

Photo H. Fukuda

Index

宇宙放射線防護のための線量測定	保田 浩志	1
〔施設訪問記〕		
医療法人社団 清志会 西台クリニック画像診断センター		6
ガラスバッジによるモニタリングサービス	寿藤 紀道	11
〔学会感想記〕		
日本保健物理学会第36回研究発表会		16
〔テクノルコーナー〕		
サーベイメーター管理システムについて		17
〔サービス部門からのお願い〕		
ガラスバッジのラベルが変わります		19

宇宙放射線防護のための 線量測定



保田 浩志*

長期化する有人宇宙活動を安全に実施していく上において、宇宙滞在者が浴びる放射線の量を適切に測定管理することは最重要課題の一つである。しかし、宇宙での長期滞在が健康にもたらす影響を評価するのに必要な科学的基盤は、未だ不十分である。宇宙放射線被ばくから宇宙飛行士を適切に防護することを目的とした測定では、宇宙放射線の生物学的効果（特に確率的影響）にかかる不確かさが大きいことを認識しつつ、既存の個人線量測定技術を応用していく姿勢が適切であると考えられる。

1. はじめに

国際宇宙ステーション（以下ISSと略記）の建設が開始され、数年後には日本人を含む宇宙飛行士が数ヶ月毎に交代で宇宙に滞在することになる。ISSにおいて長期宇宙滞在にかかる基盤技術の信頼性が実証された後には、月面基地の建設や火星航行といった、数年間にわたる有人ミッションの実施も米国等で計画されている。こうした壮大な有人宇宙開発を安全に遂行していく上で、宇宙放射線による被ばくを適切に測定管理することは最重要の課題の一つである。

宇宙飛行士の放射線防護に関する指針については、米国放射線防護測定審議会（NCRP）が中心となって、米国航空宇宙局（NASA）と密に情報交換しながら検討を進めてきた。最近NCRPから出されたレポート¹⁾では、ISSを想定した低軌道宇宙飛行に対して線量限度値等が提示されている。表1に、同レポートで提言されている宇宙放射線の全身被ばくに対する線量限度値を示す。日本では、宇宙開発事業団（NASDA）の外部諮問委員会である有人

サポート委員会の宇宙放射線被曝管理分科会が同様の検討を現在進めているところである²⁾。

2. 宇宙放射線環境の特殊性

宇宙放射線は、その起源によって、

- ・ 銀河宇宙線
- ・ 捕捉放射線帯粒子線
- ・ 太陽粒子線

に大別できる。

このうち銀河宇宙線は、主に100MeV amu^{-1} を超える高エネルギーの重荷電粒子線から成る（図1）³⁾。粒子の数（フルエンス）では陽子が8割以上を占めるが、人体の容積と生物学的な効果を考慮すると、重イオン（特にFeイオン）の寄与が無視できなくなる。

捕捉放射線帯粒子は、地球磁場に捕捉された状態にある荷電粒子（ほとんどが陽子）のことで、銀河宇宙線に比して、粒子のエネルギーレベルは1桁ほど低い、フルエンスは顕著に高い。ISS軌道（高度約400km、軌道傾斜角51.7°）では、磁力線が垂れ下がっている南大西洋上空を飛行する際にこ

*Hiroshi YASUDA 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 主任研究員

の捕捉放射線帯の内帯部分を通過し、その際に線量率の顕著な上昇が見られる⁴⁾。

太陽から定常的に放出される粒子線は、総じてエネルギーが低く、ISSの軌道では、地球磁場が持つ遮蔽効果により被ばく源としての寄与は小さい。しかし、大規模な粒子放出現象 (Solar Particle Event、以下SPEと略記) が生じた場合には、通常より高いエネルギーを持つ陽子のフルエンスが突発的に高くなる。線量率の上昇は数時間から数日で収まるが、粒子放出の規模と宇宙船の位置によっては1回のSPEで数mSvの被ばくに達し得る⁵⁾。

3. 宇宙放射線防護測定の特徴

以下、本報の主題である、宇宙飛行士の放射線防護を目的とした測定に関して私見を述べてみたい。宇宙空間という特殊な場における個人線量の測定では、次のような条件が最低限要求されると考えられる。

1 長期間常に宇宙飛行士が携帯できること。

宇宙飛行士は軽装で作業する時間が長いので、身に着けているのが気にならないぐらいに小型・軽量なものでないと、個人線量計としては機能しにくいと思われる。この「小型・軽量である」という条件は、宇宙ミッション (特に打ち上げ) にかかるコストを節減する意味で、宇宙実験等で使用

する物材に共通して求められる重要な要素でもある。

2 動作不良等を起こす心配が無いこと。

宇宙では、機器が故障しても修理や交換はまずできない。したがって、数ヶ月に及ぶミッション期間中、正常に動作し続けることが確実な線量計でなくては使用に適さない。電力を要する携帯型電子線量計の場合、内蔵しているバッテリーの寿命や、振動や衝撃に対する脆弱さの問題で、長期間の動作保証が難しいという難点がある。

3 異常値を除外できる冗長性があること。

各宇宙飛行士について個人線量計で得られた線量値は、本人の被ばく歴として記録され、ミッション回数や期間の制限等、生涯にわたる被ばく健康管理を行っていく際の重要なデータとなる。そうした重要性を考えると、線量計の指示値に予期せぬ高い値 (異常値) が見られた場合の対処法を考えておくことは不可欠である。最も有効な策として考えられるのは、小型の線量計を複数併用して、測定の冗長性を高めておくことである。

4 物理化学的に極めて安定であり、毒性や傷害性が無視できること。

宇宙船内という限られた閉鎖空間では、持ち込む素材の安定性や安全性には厳しいチェックが課せられ、物理的衝撃や高圧等

表 1 致死がん死亡確率が3%に増加するリスクに基づいて算出された、低軌道飛行における宇宙放射線に対する10年間線量限度 (ten-year career limits)¹⁾

最初のミッション における年齢 [Y]	実効線量 [Sv]	
	女性	男性
25	0.4	0.7
35	0.6	1.0
45	0.9	1.5
55	1.7	3.0

に対する耐久性等が事前に試験される。いかに優れた放射線計測技術でも、使用する機器が宇宙飛行士の健康を脅かす存在となつては本末転倒である。宇宙で使用する新しい線量計素材の開発や選定を行う際には、まずその安定性や安全性について十分に確認しておくことが望まれる。

5 宇宙放射線に対して被ばく管理上必要とする量が適切な精度で測れること。

宇宙飛行士の被ばく管理は主として確率的影響のリスク(表1参照)に基づいて行われると考えられるので、評価すべき量(防護量)は線量当量⁶⁾あるいは等価線量⁷⁾となる。後者の場合、線種ごとに(中性子についてはさらにエネルギーで)区分して放射線荷重係数(w_R)値が与えられているが、エネルギー範囲の広い多様な線種から成る宇宙放射線にこの概念を適用するには、電荷とエネルギーの測定が可能な、極めて大型の検出器を必要とする。したがって、放射線防護を目的とした宇宙線測定では、線エネルギー付与(LET)の関数である線質係数(Q)を吸収線量に乗じて防護量とする従来の定義を採用するのが適当と考えられる。過去の低軌道宇宙ミッションでも、Qを用いて線量当量(等価線量)

が評価されてきた。この場合、測定すべき物理量は「LET微分の吸収線量」となる。その測定に必要な精度については、後述したい。

以上のような条件を考慮して既存の線量計や検出器の適性を論じると、宇宙飛行士の放射線防護を目的とした測定法として現時点で最も妥当な技術は、TLDやプラスチック飛跡検出器(CR-39)等の小さな積算型線量計を組み合わせた方法であると考えられる⁸⁾。実際に、この種の線量測定法については、過去何度かの低軌道宇宙ミッションで試験が行われ、宇宙放射線に対する線量当量測定法として有効であることが検証されている⁹⁻¹¹⁾。

4. 宇宙放射線防護に求められる精度

地上の放射線防護を目的とした個人線量測定で達成可能な精度(95%信頼区間)は、ICRPによれば、良好な実験室条件下において $\pm 10\%$ 程度、作業場ではファクターで1.5程度とされる⁶⁾。宇宙放射線防護測定においては、線量のレンジは高いものの、様々な線種やエネルギーの放射線が混在し、それらが遮蔽条件等によって大きく変動するため(図2参照)、小型の線量計を

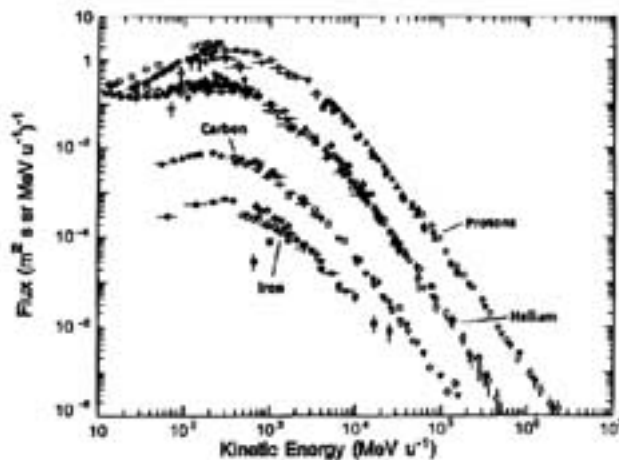


図1 銀河宇宙線に含まれる代表的核種のエネルギースペクトル⁽³⁾

使った測定で達成できる精度はさらに低いと推察される。

しかし、留意すべき点は、宇宙放射線の主成分である重荷電粒子線（高LET放射線）の確率的影響についてのデータは非常に乏しいという点である。LETの関数として与えられるQ値は、ICRP⁶⁾がはっきりと述べているように、線質の違いがもたらす差異をおおまかに表現したものに過ぎない。高LET放射線に対するヒトの発がんリスクには、物理的な線量測定の実誤差に比して、非常に大きな不確かさがある。その結果として、宇宙放射線の発がんリスク推定においては、Q値に付随する不確かさがその信頼性を低くしている主要因となっている¹²⁾。

したがって、宇宙放射線防護を目的とした測定の信頼性を高めるためには、LETの高い重荷電粒子線がヒトの健康に及ぼす影響を定量化するための研究に、優先的に取り組む必要がある。具体的には、宇宙飛行士の健康状態に関する疫学データや小動物等を用いた加速器利用生物実験で得られた知見について、データの拡充をはかりながらその整理と解析を進めることである。

現在用いられている防護量（線量当量や等価線量）の定義は、現時点での限られた科学的知見に基づいて取り決められた、ひとつの約束事である。将来、生物反応特有の不安定さや個体間のばらつきが定量的に理解されてくれば、防護量の定義がまた変更され、それに伴い測定方法も変わり得ることを留意しておくべきである。宇宙放射線防護に関連する生物学的データの蓄積とそれらの解析が進んでいない段階では、物理的な計測技術をさらに高精度化することへの投資は正当化されないだろう。

5. 展望と課題

月面基地建設や惑星間航行のような、人

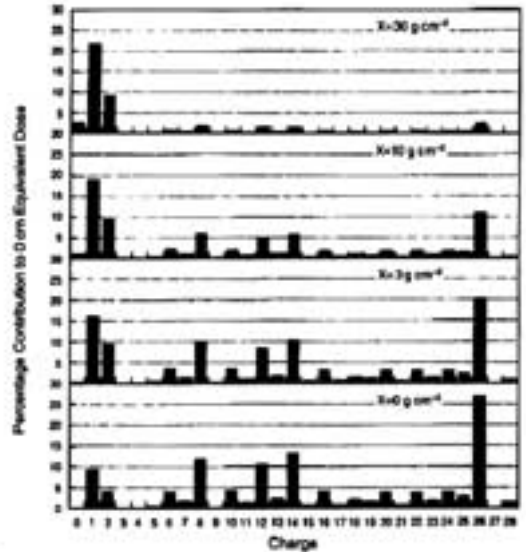


図2 太陽極小期(1977年)における銀河宇宙線に含まれる核種の皮膚等価線量に対する寄与割合：遮蔽厚みが異なる4段階の条件において電荷ごとのパーセンテージを示している⁵⁾

類的規模の宇宙ミッションを成功させていくためには、極めて幅広い分野にわたる専門家の協力と英知の結集が不可欠である。宇宙放射線防護に有効な対策を確立するためにも、物理・生物・医療・環境・工学といった異分野間での情報交換が非常に重要である。

繰り返しになるが、宇宙飛行士の放射線防護を目的とした線量評価をより適切に実施していく上での障害は、物理計測に付随する誤差ではなく、生物学的応答（特に確率的影響の発現）のばらつきや不安定性に起因する大きな不確かさである。宇宙飛行士の線量測定に携わる者には、その認識を生物・医学分野の研究者と共有しながら、評価対象とする生物効果に応じた測定方法を柔軟に選択・考案していく姿勢が求められている。

そのための環境作りとして、世界の科学者や技術者が専門分野を超えて容易に交流できるような場が増えてくることが望まれ

る。特に、高エネルギーの宇宙放射線を模擬できる数少ない粒子線加速器を国際的に共同利用できる体制が整えば、学際的な当該研究を効率よく進めることができるだろう。

6. さいごに

余談ながら、宇宙放射線研究関連分野の知的交流を促進することを狙いとして、独立行政法人放射線医学総合研究所、奈良県立医科大学、米国航空宇宙局（NASA）の三機関は、この3月奈良市において第2回宇宙放射線研究国際ワークショップ（IWSSRR-2: The 2nd International Workshop on Space Radiation Research）を共同開催した。当該会合には、海外から約70名、日本から140名が参加し、活発な議論を行った。

その会合中に、わが国において宇宙放射線研究に関わっている研究者の交流を促進し当該研究分野の進展をはかるための母体として、「日本宇宙放射線研究会（JASRR: Japan Association for Space Radiation Research）」の設立が宣言され、活動が開始された。当面、長岡俊治博士（藤田保健衛生大学）を会長、当方（放医研）を事務局として活動を行っていく予定である。日本では、ヒトの宇宙滞在を念頭においた宇宙放射線研究はまだ萌芽的段階にあるが、今世紀には、当該研究分野が有人宇宙開発

と歩を合わせて発展し、広い視野を持った研究者の輪が広がっていくことを願って止まない。

参考文献

- 1) National Council on Radiation Protection and Measurements(NCRP): Radiation Protection Guidance for Activities in Low-Earth Orbit.NCRP Report 132,p.10,NCRP:Bethesda, 2000.
- 2) 宇宙開発事業団(NASDA) 有人サポート委員会宇宙放射線被曝管理分科会報告書. 宇宙開発事業団（東京）, 2001.
- 3) Simpson,J.A.:Ann.Rev.Nucl.Part. Sci., 33: 323-381,1983.
- 4) Badhwar,G.D.and Cucinotta,F.A.: Radiat.Res.153:1-8, 2000.
- 5) Robbins,D.E.:The space radiation environment. In: Acceptability of Risk from Radiation-Application to Human Space Flight,NCRP Symposium Proc.3, pp.5-32, NCRP: Bethesda, 2000.
- 6) International Commission on Radiological Protection (ICRP): Publ.26, 1977.
- 7) International Commission on Radiological Protection(ICRP):Publ.60, 1991.
- 8) 保田浩志：放射線生物研究、35: 216-225, 2000.
- 9) Yasuda, H. et al.: Radiat. Res. 154: 705-713, 2000.
- 10) Doke,T.et al.:Radiat.Meas.,33:373-387, 2001.
- 11) Yasuda,H.:Health Phys.,80:576-582, 2001.
- 12) Cucinotta,F.A.etal.:Radiat.Res., 156:682-688, 2001.

執筆者のプロフィール

保田 浩志（やすだ ひろし）
1965年神戸生まれ。京都大学工学部衛生工学科卒業、京都大学博士（工学）。平成4年4月放射線医学総合研究所研究員、平成9年4月同所主任研究官、平成13年4月独立行政法人放射線医学総合研究所主任研究員。環境放射生態学に関する研究を経て、平成8年度より宇宙放射線防護測定の研究に従事。現在は文部科学省研究振興局専門官を併任、慣れないネクタイをして働いている。

「医療法人社団 清志会 西台クリニック画像診断センター」の巻



健康維持のための PET診断



健康ブームが続いている昨今です。書店には健康に関する本が山積みですし、テレビでも食や医療などをテーマにした番組がたくさんあります。体の病気についての知識は普及してきていますが、それでも日本人の三大生活習慣病と呼ばれる「ガン、心疾患、脳疾患」は恐ろしいものです。特にその中でも、ガンは1981年以降死因の1位となっており、毎年その数を増やし続け、なんと現在では総死亡数の約3分の1にあたります。

ガン治療に対して抗ガン剤、免疫療法、放射線療法、外科手術などのさまざまな治療法があり、医療業界では日々進歩していますが、やはり、早期発見、早期治療による治癒率の高さは見過ごせません。



とても明るい総合受付

■フロア案内

■5階	院長室、医師、画像診断室、職員執務室、図書室
■4階	総合受付、総合待合室、超音波検査室×2、診察・診察室×2、基本検査コーナー、男・女更衣室、休憩室
■3階	MR検査室×2、EBT検査室、待合室
■2階	PET検査室×2、待合室、技師執務室
■1階	PET検査室×3、待合室、支那コピー
■地下1階	サイコロトンネル、ネットラボラトリー、機械室 等

今回訪れた東京都板橋区にある西台クリニック画像診断センター（以下西台クリニックと記す）では、PETによる最先端の画像診断を行っています。

東京都心に、しかもアクセスの良い場所（都営三田線西台駅目の前）に最先端の施設があります。

▶▶▶ PETを用いた検査

特にガンのようにまだ画期的な治療法が見つからない病気ですと、早期発見、早期治療が大きなカギになります。まだ小さな

腫瘍を早期に発見し適切な治療を施せば治癒率が格段に高くなります。

Positron Emission Tomography (PET) はもともと人体組織の構成元素である炭素、窒素、酸素などの同位元素を使えること、しかもその半減期が秒単位から分単位と短いこと、ガンマ線が180度反対方向に同時に放出される性質を生かして定量的な画像が得られること、など従来の核医学検査には無いすぐれた特長があります。

PETによる検診について、まず院長の宇野公一先生にお伺い致しました。



サイクロトロンの説明をして下さる富吉先生



PET操作室



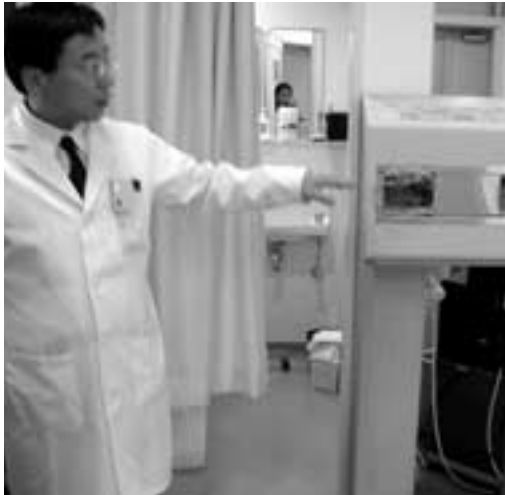
FDG自動合成装置



この中にFDGを調べます

「ガン検診は最初はCT、MRIで行うつもりでした。しかし、4、5年前に山梨の山中湖クリニックでPETを使った新しい人間ドックがとても上手いっていると聞きましたので、西台クリニックでもPETを導入しようという話になりました。

山中湖クリニックでは、リゾートライフを楽しみながら、ということもあり1泊2日かけて検査を行います。西台クリニックでは1日で検査が完了します。1日と言っても朝から始めて2時くらいには終わるので、実質半日ですね。検査を受ける側にとっても負担が少なくなります。検査を受けに来られた患者さんの多くが『寝ている



汚染管理や出入管理について説明して下さる冨吉先生

間に終わった』というくらいです。」

リラックスして検査を受けられるためなのか、体に負担がかからない検査なのか、患者さんの中ではリピーターの方が多く、1年に1度、毎年検査をしに来られる方もいらっしゃるようです。

「ガン年齢（40歳～）の方は年に1度PET検査をした方が良いと思います。今まで健康診断として検査に来られた方は平成12年12月の開院から3000人程おられますが、その中で1%の確率でガンの早期発見ができています。」と宇野先生は検査について説明して下さいました。

▶▶▶ リラックスできる検査方法 —

一般的なガン検診では内視鏡やバリウム造影などといった、肉体的に苦痛を伴う場合があります。たとえ健康のためとはいえ、検診の日程を見て「あーあ、またバリウムを飲むのか...苦手なんだよな...。」と憂鬱に感じる方も多いことでしょう。

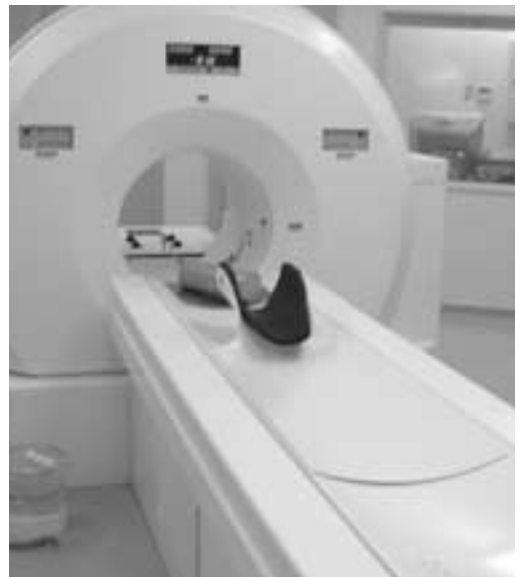
PETによる検査は一般的な人間ドックと違い、バリウムを飲んだりしません。

¹⁸FDGという薬剤を静脈注射します。検査に用いる¹⁸FDGの合成は院内のホットラボラトリーで行います。

¹⁸FDGというのは放射性薬品ですが、放射性物質を投与することによって患者さんが被ばくしてしまい、逆に健康を損ねるということはあるのでしょうか？ - ここに放射性物質に対する偏見があるのですが、実は¹⁸FDGの核薬剤半減期は110分くらいで、検査が終了するころには尿として排出されてしまいます。

このようにPETによる検査でうける被ばくはバリウム検査の約半分くらいなのです。バリウム検査のように翌日まで不快感が残るようなことが全く無く、検査を受けに来られた患者さんのお話だと「寝ている間に検査が終わり、とても楽だった」ということです。

個人線量管理はガラスバッジにて行っています。作業によっては被ばく線量が出ることもあります。宇野先生は放射線防護に注意を払い、中でも遮へいには心を砕いておられます。



夏に向けて新しいPETを準備



EBTについて説明して下さる富吉先生



とてもゆったりとした雰囲気の待合室

PETという最新の医療機器を使用しているのですから、その防護も重要視し、細心の注意を払う事が当然と考えていらっしゃるのです。

管理区域の入退管理はもちろん、汚染管理用測定器やエリアモニタによるリアルタイムの線量管理を行い、従事者の被ばく低減を心掛けています。

▶▶▶ 今後はPET主体の人間ドック —

「PETによる定期的な人間ドックも今後は増えていくと思います。実際、この方式を採用する医療施設があります。」

PETで全身を、そしてCTで細かく検査することによって、今まで何も自覚症状が無いのに見つかったという話もあります。検査後、ある部位に異変があったりした場合には、治療のために西台クリニックと提携している医療機関を紹介して下さるそうです。

▶▶▶ マスコミが次々とPET特集を —

次に富吉先生から院内のご説明と今後のPET診断のお話についてお伺い致しました。

西台クリニックは地下1階から地上5階で構成されています。4階で受付をし、着替えてから1階のPETにて検査を行います。検査を目的にした施設ですのでコンパクトにまとめられた印象を受けました。

リラックスした状態で1日で検査が終るので、自分のからだに気を遣っている人ならば明日にでも検査を試してみたいと思いますが、実はこのPET診断は8月まで予約が一杯なのだそうです。

これは、昨今の健康ブームに着目したマスコミ関係が西台クリニックのPETを取り上げ、テレビ各局が次々と特集したからなのです。

特に昨年(平成13年)「ズームイン朝」で放映された時が一番大きな反響があったそうです。

まさに嬉しい悲鳴というのでしょうか。PET診断の希望者は全国規模で問い合わせがあり、西台クリニックのスタッフの対応はその対応に追われています。

「現在、PET装置は1階に3台ありますが、この夏には2階に増設してもう2台稼働できるようになります。」

と富吉先生。この後各階を案内していただきました。

地下1階にサイクロトロン(住友重機械工業製「サイプリス」)が設置され、ターゲットに陽子、重陽子線を照射してフッ素(^{18}F)ガスを生成し、これを隣室のホットラボにて調合、分注をおこなっている。調合の済んだ ^{18}F FDG(PET検査のお薬)は、専用容器に収納されてPETのある1階の処置室まで搬送エレベータで運ばれ、これを ^{18}F FDG収納ボックスにセットして患者さんに静脈注射をするようになっています。投与の後は45分ほどたってからPET検査をして40分ほどで終わります。このあと、3階にてCT,MRや超音波の検査を受けてその日のうちに総合診断を受けられます。

院内を見学していると、検査を受けに来られた患者さんの姿を見掛ける事が出来ました。通常の間人ドックのような重々しい雰囲気は無く、皆さんリラックスしておられるようでした。

やはり、1日で検査が終るので安心でき

るのでしょ。

また、宇野先生はとてもファミリーライクな関係を重視しているそうです。ここ西台クリニックのサークル活動に院長杯と称したボーリング大会も行われているそうです。

先生方をはじめスタッフ同士でコミュニケーションを取り合い、患者さんに対しても丁寧に接するクリニックとして新しい時代の健康管理を担うという使命を感じることができました。

《謝 辞》

早く取材に応じて下さいました医療法人社団 清志会 西台クリニック画像診断センターの皆様はこの誌面をお借りして厚くお礼を申し上げます。

(平成14年5月28日に線量計測事業部の宮本、営業部の木名瀬、田中、FBN事務局の鹿島が訪問させて頂きました)

メンバー紹介



宇野院長先生

74年日本大学医学部卒業。東京大学付属病院放射線科にて研修。89年よりハーネマン大学放射線治療学科、ペンシルバニア大学医学科にて研修。93年千葉大学助教授(講座は放射線医学)。現在、医療法人社団清志会「西台クリニック画像診断センター」院長。



富吉先生

84年カリフォルニア大学クロウカー核研究所研究員。86年群馬大学医学部核医学講座助手。99年西台クリニック画像診断センター核薬剤部部長。現在に至る。

まわりの風景



日本の夏には13000発!!

西台、中台、高島平...板橋区のこの辺りの地名から連想される言葉は「高台」そう連想されるように、この地域は江戸や早稲田に比べて幾分高台になっているようです。

日本の夏といえば花火を連想する方も多いでしょう。荒川の花火大会も西台クリニックからの眺めはとても抜群なのだそう。花火大会の日は納涼大会と称し、スタッフの皆さんは浴衣を着て来られるそうです。

今年は8月3日に花火大会が行われるそうですので、13000発の美しい花火が西台クリニックで見られるのはとても楽しみです。

ガラスバッジによるモニタリングサービス

寿藤 紀道

はじめに

ガラスバッジは、当社の個人モニタリングサービス用の個人モニタとして2000年10月からサービスを開始し、昨年4月における放射線防護関連法令の改正と時を同じくして、それまでの主軸モニタであったフィルムバッジからの全面切り替えを経て皆様に広くご利用いただいています。

ガラスバッジ開発の経緯、測定原理及び法改正に伴う個人線量算定方法等については、これまで本誌等における解説をはじめ、学会及び研修会を通じて機会ある毎に紹介させていただきました^{1)・17)}。現行法令に基づく個人モニタリングサービスも一年を経て定着してきたところで、皆様が実施されている個人線量管理の参考にしていただければと思い、これまでの解説等を「ガラスバッジによるモニタリングサービス」と題して次の各項目に取りまとめて紹介します。

- 第一章 モニタリングサービスのコンセプト
- 第二章 蛍光ガラス線量計の測定原理
- 第三章 ガラスバッジの特徴と線量算出方法
- 第四章 現行法令における個人線量管理
- 第五章 ワイドレンジニューピットによる中性子線量当量算出
- 第六章 ガラスバッジによる空間線量測定

第1章 モニタリングサービスのコンセプト

1. モニタリングサービスの基本方針

当社は、モニタリングサービスをとおして数

多くの放射線業務従事者の方の個人線量等を測定し、法律上の限度と対比する数値を日々皆様にお届けしていますので、その社会的責任の重さを認識し、モニタリングサービスの実施に当たり次の基本方針を設定しています。

[基本方針]

世界に認められる高信頼度モニタの導入とISO9001品質システムに裏付けられた測定サービス体制の運用により、常にお客様に安心していただける測定値の報告を通じ、合理的な個人線量管理と放射線防護(合理的に達成する被ばく「ゼロ」の世界)に貢献する。

当社の個人モニタリングサービスに使用しているガラスバッジ(以下、GB)は、わが国を代表する原子力研究機関にて個人モニタリングシステムとして採用されています。このGBに使用している蛍光ガラス線量計は、IAEA Safety Standard Series¹⁸⁾等において、非常に安定度の高い優れた個人モニタであることが評価されていると共に、中性子測定に使用している固体飛跡検出器についても新たな中性子用モニタとして紹介されています。当社は、GBをはじめ末端部測定用のガラスリング(以下、GR)及び中性子測定用としてのワイドレンジニューピット(以下、WNP:使用時はGBに内装)を使用し、皆様にモニタリングサービスを提供しています。また、当社の測定センタでは、装着済みモニタの受付、測定評価、報告書の発行から次回使用するモニタの準備、発送に至る全てを行っています。従って、各モニタの取り扱い等については、全てISO9001品質システムに係る認証を取得し、

表1 積算型線量計の比較

項目	フィルムバッジ	蛍光ガラス線量計	TLD		OSL
			低原子番号	高原子番号	
測定エネルギー範囲					
エネルギー特性					
検出限界					
退行特性					
線量直線性					
感度安全性					
指示誤差					
使用環境条件					
繰返し測定			×	×	
画像情報			×	×	
累積線量測定	×		×	×	×

GB、GR及びWNPの全てを含めたモニタリングサービス体系の品質を保証し、皆様に安心していただける測定値が報告できる体制を整えています。

2. モニタリングサービス用モニタの要件

測定サービス機関では、個人線量管理の基になる貴重なデータを大量に取り扱うこととなります。従って、測定サービス機関として採用する個人モニタは、単に放射線測定に係る基本性能を満足するだけでなく、次の各要件を満たす必要があります。

[性能面から見た要件]

- 信頼度の高い測定値を得ることが可能
- 安全かつスピーディーな測定処理が可能
- 合理的なコストにてサービスが可能

[機能面から見た要件]

- 作業性を損なわず快適な使用感が提供可能
- 入退管理センサ等の組み込みによる高機能化が可能

(、 を満たすためには放射線検出子自身の小型軽量化が必要となる)

3. 蛍光ガラス線量計の選定理由

モニタリングサービス用の個人モニタに使用する線量計として採用するのは、蛍光ガラス

表2 蛍光ガラス線量計(GD-450)の感度安定性

検査内容	検査結果	備考
ロット間感度ばらつき	0.994 ± 0.036	1
ロット内線量計間ばらつき	1.31%	2
指示誤差	- 2.7% ~ +2.5%	3

1 基準ロットに対する相対値 検査対象：71ロット
 2 全ロット中の最大値 線量係数：10個/ロット
 3 全線量計中の最小～最大値

線量計をはじめとする各種の積算型線量計が基本となります。これらの線量計は、一般的に表1に示すような特徴を備えています。(中性子用線量計:固体飛跡検出器については後述します)

蛍光ガラス線量計(素子)は、基本的に次のような特徴を備えています。新たに開発した小型軽量の蛍光ガラス線量計(GD-450)は、前項に記述したモニタ要件を全て満たすことができます。

なお、開発したGD-450の感度安定性を表2に示します。

[蛍光ガラス素子の特徴]

製造ロット間、同一ロット内の感度ばらつきが非常に少なく安定している。

耐候性に優れ、フェーディングの影響は殆ど無視できる。

測定による蛍光中心の消失が無く、繰返し測定にて100%のデータ復元が可能となる。光の曝露等による蛍光中心の消失が無く、誤操作等によるデータ逸失の危険性がない。

第2章 蛍光ガラス線量計の測定原理

1. 蛍光ガラス線量計の歴史(概要)

蛍光ガラス素子が放射線の検出子としてはじめて登場したのは、50年程前のアメリカでしたが、その後、次のような日本メーカー(東芝(株)、その後東芝ガラス(株)(現、旭テクノグラス(株)))の継続的な開発により最新の個人モニタとして使用できるようになりました。

ガラス線量計の登場:1953年、事故用線量計としてアメリカ海軍に採用されたのが始まりとされている。(by Schulman et al)[測定範囲:10R ~ 1000R]

横田ガラスの登場:1965年、横田等が性能を飛躍的に改善することに成功し、個人線量計としての実用が可能となった。[測定範囲:10mR ~ 1000R]

当時の普及状況:放射線計測上の優位点を持ちながらも、測定処理の煩雑さ等から市場に受け入れられず、一部の国で継続使用されるに留まった。

製造メーカーによる改善:窒素ガスレーザーによるパルス状紫外線の利用による測定精度の飛躍的向上、素材改善によるノイズレベルの低減等により、線量計としての性能が格段に向上し、近年新たに脚光を浴びることとなった。

2. ラジオフォトルミネセンス(RPL)現象

ガラスバッジに使用される蛍光ガラス素子は、銀イオンを含有させた銀活性リン酸塩ガラスといわれるもので、図1に示すように放射線を照射した後に紫外線をあてるとオレンジ色の蛍光を発生する性質を持っています。この蛍光をラジオフォトルミネセンス(RPL)といい、このRPL発光量が入射した放射線量に比例性を持つことを利用し、発生した蛍光量を光電子増倍管で計数することで放射線を測定します。

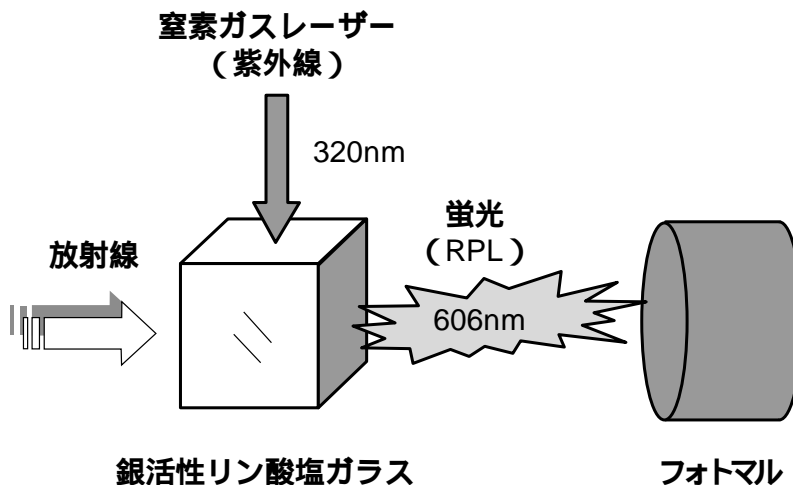


図1 ラジオフォトルミネセンス(RPL)現象

3. 蛍光中心の形成

放射線を照射した蛍光ガラスは、図2に示すように電離した電子および正孔（ホール）が銀イオンに捕獲されることで蛍光中心を形成し、これらの蛍光中心が紫外線による刺激を受けるとRPLを発光することになります。蛍光ガラスによるRPL発生過程を図3に模式的に示しますが、蛍光ガラスにおける蛍光中心は刺激

によって消失せず、繰り返し測定を行っても常に100%のRPL発光量を計測できることが、他のルミネセンス線量計（TLD、OSL等）と大きく異なる特徴となります。

なお、表3にRPL現象と同様に、蛍光量を測定することで放射線測定を行う各検出子の発光原理を参考として示します。

（ 続 ）

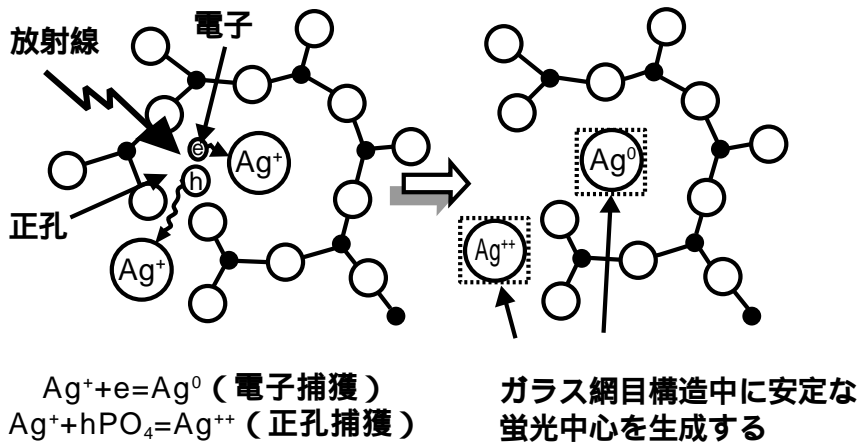


図2 蛍光ガラスにおける蛍光中心の形成

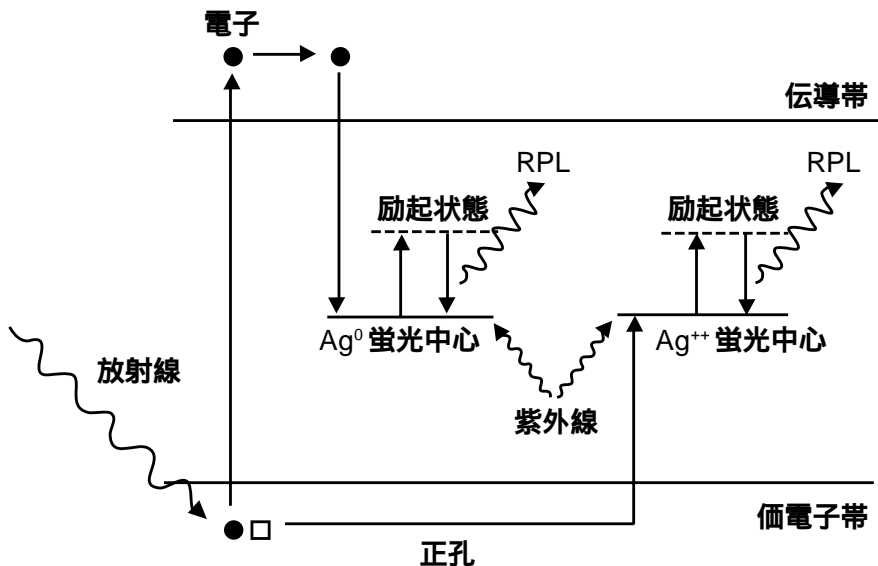


図3 蛍光ガラスにおける蛍光中心の形成及びRPL発光モデル

表3 各種検出子の発光原理の比較

	光刺激ルミネセンス		熱ルミネセンス
	RPL	OSL	TLD
放射線エネルギーの蓄積過程	放射線照射による電離作用により、自由になった電子と正孔(ホール)が、結晶内の格子欠陥などに捕獲され、捕獲中心として保存される。		
発光過程	捕獲された電子、正孔のエネルギー状態がかなり安定な場合、光によって励起されても基底状態へは落ちず、蛍光を発して元の状態(放射線照射後の状態)に戻る。	光エネルギーの吸収により、準安定状態におかれた電子、正孔が発光とともに基底状態に落ちる(放射線照射前の状態)。	加熱により、捕獲中心から電子、正孔が開放されて再結合し、発光とともに基底状態に落ちる(放射線照射前の状態)。
放射線エネルギーの散逸	放射線エネルギーの散逸はともなわない。 放射線エネルギーを光として放出する刺激緩和現象。		

【参考文献】

- 1) 寿藤紀道:2001年、テクニカル・モニタリングサーブिस(1)~(3)、フィルム・バッジ・ニュース、No.260~262(1998)
- 2) 個人線量評議会を開催、フィルム・バッジ・ニュース、No.266、17-18(1999)
- 3) 寿藤紀道:新ガラス線量計によるモニタリングサーブिस-個人線量評議会における評議結果概要-、フィルム・バッジ・ニュース、No.271、6-8(1999)
- 4) 寿藤紀道他:テクノスペシャル 99、フィルム・バッジ・ニュース、No.272、6-9(1999)
- 5) 寿藤紀道:個人被ばく線量モニタリングへの影響、日本原子力学会2000年春の年会要旨集(2000)
- 6) 寿藤紀道:個人被曝管理の対応、日本放射線技術学会、第56回学術大会防護分科会、放射線防護分科会会誌、No.10(2000)
- 7) 寿藤紀道:法令改正に伴う個人線量算定方法の概要、フィルム・バッジ・ニュース、No.283、7-8(2000)
- 8) 寿藤紀道:IRPA-10におけるガラスバッジの紹介、フィルム・バッジ・ニュース、No.284、11-12(2000)
- 9) 寿藤紀道:ガラスバッジの測定原理と個人線量算出方法、フィルム・バッジ・ニュース、No.286、3-6(2000)
- 10) 寿藤紀道、小林育夫、村上博幸:個人線量計が替わる、保健物理、36(1)、95-100(2001)
- 11) 寿藤紀道:<特集>平成12年度医療放射線管理講習会(第23回~第25回)3法改正に伴う医療現場における放射線防護の実際-個人管理について-、ニュースレター、No.30、23-27(2001)
- 12) 寿藤紀道:法令改正に伴う個人モニタリングサーブिसの変更、フィルム・バッジ・ニュース、No.292、12-14(2001)
- 13) 個人線量測定機関協議会:法令改正に伴うモニタリングサーブिसの変更について、(2001発行パンフレット)[同転載記事:フィルム・バッジ・ニュースNo.298、8-12(2001)]
- 14) 寿藤紀道:<特集>平成13年度医療放射線管理講習会(第26回~第29回)個人線量測定サーブिस機関としての対応の実際、ニュースレター、No.30、23-27(2001)
- 15) 野村貴美、池上徹、寿藤紀道:個人被ばく線量計の最近の展開(蛍光ガラス線量計)、RADIOISOTOPES、51(2)、84-95(2002)
- 16) 寿藤紀道:ガラスバッジによる空間線量測定について、大学等放射線施設協議会近畿地区研修会法令改正に伴う実務勉強会要旨集、109-112(2002)[同転載記事:フィルム・バッジ・ニュースNo.303、12-15(2002)]
- 17) 寿藤紀道:「個人被ばく線量の評価と記録・記帳」(外部被ばく)第12回主任者セミナー要旨集、21-25(2002)[同転載記事:フィルム・バッジ・ニュースNo.305、10-12(2002)]
- 18) IAEA: Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation, IAEA SAFETY STANDARD SERIES No.RS-G-1.3(1999)

学会感想記

日本保健物理学会 ～ 第36回研究発表会 ～

今年、日本保健物理学会は創立40周年を迎え、その記念すべき第36回研究発表会が、6月6、7日の二日間、金沢市で盛大に開かれました。会場となった石川県教育自治会館は、金沢城址、兼六園の直ぐ近くで、他にも、昔を偲ぶ名所旧跡があちこちの路地に数多く点在する街の一角にあります。そのような落ち着いた雰囲気の中、93件の研究発表、40周年記念特別講演2題、特別セッション1題、パネルディスカッション1題等で、熱のこもった発表や講演が行われ、そして、活発な議論が展開されました。

ここで、本発表会全体を特徴付ける話題を三つ紹介いたします。

一つは、創立40周年記念として、学会員だけでなく、一般の人々も対象とした公開講演会(2題)が企画されたことです。木下富雄先生(甲子園大学学長)の「社会は放射線のリスクをどのように捉えているか」では、放射線のリスクとリスク認知の違いに関して、様々な調査を基にわかりやすい説明があり、このテーマを考える上では、心理学的なアプローチがかなり重要であると再認識しました。また、長谷川孝徳先生(石川県歴史博物館学芸専門員)の「前田利家と加賀百万石」では、NHK大河ドラマ「利家とまつ」が放映中とあって、身近な例を引き合いに、ユーモアたっぷりに利家の生き方をお話になられ、現代にも通じる処世術を学びました。

特徴の二つ目は、「環境の放射線防護(世界と我が国の動向)」について、新しい観点から特別セッションとして取り上げられたことです。従来は、人間を防護してい



れば、他の生物種を危険に陥れることはないとし、ICRPでは、放射性物質の人への移行経路としてのみ環境に関心を持つとしてきました。しかし、人への線量は小さいが他の生物への線量は大きい状況があり得るなど、ICRPのこれまでの勧告では、環境を十分に防護できない状況がわかってきたことから、世界的な流れ・動きとして、環境の放射線防護が叫ばれ出してきたとのこと。放医研での放射線環境影響研究の生態系モデルによる取り組み、そして、数理モデルによる取り組みなどが紹介されましたが、生物界を構成しているあらゆる生物種のリスクをもっと具体的にどのようにして把握していくのか、今後、その方法論が活発に議論されていくのではないかと思います。

特徴の三つ目は、パネルディスカッション「若手研究者が21世紀の放射線防護と保健物理研究について討論する」と題し、保健物理研究の将来について、若手研究者間で活発な意見交換が行われたことです。パネラーは、若手というよりは、中堅で活躍されている研究者達でしたが、複雑化してきている線量表現や不確かさ、その他多くの問題に対し、日頃感じ考えていることを、忌憚なく活発に発言しておりました。その中で、現場のニーズを掴み、時代の流れと社会の変化に敏感であることが必要であり、更には、ICRPに対しても、待つ姿勢ではなく、積極的に意見表明すべきであるなどの力強い意見がだされ、実りのあるパネルディスカッションとなりました。

最後に、最近まで弊社の顧問であり、長い間、このFBNewsの監修を担当して下さった藤田稔先生が、総会において、日本保健物理学会の名誉会員に指名され、満場一致で承認されました。これは、私にとってもたいへんうれしいことでした。

(大洗研究所 佐藤裕一)

テクノコーナー



サーベイデータ管理システムについて

コ ン セ プ ト

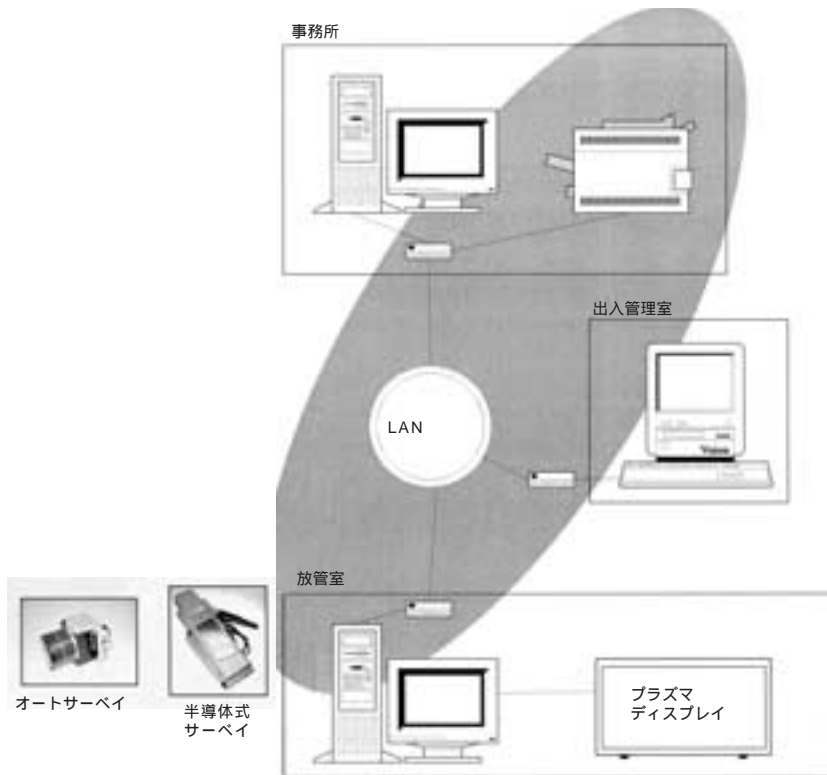
本システムは、現場サーベイポイントにトラスポンダ（ID付き発信器）を設置し、弊社のデータ記憶式オートサーベイメータ（ハンディターミナルサーベイメータも可）と四電エンジニアリング（株）殿開発のサーベイデータ管理システムとで構成されています。

今日までの一般的な定期サーベイは、各サーベイポイント毎に測定データを記帳（記帳ミスが懸念されます）し、その記帳したデータをパソコン等に入力して報告書を作成してきました。

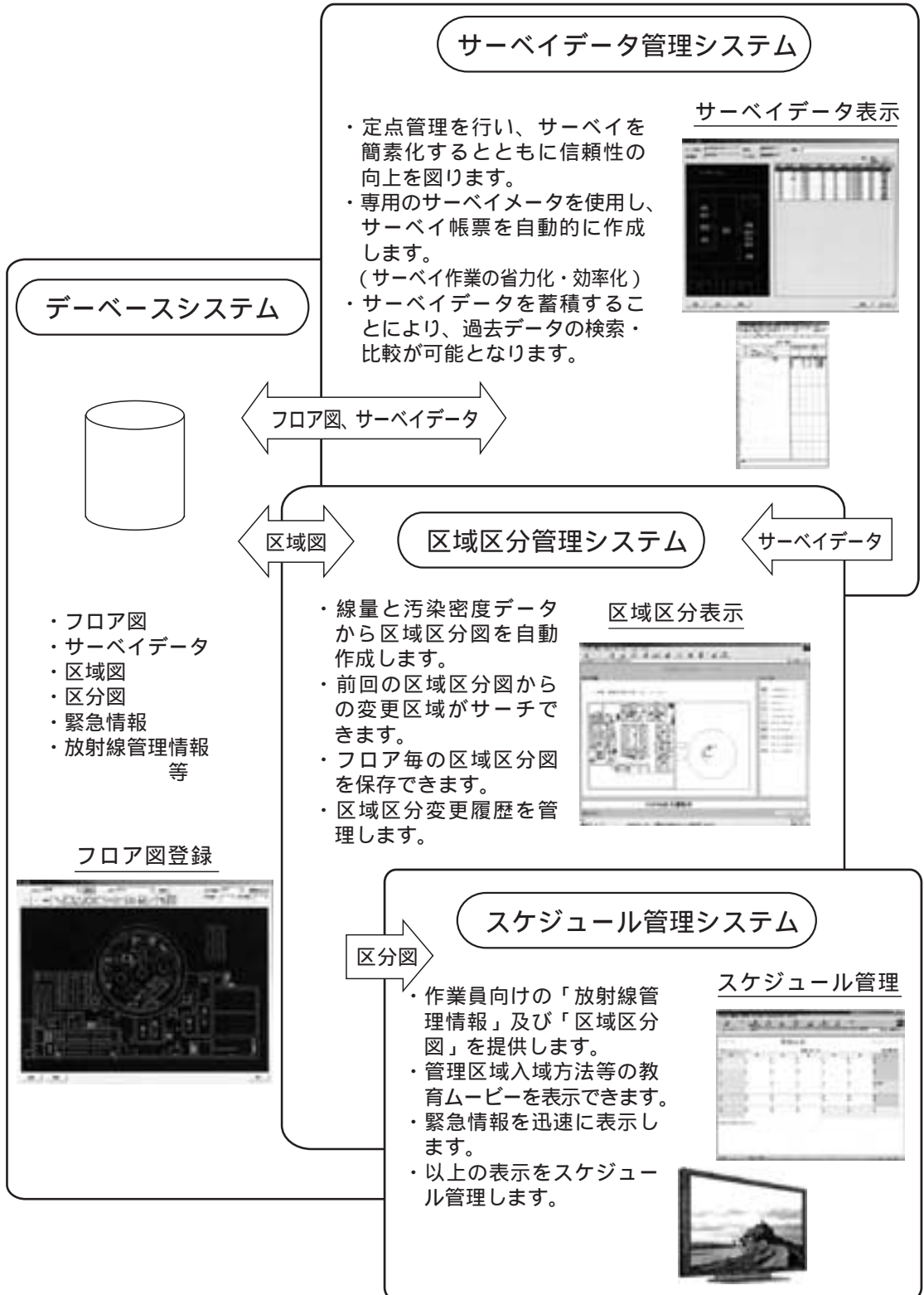
本システムは、トラスポンダの設置により、測定ポイントと測定値との整合性を維持し、もちろん記帳ミスなどの発生はありません。測定終了後は、記憶式オートサーベイメータとサーベイデータ管理システムを連結し、簡単な操作を行うことで報告書が完成します。まさに正確、且つ合理的なシステムと言えます。

本システムは、プラズマディスプレイなどとの組み合わせにより、遠隔での区域区分表示、スケジュール管理も実現できる拡張性をもっています。P A的にも有効なシステムと言えます。

安価なシステムの構築（例）



ネットワーク対応となっていますので、区域区分表示用等の端末を複数台設置することも可能です。



サービス部門からのお願い

ガラスバッジのラベルが変わります

- ・「氏名」の印字位置を変え、より見易くしました。
 - ・「お客様コード・整理番号」の位置を変え、より整理し易くしました。
 - ・装着部位・所属等の位置も変え、よりスマートにしました。
- 8月ご使用分から変更の予定です。ご期待ください。

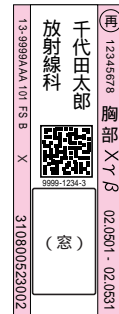
ガラスバッジの印字方向は、3種類（横書、縦書、不均等用タイプ）をご用意しております。印字方向を変更される場合は、ご使用者変更連絡票を用いてご希望される種類を「ラベル」欄からお選びのうえ、当社CSセンターまでFAXくださるようお願い致します。



横書タイプ



不均等用タイプ



縦タイプ

編集後記

諺によると「夏風邪は犬もひかない」「夏風邪はバカがひく」と、どうも夏風邪に対しては周囲の同情はあまりないようです。風邪の季節といえば冬。冷たい北風に、乾いた空気に、蔓延するウィルス。毎年猛威を振るライノフルエンザウィルスは気温10前後で繁殖し、さらに気温が下がると人間の体の免疫力も下がります。そして湿度が下がると、乾いた喉や鼻の粘膜からウィルスが侵入してしまうのです。

それにしても「夏風邪はバカがひく」なんてひどいですね。昔々エアコンのない時代、あまりの暑さに体に何も掛けずにお腹を出して寝てしまったり、冷たい物を飲み過ぎたりした結果、体を冷やして風邪をひいてしまったとよく言います。また、一般的な風邪ウィルスは主に接触感染していると言われます。電車の吊革などから感染してしまうこともあるそうです。これは手を洗ったりうがいをする事でかなり防げるそうです。それでも風邪をひいてしまうのは「ちゃんと手を洗わないから」と、これもお母さんが子供を躾るようにこれまでも何回も言われ

ていることですね。暑いからといって考えなしに行動してしまったり、外から帰ってき来てもうがいや手洗いをしない人が風邪をひくので「夏風邪はバカしかひかない」と言われるようになってしまったのではないのでしょうか。

しかし、エアコンが普及するとそうはいきません。冷房病なんていう言葉もあるように、エアコンで空気が乾燥していますし、さらに外気温と室温の差が激しいので体に負担がかり、抵抗力もダウン。昔の原因のようにノンキなものではないのです。...エアコンの効き過ぎた部屋というのは、冬と同じように風邪をひきやすい条件が揃っているのです。

「風邪にはビタミンC」と一般常識のように言われていますが、ビタミンCは免疫力を高める働きがあるので、風邪予防に最適のビタミンだそうです。また、風邪の原因の一つであり、風邪を悪化させる要因でもあるストレスの緩和にも有効なので、風邪をひいている状態ならばたくさん取るほど効果的。通常の5～10倍の250～500mgの摂取が理想的ですよ。（鹿島）

FBNews No.307

発行日 / 平成14年7月1日

発行人 / 細田敏和

編集委員 / 宮本昭一 久保寺昭子 佐々木行忠 寿藤紀道 藤崎三郎

福田光道 大登邦光 田中真紀 鹿島顕子

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7階

電話 / 03-3816-5210 FAX / 03-5803-4890

http://www.c-technol.co.jp

印刷 / 株式会社テクノサポートシステム

営業所 / 東京 TEL 03-3816-2245
FAX 03-5803-4890

大阪 TEL 06-6369-1565
FAX 06-6368-2057

名古屋 TEL 052-331-3168
FAX 052-339-1180

福岡 TEL 092-262-2233
FAX 092-282-1256

仙台 TEL 022-224-1113
FAX 022-217-8796

新潟 TEL 0257-22-3334
FAX 0257-20-1022

札幌 TEL 011-733-1501
FAX 011-733-1502

広島 TEL 082-261-8401
FAX 082-261-8448

モニタリングサービスのお問い合わせは上記の営業所で承っております。
- 禁無断転載 - 定価400円(本体381円)