



Photo H. Horane

Index

日本の原子力開発の理念	
－原子力を捉える視点－	藤家 洋一 1
汚染土壌等の除染等業務に対する電離則の概要	大登 邦充 6
「除染電離則」を読んでの感想	加藤 和明 9
環境に優しい農業を放射線で	町 末男 11
DNA 線量計の開発	
－バイオドシメトリの新展開－	清水喜久雄 12
<JIS 改正情報>	
JIS Z4809-2012 放射性物質による汚染に対する防護服	17
重要なお知らせ	
マンモ用ガラス線量計技術基準変更について	18
お知らせ「個人線量測定サービス規約」の一部を改正しました	18
〔サービス部門からのお願い〕	
4月1日はガラスバッジの交換日です	19

日本の原子力開発の理念 － 原子力を捉える視点 －



藤家 洋一*

I. 初めに

I. 1) 東電福島第一原子力発電所での事故

X線の発見からすでにほぼ1世紀が過ぎ、また核分裂反応の発見からも70年が経過した。この間放射線の社会への浸透は目覚ましいものがあり、また軽水炉による原子力発電も実用化から熟成化の段階に入りつつあるように思われる。このような展開の中で今回不幸にして東京電力福島第一原子力発電所で、地震発生とそれに伴う津波という共通原因によって原子力発電所で複数基の原子炉が事故を起こし、原子炉の冷却が十分行えない中で炉心溶融に至るところとなり、水素の大量発生と水素爆発が起り、格納系統までが破損するところとなった。その結果大量の放射性物質が環境に放出された。日本が初めて経験する原子力事故と捉える多くの論調は事故の内容がよくわからない段階から、脱原子力を叫び、情緒的とも思える再生可能エネルギーへの依存が論じられるところとなっている。然し、事故後10カ月以上経過し、その内容も次第に少しづつではあるが明らかにされ世論も冷静さを取り戻しているように思われる。この際これまでの経過を踏まえ原子力、中でも核分裂の連鎖反応を利用した原子力発電をどう捉えるか考えてみるのも意味なしとしないのではないだろう。

I. 2) 日本の原子力の原点に存在するもの

1945年8月、日本は広島に続いて長崎までも原爆投下され、大きな悲劇を体験するところとなった。ピカドンに代表される、化学反応からは類推が出来ないほどの核分裂反応の爆発力で20万人以上の同胞に犠牲者を出すところとなった。日本で原子力の論議が行われるとき、広島長崎での原爆投下とその被害の大きさから生まれた巨大なエネルギーの破壊力や放射線に対する恐怖心からその平和利用さえ、否定的に捉える人たちとエネルギー需要を満たす上で十分に安全を確保しながら原子力に頼らざるを得ないと理解し賛成する人たちとがいるようと思える。そこで交わされる議論はその主張が強いと議論の接点が捉えにくく、なかなか本質的な領域には入りにくいようだ。然し当時原爆被爆者救護隊長として被爆者の救護にあたった永井隆博士が学長あてに提出した報告書の結言の中で次のように述べている。

この部分は読む者に、また当時を知る日本人にも迫ってくるものがある。あの戦争の中で原子力をエネルギーとして開発するところに人類の未来が拓け、文明が一転すると述べているところである。この時期に凡人には及びもつかない見事な発想である。日本の原子力基本法はこの精神を見事に生かしており、大きな指針として我々の前に存在している。日本はこの考えに

* Yoichi FUJIIE NPO ニューカリア・サロン Fujiiie 代表理事

「スペテハ終ツタ。祖国ハ敗レタ。吾大学ハ潰滅シ吾教室ハ鳥有ニ帰シタ。余等亦人々傷ツキ倒レタ。住ムベキ家ハ焼ケ、着ル物モ失ハレ、家族ハ死傷シタ。今更何ヲ云ハンヤデアル。唯願フ処ハカカル悲劇ヲ再ビ人類ガ演ジタクナイ。原子爆弾ノ原理ヲ利用シ、コレヲ動力源トシテ文化ニ貢献出来ル如ク更ニ一層ノ研究ヲ進メタイ。転禍為福。世界ノ文明形態ハ原子エネルギーノ利用ニヨリ一変スルニキマツテキル。サウシテ新シイ幸福ナ世界ガ作ラレルナラバ、多数犠牲者ノ靈モ亦慰メラレルデアラウ。」

長崎に原爆が投下された直後から、長崎医科大学医療隊・隊長として被災者救護に当たった同大学助教授・永井隆氏が、昭和20年10月に長崎医科大学長宛に作成した「原子爆弾救護報告書（昭和20年8月-10月）」の結辞に記載した文章

長崎医科大学「原子爆弾救護報告書（昭和20年8月-10月）」
(永井隆・同大助教授) 結辞より

原子力基本法

1955. 12. 9 設定

目的

将来の原子力エネルギー源の確保
原子力科学技術の進歩と産業の発展を達成
人類の繁栄と国民の生活水準の向上に貢献

基本政策

原子力エネルギーの研究、開発及びその利用は平和的目的に限る
安全確保を旨とする
国際協力に貢献

立って今後も平和利用を進めるべきと考える。現在の脱原発の発想が広い視点に立つと如何に展望のないものかを証明されるとであろうし、自然エネルギー重視と脱原発とは決して関連付けてみるものではなかろう。

原子力に求められるものは利用を主体とし、資源の利用中心の発想で環境保全にまでは配慮が十分でなく地球温暖化をもたらした化学反応の文明から脱却して調和を主体とした文明への転換であろう。

核兵器をなくし、眞に平和で豊かな文明を構築していくことは世界で唯一の被爆国であり、核兵器の悲劇を否定する日本の世界に対する努めであろうし、広島長崎の原爆犠牲者の思いを持ち続けることが永井隆の言う原爆犠牲者の安らぎにつながるところであろう。

II. 原子力を捉える四視点

原子力を100万年使用可能なエネルギー源として見ることに加えて、様々な放射線が物質、技術、そして情報と文明が求める科学技術発展の諸要素を提供するものとの認識に立って見ることが必要と考えている。あまりにも刹那的に議論が進むことは戒めるべきであろう。

筆者は原子力を大局的に捉えるとき、四つの視点があるように思え、この十数年その観点から話してきている。専門家相手にも、一般の方々相手にも、国内であっても、外国の国際会議であっても内容にやさしさ難しさの差異はあっても論旨はほとんど変えていない。従って時と場合で学術論文になったり、評論になったり、或いは解説になったりする。

II. 1) 第一の視点：

時間、空間そしてエネルギー（質量）

第一の視点は物理的捉え方であり、時間、空間さらに質量あるいはエネルギーの観点、端的には CGS ないしは MKS といった単位系の中で捉えることである。時間については宇宙時間と人類時間をどう対比させて原子力につなげるかで、十年 (Decade)。百年 (Century) および、千年 (Millennium)。空間については量子世界というミクロ世界の反応が宇宙というマクロ世界にどうつながっているか。1 メートルを基準に二進法で測れば、片や $2 - 22$ 乗倍小さな世界、一方は $2 + 86$ 乗倍大きな世界で、両者がつながっている。質量あるいはエネルギーについては化学反応と核反応、あるいは太陽の生み出すエネルギーと地球の原子力の対比などがある。

II. 2) 第二の視点： 自然に学び、自然を真似る

第二の視点は自然との関連であろう。自然に学び、自然をまねることが原子力を捉える上で大切なことは言うまでもない。宇宙には核エネルギーに関連した諸現象や諸システムが数多くみられる。放射線についても異なるところはない。地球は太陽と連携して太陽系の惑星も含めて宇宙で他にはほとんど見られない特徴ある自然環境を作り上げてきた。すなわち生態圏の構築である。物質の循環が閉じる可能性を持った生態圏は永く地球環境を穏やかに保ってきたと言えるが、現在の人類が作り上げた現代文明を総体として包み込むのに限界を見せている。文明は排出側に問題を生じたとき崩壊の道をたどることになるのであろう。炭酸ガスによる温暖化はまさにその警告で、どこに解決を求めれば良いのか。原子力に否定的な人たちが考えるのは炭酸ガス同様、放射性物質が排出側で問題を生じたとき、核反応に依拠した原子力文明が十分には成長出来ないと考えているように思える。

筆者は宇宙における自然現象を地球で再現させ、自然に真似て文明を構築することはそれなりに必然性を持ち、自然環境との調和も図りやすいと考えている。太陽と地球との連携はまさにこの代表的なものであり、そこに環境との調和が保たれてきたようと思える。

太陽は核融合反応が起っている天体で地球に太陽光線という高品質のエネルギーを供給し続けている。確かに、宇宙から見れば化学反応に根ざす文明は相当特異なエネルギーの使われ様であろう。しかし人類は化学反応の文明の恩恵を十分認識している。そこからかけ離れた環境を強制されることには筆者も異論がある。宇宙の自然により近付くエネルギーの使い方に移行しようとする段階で、従来文明を包含していくこと

を目指すと共に、それを目指す文明発展の担い手としての観点で原子力を見つめることが大切だろう。

II. 3) 第三の視点： 文明を根幹で支える科学技術として

第三の視点は文明との関連であろう。文明との関連を論ずるとき、ホモエレクトスが初めて二本足で歩き始めてからの話もいい。しかし、人類がどのようにして文明を構築してきたか、その根幹を支えたのが科学技術であったことは間違いないが、文字のない時代の科学技術を解明することは決して易しくないし、よくわからない世界を話すことは難しい。せめて古代オリエント文明から、すなわちキリスト誕生から現在までと同じ程度の時間を西暦前の過去にさかのぼらせたときから出発させる方が易しいかも知れない。たまたまそのころ、エジプト文明やシュメール文明或いはインダス文明や黄河文明が始まったと考えられるからである。時間単位で言えば、西暦前、数ミレニアムといえようか。人類は火の使用を始め、自然現象を利用することを通して文明を構築してきた。特に産業革命以来の化学反応に根差す文明の進展はめざましく、質量ともに利用の幅を拡大してきた人類は結局、排出側に問題を生じ、今それから脱出を図らなければいけない状態に陥っている。

火を使うことを習得した人類は、当時の氷河時代の終わりに続いて現れた地球温暖化の中で大河のほとりに、定住することを始め、農耕牧畜の文明を構築することに成功している。化学反応に根ざした文明を構築してきたといえるだろう。さらにさかのぼれば自然エネルギーだけといえるかもしれないが、火の利用以前の人類がどのように生きてきたか推し量る余地はあまりない。文明の時間単位はミレニアムだとすれば核

反応に根差す文明の構築もこの時間単位を最長と考え、たとえば、放射性廃棄物からの決別を新しい科学技術によって確立、達成することを考えるべきことかもしれない。

II. 4) 第四の視点：社会との共存

第四の捉え方は社会との共存を図る視点であろう。

II. 4.1：夢と現実のバランスある共存

1953年のアメリカ大統領の国連演説「平和のための原子力」が世界レベルでの原子力の平和利用の出発点であったと言えるが、原子力の黎明は1895年のレントゲンによるX線の発見にある。その後放射線、放射性物質の発見抽出さらに進んで原子構造の解明、原子核実験さらに核分裂の連鎖反応の成功など半世紀の間に着実に核反応の世界が切り拓かれてきたが、1945年の原爆開発及び広島への投下によって原子力は大きな原罪を抱えることになってしまった。このことは何か起こるごとにネガチブイメージとして人々に思いを新たにさせ、このたびの福島での原子力事故についてもスリーマイル島原子力事故やチェルノブイリ事故の際と同じように原子力否定の世論を喚起している。文明をその根幹で支える科学技術も放射線や核反応がその領域に入り込むことで変革も求められよう。この100年の中に原子力、放射線は医療世界を中心に大きく発展し、今や放射線や原子力に無縁な分野を探すことすら難しくなってきている。ただ今回の事故について、確かに一般公衆に急性死者が出るような状況にはなっていなく、集団に対する晩発性疾患もこれまで大きな影響はないものとされているが、環境汚染からの影響、特に食物摂取などを通してのあるいは土壌汚染などの外部被ばくについては明確な結論が出されているわけではない。周辺住民の精神的ショック、住

むところを奪われた人々の財産保護の問題などは、放射線被曝の低減対策にとってトレード・オフの関係にあるリスク要因であり、個人や社会にとって、netのリスクの最小化を図るという意味で、軽視してはならない課題である。社会への展開はまさに夢と現実をいかにバランスさせ、社会と共存していくかであろう。新時代との表現は先進国がこれまでの半世紀を超える開発の成果を評価し、将来に向けてより総合科学技術としての原子力の展開、言い方を変えれば核反応に根差す文明の構築に向けて展開を図っていくか、また新興国が原子力発電の導入を図ることでエネルギーと環境保全を図っていくことを考えているように思える。

科学技術にはポジティブな点とともにネガチブな側面を持っている。また同じ性質を持っていてもたとえば放射線のように医療利用や新材料創成のようにポジティブに評価されることに対して、原子力の安全に関しては放射線、あるいは放射性物質の漏えい、放出が大きな問題として存在している。ここは感情の入り込む世界でもあり、技術的な解釈及びその実績を社会にどう提示し、どう理解を得ていくかは基本的課題といってよいのではないか。

原子力政策は言い方を変えれば原子力開発の夢と現実の共存を図って社会にその方向性を提示するものであろう。

II. 4.2：日本の存立の基盤を明確に

今後の原子力が社会との共存を図る上で重要なことの一つは日本の地政学的宿命を解決しながら生きていくうえでのあり方、存立の基盤を明確にしておくことであろう。これまでも議論されてきたことではあるが、日本を観光立国にするかあるいは農業立国にしていくかあるいは大化の革新とまでは

言わないにしても明治維新から目指してきた技術立国を目指すかとなればやはり、技術立国と答える人が多いのではないだろうか。おそらく明治以来の歴史の中で最も強く意識されてきたのはその資源のなさ、国土の狭狭さ、国民の知力、さらに明治維新で見せた技術導入による開国と先進国への仲間入りで見せた意欲は状況こそ違え、現在に通じる日本人の考え方ではないだろうか。もちろん明治時代と違って日本はすでに世界の先進国の仲間入りをしている。したがって科学技術先進国としての理念を明確にし、その実現に向けて科学的思考から可能性を求め、技術によって具体像を形成していくことが求められる。さらに原子力のような総合科学技術の観点に立てば、全体のシステム構成まで考えた議論が必要となる。言いかえれば、理念の実現に向けて科学像を明確にし、科学的可能性を示して技術によってこれを具体化することである。その中で核反応に根差す科学技術はまだ緒に就いたばかりであり、今後に大きな発展が望まれる領域であろう。たとえば核反応によるエネルギー・システムは化学反応によっては達成できなかった、単に資源確保にとどまらず、資源確保と環境保全が同時に達成できるシステムになりうることを示す必要がある。こうして初めてアジアをはじめ世界に尊敬され、共存可能な国として認知されることになる。

原子力が文明を支える科学技術でありうるためには現実社会への具体的導入にあたって社会と調和し、課題解決を通して共存を図っていく必要がある。本来夢のない科学技術に将来を託すことはできないし、現実的課題も解決されないのである。この夢と現実のバランスが原子力政策なのである。また安全の確保などもこの範疇で考える必然的課題である。

III. 終わりに

今回の事故にもかかわらず、筆者が事故後に訪ねた数カ国ではまだ日本に対する信頼感が強い。ここまで安全を重視し、着実に開発を進めてきた日本はきっとこの事故も見事に収め、原子力先進国として生きていいくことだろうと、そしてその時はこれまで以上の協力関係を保っていきたいとの希望が述べられた。大変うれしく思い、期待に添えるべく立ち上がりうという意欲が出てくるのを感じた次第である。自己制御性と工学的安全のバランスについて、また過酷事故に対する研究と過酷事故に至らないようにアクシデントマネジメント研究をどう進め、指針化していくか。今回の事故を教訓に一段と高いレベルに安全を高めて行きたいと思う次第である。

----- プロフィール -----

1935年	兵庫県生まれ
1958年	東京大学理学部物理学科卒業
1960年	東京大学大学院数物系研究科物理学専門課程修士課程修了
1963年	東京大学大学院数物系研究科電気工学専門課程博士課程修了
1968年	大阪大学工学部原子力工学科助教授
1980年	名古屋大学プラズマ研究所教授
1986年	東京工業大学原子炉工学研究所教授
1989年	東京工業大学原子炉工学研究所所長
1995年	原子力委員
1996年	東京工業大学名誉教授
1998年	原子力委員長代理
2001年	原子力委員長
2002年	広島大学学術顧問
2004年	原子力委員長 退任
2010年	NPO 法人ニュークリア・サロン Fujie 代表理事となる

汚染土壤等の除染等業務に対する電離則の概要

株式会社千代田テクノル 大登 邦充

原子力発電所の事故によって放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する「放射性物質汚染対処特措法」(以下、「特別措置法」)が平成23年8月30日に公布され、平成24年1月1日に全面施行されました。それを受けた厚生労働省は、労働安全衛生法、及び労働安全衛生法施行令の規定に基づき、放射性物質により汚染された土壤等を除染する労働者(以下、「除染等業務従事者」)が受ける放射線ができる限り少なくするよう努めるため、厚生労働省令第152号(以下「除染電離則」)を平成23年12月22日に公布し、平成24年1月1日に施行しました。

以下に除染電離則の概要をまとめましたので、除染等を業とされる事業者の方、及び除染等業務に従事される従事者の方は参考にしていただければと思います。

なお、除染電離則が対象とするのは、「特別措置法」に基づく「除染等業務」のため、上下水道施設、焼却施設、中間処理施設、埋め立て処分場における業務や、除去土壤、又は汚染廃棄物等の処分の業務については、現行の電離放射線障害防止規則が適用されますので注意してください。

(1)除染等業務従事者の被ばく限度(第3条)

除染等業務従事者の受けれる実効線量は、5年間にしき100mSvを超える、かつ、1年間にしき50mSvを超えないようにしなければなりません。ただし、女性の除染等業務従事者(妊娠する可能性がないと診断されたものを除きます。)の受けれる実効線量については、3月間にしき5mSvを超えないようにしなければなりません。ここでいう、実効線量とは、事業者の管理下において被ばくした外部被ばくによる実効線量と内部被ばくによる実効線量の和になります。

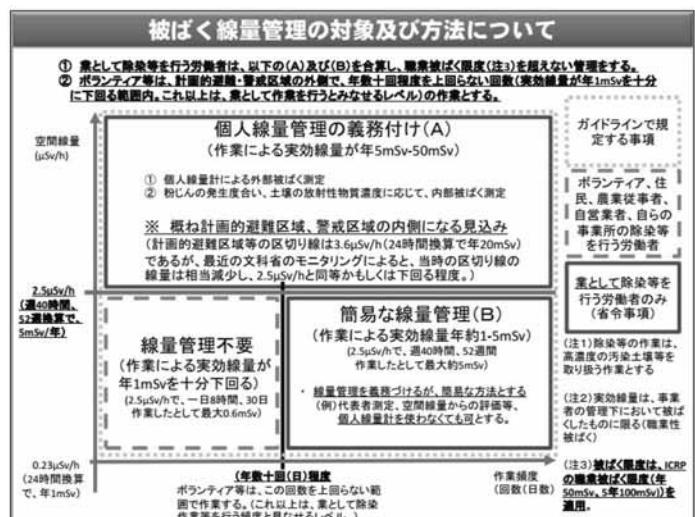
線量の累積は、複数の場所で除染等業務に従事する労働者の被ばく線量管理を適切に行うため、平成24年1月1日が始期となります。放射線障害防止法等が定める始期とは異なりますので注意してください。なお、平成23年3月11日以降に受けた線量は平成24年1月1日に受けた線量とみなして合算します。

(2)線量の測定(第5条)

被ばく線量管理の対象、及び方法を図1に示します。除染等を業として行う労働者は図1に示される(A)と(B)の実効線量を合算し、実効線量限度を超えないように管理しなければなりません。また、セシウムが多く含まれている土壤で粉じんが大量に発生する作業では内部被ばくのおそれがあるため、ホールボディカウンタ等で3月間に1回の頻度で測定を行う必要があります。

(3)測定結果の確認、記録等(第6条)

外部被ばくによる線量が一日当たり1mSvを超えるおそれのある除染等業務については、被ばく線量が上



厚生労働省「報道発表資料」より引用

限を超えないようするため、外部被ばく線量及び内部被ばく線量を測定し、その結果を毎日確認しなければなりません。

測定した線量は3月ごと、(女性(妊娠する可能性がないと診断された女性を除く)は1月ごと)に記録し、30年間保存する必要があります。ただし、契約期間が3月末満の作業者の場合は、1月ごとに測定した線量を記録してください。測定結果の記録例が**様式1**として示されていますので参考にしてください。

なお、除染等業務従事者で電離則の放射線業務従事者であった者については、放射線業務に従事する際に受けた線量を除染等業務で受ける線量に合算して記録し、保存することが必要です。

また、事業者は、記録された線量を除染等業務従事者本人に知らせなければなりません。

(4)事前調査と作業計画

(第7条、第8条)

作業に先だって作業場所の状況、平均空間線量率、土壤の汚染濃度の事前調査を行い、作業者の線量の測定方法、被ばく低減措置、使用する機械等の種類・能力、応急の措置等の作業計画を立てる必要があります。

(5) 作業の指揮者（第9条）

除染等業務を行うときは、除染等作業の指揮者を定めなければなりません。作業指揮者は以下に記す事項を行います。

- 一 除染等作業の手順、及び除染等業務従事者の配置を決定すること。
 - 二 除染等作業に使用する機械等の機能を点検し、不良品を取り除くこと。
 - 三 放射線測定器、及び保護具の使用状況を監視すること。
 - 四 除染等作業を行う箇所には、関係者以外の者を立ち入らせないこと。

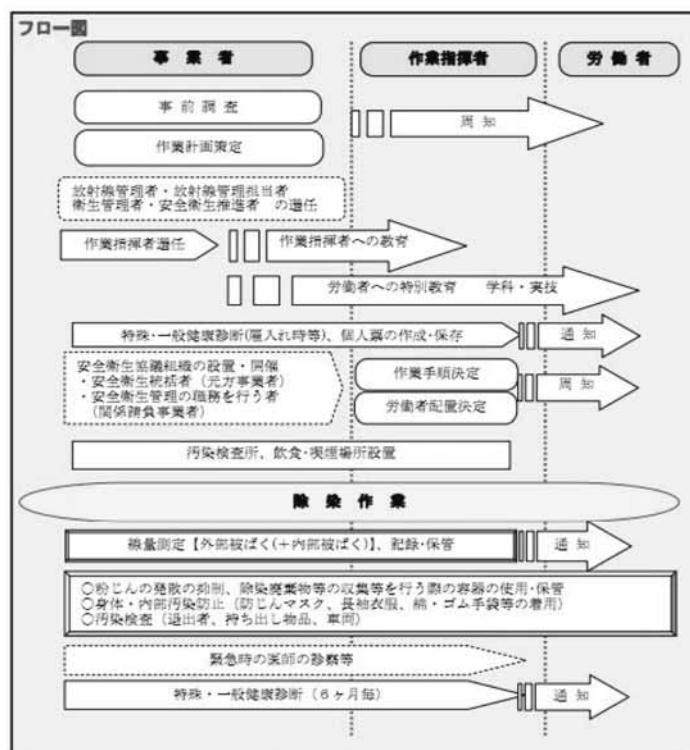
除染に係る作業上の安全確保フローを図2に示しますので参考にしてください。

(6)退出者、持ち出し物品の汚染検査

(第14条、第15条)

汚染が拡大することを防止するため、汚染検査場所を設けて、退出者や持ち出し物品の汚染検査を

樣式 1



福島県生活環境部「除染業務に係る技術指針」より引用

四

行わなければなりません。汚染検査所のイメージを図3に示します。

(7)除染等業務に係る特別の教育（第19条）

除染等業務に就く作業者には、次の科目について教育を実施しなければなりません。

(学科 4 時間、実技 1 時間30分)

- 一 電離放射線の生体に与える影響及び被ばく線量の管理の方法に関する知識。
 - 二 除染等作業の方法に関する知識。
 - 三 除染等作業に使用する機械等の構造及び取扱いの方法に関する知識。
 - 四 関係法令。
 - 五 除染等作業の方法及び使用する機械等の取扱い。

なお、除染等事業者以外の事業者で自らの敷地や施設等において除染等の作業を行う事業者、自営業、ボランティア等、雇用されていない者に対しても同様の特別教育を行うことが望ましいとされています。

(8)健康診断（第20条）

除染等業務従事者には、雇入れ、または当該業務に配置替えの際、及びその後6月以内ごとに一回、医師による健康診断を行わなければなりません。健康診断の結果は、「除染等電離放射線健康診断個人票」に記録し、30年間保存します。ただし、5年保存した後は、厚生労働大臣が指定する機関に引き渡すことができます。

健康診断の結果は、除染等業務従事者本人に通知しなければなりません。また、「除染等電離放射線健康診断結果報告書」を所轄の労働基準監督署長に提出しなければなりません。

なお、除染電離則の施行に伴い、「労働者派遣事業の適正な運営の確保及び派遣労働者の就業条件の整備等に関する法律施行規則」が改正されました。派遣先の事業者は、「除染等電離放射線健康診断個人票」を作成し、その写しを派遣元の事業者に送付し、派遣元はそれを30年間保管することが義務付けられました。

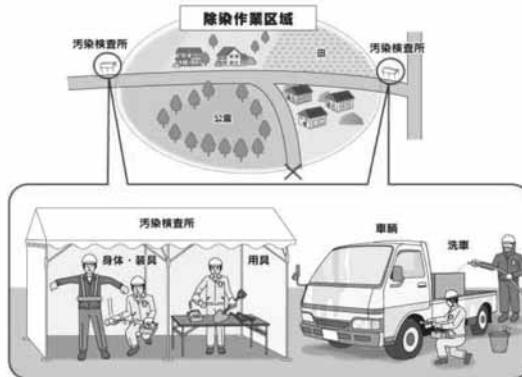
最後に

除染等事業者や除染等業務従事者向けのガイドラインや要点が記されたリーフレット（図4、図5）が厚生労働省の「除染等業務に係る放射線障害防止対策について」からダウンロードすることができます。

http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/josen_gyoumu/

また、環境省の「放射性物質による環境汚染情報サイト」では除染に関する情報がまとめられていますので、あわせてご参照されることをお勧めします。

<http://josen.env.go.jp/index.html>



福島県生活環境部「除染業務に係る技術指針」より引用

四



四



5

「除染電離則」を読んでの感想

加藤 和明
(2012年2月6日記)

厚生労働省はこのほど「除染電離則」(2011年12月22日付で公布、2012年1月1日付で施行)なるものを定めた。原文が入手できたので読ませて戴いた。以下はその際に抱いた疑問や感想である。制定の背景をつぶさに承知している訳ではないので、独断と偏見による誤解がなしある。お気づきの方には、ご教示とご叱責をお願いしたい。

1. 今朝の参議院予算委員会の質疑で内閣法制局長が述べたところによると、法律やその細則を変更したり新たに定めるときには、関係するすべての法律とその細則との整合を図るが、施行令についてはそれを公布した時点での整合を取ることに留めているとのことである。大分前の国会での質疑で、文科省の学習指導要領は法的には行政指導の位置づけとなり、従わなかったからといって“法律に違反したことにはならない”という答弁があったことを思い出した。告示が行政指導の一環であることは承知しているが、放射線防護の世界では、関係法令に係る告示の類も厳格に守ることが常識化しているので、法的位置づけを同じくするこれらの告示と学習指導要領の取り扱われ方の違いには戸惑いを覚える。
2. さて、最初にざっと目を通したとき、まず抱いた感想は、ずいぶん急いで作成したものらしい、というものであった。例えば、2項目の最下段に『「除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン」(平成24年12月22日付け基発1222第6号、以下…』なる表記があるが、平成24年は平成23年の間違いであろう。法令や規則の公布に際してこのようなミスを犯した例を筆者は見たことがなかったので、「平成23年度厚生労働省令第152号」として公布された「除染電離則」が、今朝の参議院予算委員会で国家戦略室発足に当って用意された法令間の整合性の欠落についての質疑にも興味が及んだという訳である。
3. 筆者が最もショックを受けたのは、平和時を想定してつくられている現行法令との整合に十分な考察・考慮が払われて居ないように見受けられることである。あまりにも“対症療法治的”であり、“付焼刃的”であるとの思いを深くした。上で述べたように「行政指導の一環なのだから他の法令との整合性確保にはそれほど留意する必要がない」と判断した結果なのか、政権あるいは担当省庁の能力不足によるものかは不明であるが、情けない。
4. 須らく、行為の当否や記述命題の正誤は前提に依存して決まるものである。除染電離則の第1条は基本原則に当てられていて『事業者は、除染等業務従事者その他の労働者が電離放射線を受けることを出来るだけ少なくするように努めなければならない』と書かれている。昨年10月に文科省が作成した小中高の生徒用に作成した副読本とそれを使う教師用の指導書でも、“電離放射線を受けることを出来るだけ少なくする”ことが重要であると強調されているので、政府としての基本原則となっているものと思われるが、筆者には、国のこの基本原則が、諸々の政策決定に著しい障害となっているようと思われる。非常時のリスク管理は各種リスク要因との trade-off に十分配慮して行うべきものだからである。除染電離則がこのような基本原則の下につくられたとなると第2条以下の出来栄えは見る気にもならなくなるが、放射線に関してはことさら順法精神を旺盛にする国民性を考えると、やはり何かを言っておきたくなる。
既存電離則の第1条がこうなっているからといってそれをそのまま持ってきてよいものではないし、そもそも電離則の第1条にこの基本原則が載せられていることが問題であろう。
5. 現行の国の制度設計では、“放射線の使用を規制する”のではなく“特定の放射線源の使用を規制する”ことを、國民に放射線の被曝による望ましくない影響が及ぼすのを防止するための基本方策としている。この特定の放射線源の使用等に職業的に関わる者がその線源起因の放射線に被曝するのが職業被曝である。
特定線源起因の放射線被曝に対する管理基準、荒っぽく言うと、職業人用と一般人用の2種類が用意されていて、前者は個人線量計による実測を基本に（管理基準を超えないように）管理される仕組みに、後者は、特定線源が環境に及ぼすインパクトを環境保全の観点で一定限度内に抑制する仕組みになっている。

筆者は現在76.5歳になるが、これまでに受けた積算の被曝線量は、実効線量で500mSvを超えていると評価している。その内訳を“職業被曝(S)”、“環境被曝(K)”、“医療被曝(M)”の3カテゴリーに分類すると、S対K対Mの比は、3：1：1である。筆者の場合、Sには上記定義による「職業被曝」のほかに“事故”による被曝も含まれているのだが、これについては実測も事後の推測実験も行っておらず、筆者（と当時の関係者）が推測した値を使っている。放射線障害防止法が制定されて間もない頃の話である。この法令をつくるにあたり国がお手本としたICRPのシステムでは、自然放射線に加えて、戦争や事故・災害起因の放射線被曝は対象外とされていたのである。一方、Kには自然界に在る放射線への被曝のほかに、国内外で起きた事故や災害起因の放射線、他国が行った軍事関連の事象に起因する放射線への被曝が含まれ、さらに上で述べた特定線源の環境に対するインパクトとしての寄与放射線をも含んでいる。環境被曝という形態での“特定線源”起因の放射線被曝は、長年放射線防護を生業してきたので、筆者の場合、一般的の“公衆構成員”よりはずば抜けて大きいと思われる。また、筆者は14年前に脳外科の手術を受けるなど、高度医療のお陰を蒙っているので、一般人の平均よりはMの値も大きくなっている。

6. 除染電離則で使用している線量の種類やその測定法は、電離則に合わせた形をとっている。すなわち、管理基準には実効線量を用い、その測定評価には“1cm線量当量”を用いている。後者は、実測に適しない実効線量の“代用品”としてICRPがICRUと一緒につくったambient dose equivalent（環境線量測定用）とindividual dose equivalent（個人被曝線量評価用）を一本にまとめた、わが国独特のものである。放射線審議会（首相直轄の審議会であった頃の話）でこの問題が検討された時には、職業人の被曝に関しては実際に“特定線源”起因の放射線への被曝は身体の前面からと見做せることを前提としていた筈である。翻って、「除染電離則」が想定している「除染等業務従事者」の「事故由来放射性物質」起因放射線への被曝には、この前提が通用しないケースが多いと思われる。
7. 3.11の後、（放射線防護に係る）現行の“制度設計”では対象外とされていた放射性物質が環境に出現した訳であるが、政府は10月の末に「事故由来放射性物質」や「職業的被曝」の概念規定を行った。「除染電離則」はこれを受けてつくられたものと拝察するが、この時の「職業的被曝」が今回の除染電離則で言うところの『除染等業務』に従事することに起因する「事故由来放射性物質」起因放射線への被曝』と読めるのだが、従来の“職業人”が、職務上の理由でこのような被曝を受けてもその線量は職業被曝に含めずに“ボランティアとして被曝したもの”として、別扱いにするよう求めている。職業人として受ける線量は、職業被曝と職業的被曝などと区別することなく雇用者が一括管理するのが合理的と思われるのだが如何であろうか。
8. 上の4項で述べたことと密接に結びつく話であるが、3.11以後、政府が採ってきた施策では、この“想定外の特殊線源”起因の放射線被曝の管理基準や目標を全て、いわゆる“追加線量”として捉えている。そもそも追加されるべき線量の値は地域により大きく異なり、厳密には時間的変動もあるものである。それよりも追加線量の管理目標とされる値に比べてかなり大きな値を持つこともある上に、原理的には“不可知”的なものである。
- 筆者は、“想定外の特殊線源”起因の放射線に対する国民の防護策としては、3.11以前に存在していた既存環境放射線を含む形で、新たな“環境保全のための基準・目標”をつくることが望ましいと考える。今や市民の多くは、その品質の良否は別として、環境放射線の線量率の測定に“追加されるべき線量”を織り込んでいるのが普通であり、一定期間の被曝線量の測定結果を“追加線量”で示されてまごつくものが多いと拝察する。
9. 放射線の安全管理には、線量や線量率、放射能の定量とその結果に基づく判定がつきものであり、その際には、定量と判定の品質が重要である。現行の関係法令では、これらの品質に係る規定がなく、かねてより問題であると訴えてきたつもりである。今回の環境汚染に係る諸々の対策ではその重要性がより顕著になったと思われる。
10. 従来の“特定線源”に起因する内部被曝の管理方策は、放射線管理の業務負担の軽減化を主たる目的に、将来にわたる予想積算線量を推測し、被曝線量の管理のためのbook-keepingでは、放射性物質の摂取した年度に一括処理することとしていた。しかし、基本原則に第1条の考えを置くとなると、一般国民に過度の不安を当ることに繋がりかねないこのような手法を、環境保全の方策にそのまま当て嵌めることは望ましくないように思われる。

環境に優しい農業を放射線で

元・原子力委員 町 末 男



貧困の削減は十分な食糧から

昨年10月に世界の人口は遂に70億人にまで増加した。そして今も貧困層と言われる人の数は10億を超えており、慢性的栄養失調に苦しむ人は8億人もいる。

世界の全ての人に十分な食糧を供給する事は最も重要な課題である。食糧の生産には、農業・漁業が基本的な役割を果たしてきている。農業はこれまで高収穫を求めて発展して来た。一方で、そのため多用して来た化学肥料、殺虫剤、殺菌剤などの化学薬剤が自然環境を破壊しつつあることも明らかになり、懸念されている。

持続的農業が求められている

環境を守るために、化学肥料や殺虫剤などの使用量を減らしても、高い収穫量が得られるような農業（持続的農業）の工夫が求められている。

放射線を利用した技術が、このような持続的農業の実現に役立っているのだが、あまり知られていないので、紹介したい。

耐病性のバナナ －アジア原子力協力（FNCA）で開発－

放射線による突然変異を利用して、新しい有用な品種を作る「放射線育種法」はこれまで世界で約3,000種の高収穫、高品質、耐病性、耐塩性、矮性などの実用品種が生まれ出されている。

日本政府が主導しているアジア原子力協力フォーラム（FNCA）は「品種改良プロジェクト」を進めているが、5年ほど前から注目していたのが「病気に強い品種のバナナ」の開発研究である。バナナは種がないので、組織の一部を取り取り、これに放射線を照射した上で組織培養を行い育てる。この方法で2年程前フリッピンのチームが「バンチトップヴィールス」による病気に



(左) バンチトップヴィールスに侵されたバナナ　新品種
(親品種)

強い品種の開発に成功した。写真の左が親品種であり、「バンチトップヴィールス」病に侵されているのが良く分かる。右は照射した多くの組織を育てその中から耐性の優れたものを選抜して品種とした。今、フィリッピンではこの新品種を果樹農家に広めつつある。これによって、これまで多用していた殺菌剤を減らし、経費・労力を節約すると同時に環境の汚染を減らす事が出来る。

日本でも20余り前、農水省の放射線育種場が黒斑病に強い二十世紀梨を見つけ、これを品種として育て、今、鳥取県で広く利用されている。これによって殺菌剤の散布量・回数を5分の1に減らし、労力も減らせるので、環境汚染を減らすと共に、農家にも大きな利益となっている。

放射線によって「環境に優しい農業」に貢献出来るのは、沖縄でも成功し、IAEAも重点課題として普及させている放射線利用して害虫を減らす「不妊虫放飼法」や、最近 FNCA で成功しつつあるキトサンを放射線加工して得た「オリゴキトサンによる作物の収穫増」、さらに、「バイオ肥料」などがあるが。紙面が無いので次の機会に紹介する。

(2012年2月12日稿)

DNA 線量計の開発 —バイオドシメトリの新展開—



清水喜久雄*

はじめに

個人被ばく線量の計測は、物理現象に基づいた線量計により測定されるのが一般的で、放射線作業の従事者の被ばく管理は蛍光ガラス線量計や光刺激蛍光（OSL）線量計など放射線との相互作用で発生する蛍光を測定しその強度から吸収線量をもとめています。これらの方法は確立された方法で測定の信頼度は極めて高いものです。しかしながら得られた吸収線量は正確には生体内での影響の多寡を反映しているわけではありません。

放射線影響の主な要因は、人体の細胞中のDNA切断を主としたDNA損傷であると考えられます。私たちは、ガンマ線、炭素線、陽子線などLETの異なる電離放射線の生物影響、特にDNA損傷や突然変異誘発機構について研究を重ねてきました。これまでの研究結果からDNA損傷は同じ吸収線量でもLETの違いにより量的、質的に著しく異なることがわかりました。そこで、放射線照射によってDNAにもたらされた損傷量を測定することにより吸収線量を評価できるのではないかと考え、人体影響を直接的に計測するためにDNA損傷量に基づく線量評価手法となる“DNA線量計”的開発を行おうと考えました。

DNA鎖切断は、DNAを電気泳動にて分画することにより検出することができます。

ます。よく知られている手法の一つがコメットアッセイです。SCGE（Single-Cell Gel Electrophoresis）法とも云われているこの方法で細胞内のDNA鎖切断を計ることが出来ます。そのため放射線や化学物質の遺伝毒性の評価に多用されています。しかしながら実験条件の統一化が難しく再現性に乏しいこと、処理工程が多いなどの問題点があります。

そこで本稿では“DNA線量計”的開発を目標として、DNAポリメラーゼ連鎖反応（Polymerase Chain Reaction, PCR）を応用した放射線の吸収線量の評価法を紹介させていただきたいと思います。

開発の目的

従来の物理・化学的反応を用いた方法と原理的に異なる方法を開発し、ガンマ線、重粒子線、陽子線などのLETの異なる複数の放射線が存在する混成場においても、作業者の安全確保ができる線量評価法の確立と、その原理に基づいた“DNA線量計”的開発をめざしています。

また原子力発電所の事故や核テロなどのような緊急時における放射線被ばくの場合、個人被ばく線量計を所持していない場合があります。被ばくした個人の適切な治療のために被ばく線量を推定する必要があります。このためには被ばくした個人から生

* Kikuo SHIMIZU 大阪大学ラジオアイソトープ総合センター 准教授

体試料を採取し被ばく線量を推定することになります。これをバイオドシメトリといい、現在までに染色体異常、歯牙のエナメル質の電子スピニン共鳴（ESR）などの方法が開発されています。本稿で紹介する方法もDNA損傷という生体反応を指標として電離放射線の吸収線量の評価を行おうとするもので、バイオドシメトリとして緊急被ばく時における迅速な線量評価をめざしています。

線量評価法の原理について

・原理

ポリメラーゼ連鎖反応（PCR法）により合成されるDNA量を定量し、DNAの増幅率から吸収線量を推定する方法の原理を説明します。

ポリメラーゼ連鎖反応とは、増幅しようとするDNAとその両端の配列に相補的な一対のDNAプライマーおよび耐熱性DNAポリメラーゼ（90°C以上の高温でもDNA合成反応を触媒できる酵素）を用いて、3段階の温度変化をnサイクル繰り返すことによって標的DNAを 2^n 倍に増幅することができる技術です。

ポリメラーゼ連鎖反応では、目標とする領域の配列のみを増幅することができます。PCR法をn回のサイクル行うと、1つの2本鎖DNAから目的部分は 2^n 倍に増幅されます。最近では、ポリメラーゼ連鎖反応時にDNA合成の際に取りこまれる蛍光色素を加え、蛍光量を評価することで、合成されるDNA量を経時的に定量することができる手法が開発されています。この方法をリアルタイムPCR法といいます（図1参照）。増幅産物量が蛍光検出できる量に達すると増幅曲線が立ち上がり始め、指数関数的に上昇した後プラトーに達します。初期錆型DNA量が多いほど、増幅産物量

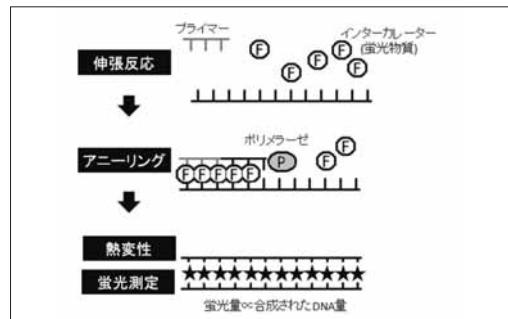


図1 合成DNA量の評価法(リアルタイムPCR)の原理

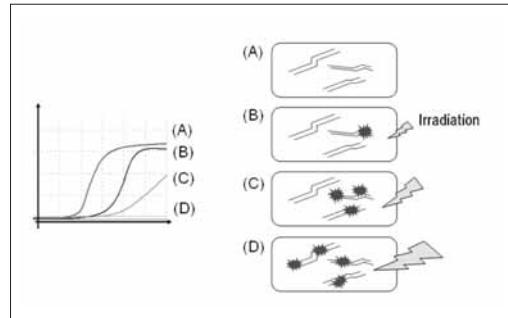


図2 錆型DNAの損傷量と合成DNA量の関係

は早く検出可能な量に達するので、増幅曲線は初期のサイクルで立ち上がります。ここで錆型DNAに放射線照射による損傷があれば、ポリメラーゼ連鎖反応を阻害すると考えられます。ポリメラーゼ連鎖反応による増幅率は合成反応に用いられる錆型DNAの量に比例するため、DNA鎖の損傷を評価することができ、ここから吸収線量を算出することが可能であると考えられます（図2）。

・PCRの特徴

PCR法には以下の利点があります。

- 1) ヒトのゲノム（30億塩基対）のような非常に長大なDNA分子の中から、自分の望んだ特定のDNA断片（数百から数千塩基対）だけを選択的に増幅させることができます。しかも極めて微量なDNA溶液（1ng／1μl）で目的を達成できる、
- 2) 増幅に要する時間が2時間程度と短い、
- 3) 反応操作が簡単でDNAの分離からPCR

反応まで全自動の装置で実施することができるるのでプロトコルが完成すれば初心者でも比較的簡単に操作可能になる。

・Ct 値 (Threshold Cycle)

リアルタイム PCR における初期 DNA 量の評価のために重要なキーワードが、Ct 値 (Threshold Cycle) です。

PCR では、1 サイクルごとに DNA が 2 倍、2 倍、…と指数関数的に増幅し、やがてプラトーに達する。PCR 増幅産物量が蛍光検出できる量に達すると増幅曲線が立ち上がり始め、指数関数的にシグナルが上昇した後、プラトーに達します（図 3）。最初に存在する DNA 量が多いほど、増幅産物量は早く検出可能な量に達するので、増幅曲線が早いサイクルで立ち上がります。よって、段階希釈したスタンダードサンプルを用いてリアルタイム PCR を行うと、初発 DNA 量が多い順番に等間隔で並んだ増幅曲線が得られます。ここで、適当なところに閾値 (Threshold) を設定すると、閾値と増幅曲線が交わる点 : Ct 値 (Threshold Cycle) が算出されます。

Ct 値と初期鋸型量の間には直線関係があり、図 4 のような検量線を作成することができます。未知サンプルについてもスタンダードサンプルと同様に Ct 値を算出し、この検量線に当てはめれば、初期鋸型量を評価することができます。（すなわち、Ct 値とは、PCR 増幅産物がある一定量に達したときのサイクル数です）。

・DNA 増幅率と DNA 鎮の損傷との関係

前述のように DNA 鎮の損傷があった場合、ポリメラーゼ連鎖反応は阻害されることが予測されます。初期 DNA 濃度を統一し、吸収線量を変化させたサンプルを用いれば、DNA 増幅は DNA 鎮の損傷度合に逆比例することになります。ここから吸収線量を算出することが可能であると考えられます。具体的には電離放射線を照射し

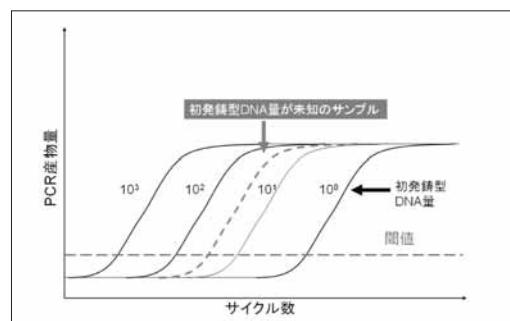


図 3 DNA 増幅曲線の概念図

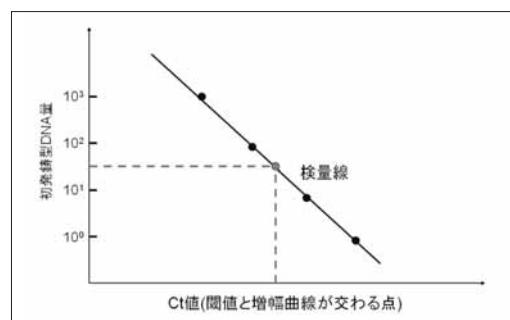


図 4 検量線と Ct 値

た DNA を鋸型としてリアルタイム PCR 法により増幅速度をモニタリングし、Ct 値を求め吸収線量を評価します。電離放射線の照射により DNA には塩基の酸化、欠落などとともに 1 本鎖や 2 本鎖切断がおきます。鎖切断や大きな損傷が入った DNA は PCR 反応の鋸型にはなり得ないので、切断の数の増加とともに PCR 反応の速度が低下すると考えられるのです。従って PCR 反応の進行速度から吸収線量を評価できます。

ガンマ線などより LET が高い炭素線などのイオンビームでは、直接効果が増加し鎖切断の比率が高くなるので、PCR 反応に及ぼす効果はより大きくなると考えられます。

実験の方法と結果

・実験方法

出芽酵母 S288c の URA3 領域 (804 bp)

を PCR (polymerase chain reaction) によって増幅し精製した反応物を DNA サンプルとします。DNA サンプルの濃度は 0.001 ng / 1 反応です。DNA サンプルに対し、千代田テクノル大洗研究所のガンマ線源を用い、ガンマ線 (LET : 0.2keV / μ m) を照射しました。また、比較として、日本原子力研究開発機構イオン照射研究施設 (TIARA) の AVF サイクロトロンを用いて加速した炭素イオン粒子 (220MeV, LET : 107keV / μ m)、ならびに放射線医学総合研究所 HIMAC の炭素イオン粒子 (290MeV, LET : 50keV / μ m) を照射しました。吸収線量は 0.05Gy – 1.0Gy の範囲で行いました。照射したサンプル DNA を鋳型とし、EcoTM Real-Time PCR System (illumina[®]) を用い、未損傷の鋳型 DNA の量を評価しました。

・結果及び考察

ガンマ線照射実験の結果を図 5 に示します。縦軸が Ct 値です。Ct 値は前述のように合成反応が検出可能になる反応回数を表す値です。実験結果から未照射の DNA 試料では 13.3 回の反応で検出可能になるのに対して 1 Gy 照射の試料では 13.6 回の反応を必要とすることが示されました。このように線量の増加に伴って Ct 値が一次関数的に増加しています。Ct が大きいことは反応に寄与する鋳型 DNA が少ない事を意味し、ガンマ線照射によって DNA 鎮上に損傷が生じ、ポリメラーゼ反応を阻害していると考えられます。ここに示された結果は、DNA 合成量を分子生物学的手法で解析することにより、ガンマ線の吸収線量を評価できる可能性を示すものです。次に炭素線などの LET の異なる放射線を用いた実験で同一の Gy 数を照射した場合、LET に比例して損傷量が増加することもわかりました。

LET の異なる放射線を照射した実験で

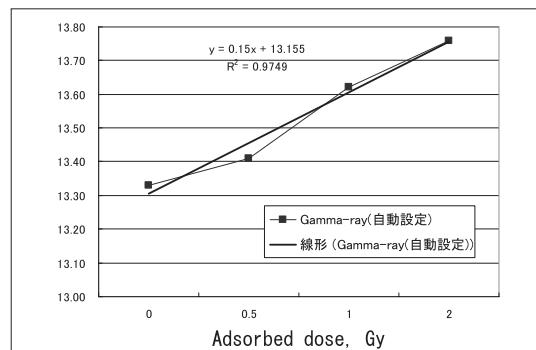


図 5 ガンマ線照射線量と Ct 値との関係

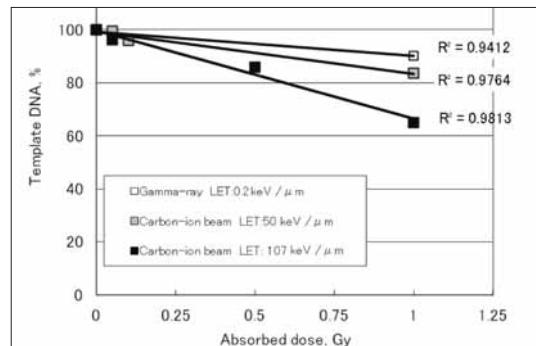


図 6 LET の異なる放射線の効果

のリアルタイム PCR の実験結果を図 6 に示します。縦軸がリアルタイム PCR の評価によって得られた未損傷の鋳型 DNA 量、横軸が吸収線量です。図から吸収線量の増加に伴って、DNA 合成効率が低下していることがわかります。DNA 合成効率の低下は、鋳型 DNA に生成した酸化的損傷 (グアニン塩基の酸化損傷等) や鎖切断に起因すると考えられます。また、吸収線量が等しいにもかかわらず、LET が異なることで鋳型として機能しない DNA 量が増加したことを示す結果は、LET の上昇に依存して DNA 上に質的あるいは量的に異なる損傷が生じていることを意味しています。この図から計算すると、ガンマ線 (LET : 0.2keV / μ m) の効果を 1 とすると、炭素イオン粒子 (LET : 50keV / μ m) が 1.7、炭素イオン粒子 (LET : 107keV / μ m) が 3.6 となります。今回の結果は、

本手法が DNA 損傷を指標として LET が異なる放射線による影響を評価できる可能性を示すものです。

おわりに

放射線照射された DNA を用いてリアルタイム PCR 法を実施することにより吸収線量の評価が可能であること、LET の異なる放射線では同じ吸収線量を照射した場合には DNA 損傷の度合いが異なり、その違いをリアルタイム PCR 法で判別できることがわかりました。今後この手法を用いた DNA 線量計の開発に向けて更なる改良を加えていく必要があります。第一には検出感度の向上があげられます。現在のところ 0.5—1 Gy 位までは評価が可能ですが、感度を上げるために RCR 反応に用いる DNA 配列の選定、用いる酵素や反応条件の最適化など多くの余地があり、感度の向上は可能であると考えています。さらに AP-リアーゼや N-グリコシラーゼなどの酵素を、照射した DNA に作用させ、DNA 鎮切断以外の損傷を鎮切断に転換することができます。DNA 損傷の中では鎮切断よりも塩基損傷が多く生じるので、これらを鎮切断に変換することにより感度を上昇させることができます。また酵素処理の有無によるリアルタイム PCR の結果の違いから、鎮切断とそれ以外の損傷の比率を推測することが可能になります。この方法は線量評価だけでなく、LET の異なる放射線でどのような損傷がどのくらい導入されたかの評価にも用いることができます。

また今回は溶液中の反応の結果を示しましたが、乾燥させた DNA を照射した実験でも同様の結果を得ていますので、ガラスなどに DNA を付着させた形状の「携帯可能で簡易な」線量計へと展開することも可能になるのではないかと期待しています。

本稿で紹介した方法が実用化されれば下記のような用途に適用できるのではないかと夢を描いています。

1. 宇宙飛行士などの被ばく線量評価：

宇宙空間では HZE（高エネルギー粒子線）による宇宙飛行士の被ばく評価が非常に重要な問題です。LET の異なる HZE の混在する環境で、従来の線量評価では達成できない生体影響を基本とした線量評価をすることが可能になります。

2. 緊急被ばく時の線量評価法としての利用：

数時間で解析結果が得られるので、放射線従事者が被ばくした場合に血液からの DNA を用いて被ばく線量の推定が迅速に行えます。緊急被ばく時の線量評価法としては染色体による方法が開発されており、非常に有用ですが、培養などの時間が必要で解析には 1 日以上かかります。被ばく患者からの血液を採取し PCR 法を用いれば、数時間で結果が得られ、素早い対応が可能になります。

3. 照射食品の線量評価：

食品から DNA を分離することができれば、ESR などの高価な機器を使うことなく簡便に照射線量の評価を行うことが可能になります。

※※※ プロフィール ※※※

専門分野は放射線生物学、放射線安全管理学
大阪大学理学部生物学科卒業、理学博士
1983年 大阪大学助手（ラジオアイソトープ総合センター）に採用
1990年 米国国立保健衛生研究所（NIH, USA）客員研究員
2003年 大阪大学助教授（ラジオアイソトープ総合センター）
2007年 大阪大学准教授（ラジオアイソトープ総合センター）

学部、大学院を通じて分子遺伝学を専攻し、大阪大学に着任後は放射線の生体影響の分子レベルでの解析および放射線の安全管理の研究に従事している。

<JIS 改正情報>

JIS Z4809-2012 放射性物質による汚染に対する防護服

福島第一原子力発電所に関する報道で、現場で作業に従事する方々の着用していた防護服をご記憶の方も多いと思います。現場で用いられていた黄色い雨合羽様の服（アノラック型保護服）や白色の不織布製保護服は、放射性物質による汚染に対する防護を目的としたもので、この規格で定められた防護服に該当します。

アノラック型保護服は、液体及びエアロゾル状の放射性物質による汚染から着用者を防護することを目的とした防護服で、この規格ではV形に分類されます。また、不織布製保護服は、浮遊固体粉じん状の放射性物質による汚染からの防護を目的としたもので、VI形に分類されます（V形、VI形の防護服は、呼吸保護に関しては呼吸用保護具を併用します）。

JIS Z 4809は1961年に制定され、その後数回の改正を経て1993年に最終改正が行われました（旧規格時の名称は“放射性汚染防護用保護衣類”）。

旧規格では、主にエアライнстーツなどの陽圧服に対する性能要求事項を定めていました。しかし、現在では放射線管理区域の作業環境は大幅に改善されており、密閉服（不織布製防護服やアノラック型保護服）による防護が主となっています。このような需要及びそれに伴う生産の実態を踏まえ、規格内容の充実を図るため、今回の改正が行われました。

主な改正点を以下に記します。

- ・一般の労働安全関連防護服の規定との整合をとるため、防護服の種類を“換気加圧服、非換気非加圧服”から“陽圧服、密閉服”に変更。
- ・密閉服について、性能要求の詳細化を行う。
- ・前回の規格改正以降に流通した防水透湿仕様の保護衣の対象組み込み。

今回の規格改正により、防護服の安全性評価、品質保証の充実が期待されます。



エアライнстーツ



アノラック型保護服



不織布製保護服

重要なお知らせ

マンモ用ガラス線量計技術基準変更について

線量計測事業本部

平素は、弊社のマンモ用ガラス線量計（MMG-QC バッジ）をご利用いただきまして誠にありがとうございました。厚くお礼申し上げます。

従来弊社では、日本放射線技術学会編纂の「乳房撮影精度管理マニュアル 改訂版」を技術基準としておりましたが、昨今のデジタル化の普及に伴い、平成24年4月1日照射日分から MMG-QC バッジの技術基準を NPO マンモグラフィ検診精度管理中央委員会編集発行の「デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル」（以下デジタルマニュアル）に変更させていただきます。何卒ご了承くださいますようお願い申し上げます。

MMG-QC バッジに係わる主な変更点を、次に示します。

- ①ガラス線量計の設置位置 胸壁端から 6 cm
(従来は 4 cm)
- ②平均乳腺線量（AGD）を次式から算出
$$\text{AGD} = \text{入射空中線量} \times \text{係数 } g \times \text{係数 } s \cdots (1)$$

(従来は $\text{AGD} = \text{入射空中線量} \times \text{換算係数} / 100$)

平均乳腺線量を測定するには、等価乳房厚45mm に相当する PMMA ファントム40mm を用いて、AEC による適正な X 線の出力条件を決めます。次に同条件で胸壁端から 6 cm 位置に置いた MMG-QC バッジに照射します。

MMG-QC バッジから入射空中線量及び半価層を算出し、係数 g は、表 1 の PMMA 厚と半価層厚から、係数 s は、表 2 から使用した装置のターゲット材、付加フィルタ材に対応する係数 s を求めます。

なお、胸壁端から 4 cm 位置 (ACR 法) と、6 cm 位置 (Euref 法) での平均乳腺線量の比較を、FBNews No.416 (鈴木) 3 p から転載し、表 3 に示します。

MMG-QC バッジに関する技術基準の変更点を簡単にご説明いたしましたが、詳細はデジタルマニュアルをご参照いただくか、弊社の担当部門までお問い合わせいただきますようお願いいたします。

お知らせ

- 「個人線量測定サービス規約」の一部を改正しました

災害等におけるモニタリングサービスの一時的遅滞等に関する内容を「個人線量測定サービス規約」の第15条第三項に追加しました。旧サービス規約内容にも同様のことが記載されていますが、内容をより明瞭にするため追加しました。詳しくは弊社ホームページの「お知らせ」をご覧ください。 ►<http://www.c-technol.co.jp/>

表 1 係数 g

PMMA 厚 (mm)	等価圧迫 乳房厚 (mm)	係数 g (mGy/mGy)						
		HVL (mm Al)						
0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	
20	21	0.329	0.378	0.421	0.460	0.496	0.529	0.559
30	32	0.222	0.261	0.294	0.326	0.357	0.388	0.419
40	45	0.155	0.183	0.208	0.232	0.258	0.285	0.311
45	53	0.130	0.155	0.177	0.198	0.220	0.245	0.272
50	60	0.112	0.135	0.154	0.172	0.192	0.214	0.236
60	75	0.088	0.106	0.121	0.136	0.152	0.166	0.189
70	90	—	0.086	0.098	0.111	0.123	0.136	0.154
80	103	—	0.074	0.085	0.096	0.106	0.117	0.133

[備考] PMMA 40 mm 厚は、圧迫乳房(乳腺量 50%)45 mm 厚に相当する。

表 2 係数 s

ターゲット/付加フィルタ	係数 s
Mo/Mo	1.000
Mo/Rh	1.017
Rh/Rh	1.061
Rh/Al	1.044
W/Rh	1.042
W/Al	1.050

表 3 胸壁端 6 cm と 4 cm の AGD 比較

	kV	mAs	HVL	AGD[mGy]	ESD[mGy]
mean	28.098	71.593	0.387	1.791	8.589
sd	0.950	17.835	0.036	0.379	2.101
cv	0.034	0.249	0.094	0.211	0.245
max	32.000	133.500	0.560	2.868	12.528
min	25.000	34.100	0.314	0.956	4.127
max/min	1.28	3.91	1.78	3.00	3.04

(ACR法)					
	kV	mAs	HVL	AGD[mGy]	ESD[mGy]
mean	27.86	72.91	0.385	1.818	8.554
sd	1.02	20.41	0.037	0.463	2.463
cv	0.04	0.28	0.095	0.255	0.288
max	32.00	122.50	0.540	2.881	14.372
min	26.00	37.10	0.330	0.964	3.191
max/min	1.23	3.30	1.64	2.99	4.50

(Euref法)					
	kV	mAs	HVL	AGD[mGy]	ESD[mGy]
mean	27.86	72.91	0.385	1.818	8.554
sd	1.02	20.41	0.037	0.463	2.463
cv	0.04	0.28	0.095	0.255	0.288
max	32.00	122.50	0.540	2.881	14.372
min	26.00	37.10	0.330	0.964	3.191
max/min	1.23	3.30	1.64	2.99	4.50

サービス部門からのお願い

4月1日はガラスバッジの交換日です

平素、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。

4月1日はガラスバッジ、ガラスリングの交換日です。

ご使用期間が3月31日までのガラスバッジ（ご使用になっている場合はガラスリングも）は
ご使用期間終了後、速やかに弊社測定センターまでご返送くださいますよう、お願ひいたします。

平成23年度の個人線量の集計は、平成23年4月1日から平成24年3月31日までのご使用分が対象です。ご使用になったガラスバッジをすべてご返却ください。平成23年度内にご使用分のガラスバッジのデータが揃った方を対象に、法定管理帳票として「個人線量管理票」を出力いたします。関係法令で定められた線量限度を超えていないことをご確認ください。



編集後記

●“記録的な大雪”に雪国ではどこも大変な難儀をしている。テレビではご老人たちが「こんな大雪は生まれて初めて」と言っていた。ある特異な事象の起きる割合を表すのに、その事象が起きる時間間隔の期待値を知ることが出来れば、発生確率はその逆数となる。ある時刻から観測を始めてT時間経過後にその事象が発生したすると、(事象の発生が他の事象から完全に独立と見做せるときには) 発生確率は $1/(2T)$ となるので、今冬の大雪は大略100年に1度の出来事と言える。一方、3.11の大地震は、仙台近郊の多賀城（の城下町）が1,142年振りに津波に襲われたというので1,000年に1度の出来事と捉えられている。

●“記録的大雪”では、命を落とした人の数が3桁に達しているが、国民の多くが“放射線の危険”に懼いている“想定外の原発事故”では、放射線被曝を直接の原因として命を失った人の数は、今のところゼロである。100年に1度の方は“記録的”と報じられ、1,000年に1度の方は、安全対策を考えるに当り関係者が“想定外”としたことが非難的の的となっている。

●3.11の大地震で大地震予測の前提が変化し、東大地震研のH教授が「東京直下型大地震が今後4年以内に起きる確率が70%」と弾き出したことがY紙にスクープされ（1月19日）、テレビや週刊誌が大騒ぎをしている。そして、海外（台湾やイタリア）では、予知に

失敗した専門家が、裁判に掛けられ有罪となっている。

●気象や地象の異常が、数と規模の両面で、数年前から増え続けていることには、多くの人が気づいていたと思われる。緩慢な変化に人は仲々思い切った対応をとれないものだ。我々が“茹蛙”にならずに済むためには、“想定外”で許される領域と許されない領域の線引きをどのように行ったらよいのであろうか？

●今この国では、社会保障システムが破綻を来し、政府は対応に四苦八苦している。これと根本の原因である“少子高齢化”的推移とそれが齎す結果についての洞察が適宜行われ、もっと早くに手を打ったなら、違った様相を見せているのではないかろうか？

●今朝（2月12日）のNHK「日曜討論」では、貿易収支が31年振りに赤字となったことを取り上げていたが、出席者の一人が「この国にとってエネルギー資源の取得に安心を得ることがいかに重要か」を説き、「原発の全面稼働をも真面目に考えるべき」と言っていた。

●今月号では、「原子力を捉える視点」（前原子力委員長・藤家先生）、「DNA線量計」（阪大・清水先生）、「除染電離則の解説」（千代田テクノル・大登氏）、など、これからのか“3.11後”を考える上で有用と思われる記事が、先月号に引き続き並んでいます。読者の皆様に少しでもお役に立てば幸いである。（加藤和明）

FBNews No.424

発行日／平成24年4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）