

クターを使用することが望ましく全量 100 ml を秒間 3 ml で注入し、注入開始 30 秒後から撮影を開始する。撮影は 5～3 mm 厚で同様に 5～3 mm 間隔で scan する。Dynamic CT 施行後速やかに delayed CT も施行する。Delayed CT においても腓は 5 mm 厚 5 mm 間隔で scan する事が望ましい。Category 3 で陽性所見が得られた場合は、手術適応があれば血管造影を施行する。

- e) Category 4 の検査では、腓の充実性腫瘍の存在が疑われている場合は Category 3 に準じた dynamic CT を施行する。ルーチンの超音波検査や CT 検査にて嚢胞性病変の存在が疑われている場合は、dynamic CT と MRI 検査 (heavy T2 強調像撮像可能機種に限り) を施行することが望ましい。Category 4 で陽性所見が得られた場合は、手術適応があれば血管造影を施行する。Category 3・4 で腓癌が疑われるが画像診断上確証の得られない所見であった場合 (ほとんどは腫瘍形成性膵炎であるが) は、1～2 ヶ月後に follow up の dynamic CT を施行する。腫瘍がある程度の大きさがあれば経皮的に生検も可能である。

3) 膵疾患に対する画像診断

炎症性疾患特に急性・慢性膵炎は CT が第一選択の画像診断法である。膵自体の形態的な変化のみならず膵周囲 (anterior pararenal space) ～腹腔内・後腹膜腔全体にかけての炎症の波及状態も客観的に評価できる。また、比較的小さな腫瘍性病変 (非嚢胞性病変) では US にて病変の把握が容易であるが、CT 検査では dynamic CT を施行しなければ病変を描出できないことが多い。ただし、US は術者のスキルと患者の腹部の状態 (肥満や消化管ガス等) により検査が制限されることがある。嚢胞性病変に対しては US・CT とともに有用であるが、前述したように MRI も heavy T2 強調像や任意の断面による観察が嚢胞性疾患の形態的な把握に有用であることが多い。また、粘液産生腫瘍の診断には ERCP も有用である。

A) 画像所見

正常な膵臓は、US では低エコーで CT ではやや低吸収域の実質臓器として前腎傍腔内で脾静脈の腹側に描出される。加齢とともに膵実質は萎縮し、脂肪変性が生じる。

1) 急性膵炎 ; 急性膵炎の画像診断の第一選択は CT である。

急性膵炎の CT 所見では、膵自体の変化と膵周囲への炎症の波及状態が重要な二つの所見である。検査は単純 CT のみでもある程度病状を把握できるが、重傷例では造影 CT を施行し膵実質の壊死の状態を観察する必要がある。

膵自体の変化は、形態的な変化を認めないものから膵腫大と内部濃度の均一性、造影後の

低吸収域（膵実質壊死）等重傷度が増すに連れてその所見は限局したものから瀰漫性に変化していく。

膵周囲への炎症の波及を診断する場合はその範囲の把握が重要である。急性膵炎CT Grade分類では、膵周辺（網嚢・前腎傍腔）にのみ炎症波及がとどまるものを Grade IIIとし、胸水を認めたり結腸間膜根部または後腎傍腔に炎症が及ぶものを Grade IV、後腎傍腔を超えて炎症が広がっているものを Grade Vと定義している。

他にも、膵炎の原因となる総胆管結石の有無を確認しておく必要もある。また初回CTで膵実質の壊死を認めなくても、状態が改善しない場合はCTを再検し膵実質の変化が進行していないかどうか確認する必要がある。

2) 慢性膵炎；やはり第一選択の画像診断はCTである。

慢性膵炎のCT所見は、膵実質の萎縮、石灰化、膵管の拡張、偽嚢胞の形成等が挙げられ、これらの所見が見られれば慢性膵炎の診断は比較的容易である。特殊なものに腫瘤形成性膵炎があり、限局性に膵が腫大し膵癌との鑑別が問題となる。Dynamic CTで膵癌よりもやや早期より濃染されるとの報告もあるがその鑑別は困難であることが多い。

3) 膵癌；腺癌が膵悪性腫瘍全体の85-95%を占めており、腺癌の70%以上が膵頭部に発生している。肉眼的にも腫瘍の辺縁は不明瞭であり、腫瘍自体がかなり大きくなならない限り内部に壊死巣や出血巣は認めない。ただし、adenosquamous carcinomaは急速に増大し、内部に広範な壊死巣ともなう事が多い。

膵癌の画像診断は膵癌自体の腫瘤を描出することが重要であるが、末梢側の膵管の拡張が診断の手がかりとなることも少なくない。膵癌の画像診断においては、膵前面被膜(S)、膵背面後腹膜(RP)、膵内胆管(CH)、十二指腸(DU)、門脈系(PV)、動脈系(A)浸潤の診断が重要である。

超音波検査はルーチン検査として施行されることが多いが、膵腫瘤の描出能は高い。膵癌は低エコー腫瘤として描出され、末梢側の膵管の拡張を伴っていることが多い。

ルーチン検査で膵腫瘤性病変が疑われると鑑別診断と病変のひろがり評価するためにCT・MRIが施行される。

CTでは膵癌組織と非癌部膵組織の濃度差が小さく両者を鑑別することが困難であることが多く、膵腫瘤性病変の質的診断には、dynamic incremental CTを施行する必要がある。診断の根拠となる病理学的背景は正常の膵組織に比べて膵癌は線維性のcomponentが多いことであり、癌部と非癌部との間に早期動脈相での造影効果に差がでる。すなわち、癌部はdynamic incremental CTの早期動脈相で非癌部に比べて低吸収域になる。ただし、腫瘤形成

型の慢性膵炎との鑑別は困難であることが多い。また、前述したように膵周囲への直接浸潤や脈管浸潤・肝転移の診断も重要である。門脈浸潤は比較的診断が容易であるが、動脈浸潤の評価にはやはり血管造影検査が必要なことが多い。膵癌の肝転移巣の検出は時として CT のみでは非常に困難である場合があり、手術前に多発性肝転移巣が検出できないこともある。膵癌の肝転移の有無に関しては CTAP や網内系造影剤を用いた MRI 検査を施行することが望ましい。

血管造影の目的は手術前の血管解剖の把握と動脈を中心とした脈管浸潤の評価である。造影する血管は、基本的には腹腔動脈と上腸間膜動脈である。上腸間膜動脈撮影時にプロスタグランジン製剤を併用し薬理的経動脈性門脈造影を施行する。膵周囲動脈の描出が不良な場合は、下膵十二指腸動脈・背側膵動脈等を超選択的に造影することが望ましい。

4) 嚢胞性病変

a) ムチン性嚢胞腺腫（嚢胞腺癌）；発生頻度は女性に多く体部から尾部にかけて好発する。多くは多房性で壁の肥厚や壁在の solid component を伴う。

画像上は多房性の嚢胞として描出され、肥厚した隔壁や乳頭状の solid component も描出される。単房性の場合は偽嚢胞との鑑別が困難である場合が多い。画像のみで良悪性の鑑別は困難であるが、基本的に potentially malignant neoplasm として取り扱われている。

b) 漿液性嚢胞腺腫；良性疾患として認識されており、膵臓の手術は術後の侵襲が大きいために術前に正確な診断が要求される疾患である。腫瘍の辺縁は明瞭で、内部は小さな cyst（2 cm まで）が集簇しており腫瘍の中心に central stellate calcification とよばれる星状の石灰化した瘢痕組織を伴うこともある。腫瘍の vascularity は非常に高く画像診断における診断根拠の一つとなっている。

画像上は、小さな cystic lesion を伴う solid mass として描出される。超音波検査では、腫瘍は高エコーに描出されるが、CT では辺縁明瞭な低吸収域として描出され、dynamic CT における高い造影効果が診断のポイントとなる。時として他の膵腫瘍性病変（膵癌を含む）との鑑別に苦慮する症例があるが、漿液性嚢胞腺腫は MRI の T2 強調像において強い高信号を呈し他の腫瘍性病変との鑑別点となる。

c) 膵嚢胞；嚢胞壁が腺上皮で覆われた嚢胞で、polycystic disease や von Hippel-Lindau 病に伴う先天性嚢胞は膵全体に多発するが、単純性嚢胞は単発で単房性である。

超音波検査では後方エコーの増強を伴った低エコー腫瘤として描出される。

CT 検査では、膵実質内に辺縁明瞭な低吸収域として描出される。

d) 偽嚢胞；急性膵炎や外傷の合併症として形成される病変で、病理組織学的には嚢胞壁は線維性の被膜で構成され腺上皮は認めない。嚢胞内容物は、膵液やdebris や血液等である。CT では嚢胞壁の造影効果は高く、一般的に単房性であるが内部隔壁を伴うこともある。臨床症状の経過とともにその形状は変化する事が多い。急性膵炎の重篤な合併症として膵周囲に膿瘍を形成することがあるが、偽嚢胞との鑑別は、膿瘍の場合は壁が形成されていない点と内部に air-density を伴っている点である。

e) 粘液産生腫瘍；粘液産生能の高い膵管内腫瘍（乳頭腺腫・乳頭腺癌）で、病理学的に悪性の腫瘍であっても他の膵癌に比べて予後がよい。腫瘍が主膵管に発生した場合は発生部に関わらず主膵管全体が拡張し、腫瘍の発生部が膵管分枝の場合はその分枝が拡張する。CT・US では拡張した膵管が描出される。拡張した膵管内に腫瘍陰影を確認できることもある。MRCP を施行すれば ERCP を施行しなくとも拡張した膵管の状態を十分観察することが可能であるが、ERCP にて Vater 乳頭の形態と流れ出る粘液も重要な診断基準の一つである。

平成 13 年度厚生科学研究費補助金（医薬安全総合研究事業）
「医療機関における使用済線源及び診療用放射性同位元素の
管理の合理化等のあり方に関する研究」

分担研究課題

使用済放射線源及び診療用放射性同位元素の合理的な廃棄方法の研究

分担研究者	浜田達二	日本アイソトープ協会 顧問
	遠藤啓吾	群馬大学医学部核医学教室 教授
	佐々木康人	放射線医学総合研究所 理事長
	古賀佑彦	藤田保健衛生大学 名誉教授
	青木幸昌	東京大学医学系研究科放射線医学講座 助教授
	菊地 透	自治医科大学 R I センター 管理主任
	小西淳二	京都大学大学院医学研究科 教授
	佐々木武仁	東京医科歯科大学歯学部放射線学教室 教授
	山下 孝	(財) 癌研究会附属病院放射線科 部長
	土器屋卓志	埼玉医科大学放射線医学教室 教授
	平松慶博	東邦大学医学部附属大橋病院第二放射線科 教授
	今村恵子	聖マリアンナ医科大学病院画像診断センター 副部長
	高田 稔	(社) 日本アイソトープ協会医薬品部 部長
	萩原一男	(社) 日本アイソトープ協会医薬管理課 課長
	草間経二	(社) 日本アイソトープ協会放射線管理課 課長

研究要旨

医療機関における放射性物質管理の合理化の一環として、放射性廃棄物（使用済線源を含む）の処理・処分に係わる合理的規制方法の策定に資するため、12 名の研究協力者からなるワーキンググループを設け、国内外のその後の動向も考慮しつつ、研究を実施した。なお、平成 13 年度においては、廃棄物のクリアランス（規制免除）の社会的受容性についても考察した。

A. 研究目的

放射性廃棄物の処理・処分に係る合理化の気運及び国際放射線防護委員会 1990 年勧告と国際原子力機関の基本安全基準(BSS, 1996)に現れた動向に関連して、とくに医療機関における放射性固体廃棄物の処理・処分を取り上げて考察し、合理的規制方法の策定に資することを目的とする。

B. 研究方法

わが国の医療放射性固体廃棄物を将来処分するにあたって、原子炉等規制法規制事業所からの放射性固体廃棄物の処理・処分に係る先行例、国際勧告、国際基準および欧州連

合加盟国の現状との整合を考慮しつつ、医療放射性廃棄物の合理的な処理・処分のあり方についての考察を行った。また、放射性物質の環境への解放は社会の関心事となる可能性が高いことに鑑み、社会に受け入れられるための方策を検討した。

C. 研究結果

1. 放射性廃棄物の処分に関するわが国の概況

1.1 原子力施設からの放射性廃棄物の処分

a) 下北の状況

原子力施設を規制する「核原料物質、核燃料物質、および原子炉の規制に関する法律（以下、原子炉規制法という）」は昭和 61 年 5 月（1986）の改正において、放射性廃棄物の埋設の事業を新しく設け、同年に施行令でいわゆる「政令濃度上限値」を定めた。この政令濃度上限値は、いわゆるスクリーニングレベルに相当するもので、この限度を超える放射能濃度の固体廃棄物は埋設施設の設置許可申請ができない。一方、埋設施設の操業において守るべき実際の濃度上限値は、サイトが決まり、設置許可の申請がなされた段階で申請者側から提案され、安全審査の結果その可否が決められる。この場合、どんなに「良い条件のサイト」であっても、政令濃度上限値を超える濃度を持つ廃棄物を埋設することはできない。この濃度上限値は、従って、政令濃度上限値と等しいかまたはそれを下回るはずである。

施行令が公布された後、いわゆる埋設規則と告示が昭和 63 年 1 月(1988)に定められ、法規制の準備はこの段階ですべて整った。

原子力安全委員会は廃棄物の海洋投棄が望み薄になって以降、低レベル放射性廃棄物の陸地処分の検討を続けていたが、昭和 60 年 10 月(1985)に「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基本的考え方」を出した。これが法律改正のきっかけになったわけであるが、この文書は放射能の時間による減衰を期待できる放射性廃棄物に対し一般的に適用できるものであり、医療廃棄物を含む R I 廃棄物にも当てはまることを注意する必要がある。

その後さらに埋設の規則と告示が揃い、事業者の設置許可申請も増えてきたことから、昭和 63 年 3 月(1988)に「放射性廃棄物埋設施設の安全審査の基本的考え方」を出した。この文書は当初「審査指針」の名前で出すという計画であったが、未経験の事業に対して「審査指針」と名付けるほど具体的に踏み込んで書くことはできない、という意見があり、「基本的考え方」という名前になった経緯がある。実際、商用発電炉に関する審査指針の多くは、ある程度の操業経験を積んでから策定されていることを考えれば、このやり方は妥当であろう。さらにあえて言うならば、発電炉と違って、将来わが国に設置されると予想される埋設施設は数少ないであろうから、そのような施設にまで審査指針を策定する必然性がどのくらいあるか、についても考えてみる必要があるように思われる。

ともあれ、商用発電炉施設から発生する低レベル放射性固体廃棄物の埋設施設の許可申請は平成 2 年 11 月(1990)になされ、「低レベル廃棄物埋設センター」が下北に建設されて、平成 4 年 12 月(1992)から稼働を始めた。当初はいわゆる均質固化体（原子炉一次冷却材の浄化に使用されたイオン交換樹脂の再生廃液をセメントなどを用いて 200 リットルドラム缶に固化したもの、および焼却灰など、いわゆる「容器に固形化されたもの」の一部で

ある)が埋設された。その中に含まれる放射性核種は核分裂生成物(代表核種:Cs-137)と放射化生成物(代表核種:Co-60)であって、核燃料物質(たとえば、ウラン、プルトニウム)は有意に含まれていない。

この埋設施設は、その後の変更申請によって均質固化体以外のいわゆる雑固化体(切断した金属製配管等)も埋設できるようになり、現在に至っている。なお、ドラム缶が定置されたコンクリートピットは、コンクリート製のふたがかぶせられているが、まだ覆土するには至っていない。また、ピットの内側には多孔質のコンクリート層が設けられ、ピット外から漏れ込んだ地下水はこの層を通して集水され、モニタリングの用に供されるようになっているが、これまでのところ漏水はなく、従ってモニタリングも行われていない。

b) 東海の例

原研東海研究所では動力試験炉 JPDR の解体の際に発生した極低レベルのコンクリート塊を防塵のため袋に入れて、素掘りトレンチに埋設し、周辺の地下水のモニタリングを行っている。埋設地域は砂地で、放射性核種に対するバリア性能は非常に低い。埋設された廃棄物の放射能濃度が低いこともあって、現在のところ有意な漏洩は見いだされていない。なお、この事業は実験の位置づけである。

1.2 他のカテゴリーの低レベル廃棄物

上の例で埋設されている廃棄物はいずれも政令濃度上限値の定められているカテゴリーのものである。原子力施設からの低レベル廃棄物にはそのほか、炉内構造物のように現在の政令濃度上限値を超える(しかしながら、再処理からのいわゆる高レベル廃棄物よりは濃度が低い)廃棄物、および、燃料加工または燃料再処理施設から発生するウラン、プルトニウムを含む廃棄物(それぞれウラン廃棄物、TRU 廃棄物と呼ばれる)がある。これらの廃棄物については、これから政令濃度上限値を定める必要があり、原子力原子力安全委員会の場で検討が進められている。

1.3 クリアランス

商用発電炉のように、解体に際して大量の極低レベルの放射性廃棄物が発生する施設については、ある放射能レベル以下の廃棄物を規制からはずすクリアランスの概念が重要である。後で述べるように、IAEA でもまだ合意が得られていないが、欧州連合(EU)では加盟国がそれぞれクリアランスの基準を定めてよいことになっており、これまで再利用に熱心であったドイツでは昨年8月1日の放射線防護令改正でカテゴリー別に具体的なクリアランスレベルを制定した。またわが国でも、発電炉の解体から発生するコンクリートおよび金属の処分または再利用に着目したクリアランスレベルの数値が決められ、原子力安全委員会に報告されている。数値の決定過程では廃棄物の行き先にとくに制限を設けていないので、これはいわゆる無条件クリアランスである。

わが国では、クリアランスの議論が原子力安全委員会の場で始められる前に、いわゆる「放射性廃棄物でない廃棄物」という概念が原子力安全委員会により出されている。これは、たとえばコンクリートの場合、本来コンクリートに含まれている放射性核種の量に比べて放射能レベルが低ければ(もし汚染などによりレベルの高い部分があれば、その部分を分離して)、放射性廃棄物でないとする考え方であり、これまでに PWR の熱交換器の

交換に際して壊した建屋の壁の廃コンクリートに適用された例がある。

この場合、この廃コンクリートは法令上は産業廃棄物となるので、それぞれの自治体の意向が問題となるが、ある自治体では産廃と認めた上で、発生者の敷地内への処分を要請しており、また別の自治体は判断を避けたため、事業者が適宜敷地内で利用あるいは処分しているなど、足並みは揃っていない。上に述べたクリアランスが法制化されたときには「放射性廃棄物でない廃棄物」はクリアランスに組み込まれることとされているので、その際は環境省および当該自治体との折衝が必要になるはずである。

クリアランスが必要となるのは、多くの場合、莫大な量の極低レベルの破砕コンクリートが発生する原子力発電所の解体である。わが国では、先般運転をやめた東海発電所のガス炉が実用炉としては第1号になる。そのためもあって、いわゆる「解体廃棄物」のクリアランスが原子力安全委員会のもとで最初に検討され、クリアランスレベルが決められたわけであるが、しかしまだ法制化には至っていない。

原子力安全委員会としては、解体廃棄物以外のカテゴリーの廃棄物(その中には RI 廃棄物も含まれる)についてもクリアランスレベルを決め、一括して法制化しようと考えていたふしがあるが、後で述べるように、とくに RI 廃棄物のクリアランスの検討が遅れているので、解体廃棄物のクリアランスが見切り発車する可能性がある。しかし、クリアランスが実現するためには法令改正がおそらく必要であり、そのためには放射線審議会のハードルを越えなければならない。また、クリアランスされた非放射性廃棄物は法令上は産業廃棄物となるので、廃棄物処理清掃法とのすりあわせが不可欠である。

1.4 RI 廃棄物の状況

医療放射性廃棄物を含めて RI 廃棄物のクリアランスおよび放射性廃棄物処分の検討は原子力安全委員会の所掌であるが、このところ進捗していない。その理由ははっきりしないが、前者の担当は原子力安全委員会、後者は放射線審議会と分かれていることも一因かもしれない。また、原子力施設の場合のように、下北での敷地の獲得が法令の整備に先んじて行われたり、東海炉の解体時期の決定、といったような、行政側に圧力をかける原動力が見あたらないためかもしれない。

RI 廃棄物に関連してようやく最近踏み出された一步は、放射線審議会における規制免除レベルの議論がかなり煮詰まったと思われることである。規制免除レベルは、ある事業所が初めて RI を使用しようとする場合、取り扱う RI の量がわずかであるという理由で、規制を免除される放射線量および放射線濃度であり、一方、クリアランスは、規制をすでに受けている事業所が RI を含む廃棄物を処分する際、規制を免除されるレベルであって、放射線濃度(Bq/g)で表されていることが多い。

規制免除レベルは IAEA の BSS(1996)で数値が勧告され、欧州委員会がそれを受け、EU 加盟国はそれを自国の法令に取り入れつつある。また、IAEA の輸送規則にも取り入れられ、わが国も対応を急がれている。放射線審議会基本部会としては、このような事情から、BSS の数値をそのまま受け入れるか否かを検討中とのことである。前にも述べたように、無条件クリアランスレベルは規制免除レベルを上回ることができないので、規制免除レベルが決められれば、それによって無条件クリアランスレベルの上限値が定められたことになる。

一方、密封線源の廃棄についても進展はあまりない。原子力発電所からの廃棄物については、現在下北で実施されているようないわゆる浅地中埋設について政令に定められた濃度上限値を上回る放射能濃度を持つ炉内構造物などが多少あり、埋設深さをより深くすることによって、浅地中埋設の延長線上で処分を考える、という方法が合意を得ている。使用済みRI線源についても同様の考え方が可能であろうが、まだ検討は開始されていない。

密封線源に含まれている放射性核種は一般に大量でかつ長い半減期を持つが、その体積は小さいので、使用されなくなった後に忘れ去られると、ブラジルのゴイアニアにおける公衆の死亡事故が物語るように、非常に危険である。また容器ごと金属スクラップとして回収され、ゲートモニタに引っかかって物議を醸した例も少なくない。したがって、当面は使用済み線源の処分よりも、まず収集に努力を払うべきである。本題とは少し外れるが、定義量である 3.7MBq を下回る放射能の密封線源が、ゲージングなどに非常に便利に使われている、という実態があり、これらの使用済み線源の回収方法も検討する必要がある。

2. 国際原子力機関(IAEA)における検討状況

クリアランスについては、前に紹介した TECDOC-855 および 1000 の提案以降、各国からの意見待ちの状態にあったが、昨年になってにわかに見直しの気運が出てきた。そのきっかけは天然放射性核種いわゆる NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) との折り合いである。

NORM に対する防護は、自然界におけるラドン曝露が、多くの場合、公衆の線量限度である 1mSv/y を超える予想以上に高い実効線量を与えることが広く知られ、ICRP もこれを取り上げて、俄然注目を集めることとなった。

ウラン系列およびトリウム系列の核種の多くはアルファ放出体であるため、その規制免除値は、それぞれ系列核種と永年平衡にある親核種でどちらも 1Bq/g と非常に小さい。国によってはこのレベルを超えるような鉱石が公衆の立ち入れる場所にも広く分布しており、これをそのままの形で使用したり保管したりするだけで規制のもとにおかれることになる。

IAEA が 1996 年に刊行した基本安全基準(BSS)は核種ごとに規制免除値を定めて勧告しているが、NORM について特例を設けることにはとくに言及していない。一方、次に述べる同じ 1996 年に出された欧州連合(EU)の指令書(96/29/EURATOM)ではこの困難を避けるため、NORM の取扱いについては、規制免除レベルとは別に、それによる作業員および公衆の線量に注目し、これを規制するかしないかの判断規準にする旨を述べ、そのために行為(practice)と介入(intervention)に加えて、NORM の取扱いにだけ適用する"work activity"という第3の仕事のカテゴリーを設けている。

このように、BSS の規制免除レベルはそれ自身矛盾をはらんでいるので、IAEA としてはなんらかの解決策を模索している模様である。この事実はクリアランスの検討にも当然影響する。

3. EU における検討

EU も加盟国間の統一を図るため、上に述べたように、1996 年に加盟国の放射線防護法令の規範となる指令書 96/29/EURATOM を公布した。その内容(参考資料 1 参照)は、放射

性核種の規制免除をはじめとして、IAEA の BSS をほぼ踏襲したもので、加盟国はこの指令書に倣って法改正を進めている。

クリアランスレベルの検討も始まっている。クリアランスの方法(処分か再利用か、何に再利用するか)、廃棄物の種類およびそれらの発生量などに依存して公衆の受ける線量は変わるので、クリアランスレベルもそれらの要因によって変わる。それぞれのカテゴリーの廃棄物について、処分後の行き先の制限を加えずに決められるのが無条件クリアランスレベル、行き先を考慮して決められるのが条件付クリアランスレベルである。最近では、これらをそれぞれ一般クリアランスレベル(generic clearance level)と特定クリアランスレベル(specific clearance level)と呼ぶことがある。なお、再利用を目指したクリアランスの場合、最初の行き先のみを制限し、それ以後については制限を加えない。

EU の専門家は 2001 年 2 月に一般クリアランスレベルを提案し(PR122, Part I、参考資料 2 参照)、さらに、それに引き続いて NORM の規制免除とクリアランスについての Part II をごく最近公表した。

この一般クリアランスレベルを導出する際の線量基準は

個人線量：実効線量 $10 \mu \text{ Sv/a}$ 、皮膚線量 50 mSv/a

集団線量：一カ国について、 1 manSv 以下であること

また、計算に用いられているシナリオは

粉じんの呼吸摂取(作業者および幼児)

廃棄物の経口摂取(作業者および幼児)

外部被ばく(埋立作業者、トラック運転手、汚染コンクリートを使用した住居の居住者)

皮膚汚染

の 4 種類である。

核種ごとの計算結果を記した表に Ga-67, I-123 などは含まれていないが、付属書に記されている方法に従って計算することは容易である。

4. ドイツ放射線防護令

ドイツでは EU 指令書に従った改正法令を昨年 8 月 1 日付で決定した。改正部分はかなり多岐にわたっているが、そのうち規制免除とクリアランスに関連する部分(法令本文、付録および解説)を参考資料 3 に示す。

EU 指令書は、規制免除レベル(すなわち、それ以下の放射エネルギーもしくは比放射能の物質ならば、それを取り扱うことについて届出も許可も不要なレベル。数値的には IAEA の BSS の規制免除値と同じ)については核種ごとに放射エネルギーと放射能濃度の基準値を示し、各加盟国がそれを採用することを求めている。しかし、クリアランスレベル(すなわち、それ以下の放射エネルギーもしくは比放射能のものは、もともと届出または許可のもとに取り扱われていたものでも、自由に処分または再利用してよいレベル)については、「クリアランスを実行することにより公衆が受けると予想される線量が 1 年に $10 \mu \text{ Sv}$ のオーダー以下であり、かつ、集団線量が 1 年間に約 1 manSv を超えないか、または、防護の最適化の評価により、クリアランスが最適の選択肢であることが示されること」という基本的な基準を満足していることを条件に、各国が決めることとなっている。今回ドイツが決めたクリア

ランス基準はその一つで、お手本として重要と考えられるが、やはり原子力施設の解体を念頭に置いて作られている。

話をクリアランスだけに絞ると、わが国の原子力安全委員会が定めた商用発電炉施設からの廃棄物に関するクリアランスレベルは、大量の破砕コンクリートの処分と金属の再利用に限られ、数値はすべて比放射能で表されているのに対し、ドイツの場合は、参考資料3の表にその一部を示してあるように、たとえば年間の処分量で2区分してあったり、建物については解体ばかりでなく、そのまま継続して使用する選択肢も設けて、その場合のレベルは比放射能でなく、表面汚染密度で表すなど、基準がきめ細かく決められている。このクリアランスレベルは核種ごとに決められ、その中には医療用の放射性核種もすべて含まれている（末尾の表を参照）。

ドイツは放射性廃棄物の再利用に熱心で、これまでも州ごとにクリアランスを行ってきた歴史があるが、今回の法令改正によって、連邦として統一された基準が設けられたことにも意義がある。

5. クリアランスに対する社会の容認

わずかでも放射能のある物質を自由に環境に捨てる、ということには、相当強い社会の抵抗が予想され、一歩間違うとクリアランスが社会に受け入れられなくなるおそれがある。

下北や東海村のように、すでに放射性物質として埋設を行った場所についても、いずれは段階管理が終了し、全く管理されない状態に入ることが前提となっているので、その意味からすれば、若干遅れてクリアランスが実施される約束がなされたことと同じである。つまり、クリアランスを早急に実施するということは、クリアランスの容認を得る時期が早まっただけのことであって、いま検討されているクリアランスが仮に実施されなくてもいずれは超えなければならぬ敷居なのである。

社会がクリアランスによるわずかな線量の増加に対しても神経質になる理由には、以下のようなものが考えられる：

- ① 「線量」という概念は日常生活にほとんど出てこないもので、身近に感じられない。
- ② したがって、健康リスクの尺度として線量を用いると、リスクそのものの大きさが実感できない。
- ③ 放射線の健康影響は受けた線量に比例する、という防護上の仮定だけが一人歩きし、そのため、とるに足らないような低い線量でもそれを受けることに恐怖を感じる。
- ④ 廃棄物の処分は、事業所の操業廃止と違って、閉鎖後被ばくが長期間管理されずに放置されることになるので、その間に何が起こるか分からない。

放射線防護の基本的な基準は、たとえば線量限度のように、これまでのところほとんど線量の数値で表されている。しかし多くの人々にとって、たとえば1mSvの被ばくが自分の健康にどのくらい影響するのか、また $10^{-6}/y$ のリスクとはどんなものかは、体験的には分からない。比較的最近になって、米国の環境保護庁(EPA)は、たとえば環境放出の基準を健康リスクで表す提案を行っているが、これについては反対が多い。その理由の一つは、線量と健康リスクとの換算は一通りではなく、また時代とともに変わりうるからである。

健康リスクの代わりに寿命の短縮年数で表すやり方もあるが、その意味するところを理解させるのは容易ではない。

線量を身近にさせる別の方法は、環境の放射線の線量と比較することである。環境の至る所に存在する放射線が人に害を与えたという例は、長い人類の歴史の上でこれまでのところ見つかっていないので、「自然環境の放射線は危険でない」ことをすべての人は本能的に知っているはずである。ICRPは最近刊行した Publication 82「長期被ばく状況における公衆の防護」の中で、自然放射線ばかりでなく、過去の行為にもとづく線量の増加も含めて新しい防護の考え方を提案しているが、これは低レベル放射線に対する社会の理解の上に立って新しい放射線防護体系を構築しようとする第一歩と考えてよいであろう。

いずれにしても、これが決定打というようないまの方法はそう簡単には見つからないと思われるので、いまのところはいろいろなメディアを介して、粘り強く理解を求める努力を継続する他はないと思われる。

D. 考察

1. RI廃棄物の処分

1.1 行政の対応

前節に述べたように、この1年間における行政の対応は、外から見る限り遅いように思われる。これは、一つには省庁再編による空白期間の影響、またもう一つにはICRP 90年勧告の法令取り入れ作業の優先、さらには、まだ時間的余裕があるのでは、と思われているせいかもしれない。しかし、はじめの二つは終わったわけであるから、これから本腰を入れて廃棄物処分の法制化に取り組んでいただきたいものである。

廃棄物処分に係わる法令、基準等にはすでに原子力事業所とくに原子力発電所からの廃棄物についてのお手本がある。もちろんRI廃棄物もその通りでよい、ということではないが、基本的な考え方は同じでなければならない。現在下北で埋設されている規制法廃棄物は、法令上の名称は「核燃料物質または核燃料物質で汚染された物」であるが、現実には核燃料物質であるウランやプルトニウムを有意に含んでいないので、もし処分の考え方を変えると、論理的破たんを来すことになる。

1.2 技術的対応

廃棄物処分技術もこれまでの先行事例で十分確立されていると考えて良い。RI廃棄物の場合、原子力発電所からの廃棄物と異なって核種や形態がまちまちであり、処理に際して分別の問題が生じることが考えられる。家庭からのゴミと同様、放射性廃棄物の場合にも、収集してからの処理の方法および処分の方法に廃棄物の形態、含有放射性物質の核種と量は大きく影響する。

分別は発生者と廃棄業者の両方で行うことができるが、廃棄物の内容がよく分かった発生者側でできるだけ分別することが望ましい。そのためにはまず、廃棄物発生現場の作業者の理解と、分別が容易に行われるためのいろいろな工夫、たとえば現場に置かれる収集容器の整備、廃棄物の記録と内容のチェック、責任者の任命などが必要である。

現在でも廃棄業者は分別のルールを定めているが、発生者から収集されたドラム缶の内容物を調べると、注射針などが発見されるケースが間々あり、廃棄業者の分別作業に危険が伴っているのが実状である。廃棄の責任者を任命しても、それぞれの現場に立ち会うわけではないので、とくに現場の容器に汚染物を入れる当事者の自覚と協力が必要である。

医療廃棄物の場合は、バイオハザードを防ぐための国の指針があるが、放射性廃棄物に

についても同様の措置が望まれる。

2. クリアランスに対する技術的対応

クリアランスを実現するためには、他の法令との整合、社会の容認など超えなければならないハードルはいくつかあるが、その中で技術的なハードルはクリアランスしようとする廃棄物の国による「検認」である。

検認は放射線に係わる部分とそれ以外の部分に大別することができるが、検認をパスするかどうかは、発生者からの情報に依るところが大きい。とくに発生者自らがクリアランスを実行する場合には、この情報が唯一のものであることを理解する必要がある。

規制法廃棄物とくに発電炉施設からの廃棄物の検認は原子力安全委員会がそのあり方について昨年3月に文書を作成し、行政庁に具体的方法の整備を求めている。RI廃棄物についてはその特有な性質のため、規制法廃棄物と同じというわけには行かないが、同等の厳しさを求められることは必至である。原子力安全委員会での検討もいずれ始められるであろうが、関係者としても検討資料の提供、将来の対応など今から準備を開始すべきであろう。

3. クリアランスに対する社会的容認の獲得

放射線や放射性物質に限らず、環境中の有害物質の存在をどこまで許容するかについて社会のコンセンサスを得ることは、一般に容易でない。

前に述べたように、「自然放射線は人に健康上危険はない」ことは、ほとんどの人が体験的に知っていることであり、自然放射線レベルをリスクの評価尺度にすることは一つの方法と思われる。しかし、自然放射線レベルの10倍、100倍といった表現を使った場合、それをどの程度の危険度と判断するかは人によってかなり異なるであろう。

パブリックアクセプタンスをどのような方法で得るかについては、いろいろな選択肢が考えられる。国が主宰した討論会で数千人の聴衆を集めた、という例があるが、このような催しをしばしば開くのは容易ではない。

最近では簡単に多くの人々と接触できるという利点から、ウェブサイトの利用が多くなってきているが、普段全く無関心の人に関心を持ってもらうためにはそれなりの努力が必要である。

世論に訴えるという点で、マスコミの力は絶大なものである。社会の人々の大部分はテレビから最も多くの情報を得ている、といわれる。ある地方の研究所では、地元のマスコミの人々、とくに記事を書きまたは編集に携わる人を対象に勉強会を開いて、効果を上げているといわれるが、良い方法の例として注目に値する。最近では報道に対するマスコミの責任が裁判等で厳しく問われているケースがあり、中央紙では記事にかなり神経を使っているようであるが、一方、地方紙では、記者の不勉強もあって、相変わらずセンセーショナルな記事がいまだにまかり通っている現状があることを考えるべきであろう。

E. 結論

医療放射性廃棄物の処理と処分の合理的規制方法を近い将来において策定するに当たり、先行する原子炉廃棄物の例、国際基準及び諸外国の例を参考にしつつ、わが国におけ

る医療放射性廃棄物（使用済線源を含む）の将来の処分方法を考察した。

医療放射性廃棄物は、現在埋設が実施されている原子炉廃棄物とは核種、数量、性状などで異なる点はあるが、処分の基本的な考え方を変える理由はないと思われる。医療廃棄物の場合は、使用核種の多くが短半減期でかつガンマ放出体であるため、核種・数量の決定が容易であるという利点がある。この性質はクリアランスにも有利である。

クリアランスは上の理由から医療廃棄物に適した処分方法ということができるが、微弱放射能の測定に要する労力と費用というデメリットを十分考慮する必要がある。

使用済線源の処分は、その核種、半減期及び放射エネルギーにもよるが、長半減期でかつ放射エネルギーの大きなものは、現在原子炉廃棄物に関連して検討中の、政令濃度上限値を超えるいわゆる「高ベータガンマ廃棄物」と同様の取扱が可能と考えられる。また処分が可能になる時期まで、使用済み線源の回収と補完に重点を置く必要があろう。

クリアランスに対する社会の容認を得る方策としては種々考えられ、又これまでもとくに原子力発電との関連で実行されているが、ここではその実効性から見てとくにマスコミ関係者を対象として勉強会を提案した。

F. 研究発表

特になし。

G. 知的所有権の取得状況

特になし。

電離放射線からの危険に対する作業者と一般公衆の健康防護のための
基本的安全基準を定める
欧州連合審議会指令書(96/29/EURATOM)

1996年5月13日

規制免除関連部分(第2-5条、付録I)
NORM 関連部分第40, 41条)

第2条 適用範囲

(1) この指針は、人工放射線源または、天然放射性核種がその放射能、核分裂性または増殖性のゆえに、処理されるかまたは処理された場合における自然放射線源からの電離放射線による危険を含む、すべての行為すなわち以下に対して適用される：

- a) 放射性物質の生産、処理、取扱い、使用、所有、貯蔵、運搬、欧州連合へまたはそこからへの輸出入、および処分；
- b) 電離放射線を放射し、かつ 5kV を超える電位差で運転される部品を含む、すべての電気機器の運転；
- c) ある加盟国によりとくに示された、その他のあらゆる行為。

(2) この指針は、タイトルVIIにより、第1項には含まれないが、自然放射線源が存在し、それによって労働者または公衆の個人の被ばくが、放射線防護の視点から無視することを許されないほど著しく高められるような「作業(work activities)」(訳注：とくに定義されていないが、自然放射線源による被ばくを含む仕事を意味する。第40条参照)に適用される。

(3) この指針は、タイトルIXにより、放射線緊急事態の場合、またはある放射線緊急事態もしくは過去または以前の行為あるいは「作業」の実行の結果に基づく持続的な被ばくの場合におけるすべての介入に対しても適用される。

(4) この指針は、住居中のラドンによる被ばく、あるいは自然レベルの放射線による被ばくすなわち、人体中に含まれる放射性核種、地表高さでの宇宙線、もしくは攪乱されていない地殻に存在する放射性核種による地表での被ばくには適用されない。

第3条 届出

(1) 各加盟国は、本条に別に規定されていない限り、第2条第1項にいう行為(訳注：ICRPの定義と同じ)の実施に届出の義務を課す。

(2) 以下のものに係わる行為に対しては、届出の規定は必要でない：

- a) 含まれる放射エネルギーが合計で付録I表Aの第2欄に定める規制免除値(訳注：これはIAEAの基本安全基準(BSS)に掲げられた放射エネルギーで表された規制免除値と同じ)を超えないか、または個々の加盟国の例外的状況において、当局により認可されかつ付録Iに定める基本的一般規準を満たしているような別の値を超えない放射性物質；または

- b) 単位質量あたりの放射能濃度が付録 I、表 A の第 3 欄に定める免除値（訳注：これは BSS の放射能濃度に対する規制免除値と同じ）を超えないか、または個々の加盟国の例外的状況において、当局により認可されかつ付録 I に定める基本的一般規準を満たしているような別の値を超えない放射性物質；または
- c) サブパラグラフ a) または b) に定める量または濃度の値を超える放射性物質を含むが、以下の条件を満たしている機器：
 - i) 加盟国の当局により承認された型式である；および
 - ii) 密封線源の形の構造を有する；および
 - iii) 通常の作業条件下で近づくことのできる機器表面から 0.1m の距離において、 $1 \mu \text{ Sv h}^{-1}$ を超える線量率を生じない；および
 - iv) 処分の条件が当局により規定されている；または
- d) サブパラグラフ e) に挙げた以外の、ただし以下の条件を満足している、本指令書が適用される電気機器の使用：
 - i) 加盟国の当局により承認された型式である；および
 - ii) 通常の作業条件下で、近づくことのできる機器表面から 0.1m の距離において $1 \mu \text{ Sv h}^{-1}$ を超える線量率を生じない；または
- e) 画像表示を意図した陰極線管、または 30kV を超えない電位差で使用されるその他の電氣的機器の使用、ただし通常の使用条件下で、この使用により、近づくことのできる機器表面から 0.1m の距離において、 $1 \mu \text{ Sv h}^{-1}$ を超える線量率を生じないこと；または
- f) 当局がさらなる管理の下に置かないと言明した、承認された放出に由来する放射性物質により汚染されたもの。

第 4 条 認可

(1) 本条に規定するものを除き、各加盟国は以下の行為に対し事前の認可を求めなければならない：

- a) 核燃料サイクル施設の操業と使用廃止およびウラン採鉱の開始と終了；
 - b) 医用製品の生産と製造における、放射性物質の意図的な添加およびかかる物品の輸入と輸出；
 - c) 一般消費財の生産と製造における、放射性物質の意図的な添加およびかかる物品の輸入と輸出；
 - d) 医学または獣医学の診断、治療または研究を目的とした、放射性物質の人または、人の防護に関する限りにおいて動物への意図的な投与；
 - e) 工業ラジオグラフィ、製品の加工、または治療を目的とした人の照射研究のための X線装置または放射性線源の使用、および電子顕微鏡を除く加速器の使用；
- (2) 第 1 項に掲げた以外の行為に対しては事前の認可を規定することができる。
- (3) 加盟国は以下の場合に、ある行為について認可の要件を度外視することができる：
- a) 第 1 項 a)、c) および e) に記した行為の場合で、その行為が届出義務を免除されているとき；または
 - b) 人の被ばくのリスクが限られていて、個々のケースの審査が不必要な場合で、その

行為がその国の法に定める規定に従って行われるとき。

第5条 処分、再利用または再使用に対する認可とクリアランス

(1) 届出または認可の要件に従っているいかなる行為から生じる放射性物質または放射性物質を含むマテリアルの処分、再利用または再使用も、前もっての認可を受ける。

(2) しかしながら、そのような物質またはマテリアルの処分、再利用または再使用は、国の当局が定めたクリアランスレベルに適合している場合には、本指令書の要件から解放してよい。これらのクリアランスレベルは付属書 I に用いられている基本的規準に従って居なければならない。また欧州共同体の提供するその他の技術的ガイダンスを考慮に入れなければならない。

付録 I

第3条の適用のための規準

1. 関係する核種の放射エネルギーまたは放射能濃度のいずれかが表 A の第 2 欄または第 3 欄の値（訳注：核種別の規制免除レベル。第 2 欄は放射エネルギー (Bq)、第 3 欄は放射能濃度 (kBq/kg) に対する値で、ともに IAEA の BSS に示された値と同じである）

を超えないならば、第 3 条第 2 項 a) または b) にそれぞれ従い、ある行為をさらなる審査なしに届出義務から免除することができる。

2. 行為に対する免除の適用についての表 A の値の算出には、次の基本的規準を用いること：

- a) 免除された行為から生じる人へのリスクは十分に低く、規制の必要がない；および
- b) 免除された行為の集団に対する放射線影響は十分に小さく、現状では規制の必要はない；および
- c) 免除された行為は本来放射線学的に重要ではなく、a) および b) にいう規準が満たされなくなりうるシナリオが問題となるような確率はない。

3. あらゆる起こりうる状況において以下の規準が満たされてい限り、たとえ関係する放射性核種が表 A の値からはずれていても、基本的規準に従い、ある行為を、場合によって、さらなる考慮なしに免除することを、第 3 条により個々の加盟国は例外的に決めることができる：

- a) 免除された行為により、公衆の個人が受けると予想される実効線量が、1 年に $10 \mu\text{Sv}$ のオーダー以下である；および
- b) 1 年間の行為の実行による集団実効線量が約 1manSv を超えないか、または、防護の

最適化の評価が、その免除が最適の選択肢であることを示している。

4. 表 A にない放射性核種に対しては、必要が生じたとき、当局は放射エネルギーと単位質量当たりの放射能濃度の適切な値を定める。こうして定められた値は表 A のデータを補完する。
5. 表 A に定められた値は、どの時点においても、特定の行為に関連して、1 人の人またはひとつの企業により保持されている放射性物質の全在庫量に適用される。
6. 表 A において添え字“+”または“sec”のついた核種は、表 B に示す対応する娘核種と平衡にある親核種を表す。この場合、表 A に示される値は親核種のみに関するものであるが、存在する娘核種はすでに考慮されている。
7. 2 核種以上の混合物の他のすべてのケースにおいては、存在する全量中の各核種の放射エネルギーを表 A に示す値で除した商の合計が 1 以下ならば、規定された届出を撤回することができる。この総和則は、関係するいろいろな核種が同じ母材中に含まれる場合、放射能濃度にも適用される。

タイトルVII 自然放射線源による著しく高められた被ばく

第 40 条 適用範囲

- (1) 本タイトルは、第 2 条第 1 項には含まれないが、自然放射線源の存在が労働者または公衆の個人の被ばくを放射線防護の観点から無視することを許されないほど著しく高める「作業」（訳注：第 2 条参照）に適用される。
- (2) 加盟国は、調査または他の適切な方法を用いて、重要であるかもしれない「作業」の確認を確実にする。この場合、特に次のことが問題である：
 - a) 労働者および、場合によっては、公衆の個人が、トロンまたはラドンの崩壊生成物あるいはガンマ線、もしくは作業場に生じるその他の被ばくに曝されるような「作業」、たとえば浴場、鉱山、地下作業場、および特定の地域における地上の作業場がこれにあたる；
 - b) 通常は放射性と見なされていないが、放射性核種を含有し、それが労働者および、場合によって、公衆の個人の被ばくを著しく高めるような物質の使用と貯蔵が含まれる「作業」；
 - c) 通常は放射性と見なされていないが、放射性核種を含有し、それが労働者および、場合によって、公衆の個人の被ばくを著しく高めるような残渣を発生する「作業」；
 - d) 航空機の操縦。
- (3) 第 2 項により確認された「作業」に基づく自然放射線源による被ばくには注意が必要であり、かつ管理のもとに置かなければならないと加盟国が言明したときには、第 41

および42条が適用される。

第41条 自然地殻放射線による被ばくに対する防護

加盟国は、重要であると言明した各「作業」に対し、被ばく監視のために適切な手段を講じることが必要である。要すれば：

a) タイトルIX(訳注：介入)の全部もしくはその一部による被ばく低減のための措置の実施；

b) タイトルIII、IV、V、VIおよびVIII(訳注：それぞれ、行為の届出と認可、正当化、最適化、行為の制限、実効線量の評価、行為に際して放射線に被ばくする労働者、訓練生、学生の防護措置に対する基本原則、通常条件下での放射線に対する公衆の防護の実施、に対応する)全部もしくはその一部による、放射線防護の措置の適用。

第42条 航空機乗務員の防護

加盟国は、宇宙線による航空機乗務員の被ばくが年に1mSvを超えることが予測されるときは、航空機を運航する企業がそれを考慮するための手はずを整える。企業は特に下記のために適切な措置をとる：

- －関係する乗務員の被ばくを算定する；
- －高く被ばくする乗務員に対する線量の低減に関し、作業計画の作成に際して、算定された被ばくを考慮する；
- －該当する労働者に、その作業の健康上の危険についての情報を与える；
- －女性乗務員に第10条(訳注：妊娠および授乳中における特別な防護)を適用する。

欧州委員会

放射線防護 122

クリアランス及び規制免除の概念の実際的な使用 - 第 I 部

行為に対する一般クリアランスレベルに関するガイダンス

欧州原子力共同体条約第 31 条の条件の下に設置された専門家グループの勧告

環境担当長官

2000

2001 年 2 月刊行

条約第 31 条によれば、欧州委員会は基本的な基準を策定するさい、主として公衆衛生専門家からなるグループの意見を聴取しなければならないとされている。

この文書は、放射性物質の処分、再使用、及びリサイクルにおけるクリアランスについての、上記専門家グループの勧告を記したもので、第 I 部ではクリアランスに際してとくに条件を付けない、いわゆる一般クリアランスのみが扱われている。

翻訳に当たっては、第 1 - 5 章は全文を、またクリアランスレベルの導出と計算結果を記した第 6 章付属書 1 は計算式とパラメータ及び計算結果の概要のみを訳出した。

なお、ここに出てくる基本安全基準(BSS)は IAEA SS-115 (1996)ではなく、「電離放射線からの危険に対する作業員及び一般公衆の健康防護のための」EU の指令書 96/29/EURATOM を指す。