



Photo H. Horane

Index

VLF/LF 送信局電波を用いた地震に伴う 電離層擾乱の観測と地震予測の実用化	早川 正士	1
高度内部被ばくの治療剤	立崎 英夫	6
世界が見つめる日本の原子力	町 末男	11
医療における放射線防護について	太田 勝正	12
〔テクノルコーナー〕		
マイクロセレクトロン HDR-V3		17
ガラスバッジ Web サービスへのお誘い －エラーメッセージへの対処法－		18
〔サービス部門からのお願い〕		
平成23年度「個人線量管理票」のお届けについて		19

~~~~~

# VLF/LF 送信局電波を用いた地震に伴う 電離層擾乱の観測と地震予測の実用化



早川 正士\*

~~~~~

まえがき

~~~~~

2011年3月11日東日本大震災はその被害のほとんどは津波によるものであったが、地震予知の重要性を全世界に知らしめることとなった。地震観測という力学手法に基づく地震予知が長年にわたり行われてきたが、その限界が明らかになって来た。神戸地震後、力学的手法に代わって、電磁気現象が地震前兆（予兆）として極めて有望であることが分かってきた。特にVLF/LF送信局電波を活用した電離層擾乱の観測は国内ネットワークを用いて約15年続けられ、電離層擾乱と地震（マグニチュード6以上、浅い（40km以下）との有意な因果関係が近年得られた。このVLF/LF法を用いた手法は実用化され、地震予測を配信するベンチャー会社を我々は設立し、定常的情報発信を開始している。

## 1. 地震の短期予知

~~~~~

ここで言う「地震の短期予知」とは、地震の数日から数週間程度前に地震を予知すること、即ち「いつ、どこで、どの程度の大きさ（マグニチュード）の地震が起こるかを事前に知る」ことである。地震の短期予知は、日本のような地震国では社会的要請の強い課題である。地震災害を軽減するという目的のためには予知研究よりは防災の方がより直接的であることから、建造物の耐震性等を高めることが必要であること

は論を待たない。しかし、地震予知ができれば人的損失の著しい軽減だけでなく、防災上からも大変重要であることから、地震予知研究は国民的関心も高く、また学問的に見ても地球科学に残された最大のフロンティアの一つと言っても良いと考える。

地震学での中期・長期予測ではない。中期とは数年から数10年オーダ、又長期とは100年以上のオーダのタイムスケールでの予測である。中期予測とは「○○地方にはここ30年にてマグニチュード○の地震が起ころる確率はXX%」という如きもので、過去の地震統計に基づいてその地域は地震が起り易いか否かということを示すだけで、いつ起ころのかという情報は与えない。

2. 地震予知学と地震学

~~~~~

地震学とは、地震が起った後にその地震のいろいろなマクロな（巨視的）特性（どの断層と関係していたとか、どれだけずれたとか等）を調べることにより、地震の発生メカニズムを解明する学問である。地震観測はもともと地震予知には不向きで、将来の地震についての情報を得ることは出来ない。

それに対し我々が提案するのが「地震予知学」である。地震を予知するために為すべきことは、その前兆（予兆）現象を探ることに尽きる。震源での高まるストレスにより発生する如何なる前兆現象でも良く、なまずでも良いのだ。ただし、その前兆と

\* Masashi HAYAKAWA (1)電気通信大学、(2)早川地震電磁気研究所、(3)地震解析ラボ

**地震との因果関係が得られれば、実用化に大きく前進することになる。**前兆現象のほとんどは非地震現象で、ここ15~20年にて各種の電磁気現象が報告されている。即ち、電気、磁気の異常、電磁放射、電離層擾乱などの観測に基づく電磁気手法で、神戸地震後著しい発展を遂げている。

地圏内では震源付近の圧力上昇に伴い微小岩石破壊（マイクロフラクチャという）が必ず地震に先行し、電気／電子工学ではお馴染みの摩擦電気、圧電効果等のメカニズムにより電荷分離（プラス、マイナスの電荷の発生）（即ち、電流）が発生することとなる。この電流がいろいろな電磁気現象の源となる。これらの地圏内のミクロな（微視的）情報が地震予知では重要となる。一旦電磁気現象が起これば、その効果は周波数にもよるが、数10km~100km地圏内を伝達し、地表近くでも受信され得る。この**前兆性と遠隔性**が電磁気手法（非地震観測）が力学手法に対して決定的に優れている点である。勿論、基本的には地圏内でのマイクロフラクチャというミクロな力学効果が原因ではあるが。

電磁気現象が地震の短期予知において近年注目されるようになったのにはいくつかの理由があるが、以下ではそれらを具体的に述べよう。第一の理由は、地震に伴う興味ある現象の発見である。先ず、第一は大地震（M 7、8程度の）の前兆としてULF（ultra-low-frequency、周波数1 Hz以下）電磁放射が検出された。1988年ソ連グルジア共和国でのスピタク地震とその一年後の1989年のカリフォルニア・ロマプリエタ地震の際に、極めて類似のULF電磁放射が発見された。その後1993年グアム地震に対して早川らは全く新しい信号解析法を開発し、前兆ULF電磁放射の検出に成功した。続いて、地上高度60~70kmに存在する電離層までが地震に伴って擾乱されていることが神戸地震（1995年）の際早川らによって明瞭に発見され、世界的な注目を集めた。ULF電磁放射は地圏からの直接的な放射であり、比較的受け入れ易いも

のであったが、電離層が地震の影響を受けることは地圏の何らかの効果が大気圏を通して電離層まで伝達されることを示唆し、にわかには認めがたい発見であった。第二の理由は神戸地震後日本政府（旧科学技術庁）による地震総合フロンティア計画の実施である。二つの研究機関、理化学研究所と旧宇宙開発事業団（NASDA）に対して「電磁気現象を用いた地震予知の可能性を追究せよ」との要請があった。早川は後者のフロンティアを担当し、幾多の成果を挙げたが、最も重要なものの一つとして地震電磁気研究分野での国際的活動母体を創出したことであろう。過去4回（1994、1997、2000、2005年）電気通信大学においてIWSE（International Workshop on Seismo Electromagnetics）（地震電磁気現象と地震予知）という国際会議を開催し、国際的研究活性化に寄与している。日本のフロンティア研究の成功に刺激され、台湾、インド、イタリア、ロシア、メキシコ等の国でも、地震電磁気に関する国家プロジェクトが採択されている。最後の理由として、仏国による地震電磁気専用人工衛星（DEMETER）が2004年6月29日に打ち上げられたことを挙げることができよう。早川は当初よりこの衛星計画に深く関わってきたが、我々も含め各国の研究者が Guest Investigator として参加し、興味ある結果が報告されている。この種の衛星観測は地上観測との同期連携観測により地圏・大気圏・電離圏結合メカニズムの解明には不可欠の手段である。この状況を概念的に描いたのが図1である。以上述べた様に、地震予知の可能性を追究する地震予知学は、地震電磁気学という極めて学際的な新しい学問分野として創成されつつある。

### 3. 地震予知学の最前線

すでに前節で述べたように、地震電磁気学は、(i)地圏内からの直接的効果（例えば、ULF電磁放射）だけでなく、(ii)大気圏での擾乱、(iii)電離層プラズマの擾乱

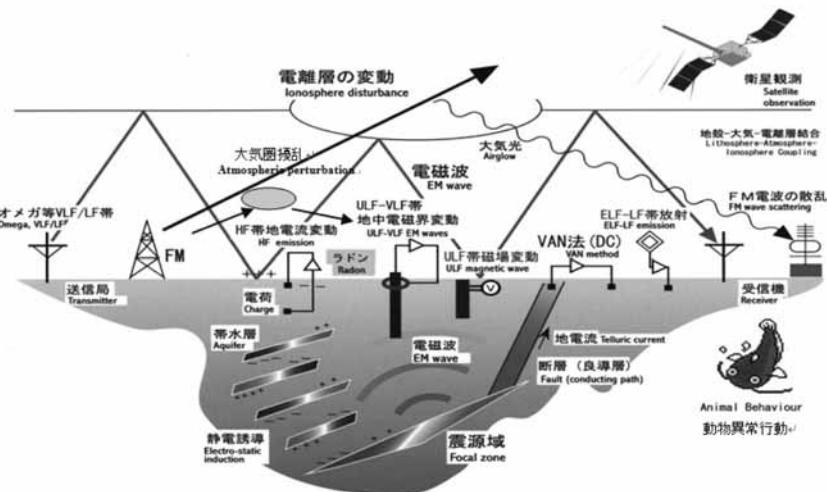


図1 地震に伴う各種電磁気現象とその観測手法。現象は地圏だけでなく、大気圏や電離圏にも及ぶ。

のように広い領域にわたる現象を対象とし、各々の領域での現象の存在とその検証だけでなく、地圏変化の影響・効果が如何に大気圏、電離圏まで伝達されるかという「地圏・大気圏・電離圏結合」の解明にまで研究が拡がっている。図1からわかるように、観測手法も地下探査などの地上観測だけではなく、人工衛星による観測も不可欠となってきた。

#### 4. VLF/LF 送信局電波による 電離層擾乱の観測

最も研究が進み、実用化に近づいているVLF/LF電波を用いた電離層擾乱の観測だけについて述べよう。

神戸地震後我々は徐々にVLF/LF観測点を増やしてきたが、2001年の地震フロンティアの枠内での旧宇宙開発事業団(NASDA)の地震リモートセンシングフロンティアが終了した後は、財政的困難さのため、観測点を縮小せざるを得なかった。図2は現時点での国内VLF/LF観測(受信)ネットワークの状況で、国内では北から順に北海道母子里(MSR)、中標津(NSB)(表示していない)、調布(CHF)、愛知春日井(KSG)、岡山津山(TYM)

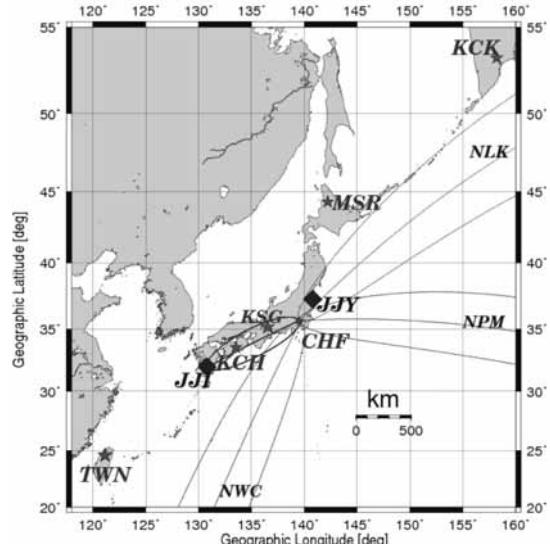


図2 VLF/LF 国内ネットワーク。星印は受信点で、MSR（母子里）、CHF（調布）、KSG（春日井）、KCH（高知）である。四角印はVLF/LF 送信局で、JJY 局（福島）と JJI 局（宮崎）である。CHF を例に取り、各々の送信局に対する感知領域（楕円）を示している。

(表示していない)、高知(KCH)に観測点を置いている。各々の受信点では国内2送信局(JJY局(福島)、JJI局(宮崎))と国外3送信局(NWC局(オーストラリア)、NPM局(ハワイ)、NLK局(米国シアトル))からのVLF/LF電波を受信する。すでに

神戸地震後15年以上にわたる連続観測を続けているが、長期間にわたり連續的に良質のデータを得ることは至難の業である。我々の最新の論文 (J. Geophys. Res., 2010年) では、7年間（即ち2001年1月から2007年12月までの期間）のデータを採用し、VLF/LF伝搬異常（電離層擾乱）と地震との因果関係を調査した。夜間でのVLF/LF振幅データを用いた“夜間ゆらぎ法”を採用了。

統計解析の結果を示そう。浅く（深さ40km以下）、しかも大きな（マグニチュード6以上）地震に対しては有意な相関が得られた。即ち、トレンド（夜間平均振幅）は地震の約1週間前に有意に、 $-2\sigma$  ( $\sigma$ : 標準偏差) を超えて減少している。同時に、振幅の変動の度合いを示す分散は地震の前に $2\sigma$  ( $3\sigma$ にも接近) を超えて著しい上昇を示すことがわかった。結論として、地震の約1週間前に前兆的電離層擾乱が観測されることになる。

続いて2011年3.11東日本巨大地震の前兆について述べよう。1995年の神戸地震は陸域での地震であり、宏觀現象も含め多くの前兆（予兆）が報告されていた。しかし、今回の3.11地震は海域での地震ということが主原因であろうが、前兆現象は極めて少ない状況であった。そんななか我々は事前にこの前兆を見ていたこともあり、情報発信が出来なかったことが大変残念でならない。

図3はNLK（米国シアトル）-CHF伝搬パスと震央の場所とを対比してプロットしたもので、図4はNLK-CHFパスの伝搬特性をまとめたものである。上段はトレンド（夜間平均振幅）、下段は分散の結果で、ともに $\sigma$ にて規格化されている。図4の上図を見て下さい。2011年1月1日からのデータですが、この3ヶ月間においてトレンドの著しい低下は見られず、明瞭な異常は3月5日と6日に出現しているだけである。特に、3月5日のトレンドは $-3\sigma$ を超える、 $-4\sigma$ にも接近する大きな異常です。対応する分散も上昇している。これ

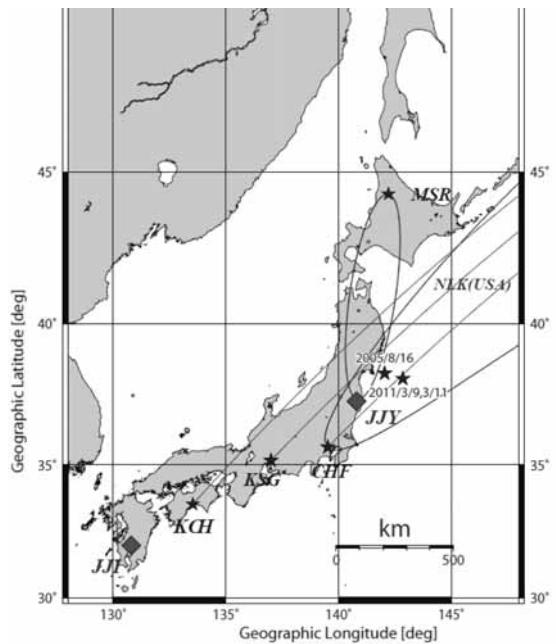


図3 2011年3月11日の巨大地震の震央と解析した伝搬パス (CHF (調布)-NLK局 (シアトル米国)、JJY局 (福島)-MSR (母子里))。

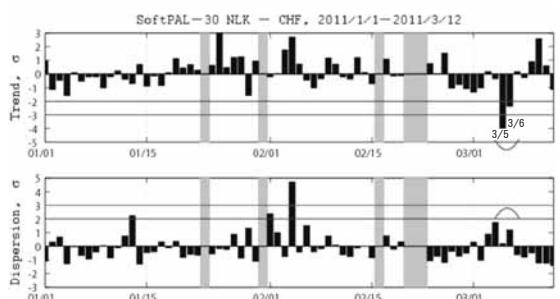


図4 3.11地震に伴う前兆的電離層擾乱。3月5日、6日にトレンド（上図）の著しい低下（ $-3\sigma$ を超えて）と同時に分散（下図）の著しい上昇が見られる。

が今回の3.11地震の前兆と考えられます。従来我々は陸域での地震を対象としてきており、陸域地震に対しては多くの事例と経験をすでに持っているが、海域での地震は我々にとって珍しい経験である。図4より、海の中で地震が発生しそうであることは分かるが、場所の特定は他の伝搬パスの情報がないため困難であった。この為、予測を出すことは出来なかったというのが我々の実情である。

## 5. 地震予測情報の配信

VLF/LF 送信局電波を用いた電離層擾乱の観測は多年の実績があり、前述した様に両者の間に有意な因果関係があることを証明している。即ち、この手法が各種の有望な電磁気手法のうちでも最も信頼できるものと言える。実用化に大きく近づいたと言ってよい。

我々は、前述した因果関係に基づいて地震予測情報を配信するベンチャーカンパニー「地震解析ラボ」を一昨年（2010年）に設立した。一昨年は試験的に無料での地震予測情報配信を行ったが、その経緯（予測と結果）は地震解析ラボのホームページにアーカイブとして掲載されている。「いつ」は因果関係より異常の約1週間後であり、「どこで」は多くの送信局と受信点パスでの異常出現の比較を用い、最後の「マグニチュード」については、異常の度合いと何日続くなどの情報を用いて決定する。2011年3.11地震後、事業の将来が著しく危ぶまれたが、その後の外国VLF局電波の諸特性の集中的調査により我々の心配もふっ飛ぶこととなった。即ち、外国送信局（NLK局、NWC局、NPM局）電波の伝搬特性について調べた結果、余震活動と考えられる海域での地震も従来の国内二局（JJY局、JJI局）からの電波特性と外国3送信局電波の伝搬特性を融合することにより実にうまく予知できる事が分かって来た。この結果に勇気づけられ、我々は地震予測情報の法人、個人への配信を開始した。更に、本年（2012年）からは携帯電話・PCへ我々の情報が流れることとなっており、それは多くの皆様からの御支援の賜物である。

### あとがき

最後に一言述べる。先ず、小生の著書「地震は予知できる」では、地震予知学の最前線としてVLF/LF電波を用いた電離層擾乱の詳細を述べ、地震予知学と地震学

が別ものであることも強調している。更に、早川監修の「地震予知研究の最前線」は、日本人10人と外国人20人の研究者によるレビューを収集した大作である。各グループの得意とする分野での研究活動をまとめている。地図、大気圏、電離圏での現象をすべて網羅している。地震予知学に従事する世界中の研究者の数は極めて少ないにも関わらず、彼らが献身的に努力している姿を皆様に伝えたいと考える。地震予知学の世界的高まりを国民の皆様に広くご理解いただきたいと願っている。

### 文献

- 1) 早川正士、最新・地震予知学（電磁波異常でわかる、その前兆）、祥伝社、1996年。
- 2) 上田誠也、地震予知はできる、岩波科学ライブラリ 79、岩波書店、2002年。
- 3) 早川正士、なぜ電磁気で地震の直前予知ができるか、日本専門図書出版、2003年。
- 4) 早川正士、地球環境とノイズの意外な関係（地震、大気、宇宙の声を聞く）、技術評論社、2009年。
- 5) 上田誠也、どうする！日本の地震予知、中央公論、196-208、2011年、4月号。
- 6) 早川正士、地震電磁気現象の計測技術と研究動向、電子情報通信学会論文誌、vol. J 89-B、No. 7、1036-1045、2006。
- 7) 早川正士、地震は予知できる、KK ベストセラーズ、2011年12月発刊。
- 8) 早川正士監修、地震予知研究の最前線、日本専門図書出版(株)、2012年2月発刊。

### プロフィール

昭和41年名古屋大学工学部（電気工学科）卒、昭和43年同大学大学院修士課程修了。昭和45年同大学博士課程中退、名大空電研究所助手。昭和53年同研究所講師、昭和54年助教授。その間、英国シェフィールド大学客員講師、仏国国立惑星環境物理化学研究所客員教授。平成4年電気通信大学教授、平成21年停年退官、名誉教授。現在、同大学客員教授、㈱早川地震電磁気研究所社長及び地震解析ラボ所長。一貫して、電磁環境学の研究に従事。1996-2001年旧宇宙開発事業団フロンティア研究を担当。日本大気電気学会会長、国際電波科学連合E分科チェア、電子情報通信学会フェロー、電気学会上級会員など。

# 高度内部被ばくの治療剤



立崎 英夫\*

人体内に放射性物質が入り込んで起こる内部被ばくは、外部被ばくに比べて診断も治療も複雑であり、被ばく線量を各人について計る個人線量計のような本人にとって簡便な方法もない。こういった内部被ばくの治療のために、近年一部の核種に有効な薬剤が承認されたので、一般的解説とともにそれらを紹介させていただく。

## I. 被ばくの種類

放射線被ばく事故は、線源の位置関係から外部被ばく、体表面汚染、内部被ばく（汚染）の3つに分けて考えるとわかりやすい。放射線源が体の外にあり、そこから放出される放射線が人体に入射して起るのが外部被ばくである。中性子等の被ばくでは体内で放射化を起こし、多くの場合短半減期が主体の放射性物質ができることがあるが（東海村 JCO 臨界事故の例など）、通常よく使われているエネルギーのそれ程高くなないX線や $\gamma$ 線を外部被ばくしただけでは人体に放射性物質ができるわけではなく、従って被ばく者から放射線は発しない。この場合、これらの被ばく患者の医療行為で、スタッフが被ばくすることもなく、放射線防護上何も気をつける必要がない。

体表面汚染とは、文字通り体の表面に放射性物質が付着した状態である。被ばくの形態としては、皮膚表面に付着した物質は体の外にあるから、外部被ばくではある。ただし、体表面に付着する放射性物質の量が極めて多いことは考えにくい。例えばCs-137の「皮膚表面の汚染密度 1 Bq/cm<sup>2</sup>あたりの皮膚吸収線量率」は0.07mm深で1,432nGy/hである（アイソトープ手帳引用の ICRU Report 56 (1997) TABLE C. 13より）、例えば10kBq/cm<sup>2</sup>といった高度の体表面汚染があっても、0.07mm深での皮膚線量率は14mGy/hということに成り、急性期障害を考える場合、汚染面積の大きさにはよるもの、万が一無処置であったとしても皮膚に対してはそれ程大きな外部被ばくとはならない。むしろ、汚染の拡大や皮膚付着を介しての経口摂取が問題になる。因みに、この10kBq/cm<sup>2</sup>というのは IAEA EPR-MEDICAL2005で $\beta$ 線/ $\gamma$ 線放出核種について除染が必要とされているレベルである。

内部被ばく（汚染）とは、体の中に放射性物質が入った状態を言う。（どこから体内と言うかは厳密に考え出すと難しいが、あまり意味のない議論になる。例えば胃の中はトポロジー的には外界と連続しているとも言えるが、通常体内と考えるので内部被ばくと考えるし、口腔に入った時点で内

\* Hideo TATSUZAKI NPO 法人放射線安全フォーラム 理事

部被ばくと考える。) 内部被ばくでは体の中に線源があり、それから放出される放射線で被ばくが起こる。粘膜面から吸収された放射性物質は、細胞近傍に分布しうるし、細胞内に入していく場合もあるので、透過性の低い放射線である $\alpha$ 線を出す放射性物質でも被ばくが問題となる。なお、原発事故の際に放出される希ガスも、吸入され内部被ばくを起こすが、体内に沈着せずその後の呼吸で排出されてしまうため、外部被ばくに比べて線量が少ないと考えられている。

## II. 放射性物質の体内動態

外部被ばくは、一度被ばくが起こってしまうと、線量に応じて細胞死や突然変異が起こるため、それに引き続いて（線量に従った）症状が現れてくる。よって、外部被ばくの治療は、基本的には出てくる症状に対する対症療法や既に起きてしまった障害への治療である。一方内部被ばくは、一度放射性物質が体に入ると、長時間にわたって被ばくを起こす。まず、一定量の放射性物質を1回取り込んだ場合を考えると、体内に入った放射性物質も一定の割合で崩壊し別の物質に変わっていくが（物理学的半減期で表す）、それと併行して生理作用（代謝）により体から排泄されていく（生物学的半減期で表す）。排泄経路は、摂取した経路にもよるが、重要なのは、排尿、排便である。これら2つのメカニズムで体内の放射性物質は減少していくが、残っている放射能に応じて被ばくが起り続ける。このため、内部被ばくでは被ばく線量を表すとき預託線量という方法を使用する。これは、成人の場合だと摂取後50年間に起こる被ばく量を積算して表す方法である。したがって、摂取後早期のある時点では（例

えば線量評価した時点では）預託線量の一部は未だ被ばくが成立していない将来の被ばくの予測値である。そこで、体内の放射性物質を早期に除去する事ができれば、被ばく量を減らすことができ、健康影響も減らすことができる。また、このようなわけで、預託線量でそのまま急性期障害を考えるのは適当で無いことが多い。

一方、慢性摂取の場合、例えば、ある時点から摂取が始まり食物中に毎日一定量の放射性物質が含まれる場合、徐々に蓄積していき、毎日の摂取量と物理学的半減期、生物学的半減期の関係に従い、一定レベルに達する。

また、内部被ばくではその物質の性質によって体内での挙動つまり分布が変わってくるので、被ばくが全身にほぼ均等になったり、一部の臓器に線量が集中したりする。この集中性を積極的に利用したのが、核医学診断や内用療法（非密封 RI 治療）である。

## III. 内部被ばくの治療

### III. 1. 除去剤の位置づけ

被ばくは予防するにこしたことはないが、上記の様に内部被ばくの場合、放射性物質が体内に取り込まれたあとでも被ばく量を減らすことが原理的には可能である。放射性物質が外部に近い部分、例えば口腔内にあればうがいして洗い流すなどの方法が試みられるべきである。経口摂取でまだ消化管内に留まるものは、胃洗浄や下剤で排泄を促し、体循環（通過コンパートメント；主に血中）への吸収量を減らすことができる。

一度体循環に入ってしまうと、上記の様な一般的な方法では取り除けない。しかし、一部の放射性物質に対しては、体循環に

入ったあとで排泄を促進する、放射性物質除去剤が存在する。除去剤のなかで効果が実証されているのが、セシウムに対するプルシアンブルーと、プルトニウム等に対するDTPAである。

ところで、医薬品の生産と流通（製造と販売）は、「保健衛生の向上」を目的とした薬事法で規制されている。医薬品は各種の非臨床試験のうち、臨床試験を経て、その効果と副作用を確認された上で承認される。臨床試験は普通、少数の健常人ボランティアに行う第Ⅰ相試験、少数の患者対象に行う第Ⅱ相試験、そして統計的に意味のある一定数の患者を対象に行う第Ⅲ相試験が必要となる。因みに、第Ⅲ相試験では患者の心理的影響を排除するためしばしば二重盲験法が導入される。

多くの薬剤（例えば細菌に対して治療効果を持つ抗生物質）の場合、（もちろん病原菌の種類にもよるが）多くの患者が存在する。しかし内部被ばくの場合、患者が存在すること自体がまれであり、その意味で通常の臨床試験が不可能である。このため、これまで上記の薬剤は日本で承認されていなかった。しかし、必要性に鑑み、外国での使用例などのデータを元に、最近これらの薬剤の承認がなされた。以下、これらの2種類の薬剤について少し精しく説明する。なお、内部被ばくに対する薬剤として安定ヨウ素剤があるが、これは予防投与が主体で、体内からの除去を主なメカニズムとしているので本稿での説明には含めない。

### III. 2. プルシアンブルー

プルシアンブルーは放射性セシウムの内部汚染除去剤として使われるが、放射性タリウムに対しても使用される。この化合物は、青色の顔料であるが、イオン交換体として働きセシウムを吸着する。体内に取り込まれたセシウムは全身に分布するが、体内で腸管内腔への分泌と再吸収を繰り返している。一方、経口で投与されたプルシアンブルーは消化管から吸収されない。そのため、腸管内に出てきたセシウムはプルシアンブルーに吸着され、そのまま再吸収されることなくプルシアンブルーとともに便中に排泄される。これが、プルシアンブルーによるセシウム除去のメカニズムである。（図1）

プルシアンブルーは、セシウムの体内除去剤として、商標名：ラディオガルダーゼが、2010年10月27日厚生労働省から承認を

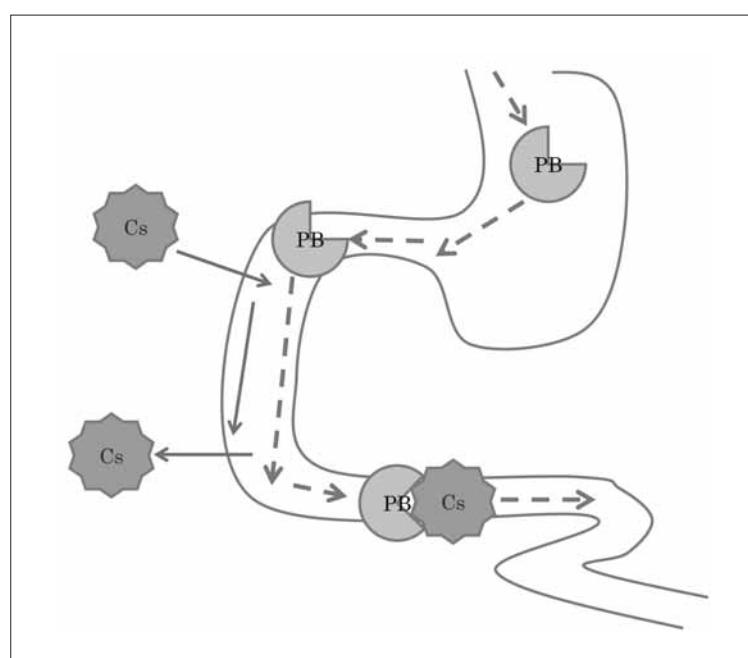


図1 プルシアンブルーの作用機序  
消化管内腔をプルシアンブルー(PB)が通過していき、セシウム(Cs)を吸着して便とともに排泄される



図2 日本で承認されたプルシアンブルーのカプセルとパッケージ  
(出典 日本メジフィジックス株式会社)

受けた(図2)。承認条件として、全例調査の実施が義務づけられ、そのため、使用例は報告することになっている。

プルシアンブルーの効果については、1987年にブラジルのゴイアニアで発生したセシウム汚染事故で使用された実績があり、ある程度の効果は期待できる。また、副作用もほとんどなかったとされている。開始について英国健康保護局(Health Protection Agency:HPA)は、セシウム摂取後7日以内に開始することが良いが、28日以内に開始できれば有用である。線量は低い方が良いことを考えると、預託実効線量の有意な低減が見込めなくなるまで続けるとしている。つまり、1回飲めば治療が済むわけではなく、ある程度の期間、排泄量のモニターをしながら使用することになる。その上で、投与期間を調整する。

### III. 3. DTPA

DTPAはキレート剤、つまり金属イオンに結合(配位)し錯体を作る化合物である。(キレートという言葉は、立体的に金属を挟み込む形から、蟹のハサミを意味するギ

リシャ語に由来するそうである。) プルトニウム、アメリシウムの内部被ばくに対して使用される。DTPAにはCa-DTPAとZn-DTPAの2種類ある。

この薬剤は主に血管内に点滴静脈注射で投与され、体内で、薬剤のもつカルシウムイオン、または亜鉛イオンに置き換える形でプルトニウム等をキレートする。そして、そのまま、尿と共に排泄される。これが、DTPAによるプルトニウム等除去のメカニズムである。従って、対象核種がまだ血中にある内に、例えばプルトニウムが骨組織に沈着する前に使用することが効果的である。

この薬剤も日本では未承認薬であったが、商標名:「ジトリベンタートカル静注1000mg」及び「エントリベンタート静注1055mg」が、昨年2011年7月1日に、超ウラン元素(プルトニウム、アメリシウム、キュリウム)の体内除去剤として、厚生労働省から承認を受けた(図3, 4)。やはり、承認条件として全例調査の実施が義務づけられ、そのため使用例は報告することになっている。



図3 日本で承認されたCa-DTPAのアンプルとパッケージ  
(出典 日本メジフィジックス株式会社)



図4 日本で承認されたZn-DTPAのアンプルとパッケージ

(出典 日本メジフィジックス株式会社)

米国では500例以上に使用され、データのそろう一部の症例では有効性も確認されている。

### III. 4. 除去剤による治療の適応

あらゆる病気に対する治療がそうであるが、治療するかどうかは、その治療によって得られる利益と副作用のリスク等の比較で決定される。この点は放射線防護における介入も同じであろう。上記薬剤の使用に当たっては、予測される預託実効線量(committed effective dose)や預託等価線量(committed equivalent dose)、さらに回避線量(averted dose)、を推定する必要がある。そして、薬剤の副作用の可能性、他の社会的条件、患者さん本人の希望、等を総合的に検討し、case-by-caseで適応が決定されるべきである。また、一度治療開始した後も、同様の検討を経て投与中止の決定がなされるべきである。一般には治療に併行して、放射性物質の体内残存量や排泄量のモニターが必要となる。

実効線量(預託実効線量)による適応については、20mSv辺りが治療検討の1つの目安と考える。例えば欧州のガイドラ

インであるTMT Handbookでは、「預託実効線量で1–20mSvは、さらに正確な線量評価が必要であるが、治療は考えなくて良い; 20–200mSvでは、さらに正確な線量評価が必要。治療は症例ごとの医学的判断に基づく。臨床的に効果が確認できない事が多いが、潜在的効果を考え、長期治療を検討する。」となっている。また、ブルシアンブルーについて前述の英国HPAは、使用のガイダンスレベルは回避線量で30mSvから300mSvとしている。

### おわりに

今回の原発事故ではセシウムの汚染が問題になっているが、ブルシアンブルーが投与された事例は無いようである。今回とりあげた2薬剤は、使用される頻度は高くなないと考えられるが、日本で正式に使用が認められたわけで、内部汚染に対応する体制が進んだと評価できる。

#### ■プロフィール■

専門分野は被ばく医療  
医師、医学博士、埼玉県生まれ  
NPO法人放射線安全フォーラムの設立時  
からのメンバー、同理事

- 1983年 筑波大学医学専門学群卒業
- 1987年 筑波大学大学院博士課程医学研究科修了(医学博士)
- 1987年 米国ハーバード大学マサチューセッツ総合病院クリニカルフェロー
- 1989年 筑波大学臨床医学系講師(放射線医学)
- 1997年 IAEA 原子力科学・応用局健康部応用放射線生物学・放射線治療課放射線腫瘍医
- 2002年 (独)放射線医学総合研究所国際・研究交流部国際室室長
- 2006年 同研究所緊急被ばく医療研究センター被ばく医療部障害診断室室長  
その他、ICRU委員、広島大学客員教授、JAXA主幹研究員 併任

## 世界が見つめる日本の原子力

元・原子力委員 町 末 男



### 日本のエネルギー安全保障と世界

ロンドンにある世界原子力協会 WNA は4月24日のニュースで、「世界経済フォーラム (World Economic Forum)」が各国のエネルギー政策を分析している中で、特に原子力事故のあった日本については、「せっかちな脱原子力政策は日本のエネルギーの輸入化石燃料への依存を増大し、エネルギー安全保障を危険にさらすことになる」という報告を紹介している。

エネルギー資源の無い日本にとって、エネルギーの安定供給は極めて重要である、5月1日に行われた日米首脳会議では軍事・防衛に関する安全保障に加えて、再生可能エネルギーや安全な原子力の供給に向けて協力し、エネルギー安全保障を強化する事が議論となり、共同声明に盛り込まれている。

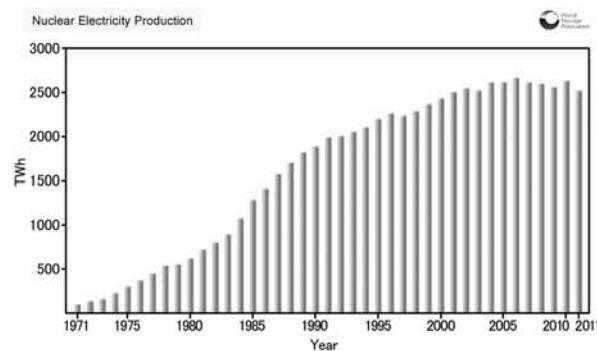
イギリスの原子力公社の名誉会長であるジャッジ氏は4月27日の読売の「論点」で「長年にわたり原子力の技術を培ってきた日本が自国にとっての強みである原子力から撤退するようなことが仮にあれば、実にもったいない話である」といっている(読売12年4月27日付け)。イギリスでは自国のエネルギーの海外依存を減らし、エネルギーの安全保障のために、原子力発電が重要であるという認識から、福島事故後も原子力発電を支持する国民の世論は少しも変わっていない。

### 世界の原子力発電の動き

IAEAによると2011年の世界の原子力発電量は2,518TWhで福島原子力発電事故の影響で前年に比べ約4%減少した。これは日本とドイツの一部の原子力発電の停止によるものである。

一方、WNAは3月8日「福島事故後も

世界の原子力発電は拡大を続ける」との記事を掲載している。それによると、現在世界で435基が運転中、60基以上が建設中、150基が計画中であるという。多くの国は福島事故後も原子力発電は低炭素社会の実現、エネルギーの安全保障の面から不可欠であるとの政策を変えていない。勿論、安全の確保はこの政策実現の前提条件である。



図：年間の世界の原子力発電量の変化  
(世界原子力協会ニュース12年4月13日付から引用)

### 中国の新規計画

中国は最近新たに福島原子力事故後2基目の原子力発電所を運転開始した。これで15基運転中、26基が建設中となった。しかし、福島事故の影響を受けて、新たな原子力発電プラントの許可審査は中断しており、審査の再開が待たれている。中国は急増する電力需要に応えつつ、炭酸ガスの発生を出来るだけ抑制するため、原子力発電の大幅な増強を必要としているだけに、日本の原子力発電の再稼働などの動向に注目している。

世界は原子力発電の将来の利用についての日本の「冷静で合理的な決定」に期待し、注目している。

(2012年5月2日稿)

# 医療における放射線防護について



太田 勝正\*

本稿は、H24年2月16日に開催された「テクノル技術情報セミナー」での講演内容をまとめたものである。なお、当初のタイトルは「医療施設における放射線防護について」であったが、施設管理という視点ではなく、医療における放射線防護を担う診療放射線技師へのメッセージとして講演を行ったので、「医療における…」と改題させて頂いた。

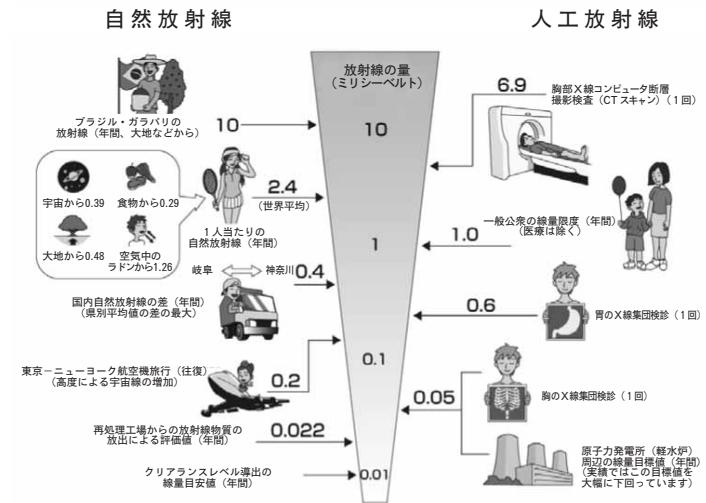
## 1. はじめに：医療被ばくの現状の再確認

放射線診療は、今日の医療になくてはならないものであり、患者に直接的な大きな利益をもたらしている。身の回りの放射線源の一つとしても広く国民に認知されており、その一つの表れとして、放射線について説明する多くの資料で人工放射線による被ばくの代表として位置づけられ、示されている。**図<sup>1)</sup>**はその例として、日本原子力文化振興財団のHPから取ったものであるが、日常生活における放射線被ばくについて、自然放射線による被ばくと同じようなレベルの被ばくが一般的な放射線診断によって生じること、および、平常時の原子力発電所からの被ばくがそれより小さいものであることを示すための比較材料として医療被ばくが用いられている。一般公衆の年間の線量限度である1 mSvと、もともと線量限度が適用されない医療被ばくを同列に示しているために、若干の誤解を生じる恐れもあるが、通常時（計

画被ばく状況）における一般公衆の被ばくの状況を理解してもらうためには、有効な説明かも知れない。

ここでポイントは、少し別なところにある。社会、専門家あるいは電力業界はこれまで医療に伴う放射線利用（放射線診療）が人工放射線の代表（主役）であることを上記のように、当たり前のように伝えてきている。もちろんこれは事実であるが、このことが先の福島第一原子力発電所事故を契機とした放射線のリスク、これには事故によって汚染した土壤などからの外部被ばくとともに食べ物の放射能汚染による内部被ばくのリスクも含まれるが、このような放射線のリスクに対する一般市民の関心の高まりが、医療被ばくにも向けられる可能性を懸念している。すでに原発事故以前

## 《 日常生活と放射線 》



出所：財日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー」図面集2009より

\* Katsumasa OTA 名古屋大学大学院 医学系研究科 教授

から、必要な放射線検査であるにもかかわらず、被ばくへのおそれから検査を嫌がる患者はいる。また、検査を受けた後に、検査に伴う被ばくによるがんのリスクを心配する患者も少なくないと聞いている。これらは数年以上前からの社会と患者の変化であるが、放射線に対するおそれや不安がさらに増大すれば、必要な検査の実施に支障が生じるのではないかと懸念する。このような状況の中で、診療放射線技師には、患者の被ばく（医療被ばく）をできるだけ少なくするための取り組みとともに、チーム医療を担う一員として行為の正当化、すなわち、放射線検査の必要性の判断にも、もう一步踏み込む姿勢を期待したい。

## 2. 医療被ばくの現状

わが国の医療被ばくが他の先進諸国と比べて突出して多いことは周知のことである。UNSCEAR2008年報告書の日本語版<sup>2)</sup>が放医研から出版された。その中に、自然放射線源被ばくが世界の年平均で2.4mSvと記されていることは周知のことであるが、人工線源被ばくが世界の年平均で0.6mSvであり、そのほぼすべて（99%に相当する0.6mSv）を医学診断（ただし、放射線治療を除く）が占めていることが示されている。診断医科検査は31億件に及び、集団実効線量として、およそ  $4 \times 10^6$  人・Svが医療被ばくによりもたらされている。また近年、医療被ばくは急増しているが、その原因としてCTによる検査の急速な伸びが指摘されている。報告書にはOECD加盟国における100人当たりのCTスキャナ数（2006年1月現在）が示されている。それによると、日本（2002年）は92.6台と2位のオーストラリアの45.3台（2004年）の2倍以上であり、アメリカの32.2台（2004年）、韓国の32.2台（2004年）の約3倍、イギリスの7.5台（2006年）の10倍以上を保有し、年間の検査数も約4,500万件と他の医療先進国と比べて抜きんでている。

赤羽の論文<sup>3)</sup>をもとに、わが国の医療被ばくの状況をもう少し詳しく見てみたい。日本人一人当たりの被ばく線量は、年間約5.3mSvでその内、CTが約2.3mSv、一般X線診断が1.47mSv、ラドン及び娘核種が0.43mSvであり、米国（2006年）と比べて

CT（約1.5mSv）と一般X線診断（約0.31mSv）については多くなっており、ラドン及び娘核種（2.3mSv）による被ばくについては少ないことが示されている。

このようなわが国の突出した医療被ばく、放射線の医学利用に大きな衝撃を与えたのが、2004年のいわゆる LANCET 論文<sup>4)</sup>である。英国を含む世界15カ国のX線検査の頻度、放射線被ばく量と発がんの危険性などのデータをもとに、75歳までにがんを発症する人の数を推定したところ、日本では年間発症するがんの3.2%が医療機関でのX線検査（CT検査を含む）による被ばくに起因すると見られ、他の14カ国における割合（0.6–1.8%）と比べて突出して高くなっていることが示された<sup>5)</sup>。当時、読売新聞や朝日新聞などの全国紙に「放射線診断での被ばくを原因とする発がんは日本が最高である」として、この問題が取り上げられた。被ばく線量の推定方法やしきい値のない直線仮説にもとづくリスクの算定法などに、さまざまな疑問が投げかけられたのは事実であり、また、3.2%というがんのリスクが、あたかも実際に発生しているがんの件数であるかのような誤解を与えたことは問題であるが、社会と患者が医療被ばくに大きな関心を寄せるきっかけとなった論文だと言える。

医療被ばくのリスクを語る時、それを上回る便益があることが時として忘れられている。放射線診療は、より安全で質の高い医療のために重要な診断情報を提供する。しかし、それを担う診療放射線技師として、リスクより便益が大きいことを強く確信するあまり、患者の放射線に対するおそれを軽視してしまうことはないだろうか。そして、世界に突出した件数のX線検査の中に、不必要な、あるいは、急を要さない検査が含まれている、すなわち、適用の妥当性に疑問のある検査が多く含まれている可能性を見逃していないだろうか。世界の中の日本の医療被ばくの現状を見つめ直すことにより、正当化の問題が当然のこととして解決されることを期待する。

## 3. 医療被ばくと放射線防護体系

被ばくのカテゴリーに、職業被ばく、医療被ばく、公衆被ばくの3つがあることは

言うまでもない。このうちの医療被ばくには、放射線診断・検査および放射線治療に伴う患者としての被ばくが含まれるが、患者の介助等に伴う家族などの被ばくや医学研究のボランティアの被ばくも医療被ばくに含まれる。

さて、この医療被ばくの防護を考えるために、被ばく状況における位置づけを確認しておきたい。ICRP2007年勧告<sup>6)</sup>には、下記の3つのタイプの被ばく状況が示されている。放射線の医療利用は、このうちの計画被ばく状況に含まれ、基本的な放射線防護体系が適用される。ただし、計画被ばく状況における一般的な行為（たとえば、RI施設の利用とか原子力発電所の運転など）と異なる点、具体的には、患者の被ばくが意図的なものである点、被ばくする患者に直接的な便益があると言う点に大きな違いがあり、線量限度が適用されないなど、他とは異なるアプローチが求められている。

医療被ばくに適用される放射線防護体系をまとめると以下のようになる。

- ・行為の正当化…  
医学的手法の正当化（放射線診療：診断、治療の必要性、妥当性の確保）
- ・防護の最適化…  
診断のために必要な情報を得るための、あるいは、目的とする治療効果を得るための最小限の被ばく

### 【被ばくの状況】

- ・計画被ばく状況…  
線源の意図的な導入と運用を伴う状況
- ・緊急時被ばく状況…  
事故や悪意ある行為から発生する好ましくない結果を避けたり減らしたりするための緊急の対策を要する状況
- ・現存被ばく状況…  
すでに被ばくをもたらす状況（線源、放射線）が存在する、緊急事態の後の長期にわたる状況

### ・線量限度は適用されない…

放射線診断については、診断ごとの診断参考レベル（日常の条件において、ある特定の手法からの患者の線量または投与放射能が、その手法において異常かどうかを示す目安であり、患者の線量を医療目的とバランスが取れるように管理するために用いる）の活用。表1に主な診断参考レベルを示す。

表1 放射線診療の診断参考レベルと被ばく線量

| 検査の種類   | IAEA<br>ガイダンスレベル            | 日本放射線技師会<br>ガイダンスレベル | 線量の種類   | 被ばく線量           | 線量の種類 |
|---------|-----------------------------|----------------------|---------|-----------------|-------|
| 胸部撮影    | 0.4mGy                      | 0.3mGy               | 入射表面線量  | 0.06mSv程度       | 実効線量  |
| 上部消化管検査 |                             | 直接100mGy<br>間接50mGy  | 入射表面線量  | 3mSv程度          | 実効線量  |
| CT撮影    | 頭部50mGy<br>腹部25mGy          | 頭部65mGy<br>腹部20mGy   | CTDI    | 5~30mSv程度       | 実効線量  |
| 核医学検査   | 放射線医薬品ごとの値                  | 同左                   | 投与放射能   | 0.5~15mSv程度     | 実効線量  |
| PET検査   | 同上                          | 同左                   | 投与放射能   | 2~10mSv程度       | 実効線量  |
| 乳房撮影    | 3 mGy                       | 2 mGy                | 乳腺線量    | 2mSv程度          | 乳腺線量  |
| 透視      | 通常25mGy/分<br>(高レベル100mGy/分) | 透視線量率<br>25mGy/分     | 入射表面線量率 | 手技により異なる        |       |
| 歯科撮影    | なし                          | なし                   |         | 2~10 $\mu$ Sv程度 | 実効線量  |

注) 赤羽恵一：医療における放射線防護 エビデンスに基づいて現場の質問に答える 医療被ばくの現状と考え方 医療被ばくの現状、innervision、35(6)：46~49、2010の表1「各放射線診療の診断参考レベルと被ばく線量」より

## 4. 医療被ばくのリスク

医療被ばくによる健康への影響について考えてみたい。まず、急性放射線障害（確定的影響）について見てみよう。

表1の右欄に示した1検査当たりの患者の被ばく線量の代表値の中で、もっとも大きな値はCT撮影である。実効線量で示しているので単純に比較はできないが、それを表2に示す主な臓器・組織に障害が生じるしきい線量(Gy)と比較すれば、急性放射線障害が生じるレベルには、到底達しないことは明確である。一般的な放射線検査については、急性放射線障害の心配は無用であり、放射線治療やIVRのような特殊な手技についてのみ、放射線皮膚炎等の副作用が問題となる。

一方、先に国民全体としての放射線診療によるがんのリスクが、寄与リスクとして3.2%になるという論文を紹介した。1件ごとの医療被ばくは小さくともそれを国民全体で積算すれば相当な大きな線量となり、しきい値のない直線仮説に基づけばがんのリスクはある程度生じる。では、患者個人についてどうだろうか。ICRPは、1Sv当たり、全年齢について5.5%のがんのリスクを提示している。遺伝的影響についても0.2%というリスクを提示しているが、ヒトを対象とする調査で有意な増加は認められていないので、遺伝的影響については

これ以降は無視することとする。

1Sv当たり、全年齢について5.5%のがんのリスクは、単純化すれば、10mSvの被ばくでは、0.00055のがんのリスク（1,000人が10mSv被ばくすると0.5人のがんの可能性）、1mSvの被ばくでは、0.000055のがんのリスク（1,000人が1mSv被ばくすると0.05人のがんの可能性）として導くことができる。現時点では、100mSv以下の低線量被ばくによるがんのリスクは明確になっていない部分があるが、妊婦の骨盤計測に伴う胎児被ばくを調べた古典的なオックスフォード調査や、Prestonらの原爆被爆者についての0～150mSv群でのがん死亡率の有意な上昇を示唆する論文<sup>7)</sup>などもあり、低線量域のリスクを無視することは妥当とは思えない。一方で、ICRP自身も「ごく微量の個人線量からなる集団実効線量に基づいてがん死亡数を計算することは避けるべきである」としており、単純な比例計算や積算にも問題がある。このような状況の中で、医療に求められているのは、わずかな被ばくでもがんのリスクを否定せず、正当化と最適化を推進することだと考える。なお、1回の放射線検査によるわずかな被ばく線量によるがんのリスクをどのようにとらえたらよいかについては、日本保健物理学会の医療放射線リスク専門研究会報告書<sup>8)</sup>を参照されたい。

## 5. 放射線被ばくを心配する患者にどう接するか

表2 臓器・組織の障害のしきい線量

| 影響の種類       | 1%に影響が表れる線量(しきい線量) |
|-------------|--------------------|
| 一時的不妊(男性)   | 0.1Gy              |
| 永久不妊        | 6Gy                |
| 造血系の機能低下    | 0.5Gy              |
| 皮膚の発赤       | 3～6Gy              |
| 一次脱毛        | 4 Gy               |
| 白内障(視力障害)   | 1.5Gy              |
| 死亡(治療なし)    | 1Gy                |
| 死亡(手厚い治療)   | 2～3Gy              |
| 胎児の奇形(2～8週) | 0.1Gy              |

注) ICRP103の表A.3.4を一部改変

筆者が看護学生を対象として行った「ヒバク」という言葉に対するイメージに関する調査では、(1)被ばくは不要だが、放射線を不要だとは思っていないこと、(2)被ばくは原爆と同程度に、そして鳥インフルエンザよりも危険だと思っているが、2～3時間の講義によって、危険であるという認識はある程度改善できること、(3)放射線は、化学農薬と同程度に危険だと思っているが、同様に講義によって、ダムや飛行機より多少危険だというレベルまで認識が改善されることが示された。従来、一旦不安に結びついたイメージは、容易には改善しないと言っていたが、丁寧な説明により、ある程度改善できる可能性が示唆された訳である。

多くの患者は、ある行為に伴うがんのリ

スクを考える時、がんの自然発生という事実を忘れているように思われる。30歳の男性1,000人が生涯に何らかの原因による（多くは自然発生の）がんで死亡する可能性は250人におよぶ。もし、一人当たり10mSvずつ、これはCT1回分よりも多少大きな被ばくであると思われるが、被ばくすると仮定するとそのがん（固形がんについて）の発生が251人に増えると考えられている。自然発生のがんと比べて、低線量被ばくによるがんのリスクは小さい。相対リスクを計算すれば、1.004となるが、これは野菜不足によるがんの相対リスク1.06、BMI30以上の肥満による相対リスク1.22など、日常生活の中に存在する他のリスクと比べてかなり小さいと言える。

このようなリスク論が、放射線をおそれる患者にどの程度分かってもらえるかは分からない。しかし、(1)正当化された検査の利益は、がんなどのリスクと比べてはるかに大きいこと、(2)一般的な放射線検査に伴う被ばくによるリスクは、あったとしても小さいこと、(3)通常の放射線診断（放射線治療とIVRを除く）では、皮膚障害とか脱毛などの急性障害（確定的影響）が生じることはないこと、(4)もし、がんのリスクがあるとしても、胸部レントゲン10枚で1万分の一以下であることなどを丁寧に説明することから始まると考える。

なお、多忙な業務の中で、わずかなリスクについて一つ一つ丁寧に説明し、患者の理解を得ることは難しいだろう。どの程度の説明をすべきかは、その放射線診療で生じる被ばくのレベルや副作用などによって変えることが合理的である。一般的なX線検査においては、説明の簡略化なども患者に応じて考えて良いと思う。

診療放射線技師は、わが国の突出した医療被ばくを改善し、かつ、患者の放射線に対するおそれに対応する、もっとも適した医療専門職であり、医療放射線防護において大きな役割が期待されている。

### 【引用文献】

- 1) 日本原子力文化振興財団：あとみん、<http://www.atomin.go.jp/index.html>より
- 2) 放射線医学総合研究所：放射線の線源と影響 原子放射線の影響に関する国連科学委員会 UNSCEAR2008年報告書 第1巻

- （日本語版）、放射線医学総合研究所、2011
- 3) 赤羽恵一：医療における放射線防護 エビデンスに基づいて現場の質問に答える 医療被ばくの現状と考え方 医療被ばくの現状、innervision, 35(6) : 46–49, 2010
  - 4) Berrington de Gonzalez, A. & Darby, S. : Risk of cancer from diagnostic X-rays : estimates for the UK and 14 other countries. Lancet 363, 345–351, 2004
  - 5) 赤羽恵一他：THE LANCET「診断X線による発がんのリスク：英国および14カ国の評価」の論文解説、<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jhps/j/information/information.html> (2012. 4. 20)
  - 6) ICRP Publ.103：国際放射線防護委員会の2007年勧告、日本アイソotope協会、2009
  - 7) Preston DL. Et al. : Studies of Mortality of Atomic Bomb Survivors. Report 13 : Solid Cancer and Noncancer Disease Mortality : 1950–1997, Radiation Research, 160(4) : 381–407. 2003
  - 8) 医療放射線リスク専門研究会：日本保健物理学会専門研究会報告書シリーズ Vol. 7 No. 1、医療放射線リスク専門研究会報告書、<http://www.jhps.or.jp/jhp/wp-content/uploads/2011/12/report2010-12.pdf> (2012.4.20)

### プロフィール

医学博士、看護師、保健師（わが国の男性保健師の第1号）。東京大学医学部保健学科卒。専門分野は、放射線防護学、看護情報学、看護倫理学など。（㈱東芝原子力建設設計部で8年間にわたり、原子力発電所の定期検査や建設などにおける放射線管理に従事。その後、東京大学医学部放射線健康管理学教室助手、長野県看護大学助教授・教授を経て、平成16年3月より現職。現在は、原子力委員会専門委員（福島第一原発中長期復興検討部会）、オンラインジャーナル「看護科学研究」編集長などに従事。著書には、医療のための放射線防護（真興交易医書出版部）、看護実践に役立つ放射線の基礎知識患者と自分を守る15章（医学書院）、コンサイス看護論「看護とは何か」（照林社）、看護情報学（医学書院）などがある。



## マイクロセレクトロン HDR-V3

microSelectron® HDR-V3  
医療機器承認番号 22400BZX00030000

高線量率密封小線源治療は、高精度かつ効果が高く、寛容性に優れたがん治療の選択肢のひとつであり、個々の患者のニーズに合った治療を提案できます。マイクロセレクトロン HDR（以下mHDRと略す）のメーカーである Nucletron（ニュークレトロン）は、35年にわたる実績を持ち、世界で約60%のシェアを誇り、日本では現在約120台（シェア75%）が稼働しています。

また、mHDRによる、高線量率密封小線源治療は自動遠隔操作のアフターローディングのため安全かつ医療従事者が治療の際に不必要的放射線被ばくを受けることを防ぎます。

mHDR-V3は、アフターローディングシリーズの最新の製品です。日本国内において平成24年2月に薬事承認が許可され7月から販売を開始します。スケーラブルでアップグレード可能なシステムにより、幅広い患者や医療従事者のニーズに応えることができ、放射線部門がもつ多大なインフラにスムーズに接続することが可能で、長期にわたってその価値を発揮できます。

### — 信頼性 —

治療ユニットのフォワードステッピング方式は、放射線源を指定停留部位に正確に停止させることができ、治療チャンネルの先端で不必要的放射線被ばくが起きません。これにより、治療および処置の安全性が高まります。

線源は、臨床での状況に応じて、2.5、5、10mmピッチで停留させることができます。線源移送は、線源ケーブルへ直接作動する線源ドライブにより直接的に制御され、これにより、線源停留位置における位置精度はいずれも±1mmで、線源を確実に制御することができます。

mHDR-V3の線源は、耐久性の高い設計になっており、25,000回の移送を保証しています。このため、他のアフターローディングシステムに比べ、線源交換や品質保証検査の頻度が少なくてすみます。

### — 拡張性（新たに追加された構成） —

mHDR-V3は、18の治療チャンネル（婦人科領域、直腸、食道、気管支、乳房、皮膚）を用いた従来型治療から、多数の治療チャンネルを必要とする複雑な治療まで、フレキシブルな対応が可能なソリューションです。

#### 6チャンネル

たとえば、6つの治療チャンネルから始めて、必要に応じて、18ないし30のチャンネルにスケールアップすることも可能です。治療中にカテーテルを接続し直すことなく、乳房や前立腺のような多数のインプラントを用いた部位への治療が可能になります。

#### 18 or 30チャンネル

さらに複雑なインプラントの場合、治療計画によりカテーテル数がアフターローダーの物理的チャンネル数を超えてしまうことがあります。そのような場合においてもサブフラクショネーション機能を用いることによって、最大90カテーテルを用いた治療が可能です。

### — 接続性 —

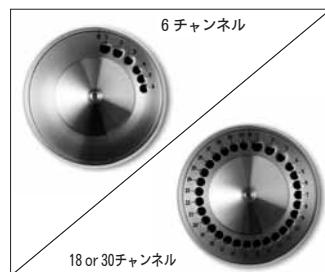
Oncentra® Brachy 治療計画システムおよび Oncentra® Prostate 治療計画システムは、mHDR-V3との使用により最適な結果が得られるように設計されています。さらに、mHDR-V3システムは、DICOM RT および DICOM Unified Worklist と互換性があることから、放射線科情報システムとのスムーズな統合もご提案できます。

最適な治療のため、形態がさまざまな腫瘍に対して幅広いラインアップから mHDR 用アプリケータを選択できます。カテーテルに若干の弯曲が必要な部位を治療することも可能です。線源と線源ケーブルは、最少曲率13mm の弯曲に耐えることができます。

このように技術革新や開拓を継続しておこない患者の命を救い、長寿をもたらし生活を改善する技術を提供するため、これからも日々努力をしてまいります。mHDR-V3に関するお問い合わせは最寄りの営業所へご連絡ください。



マイクロセレクトロン HDR-V3治療ユニット



# ガラスバッジWebサービスへのお誘い

## ～\*～ エラーメッセージへの対処法 ～\*～

ガラスバッジ Web サービス画面においてエラーメッセージ等が発生した場合の対処法について、いくつかご紹介いたします。

### \*システムログイン

1. システムログイン画面の「ログイン」ボタンがクリックできず、「ポータルサイトより起動してください。」「ウィンドウは表示中の Web ページにより閉じられようとしています。このウィンドウを閉じますか?」と表示された。

**[対処]** ショートカットキーから「ガラスバッジ Web サービス」に入った場合に発生します。ウィンドウを閉じてから千代田テクノルのホームページTOP画面より「ガラスバッジ Web サービス」に入ってください。

2. システムログイン操作をした時に「E941 同一端末でログイン中です…」と表示された。

**[対処]** 「ガラスバッジ Web サービス」を終了する際、「ログアウト」ボタンから画面を閉じずに終了し、その後、別のパソコンからログインした場合に発生します。元のパソコンで「ログアウト」操作を行うか、30分経過してからログインしてください。

### \*ダウンロード

3. ダウンロード操作中に「ポップアップはブロックされました。このポップアップまたは追加オプションを表示するにはここをクリックしてください。」と表示された。

**[対処]** メッセージをクリックし、設定>「ポップアップブロックを無効にする」をクリックし、「ポップアップブロックを有効にする」という表示にしてください。

4. ダウンロード操作中に「このインターネットのサイトを開くことができませんでした。要求されたサイトが使用できないか、見つけることができません…」と表示された。

**[対処]** インターネットの画面より、ツール>インターネットオプション>詳細設定を選び、「暗号化されたページをディスクに保存しない」という項目のチェックを外してください。

### \*その他

5. 画面を立ち上げてから、しばらく時間が経ったらシステムエラーとなり「Z999 システムエラーが発生致しました。管理者に連絡を行った後、再度システムにログインしてください。」と表示された。

**[対処]** 画面の操作を30分以上行わなかった場合に発生します。再度、ログインしてください。

6. 画面操作中にコピー機能を使用したら「アクセスを許可しますか?」と表示された。

**[対処]** インターネットの画面より、ツール>インターネットオプション>セキュリティを選びます。Web コンテンツゾーンの「インターネット」、「信頼済みサイト」のそれぞれについて、「レベルのカスタマイズ」をクリック、「スクリプトによる貼り付け処理の許可」の「有効にする」にチェックを入れてください。チェックを入れるとメッセージは表示されなくなります。

### 【お客様お問い合わせ窓口】

●TEL：03-3816-5210

●メールアドレス：garasu-nandemo@c-technol.co.jp



サービス部門からのお願い

## 平成23年度「個人線量管理票」のお届けについて

平素より弊社のモニタリングサービスをご利用くださいまして誠にありがとうございます。

平成23年度の「個人線量管理票」は、第4・四半期（平成24年1月～3月）の測定結果がすべてそろった時点で作成し、個人線量報告書と共にお届けしております。

この度、平成24年7月1日現在で「個人線量管理票」をお届けしていない方に対しては、返却されていない計画使用期間に「未返却」と表示させていただき、お届けする予定です。

お届けする時期は7月中旬を予定しております。

なお、使用期間の終了したガラスバッジがまだお手元にございましたら、早急にご返却くださいますようお願いいたします。



## 編集後記

●どうやら地震予知ができる時代になりつつあるようです。今月号の巻頭では、前号新刊紹介欄にて取り上げました「地震は予知できる！」の著者早川正士様に、ご専門にされている地震予知学の意味合いと最新の成果について解説いただきました。地震が発生する1週間に前に告知が得られるしたら、皆さんはどのように考え、行動されますか。私個人的には、子供を実家に帰省させる、身の回りの大型家具の配置見直しと転倒防止の補強、備蓄食料の緊急買出し等々、極めて小市民的な行動に終始しそうですが、今後、予知精度の向上と共に社会全体を対象とした警戒態勢が準備され、必然的に個人がしても良い行為・できない行為が規定されていく時代になっていくのかもしれません。いずれにしましても、これから時代、今までとは違った心構えが必要になってくるように思います。

●心構えと言えば、福島第一原子力発電所事故以前に、もっと知られていた方が良かったかもしれません

ない情報の一つに、「プルシアンブルー」という、放射性セシウムによる内部被ばく用治療剤の存在があると思います。「高度内部被ばくの治療剤」では、NPO法人放射線安全フォーラムの立崎英夫様に、放射性物質の体内動態、薬剤承認が長期化した特異性（臨床試験を行うための患者の存在がまれ）、代表的な治療剤のメカニズム等々について解説いただきました。この機会に、プルトニウム用の治療剤「DTPA」と一緒に覚えてしまうと良いかもしれません。

●太田勝正様には、過日開催の「テクノル技術情報セミナー」での講演内容を、改めて「医療における放射線防護について」としてまとめていただきました。震災以降、世の中には放射線について多様な考え方方が現れてきました。医療現場での放射線管理において何か迷いが生じるような事もあるかもしれません。今回の診療放射線技師の方々への期待とメッセージが、一つの道案内になる事を願います。  
(加藤毅彦)

## FBNews No.427

発行日／平成24年7月1日

発行人／細田敏和

編集委員／竹内宣博 安田豊 中村尚司 金子正人 加藤和明 大登邦充 岡本徹滋  
加藤毅彦 佐藤典仁 寺中朋文 根岸公一郎 野呂瀬富也 福田光道 藤崎三郎 丸山百合子

発行所／株式会社千代田テクノル 線量計測事業本部

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）