

## 地層処分を念頭においた ICRP Publication 81 の解説

小佐古敏荘\*1 杉浦紳之\*1 山本英明\*2 大越実\*2 石黒勝彦\*3 浜田達二\*4 藤原啓司\*5 岩井敏\*6  
伊藤敦夫\*7 竹内光男\*8 奥山茂\*8 佐々木文昭\*9 高須亜紀\*10 中居邦浩\*11

放射線防護に関する様々な勧告を行ってきている国際放射線防護委員会(ICRP)は、放射性廃棄物の処分についての放射線防護の考え方を Publication 46, 77, 81 において体系的に示している。特に Publ.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」は、放射性廃棄物処分における最近の国際的な進展に照らして、1985 年に出版された Publ.46 で示されている勧告を補完、改訂し、さらにより明確にすることを目的として出版されたものである。現在、我が国においては地層処分の概念や安全規制を具体化する議論が進められているところであるが、このような国際的な動向を適切に反映していくことが重要である。

本資料では、地層処分に対する放射線防護の考え方をより詳細かつ具体的に理解するため、Publ.81 に沿って、パラグラフ間の相互関係、ICRP におけるこれまでの検討経緯、他の ICRP 出版物との関係に留意しつつ、パラグラフごとに解説を加えた。

**Keywords:** 放射性廃棄物, 地層処分, 放射線防護, 国際放射線防護委員会, 勧告

The International Commission on Radiological Protection which has published various recommendations on the radiation protection describes the system of radiation protection on the disposal of radioactive waste in Publication 46, 77 and 81. Especially, Publication 81, Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste, was published in order to supplement, update and clarify the material in Publication 46 published in 1985 in consideration of the recent international progress in the disposal of radioactive waste. At present, the study is in progress to materialize the concept and the safety regulation of geologic disposal in Japan, and it is important to reflect appropriately these international publications.

This paper explains each paragraph in Publication 81 in order to understand the system of radiation protection on the geologic disposal fully and concretely, paying attention to the mutual relationship among each paragraph, the development of ICRP recommendations and the relationship to other publications.

**Keywords:** radioactive waste, geologic disposal, radiation protection, ICRP, recommendation

### はじめに

国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection, 以下、ICRP という) は、1958 年に出版された ICRP Publication 1[1] (以下 Publ.1 と省略する) 以降、放射線防護に関する様々な勧告を行ってきている。このうち、放射性廃棄物の処分についての放射線防護の考え方は、Publ.46 [2], Publ.77 [3]および Publ.81 [4]において体

系的に示されている。特に Publ.81 は、放射性廃棄物処分における最近の国際的な進展に照らして、1985 年に出版された Publ.46 で示されている勧告を補完、改訂し、さらにより明確に考え方を伝えることを目的として出版されたものである。現在、我が国においては地層処分の概念や安全規制を具体化する議論が進められているところであるが、このような国際的な動向を適切に反映していくことが重要である。

ICRP が示している放射線防護の主たる目的は、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である (Publ.60 [5] (15)項)。地層処分は、評価対象となる期間が長期にわたるため、その放射線による影響の程度を実測によって検証することができない。そこで性能評価というある種の予測によってその影響を判断することになるが、将来の地質環境や人間の生活習慣など生物圏の条件に関する不確実性などにより、このような予測の結果にも不確実性が伴う。地層処分による放射線の影響に関する議論は、これらの特徴に配慮されたものとなっている。このように、ICRP の示している地層処分に関する放射線防護原則の理解や適用にあたっては、従来の放射線防護体系の進展のプロセスと、地層処分という従来のシステムとは異なるシステムの特徴を考慮することが重要である。

本資料では、地層処分に対する放射線防護の考え方をより詳細かつ具体的に理解するため、Publ.81 に沿って、パラグラフ間の相互関係、ICRP におけるこれまでの検討経緯、他の ICRP 出版物との関係に留意しつつ、パラグラフごとに解説を加えた。

Explanation of ICRP Publication 81 in Consideration of Geologic Disposal by Toshio Kosako, Nobuyuki Sugiura, Hideaki Yamamoto, Minoru Ohkoshi, Katsuhiko Ishiguro, Tatsuji Hamada, Hiroshi Fujihara, Satoshi Iwai, Atsuo Ito, Mitsuo Takeuchi, Shigeru Okuyama, Fumiaki Sasaki, Aki Takasu, Kunihiro Nakai(nakai.kunihiro@jgc.co.jp)

- \*1 東京大学原子力研究総合センター Research Center for Nuclear Science and Technology, The University of Tokyo  
〒113-0032 東京都文京区弥生 2-11-16
- \*2 日本原子力研究所東海研究所 Tokai Research Establishment, Japan Atomic Energy Research Institute  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4
- \*3 核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute  
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-49
- \*4 (社)日本アイソトープ協会 Japan Radioisotope Association  
〒113-8941 東京都文京区本駒込 2-28-45
- \*5 東京電力(株) Tokyo Electric Power Company  
〒100-0011 東京都千代田区内幸町 1-1-3
- \*6 (株)三菱総合研究所 Mitsubishi Research Institute  
〒100-8141 東京都千代田区大手町 2-3-6
- \*7 日本原燃(株) Japan Nuclear Fuel Limited  
〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駈字沖付 4-108
- \*8 原子力発電環境整備機構 Nuclear Waste Management Organization of Japan  
〒108-0014 東京都港区芝 4-1-23
- \*9 経済産業省原子力安全・保安院 Ministry of Economy, Trade and Industry  
〒100-8986 千代田区霞が関 1-3-1 (投稿時は\*8に所属)
- \*10 (財)原子力安全研究協会 Nuclear Safety Research Association  
〒105-0004 東京都港区新橋 5-18-7
- \*11 日揮(株) JGC Corporation  
〒220-6001 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-3-1

## ICRP Publication 81 の解説

放射性廃棄物処分に関する ICRP の勧告の経緯と基本的な概念に関する解説は小佐古[6,7], 杉浦[6]によって行われている。放射線防護の経緯と廃棄物処分に関する勧告の経緯については, 小佐古, 杉浦[6]が「放射性廃棄物の処分に対する放射線防護の方策 - ICRP Publication 77 を中心として - 」で以下のように解説している。

「放射線防護の体系は 1958 年の ICRP Publication 1 (以下 Publ.1 と省略する) 以降, 勧告という形で, ICRP 出版物 (Publication) として公表されている。防護の考え方を展開した主 勧 告 は Publ.1(1958), Publ.6(1964), Publ.9(1966), Publ.26(1977), Publ.60(1990) となされてきた。本格的な防護体系は広島・長崎の原子爆弾被爆生存者の疫学データが本格的に反映できるようになった 1977 年の Publ.26 に形作られた。さらに広島・長崎の原爆線量の再評価, リスクモデルの進展等を織り込んだ主勧告が 1990 年になされ, この ICRP Publ.60 が現在の放射線防護の基礎を形作っている。

これらを受けて, 放射性廃棄物処分に関する ICRP の勧告が作られてきたわけであるが, 歴史的には 1985 年に「放射性固体廃棄物処分に関する放射線防護の諸原則」が Publ.46 の形で公表され, さらに 1998 年に放射性廃棄物全般にわたる方策として, 「放射性廃棄物処分に対する放射線防護の方策」が Publ.77 として公表された。翌年, Publ.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」が Publ.46 を補完するものとして出版された。ICRP は放射性廃棄物処分に関連してはこの三部作で完結した勧告としており, 当面これら以上の勧告を作ることは意図されていない。

これらの勧告の階層構造は以下のようになっている。つまり, まず, Publ.77 が放射性廃棄物処分全般にわたる放射線防護策を述べている。放射性廃棄物に対する規制免除値 (現在, 国際原子力機関(IAEA)等ではこれをクリアランスレベルと呼んでいる) 等を含む固体廃棄物全般にわたる原則として Publ.46 が勧告されている。この勧告はリスク限度の考え方を放射性廃棄物処分分野に持ち込んだものとして注目された。さらに, 長寿命の放射性固体廃棄物処分に適用する放射線防護の勧告として, Publ.81 が用意された。」

また, 小佐古[7]による解説「長寿命放射性固体廃棄物の処分に適用する放射線防護原則と公衆の防護 - ICRP Publication 81 および Publication 82 を中心として - 」では, Publ.81[3]の解説を行うとともに, 「Publ.81 等の長期放射線被ばく状況における公衆の防護をどのように考えるかは難しい問題であり, これに対して指針を与えているのが ICRP Publication 82 である。」として, Publ.82[8]の概要を解説している。

本資料においては, これらの解説を踏まえ, Publ.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」の各項目について, 地層処분을念頭において解説する。

なお, Publ.81 ((社)日本アイソトープ協会翻訳) およびその他の ICRP 出版物の引用部分については, ゴシック体で示した。

## 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(注 Publ.60), 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な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つかのリスクは受け入れられると考えている。

(解説)

ICRP Publ.60 [5] (100)項では, 「放射線防護の第一の目的は, 放射線被ばくの原因となる有益な行為を不当に制限することなく, 人を防護するための適切な標準を与えることであるから, 放射線防護の基本的な枠組みには, 必然的に, 科学的な判断だけでなく社会的な判断も含めなければならない。そのうえ, 少ない放射線量でもなんらかの健康に対する悪影響を起こすことがあると仮定しなければならない。確定的影響にはしきい値が存在するので, 個人に対する線量を制限することによってこれを避けることが可能である。しかし他方, 確率的影響はしきい値を求めえないので, これを完全に避けることはできない。委員会の基本的な枠組みは, 線量を確定的影響のそれぞれに対するしきい値よりも低く保つことによってその発生を防止し, また確率的影響の誘発を減らすためにあらゆる合理的な手段を確実にとることを目指すものである。」としており, この基本的な考え方がそのまま継続されている。「リスクがあらゆる合理的な手段によって制限されている限り」とは, ICRP の放射線防護体系の適用を意味する。

(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對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に, 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で終わる操業のすべての流れを意味する。

(解説)

Publ.77[3]では, 廃棄物処分に對する委員会の方策として, 「6.1. 放射線防護の枠組み」で, 行為の正当化, 防護の最適化, 拘束値および線量限度, 潜在被ばく, および介入を,

「6.2. 防護の枠組みの廃棄物処分への適用」で、一般的問題、集団線量の使用、潜在被ばくの実用的意味合い、残渣の再評価、将来世代の防護を示している。

(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(注、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るという決定の避けられない結果である。

(解説)

図1において、「希釈と分散」の例として、廃棄物が大気中または水中に早期または即時に環境に放出される過程、並びに「濃縮と保持」という過程を経て、地下に処分された廃棄物が環境に遅延放出(即時に放出されるのではなく、長い時間をかけて徐々に放出されること)される過程が示されている。この処分には低中レベル廃棄物の浅地中処分、高レベル廃棄物の地層処分などが含まれる。

「破壊的事象からの高い被ばくの可能性は、…避けられない結果である。」という記述は、人間侵入を自然過程とは別に扱う理由の一つである(48)項、(51)項参照)。また、破壊的な自然事象については、将来数万年にわたって地層の著しい変動が生じるおそれがあるような地域をサイト選定の段階で除外すべきであると考えられる。

(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している。

(解説)

この報告書の勧告は、浅地中埋設と深地層処分を含み、操業段階を含むそれ以前の段階にある新規の処分施設に

適用されることが示されており、過去の行為の結果生じた残渣や環境中に存在する残渣に対する介入を主体とした放射線防護は、Publ.82で扱われている。廃棄物を処理処分する行為は、廃棄物を発生する原子力発電も含めて正当化されるべきである。

(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。

(解説)

施設からの排気、排水などの「希釈・分散」戦略に対しては、ICRPの防護体系がそもそもこれらを対象に構築されたものであるため、ICRPの防護体系がそのまま適用できる。

(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し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。

(解説)

長寿命放射性固体廃棄物処分では、潜在被ばくが考慮される。この際、時間とともに増大する不確実性、廃棄物処分システムについての知識の喪失による防護の確認ができないこと、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などの問題があるが、本書全体を通じて、将来世代の防護、決定グループ、潜在被ばく、防護の最適化、技術上および管理上の原則、および放射線防護原則の一貫性を展開することによって、ICRPの防護体系が長寿命放射性固体廃棄物処分に適用できることを示している。

(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。

(解説)

この報告書は、Publ.46, Publ.77 に続いて、放射性固体廃棄物処分の勧告を更新したという位置づけが示されている。「委員会の防護体系の・・・の中にある」とは、ICRP の放射線防護体系が広範な状況を考慮して構築されていることを意味している。

(8) (省略)

## 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。

(解説)

「いろいろな物質の・・・副産物」とは、鉱石からチタンなどの金属を取り出した後の残渣などを意味する。

(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應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。

(解説)

「処分の諸条件が他の事業に影響する」とは、廃棄物の処理方法や容器封入のやり方が処分条件に応じて変わることとを想定している。「適切な・・・割り当てることができる」とは、廃棄物の特性に応じて、すでに開発されている管理上のアプローチのいずれかを一般的に適用しうることを意味する。

(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る。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。

(解説)

管理に影響する廃棄物の 3 つの主要な特性として、放射性核種の半減期、放射性核種含有量および体積を挙げている。放射性核種の半減期は制度的管理や閉じ込めの期間など、放射性核種含有量は確保すべき人工バリアあるいは天然バリアの性能など、体積は廃棄物管理方法や処分方法などに関係する。

(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。

(解説)

分離や変換処理に関しては、技術的にどこまで放射能が低減するか、変換に関して必要なコストと軽減される処分コストが明確になっていないなど、実行可能性に関してまだ課題が残されているとしている。また、分離変換を行うとしても、そのための施設が必要になり、職業被ばくが発生するし、また残留する廃棄物を処分する必要性がなくなるわけではないことを示している。「放射能レベルは短期的には増加する」とは、長半減期核種を短半減期核種に変換した場合のことである。

(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。

(解説)

我が国では、ガラス固化体発生後、処分場に定置するまで、30 年から 50 年の期間、冷却のために貯蔵することとしている。

(14) (省略)

### 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。

(解説)

ここでいう「人の近づける環境」とは、地表あるいは地表近傍の地下水や土壌などのことである。

(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 (注[9]))。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ことができると証明しているにもかかわらず(NEA, 1985 (注[10])), 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。

(解説)

一般ごみ処分とは、我が国の場合には、産業廃棄物としての埋立処分を意味する。

「廃棄物が地表面に近いときは、…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。」とは、我

が国の管理型処分の考え方と一致している。ここでいう長期間とは、数百年程度および場合によってはそれよりも長い期間を意味する。

深地層処分は、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方法と位置づけている。

宇宙処分や海洋投棄については、現状では処分の選択肢にはならない。

海洋底下処分に関しては、1996年の議定書[11]では、「海洋とは、内水以外の全ての海洋とともに、海底及び海底土を意味する：陸からのみアクセスされる海底下処分場は含まない」と定義され、スウェーデンのSFR(発電所廃棄物最終処分場)のような処分施設や沿岸部、島部から海域下に高レベル放射性廃棄物処分場を建設することは、海洋投棄にならないと考えられる。

(17) (省略)

(18) (省略)

### 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す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、それに付随する収着、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ろう。

(解説)

この報告書では、「過程」とは特徴、事象および過程、いわゆる FEPs (Features, Events and Processes)を意味している。人の被ばくについてのいろいろな可能性のうちの自然過程として、地下水シナリオの他に、もっと起こりそうにないものとして、地震事象と氷河作用を例示している。我が国においては、場所によって数十年周期で生じる大地震もあるが、その大きな原因となる活断層は、サイト選定の段階で避けること、また地震が生じた場合の「ゆれ」については処分場の耐震設計で対処できると考えられる。なお、地震については地層処分が行われる地下深部は、地上に比べて「ゆれ」の影響が小さいことなどが知られている。

(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。

(解説)

人間侵入のうち、故意の侵入者については、本来侵入者の責任として排除し、偶然の人間侵入だけを対象としている。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は人間侵入という点で共通であるが、後者の場合には、発生確率が比較的高いものとして考慮する必要がある。深い埋設場での偶然のボーリングと同じ土俵では議論できない。「他の集団に対しても影響をもつ」とは、侵入に伴う人工バリア破壊、経路短絡などの地下水移行シナリオへの影響、あるいは掘削されたボーリングコアが散逸した場合の一般公衆への影響などを意味する。

(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。

(解説)

放射線学的影響を評価する方法については、国際原子力機関 (IAEA) においても放射性廃棄物安全基準 (RADWASS) 策定作業の一環として、より詳細に検討が行われており、IAEA 安全基準シリーズ[12,13]、IAEA 安全シリーズ[14]の改訂版 (DS154(2002)検討中)などの基準や指針文書がまとめられている。また、後述の様式化シナリオなどを基に、自然起源の破壊的事象、人間侵入についても評価すべきことを述べている。

### 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。

(解説)

Publ.60 (106)項では、「人間活動のあるものは、線源、経路および個人のまったく新しい組を導入することによるか、あるいは、既存の線源から人に至る経路のネットワークを変えて個人の被ばくまたは被ばくする個人の数を増加させることによって、総放射線被ばくを増加させる。委員会はこれらの人間活動を“行為”と呼ぶ。他の人間活動は、現在あるネットワークのかたちに影響を与えて総被ばくを減らすことができる。これらの活動によって、現在ある線源を撤去したり、経路を変えたり、被ばくする個人の数を減らしうる。委員会はこれらすべての活動を“介入”と記す。」として行為と介入を定義している。

(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(注 Publ.60), 112 項):

- 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)。
- 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、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)。
- 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)。

(解説)

Publ.60 (112)項がそのまま引用されている。「これらは、通常状況では…を目的とする」とは、容認できないような放射線リスクを受けることは、通常はないようにすると

いうことである。

(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、いくつ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。

(解説)

Publ.60 (111)項では、「行為においても介入においても、多くの場合、被ばくが起り、その大きさが、ある程度の不確実性はあっても予測できることは實際上確実であろう。しかしながら、被ばくが起る可能性はあるが、起るということは確実ではないことがある。委員会はこのような被ばくを“潜在被ばく”と呼ぶ。潜在被ばくの確率と大きさとの両方に対して、ある程度の管理を行うことが可能な場合が多い。」としている。

また、Publ.60 (195)項では、「潜在被ばくは、行為に適用される防護体系の一部としてまず対処すべきであるが、被ばくが実際に起きた場合には、介入に至る可能性があることを認識すべきである。」として、介入との関連が示唆されている。

「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」とは、処分場が閉鎖された後、地表の生物圏に放射性核種が移行してくるのには極めて長い期間を要すること、およびそれまでの間に人間侵入や自然起源の破壊的な事象が起こる可能性はあるが、必ずしも起こるとは限らないということを意味している。

(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)。

(解説)

Publ.64[15]の(84)項では、「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うる。これは、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。生物圏の経路は、人口分布および社会・経済的条件と同じく時間とともに変化するもので、予測の困難な例となっている。評価技術は現在なお開発中であり、動力炉に関する PSA と同じ程度には熟していない。潜在被ばくの推定値は、おのおののシナリオと各シナリオ内の重要な事象シーケンスに対する推定確率に大きく依存する。廃棄物容器の早期の機能喪失あるいは貯蔵場の地質的構造の放出遅延特性の喪失は、このようなシナリオの例である。品質保証、予防と軽減、深層防護等の、潜在被ばくからのリスク低減の他の側面は、他の行為に適用可能である

と同様、廃棄物処分にも適用できる。大きな違いは、機能喪失が線量をもたらすまでの期間であるが、関連する時間尺度がとくに長いため、評価に複雑さが加わる。」としている。

Publ.60 (129)項では、潜在被ばくについて、「線量限度は、潜在被ばくには直接使わない。理想的には、線量限度は、ある線量を受ける確率と、万一この線量を受けたときこれに伴う損害の両方を考慮した、リスク限度で補完されるべきである。」としており、この(25)項では確率と被ばく線量(損害)の推定に関する問題すなわち困難性を指摘している。

(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、線量と損害の関数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)

(解説)

等価線量とは、組織・臓器にわたって平均し、線質について放射線荷重係数  $w_R$  で荷重した吸収線量である。組織 T の等価線量は次式で与えられる。

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T-R}$$

ここで  $D_{T-R}$  は、組織・臓器 T について平均された、放射線 R に起因する吸収線量である。等価線量の単位は  $J/kg = Sv$  である。実効線量は、身体すべての組織・臓器の荷重された等価線量の和である。それは次式で与えられる。

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

$H_T$  は組織・臓器 T の等価線量、 $w_T$  は組織・臓器 T の荷重係数である。

Publ.77 (50)項で、「集団線量は、委員会の防護体系を廃棄物処分に適用する際に、限定的ではあるが重要な役割を果たす。大きな集団への非常に小さな線量からなる集団線量を用いること、および非常に長い期間にわたって生じる線量からなる集団線量を用いることには、困難な問題がある。」として、集団線量の問題を指摘している。

Publ.77(58)項の「批判的に吟味されるべき」とは、文脈から見て、“十分な精度を有しない”といった程度の意味と理解すべきであろう。

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とは、それぞれ、前者が発生確率を含めた不確実性の増大、後者が、致死が

んなどの治療方法の確立などの状況の変化の可能性を示したものである。

集団線量の概念は、被ばくグループの時間的及び空間的輪郭が（たとえば原子力発電所のある特定年度における作業員の集団ように）はっきりしている場合には有用であるが、そうでない場合（たとえば廃棄物処分施設周辺の公衆）には、どの範囲の公衆とするか、また何年先まで線量を評価すべきかがはっきりしないので、現実問題として使えない。

Clarke[16]は集団線量の使用をやめ、作業員に対してのみ別の名称で集団線量の概念を存続させることを提案している。「個人の安全が保たれていれば、社会の安全は自ずから保たれているはず」という考え方がその根底にある。

(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。

（解説）

決定グループは、ICRP Publ.7[17]にはじめて現れている。公衆は個人被ばく管理を受けていないので、線量限度と比較するための被ばく線量を推定するには、ある線源から最も高い線量を受けそうな小グループの平均線量を用いることにする。これによって極端な生活習慣を持つ個人は除かれ、モニタリングを合理的に行うことができる。

Publ.60 (186)項では、「ある単一の線源による被ばくに関して均質なグループを構成する個人を 1 クラスにまとめて分類すると、しばしば便利である。そのようなグループがその線源から最も高い被ばくを受けるグループの中の典型的なものであるならば、それは決定グループとして知られているグループである。線量拘束値は、防護を最適化しようとしている線源からの決定グループ内の平均線量に適用されるべきである。」として決定グループを定義している。

Publ.81 の中でも、(38)、(43)及び(44)項で、決定グループに関する記述がある。

決定グループに関して、Publ.43 [18] (67)項では、「決定グループの選定において重要な点の一つは、その大きさである。線量当量限度はかなり合理的に均質なグループ中の平均線量当量に適用することを意図していると、委員会は明確に述べている(第3章参照)。極端な場合、例えば、詳細に特徴づけることができないような将来の状況を取り扱うさいは、一人の仮想的な個人として決定グループを定義することが便利なのかもしれない。しかし通常は、決定グループは一人の個人のみで構成されることも、また均質性が失われるほど大きいこともないであろう。(中略)ある時点における習慣の調査結果は、

基礎となった分布の一指標とみなすべきであり、平均として採用された値は、極端な習慣を持つ個人が一人か二人見つかったとしても、それによって不当に影響されるべきではない。」として、極端な個人を排除している。

Publ.43 (68)項では、「決定グループに対する線量当量を計算する場合、食物消費率あるいは居住パラメータなどの因子について適切な平均値を選ぶことが重要である。しかし、代謝パラメータは、極端な値でなく通常の集団における年齢別グループ(胎児、幼児、小児あるいは成人)についての代表的な値を選ぶべきである。」として平均値、代表値の使用を求めている。Publ.43 (69)項では、「均質性の条件を満足するためには、最大値と最小値の比が一桁を超えるべきでないと示唆」している。

モニタリングが実際に行われる状況では、環境調査によって決定グループを決めることができる(たとえば特別の食品を多量に摂取する一部の住民)。しかしながら、原子炉施設では、例えば放射性ヨウ素の放出に対して、小児あるいは幼児を決定グループとして採用することも行われている。環境の実態が十分把握できない状況では、このようにせざるを得ない。

なお、小佐古他 [19] が、決定グループの考え方、適用の具体例および放射性廃棄物管理への適用について示しているので参照されたい。

(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、あるいは種の間に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(注 Publ.60), 16 項)。

（解説）

放射線からの環境の保護については、現在、ICRP のタスクグループで検討されており、報告書ドラフトが公開されている。2002 年 12 月までの国際的なコメント募集と、経済協力開発機構原子力機関(OECD/NEA)および国際放射線防護学会(IRPA)での検討も並行して行われ、2003 年 4 月に最終ドラフトが主委員会に上梓される予定である。

(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  $10^{-5} \text{ y}^{-1}$  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 1mSv 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。

（解説）

Publ.46 では、通常の放出過程に対して線量限度の適用を勧告し、“確率的”状況に対してリスク限度を適用することを勧告している。Publ.46 で勧告された公衆構成員の線量限度 ( $1\text{mSv y}^{-1}$ ) とリスク限度 ( $10^{-5} \text{ y}^{-1}$ ) は、当時のリスク係数 (約  $0.01 \text{ Sv}^{-1}$ ) を用いれば、同じオーダーのリスクレベルである。

現在、用いられているリスク係数は  $0.05 \text{ Sv}^{-1}$  程度であり、Publ.81 で勧告している線量拘束値の  $0.3 \text{ mSv y}^{-1}$  と  $10^{-5} \text{ y}^{-1}$  がほぼ同じオーダーとなっている。

Publ.46 (82)～(90)項において、規制免除の規則が示されており、この中で、「 $0.01\text{mSv}$  より低い年個人線量当量で全部が構成されている  $1\text{man Sv}$  のオーダーよりも低い集団線量預託は、線源を規制免除できる一つの基礎となるであろうということである。」としている。我が国の管理型の浅地中処分については、管理を終了するめやすとして、この線量が適用されている。

Publ.46 に示されている「 $0.01\text{mSv}$  のオーダー」の規制免除レベルは、それより少し前に開催された IAEA の上級専門家会議の結論と一致する。同会議の検討対象は一般消費財と放射性廃棄物の両方であり、その内容は IAEA 安全シリーズ No.89[20]に掲載されている。

(30)（省略）

### 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(注 Publ.77), 34 項)。

（解説）

廃棄物の管理と処分の事業は、これ自体は利益を生むも

のではないため、行為の正当化に関して、廃棄物を発生する行為の正当化の評価に含めるべきとしている。

廃棄物を処理処分する行為は、廃棄物を発生する原子力発電も含めて正当化されるべきであり、再評価が必要になることもあることを示唆している。また、行為が終了した後の状況では、行為の正当化を検討するのではなく、放射線防護のために介入を考慮すべきであるとしている。

### 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(注 Publ.77), 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、『自分はこれら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らどうか』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(注 Publ.55), 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材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…」。

（解説）

防護の最適化は、定性的な性格を有し、判断によるところが大きいことが示されている。

(33) 慣例的には、集団線量とは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。

（解説）

最適化に対して定量的な基礎の一つを与える集団線量は、長期の推定が困難で、現状では最適化の指標として用いることが困難であることが示されている。90 年勧告 (Publ.60)の 1 つ前の 77 年勧告 (Publ.26) [21]や Publ.37 [22]では、放射線防護の最適化のための微分費用便益分析の因子の 1 つとして集団線量が用いられていた。

(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(注 Publ.77), 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0.3mSvを超えない値を勧告する。

(解説)

Publ.60 (121)項では、線量拘束値を以下のように定義している。「防護の最適化に用いられる方法の大多数は、社会および全被ばく集団に対する便益と損害を重視する傾向にある。便益と損害の2つは社会の中で同じ分布をしそうにないので、防護の最適化は、ある人と他の人との間に大きな不公平を生ずるかもしれない。この不公平は、最適化の過程の中に個人線量についての線源関連の限定を導入することにより、制限することができる。委員会は、これら線源関連の限定を線量拘束値と呼ぶ。」

「拘束値は将来に対して前向きに使われ、」とは、Publ.77 (41)項の「拘束値は過去に対して後ろ向きに使用される線量限度の一つの形ではない。線量限度とは対照的に、ある拘束値を超えたことを過去にさかのぼって見つけても、それは委員会勧告の遵守の失敗を意味するものではなく、また規制上の要件の違反と見なされるべきではない。むしろ、それによって防護の最適化の再評価を求めるべきである。」ということである。

Publ.77 (48)項では、「複数の線源による被ばくを見込んでおくため、単一の線源についての防護の最適化に用いられる拘束値の最大値は、年あたり1mSv以下とすべきである。年あたり約0.3mSvを超えない値が適切であろう。」として、ICRPでは、 $0.3\text{mSv y}^{-1}$ を初めて勧告した。

線量拘束値という用語は90年勧告(Publ.60)に初めて現れるが、その前身の(線量)上限値(dose upper bound、天井値と訳されたこともある)は古くPubl.39[23]「自然放射線源による公衆の被ばくの制限の原則」にある。そこでは、確実には予測できない将来の被ばく状況に関連して、線量限度が十分守られるように、線量限度の下に上限値を設けることが記述されている。

その後、Publ.42[24]「ICRPが使用しているおもな概念と量の用語解説」において、任意の個人がたとえ複数個の線源から被ばくしたとしても、被ばく線量が線量限度より低く保たれることを確実にするための、その線源の最適化に関する拘束条件として、線源上限値が述べられている。つまり、最適化の結果得られたある個人の被ばく線量がかなり大きい場合、不公平をなくすために、その選択肢を採用せず、もっと低い線量レベルに拘束するための、一種の計画目標値と考えることができる。

Publ.60では、線量拘束値の適用について、いろいろな例が挙げられている。たとえば、X線診断部門での作業、原子力発電所の日常運転又は点検及び保守といった職業又は作業の種類毎(144項)、また、医療被ばくについては放射線診断における被験者の線量の最適化(これはガイダンスレベルという名前でIAEA基本安全基準(BSS)[25]に掲載された)。これらは設計目標値あるいは管理目標値の意味合いが強い。

このように、拘束値はいろいろな場面で形を変えて現れているが、現在では最適化の一つの重要な要素という考え方がもっぱらであるように思われる。なお、「拘束値を組み込んだ最適化」の原文は“constrained optimisation”である。直訳したのでは意味が通じないおそれがあるので、このように訳されている。なにか特別な意味があるように見えるが、拘束値が決められている以上は最適化の結果がそれによって縛られるのは当然である。反対に、最適化の結果が拘束値を下回っていれば(多くの場合そうであろうが)、拘束値の出番はない。また、微分費用便益分析を用いて最適化を定量的に行うことは一般には容易でなく、常識的な判断に基づくことが多いことから、拘束値は設計規準値と考えてもよいかもしれない。

(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づくが、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。

(解説)

Publ.77 (7)項を引用して、最適化の関連で用いられる“過大な費用を伴わない、利用できる最良の技術”は、最適化には不十分であるが、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は使用できるかもしれないと述べている。「損害の定量的評価方法が現在利用できない自然環境」とは、自然環境に対する損害、例えば、動植物への影響などを金銭に換算することは現状ではむずかしいという意味である。

### 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(注Publ.77), 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。

(解説)

「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」とは、医療被ばくや自然放射線などを除くという意味である。線量限度は、複数の線源による被ばくを考慮に入れるために、また、拘束値の選択を制限するために、勧告し続けられている。

「本質的な困難」とは、他の事業者によって行われる処分から生じる線量の情報がなく、その線量を制御することもできないので、ある与えられた廃棄物の放出の制限に対して線量限度を適用することは定義上できないことを意味する。

### 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(注 Publ.77), 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。

(解説)

Publ.77 (45)項では、「事故および破壊的な事象の発生」の他に「例えば 100 年に 1 回程度以下の頻度で起こるような極端な条件」も示している。Publ.77 (25)項では、「潜在被ばくの状況において集団リスクの単純な表現を見いだすことが困難であることはしばしば指摘されている。」「もし低確率の事象が大きな結果を伴うならば、その結末はゼロか非常に大きいであろうし、一方、期待値は小さいであろう。」などの記述がある。

### 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(注 Publ.77), 69 項)。

(解説)

将来世代の防護に関して Publ.77 (67)項では、「現在下される決定により将来の世代に起こりうる害の重要性を判断するという、倫理的な問題もまた存在する。委員会ができるのは、将来リスクの解析を提示する選択肢のうちのいくつかの意味合いを示し、一般的な示唆をいくらか付け加えることだけである。」とも述べている。

結論としては、個人線量または個人リスクによって、将

来世代も同じ土俵で議論できるということを意味している。制限的損害 (limiting detriment) とは、制限因子になるような損害を意味する。

### 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(注 Publ.77))。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。

(解説)

「この状況にこれらの原則を適用することの難しさ」とは、Publ.77 (27)項「5.6.委員会の方策への影響」で以下のように示している。

- (a) 基本概念の幾つかについて解釈に相違点がある。行為の正当化は、ICRP の文書中では定義され、かつ限定された意味をもっているが、他ではもっと広い意味に使われている。防護の最適化は、ある行為の範囲内にある一つの線源に関するものであり、行為の選択に関するものではない。さらにそれは、集団線量と費用 - 便益分析およびその他の定量的な手順にあまりにも密接に関連付けられるようになっている。委員会は「拘束値」という用語を、最適化の将来に対する部分を意味するように限定して使用しているが、それはいつも受け入れられているとは限らない。線量限度を定義された行為による線量に限定して使用することは、介入を用いることの決定に線量限度が不適切なのと同様に、広く誤解されている。(注：線量限度を特定の行為に限定して使用することや、介入を決定するような状況に適用することは適切ではないとしている。)
- (b) 現在のところ、多くの状況において、決定グループは二つ以上の線源に被ばくするかもしれないと仮定されている。
- (c) 空間と時間について無制限であるという集団線量の使用における誤解は、時に諸資材の不適正な使用につながる。遠距離と長期間においては、部分的にはモデル化技術が不確実なために、個人線量および集団線量の推定値は信頼できなくなる。
- (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。
- (e) 処分された廃棄物に関して、行為と介入との間の境界が常にきちんと定められるとは限らない。

線量拘束値に対する高いほうの値というのは、Publ.77 (48)項の「年あたり約 0.3mSv を超えない値が適切であろう」、あるいは Publ.81 (34)項の「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 0.3mSv

を超えない値を勧告する」を受けている。

#### 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。

（解説）

「完全な永久隔離は達成できそうもなく」とは、(3)項の「ゼロ放出を目標とすることは適当ではない」と合致する。「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」というのは、地層処分の評価において、ガラス固化体からの漏出が生じるかもしれない時期に相当し、線量のピークを意味したものではない。将来における個人と集団についても、現在の世代と同様の防護を行うべきという基本原則が述べられている。「さらに、」以下の部分は、再取出しやモニタリングのために、坑道を残すなどの措置をとることがあるが、これが安全性に影響を与えるものであってはならないことを述べている。

(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(注 Publ.77))。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。

（解説）

将来の世代の防護を最適化するために、拘束値が用いられる。これは、健康損害を予測するためではなく、防護の最適化を判断するためである。適切な規準(4.4節)とは、例えば、自然過程に対する通常の被ばく状況における1年間0.3mSvの線量拘束値あるいは、年あたり約 $10^{-5}$ のオーダーのリスク拘束値を意味する。

(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な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ると感じている。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。

（解説）

将来の世代は、処分場に関する知識を持たないこと、及び、その知識に基づく能動的な処置が採られないことを前提にしなければならない。将来とられる能動的措置とは、掘削の禁止や立ち入り制限などを意味する。一方、「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、」として、浅地中処分での制度的管理の有効性を認めている。

「ウラン鉱滓の…」については、長期間の制度的管理を示唆しており、NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials, 自然起源の放射性物質)などを念頭においた記述となっている。

#### 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。

（解説）

(27)項の解説参照

(44) 考察する時間尺度が長いため、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(注 Publ.23)))と矛盾がなく、以前の委員会勧告(ICRP,

1985a(注 Publ.46), 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。

#### (解説)

“標準人”とは、ICRP Publ.23 [26]に示されているヒトの特性で、西ヨーロッパまたは北アメリカに居住する白人の成人をもとに、身長(170cm)、体重(70kg)、代謝データ、臓器重量などが決められており、内部被ばくの評価に用いられている。Publ.46 (46)項では以下のように決定グループを述べている。「決定グループは、集団の中で最も高い線量当量を受けることが予想される人々を代表するものであるべきであり、受ける線量に影響する地域特性、習慣および代謝特性に関して比較的均質であるべきである。それは現在居る人々から成ることもあるし、一般集団よりも高いレベルの被曝をする将来の人々のグループから成ることもあろう。実際のグループを定めることができない場合は、地域と時間のために最大線量を受けるであろう仮定的グループあるいは代表的個人が考えられるべきである。このグループの習慣と特徴は慎重な、しかし合理的な仮定を用いた現在の知識に基づくものであるべきである。たとえば、決定グループは処分場に近い区域に住み、近くの地下水の帯水層から用いる水を得ている人々のグループであるかもしれない。全集団が実際に受ける線量の分布は決定グループに最大値があるので、この方法は、いかなる個人線量も受け入れることができないほど高くはならないことを保証することを意図している。」

(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が、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。

#### (解説)

時間が長期間になればなるほど、人の行動や生物圏に関するサイトや地域依存性が不確実になるため、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の重要性が増すことを示している。例えば、現在は特定の食品を摂取していないが、これを含めるとか、あるいは、特定の食品を過剰に摂取しているが、一般的にはほとんど摂取

されないなどの知見に基づき、様式化することを意味する。

(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(注 Publ.46), 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。

#### (解説)

Publ.43 (69)項では、「一般には、均質性の条件を満足するためには、最大値と最小値の比が一桁を超えるべきでないと示唆する。したがって、多くの分布について、平均値は予想される最大値の1/2ないし1/3であろう。決定グループの均質性に必要とされる程度は、関連した線源上限値に対する割合として表されたグループの平均線量当量の大きさに依存する。その割合が約 1/10 より小さい場合には、個人線量当量の分布が実質的にファクター10 の全範囲内にあるならば、つまり平均の両側でファクター約 3 以内にあれば、決定グループは均質と考えるべきである。割合が 1/10 より大きい場合には、分布の全範囲はより小さくあるべきで、ファクター3 を超えないことが望ましい。」としている。

埋設場からの放出による影響が人の寿命より長期にわたり比較的一定である可能性が高いので、年齢や集団の分布を考慮するより、平均化された線量またはリスクとして成人の年線量または年リスクを計算することが合理的としている。

#### 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(注 Publ.64)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(注 Publ.77))は、必要ないかもしれない。

#### (解説)

ICRP Publ.64 の廃棄物処分に関する記述は、(25)項の解説に示した。Publ.46 では、「(43)この章は、個人の線量限度

についての節は“通常”のシナリオに適用し、またリスク限度についての節は 3.3 節に記述されているような確率事象を含むすべてのシナリオに適用するように分けてある」として、“通常”と“確率的状況”に分けて展開している。

このやり方は、潜在被ばくという概念が初めて現れた Publ.60 において明確化され、(111)項で「行為においても介入においても、多くの場合、被ばくが起こり、その大きさが、ある程度の不確実さはあっても予測できることは實際上確実であろう。しかしながら、被ばくが起こる可能性はあるが、起こるということは確実ではないことがある。委員会はこのような被ばくを“潜在被ばく”と呼ぶ。潜在被ばくの確率と大きさの両方に対して、ある程度の管理を行うことが可能な場合が多い。」と述べられている。またリスクの評価については(197)項に、「個人の潜在被ばくを扱う最も簡単な方法は、防護体系で用いる量として、実効線量ではなく、放射線の寄与によるがん死亡の、総合された(先験的)個人確率を考えることである。この目的のために、この確率を、線量を受ける確率と万一その線量を受けたとした場合の寄与死亡の条件付生涯確率との積と定義する。」と述べている。

Publ.60 の後に刊行された Publ.64 では、とくに被ばくの可能性が非常に長期にわたる場合のリスク評価の困難さを認め、潜在被ばくについてはリスク限度を定めず、規制上もっと緩やかなリスク拘束値の使用を考慮すべきことが勧告され(90)項)、また Publ.77 では潜在被ばくについて、「廃棄物管理を決定する過程で、潜在被ばくの大きさと確率とを考慮すべきである」という、さらに後退した表現を用いている。

#### 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1(注：原文では図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。

(解説)

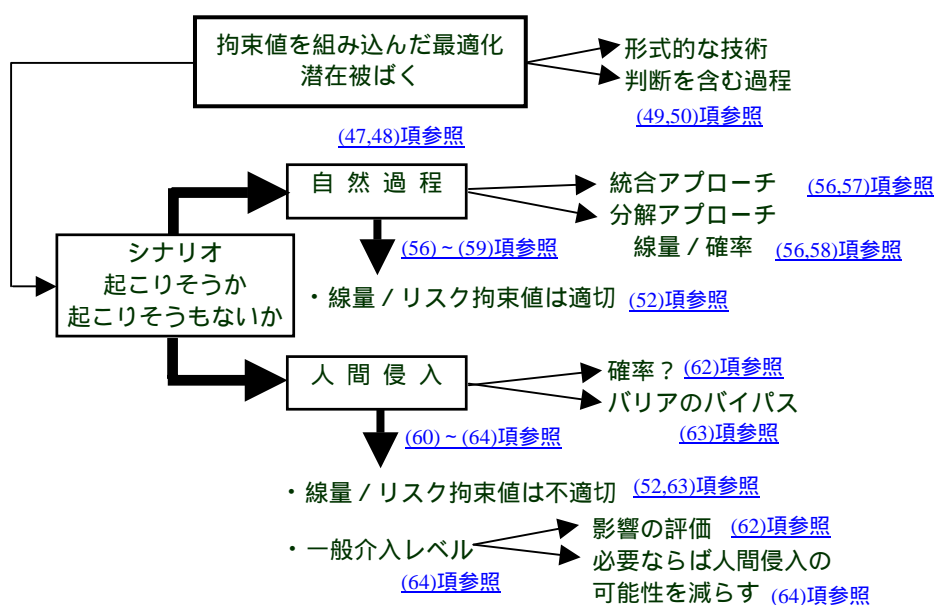
この図 (Fig 1) は、潜在被ばくが関連する廃棄物処分の放射線防護において、拘束値を組み込んだ最適化が主要なアプローチであり、それを出発点として、シナリオの起こる可能性を吟味して自然過程と人間侵入を検討し、それぞれのシナリオに適用すべき最適化の方法を示している。図の各項目に対する参照箇所を項番号で示した。

(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。」

(解説)

ここでは、潜在被ばくに適用するための最適化技術が開発段階であることを Publ.64, 76[27], 77 の記述を引用して示している。



( 図 1 方法論的選択枝 (ICRP Publ.81[4]), 注：原文では図 2 )

Fig. 1 Methodological options

(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。

(解説)

防護の最適化は、体系化されている必要があるが、判断を伴う定性的なものであることを示している。開発段階では、常に最適化を考慮しなければならない。

(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。

(解説)

自然過程と人間侵入の2つの大きなシナリオに対して、確率と被ばくの大きさの両側面から放射線被ばくを低減する措置を追求すべきとしている。具体的には、適切な人工バリアを設計すること、有用な天然資源のない場所を選定すること、有効と考えられる制度的管理を行うことなどである。

(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(注 Publ.77))。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れないからであり、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。

(解説)

(48)項の「拘束値を組み込んだ最適化は、廃棄物処分選択肢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。」が適用されるのは、自然過程によるものである。人間侵入については、「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れない」と、「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」という2つの理由で、拘束値の適用は適切でないとしている。Publ.77では、人間侵入に対して直接言及していないが、(25)項で、「重大な結果を伴う起こりそうにない事象に対しては、最適化に関連したリスク拘束値および個人リスクに対して制定されたリスク規準は、その事象の発生を引き起こす行為の受容性に関するもっと定性的な判断によって補足されなければならないであろう。もし、その事象が非常に顕著ならば、受容性は、定量的な確率の推定値およびその事象が起こった場合に生じる個人線量または集団線量の定量的推定値により大きく影響されないかもしれない。環境のモデル化による限り、長期間にわたる潜在被ばくの評価は非常に不確実である。」として、起こりそうにない事象に対しては、拘束値がそのまま適用できないことが示されている。

(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。

(解説)

集団線量については、Publ.77でより詳細に言及されている。Publ.77(50)~(59)項参照。ここでは、主に小さい個人線量の加算と長期間にわたる加算の問題が指摘されている。

放射性廃棄物管理に関する集団線量については、小佐古他[28]が詳しく解説している。

(54) (省略)

#### 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0.3mSv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。

(解説)

線量拘束値に対する高いほうの値というのは、Publ.77(48)項の「年あたり約0.3mSvを超えない値が適切であろう。」、あるいはPubl.81(34)項の「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0.3mSvを超えない値を勧告する。」を受けている。リスク係数を $0.05 \text{ Sv}^{-1}$ とすると、0.3 mSvは $1.5 \times 10^{-5}$ の健康リスクに相当する。

(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。

(解説)

線量と確率を組み合わせたリスクによる方法(統合アプローチ)と線量と確率を別個に表現した線量/確率分解アプローチが示されている。統合アプローチでは、被ばくの確率と、被ばくの結果生じる健康リスク(たとえば、致死がんの確率)の積である「統合されたリスク」をリスク拘束値と比べる。一方、線量/確率分解アプローチでは、ある線量を受ける確率と線量とを統合せずに、確率の大小によって適切な線量拘束値を定め、それと線量とを比較する。後者のやり方を「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」という言い方で表現しており、統合アプローチに比べて判断の余地がある。

(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。

(解説)

統合アプローチは方法論としては優れているが、確率があいまいな状況では適用が難しいとしている。統合アプローチは線量と確率の積で定義されるリスクで評価する手法であり、分解アプローチは、確率を考慮しつつ、代表的なシナリオを選定し、その線量を評価する手法である。

(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响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。

(解説)

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については、線量拘束値と比較する。あまり起こりそうにないシナリオについては、確率を正確

に評価しなくても線量の推定とおよその確率で判断が可能としている。Publ.81 は確率が高い場合と非常に小さい場合の両端を示しており、中間部分については明確には示していない。

なお、Publ.76 (83)項では  $10^{-7}$  以下の年間確率の事象は結果として生じた線量が大きいとしても容認されるとしている。また、Publ.64 によれば、年間確率  $p$  の事象が期間  $T$  年の間に生じる確率  $P$  は、 $P=1-\exp(-p \cdot T)$  としており、 $0.001 \text{ y}^{-1}$  の事象が 1000 年間に生じる確率は 0.63 となる。

(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。

(解説)

統合アプローチと線量/確率分解アプローチはどちらも同程度の防護を達成できるが、線量/確率分解アプローチの方が、線量と確率が別々に考察されるので、リスクに統合するよりも情報が多いということである。

#### 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。

(解説)

地層処分のような「濃縮/保持」戦略を採用した処分方法では、人間侵入による高い被ばくの可能性は避けられないとしている。

(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。社会に処分施設が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。

(解説)

人間侵入による被ばくの可能性を低減する方法として、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、能動的な制度的管理、受動的な制度的管理が示されている。

(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。

(解説)

人間侵入は、発生の可能性を否定できないので、シナリオを様式化して、抵抗力を評価するために考察すべきとしている。人間侵入に対しては、リスクベースのアプローチが考えられるが、確率の予測が困難であるので、定量的な性能評価に確率を含めることは適切でないとしている。(56)項の自然過程に対する「線量を受ける確率の考察によって補われた線量拘束値」を用いる方法も、人間侵入に対しては確率が予測できないので適切でないということになる。

(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 0.3mSv 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。

(解説)

Publ.77 (48)項では「廃棄物処分からの公衆被ばくの管理は、拘束値を組み込んだ防護の最適化を用いることにより行われるべきである。複数の線源による被ばくを見込んでおくため、単一の線源についての防護の最適化に用いられる拘束値の最大値は、年あたり 1mSv 以下とすべきである。年あたり約 0.3mSv を超えない値が適切であろう。」と述べているが、人間侵入は、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という理由で、線量拘束値は人間侵入の重要性の評価に適用できないとしている。

(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 10mSv の現存年線量が、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 100mSv 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線量を超える場合にも適用される。

(解説)

「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、…合理的な努力を払うべきである」とは、100mSv を下回る場合には、人間侵入に対する合理的な努力は必要としないと解釈するのは、行き過ぎであり、10mSv を超える場合には、状況に応じて合理的な努力が必要と解釈すべきであろう。合理的な努力とは、(61)項に示されたとおり、主として発生の可能性の低減である。

#### 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(注 Publ.64))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。

(解説)

Publ.64 (48)項では、「技術面および管理面の原則：放射線安全プログラムの履行は、上で議論された基本原則に加え、多くの実際的な技術面および管理面での原則に基づくべきである。これらの原則は、リスクに応じた放射線源の安全な立地、設計、建設、運転、使用廃止および最終処分に一般的に適用でき、とくに原子力安全の分野では、多くの状況において議論され、適用されてきた。」としている。

技術的な原則とは、「多重化された安全対策の層(すなわち、構造、構成要素、システム、手順、またはこれらの組合せ)があるべきであるということである(“深層防護”)」。(Publ.64, 49 項)及び「放射線源の設計、建設および運転、品質保証の包括的システム、ヒューマンエラー、安全評価」(Publ.64, 51 項)をいう。

管理上の原則とは、「放射線源の建設、運転および最終処分に関連した活動のすべてを支配する、安全への一貫かつ広く行きたったアプローチを確立することである。この原則は“セーフティカルチャー”と呼ばれ、」(Publ.64, 52 項)に示された原則をいう。

(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な安全措置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。

(解説)

廃棄物処分における深層防護は、主として多重バリアによって達成されるとしている。

機器を中心とした原子炉での深層防護と人工バリアおよび天然バリアを中心としたものは意味合いが多少異なり、放射性廃棄物処分施設への深層防護の適用についてはいくつかの解釈がある[29～31]。

(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。

(解説)

この部分は Publ.64 (51)項を再整理したものとなっている。

(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た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関係する何らかの活動に構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)。満足な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。

(解説)

この部分は Publ.64 (52)項を再整理したものとなっている。

#### 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。

(解説)

申請者の文書とは、事業許可申請書や保安規定などをいう。「包括的な安全事例」の原文は、comprehensive safety case である。これについては、IAEA の 2001 年 6 月の専門家会議でも、「様々な分野の人々に対し、納得が得られるよう、単に性能評価の計算結果を基準と比較するのではなく、ナチュラルアナログによる傍証など様々な観点から論じ、安全性に対する信頼性を構築することが重要である」と整理されている。「分析の精密さは、廃棄物の危険と調和のとれたもの」とは、危険度が高い場合には、精密な分析を行うべきということである。「更なる分析の必要性はない」とは、適切な放射線学的評価の結果が、線量拘束値を十分に下回る場合には、放射線防護原則が遵守されているといえることができるということである。

(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。

(解説)

長期的な放射線学的評価で計算される線量またはリスクと、委員会の枠組みで定義された線量またはリスクは必ずしも同一ではないが、安全指標とすることができるとしている。

委員会の枠組みで定義された線量またはリスクとは、ICRP がその防護体系を展開するために導入した固有の尺度であり、枠組みとは一体不可分のものである。これらは、事象のシーケンス、被ばく経路、集団、あるいは発生確率が正確に定義されたものを指すと推察され、長期的な放射線学的評価において計算される線量またはリスクは、種々の仮定や条件のもとで計算されることを意味している。このような線量やリスクは、一つの指標であり、自然放射線や他のリスクなどの比較も含めて総合的に判断すべきものであることを意味している。

(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一つのアプローチは、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。

(解説)

「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」、「線量の計算が最も直接的に健康損害に関連する期間」という記述は、地層処分では多くの場合、線量のピークが出現するのは、1万年以降と予想されている [32] ことと隔たりがあるが、より近い将来の重要性を示している。「氷河作用や…あいまいにするかもしれない」とは、廃棄物処分システムに起因するリスクが、大規模な地殻変動と関連したリスクの不確実性に包含されてしまうことを意味する。「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」とは、様式化アプローチにより、全ての事象の展開まで考慮しないものの、定量的計算の時間を長期に拡張することと解釈できる。

#### 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。実際上これは、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。

(解説)

「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」とは、処分場の立地から閉鎖に至るまでの期間のことである。「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」は、事業許可申請や保安規定認可が対応する。ここでは、いくつかの里程碑(または段階)で、評価と審査の段階的、反復的な繰り返しが必要としている。例えば、現在の低レベル放射性廃棄物処分では、施設確認、廃棄確認、保安規定の変更、事業の廃止届など、反復的に安全性の判断が行われることになっている。

(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よう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。

(解説)

ここでは、不確実性に関して3つの側面(システム理解、将来の予測およびモデル化)を示している。

(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。

(解説)

不確実性に対する方策として、減らすかまたは制限するための努力、評価方法の改善、重要性評価のための専門家の判断、および知見の文書化を提示している。

(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。

(解説)

「一点の値でなく可能な値の範囲を含むべき」とは、決定論的な評価結果とともに、確率論的な評価結果や信頼限界などの幅や可能性を含む結果を合わせて提示すべきであるということである。

#### 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。

(解説)

規準を満たすことの絶対的な証明はできないので、科学的に堅実、システム挙動の合理的な概念的理解、様式化アプローチと合理的に保守的な仮定、専門家によるピアレビューといった合理的な保証に基づくべきとしている。

(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。

(解説)

「単に拘束値を…安全事例の拒否を強制するわけではない。」とは、超過の理由が評価され、正当化される場合には、受け入れられるとしている。「数値が守られているだけで、…強要すべきではない。」とは、この他に、「4.5. 技術上および管理上の原則」が守られる必要があることを示している。「防護の公平の原則」とは、(40)項の「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」という基本原則を意味する。「定量化されていない保守主義」とは、不確実性の大きいパラメータについて、保守的な値が用いられ易いことをいう。「いくらかの酌量の余地」とは、時間枠が増加することによって、評価の不確実性が増加し、定量化されていない保守主義も増加する可能性が高いことを意味している。

(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。

(解説)

以下を満足すれば、放射線防護の要件は満たされているとしている。

- 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

#### 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。

## (解説)

廃棄物処分における行為の正当化を示したものである。  
(31)項参照。放射性廃棄物管理も一般の廃棄物管理全般の一つとして位置づける必要があることを示している。

(80) (省略) (37)項, (47)項参照

(81) (省略) (40) ~ (42)項参照 現在の定量的な線量規準とリスク規準を将来世代に適用することで, 同じレベルの防護が与えられるが, 長期の場合には, 推定された線量やリスクは, 健康損害の尺度ではなく, 防護の指標とすべきとしている。

(82) (省略) (48) ~ (64)項参照 拘束値を用いることにより, 潜在被ばくの受容性を判断できるとしている。また, 最適化は反復して適用されるべきとしている。

(83) (省略) (55) ~ (64)項参照 自然過程と人間侵入については, 別の考察が必要としている。

(84) (省略) (64)項と同じ文章が再掲されている。

(85) (省略) (56) ~ (59)項参照

(86) (省略) (77)項参照

(87) (省略) (65) ~ (68)項参照 「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」とは, Publ.64 (42) ~ (48)項において, 行為の正当化, 防護の最適化, 個人のリスク制限, 技術面および管理面の原則に示された原則をいう。

(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。

## (解説)

(78)項の再掲であり, Publ.81 の結論である。

## . あとがき

本資料においては, 放射性廃棄物処分の放射線防護に関して, 最新で最も詳しい ICRP 勧告である Publication 81 の各パラグラフに対して解説を加えた。この勧告は今後の我が国地層処分の概念や安全規制の基礎となるべきものと考えられ, その点で本資料が役立つことを望むものである。

## 参考文献

- [1] ICRP: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 1 (1959)
- [2] ICRP : Radiation protection principles for the disposal of solid radioactive waste, ICRP Publication 46 (1986), 訳書; 日本アイソトープ協会: 放射性固体廃棄物処分に関する放射線防護の諸原則 (1987)
- [3] ICRP : Radiological protection policy for the disposal of radioactive waste, ICRP Publication 77 (1998), 訳書; 日本アイソトープ協会: 放射性廃棄物の処分に対する放射線防護の方策 (1998)
- [4] ICRP : Radiation protection recommendations as applied to disposal of long-live solid radioactive waste, ICRP Publication 81 (1998), 訳書; 日本アイソトープ協会: 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 (2001)
- [5] ICRP : 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60 (1991), 訳書; 日本アイソトープ協会: 国際放射線防護委員会の 1990 年勧告 (1991)
- [6] 小佐古敏荘, 杉浦紳之: 放射性廃棄物の処分に対する放射線防護の方策 -ICRP Publication 77 を中心として -, 保健物理, 25, 467-471 (2000)
- [7] 小佐古敏荘: 長寿命放射性固体廃棄物の処分に適用する放射線防護原則と公衆の防護 -ICRP Publication 81 および Publication 82 を中心として -, 保健物理, 36, 61-65 (2001)。
- [8] ICRP : Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure, ICRP Publication 82 (1999), 訳書; 日本アイソトープ協会: 長期放射線被ばく状況における公衆の防護 自然線源および長寿命放射性残渣による制御しうる放射線被ばくへの委員会の放射線防護体系の適用 (2002)
- [9] IAEA : Definition and Recommendation for the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter (1986 Edition), IAEA Safety Series No.78 (1986)
- [10] NEA : Review of the Continued Suitability of the Dumping Site for Radioactive Waste in the Northeast Atlantic, Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and development (1985)
- [11] International Maritime Organization : 1996 Protocol to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and other Matter, 1972 and Resolutions Adopted by the Special Meeting (1996)
- [12] IAEA : Near Surface Disposal of Radioactive Waste - Safety Requirements, IAEA Safety Standards Series No. WS-R-1 (1999)
- [13] IAEA : Safety Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive Waste - Safety Guides, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-1.1 (1999)
- [14] IAEA : Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Wastes, IAEA Safety Series No. 99 (1989)
- [15] ICRP : Protection from the potential exposure: A Conceptual Framework, ICRP Publication 64 (1993), 訳書; 日本アイソトープ協会: 潜在被ばくの防護: 概念的枠組み (1994)
- [16] R. Clarke : Control of low-level radiation exposure: time for a change? , J. Radiol. Prot., 19, 107-115 (1999)

- [17] ICRP : Principles of Environmental Monitoring Related to the Handling of Radioactive Materials, ICRP Publication 7 (1966) 究開発第2次取りまとめ - 総論レポート, JNC TN1400 99-020, p.V-133 (1999)
- [18] ICRP : Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population, ICRP Publication 43 (1984), 訳書; 日本アイソトープ協会: 公衆の放射線防護のためのモニタリングの諸原則 (1986)
- [19] 小佐古敏荘, 杉浦紳之, 山本英明, 服部隆利, 金子正人, 宮部健次郎, 佐藤秀治, 浜田達二: 決定グループの考え方 放射性廃棄物管理の観点から, 日本原子力学会和文論文誌, **1**, 449-461 (2002)
- [20] IAEA : Principles for the Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control, IAEA Safety Series No.89 (1988)
- [21] ICRP : Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection, ICRP Publication 37 (1983), 訳書; 日本アイソトープ協会: 放射線防護の最適化における費用 - 便益分析 (1985)
- [22] ICRP : Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26 (1977), 訳書; 日本アイソトープ協会, 仁科記念財団: 国際放射線防護委員会勧告(1977年1月17日採択) (1977)
- [23] ICRP : Principles for Limiting Exposure of the Public to Natural Sources of Radiation, ICRP Publication 39 (1984)
- [24] ICRP : A Compilation of the Major Concepts and Quantities in Use by the ICRP, ICRP Publication 42 (1984), 訳書; 日本アイソトープ協会: ICRP が使用しているおもな概念と量の用語解説 (1985)
- [25] IAEA : International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, IAEA Safety Series No.115 (1996)
- [26] ICRP : Report of the Task Group on Reference Man, ICRP Publication 23 (1975)
- [27] ICRP : Protection from potential exposures : Application to selected radiation sources, ICRP Publication 76 (1997), 訳書; 日本アイソトープ協会: 潜在被ばくの防護: 選ばれた放射線源への適用 (1998)
- [28] 小佐古敏荘, 杉浦紳之, 山本英明, 金子正人, 堀川義彦, 岩井敏, 山内豊明, 浜田達二: 集団線量の考え方 - 放射性廃棄物管理に関連して -, *Radioisotopes*, **48**, 600-610 (1999)
- [29] 佐藤一男: 原子力安全の論理, 日刊工業新聞社 (1984)
- [30] U.S. Department of Energy, Office of Civilian Radioactive Waste Management : Yucca Mountain Science and Engineering Report, Technical Information Supporting Site Recommendation Consideration, DOE/RW-0539 (2001)
- [31] OECD/NEA : Regulatory Reviews of Assessment of Deep Geologic Repository - Lessons Learnt (2000)
- [32] 核燃料サイクル開発機構: 我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研