

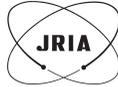
ICRP

Publication 81

長寿命放射性固体 廃棄物の処分に適用 する放射線防護勧告

長寿命放射性固体 廃棄物の処分に適用 する放射線防護勧告

社団法人日本アイソトープ協会



Japanese Translation Series of ICRP Publications
Publication 81

This translation was undertaken by the following colleagues.

Translated by

Toshisou KOSAKO *, Takeshi IIMOTO, Nobuyuki SUGIURA

Supervised by

The Committee for Japanese Translation of ICRP Publications,
Japan Radioisotope Association

Hiomichi MATSUDAIRA* (Chair)	Tatsuji HAMADA (Vice-chair)	
Masami IZAWA**	Hideharu ISHIGURO	Jiro INABA*
Tomoko KUSAMA	Sukehiko KOGA**	Toshisou KOSAKO*
Yasuhito SASAKI*	Kazuyoshi BINGO	Kiyohiko MABUCHI*
Katsumune YAMAMOTO		

* ICRP member at the time.

** Former ICRP member.

邦訳版への序

本書は、ICRPの主委員会によって1999年に採択され、Publication 81として刊行された課題グループの報告書

Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste

を、ICRPの了解のもとに翻訳したものである。

訳文は次の方々により作成された：

小佐古敏荘、飯本武志、杉浦紳之（東京大学原子力研究総合センター）

この訳稿をもとに、ICRP勧告翻訳検討委員会において、従来の訳書との整合性等につき調整を行った。

今回新しく翻訳に用いた主な訳語とその原語を示す：

natural processes（自然過程）、existing annual dose（現存年線量）、
aggregation of risk（リスクの統合）、aggregated approach（統合アプローチ）、
disaggregated dose/probability approach（線量—確率分解アプローチ）、

本書はPublication 77「放射性廃棄物の処分に対する放射線防護の方策」の内容を踏まえ、Publication 46と相補い用いることを意図して刊行された。なお、本書と関連する刊行物として長期被ばく一般に関する勧告が、最近 Publication 82として刊行されており、上記の用語に見られるexisting annual doseは同書において導入された新しい概念である。

平成 12 年 11 月

ICRP 勧告翻訳検討委員会

(ii)

日本アイソトープ協会
ICRP 勧告翻訳検討委員会

委員長 松平 寛通 ((財)放射線影響協会)
副委員長 浜田 達二 ((財)原子力安全研究協会)
委員 伊沢 正實 (元 放射線医学総合研究所)
石黒 秀治 (核燃料サイクル開発機構)
稲葉 次郎 ((財)環境科学技術研究所)
草間 朋子 (大分県立看護科学大学)
古賀 佑彦 (藤田保健衛生大学)
小佐古敏荘 (東京大学原子力研究総合センター)
佐々木康人 (放射線医学総合研究所)
備後 一義 ((財)放射線計測協会)
馬淵 清彦 (National Cancer Institute、米国)
山本 克宗 (日本原子力研究所)

目 次

	頁 (項)
序 文	v
要 旨	1
1. 序 論	3 (1)
2. 背 景	5 (9)
2.1. 一般的な考察	5 (9)
2.2. 技術的選択肢	6 (15)
2.3. 放射線学的評価	7 (19)
3. 現行のICRP勧告	8 (22)
3.1. 行為の正当化	10 (31)
3.2. 防護の最適化	10 (32)
3.3. 線量制限	11 (36)
3.4. 潜在被ばく	11 (37)
3.5. 将来世代	11 (38)
4. 長寿命放射性固体廃棄物処分への委員会勧告の適用	12 (39)
4.1. 将来世代の防護	12 (40)
4.2. 決定グループ	13 (43)
4.3. 潜在被ばく	14 (47)
4.4. 防護の最適化	14 (48)
4.4.1. 一般的考察	14 (48)
4.4.2. 自然過程を表すシナリオに適用される放射線学的規準	16 (55)
4.4.3. 人間侵入に適用される放射線学的規準	16 (60)
4.5. 技術上および管理上の原則	17 (65)
4.6. 放射線防護原則の一貫性	19 (69)
4.6.1. 一般的考察	19 (69)
4.6.2. 段階的アプローチ	19 (72)
4.6.3. 放射線学的規準の遵守の証明	20 (76)
5. 要約と結論	22 (79)
引用文献	24

序 文

1985年に国際放射線防護委員会（ICRP、以下、委員会という）は放射性固体廃棄物の処分についての放射線防護の原則に関して *Publication 46* を出版した。それ以降、ICRPは新しい勧告（*Publication 60*）およびすべての種類の放射性廃棄物の処分に対する委員会の方策に関する報告書（*Publication 77*）を出版した。

委員会は1996年11月にフランスのパリで開かれた会合で、ICRP専門委員会4の勧告にもとづき、現在の委員会勧告を長寿命放射性固体廃棄物の処分との関連で適用する場合についての報告書を作成する課題グループを設置した。その目的は、上で述べた展開と長期被ばくの防護規準についてICRPが並行して進めている作業(*Publication 82*)を考慮して、*Publication 46* の資料を補充し、改訂し、そして明確にすることであった。

課題グループのメンバー構成は次のとおりであった：

A. Sugier (委員長)	P. Carboneras	J. Cooper
R. M. Duncan	M. Federline	A. Nies

この報告書の作成期間中における専門委員会4のメンバー構成は次のとおりであった：

(1993-1997)

D. Beninson (委員長)	D. Cool	R. M. Duncan
A. J. González	R. Hock	C. J. Huyskens
T. Kosako	K. H. Lokan	F. Luykx
Z. Pan	K. C. Pillai	A. C. B. Richardson
A. Sugier	K. Ulbak	J. Valentin
B. C. Winkler (副委員長)		A. D. Wrixon(幹事)

(1997-2001)

B. C. Winkler (委員長)	R. M. Alexakhin	E.d'Amato
D. Cancio	T.Godås	A. J. González
K. R. Kase	T. Kosako	W. Kraus
J. Lochard	A. G. McEwan	R. V. Osborne (幹事)
K. C. Pillai	A. Sugier	J. E. Till
A. D. Wrixon (幹事)	Y. Xia	C. Zuur

専門委員会は、課題グループ会合に施設を利用させていただいた以下の機関に感謝したい：原子力防護・安全研究所（IPSN、フランス）；原子力規制委員会（NRC、アメリカ合衆国）；エネルギー・環境・工学研究センター、スペイン放射性廃棄物公社（CIEMAT、ENRESA、スペイン）；原子炉安全協会（GRS、ドイツ）。

本報告書は、1999年に委員会によって出版することが採択された。

要 旨

この刊行物は「濃縮と保持」の戦略を用いる長寿命放射性固体廃棄物の処分に続く公衆構成員の放射線防護を扱っている。それは、浅地中埋設と深地層処分を含む選択肢をカバーしている。この報告書でなされた勧告は新しい処分施設に適用される。

防護上の主要な問題点は、遠い未来に起こるかもしれないまた起こらないかもしれない被ばく、すなわち潜在被ばくの状況に係るものである。拘束値を組み込んだ最適化は、廃棄物処分システムの放射線学的な受容性を評価する中心的なアプローチである。これに関連して、防護の最適化は社会的および経済的因子を考慮に入れた判断過程であり、体系化された本質的に定性的なやり方で行われるべきである。

被ばく状況の2つの大まかなカテゴリー、すなわち自然過程と人間侵入を考慮しなければならない。これら2つのカテゴリーの被ばく状況に対する放射線防護規準の適用の仕方は異なる。

最初のケースでは、自然過程から生じる線量またはリスクの算定値は、年あたり約0.3 mSvを超えない拘束値、あるいはそれに相当する年あたり 10^{-5} 程度のリスクと比較されるべきである。本書では偶然の人間侵入と解釈されている人間侵入に関しては、そのような事象に対する埋設場の抵抗力を評価するために、一つまたはそれ以上のありそうな様式化されたシナリオからの影響を考慮すべきである。人間侵入がサイト周辺の住民に、現在の規準では介入がほとんどいつも正当化されるほど十分に高い線量をもたらす可能性があるような場合には、人間侵入の確率を減らすか、あるいはその影響を制限するために、埋設場の開発段階で合理的な努力を払うべきである、と委員会は考える。この点において委員会は、年あたり約10 mSvの現存¹年線量を、それ以下では介入が正当化できそうもない一般的参考レベルとして使えるであろうと以前に示唆した。反対に、年あたり約100 mSvの現存¹年線量は、それを超えるとほとんどいつでも介入は正当化されるべきであるという一般的な参考レベルとして使えるかもしれない。同様の考察は、関連する臓器の確定的影響のしきい値を超えるような状況にもあてはまる。

委員会の見解では、自然過程に対する拘束値を満足し、また偶然の人間侵入の確率あるいは影響を減らすために合理的な手段がとられており、かつ技術上および管理上の原則が守られていれば、放射線防護の要求に適合していると考えられることができる、というのがこの報告書の結論である。

¹ 委員会は、与えられた場所で個人が受ける、現に存在しかつ持続している年線量を意味するために、現存年線量という用語を用いる。埋設場により生じるかもしれない被ばくは、現存年線量の成分の1つである。

1. 序 論

(1) ICRPはその *Publication 60*の中で、「放射線被ばくを生ずる有益な行為を不当に制限することなく、人に対する適切な防護基準を作成すること」を主たる目的とする放射線防護方策を策定した (ICRP, 1991, 15項)。電離放射線のどんな線量でもそれに付随して個人の健康に対してリスクを持っており、このリスクは低い線量範囲でその線量に比例しているというのが、放射線防護の根底にある信条である。しかし委員会は、リスクがあらゆる合理的手段によって制限されている限り、有益な行為からのいくらかのリスクは受け入れられると考えている。

(2) 有益な行為は、放射性廃棄物を生じることがある。すべての種類の放射性廃棄物の処分に対する委員会の方策は、*Publication 77* (ICRP, 1997b) に示されている。委員会勧告の文脈の中では、廃棄物とは、それ以上全く利用しないものとして捨てられるかまたはすでに捨てられているすべての物質である。廃棄物には工程の残渣のような固体の物質のほか、液体および気体の放流物も含まれる。廃棄物保管とは廃棄物の一時的な保持である。廃棄物処分とは回収の意図なしに廃棄物を捨てることである。処分という語には放流物の排出と固体廃棄物の処分が含まれる。廃棄物管理とは、廃棄物の発生で始まり処分が終わる操業のすべての流れを意味する。

(3) 廃棄物処分の戦略は、「希釈と分散」および「濃縮と保持」という2つの概念上のアプローチに分けることができる (図1)。

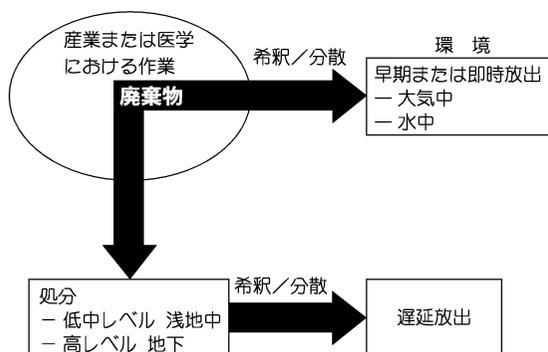


図1. 廃棄物生成のシステムと処分戦略

これらの戦略のどちらからも環境への放射性核種の早期放出または時間が経ってからの放出が必然的に生じるであろうから、ゼロ放出を目標とすることは適当ではない。両方の戦略とも一般に使用されており、相互に相容れないものではない。選択ができる場合には、2つの戦略の間のバランスが、特に閉じこめ期間中における放射性核種の崩壊と、自然または人工のプロセスによる破壊に伴う高い被ばくのリスクの考察を含む、放射線防護の問題になる。破壊的事象からの高い被ばくの可能性は、廃棄物を希釈または分散するのではなく、処分施設中に廃棄物を集中す

4 1. 序 論

るといふ決定の避けられない結果である。

(4) この報告書は、“濃縮・保持”戦略を使っている長寿命放射性固体廃棄物の処分に続く公衆構成員の放射線防護を扱う。考慮すべき放射性核種は、たとえば、本質的に一世代に影響を及ぼすような10年を超える半減期を持つであろう。この報告書には、浅地中埋設と深地層処分を含む選択肢が含まれる。この報告書でなされる勧告は、それらの履行のための機会が、サイトの選定、設計、建設および操業の段階のあいだに存在するような、新しい処分施設に適用される。また、これらの勧告は、廃棄物を発生する行為を含む正当化の決定の中で考慮に入れられるべきである。この報告書と並行して委員会は *Publication 82* (ICRP, 1999) の中で、たとえばICRPの体系下で管理されていなかった過去の行為により生じた、既に環境中に存在する長寿命の放射性残渣を扱うために特別の勧告を発表することになっている。

(5) 委員会の防護体系は、“希釈・分散”戦略に直接適用することができる。被ばく源を適切な管理のもとに置くために被ばく量が推定される。被ばくする個人と集団の特性と習慣が考慮に入れられる。

(6) “濃縮・保持”戦略を使っている長寿命放射性固体廃棄物処分の場合、防護の主な論点では、はるかな未来に起こるかもしれない起こらないかもしれない被ばく、すなわち潜在被ばくの状況が考慮される。たとえ処分システムがよく設計され適正に管理されているとしても、環境への放出があるかもしれない。しかし、効果的な廃棄物処分システムが廃棄物を最も危険の大きい期間中閉じこめるので、遠い未来に人の環境に入ってくるのは残りの放射性核種だけであろう。個人と集団の線量に対応するどんな推定値も、将来の処分システムの挙動、地質と生物圏の条件および人間の習慣と特性についての知識が不完全なために、時間とともに増大する不確実性がつきまとうであろう。さらに、廃棄物処分システムについての知識が結局は失われるかもしれないので、現在の放出についてと同じやり方で、防護が達成されていることの確認を仮定することはできない。また、効果的な軽減処置が必ず実行されると仮定することもできない。それにもかかわらず、委員会の防護体系は、長寿命放射性固体廃棄物の処分に適用することができる。

(7) 長寿命放射性固体廃棄物処分の場合に委員会の防護体系を適用するには入念な作業が必要であるが、委員会の防護体系の強みと一貫性は広い範囲にわたる状況を矛盾なくカバーするその能力の中にある。委員会は、放射性固体廃棄物処分についての勧告を *Publication 46* (ICRP, 1985b) で発表した。この報告書の意図は、*Publication 77* (ICRP, 1997b) で要約されているような、すべての種類の放射性廃棄物の処分に関する委員会の方策を含むもっと最近の展開に照らしてこれらの勧告を補い、更新し、そして明確にすることである。

(8) この報告書は以下の構成になっている。第2章は固体廃棄物処分の選択肢を記述する。第3章は放射性廃棄物処分に関連する委員会の現在の勧告を述べ、長寿命放射性固体廃棄物の処分へのこれらの原則の適用は第4章に記されている。第5章には主な要約と結論が含まれる。

2. 背 景

2.1. 一般的な考察

(9) 放射性廃棄物は次のような広範囲にわたる活動から発生する：病院や研究所における放射性核種の使用；産業工程における放射性物質の使用；原子力による電気の生産を含む核燃料サイクル、およびいろいろな物質の放射性という特性を直接には使っていない工程からの副産物として。これらの廃棄物には適切な管理が必要である。

(10) これらのいろいろな廃棄物管理事業の間には密接な関連があり、このことは、なかでも処分の諸条件が他の事業に影響するはずであることを意味する。種々の異なる管理上のアプローチが、放射性廃棄物の広い範囲にわたる特性に適応するために開発されてきた。適切な放射性廃棄物分類システムによって、管理上のいくつかのアプローチを異なる種類の放射性廃棄物に一般的に割り当てることができる。

(11) 管理に影響する廃棄物の3つの主要な特性は、それらの物理化学的特性とくに放射性核種の半減期、放射性核種含有量および体積である。廃棄物は、医学の診断手順で発生する大部分の廃棄物のようにわずかに放射性であるものから、ガラス固化された再処理廃棄物、あるいは使用済線源のように高放射性のものまでいろいろであろう。廃棄物は、固体、液体または気体として生成し、その一部は処分に先立ちコンディショニングと処理を必要とすることがある。体積は、たとえば小さい密封放射線源から、核施設のデコミッショニングから生じる廃棄物のような非常に大きい体積にまでわたる。最大の放射能は、防衛産業用と民生用の核燃料サイクル事業によって生じる。しかし、大きな体積の放射性廃棄物が天然起源の放射性物質を使用する産業によって生じる。

(12) 長寿命の放射性核種を分離し、もっと好都合な特性たとえばより短い半減期をもつ放射性核種へ変換すると、理論的には廃棄物の長期的な危険を減らすことができるかもしれない。しかし、放射能レベルは短期的には増加する。変換の技術的経済的な実行可能性は、まだ証明されていない。いずれにせよ、それには追加の施設の必要性和それに対応する職業被ばくが含まれ、また残留廃棄物の処分の必要性がおそらく残るであろう。

(13) 処分に先立ち保管することは、放射性崩壊により潜在的危険が減る期間を提供することで有用な役割を果たしうるかもしれない。短寿命放射性核種のみを含む固体廃棄物は、十分な保管期間の後、環境に放出できよう。発熱性の廃棄物では、熱は主に短寿命放射性核種に起因するので、数10年の保管の後には処分はもっと容易になることがある。

(14) 廃棄物の保管には貯蔵施設の監視と保守が含まれる。したがって、保管は職員の職業被ばく、偶発的放出の持続的なリスク、操業とデコミッショニング費用をカバーするための財政

的な準備、制度的管理への引き続く依存、および将来世代へのいくらかの負担の賦課を含むかもしれない。処分概念に再取出しが加えられるならば、同様の議論があてはまる。

2.2. 技術的選択肢

(15) 放射性固体廃棄物処分の選択肢は、通常、複数の人工バリアと天然バリアに頼っており、その組合せを処分システムという。処分システムの全般的な性能は、放射性核種がいろいろなバリアの総合された性能および／または相補的な性能を通じて人の近づける環境まで移動するのを防ぐかあるいは遅らせることに頼っている。

(16) 処分選択肢間の選択には、経済的・社会的な要因の他に、廃棄物の放射線学的危険、廃棄物が危険である時間の尺度、および廃棄物の体積の考慮が含まれる。以下の処分選択肢は、現在支持されているかまたは考慮されてきたものである。

- 放射性核種含有量の非常に少ない廃棄物には、一般ごみ処分がふさわしいかもしれない。
- トレンチ、工学的施設またはその場での安定化による浅地中埋設は、ウラン鉱石の採鉱と精錬からの残渣および核燃料サイクルからの短寿命の低レベルと中レベル廃棄物のような大容積の固体廃棄物に適しているであろう。地層バリアと人工バリアは、放射性核種を固定しかなりの時間のあいだ保持することができる。しかし、廃棄物が地表面に近いときは、偶然の人間侵入または自然過程による閉じこめの喪失の可能性を減らすために、制度的管理、保守および監視が長期間にわたって必要になることがある。
- 深地層処分は、処分システムの範囲内で適当な特性が天然バリアと人工バリアの両方について選ばれるならば、人の近づける環境からの非常に長い期間にわたる隔離と偶然の人間侵入の確率を非常に低くする潜在的能力がある。岩塩層、花こう岩、粘土、玄武岩および火山性凝灰岩は、これまでのところ潜在的に適当な地層としてすべて注目されてきた。
- 宇宙空間または太陽軌道への処分は現在、技術的・経済的な実行可能性が疑わしいので、さらなる研究は続けられていない。海底上または海底中への放射性固体廃棄物処分（それぞれ、海洋投棄または海底下処分）は、かつて1972年のロンドン会議の表現では、廃棄物のためのひとつの選択肢であり、投棄に適している物質の定義がなされていた（IAEA, 1986）。低レベル廃棄物は1982年まで大西洋の北東区域に投棄されていた。しかし、広範囲にわたる科学研究がその区域をパッケージに入った放射性廃棄物の投棄に使用し続けると証明しているにもかかわらず（NEA, 1985）、1993年にロンドン会議締約国の諮問会合はあらゆる種類の放射性廃棄物の海洋投棄を禁止することを決定した。その禁止は、ロンドン会議の付属書を修正することによって、1994年2月20日に発効した。

(17) 低レベルと中レベルの廃棄物については、地表、地表下およびもっと深い地下で多くの処分選択肢が利用できる。国際的には、深地層処分は、現在、高レベル固体廃棄物と長寿命アルファ放出体を含む廃棄物のような他の長寿命放射性廃棄物の処分のために提案されている

戦略である。

(18) 諸国は、使用済燃料および放射性廃棄物の安全管理のための義務を採択している (IAEA, 1997)。

2.3. 放射線学的評価

(19) 放射性固体廃棄物処分システムの放射線学的評価には、人の被ばくについてのいろいろな可能性を考察する必要がある。人の被ばくに至りうる過程をサイトごとに確認しなければならない (この文書の中では簡単のため、“過程”とは特徴、事象および過程を意味することとする)。ある種の自然過程は、放射性核種の環境へのゆっくりとした放出をもたらすことがある。典型的な例は、腐食による廃棄物パッケージの徐々の劣化とその結果として起こる放射性核種の放出である。人の被ばくをもたらさうような続いて起こる自然過程には、地下水による放射性核種の移行と、それに付随する取着、拡散および分散の過程が含まれよう。他の、もっと起こりそうにない自然過程として、たとえば地震事象と氷河作用は処分システムの性能を破壊するか、またそうでなくても影響を及ぼすことがある。

(20) 将来の人間の行動も廃棄物処分システムを破壊することがある。埋設場の健全性に影響を及ぼし、潜在的に放射線学的影響を持つ人の行動は、人間侵入として知られている。故意の侵入者への影響は本来侵入者の責任と考えられる。処分システムについての知識が失われた後の偶然の人間侵入、すなわち誰かによって知らずにとられた廃棄物処分システムを破壊する行動の可能性もある。これらの行動には、深い埋設場での偶然のボーリングや、浅い埋設場の上での偶然の建設が含まれる。そのような偶然の行動は、長期間における人間侵入に関する主要な論点である。本報告書では、人間侵入という語で、偶然の侵入を表す。侵入はいかなる場合でも、他の集団に対しても影響をもつことがある。

(21) 廃棄物処分の放射線学的影響を評価するためには、サイト固有の評価が不可欠である。それらはまた、処分システムとそのサブシステムのいろいろなバリアの役割を理解し、記述し、定量化し、最適化するためにも必要である。評価にはたくさんのシナリオが考察されるが、ここでシナリオとは、放射線学的影響に至りうるかもしれないような処分システムに影響を及ぼす特定された過程の一つの可能な組合せと定義する。一般に、評価は通常反復して扱われる以下の諸要素すなわち、システム理解、シナリオ解析、概念的および詳細なシステムモデルの開発、影響解析、不確実性解析と感度解析および計算結果の解釈から成る。総合された評価によって、予想されたシステム展開も、また、自然起源の破壊的事象によってまたは人間侵入の結果として引き起こされるものを含む、もっと起こりそうにないシステム展開も、評価されるであろう。

3. 現行のICRP勧告

(22) 委員会は、放射線防護体系についてのその勧告を *Publication 60* (ICRP, 1991) に公表した。この体系は被ばく状況を行為と介入に分けている。行為は、それらが被ばくの増加をもたらすという事実にもかかわらず、選択の問題として着手される人間活動である。行為に着手することをやめることによって被ばくの増加を避けるか、または予防策を講じることによって制御することができる。しかし時には、すでに存在する状況から被ばくがもたらされる。被ばくを減らすか線源を除去するためになんらかの行動が求められるときは、その行動は介入と呼ばれる。放射性廃棄物の処分が管理下の線源を扱う計画された操業である限り、行為に対する防護の原則が放射性廃棄物の処分に適用されることは明白である。

(23) 提案された行為および継続している行為について委員会が勧告した放射線防護体系は、3つの一般原則に基づいている (ICRP, 1991, 112項) :

- a) 放射線被ばくを伴うどんな行為も、その行為によって、被ばくする個人または社会に対して、それが引き起こす放射線損害を相殺するのに十分な便益を生むのでなければ、採用すべきでない。(行為の正当化)。
- b) ある行為内のどんな特定の線源に関しても、個人線量の大きさ、被ばくする人の数、および受けることが確かでない被ばくの可能性、のすべてを、経済的および社会的要因を考慮に加えたうえで、合理的に達成できる限り低く保つべきである。この手順は、本来の経済的、社会的な判断の結果生じそうな不公平を制限するよう、個人に対する線量に関する限定(線量拘束値)、あるいは、潜在被ばくの場合には個人に対するリスクに関する限定(リスク拘束値)によって、拘束されるべきである。(防護の最適化)。
- c) 関連する行為すべての複合の結果生ずる個人の被ばくは線量限度に従うべきであり、また潜在被ばくの場合にはリスクの何らかの管理に従うべきである。これらは、通常の状況ではいつも、どの個人もこれらの行為から容認不可と判断されるような放射線リスクを受けることが確実にならないようにすることを目的とする。(個人線量限度および個人リスク限度)。

(24) *Publication 60*の中で委員会は、“通常被ばく”と“潜在被ばく”を区別している。“通常被ばく”は、実質的に起こることが確かで、いくらかの不確実性はあるものの予測できる大きさを持つ被ばくである。“潜在被ばく”という用語は、被ばくの可能性はあるが、それが起こることは確実でない状況、すなわち、放射性固体廃棄物処分施設の閉鎖に続く長い期間に関係する状況をいう。

(25) 潜在被ばくに関連する1990年勧告の原則と目標は、*Publication 64* (ICRP, 1993) の中で展開されており、放射性廃棄物処分を含む特定の行為に関連したもっと詳細なガイダンスを作成する根拠を提供するよう意図されている。*Publication 64*は廃棄物処分と関連して、長い時間

が含まれるため「確率の割り当てに関連した方法論的な問題を提起し」また「評価に複雑さが加わる」ことを認めている（ICRP, 1993, 84項）。

(26) 委員会の用いる線量計測量は *Publication 60* の中で定義されている。個人関連の量は 等価線量と実効線量である。この報告書の中で、線量という用語は実効線量を意味する。線量と人数の両方を反映する量は集団線量であり、被ばくしたグループの平均線量とそのグループ中の個人の数との積によって与えられる。しかし、後の *Publication 77* (ICRP, 1997b) において、委員会は線量を将来の長い期間にわたって評価することの問題を認識している。「個人線量と被ばく集団の大きさのどちらについても、時間の増大について不確かさが増大する。さらに、線量と損害の関係に関する現在の判断は、将来の集団について妥当ではないかもしれない。数千年より長い期間にわたる集団線量の予測および数百年より長い期間にわたる健康損害の予測は、批判的に吟味されるべきである。」（ICRP, 1997b, 58項）

(27) ある線源によって与えられた個人の線量を、個人を別々に確認する暗黙の必要なしに算定することができるように、決定グループの概念が委員会によって導入された。このグループは、考察中の線源または線源群から最も高い線量を受けると合理的に予想される集団中の個人の代表であるべきである。そうすれば、グループ中の平均的個人の線量は、単数または複数の線源によってもたらされる最も高い線量を代表すると考えられる。

(28) 環境の保護との関連で委員会は、「現在望ましいと考えられている程度に人を防護するのに必要な環境管理の基準は、他の生物種をリスクにさらさないことを保証するであろう。たまたま、人以外の種の個体に障害を生ずるかもしれないが、その種の全部を危険にさらしたり、あるいは種の間不均衡を生ずるほどのものではないであろう。」と信じている（ICRP, 1991, 16項）。

(29) (7) 項に示したように、委員会は、放射性固体廃棄物処分についての勧告を1985年に *Publication 46* (ICRP, 1985b) で公表した。*Publication 46* の中では2つの状況が認められている。すなわち：通常のゆっくりとした過程による固体廃棄物処分からの放射性核種の放出に至る“通常の”放出過程と、放出と線量が確率論的な事象と過程（現在、そのような状況は“潜在被ばく”として分類されている）によって引き起こされるかもしくは影響される“確率的”状況である。委員会は第一の状況である“通常の”放出に、たとえば原子力発電所からの日常の放出に関するものと同じやり方で、線量限度の適用を勧告している。確率的な状況において委員会は、決定グループの年リスクが制限されるよう勧告している。ここで、リスクは、決定グループを代表する個人にある線量を与えるような起因事象およびその他の環境の変化の確率と、結果として生じた線量によるその個人またはその子孫の重大な有害健康影響の確率の積として幅広く定義されている。リスク規準と比較するためにはこの積を、すべての関連事象を考慮に入れて、適切に合計すべきである。*Publication 46* に勧告されたリスク限度の値 10^{-5} y^{-1} は、当時適用されていたリスク係数を用いると、通常被ばくに対する公衆構成員の線量限度年あたり 1 mSv が意味する

致死がんのリスクと同じオーダーの大きさである。

(30) 現在、委員会は放射性廃棄物処分についての一般方策を *Publication 77* (ICRP, 1997b) で公表した。主な論点は公衆構成員の被ばくにかかわるものである。委員会は、行為に対するその防護原則は放射性廃棄物処分において以下のように適用されるべきであると考えている。

3.1. 行為の正当化

(31) 「廃棄物の管理と処分の事業は、その廃棄物を発生する行為の不可欠な構成部分である。これらをそれ自身で正当化が必要な独立した行為とみなすことは誤りである。廃棄物の管理と処分の事業は、それゆえ、廃棄物を発生する行為の正当化の評価に含まれるべきである。国の廃棄物処分の政策が変更され、かつその行為が継続しているならば、その行為の正当化を再評価する必要があるかもしれない。その行為が終了していたならば、正当化のために考慮しなければならないのは行為よりはむしろ介入である。」 (ICRP, 1997b, 34項)。

3.2. 防護の最適化

(32) 「防護の最適化は、線量を低減させるために合理的なすべてのことを行うことと広く解釈されている。(ICRP, 1997b, 17項)」「委員会の力点の多くは、防護の最適化を定性的に規定することに置かれてきた。(ICRP, 1997b, 37項)」「・・・防護の最適化の概念の基本的な役割は、放射線被ばくの管理に責任のあるすべての人に、『自分はこの放射線量を減らすために合理的に実行できるすべてのことを行ってきただろうか』と絶えず自問するような思考状態を生じさせることである。(ICRP, 1989, 18項)」このように、最適化に関する委員会の方策は判断によるところが多く、その本質は *Publication 60* (ICRP, 1991) の117項の中に要約されている：「損害を減らす次の手段が、得られる損害の減少に比べ著しく過大な諸資料を使って初めて達せられるものならば、この手段を採用することは、社会のためにならない...」。

(33) 慣例的には、集団線量はとくに微分費用便益分析による最適化決定への一つの入力であった。しかし委員会は、集団線量を将来の長い期間にわたって推定することの諸問題を認識している。

(34) 線量拘束値は、防護の最適化の重要な構成要素である。この用語は委員会によって、「決定グループの構成員への線量が拘束値を超える原因となるかもしれないような防護のいかなる選択肢をもそれ以上の検討から除くため、防護の最適化においてもっぱら使用されている線源関連の個人線量」(ICRP, 1997b, 41項)を意味するために使われている。このように拘束値は将来に対して前向きに使われ、それは線量限度と混同されるべきでない。拘束値の大きさは線源と状況に特有であり、全体の行為については同じであるべきである。しかし委員会は、放射性廃棄物処分活動からの公衆構成員に対する線量拘束値について、1年につき約0.3 mSvを超えない値を勧告する。

(35) *Publication 77* (ICRP, 1997b) は、“一般的状況のもとで利用できる最良の技術”という用語が最適化の関連でしばしば用いられると述べている。「“利用できる最良の技術”あるいは“過大な費用を伴わない、利用できる最良の技術”というような呼び名で示される方策の採用を求める圧力が増ってきている。“利用できる最良の”という用語は、通常、費用に関係なく、環境の観点から“最良”という意味合いがある。“過大な費用を伴わない”を追加することによって、この概念は、合理的に達成できる限り線量を低く保つという委員会の勧告にやや近くが、費用が関係するのはそれらが過大になったときだけである。これらの方策は防護の最適化を達成するには不十分である (ICRP, 1997b, 7項)。しかし、“過大な費用を伴わない、利用できる最良の技術”の使用は、損害の定量的評価方法が現在利用できない自然環境に対する線量を減らすといった、特定の目的について有利になるであろう。

3.3. 線量制限

(36) 委員会の線量限度は、特定された行為から受ける線量の合計に適用されるが、すべての被ばく源からの線量の合計に適用するものではない。委員会は引き続き線量限度を勧告するが、「公衆被ばくに対する線量限度が実際に制限要因になることはまれである」(ICRP, 1997b, 36項)と認識している。さらに委員会は、「線量限度を廃棄物処分へ適用することには本質的な困難があり」(ICRP, 1997b, 19項)、また拘束値を組み込んだ最適化の過程を通じて公衆被ばくを管理することによって「放射性廃棄物処分の管理に公衆被ばくの線量限度を直接使用する必要はなくなるであろう」(ICRP, 1997b, 48項)と考える。

3.4. 潜在被ばく

(37) 委員会は、「事故および破壊的な事象の発生」を考慮して、「仮にそれらが発生した場合には、通常よりも大きな被ばくを生じさせるかもしれない、これらの被ばくは潜在被ばくとして扱うべきである。それらの大きさと確率の両方を廃棄物管理の決定に達する際に考慮に入れるべきである」(ICRP, 1997b, 45項)ことを強調する。しかし委員会は、「長寿命放射性核種のリスク評価における潜在被ばくの役割は、いまだに明白ではない」(ICRP, 1997b, 27項 d)と認識している。

3.5. 将来世代

(38) 将来世代の防護との関連において関係のある指標は、通常被ばくについては決定グループに対する年間の個人線量、潜在被ばくについては決定グループに対する年間の個人リスクである。これらは「ともに、将来の世代への制限的損害と、現在の世代にいま適用されている制限的損害とを比較するための、十分な入力情報を提供するであろう。」(ICRP, 1997b, 69項)。

4. 長寿命放射性固体廃棄物処分への委員会勧告の適用

(39) 行為に対する委員会の防護原則は、新しい長寿命放射性固体廃棄物処分施設に適用される。主な論点は長期的な公衆被ばくにかかわるものである。委員会は、この状況にこれらの原則を適用することの難しさを認識している (ICRP, 1997b)。公衆の防護を達成する主要な手段は、委員会の勧告した線量拘束値に対する高いほうの値0.3mSv/年またはそのリスク等価値を考慮に入れて、拘束値を組み込んだ最適化の過程を経るものである。この章では勧告をいかに適用すべきかを扱う。

4.1. 将来世代の防護

(40) 放射性固体廃棄物処分の主要な目標は、現在の世代が出した廃棄物の放射線学的影響からの、現在と将来の世代の防護である。しかし、完全な永久隔離は達成できそうもなく、廃棄物のインベントリーの一部は生物圏へ移り、潜在的に数百年か数千年の将来に被ばくを引き起こしうる。そのような長い時間尺度にわたる個人と集団の線量は推定できるにすぎず、将来に向けての時間が増加するとともに、これらの推定値の信頼性は減少する。それにもかかわらず委員会は、将来における個人と集団が、今日とられた行動から現在の世代が与えられているのと少なくとも同じレベルの防護を供与されるべきである、という基本原則を認める。さらに、多くの処分システムについて、将来世代に選択の余地（たとえば、再取出しの可能性）を残すため、処分システム開発過程の間に措置をとることができるかもしれないが、いかなる状況の下でもこれらの措置が処分システムの安全をそこなうべきでない。

(41) 現在の世代と少なくとも同じレベルに将来の世代を防護することの目標は、関連する健康損害の考察から導かれた現在の量的な線量とリスクの拘束値を指標として用いることを意味する。しかし、健康損害の尺度としての線量とリスクを、およそ数百年を超える将来まで確実に予測することはできない (ICRP, 1997b)。その代わりに、処分システムの現在の理解があれば、埋設場が受け入れられるかどうかの指示を与えるテストにおいて、もっと長い期間の線量またはリスクを見積もり、適切な規準（4.4節）と比較することができる。そのような推定値を将来の健康損害の予言とみなしてはならない。

(42) 将来の世代が現在の世代によって企てられた処分についての知識を持つだろうと仮定することはできない。したがって、放射性廃棄物処分からの将来世代の防護は、主に埋設場開発段階における受動的な処置によって達成されるべきであって、将来とられる能動的処置に不当に頼るべきでない。しかし委員会は、閉鎖後の処分施設において維持される制度的管理が、特に侵入の可能性を減らすことで、処分施設の安全に対する信頼を高めることがあると認識している。委員会は、制度的管理が長期間続かないかもしれないという理由はなく、したがってとくに浅地中処分施設の全面的な放射線学的安全に重要な貢献をすることがあろうと感じている。さらに、

ウラン鉱滓の地表処分または近地表処分に対しては、管理が失敗したときのその影響が他の長寿命放射性廃棄物に関連する影響より一般に低いような状況において、制度的管理に長期間頼ることがある。

4.2. 決定グループ

(43) 委員会は *Publication 43* (ICRP, 1985a) における被ばく評価についての勧告が一般的ガイダンスとしてあてまはると考えている。したがって委員会は、被ばくは決定グループにおける平均年線量に基づいて評価されるべきであると引き続き勧告する。決定グループとは、最高の年線量を受けると予想される集団における個人を代表する人々のグループであり、年齢、飲食物、および受ける年線量に影響する行動という観点からみて比較的均質であるように十分小さいグループである。

(44) 考察する時間尺度が長い場合、決定グループの習慣と特性ならびにそれが位置する環境の特性は仮定できるにすぎない。したがっていかなるそのような決定グループも仮想的なものである。グループについて仮定される習慣と特性は、利用できるサイトまたは地域に固有の情報のほか、現在の生活様式を考えて合理的に保守的でもっともらしい仮定に基づいて選ばれるべきである。このアプローチは、放射線防護の他の領域の中で採用されているもの（たとえば、“標準人” (ICRP, 1975)）と矛盾がなく、以前の委員会勧告 (ICRP, 1985a, 45項と46項) に基づいている。さらに、多くの場合、種々の決定グループのおのおのに関連した個々のシナリオが、異なった生起確率をもって存在するかもしれないため、最も高い線量が最も高いリスクに結びつくとは限らない。それゆえ、意思決定者にとって重要なことは、それぞれの生起確率をつけた、あるいは少なくともそのシナリオに対応する確率の見積もりをつけたシナリオの明確な提示を得ることである。

(45) 決定グループは、想定された生物圏と独立に決めることはできない。過去に起こったものと同様に、自然の力の作用で長期間に重大な変化が生物圏で起こることがある。また、人の行動も生物圏に影響を及ぼすことがあるが、長期間における人の挙動については推測することができるだけである。生物圏の変化の考察は、自然の力によるものに限るべきである。決定グループと生物圏は、現在利用できるサイトまたは地域の情報に基づくサイト固有のアプローチか、もっと一般的な習慣と条件に基づいた様式化されたアプローチを用いて規定すべきである。様式化アプローチの使用は、時間尺度が長いほどより重要になるであろう。

(46) 委員会は、決定グループの均質性の規準について一般的なガイダンスを提供した (ICRP, 1985a, 69項参照)。そのようなグループの習慣と特性の選択にしかるべき注意が払われるならば、均質性は長期的に重大な関心事とはならないはずである。さらに、埋設場からの放出による生物圏の放射性汚染が人の寿命よりかなり長い期間にわたって比較的一定のままでありそうだと仮定できるかもしれない。そうすれば、個人の生涯にわたって平均された年線量または年

リスクを計算することは合理的であり、これはいろいろな年齢グループの線量を計算する必要がないことを意味する。この平均は、成人の年線量または年リスクによって適切に表すことができる。最後に、決定グループの想定上の特性は、そのようなグループを維持する生物圏の能力と調和しているべきである。

4.3. 潜在被ばく

(47) 処分システムの予想された挙動に影響を及ぼし、かつ、しばしば与えられた時間内に1未満の想定上の生起確率を持つような過程から、被ばくがもたらされるかもしれない。したがって、起こると考えられる過程に関連した被ばくから個人を防護する目標は、生起確率とこれらの被ばくの大きさの両方を考えることによって最もよく達成される。長期にわたる被ばくのこの取扱いは、潜在被ばく状況についての委員会勧告（第2章とICRP, 1993を参照）に概念的に類似している。このように、通常の展開と確率的状況の別々の取扱いについての委員会の前の勧告（ICRP, 1985b）は、必要ないかもしれない。

4.4. 防護の最適化

4.4.1. 一般的考察

(48) 拘束値を組み込んだ最適化は、廃棄物処分選択枝の放射線学的受容性を評価するための主要なアプローチである。潜在被ばくが関連するそういったアプローチの実行は、図2に示すように、考慮すべき種々の可能な方法論的選択枝を確認することによって意思決定者にとり明快なものとなる。

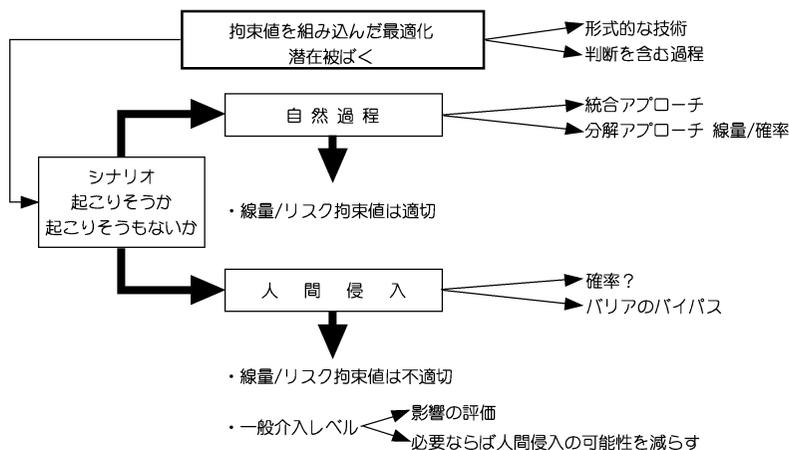


図2. 方法論的選択枝

(49) 潜在被ばくに適用するための形式的な最適化技術は、以下のICRP刊行物において強調されているとおり、開発段階にある：

- *Publication 64* (ICRP, 1993, 84項)：「放射性廃棄物の処分は、極端に長い期間にわたり続くことのある放射線源となり得る。このことは、潜在被ばく評価のための、事象とプロセスへの確率の割り当てに関連した方法論的な問題を提起する。」
- *Publication 76* (ICRP, 1997a, 62項)：「特に確率が低く影響が大きいときの潜在被ばくに対する防護の最適化は、現在もおおむね未解決である。」
- *Publication 77* (ICRP, 1997b, 27項d)：「長寿命放射性核種のリスク評価における潜在被ばくの役割は、未だに明確ではない。」

(50) 現在の状況においては、防護の最適化は社会的、経済的要因を考慮に入れた判断に頼る過程であり (ICRP, 1997b)、体系化された、本質的に定性的なやり方で実施されるべきである。そのゴールは、将来の線量を、必要とされる資源がその線量の減少と釣り合う範囲で減らすために合理的な処置がとられていることを確実にすることである。最適化の原則は、処分システムの開発過程の間に反復して適用されるべきであり、そして、特にサイト選定と埋設場の設計段階の両方を含むべきである。

(51) 考察しなければならない被ばくシナリオには、2つのおおまかなカテゴリー、すなわち自然過程と人間侵入がある。最適化は、たとえば地震特性、保持能力、キャニスタ設計を考察することにより自然過程による被ばくの確率および／または被ばくの大きさを減らすため、また、たとえば天然資源の存在、制度的管理措置、埋設場の深さの選択を考察することにより、偶然の人間侵入による被ばくの確率および／または被ばくの大きさを減らすために、合理的な措置を探究し適用すべきである。

(52) 評価された個人の線量とリスクは、最適化過程への入力情報である。被ばく状況の2つのカテゴリーすなわち自然過程と人間侵入に対する放射線防護規準の適用は異なる。第一のカテゴリーでは、線量またはリスクの推定値は、個人関連の被ばくの受容性を確立するために線量拘束値またはリスク拘束値と比較される。しかし、人間侵入の意味合いを考えると、委員会の拘束値を放射性廃棄物処分に適用することは適切でない (ICRP, 1997b)。その理由は、将来の人の行動の種類または確率を予測する科学的根拠は乏しいかもしくはないからであり、また、定義によって、侵入事象は防護の最適化の一部として設置されているバリアの一部またはすべてをバイパスするからである。

(53) 慣例的には、集団線量は防護の最適化への更なる入力であるが、長寿命放射性廃棄物の処分との関連では、その有用性は限られている (第3章参照)。しかし、潜在的に含まれる人々の数とそのときの個人線量の分布を考慮することは何らかの役に立ちうる。

(54) 以下の節に、ウランの採鉱と精錬からのものを含むすべての種類の長寿命放射性固体廃棄物の処分について、選択肢の放射線学的受容性を評価するためのガイダンスを提供する。

4.4.2. 自然過程を表すシナリオに適用される放射線学的規準

(55) “自然過程”という用語には、個人の被ばくに至る人間侵入以外のすべての過程が含まれる。重要な規準は個人の線源関連の拘束値である。委員会は通常の被ばく状況における適用について線量拘束値に対する高いほうの数値である1年間 0.3 mSv を勧告する。これは、年あたり 10^{-5} のオーダーのリスク拘束値に相当する。

(56) 拘束値が満足されるかどうか示すためのアプローチは、(i) 線量と確率を組み合わせることによるリスクの統合か、または、(ii) それぞれの被ばく状況について線量とそれに対応する生起確率を別個に表現するかのいずれかでありうる。はじめのケースについてはリスク拘束値を、また2番目のケースについては線量を受ける確率の考察によって補われた線量拘束値を使うことによって、同じ程度の防護を達成することができる。

(57) 統合アプローチにおいては、将来の個人に線量を与えるかもしれない関連した廃棄物処分システムにかかわるすべての確かな過程からの全リスクが、リスク拘束値と比較される。このアプローチは、概念的には満足なものであるが、考慮中の期間の範囲内におけるすべての関連した被ばく状況とそれらに付随する確率の包括的な評価を必要とする。

(58) 線量/確率分解アプローチでは、起こりそうかあるいは代表的な放出シナリオが同定され、これらのシナリオから計算された線量が線量拘束値と比較される。その他のあまり起こりそうにないシナリオの放射線学的重要性は、結果として生じる線量とそれらの発生確率を別々に考察して評価することができる。このアプローチは、そのようなシナリオが起こる確率の正確な定量化を要求せず、むしろそれらの確率の推定された大きさに見合った、それらの放射線学的影響の評価を要求することに注意すべきである。また、計算された線量またはリスクの継続時間と程度のような他の考察は、そのようなシナリオの重要性を評価する際に考慮されることもある。

(59) これらのアプローチのいずれによっても同程度の防護レベルを達成することができるが、線量を与える特別な状況の生起確率、および結果として生ずる線量について別々に考察するほうが、意思決定の目的のためにより多くの情報が得られることがある。

4.4.3. 人間侵入に適用される放射線学的規準

(60) 人間侵入による高い被ばくの可能性は、廃棄物を希釈するか分散させるのではなく、たがいに離れている処分施設の中に廃棄物を集中するという決定の避けられない結果である。人間侵入が廃棄物を地表まで運び、すぐ近くの集団にかなりの線量を直接与えることがありうる。また、ボーリングのような人間侵入に由来する放出物が生物圏を通して移動しうることがあり、侵入事象に間接的に関連するかまたはそれに伴う被ばくを結果として生じるかもしれない。

(61) 人間侵入に関連した被ばくの防護は、そのような事象の可能性を減らす努力によって最もよく達成される。社会に処分施設の存在について警告するといった合理的な措置を実行すべきである。これらの措置には、侵入をより難しくする深いところへの処分施設の設置、強固な設

計特徴の取入れ、あるいは能動的な制度的管理（立入りの制限または放出の可能性に対するモニタリングのような）および受動的な制度的管理（記録および目印のような）を使用することが含まれる。

(62) 人間侵入の発生を全く除外することはできないので、意思決定者は、一つまたはそれ以上の典型的なもっともらしい様式化された侵入シナリオの結果を、潜在的な侵入に対する埋設場の抵抗力を評価するために考察すべきである。原則として、人間侵入の重要性は、理想的には侵入の確率と付随する影響の両方を共に考えるリスクベースのアプローチを使って評価されるかもしれない。しかし、侵入リスクの大きさのいかなる予測も、必然的に将来の人の挙動についてなされる仮定に依存している。将来の人の行動の種類または確率を予測することには科学的な根拠が存在しないので、線量拘束値またはリスク拘束値と比較すべき定量的な性能評価の中に、そのような事象の確率を含めることは適切でない。

(63) 委員会は前に、放射性廃棄物管理における防護の最適化について、公衆構成員に対し年 0.3 mSv の線量拘束値を勧告した。侵入は、定義によって、処分施設に対する防護の最適化において考慮されたバリアをバイパスするであろうから、この拘束値は人間侵入の重要性の評価に適用できない。

(64) それにもかかわらず、防護にとって人間侵入の重要性の尺度は必要である。さらに、将来の社会が侵入によって被ばくすることを知らないかもしれないので、要求されるあらゆる防護措置を、処分システムの展開の間に考慮すべきである。侵入は、将来の個人に急性または長期にわたる線量をもたらすことがある。人間侵入がサイト周辺の住民に、現在の規準では介入がほとんどいつも正当化されるほど十分に高い線量をもたらす可能性があるような場合には、人間侵入の確率を減らすかあるいはその影響を制限するために、合理的な努力を払うべきであると、委員会は考える。この点において委員会は、おおよそ 10 mSv の現存年線量¹が、それ以下では介入は正当化できそうもない一般的な参考レベルとして使えるであろうと以前に示唆した。反対に、年あたり約 100 mSv の現存年線量は、それを超えるとほとんどいつも介入は正当化されると考えるべき一般的参考レベルとして使えるかもしれない。同様の考察は、関連する臓器の確定的影響のしきい線量を超える場合にも適用される。

4.5. 技術上および管理上の原則

(65) 委員会は、潜在被ばく状況についての技術上および管理上の原則（ICRP, 1993）を、処分システムの展開過程の間、放射線安全が閉鎖後の期間を通して維持されるであろうという信頼を強めるために適用すべきである、と勧告する。これらの原則は、評価で確認された残留する

¹ 委員会は、与えられた場所で個人が受ける、現に存在しかつ持続している年線量を意味するために、現存年線量という用語を用いる。埋設場から生じるかもしれない被ばくは、現存年線量の成分の一つである。

不確実性のレベルだけでなく、廃棄物の固有の危険レベルと調和したやり方で処分システムに適用されるべきである。

(66) これらの原則の中で重要なのは、処分システムが頑丈でかつ適切な安全余裕を持つという信頼を強める連続した受動的安全措施について備えをする、深層防護の概念である。深層防護は主として、処分システムの安全への潜在的な挑戦に対し、いろいろな防護ラインの組合せを提供する複数のバリアを使うことによって、廃棄物処分に適用される。

(67) 他の技術上および管理上の原則も、要求される安全レベルが達成されるであろうという信頼を強めることに貢献するであろう。

(a) 処分システムの展開活動は、安全性を改善するための研究と技術革新の必要性を考慮し、実行可能な範囲で試験と経験により証明された堅実な工学的原則と実践に基づくべきである。そのような改善は、可能な範囲で、承認された規則、基準またはその他の適切な文書の中に反映されるべきである。

(b) 品質保証の包括的なシステムは、計画され設計されたとおりに埋設場システムが造られることを確実にするべきである。

(c) その行動が放射線安全に影響を及ぼしうるような、処分システムの展開段階に関係するすべての職員は、それらの義務を実行するための訓練を行い、資格を持つべきである。人が誘発するエラーの可能性を考慮に入れるべきである。

(d) 放射線学的評価は、処分システムの展開を通して閉鎖に至るまで、システム中の潜在的な脆弱さと感受性を確認するために反復して実施されるべきである。これらの評価は、安全規準が満たされうかどうかを示すため、厳しく実施されるべきである。数値的結果がシステム性能を適切に表すかまたはその範囲を定めていることを確実にするため、評価方法における固有の制限、データにおける潜在的なギャップ、および現在あるデータの代わりの解釈について、考察がなされるべきである。また、ピアレビューのような概念、文書の透明性、公衆参加への開放、および複数の推論の筋道も、信頼の強化に対する重要な貢献者である。

(e) 展開過程を誘導するために評価結果を考慮に入れよう、フィードバック機構を確立すべきである。埋設場の展開に関係するすべての当事者間の緊密な協力は、安全の改善に対して不可欠である。

(68) 技術上の原則に加えて、埋設場の展開過程に関係するすべての個人と機関に対する非常に重要な管理上の原則は、彼らのすべての行動を支配する安全に対する一貫しかつ行き渡ったアプローチを確立し維持することである。この原則は“安全文化”といわれてきた。その言葉は原子力安全との関連で、「・・・安全問題が最優先して・・・その重要性にふさわしい注意を受けられるようにする、組織と個人の気風と態度の集合・・・〔それは〕原子力発電所の安全に係る何らかの活動に携わるすべての人の個人的献身と責任・・・をいう」と最初に定義された (IAEA, 1988)。満足の安全のレベルを達成し維持するための第一の責任は、埋設場の展開過程

を通して規制者により監督される開発者にまさにかかっている、ということ、これらの管理上の原則の範囲内で最終的に確立すべきである。公開の手続きも、いろいろな見解が考慮されることを確実にするのに貢献する。

4.6. 放射線防護原則の一貫性

4.6.1. 一般的考察

(69) 放射線防護原則の遵守の評価は、システム挙動のよい理解を含む複数の推論の筋道、およびサイトに関連した自然観察とナチュラルアナログからの情報を含む定性的な議論によって支持され補足された定量的な性能によって支持されている包括的な安全事例に基づくべきである。さらに、技術上および管理上の原則の堅持が、申請者の文書により明らかになっているべきである。分析の精密さは、廃棄物の危険と調和のとれたものとすべきである。しっかりした評価の結果が拘束値の委員会勧告値の範囲内に十分入っていることを示す場合には、更なる分析の必要性はないかもしれない。

(70) 長期的な放射線学的評価において、線量またはリスクは、あたかもそれらが委員会の枠組みで定義された線量またはリスクであるかのように、合理的な選択されたテスト条件で計算される。委員会の見解では、それらは、処分システムの提供する放射線学的安全のレベルを示す性能尺度あるいは“安全指標”と考えるべきである。追加の洞察を提供するためには、たとえば他の自然線源または人が誘発した線源により負わされたリスクを有する処分システムの残りの危険の可能性について、特に遠い将来に対する定性的な比較をすることが役に立つことがある。そのような比較は、処分システムの放射線学的受容性について正しい見通しをもって判断を行う助けになるかもしれない。

(71) 長い時間尺度にわたる廃棄物処分システムの性能を評価するための1つのアプローチは、1,000～10,000年のオーダーで線量またはリスクの定量的評価値を考察することである。このアプローチは、線量の計算が最も直接的に健康損害に関連する期間に焦点をあて、また、もっと長い時間枠にわたって、氷河作用や地殻構造上の移動のような大規模な地殻変動と関連したリスクが廃棄物処分システムに関連したリスクをあいまいにするかもしれないという可能性を認識させてくれる。もう一つのアプローチは、様式化アプローチの使用を増やし、計算結果を判断するさいに時間枠を考慮することにより、さらに将来に向けた定量的な計算を考慮することである。定性的な議論が、この判断に頼る過程に追加の情報を提供することができるかもしれない。

4.6.2. 段階的アプローチ

(72) 放射性廃棄物処分システムの展開過程には数10年を要することがあり、意思決定点としていくつかのはっきり決められた里程碑が含まれる。これらの連続した段階は、立地、システム設計、建設、操業、閉鎖と閉鎖後である。放射線防護原則が守られていることの証明は、埋設

場の操業に先立って必要である。實際上これは、過程が進捗するにつれて、埋設場の展開のいろいろな段階における漸進的な評価と審査とを含む段階的または反復的なアプローチを使用することにより最も良く達成される。

(73) 廃棄物処分システムのいかなる長期評価においても、不確実性は元々存在するものである。これらの不確実性は、そのいくつかは数量化できないが、次のように特徴づけられるであろう：

- a) 閉鎖後に、設計およびすぐ近くの環境により影響を受けるような埋設場システムの性能についての不完全な知識を反映する、データの不確実性。
- b) 将来の人の行動と将来の環境の状態を予測する我々の不完全な能力を反映する、将来の状態の不確実性。
- c) 処分システムの概念的記述、その概念の数学的記述、およびコンピューターモデルにおける数学的記述の実行に関する不確実性を反映する、モデルの不確実性。

(74) 処分システムの複雑さを考慮して、システムの展開の間、これらの不確実性の重要性を理解し、またサイト特性調査と実験を通じて不確実性を減らすかまたは制限するための努力を払うべきである。それに加えて、過去10年にわたって、これらの不確実性の重要性を理解し評価するために使われる方法に改善がなされてきた。不確実性を減らす最善の努力にもかかわらず、残留する不確実性が意思決定の時点で存在するであろう。これらの残された不確実性の重要性を評価するために専門家の判断を使うべきであり、またその知見を完全に文書化すべきである。

(75) 委員会は、不確実性分析が線量またはリスクの計算過程の不可欠な構成部分であるべきであり、また、可能なときはいつも、報告された結果は一点の値でなく可能な値の範囲を含むべきである、と信ずる。不確実性分析は評価の目的に対して適切なものであるべきである。

4.6.3. 放射線学的規準の遵守の証明

(76) 放射線学的規準が将来において満たされることの証明は、推定された線量/リスクと拘束値とのまともな比較ほど単純ではない。特に長期にわたる地質環境、生物圏および人工バリアの展開を理解する際には、本来の不確実性のため、処分システムが規準を満たすことの証明は絶対的なものではありえない。適切な評価は、科学的に堅実であり、システム挙動の合理的な概念的理解を含み、様式化アプローチと合理的に保守的な仮定を適切に用い、また一般に顧問専門家によるピアレビューを受けるべきである。またこれらの評価は、その結果の適当な表示（たとえば、数値の範囲または限界をつけた評価値として）によって、残りの不確実性にも対処すべきである。このように、処分システムの受容性についての決定は、遵守の絶対的な証明よりむしろ合理的な保証に基づくべきである。

(77) 拘束値が守られているかどうかを評価するには、判断が必要である。線量拘束値またはリスク拘束値は、遠い将来の期間になるほど参考値と考えるべきである。拘束値は判断の根拠

を提供する。数値が守られているだけで、提案されている安全性の容認を強要すべきではない。処分システムの全体的設計と建設が上記の技術上と管理上の原則に適合していることの評価とともに、裏付けとなるデータと解析の質の十分な証拠も要求されるべきである。同じ理由で、単に拘束値を上回ると推定されるだけの理由によって、拘束値の超過が必ずしも提案された安全事例の拒否を強制するわけではない。定量化されていない保守主義が性能推定に取り入れられやすいということを、性能推定値を評価するさいに認識すべきである；時間枠が増加するにつれて、線量拘束値またはリスク拘束値を超過する評価線量あるいは評価リスクに対し、いくらかの酌量の余地を残しておくべきである。このことは、将来世代の防護の減少、したがって防護の公平の原則の否定と誤解されてはならず、むしろ計算結果に結びついた不確実性の適切な考慮と理解しなければならない。しかし、いかなる超過も正当化されなければならない、またシステムの安全は他の証拠によって支持されなければならないし、あるいは、追加の措置が防護の改善をもたらすかどうかを決めるために、超過の理由を評価しなければならない。

(78) 防護の最適化と技術上および管理上の原則の適用にさいしては、判断が要求される。しかし、これは際限のない過程であるべきではない。もっと明確には、委員会の見解は、適切な拘束値が自然過程に対して満足されており、偶然の人間侵入の可能性を減らすために合理的な措置がとられており、また堅実な工学的、技術的および管理上の原則が守られているならば、放射線防護の要件は満たされていると考えることができる、ということである。

5. 要約と結論

(79) 定義によれば、廃棄物は便益を持たない。廃棄物は、それを生じた有益な行為のひとつの側面として見るべきである。さらに、放射性廃棄物管理は、社会の廃棄物の管理全般との関連の中に位置づけられるべきである。

(80) 長寿命放射性固体廃棄物処分システムの受容性を評価するさいの主要な問題は、線量またはリスクが遠い将来の被ばくから生ずるかもしれないということである。将来の状況についての知識の不足により、これらの線量またはリスクのいかなる推定値にもそれを取り巻く不確実性がある。それらの大きさは、それらと関連した確率を持つ将来の過程と状況に依存するので、そのような被ばくは潜在被ばくとして扱われる。

(81) それにもかかわらず、委員会は、将来における個人と集団は、現在の世代が今日の放射性廃棄物処分活動から受けるのと少なくとも同じレベルの防護を与えられるべきである、という基本原則を認める。これは、付随する健康損害を考慮することから導かれた現在の定量的な線量規準とリスク規準を使用することを意味する。したがって、将来の世代の防護は、これらの線量規準またはリスク規準を、適切に定められた決定グループにおいて推定された将来の線量またはリスクに適用することによって達成されるべきである。これらの推定値は、およそ数百年の時間を超える将来の健康損害の尺度とみなされるべきでない。このような長い期間の場合、それらは処分システムによって与えられた防護の指標を表しているのである。

(82) 拘束値を組み込んだ最適化は、廃棄物処分システムの放射線学的受容性を評価することへの中心的なアプローチである；線量限度またはリスク限度でなく線量拘束値またはリスク拘束値が使われる。制限から最適化へのこの移行によって、長寿命固体廃棄物の処分に放射線防護体系を実際に適用するという要求が満たされる：すなわち遠い将来に起こるかもしれない被ばくに対する受容性を今や決めることができる。最適化は、処分システムの展開過程の間に反復して適用されるべきであり、また特にサイト選定と埋設場設計の両方を含むべきである。

(83) 2つのおおまかな被ばく状況のカテゴリ、すなわち自然過程と人間侵入を考察しなければならない。後者は偶然の侵入のみを指す。埋設場へ故意に侵入したことの放射線学的意味合いは、侵入者の責任である。自然過程から生じる線量またはリスクの算定値は、年あたり0.3 mSvの線量拘束値またはそれに相当する年あたり約 10^{-5} のリスクと比較されるべきである。人間侵入に関しては、そのような事象に対する埋設場の抵抗力を評価するために、一つまたはそれ以上のありそうな様式化されたシナリオからの結果を考慮すべきである。

(84) 人間侵入がサイト周辺の住民に現在の規準で介入がほとんどいつも正当化されるほど十分高い線量をもたらす可能性があるような場合には、人間侵入の確率を減らすかその影響を制限するために、埋設場の展開段階で合理的な努力がなされるべきであると委員会は考える。この点において委員会は、年あたり約10 mSvの現存年線量を、それ以下では介入が正当化できそう

にない一般的な参考レベルとして使うことができるであろうと以前に示唆した。反対に、年あたり約 100 mSv の現存年線量は、それを超えるとほとんどいつでも介入は正当化されると考えるべき一般的な参考レベルとして使えるかもしれない。同様な考察は、関連する臓器の確定的影響のしきい値を超える状況にもあてはまる。

(85) 拘束値の遵守は、リスク拘束値による統合的リスク指向アプローチ、または線量拘束値による線量／確率分解アプローチ、あるいは両方の組合せを利用することによって評価することができる。これらのアプローチのいずれによっても、同程度の防護レベルを達成することができる；しかし、意思決定目的のためには、分解アプローチからより多くの情報が得られるかもしれない。

(86) 放射線学的規準の遵守の証明は、計算された線量またはリスクと拘束値とのまともな比較ほど単純ではなく、ある判断の幅を必要とする。拘束値からの超過が推定されても、必ずしも拒絶を強制すべきではなく、また数値が守られているだけで廃棄物処分システムの受け入れを強要すべきでもない。線量拘束値またはリスク拘束値は、将来の期間になるほど参考値と考えるべきであり、また、遵守を判断するさいには、追加の議論を当然認めるべきである。

(87) 処分システム展開過程の間に技術上および管理上の原則を適用することは、その処分システムによって提供される安全性への信頼を強めるであろう。これらの原則は、潜在被ばく状況における適用について委員会の練り上げた諸原則に基づくべきである。

(88) 委員会の見解では、自然過程についての拘束値を満たし、かつ偶然の人間侵入の確率または影響を減らすために合理的な措置がとられており、また技術上および管理上の原則が守られているならば、放射線防護要件は満たされていると考えることができる。

引用文献

- ICRP (1975) *Report of the Task Group on Reference Man*. ICRP Publication 23. Pergamon Press, Oxford, UK.
- ICRP (1985a) Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population. ICRP Publication 43, Annals of the ICRP 15 (1).
- ICRP (1985b) Radiation Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste. ICRP Publication 46, Annals of the ICRP 15 (4).
- ICRP (1989) Optimization and Decision-making in Radiological Protection. ICRP Publication 55, Annals of the ICRP 20 (1).
- ICRP (1991) 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Annals of the ICRP 21 (1-3).
- ICRP (1993) Protection from Potential Exposure: A Conceptual Framework. ICRP Publication 64, Annals of the ICRP 23 (1).
- ICRP (1997a) Protection from Potential Exposures: Application to Selected Radiation Sources. ICRP Publication 76, Annals of the ICRP 27 (2).
- ICRP (1997b) Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste. ICRP Publication 77, Annals of the ICRP 27 Supplement 1997.
- ICRP (1999) Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure. ICRP Publication 82, Annals of the ICRP 29 (1/2).
- IAEA (1972) *Definition and Recommendations for the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter (1986 Edition)*. Safety Series 78. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- IAEA (1988) *Basic Safety Principles for Nuclear power Plants*. Safety series 75 – INSAG-3. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- IAEA (1997) *Joint convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management*. INFCIRC/546, 24 Jan 1997. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- NEA (1985) *Review of the Continued Suitability of the Dumping Site for Radioactive Waste in the North-east Atlantic*. Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and development, Paris, France.

長寿命放射性固体廃棄物の処分に
適用する放射線防護勧告

定価（本体1,440円+税）

平成 12 年 12 月 20 日 初版第 1 刷発行
平成 15 年 9 月 29 日 初版第 2 刷発行

翻訳および発行 社団法人 日本アイソトープ協会

〒113-8941 東京都文京区本駒込二丁目28番45号
電話 (03)5395-8082
振替 東京00180-4-614865

発売所 丸善株式会社

印刷・製本 コンテンツワークス株式会社

ISBN4-89073-123-7 C3340