



Photo T.Mamuro

Index

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2回：調査法、分析・測定法の変遷	吉岡 満夫 1
「2005国際医用画像総合展出展」のご案内	6
放射線治療品質管理の制度化に向けて	遠藤 真広 7
〔休憩室〕	
いにしえからのお茶の効用	12
IAEA(国際原子力機関)放射性物質安全輸送規則の国内関係法令取り入れに係る	
放射線障害防止に関する技術的基準の改正の概要	中村 尚司 13
JCO臨界事故5周年に思う	加藤 和明 16
「個人線量測定サービス規約」の改定	17
〔加藤和明の放射線一口講義〕	
中性子線量	加藤 和明 18
〔サービス部門からのお願い〕	
4月1日はモニタの交換日	19

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 2 回 : 調査法、分析・測定法の変遷



吉岡 満夫*

1 放射線と放射能(第 2 回の序に代えて)

放射線と放射能は、マスコミや一般の人の間でよく混同されて用いられている。古くは原子力船「むつ」の中性子線漏れがそうであったし、最近でも事故・事件・トラブルの報道があるたびにしばしば見かけられる。釈迦に説法ではあるが、この原因は、放射能とは放射性物質が持つ線や線・線等の放射線を出す性質・能力を言い、従って放射線と放射能は別のものであるにも拘わらず、結局は、放射性物質(放射能)があるところには放射線があり、放射線を検出してでなければ放射能(量)を表現できないからだと考えられる。

前号では、「環境放射線モニタリングに関する指針(モニタリング指針)」の経緯・変遷については詳述を避けて表 - 1 で示すにとどめ、実態として環境モニタリングの転機となった幾つかの出来事を取り上げ、何がどう変わっていったかを述べたが、実は、制度的に環境モニタリングに最大の転機をもたらしたのは、電源三法の制定(1974年)と原子力発電施設の稼働後で後追いとなったこの「指針」の制定(1978年)、公衆の線量限度の変更(1989年、500mrem(5mSv) 1mSv)である。ほかに挙げるとすれば、ALARAの数量化として1976年に定められた軽水型原子炉施設周辺の線量目標値0.05mSvであろう。モニタリング指針では、「公衆の線量限度を十分下回っていることを確認すればよく、上記線量目標値にとらわれる必要はない」とされている。しかし、この線量目標値はそれぞれの立地地域では約束レベルと捉えられており、まずそれを、次には精度よくその1/10以下までを、更には複数の経路や核

種を考慮してもっと低いレベルまでを追求し確認しようとして、各地で様々な試みがなされてきている。今回は「調査法、分析・測定法の変遷」を通じて、原子力施設周辺の環境モニタリングのしくみや方法をやや詳しく紹介したい。

なお、前号で書き落としたこととして、核実験が盛んに行われていた頃、巷ではよく「傘をささねば頭が・・」と囁かれたこと、ICRP77年勧告を取り入れて1989年に改訂されるまでの「モニタリング指針」では、決定経路・決定グループ・決定臓器・決定核種等の決定論的概念をベースに記述がなされ、対象核種として ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs の3核種が明記されていたこと、科学技術庁フォールアウト調査の委託内容が全ベータ放射能測定であるにも拘わらず ^{131}I 等の中国核実験の短期影響データが残されているのはGe-スペクトロメリーで飛来核種を定量したこと、浮遊じん放射能濃度の単位は mBq/m^3 であること、等を追記、訂正しておきたい。また、今回も紙面の関係で、各種指針や国際機関名(ICRP・IAEA)、MS・MP、SCA・MCAなどの測定設備名やBG等を略称で示すことをお許し頂きたい。

2 . 環境モニタリングの概念、区分

放射能・放射線の難しさの根源は、放射線の人体にもたらす影響に「外部被ばく」と「内部被ばく」があることであり、同じ放射能(Bq)でも体外にある場合と体内に取り込まれた場合では、格段に人体への影響量が違うことである。このこともあってか、我国では環境汚染物質と異なり、放射性物質(放射能)には環境基準が定められていない。間もなく予定されているクリアランスレベルの導入には功罪両面が

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

あるが、せめて、これが環境基準的に受け止められるようになり、原子力・放射線・放射能に対する国民の相対的理解が深まることを期待したい。少し話が横道にそれたが、調査法等の変遷に先立ち、この節では、モニタリングの原理・しくみとモニタリングの区分について述べる。

原子力発電施設から放出される放射性物質の種類と人及び環境モニタリングとの関係を図 2 - 1 に示す。全ての放出データの取得と公開までに約10年の働きかけを要した福井県内の放出物質の種類(6種)と放出量は前号図 - 2 に示されている。気体廃棄物のうち放射性希ガスと放射性ヨウ素、液体廃棄物のトリチウム (^3H) と一般放射性廃棄物 (除 ^3H) は国のあらゆる指針の対象とされ、公開されており、1978年からは原子力安全委員会月報で、現在では原子力公開資料センターのホームページで見ることができる。しかし、前号で液体とほぼ同等の放出量があると記した気体粒子状物質は「評価指針」の、気体トリチウムは「安全審査指針」並びに「評価指針」の対象となっておらず、また、国による集計公表の対象となっていないというアンバランスがある。初めてヨモギ・松葉等の陸上試料に気体粒子状廃棄物由来の ^{54}Mn 、 ^{60}Co を検出した時の、指針作成に携った関係者が「検出は間違いではないか」と語ったことが、指針作成当時考慮外であったことを雄弁に物語っている。「情報公開が安全・安心・信頼を得る前提」との考え方がまだまだあらゆるところに行き届いていないように感じられる。

なお、この気体トリチウムや放射性ヨウ素は、モニタリングの面でも大気中水分やガス状ヨウ素の捕捉にはそれなりの方法を用いなければ捕集できず、事実、福井県では、前者は1975年から、後者は1986年

からモニタリングを開始している。また、主に放射性希ガスを対象とした線量率連続モニタは軽水炉稼動から遅れること7年後の1976年から、緊急時モニタリングの本格化は1979年からである。

図 2 - 1 には、モニタリングの区分も示した。環境放射線モニタリングは、目的、対象、手法、状況等により様々に呼ばれ、区分される。「人への影響」に着目した場合は「外部被ばく/内部被ばく」モニタリングに区分され、後者は更に「吸入/経口」摂取に分けられる。「対象」では「空間線量」モニタリングと「環境試料の放射能」のそれに区分され、「領域」では「気圏/陸圏/水圏(あるいは陸上/海洋)」モニタリングに分けられる。「手法」では「連続モニタリング」と「バッチ採取した環境試料の放射能」のそれに分けられ、更に「状況」では「平常時/緊急時」モニタリングに区分される。これらモニタリングの最終目標「帰結は、安全確保、線量評価である。軽重はあるものの「欠落のないモニタリング」、「避けられない項目(呼吸等)」を重視したモニタリング」が期待され、それが平常時及び緊急時の主要系統・重点/優先系統・重点項目(試料)に繋がっている。

原子力施設に起因する放射線・放射能が人体に影響を与える経路を「被ばく経路」と呼ぶ。その被ばく経路と環境モニタリングの関係を図 2 - 2 に示す。測定目的は、当然のことながら空間放射線・大気・飲食物は線量評価のためであり、陸上・海底土は蓄積状況の把握、他は変動傾向や放射能水準の把握である。降下物では起源の推定が加わる。放射性の気体廃棄物はまず大気中へ、液体廃棄物は海水中へ放出されるので、これら大気、海水は一次試料と呼ばれる。但し、濃度が薄いため、現在ではそれらから施設起因の核種が直接検出されることは

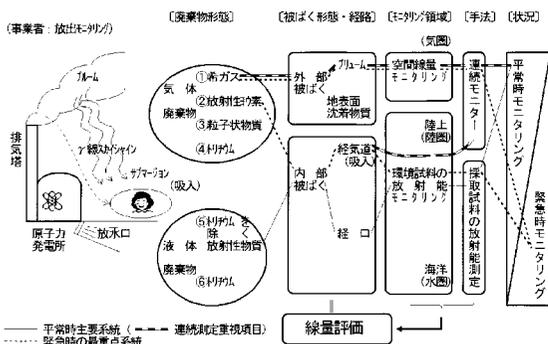


図 2 - 1 環境放射線モニタリングの概念図

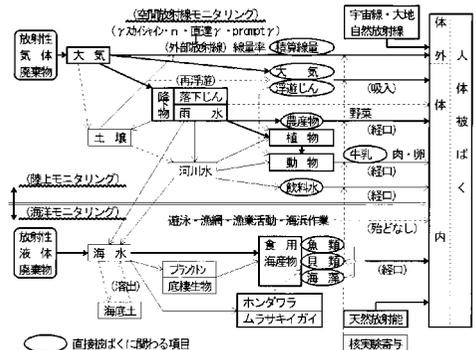


図 2 - 2 被ばく経路

めつたになく、蓄積による海底土での検出が最も容易であり、次いで湿性沈着や濃縮を通じた降下物や植物、海産生物(中でも貝類・藻類)が検出し易い。図には観測結果の大部分を占める自然放射線・放射能や核実験フォールアウトとの係りも示した。IAEAやICRPの標準モデルを改造したこの図には、施設者からの報告や自分自身で実際に観測したことのある「 γ 中性子線」 ^{16}N 等の直達放射線、土壌からの再浮遊、海底土からの溶出、海藻 貝類等の食物連鎖を加え、逆に、「安全審査指針」の対象ではありながら海水でND(検出限界以下)または低濃度で物理的付着が実態的に意味をなさない「遊泳・魚網・漁業活動・海浜作業」を無視できるものとして割愛(見え消し)している。ICRP等の基本図形と違い、図2-2で強調しておきたい点は、陸上の植物(ヨモギ等)や海洋のホンダワラ等の指標生物を重要視し、位置付けしていることである。これら指標生物は、過去の実績から最も放出を反映しやすい試料と言うことができ、四季を通じ広範に生息し採取が容易で食品と形状・性状が似た生物を指標という観点から選定し、食品調査の補完にも用いている。また、その測定目的には施設運転の健全性の確認という監視的側面も含まれる。

3. 調査方法の変遷、分析・測定法の変遷

調査法では、いつ・どこで等の5W1Hが重要因子である。表2-1に福井県の軽水炉稼働(1970年)以降の主な調査法、分析・測定法の変遷を示す。それぞれの変更理由・採用理由等の概略は下記の通りである。紙面の関係で十分な説明はできないが、これらの変遷の内容と変更理由・採用理由の合目的性に注目して頂きたい。半ば以上は担当者が徐々に充実に71~76年度に全国に先駆け実施しており、これにより体系立った環境モニタリングの構築を図っている。以下、多少独断と偏見が入りかなり省略した読み難い表現となったことをお許し頂きたい。

線量率:サーベイメータ(76年)連続モニタリアルタイム集中監視システム)。

・サーベイメータによる瞬時値ではできない期間全体の監視や評価のためNaI-DBMエネルギー補償方式連続モニタを導入。導入初期から施設寄与と識別にDBM通過率(入射エネルギーの指標)を活用。77~78年に検出器諸特性掌握。TMI事故後の80年にNaI窒息対策のため高線量モニタ(電離箱)を併設。自然変動/人工寄与の識別能力向上のため86年に全局で複数SCAを増設。96年にはMCAを導入

表2-1 福井県の主な調査法、分析・測定法の変遷

	初期(主に1970年代)	現 状
●積算線量	旧方式ガラス線量計、フィルムバック(〜71)	TLD(71〜)、TLD標準照射素子校正(73〜)、統一設置箱(80〜)
線量率	サーベイメータ(〜73年まで)→廃止 欠点:瞬時値	→連続モニタ(テレメータシステム、76〜)、県観測局(MS)10局→11→13→18局(エネルギー情報(通過率)で人工寄与と識別)モニタリングカー(82〜) ホンダワラスベトロメータによる線量構成成分測定(82〜) ●可搬型モニタリングホスト(MP):データ収集システム整備(96〜)
	<電力:GM式(公表なし〜81)> (他県事業者:敷地境界MP:NaI、71〜)	→<電力:NaI化・テレメータ化・公表(82〜)> →県へ情報一元化(95〜) <電力:モニタホスト62局、電気出力15、放水口モニタ10、排気筒モニタ24(98〜)>
●浮遊じん(連続測定)		浮遊じん放射能連続測定(α/β 、テレメータシステム、86〜)……リアルタイム監視(β/α 放射能濃度比活用による人工寄与と識別、91〜)
放射能測定	全ベータ放射能(〜74)→廃止 (一部NaI(〜71)) 欠点:評価不可	→ゲルマニウム検出器による γ スベトロメータ(71〜) (ホンダワラ・ヨモギ:指標生物)
試料前処理法	葉菜、海藻・乾燥 魚類、貝類、灰化 降下物:蒸発法 海水:Fe-Ba共沈法→CoS共沈法	(乾燥踏襲、灰化踏襲) →イオン交換(powdex)法 →AMP・MnO ₂ 法
ゲルマニウム検出器による核種分析の主な試料採取	(容器:V容器→現在まで)	ホンダワラ・ヨモギ:毎月採取(72〜) →ホンダワラ四半期採取 降下物:月間採取(73〜) (海底土:4回→2回→大部分1回) 浮遊じん:月間採取(79〜) 空気中I-131連続採取(86〜) 海底土コア・広域分布調査(72/78〜)
トリチウム		陸水、海水、雨水、大気中水分(75〜)、迅速測定法制定(98) 吸入のため大気中水分調査点追加→14・四半期(96〜)→毎月(05〜)
放射化学分析による核種分析	Sr-90(ミルキング法) (〜80) Cs-137(AMP法) (〜81) Co-58、Co-60化学分析 (〜71)	→●Sr-90、Sr-89(スペクトル法、81〜) →微量バックランドCs-137(アンチコインシデンス法、82〜) →微量バックランドCo-60(β 測定、78〜02)→終了 ●プルトニウム(75〜)

●現在進行中の改良のための研究開発課題

入。県のシステムが好成果を残したため、82～83年に事業者の線量率連続モニタ MS・MP を県と同仕様に変更。95(～97)年に運転情報(電気出力)気象情報、排水・排気筒モニタの発生源情報と合わせ県内全てのリアルタイム情報をネットワーク化し、県に監視情報を集中一元化し、公開。事業者情報の一元化では各県で多少温度差がある。

積算線量:旧方式ガラス線量計(RPLD)またはフィルムバッジ(FB)(71年)熱ルミネッセンス線量計(TLD)。また最近では新方式RPLDあるいは電子線量計、DIS(電荷蓄積型線量計)。

・旧方式のRPLDでは読取りで約20mRの振れ幅があり、FBでは10mR以下は測定できない等、低線量測定に耐えるものではなかったためTLDに変更。なお、TLDでも内部光源校正法から標準照射素子校正に切り替え、精度が向上。75～80年に宇宙線感度・自己線量・感度解析・照射特性・ロット間差等の検出器特性を掌握。TLDでは約3%のフェーディング・季節変動があることから、ここ数年で約半数の県で改訂指針(01年)に追記された新方式RPLDに変更しており、福井県でもTLD・電子線量計・DISとの並行測定を実施中。

空气中浮遊じん放射能の連続測定:(初期なし)(86年)ダストモニタ(連続)。

・吸入に係る空气中放射能を連続測定し、リアルタイム監視と評価を行うため、ZnS塗布プラスチックシンチレーション検出器による / 放射能濃度比を指標とし人工寄与を識別。チェルノブイル影響飛来時にその効果を検証なお国のマニュアルが未整備なため、立地・隣接の15県ではほぼ15様の測定がなされ、目的的な整合性・統一性のある測定がなされていない。

放射能測定:全ベータ放射能(NaI)(72年初頭)Ge検出器を用いたスペクトロメリー。

・全ベータ放射能では核種が不明で線量評価できないため。またNaIでは核実験寄与の ^{95}Zr 、 ^{95}Nb 等の線ピークに ^{54}Mn 、 ^{58}Co が隠れて測定できず、Co、CsやRu、Ce等の放射化学分析では労力を要し試料数をこなせず、また共存核種があるので、高分解能で多数の核種の同時分析が可能なGe検出器を導入し、施設起因核種を検出して線量評価に供与。72～73年にデータ解析法確立。75～76年に解析をコンピュータ化し、県内事業者に敷衍。なお核実験フォールアウトレベルの低下に伴い、そのレベル検証の

ため82年より一部試料(特に藻類・貝類)について省力化した機器分析のGe-NaIアンチコインシデンスで ^{137}Cs を測定。

試料前処理・測定容器:植物・海藻・灰化(71年)乾燥・タッパーウェア(V型)容器。降下物・蒸発乾固法(80年)陰陽昆床Powdex樹脂吸着。海水CoS法(75年)AMP・ MnO_2 吸着法。

・植物・海藻の ^{131}I を揮散させないため全ベータ放射能測定手法の灰化から乾燥に変更。初期指導層推奨の小直径容器(U8容器:100ccと同等の分解能を維持できることから、乾燥物でもある程度の試料量を収納できるV3容器(370cc)を採用。降下物も ^{131}I を揮散させないようイオン交換法に変更。これにより年間集合試料化が可能に。海水では化学条件の安定しないICoS共沈法から多孔質でCo、Mnの吸着性のよい MnO_2 法に変更。

調査頻度・試料採取:(73年)降下物・月間採取。ヨモギ・ヒメムカシヨモギ・ホンダワラ等指標生物・四半期 毎月(四半期)浮遊じん・1～数日間バッチ採取(79年)月間連続採取。

・欠落のないモニタリングを実施するため降下物・浮遊じんを月間連続採取に。指標生物も連続モニタリングに近づける観点から毎月採取。 ^{54}Mn 、 ^{60}Co のホンダワラにおける生物学的半減期約20日を掌握。その後 ^{60}Co 等施設起因核種の検出頻度が減少したためホンダワラは四半期に。海底土も同様に四半期年1～2回に。但し、別にホットスポットの有無の確認と水平分布把握のため分布調査を実施。海底土では蓄積総量把握のためコア調査を実施。

^3H 、Pu、 ^{90}Sr (初期 ^3H 、Puなし)(75年)H(低BG液体シンチレーション検出器)(75年)Pu(S(Au)線スペクトロメリー) ^{90}Sr (初期ミルク法)(80年)線スペクトロメリー。

・いずれも欠落のないモニタリングのため非核種の放射化学分析等による調査を開始。

-1: ^3H は他の廃棄物の放出が低減化された90年代以降はほぼ唯一の放出核種とすることができ、回収されず大量放出されているため。 ^3H 放出量は大まかには、PWRではBWRより1桁多く、気体は液体より1桁少ない。気体 ^3H は燃料プール・原子炉キャビティーからの蒸発があり常時放出され、吸入に寄与するため、特に大気中水分の測定を強化(96年～)。

-2:Puは軽水炉燃料中に約1%存在するので、

燃料健全性と環境影響確認のため。調査開始早々に美浜1号機燃料折損事故で行方不明Puの環境影響がないことを証明。

-3:⁹⁰Srは核種以外では最大の線量係数を持つ核種であるため。核実験累積影響が大きく残る現状で新たに付加された施設寄与を識別するため⁸⁹Sr共存の有無を確認することとし線量^レクトロメトリー化。なおPu,Srでは現在も分析改良研究を実施中。

これらにより空間放射線並びに主要な核種に対し、欠落のないモニタリングとしている。表2-1には表れていない最も重要な点は、調査地点の選定である。線量率連続モニタを装備した固定観測局は、少数しか設置できなかった初期の場合、地域の風向頻度を考慮し最大着地濃度出現地点及び次位の地点付近の集落及び人口稠密地に設置し、増設が必要となったJCO事故以降は、事業者設置分も合わせ各サイトの方位、近・中・遠の距離区分で囲まれた各セクターをできるだけ網羅(総合配置)することとしている。一方、積算線量にはより広範囲の多数地点のモニタリングという役割分担がある。環境試料採取地点については、陸上では連続モニタ設置点と同様であり、海洋については、本来は主要海産物の水揚げのある一般漁場とすべきであるが、監視の観点からまず効果的な放水口および放水口から約1~2km沖の海域を調査地点として選び、次に漁場に近づくこととしている。

4. 対象核種とソースターム

前号で十分記述できなかった対象核種の選択に

ついて、起源と併せ表2-2に示す。

対象核種は、既に前号第3節(30405)や図-2(2)の液体廃棄物核種組成でも示したが、ここではモニタリング目的に注目し、識別の視点も加え、改めてやや詳細に述べる。モニタリングの現実的な目的は施設運転による影響の検出であり、影響が最大のもの・重要なもの・主要なもの・常時あるもの・不可避のもの・優先すべきものの観点から対象が選択される。

この際、天然放射能、核実験フォールアウト・チェルノブイル影響などの特定の外因等、各種ソースタームの寄与についても合わせてモニタリングされる。現在までのところ施設寄与の指標核種は⁶⁰Coである。起源が混在する可能性がある核種の施設寄与の識別のためには、核種間比が有効かつ重要である。前節-3の⁹⁰Srに対する⁸⁹Srと同様、核実験累積影響の大きい¹³⁷Csでは比較的新しい寄与の指標である¹³⁴Csとの共存の有無で、高速炉「もんじゅ」で注目される²²Naでは宇宙線起源分を²²Na/⁷Beで、核実験寄与Puは²³⁸Pu/²³⁹(+²⁴⁰)Puで、同じく核実験寄与の⁶⁰Coでは⁶⁰Co/Puでそれらの寄与分を明らかにしている。¹³⁷Csは挙動が異なり、これら核種との比は必ずしも一定とは言いがたい。なお、米国では腐食生成物(CP)の⁶⁰Coはイベントリーからの核分裂生成物(FP)ほど重視されず、このため特に⁶⁰Coフリーと仕様を限定しない限り、輸入したGe検出器から⁶⁰Coが検出されることがあり、かつてある生協で立地地域の梅から⁶⁰Co検出と誤報され、その報道の訂正に苦慮したことがある。全ての測定屋の常

表2-2 放射性核種の起源と対象核種の選択

核種	天然放射性物質		核実験 生成物	原子力発電所			チェルノブイル 事故	天然 生成物	測定法	測定法	地方自治体種
	ウラン系 核種	トリウム系 核種		核分裂 生成物	核燃料 生成物	廃棄物 生成物					
²³⁸ U	○										
²³⁵ U	○										
²³² Th		○									
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa											
²²⁸ Ac											
²²⁸ Th											
²²⁸ Pa					</						

識である検出器BGの測定は守って欲しいものである。³Hは施設から遠隔地の対照試料あるいは多数試料の測定値の統計結果から核実験寄与分の上限を求めることができる。また、前号で述べたように欠落のないモニタリングのため核種によっては環境での存在形態も重要であり、大気中ガス状¹³¹Iを活性炭カートリッジで、また大気中³Hでは誰もが可能な除湿器で大気中水分を回収している。大気中水分の³Hはまさに比放射能的方法そのものであることから、この方法の妥当性は担保されている。軽重の観点から軽水炉では元素状³H等は対象としていない。

なお、前節 では記述しなかったが、現実のモニタリングではハードデザインが重要であり、線量率連続モニタでは導入当初から、¹³³Xe 線(81keV)等対象とする放射線の吸収のないカバー、NaIの温度依存性解消のための温度制御装置(その後温度補償プローブ化も)を取り付けており、また、基準値超過が発生した時に警報をリアルタイム送受信できる24時間システムを構築している。このように特別な措置を講じない限り「連続モニタ=リアルタイムモニタ」とは

ならないことを認識しておく必要がある。連続モニタによる人工寄与と検出等のソフト的措置は、施設寄与と検出実例と合わせて次稿以降で述べたい。

5. むすび

筆者が環境モニタリングに従事したばかりの1971年前後は、降水量の多さや決定核種の観点から⁹⁰Sr、¹³⁷Cs研究者の全盛時代であった。原子力施設の環境モニタリングもまずこの⁹⁰Srを最重要核種としてスタートし、全ベータ放射能を「それを全て⁹⁰Srとみなし…」として進められた。また1990年前後は、国連科学委員会報告(UNSCEAR)に我国のラドンデータがなかったことからラドン研究全盛時代となった。これら⁹⁰Srやラドン研究者でなければ環境モニタリング研究者ではないとよく言われたものである。しかし、現実はどうだったであろうか。後発の県では殆ど検出されていないが、福井県では実に多くの施設寄与が検出されている。今回はそのことを主題に、また、本稿で記述し切れなかったことも書き加えて、「環境モニタリング結果の変遷」を中心に稿を進めたい。

「2005国際医用画像総合展」のご案内

桜の花が満開になる頃、日本放射線技術学会等が開催されます。弊社では今年も「国際医用画像総合展(ITEM2005)」の会場で、日頃ご愛顧を賜っているお客様にお会いできることを心待ちにしております。お馴染みの製品をはじめ放射線治療機器関連では定位放射線治療にスポットをあて、また最近話題が多いPET関連をメインにお客様のお役に立てる製品の展示をいたします。学会へお出かけの際はぜひお立ち寄りください。

* 展示予定商品 *

前立腺密封小線源治療計画システム	: SPOT PRO (スポットプロ)
定位放射線治療装置	: Cyber Knife (サイバーナイフ)
放射線治療計画装置	: Oncentra (オンセントラ)
可動型術中照射装置	: MOBETRON (モベトロン)
放射線治療用QA製品	
* ガラス線量計小型素子システム	: Dose AceXE (ドーズエース)
* リニアックビーム簡易測定システム	: QAbeam.cheker (ビームチェッカー)
* 放射線治療・診断用電離箱	: EXRADINシリーズ
* フィルム線量測定システム	: FDS - 2000
被ばく防護用遮蔽体	: PET Protector
PET自動注射装置	: ラディア (RADIA)

展示品内容は変更する場合がございます。

* 開催期間 * 平成17年4月8日(金)～4月10日(日)

* 会場 * パシフィコ横浜「弊社ブース: No425」

* 学術大会 * 第64回日本医学放射線学会学術集会、第61回日本放射線技術学会学術大会、日本医学物理学会学術大会

* ご来場を希望される方は後日「招待状」を送りますので、最寄りの営業所へお申し付けください。

(担当: 医療機器事業部 丸山百合子)

放射線治療品質管理の 制度化に向けて



遠藤 真広*

1. はじめに

放射線治療はがん治療の柱の一つであり、身体にやさしい治療として最近、治療患者数が著しく増大している。(最近の6年間で64%の増加¹⁾) また、強度変調放射線治療(IMRT)などの新技術が次々と開発され、臨床に使用されている。これらは線量の集中性を上げることにより、正常組織の障害を減少させ、また治療成績の向上を図るものである。高齢化社会の到来にともない、放射線治療の役割は今後、ますます大きくなるものと予想されている。しかし、最近、放射線治療に関する誤照射事故がいくつか明らかになり、その安全性に対する疑問が広がっている。このため関係学会では事故を根本的に防止する施策として放射線治療品質管理の制度化に向けて取り組んでいる。著者は日本医学物理学会の役員として、この制度化に関係しているので、本稿ではそのような動きを紹介し、読者のご理解を得たい。

2. 最近の放射線治療事故とその原因

表1は最近明らかになった放射線治療の誤照射事故をまとめたものである。表1が

ら明らかなように、最近の3年間で8件の誤照射事故が公表されている。また、対象患者は総計767名におよび、誤照射が直接、死因に結びついたことが強く疑われる患者も2名存在している。

このような事故の続発を重く見た放射線治療関係の学会(日本医学放射線学会、日本放射線腫瘍学会、日本放射線技術学会、日本医学物理学会など)は、これらの事故の原因を調査し、その再発防止策の策定にあたるため、学会間の協議会である医学放射線物理連絡協議会を2001年6月に結成した。これらの事故のうち6件には、医学放射線物理連絡協議会による調査が行われ、3件についてはすでに報告書が公表されており(事例1、3、4)²⁾³⁾⁴⁾、また、他の3件についても2005年中に順次、公表される運びとなっている。

誤照射事故が生じる原因についてはいくつか考えられるが、調査した結果を見ると、放射線治療を専門とする医師や診療放射線技師(以下、技師と略)の不足により、例えば必ずしも治療専門でない技師が交代で治療を担当するといった事態が生じており、それにより治療計画装置の誤操作による装置設定線量の誤り(治療を専門に行う技師であれば通常とかけ離れた値であるので、容易に発見できる)を見逃し、事

* Masahiro ENDO 放射線医学総合研究所 医学物理部 部長

表 1 最近の放射線誤照射事故（*は連絡協議会による調査が行われた）

病院名	公表時期	継続期間	内 容
1. 都内T病院 *	01年4月	98年7月-00年12月 (2年5ヶ月)	ウェッジファクターの入力ミス 23人に過剰照射
2. K大学病院	02年7月	00年6月-02年7月 (2年1ヶ月)	ウェッジファクターの入力ミス 12人に過剰照射
3. 国立H病院 *	03年10月	95年4月-99年10月 (4年6ヶ月)	医師と技師の線量評価点の相違 276人に過剰照射(1人死亡?)
4. Y大学病院 *	04年2月	99年4月-03年11月 (4年7ヶ月)	照射野係数の入力ミス 63人に過小照射
5. Y市立病院 *	04年3月	02年10月-04年3月 (1年5ヶ月)	治療計画装置の操作ミスなど 25人に過剰照射
6. T総合病院 *	04年4月	99年3月-04年4月 (5年1ヶ月)	線量計の誤使用 256人に過小照射
7. W医大病院 *	04年5月	03年9月	治療計画装置の操作ミスなど 1人に過剰照射(それにより?死亡)
8. I医大病院	04年5月	98年9月-04年2月 (5年5ヶ月)	ウェッジファクターの入力ミス 111人に過剰照射

故に至った。また、品質管理の思想が希薄であることにより、治療計画装置の初期設定を納入業者に任せきりにし、病院側で検証しないという事態を生じ、それによって初期パラメータの誤設定を見逃すことにより事故が起き、長い間、継続した。こうした誤照射事故を俯瞰すれば、いずれも担当者のささいな誤りや思い違いに端を発しているが、その根底には放射線治療現場での専門家の不足や品質管理体制の欠如という構造的な問題が存在していることが窺える。

3. 品質管理への取組み

この調査を受け、関係学会では事故防止のためのガイドラインやマニュアルの作成⁵⁾にあたっている。また、より根本的な解決をはかるため、治療現場の人員不足の解消を病院管理者に所属の会員医師を通じて訴えとともに、その根拠となる外国文献の和訳出版⁶⁾などを行っている。また、以下にのべるような治療品質管理の徹底のた

めの対策を講じつつある。

放射線治療の品質管理(QC)とそれを通しての品質保証(QA)の体制は欧米の放射線治療施設においては確立していて、その専門部署として医学物理部(Dept. of Medical Physics)があり、その専門家として医学物理士(Medical Physicist)が勤務している。しかし、我が国においては、そのような体制をとっている放射線治療施設はごく少数である。日本医学放射線学会では、欧米にならって医学物理士の認定を行っているが、その数は少なく(米国4000人、日本230人)かなりの数の医学物理士が教育・研究施設など治療現場とは別の場所に勤務している。我が国において多くの場合、治療におけるQC/QAは、患者の治療のために多忙な技師が、時間外に行っているのが実情であり、不完全なものとならざるを得ない。

関係学会では「放射線治療の品質管理に関する委員会」を組織し、このような現状を解決するため「放射線治療における医療事故防止のための安全管理体制の確立に向

けて(提言)中間報告」をまとめた⁷⁾。表2にその概要を示す。提言は放射線治療品質管理を独立した業務ととらえ、それを監督する放射線治療品質管理委員会と実務を行う放射線治療品質管理部の設置を呼びかけている。そして、放射線治療品質管理部に品質管理業務を行う能力を持つ者を配属し、専らその業務を行はせるように提案している。

各学会(日本医学放射線学会、日本放射線腫瘍学会、日本放射線技術学会、日本医学物理学学会および日本放射線技師会)では、そのような能力を持つ者を共同で認定しその能力の維持・向上をはかるため、放射線治療品質管理機構を創設した。この機構は、現在は任意団体であるが、可及的速やかに法人化(NPO法人など)し、また提言中の第三者機関としての役割を果たすことを視野においている。関係学会においては、品質管理業務を行う能力を持つ者(放射線治療品質管理士)を前述の日本医学放射線学会認定の医学物理士および治療専門の技師の中から認定することとし、2005年1月に講習会を開催し、その認定を開始した。

4. 放射線治療品質管理士

放射線治療品質管理士は、一定の資格要件を満足する者が認定を申請し、講習会などを受講することにより認定される。ここで、認定を申請できる資格要件は以下の条件(1)と(2)を満たしていることである。

(1) 放射線治療の実務経験2年以上の者で、治療品質管理に1年以上従事した者

(2) 下記のいずれかの資格を持つ者

日本医学放射線学会の「医学物理士」

日本放射線腫瘍学会の「認定治療技師」、日本放射線技師会の「放射線治療技能検定2級」以上(照射、計画、線量測定技能検定すべて)、日本放射線技術学会の「放射

線治療専門技師」のうちいずれかの資格を有する者(なお条件⁸⁾は2004年度限りであり、2005年度以降は、放射線治療専門技師認定機構(仮称)の「放射線治療専門技師(仮称)」に改訂される予定である。)

1月に開催された講習会には、180名を越える資格者が受講した。また、3月に第2回の講習会が予定されているが、同程度の数の受講者が見込まれている。

5. 今後の展望

上述のように、2004年度末には、300名を越える放射線治療品質管理士が誕生することが期待される。しかし、これは体制整備に向けた第一歩に過ぎない。今後、これらの人達が病院内において放射線治療品質管理に専従することが必要であり、その手引きとなる品質管理マニュアルが必要となる。このような品質管理マニュアルは、それぞれの対象に対してかなりの数が出版されているが⁸⁾⁻¹⁴⁾、さらなる整備が必要である。また、品質管理士の能力の向上も行うべきことである。さらに、このような体制を維持するためには、経済的な裏づけが重要であり、品質管理士が品質管理を行う場合、診療報酬上の優遇措置が得られるよう厚生労働省に強く働きかけている。これらの実現により、日本の放射線治療の品質が大きく向上することになると予想される。

～～ 参考文献 ～～

- 1) 日本放射線腫瘍学会・データベース委員会：全国放射線治療施設の2001年定期構造調査結果、日本放射線腫瘍学会誌、15: 51-59, 2003
- 2) 医学放射線物理連絡協議会：東京都内某病院における過線量照射事故の原因及び再発防止策に関する医学放射線物理連絡協議会による調査報告書、日本

表2 「放射線治療における医療事故防止のための安全管理体制の確立に向けて（提言）中間報告」の概要
（2004年10月20日 放射線治療の品質管理に関する委員会）

治療QC/QAを徹底し治療事故を防止するために、以下の対策を行うことが必要である。

- 1) 放射線治療の医療事故防止のために、放射線物理学と線量測定に関する知識を有する者による品質管理、患者中心の医療者の意識とスタッフ間の適切なコミュニケーション、ヒューマンエラーを前提とした品質管理体制が必要である。
- 2) 放射線治療の総合的で継続的な品質管理には、各病院内の品質管理に関する組織体制の整備、教育・研修、第三者機関によるチェック、情報開示が必要である。
- 3) 各病院では、放射線治療の品質管理業務を、一般診療とは独立したひとつの業務として明示的に捉え、それに必要な時間・人、患者の診療時間と重ならない可能な時間帯、各業種別の責務などを自ら把握する責任がある。
- 4) 具体的な体制整備のあり方は、それぞれの病院の状況に応じて様々の形があると考えながら、ひとつの在り方として、放射線治療を専らとする医師を委員長とする放射線治療品質管理委員会の整備、放射線治療品質管理を専らの業務とする者と放射線治療品質管理に関わる者からなる放射線治療品質管理部の設置を柱とするモデルを提示する。
- 5) 各病院には放射線治療品質管理を専らの業務とする者の任用を強く勧めるが、常勤するスタッフのなかに、この役目を担えるだけの知識と経験を持ち、かつそのものが品質管理業務に専念できるだけの余裕がある施設数は限られていることが今後も予想される。そういった場合には、非常勤で品質管理業務を行う職員を任用すること、あるいは契約によって他の団体に業務を委託することも可能である。
- 6) 放射線治療品質管理を専らの業務とする者が非常勤あるいは契約による場合であっても、これらの者は当該病院の放射線治療品質管理委員会に参加しなければならない。
- 7) 放射線治療品質管理部門は、診断部門、核医学部門、放射線安全室とは、必要とされる知識も業務も異なっているため、これらの品質管理部門と合同の品質管理部にすることを原則として推奨はしない。ただし、これらはあくまでもひとつの試案であって、それぞれの施設の実態に合わせて、構築するべきである。
- 8) 各病院は、放射線治療に関わる者に対して品質管理に関する計画的な教育・研修を行い、放射線治療関連学会等による初期研修や定期的な教育・研修コースを利用できるよう配慮し、放射線治療の品質管理に関わる者やそれを専らの業務とする者が、その業務に必要な知識と技術に関して研修・習得することを可能とするべきである。
- 9) 放射線治療に関係する装置の導入やソフトのバージョンアップに当たっては、納入業者が当該病院における関係者に対する研修を行うことを強く要望する。
- 10) 各病院は、放射線治療に関する第三者機関による定期的なチェックを受けるべきである。第三者機関としては、公的機関あるいは、学会などの品質管理基準を遵守する民間団体や企業や病院相互チェックにより行うことも可能であり、品質管理基準の早急な整備が必要である。
- 11) 医療機関における放射線治療の品質管理に関する情報は、患者にとっても重要な関心事項であり、プライバシーの保護が必要なものをのぞき、積極的な情報開示を行うべきである。
- 12) 放射線治療の関係した医療事故が頻発していることから、その品質管理体制を即急に全国に普及させるべきである。具体的には、今後5年間を猶予期間とし、その間にこの提言に盛り込まれた内容を漸次実現していくことが勧められる。
- 13) 公的な機関や学会が品質管理の基準を早急に示し、その共通のガイドラインに従った放射線治療の品質管理を目的とした民間の団体や企業の事業活動を通して、放射線治療装置を有する全施設が、第三者機関による品質評価を、ガイドライン完成後3年以内に受けることが望ましい。
- 14) 初めて放射線治療装置を購入・設置するような医療施設では、最初から放射線治療専門医、放射線治療専門技師の他に、放射線治療の品質管理を専らとする者を確保し、この提言に示した品質管理体制を最初の時点から敷くことを強く勧める。

- 医学放射線学会誌、61: 817-825, 2001
(他の学会誌にも掲載)
- 3) 医学放射線物理連絡協議会: 国立弘前病院における過剰照射事故の原因及び再発防止に関する調査報告書、日本医学放射線学会雑誌、64, 365-375, 2004
(他の学会誌にも掲載)
- 4) 医学放射線物理連絡協議会: 山形大学病院における過小照射事故の原因及び再発防止に関する調査報告書(日本医学物理学学会ホームページ
<http://www.jsmp.org>)
- 5) 日本放射線技術学会編: 放射線治療における誤照射事故防止指針、日本放射線技術学会、京都、2003
- 6) 広川 裕、池田 恢、井上俊彦共訳: 統合的癌治療における放射線腫瘍学、放射線科専門医会、東京、1993
- 7) 放射線治療の品質管理に関する委員会: 放射線治療における医療事故防止のための安全管理体制の確立に向けて(提言)中間報告、日本医学放射線学会ホームページ(<http://www.radiology.or.jp>)
(他の学会のホームページにも掲載)
- 8) AAPM TG40: Comprehensive QA for radiation oncology: Report of American Association of Physicist in Medicine Radiation Therapy Committee Task Group 40, Medical Physics 21: 581-618, 1994 日本語訳(広川 裕、伊藤 彬、井上俊彦訳: 放射線治療における統合的QA: AAPM放射線治療委員会報告書(TG40). 放射線科専門医会、東京、1996)
- 9) 日本放射線腫瘍学会QA委員会編: 外部放射線治療におけるQuality Assurance(QA)システムガイドライン(案). 教育広報社、東京、1997
- 10) 日本医学物理学学会編: 定位放射線照射のための線量標準測定法. 通商産業研究社、東京、2001
- 11) 日本医学物理学学会編: 外部放射線治療における吸収線量の標準測定法(標準測定法01). 通商産業研究社、東京、2002
- 12) 日本放射線腫瘍学会QA委員会編: 密封小線源治療におけるQuality Assurance(QA)システムガイドライン(2002). 教育広報社、東京、2002
- 13) AAPM TG53: Quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning, Medical Physics 25: 1773-1829, 1998 日本語訳(厚生労働省科学研究費補助金池田班訳: 放射線治療計画のための品質保証. 2004)
- 14) (社)日本画像医療システム工業会: 高エネルギー放射線治療システム装置受渡ガイドライン(このガイドラインのPDFファイルは、同工業会のホームページ<http://www.jira-net.or.jp>からダウンロードできる)

プロフィール

1948年東京生まれ。71年東京大学教養学部基礎科学科卒、73年東京大学大学院理学系研究科修士課程修了、同年放射線医学総合研究所入所、治療システム開発室長などを経て、2001年医学物理部長、現在に至る。この間、1982年に医学博士の学位を得る。また、1984-5年に米国ローレンスバークレイ研究所に留学。専攻分野は医学物理学および医用画像工学。放射線医学総合研究所における30年を越す研究生活において、MRIやPETの研究開発、重粒子治療装置HIMACの治療システムの開発に従事。最近では4次元CTの開発と利用研究に取り組んでいる。日本医学物理学学会会長として、医学放射線物理連絡協議会と放射線治療品質管理機構の創設に関与。趣味は特にないが、宴会で興に乗ると下手なカラオケを歌い、しばしば周囲のひんしゅくを買う。

休憩室

いにしえからのお茶の効用

啓蟄^{けいちつ}は二十四節気の一つで、陽暦の3月6日頃にあたる。啓は開く、蟄は虫が地中に巣ごもる意味である。虫や小動物が、この頃冬眠から目覚め、地上に姿を現し始める季節というわけである。暦の上で啓蟄を知ると、いかにも春が戻る感がするが、一気に暖くなることはなく、寒暖を繰り返しながら、しだいに暖かさが定着していくのである。菜の花や桃の花が咲き、つばめが戻り、そして桜の春が来るまで、もう少しの辛抱である。

「木」偏に「春」と書く椿である。ツバキの花は梅と桜のつなぎの役割もしてくれる日本の春の代表的な花で、山茶^{つばき}と書くのが正しいといわれている。われわれが毎日飲んでいる緑茶は、この山茶の親類なのである。

緑茶の中には眠気を覚ましてくれるカフェインという物質が含まれていることは周知のとおりである。緑茶の中にカフェインがあることを発見したのはイギリス人ウィードリーであるが、この物質の興奮作用は、もちろん、われわれ日本人にも古くから知られていた。

緑茶に含まれるカフェインは、コーヒーや紅茶に含まれるそれと同じ物質であるにもかかわらず、体内に長いこと蓄積することがなく、肝臓でいちやく尿素に変えられ、お茶を飲んでから、およそ6時間後には、すっかり排出されるといわれている。緑茶には、コーヒーや紅茶にはない多量のビタミンCが含まれている。排出の速さは、どうもこのビタミンCとの相乗効果に起因するのではないかと説明されている。この説明の真偽はともかく、緑茶からのカフェインならば、いくら摂取しても害がないことだけは確かである。ちなみに緑茶に含まれるビタミンCは熱に強く、70～80度（熱くて飲めないくらい）の温度でも安定している。徹夜仕事などでの眠気覚ましには、コーヒーより緑茶のほうをお勧めしたいが……。

茶の湯では、生菓子には濃茶、干菓子には薄茶などといわれるように、抹茶には不思議に和菓子が良く合う。茶の席で各地の銘菓がそろえられるのは、ただおいしいからであるとか、伝統であるからという理由からだけではなさそうである。

緑茶にはビタミンCのほかにもビタミンA、Pなどが含まれる。このビタミンPは糖の代謝に役立ち、菓子の糖分をうまく分解してくれるのである。お茶に菓子、科学的に理屈が通っているのである。

緑茶にまるわる逸話は結構多い。そのうちの一つに、抹茶で病気を治してしまう話がある。

鎌倉時代、中国から臨済宗を伝えた禅師栄西は二日酔いに苦しんでいた三代将軍源実朝に、祈祷の代わりに一服の茶を献じただけで、その気鬱を取り除いてしまった。1214年のことである。

この話には信憑^{びよう}性がある。実際に二日酔いには緑茶、それも抹茶の濃茶などが良く効く。お茶のカフェインやタンニンには、アルコールと結びつき、それを中和させる働きがある。そもそも二日酔いというのは脳の神経がアルコール中毒にかかった状態であるから、カフェインとタンニンが反対に作用するのである。

また、東洋の医学書のバイブルでもある「本草綱目」には、多くの草をなめて、その毒性を調べていた神農様が、毒に当たってしまったときには緑茶を飲んで毒を消した……との記述がある。植物のアルカロイドという毒が緑茶のタンニンと出会い、水に溶けない化合物になることからしても、つじつまがあう。ただし、アルカロイドの吸収はかなり速いので、効果のほどは何とも言えないが。

昨今は血液サラサラ、カテキン等とさわがれているお茶は、昔から我々の生活に密着した飲み物である。

(健康子)

IAEA(国際原子力機関)放射性物質安全輸送規則の国内関係法令取り入れに係る放射線障害防止に関する技術的基準の改正の概要



中村 尚司*

平成16年11月10日に開催された、第90回放射線審議会において上記表題の改正が認められた。これは、IAEA安全原則DS298の中の放射性物質安全輸送規則TS-R-1を受けた、放射線障害防止に関する技術的基準のみの改正である。これは以下の内容からなっている。

1) 障害防止法・原子炉等規制法・船舶安全法・航空法関連

- ・ A型輸送物における ^{252}Cf のA1値の変更
- ・ 液体状、気体状A型輸送物追加試験条件の変更

2) 船舶安全法・航空法関連

- ・ 放射性輸送物の表面密度限度の区分の変更
- ・ 放射性輸送物としないて運搬できる表面汚染物の区分の変更
- ・ 非放射性的の固体状で表面汚染のある物体について規制対象外とする区分毎に定めた表面密度限度の制定

3) 航空法関連

- ・ 規制対象放射性物質の定義の変更
 - ・ A型輸送物における ^{252}Cf のA1値の変更
- 現行0.05Bqを0.1Bqに変更。これはICRP74に基づく中性子の線量換算係数の変更と線量当量率計算での回転ジオメトリの採用に伴う技術的変更
- ・ 液体状、気体状A型輸送物追加試験条件の変更

この追加の試験は、散水試験、圧縮試験、自由落下試験(1.2m等、0.3m)、貫通試験(1m)において、放射性同位元素の漏洩がないことと、

表面線量率が2 mSv/h以下であり、かつ著しく増加しないこと、に加えて、9 m落下試験、貫通試験(1.7m)において、放射性同位元素の漏洩がないことと、表面線量率が2 mSv/h以下であり、かつ著しく増加しないこと、となっている。これを、追加試験ではこの後の条件を削除して、単に放射性同位元素の漏洩がないこと、に変更する。

2)については、全て航空機及び船舶による放射性物質の輸送に関する改正である。図1に放射性物質輸送に係る現行体系と改正案を示しているが、陸上輸送と事業所内運搬については、今回の改正には含まれない事に留意する必要がある。

放射性輸送物の表面密度限度の区分の変更を図2に、放射性輸送物としないて運搬できる表面汚染物の区分の変更を図3に示すが、これまではアルファ線を放出する放射性物質とアルファ線を放出しない放射性物質との2つに分けて、規制レベルを0.4と4 Bq/cm²としていたが、今回アルファ線を放出する放射性物質でも危険性の低いもの、天然ウラン、劣化ウラン、ウラン235、ウラン238、天然トリウム、トリウム232、物理的もしくは化学精鉍中に含まれるトリウム228及びトリウム230又は10日未満の半減期を持つ放射性物質、はアルファ線を放出しない放射性物質と同じ規制とする。

非放射性的の固体状で表面汚染のある物体について規制対象外とする区分毎に定めた表面密度限度の制定を図4に示すが、これまでは表面汚染のある物質は全て規制対象となっていたが、それを図4のように一部規制対象からははずも

* Takashi NAKAMURA 弊社顧問



図1 放射性物質輸送に係る現行体系と改正案
(第90回放射線審議会総会配布資料)

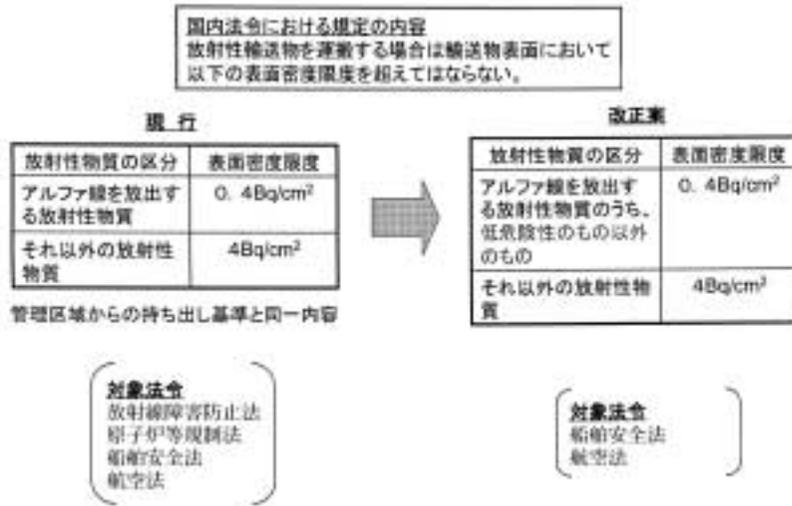


図2 放射性輸送物の表面密度限度の区分の変更
(第90回放射線審議会総会配布資料)

のである。

前述したように、この改正は国内外を含めて航空機輸送と船舶輸送に限定しているの、飛行機や船から放射性物質を降ろしてトラックに積み替えたとたんに、アルファ線を放出する放射性物質でも危険性の低いものは規制が変わるとい矛盾が生じる。この点は放射線審議会でも指摘されたが、今後の検討事項となった。

3)の規制対象放射性物質の定義の変更は、航空輸送だけに適用される改正であり、下記のも

のは航空機輸送における放射性物質の規制対象から除外するものである。

- (1) 核種ごとの規制免除値(ICAO規則で定められた366核種、382免除レベル)により、放射能濃度、放射エネルギーのいずれかの値が免除値以下のもの
- (2) 放射性物質を含む天然鉱石等(ウラン鉱石等に含まれる放射性物質の抽出及び加工の目的で輸出されるものを除く。)で放射能濃度が規制免除値の10倍を超えないもの

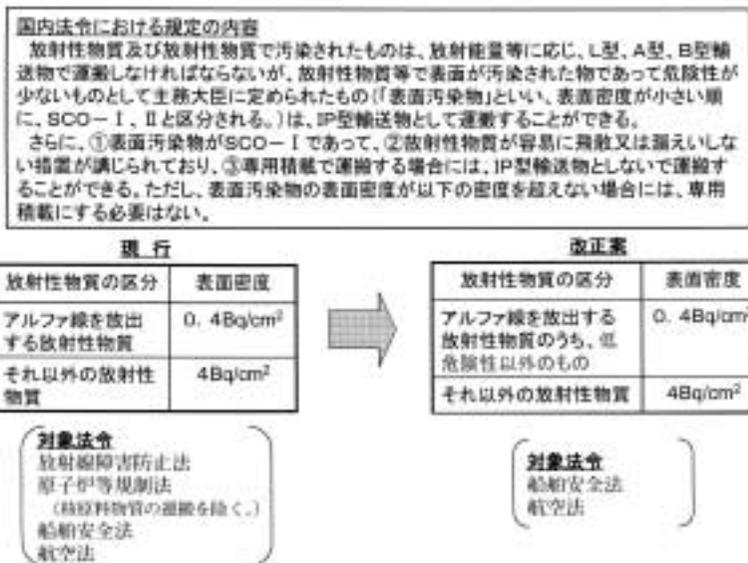


図3 放射線輸送物としないで運搬できる表面汚染物の区分の変更
 (第90回放射線審議会総会配布資料)

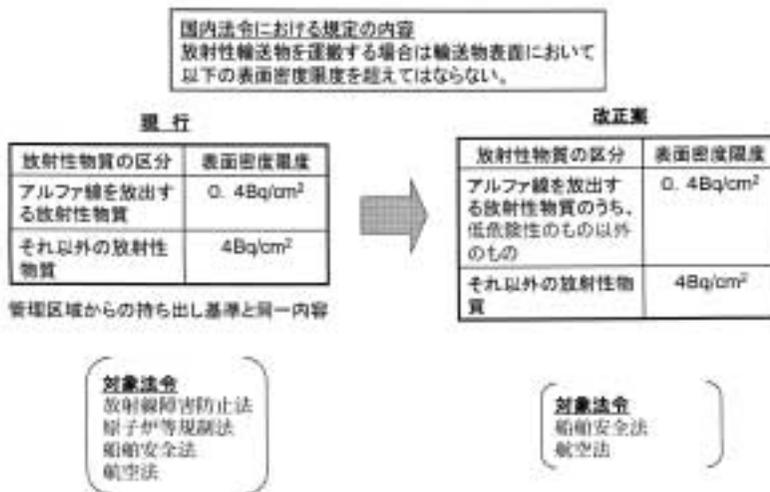


図4 非放射性的の個体状で表面汚染のある物体について規制対象外とする区分毎に定められた表面密度限度の制定
 (第90回放射線審議会総会配布資料)

- (3) 使用のみに供される消費者製品(コンシューマーズグッズ)のうち国土交通大臣が適当と認めるもの
- (4) 低比放射性物質LSA-1として、核分裂性物質以外の放射性物質であって、放射性物質が全体に分布していて、かつ、平均放射能濃度が規制免除濃度の30倍を超えないもの

- (5) 非放射性的の固体状の物体について、表面汚染が図4に示した区分毎に定めた放射能面密度以下のもの

これを受けた関係法令の改正は平成17年1月1日付けで既に実施されている。

JCO臨界事故5周年に思う



高エネルギー加速器研究機構 名誉教授
放射線防護研究会 会長

加藤和明

東海村の核燃料加工施設JCOで臨界事故が起きたのは5年前の1999年9月30日のことである。早いものであれから5年の月日が経った。類似事故の再発防止策を含め、この事故の後始末に費やされた労力やお金は膨大である。まともに計算したらどれくらいになるのか見当も付かない。医療・行政・司法・学界・産業界、等々多くの関連分野で沢山の仕事が生じた。延べ1万人に働いて貰うと、足代や食費を含め、1日に1万円は掛かるだろうから、これだけで1億円である。親会社が出した財は社会的評価の損失を除いても数百億円を超えらると思われる。事故・災害には結果的にGDPを押し上げる力もあるけれどblack jokeの域を出るものではない。

事故は起こさないに越したことはないが起きてしまったものは仕方がない。意識的に行くことが許されない実験を神様がやって見せてくれたのだと考え、事故が起きたらそれから最大限の教訓やデータを汲み出すことに努めるべきである。

事故や災害は忘れた頃に起きるといわれるが、嫌な体験・思い出は、神様の智恵か、忘れるのが早い。災害・事故は沢山のことを学ばせてくれる貴重な教材なのだから、積極的に活用しなければならない。それでは、我々はこの事故から何をどのように学んだのであろうか?政府の原子力安全委員会や専門学会である原子力学会から分厚い調査報告書が作られているが、提言は丁寧に検討され、実行に移されているのであろうか?

ここでは、放射線防護の世界に身を置く者の一人として、個人的に思いを強くしている事項について書き残しておきたいと思う。

- 1 放射線が人体に与える影響と放射線事故が人体に与える影響とは同じでないことを知った。放射線嫌悪症radiophobiaの成因についても正しく知る必要がある。
- 2 緊急時の情報処理に際しては質への拘(こだ)わりより、経過時間への配慮の方が重要であることを関係者に教え込む必要がある。
- 3 今日(世の中の分業若しくは専門化が細分化した

結果)木(樹)を見る名人'はそれなりにいるといえるが、“森を観ることのできる名人”が極端に少なくなっているということ。人材養成が喫緊の課題である。

- 4 緊急時・非常時においては、物事の優先順位が通常時のそれとは異なるものであるということ、関係者に教え込む必要がある。医療の世界でいうトリアージの概念が放射線防護の実務においても使われるべきである。
- 5 原子力施設近傍の住民や一般人に対し、原子力や放射線に対する理解を深めて、“放射線嫌悪症”に悩む人々を少なくしようという、従来のPA・PR活動の方策は、いわれているほどには有効でないこと。信頼される“仲介者”の育成と活用のための制度設計や、希望者に対する個人線量計の無償貸与策、などが検討されることを期待する。
- 6 JCOの一般社員や家族に向けられた“社会的制裁”は“正当化”されない。次に備えた検討を望む。
- 7 事故時の処置に対する評価も必要である。線量の評価値が1 mSvを超えた住民に「ひばくしゃ」のレッテルを貼り健康診断を毎年続けているが、この政策には疑問を覚える。
- 8 同様に、再発防止策への検証もなされるべきである。具体的には(1)法令整備の出来映え評価、(2)緊急時の被曝管理[多くの放射線事業所では平常時/緊急時の管理システム切り替えの仕組みが適切に用意されていない]、(3)専門家・特殊機材の活用策[ネットワークなどを前もって用意して置かなければいざというときに合わない]
- 9 最後に、(その気になれば、少なくとも物理的には、可能であった)再現実験がなされようとしなかったことは、なされなかったこと以上に残念に思う。臨界量、線量、線量の伝播、等の推定値に対する実験的検証は学術的に有用である。

放射線防護の要諦はそのためのシステムの設計と運用に在るというのが、半世紀近くこの分野に身を置いて私が得た結論であるが、事故防止や緊急時の放射線防護についても例外ではない。

この原稿は「環境研ニュース」第47号 2004年10月(1P)から転載させていただきました。

「個人線量測定サービス規約」の改定

個人情報保護法が公布され、本年4月1日から完全施行されます。

これに伴い「個人線量測定サービス規約」を改定いたしましたので、お知らせいたします。

変更点は、「個人情報の保護」についての条項を新設し、第5条（個人情報の保護）として挿入いたしました。

なお、改定した「個人線量測定サービス規約」は、平成17年4月1日から適用させていただきます。

株式会社千代田テクノは、人が受けた放射線の量を測定することの社会的な重要性を認識し、ご利用いただく皆様方と円滑な個人線量測定サービスが行われますよう、ここに規約を定めます。

(規約の適用)

第1条 株式会社千代田テクノ(以下、会社とします。が)行う個人線量測定サービス(以下、モニタリングサービスとします。は)この規約の定めるところによるものとします。

第2条 会社は、前項にかかわらずこの規約の主旨、及び法令に反しない範囲で特別契約に応じることができます。

(お申込者、ご使用者、ご契約)

第2条 お申込者(法人)にあつては、代表者として、以下、同様。とは、本規約を承認のうえ会社にモニタリングサービスのお申込みをされ、そのお申込みを会社が承諾した方をいいます。

2.ご使用者とは、お申込者が個人線量計(以下、モニタ)とします。の使用を認めた方であつて、ご使用者の一切の行為について、お申込者が責任をもつものとします。

3.ご契約は、お申込みの登録をもって始まり、お申込みの契約期間終了日に終了します。

(モニタリングサービス)

第3条 モニタリングサービスは、会社が供給したモニタを、ご使用者が一定期間使用し、この間にモニタの受けた放射線の量から、会社が測定値などを求め、ご報告することを基本とします。

2.会社のモニタリングサービスに関する責任は、申込開始日より申込期間の最終日に終了します。ただし、モニタの測定とご報告については、申込期間内における最終の使用期間の報告書を会社が発送した時点、または申込期間の最終日から3月経過した時点のいずれか早い時点で終了します。

3.責任期間内において、予定使用期間終了後3月以内に測定のご依頼を受けなかったモニタについては、当該使用期間の最終日から3月経過した時点で、紛失または破損したものとみなし、当該モニタに係る測定とご報告の責任は終了します。

4.モニタリングサービスは、次の各号の組み合わせをもって構成します。ただし、使用するモニタは、会社がモニタリングサービス用として認めたモニタとします。

(1) モニタの供給

(2) モニタの測定と測定値(1cm線量当量、70µm線量当量)の算出と報告

(3) 個人線量(実効線量、等価線量)の算定と報告

5.会社は、お申込みの内容及びモニタを供給することを基本とします。

6.会社は、測定のご依頼を受けたモニタを次の各号を基準として速やかに測定・ご報告するものとします。

(1) 測定の技術基準は、関係する日本工業規格または会社の規格に基づきます。

(2) 測定は、ご使用者が会社の提示した取扱説明書などに従って正しくモニタをご使用になったものとして行います。ただし、測定する前に使用条件などのご連絡を会社が受け、認めた場合はそれに応じて測定いたします。

(3) 測定の結果は、速やかにご報告するものとします。

7.継続のお申込みは、申込期間の最終日の1月前までに別段のお申し出がない場合には、継続申込が成立したものとします。以後、これを繰り返します。

8.お申込者は、お申込期間中であっても正当な事由によりモニタリングサービスの必要がなくなったときは、1月の予告期間においてモニタリングサービスの一部または全部を解約することができます。

(モニタリングサービスのお申込み)

第4条 モニタリングサービスのお申込みは、会社が指定する申込書によるものとします。

2.会社は、申込書を受理した時点で次の各号の内容に不明確な部分がある場合には、確認させていただくことがあります。

(1) お申込者の氏名及び事業所名並びに所在地

(2) モニタリングサービスの申込開始日及び申込期間

(3) ご使用するモニタの名称・人数・単位・使用期間

(4) ご使用者の氏名・性別・生年月日・職種・モニタの装着部位

(5) その他会社が必要と認めた事項

(個人情報の保護)

第5条 「個人情報」とは、第4条2項のお申込者から入手した情報及び付随する測定データをいいます。

2.お申込者は、会社が保有する個人情報をお申込者へのモニタリングサービスの範囲内で使用することに同意するものとします。なお、前項に定める個人情報を会社が保有・使用することについて、お申込者とご使用者の間で同意が得られているものとします。

3.会社は、お申込者からの指示による場合、またはあらかじめお申込者から了承を得ている場合を除き、個人情報を第三者に提供または開示いたしません。

4.会社は、個人情報保護に関する法令を遵守します。

(遵守事項)

第6条 お申込者は、次の各号に示す事項を遵守するものとします。

(1) お申込みの内容に変更が生じた場合は、速やかに会社へご連絡いただくこと。

(2) ご使用者に対して取扱説明書などに従い、モニタを正しく取り扱いができるようご指導をいただくこと。

(3) ご使用者に対してモニタの使用期間を守るようご指導をいただくこと。

(4) 使用期間の終了したモニタをご使用者から速やかに回収し、会社へ測定依頼していただくこと。

(5) その他、会社がモニタリングサービスを適正または円滑に行うために、お願いした事項について守っていただくこと。

(個人線量の評価・認定)

第7条 会社の報告した個人線量が作業内容及び作業環境などに照らし合わせて適切であるか否かの評価及びご使用者が受けた放射線の量としての認定は、お申込者が行うものとします。

2.会社の報告した個人線量に対して別段のお申し出のない場合は、お申込者が会社の報告した個人線量を、ご使用者が受けた放射線の量として認定したものとします。

3.お申込者が、会社の報告した内容と異なる個人線量を認定した場合は、その内容を速やかに会社に通知するものとします。

(コンピュータシステムへの登録)

第8条 お申込者は、お申込みの内容及び測定の結果などモニタリングサービスに必要な事項を、会社が保有するモニタリングサービスのコンピュータシステムに登録し、会社がモニタリングサービスの範囲内で使用することに同意するものとします。

(弁済義務)

第9条 お申込者は、会社から貸与を受けた物品が紛失・破損などによって使用できない状況に陥った場合には、その代替物品または代価をもって弁済する義務を負います。

(統計資料の公表)

第10条 お申込者は、会社が個人線量を統計処理し、公表することに同意するものとします。ただし、公表する内容からは、お申込者及びご使用者の名称など特定できる情報は一切除きます。

(機密の保持)

第11条 お申込者及び会社は、モニタリングサービスによって知り得た相手方の機密に関する情報を申込期間のみならずその終了後も第三者に公開することができません。

(取扱説明書などの変更通知)

第12条 会社は、会社が定めた取扱説明書などを変更したときは、その内容または概要を会社の機関誌などをもってお申込者に対し遅滞なく通知いたします。

(著作権)

第13条 会社は、モニタリングサービス上お申込者に対して提供したのものについて、著作権を有します。

(測定料金の支払)

第14条 お申込者は、モニタリングサービスのお申込みと同時に、申込期間に相当する測定料金を会社に対してお支払いいただくことを基本とします。

2.次の各号に該当するモニタがある場合においても測定料金は申し受けず、

(1) お申込者またはご使用者の都合によって任意に使用しなかったモニタ

(2) お申込者またはご使用者に起因する理由によって測定値または個人線量を求めることができないモニタ

(お申込みのお断りと契約の解除)

第15条 会社は、次の各号に該当すると想定されるような場合には、お申込みをお断りすることがございます。

(1) お申込みがこの規約によらないと判断された場合

(2) お申込みに関し、特別な負担を求められた場合

(3) モニタリングサービスの処理能力に余裕のない場合

(4) 天災・施設の不具合その他やむを得ない事由によりモニタリングサービスが履行できない場合

2.会社は、お引き受けした申込期間中といえども、次の各号に該当する場合はご通知のうえ、お申込みを解除することがあります。

(1) 第4条第2項第1号から第5号に対する確認が得られない場合

(2) 第14条の測定料金のお支払いを請求し、そのお支払いがいただけない場合

(3) 前項のいずれかに該当することになった場合

(無効とする測定値または個人線量)

第16条 会社がお申込者にご報告した測定値または個人線量といえども、次の各号に該当する場合には無効とします。

(1) お申込者が認定しなかった個人線量

(2) ご使用者の名称変更などによって取り消した測定値及び個人線量

(3) 第15条第2項に該当することになったモニタの測定値及び個人線量

(4) その他やむを得ない事由によって会社が取り消した測定値及び個人線量

(管轄裁判所)

第17条 お申込者と会社との間に生じた紛争は、誠意をもって解決をはかることとします。しかし、万一訴訟などを必要とする場合、会社の本社を管轄する裁判所を管轄裁判所とします。

(規約の変更)

第18条 本規約の変更について、会社から変更内容を機関誌などを通じてお申込者にご通知した後、モニタをご使用された場合には、変更事項を承認されたものとします。

(その他)

第19条 お申込者は、アフターサービスなど会社が無償で行うサービス行為を要求することはできません。

中性子線量

1999年のJCO事故では、最も重篤な影響を受けた人の“被曝線量”は19GyEqであると報じられた。この内容を正しく理解するには、相当の予備知識が必要である。

このとき“被曝線量”に寄与した放射線は中性子線とガンマ線である。中性子による吸収線量は（Na-24の比放射能測定により）5.4Gyと評価された。この影響（消化器官への障害）について、放医研がマウスを使った実験で求めた、核分裂中性子のRBE（生物学的効果比）1.7を乗じ、さらに光子の吸収線量9.9Gyを加えて19GyEq [グレイ等価]としたものである。

線量は、基本線量にしる加重線量にしる、問題としている物体が占める空間についての場の量である。空間の各点における電子線量と陽子線量の比率は、一般に場所の関数となり、一次放射線の性質（エネルギースペクトル）や入射の様態（一次放射線の空間分布）に依存する。問題とする物体の近くに物体が置かれているときには、一次放射線にしる二次以降の放射線にしる、その場は、自由空間にその物体が単独に置かれたときのものとは異なることにも注意しなければならない。

中性子の（運動）エネルギーが、放射線障害防止法が実際上対象としている領域 [熱エネルギーから20MeV]では、物質にエネルギーが与えられる反応として $H(n, \gamma)$, $^{14}N(n, p)^{14}C$, $H(n, n)H$, $\alpha(n, n)C$, $N(n, n)N$, $\alpha(n, n)O$ の6種類が主要となる。

1番目は光子（線）をつくり、2番目と3番目は運動エネルギーを付与された陽子をつくる。4番から6番までは反跳核

（電荷を持つ）に与えられる運動エネルギーが吸収エネルギーの計算に組み入れられるが、寄与の程度は低い。

このように、中性子線の場に置かれた人体には“光子線の場”と“陽子線の場”が生成され、“中性子の吸収線量”は“電子媒介線量”と“陽子媒介線量”の和となる。場の強度の成分比にしる媒介線量の寄与率にしる、その値は場所により値を異にする。

冒頭の評価は、放射線防護用の実用線量は治療の目的に使用するのに適さないとの理由で、線量を影響の原因が全て光子線だけによるものとしたときの見かけの“吸収線量”で表現しようとしたものである。しかし、同じ中性子線場に置かれたとしても、小動物と人間では線量の中身がまるっきり異なるので、マウスで得たRBEをそのままヒトに使える訳ではない。また、Gyは単位グレイ（gray）の記号であるが、この単位は吸収線量専用のものではない。従ってGyEqをあたかも量の名称のように扱うのは正しくないし、単位モドキ（擬き）に使うのも許されないことである。

通常、データブックに載せられている「人体（軟）組織における中性子フルエンスと吸収線量（あるいは中性子線束密度と吸収線量率）」の換算の図表では、“自由空間に置かれた人体（軟）組織小片に対するエネルギー吸収密度を“カーマ近似”（荷電粒子に与えられた運動エネルギーが生成の場所で局所的に費やされるとする近似）で評価したもの”を吸収線量の値として使っていることが多い。使用に当たっては注意を要する。

サービス部門からのお願い

4月1日はモニタの交換日です。



弊社のモニタリングサービスをご利用下さいましてありがとうございます。

皆様、4月1日はモニタの交換日です。

平成16年度の個人線量の集計は平成16年4月1日から本年3月31日までのご使用分です。平成16年度内にご使用分のガラスバッジのデータがそろった方を対象に法定管理帳票として「個人線量管理票」が出力されます。

つきましては、ご使用期間が3月31日までのモニタは、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下さいますようお願い申し上げます。

4月1日の交換時期が遅れてしまいますと、年線量限度と対比する個人の年線量限度の値が正しく集計されない場合がありますのでご注意ください。

なお、4月1日以降のご使用分は新たに平成17年度分の個人線量として四半期ごとに「個人線量管理票」がプリントされます。

編集後記

弥生...桃の花、ひな祭り等々まさに春です。しかし暖かさと共に実感する昨今の春の話題の主演は花粉症のようです。生体の防御機能の延長線上にある症状とはいえ、苦痛や悩みの種であることには変わりありません。さまざまな症状低減策が考えられています。こまめにこれらの方策を生かして頑張りましょう。

三月は年度末の事業所も多く、何かと多忙な月でもあります。申し上げるまでもなく、放射線の管理実務に係る事項も、4月1日を始期として、3月31日でまとめるものが大半で、一年間の管理実績のまとめは、次年度への反省と改善に資するものとしても重要です。

本号には、本年1月1日付けで実施されている放射性物質安全輸送規則の改正の概要を中村尚司先生が要領よくまとめて述べられています。

また、ここ数年来問題視されています放射線治療の

際の誤照射や過剰照射による事故の増加を受けて、放射線治療の品質管理の制度化に向けて取り組みが進められており、放射線医学総合研究所の遠藤真広先生に放射線治療の誤照射事故の実情と、制度化への動向について紹介していただいています。

品質管理・保障は、今日では必須の事項ではありませんが、それらの機械・器具を動かし、実施するのは私達人間です。どんなにマニュアルが立派でも、やはり人の教育は、もう一つの重要な柱であります。

2年間掲載されました休憩室は、とりあえず、本号で終わります。加藤和明先生のヒトクチ講義はますます佳境に入ってきました。お楽しみに！

花粉の飛散もたけなわです。花粉症の方々には、決して快適な春ではありませんが、体調を整えて乗り切りましょう。
(A.K)

FBNews No.339

発行日 / 平成17年3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 江崙巖 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