このスキルアップを図るために、社内には認定資格がきめ細かく定義されており、この資格修得と能力評価システムが明確に制度化されています。頑張ればそれだけ待遇も向上する仕組みです。また個人ではアイデア提案活動、各職場単位では5S活動（整理・整頓・清潔・清掃・躰）などへ積極的に取り組んでおり、業務創造が活発に行われています。

これからもお客様の放射線管理、個人線量管理を皆様と共に探求し、向上させてまいりたいと念願しております。末永くご愛顧のほど、よろしくお願い申しあげます。

## 世界第1級の放射光研究施設 SPring8 を訪問して

この春（2月18日）、兵庫県“三日月町”の“光都”に在るSPring8を見学しました。日本の誇る代表的近代科学施設の一つであり、後述のように和歌山「カレーライス事件」が起きたときマスコミに大きく取り扱われたので、今では多くの日本人にその存在を知られています。

現在世界にある、この種の第1級大型放射光施設は、アメリカ（シカゴ郊外・アルゴンヌ）とヨーロッパ（フランス・グルノーブル）と日本（西播磨：SPring8）の3施設だけですが、電子の最大加速エネルギーを取ってみても分かるように、性能的にも、我が日本のこの施設SPring8が「世界一」の施設だと思います。日本が放射光施設の建設に世界で常に先頭を切って取り組んできた成果です。

SPring8は、当時共に国の特殊法人であった原研と理研が共同で製作した国の施設ですが、財高輝度光科学研究センター[JASRI=Japan Synchrotron Radiation Research Institute]が国から指定を受けて運営を任されており、放射線発生装置としての国からの使用許可は原研と理研とJASRIの3理事長宛てに下ろされているそうです。放射線等の安全管理に複数の人間が連帯で責任を負うというのは希有な例だと思います。余談になりますが、2005年10月に原研と核燃料サイクル機構が統合され（て「日本原子力開発機構」となる）のに伴い、原研はSPring8維持の責任を免ぜられることになっているそうです。

さて、昨2004年は“災の年”と呼ばれるくらい、自然災害が特異的に多い年でした。



作業エリア

(写真提供 SPring8)



実験ステーション

(写真提供 SPring8)

この世界に誇るSPring8が、あろうことか、2つの台風による被害を受けてしまいました。実験室の屋根の一部が捲られてしまったのでした。この修理のため、心ならずもこの施設はある期間使用停止せざるを得なくなりました。因みに、建物の管理に責任を負っている理研は、なんとこのような災害に備えて（損害）保険を掛けていたということで、これまでの国の機関では



**説明風景 中央が多田先生**  
(写真提供 SPring8)

聞いたこともない話だったので、驚きかつ感心してしまいました。

実は、折角此の地を訪れ、施設の見学を希望しても、普通、運転中に内部を見せて貰うことは叶いません。運転が終夜24時間行われているためです。従って、台風のお陰で加速器の運転ができないというのは、先方への迷惑を考えずには言わせてもらえば、見学希望者には千載一遇の機会が提供されたということになります。ということで、以前弊誌でも紹介したことのある「放射線防護研究会（SS研）」では、SPring8 の安全管理室長が SS 研の主要メンバーということもあり、第110回の例会を急遽西播磨の此の地に変更したそうです。

施設見学は、講義室でのビデオ紹介から始まりました。SPring8 の呼称の由来が Super Photon ring-8GeV に在ること、これが世界で 3 施設しかない第 3 世代の大型放射光施設であること、3 施設〔米国（アルゴンヌ）の APS=Advanced Photon Source (7GeV)、欧州（仏：グルノーブル）の ESRP=European Synchrotron Radiation Facility (6GeV)、日本の SPring8 (8GeV)〕を比較すると、日本の SPring8 が世界最大のエネルギーを有していることや、また、放射光を利用すると物質の種類や構造、性質を詳しく調べることができることなどを詳しく説明して戴きました。1998年 7 月に和歌山市園部の夏祭



**施設全景**  
(写真提供 SPring8)

りで起きた和歌山毒物カレー事件で、SPring8 を利用して亜砒酸に含まれる特定の不純物元素の量を比較し亜砒酸の異同識別をしたことが決め手になったことも、詳細に紹介して下さったので、放射光が身近なものに感じられました。

続いて蓄積リング棟に案内していただきました。昨年 2 度にわたり台風の被害を受けた屋根の一部を補修するため、運転を停止していたことが見学には幸いし、アンジュレーターや偏向磁石、実験ステーション等施設内部まで見ることができました。周長 1,436m のリングの大きさを体感できたことも印象に残っています。（余りに広いので、途中で引き返してきましたけど。）

最後に行った見学ブースには、電気・ガス・水道水の使用量を記したパネルがありました。電力の年間使用量は 1 億 6 千万キロワット時で一般家庭の 43,000 軒分相当、ガスの年間使用量は 185 万立方メートルで一般家庭の 4,700 軒分相当、水道水の年間使用量は 26 万立方メートルで一般家庭 600 軒分に相当するそうで、SPring8 の規模の大きさに驚かされっぱなしでした。

今回の訪問では、JASRI の多田先生、日本原子力研究所関西研究所の浅野先生、理化学研究所播磨研究所の山本先生に大変お世話になりました。誌面を借りて御礼申し上げます。

[小迫智昭]

# 知って得するガラスバッジ情報（1）

本内容は、FB News No.317 ('03年5月号)、No.318 ('03年6月号) およびNo.320 ('03年8月号) に掲載しておりましたが、できるだけ多くの方に知っていただくため、内容を一部見直し、再度掲載することにいたしました。日頃お客様よりお問い合わせをいただくことの多い質問とそれに対する回答と併せて、ガラスバッジに関するお得な情報・当社のモニタリングサービスのご紹介を2回に分けてご案内させていただきます。

Q&A

Q. 1>この度、医療法の立ち入り検査があることになったのですが、手元に何種類か届いている報告書のどれを見せたらよいでしょうか？

A. 医療監視員に、個人線量管理票を提示して下さい。

→当社がお届けしている報告書は、主に「個人線量報告書」、「個人線量管理票」、「個人用報告書」があります。

→ 「報告書」は、ご使用されたモニタの測定・算定結果の報告で、測定ごとにお届けします。

→「管理票」は、法令で定められた項目を網羅しており、測定・算定結果を四半期ごとにとりまとめて報告しています。

個人線量管理票

Q. 2 >自分が線量限度を超えていないかどうか心配なのですが、毎回送られてくる報告書で確認できますか？

A. 個人用報告書で確認できます。

<個人用報告書>

- (1)該当する各項目に放射線業務従事者の主な線量限度が記載されていますので、印字された測定結果と比較して線量限度を超えていないかを確認することができます。
- (2)ミシン目より切り離して、ご自分で個人用の管理票を作成することができます。
- (3)個人用報告書は、放射線障害防止法施行規則第20条第4項6号等に基づき、放射線業務従事者に対して測定結果をお知らせする為のものです。

個人コード 29094381 29094381 29094381						
集計開始年月日 005 03 01 005 01 01 004 04 01						
集計終了年月日 005 03 01 005 03 01 005 03 01						
測 定 日 05 04 18 05 04 18 05 04 18						
①	被 動 線 量	50mSv/a	0.0	0.0	0.0	12
②	小 品 体	50mSv/a	0.0	0.0	0.0	12
③	等 価 線 量	50mSv/a	0.0	0.0	0.0	12
④	測 定 方 法	放射線測定器使用	放射線測定器使用	放射線測定器使用	放射線測定器使用	
頭	モニタ名	ガラスパッジ	F5型ガラスパッジ	F5型ガラスパッジ	F5型	
	Hion	X	X	0.3	12	
胸	Hion	X	X	0.3	12	
	Hionum	X		0.3	12	
腰	モニタ名	ガラスパッジ	F5型ガラスパッジ	F5型ガラスパッジ	F5型	
	Hion	X	X	0.3	12	
腰	Hionum	X		0.3	12	
	Hion	X		0.3	12	
2001	0.00	4	0.00	4	0.00	4
2002	0.00	11	0.00	11	0.00	11
2003	0.00	12	0.00	12	0.00	12
2004	0.00	12	0.00	12	0.00	12
2005						
⑤	累積値	0.00	39	0.00	39	0.00 39

#### 放射線業務従事者の主な線量限度（放射線障害防止法）

実 効 線 量		等 價 線 量			
	女 子	眼の水晶体	皮 膚	妊娠中の女子腹部表面	
①50mSv／年 <sup>※2)</sup> ⑤100mSv／5年 <sup>※1)</sup>	5 mSV／3月 <sup>※3)</sup>	②150mSV／年 <sup>※2)</sup>	③500mSv／年 <sup>※2)</sup>	④2 mSv <sup>※4)</sup>	

※ 1 平成13年4月1日以降5年ごとに区分した各期間

※ 2 4月1日を始期とする1年間

※ 3 妊娠不能と診断された者、妊娠の意志のない旨を使用者等に書面で申出た者及び妊娠中の女子を除く

※ 4 本人の申出等により使用者が妊娠の事実を知ったときから出産までの間について

★ご不明な点、ご質問等ございましたら、最寄りの各営業部・所までお問い合わせ下さい。

サービス部門からのお知らせ

## 個人線量管理票のお届けについて

四半期および年度の『個人線量管理票』は、それぞれ当該四半期および年度の測定がすべて終わった時点で作成し、報告書と共に届けしております。

この度、平成16年度『個人線量管理票』が未出力の方を対象に、測定の終わっていないご使用期間について「未測定」と表示して、『個人線量管理票』を作成し、送付させていただきます。この平成16年度『個人線量管理票』のご送付は7月中旬になる予定です。なお、年度途中から追加されたご使用者の場合、追加される以前の未使用期間（例えば7月から追加された場合、4月から6月に対して「未測定」と表示される場合がありますので、ご了承お願い申しあげます。



## 編集後記

●今年も入梅の季節となりましたが、皆様は如何お過ごしでしょうか。と、書き出してから、昨年もこの話題からであったと、一年振りで巡ってきた編集後記に思わず時の流れの速さを感じてしまいました。

●今月号では、「計量の話」と題し、色々なものを「はかる」ことについて、社団法人日本計量振興協会の佐藤克哉先生に執筆いただきました。紀元前のエジプトで描かれた死者の書に表されたアヌビス神の調べる天秤の話を皮切りに、計量法やJCSS制度の仕組みからISO/IEC17025並びに不確かさの表記まで、計量をとりまく最近の環境を大変判りやすく解説していただきました。また、連載中の環境放射線モニタリングの今昔（吉岡先生執筆）は、いよいよ大詰めとなってまいりましたが、今月号では35年間にわたる環境放射線モニタリングにおけるトピックスとしてまとめられて

おり、普段環境モニタリングに携わっていない方々にとりましても、興味が尽きないものと思います。●誌面でも紹介いたしましたが、ガラスバッジの測定センターは5周年を迎えることになります。これもひとえに皆様方の暖かなお力添えによるところであり、本誌につきましてもガラスバッジと同様に、これからもご支援のほどを宜しくお願ひ申し上げます。

●天候が不順な梅雨時は、とかく健康を損ねがちです。くわえて、W杯でのドイツ行きが決まったところで、コンフェデレーションズカップ、全米オープン、全米女子オープン等々、これらに関心を持たれている方々にとっては、夜更かしを助長するイベントが目白押しですので、どうぞご自愛ください。そうは申し上げても、この号が皆様のお手元に届く頃には、私を含めて既に後の祭りかもしれませんのが……。（寿藤）

## FBNews No.343

発行日／平成17年7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 藤崎三郎 福田光道 江寄巖 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

—禁無断転載— 定価400円（本体381円）