

# ICRP

*Publication 77*

## 放射性廃棄物の処分 に対する放射線防護 の方策

# 放射性廃棄物の処分 に対する放射線防護 の方策

1997年5月に主委員会によって採択されたもの

社団法人日本アイソトープ協会





Japanese Translation Series of ICRP Publications  
*Publication 77*

This translation was undertaken by the following colleagues.

Translated by

Toshisou KOSAKO \*, Takeshi IIMOTO, Nobuyuki SUGIURA,  
Minoru OHKOSHI, Masafumi YAMAMOTO

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1997年5月に採択され、Publication 77として刊行された課題グループの報告書

Radiological protection policy for the disposal of 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（以上，東京大学原子力研究総合センター），

大越 実（日本原子力研究所），山本正史（財原子力環境整備センター）

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につき調整を行った。

翻訳に用いた主な訳語とその原語を示す：

effluent（放流物），storage（保管），retention（保持），

acceptability（受容性），residue（残渣）

なお、本書の内容をふまえて、1985年に刊行された

Publication 46, Radiation Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste  
の改訂が専門委員会4において進行中であり、いずれ刊行される予定である。

平成10年11月

ICRP 勧告翻訳検討委員会

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 正実 (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 (放射線医学総合研究所)
- 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 ((財)放射線影響研究所)
- 山本 克宗 (日本原子力研究所)

# 目 次

	頁	( 項 )
序文 .....	iv	
1. 緒 言 .....	1	( 1 )
2. 用 語 .....	2	( 3 )
3. 公衆被ばくに関する委員会の方策 .....	4	( 4 )
4. 廃棄物処分に関する諸方策 .....	5	( 7 )
5. 現在の方策を適用するさいの困難 .....	7	( 14 )
5.1. 行為の正当化と防護の最適化 .....	7	( 15 )
5.2. 線量限度 .....	7	( 18 )
5.3. 時間と線量の範囲の拡大 .....	8	( 20 )
5.4. 潜在被ばくの包含 .....	8	( 24 )
5.5. 行為と介入 .....	9	( 26 )
5.6. 委員会の方策への影響 .....	9	( 27 )
6. 廃棄物処分に関する委員会の方策 .....	11	( 28 )
6.1. 放射線防護の枠組み .....	11	( 30 )
6.1.1. 行為の正当化 .....	12	( 33 )
6.1.2. 防護の最適化, 拘束値および線量限度 .....	12	( 36 )
6.1.3. 潜在被ばく .....	14	( 45 )
6.1.4. 介入 .....	15	( 46 )
6.2. 防護の枠組みの廃棄物処分への適用 .....	15	( 48 )
6.2.1. 一般的問題 .....	15	( 48 )
6.2.2. 集団線量の使用 .....	16	( 50 )
6.2.3. 潜在被ばくの実用的意味合い .....	18	( 60 )
6.2.4. 残渣の再評価 .....	18	( 64 )
6.2.5. 将来世代の防護 .....	19	( 67 )
引用文献 .....	20	

## 序 文

1996年11月に国際放射線防護委員会は、「放射性廃棄物の処分に対する放射線防護の方策」に関する報告書を作成するため、課題グループを設けた。課題グループの構成員は以下の通りであった：

B. C. Winkler (委員長)

D. Beninson

H. J. Dunster

C. B. Meinhold



## 1. 緒 言

(1) 処分場での保持または環境への放出、ときにはその二つの組み合わせによる放射性廃棄物の処分は、人によって使用されまたは作り出された放射性物質からの放射線による公衆構成員の被ばく要因の一つである。公衆の防護の基礎となる方策は委員会の1990年勧告 *Publication 60* (ICRP, 1991) の中に含まれている。この方策は、すべての放射線源にわたって一般的な言い方で述べられている。この報告書は、放射性廃棄物の処分に関連する委員会の防護方策の明確化と適用をもっと具体的に取り扱う。

(2) あらゆる潜在的に有毒な廃棄物の場合と同様、これは取り扱いに慎重を要し、また誤解の多い論題である。この報告書は委員会の方策の基礎を示し、また委員会の方策以外の、有毒廃棄物の処分に対する方策を議論する。この報告書は委員会の現在の方策を再確認し、その上で放射性廃棄物の処分に対するその方策の実際的適用を明らかにすることを目的とする。議論される問題点には、行為の正当化、防護の最適化、遠距離かつ長期間にわたって評価された集団線量の使用、潜在被ばくの意味合い、および行為と介入の区別が含まれている。

## 2. 用 語

(3) 最初の一步は、廃棄物処分に関して委員会が使用する主要な用語を明確にすることである。これらの用語の多くは *Publication 60* (ICRP, 1991) で使用され、定義されたものである。この章では廃棄物管理に特有ないくつかの追加の用語が定義されており、その意味は委員会固有のものである。他の機関では少し異なった意味に用いていることがある。ここに挙げられた用語は、簡単に定義できる概念に関連したものである。廃棄物管理の方策を定める際に用いられる手順は多く、それらの手順の中のいくつかには、引用を容易にするための簡単な呼び名が与えられてきた。典型的な例としては“合理的に達成できる（あるいは、実行できる）限り低く”があり、いくつかの団体はそれを ALARA と略している。しばしば BAT と略される“利用できる最良の技術 (best available technology)” および“予防の原則”もその例である。これらの用語は複雑な方策決定の基礎を要約する際に役に立つが、それらは必ずしも一貫して用いられるわけではなく、また簡単な定義で表すことはできない。それらは第4章と第6章で議論されている。

- (a) 委員会によって廃棄物管理上さらにもっと一般的に使用されている諸量には、放射能、実効線量、等価線量、集団線量、および損害がある。それらにはさらなる注釈はほとんど不要である。放射能は、ある特定された時間内に放出されまたは沈着した放射能を規定するためにしばしば用いられる。これは放射能率すなわち単位時間あたりの放射能としてではなく、ある単位の時間内における放射能として表すべきである。実効線量および預託実効線量のような線量計測量は *Publication 60* (ICRP, 1991) で与えられた通常の意味で用いられている。ある与えられた時間内に蓄積された実効線量が用いられているときには、それはその期間における外部線源からの実効線量と、その期間における摂取による預託実効線量との合計を意味する。委員会はもはや集団線量預託という量を使用しない。これは単に集団線量であり、余分量は不必要である。「1年間の排出によって預託された集団線量」という言いまわしで、すべてのあいまいさを避けるのに十分である。
- (b) 廃棄物とは、捨てられるであろうすべての物質、またはすでに捨てられたすべての物質で、それ以上全く利用しないものである。したがって廃棄物には工程の残渣のような固体のほかに、放流物も含まれる。どちらとも決めかねる事例もある。たとえば、鉱山からの尾鉱はふつう廃棄物として扱われるが、それらの中には残留鉱石の一部を回収するため処理されるものもあり得る。処理するという決定が下される

まで、その物質は廃棄物のままである。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で廃棄物を捨てることである。処分には放流物の排出も含まれる。固体廃棄物に関しては、長期間の保管と処分との違いは、回収の意図があるかないかにある。

- (c) 廃棄物処分の戦略は二つの簡単な呼び名で示される二つのグループ、すなわち希釈と分散および濃縮と保持に分けることができる。どちらの戦略もよく用いられる。
- (d) 放射性廃棄物は特定することがきわめて難しい。すべてのものは放射性であり、廃棄物のうち放射性として扱うべき部分の特定は、関連した文書の適用範囲から除外または免除されるべきものの定義の存在に依存する。これに関して、除外されるということは確立した制度上の管理の範囲外を意味し、免除されるということは、そのような管理の範囲内にあるとして定義されたが、その管理のある特定の部分から免除されることを意味する。廃棄物管理に関する委員会の勧告は、関係する管理体制から除外も免除もされない状況に関連している。
- (e) 廃棄物管理は二つの意味に用いられる。第一に、それは、環境、環境の利用、および公衆の健康が守られるようにして廃棄物を処分する過程を意味する。この意味では、廃棄物管理は公衆の健康管理の手段であり、特に、公衆被ばくに関する委員会の方策を廃棄物処分の領域に適用するための手段である。第二には、ときにそれは廃棄物の発生で始まり、処分で終わる過程のすべての流れを意味する。この意味では、それは燃料の製造あるいは核医学診療のような他の一連の過程に類似している。委員会の勧告はあらゆる行為に対するのと同様に廃棄物管理に適用される。混乱を避けるための試みとして、委員会は廃棄物管理という用語を、これら両方の意味を含めるために用いることを提案する。はっきりさせることが必要な際には、廃棄物を取り扱う行為を廃棄物管理事業、あるいは、もし処分に特定するならば、廃棄物処分事業と呼ぶことにしよう。本書の勧告は廃棄物処分に関連している。
- (f) ある線源によってもたらされた個人線量を、各個人ごとに識別する暗黙の必要性なしに評価できるようにするために、決定グループが廃棄物管理に導入された。委員会の1977年勧告 *Publication 26* (ICRP, 1977) の85項において、決定グループは「年齢、食習慣および受ける線量に影響を与えるような生活行動面に関して、かなり均一であるほど十分に小さい」ことが求められた。そのようなグループは、その線源により最も高い線量を受けると予想される集団中の個人の代表であるべきである。したがって、そのグループ中の平均的個人に対する線量は、その線源から受ける最も高い線量の代表ととることができるかもしれない。要求される均一性の程度に関するガイダンスは *Publication 43* (ICRP, 1985) の69項に与えられている。

### 3. 公衆被ばくに関する委員会の方策

(4) 公衆被ばくに関する委員会の方策は、1990年勧告 *Publication 60* (ICRP, 1991) に述べられたもののままである。その方策の詳細と廃棄物処分に対する適用は、この報告書の第6章で論じる。

(5) 委員会の方策はリスクおよびリスクを生じる行為の容認に関係がある。委員会の出発点は *Publication 60* (ICRP, 1991) の15項に次のように述べられている：「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。」

(6) 放射線発がんについて現在得られる科学的証拠は、それ以下の線量ではいかなる確率的影響も引き起こされる確率がゼロであるというしきい線量はないという結論を支持している、と委員会は信じている。自然放射線源による線量を超える線量のわずかな増加に対しては、リスクの増加分は線量の増加分に比例する。それゆえ委員会の方策は、確率的影響のリスクを完全に除くのではなく、すべての合理的な手段によって確率的影響のリスクを制限することに基づいている。したがって、その廃棄物管理の方策は、少なくとも部分的には、ある定められた行為から受けるリスクの受容性の概念に、したがってまた行為の結果人々にもたらされる線量（と線量を受ける確率）に基づくべきである。

#### 4. 廃棄物処分に関する諸方策

(7) 近年、放射性廃棄物管理に対する国の政策が委員会の勧告から導かれたことは一般にはなかった。最近の放射性廃棄物管理についての諸決定が、結果として生ずる放射線被ばくあるいはそのような被ばくの確率に基づいていたことはほとんどない。「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してきている。“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(ICRP, 1991)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。

(8) もう一つの提案は「予防の原則」と呼ばれてきた。おそらくこの原則の最もよい定義は、1972年の「廃棄物その他の投棄による海洋汚染の予防に関するロンドン協定」に対する1996年の議定書(IMO, 1996)の中で用いられている。これによれば、締約国は、「たとえ投棄とその影響の間の因果関係について決定的な証拠がなくても、海洋環境に入った廃棄物その他が害を引き起こしそうだと思ふ理由があるときには、廃棄物その他の投棄から環境を保護する予防的な取り組みを適用することにより、適切な予防手段をとることが求められる。」この表現は、委員会の使用するしきい値のない線量反応関係および防護を最適化するというその方策に合致する。委員会の方策は予防対策の範囲を決める助けになるという点で、さらに進んでいる。

(9) 上記の表現の中には、適切な予防手段の判断においてリスクの使用を妨げるものは何もない。しかし仮に、「……廃棄物……が害を引き起こしそうだと思ふ理由があるとき……」，“予防手段”は環境排出の全面的な防止を意味するとすれば、予防の原則は、リスクのない選択肢だけが容認できると暗に意味していると解釈できるかもしれない。委員会の見解では、それには法外に費用がかかり、あるいは環境への制御された処分よりもっと損害をあたえる結果をもたらすという理由から、この解釈は合理的ではない。

(10) 放射性廃棄物の処分はまた、1992年の「環境と開発に関する国連会議」(Johnson, 1993)でも議論されている。この会議によって作成された文書中の表現の多くは“禁止する(prohibit)”や“禁止する(ban)”という断定的な用語になっているが、いくらか定量的概念が導入されている。たとえば、「そのような保管または処分が、人および海洋環境に容認できないリスクを与えないという科学的な証拠が示されないかぎり……」, 海洋環境の近傍における放射

性廃棄物の保管と処分は許されるべきでない、とされる。この定量的概念の導入は委員会の方策と合致する。

(11) これらの様々な代替方策で使用されている断定的な言い方は、国際原子力機関 (IAEA, 1995, 1996), OECD の原子力機関 (NEA, 1984) および欧州連合 (EC, 1996) を含む関係国際団体および地域団体の大部分の基本方策声明の中には反映されていない。これらすべての団体は委員会の方策から展開された方策を有している。

(12) 新しい「使用済燃料管理の安全および放射性廃棄物管理の安全に関する合同協定」(IAEA, 1997) には、第1条に「使用済燃料管理および放射性廃棄物管理のすべての段階を通じて、将来の世代が彼らの要求と願望を満足できることを損なうことなく現在の世代がその要求と願望を満足するように、現在と将来において個人、社会、および環境を電離放射線の有害影響から防護するため、潜在的危険に対する有効な防御があることを確実にする」という目標が含まれている。

(13) 廃棄物に関する委員会の方策は、常に公衆被ばくに関するその方策から直接的に展開されてきている。それにもかかわらず、委員会は、その方策の実際的な適用において解釈の問題があると認識している。

## 5. 現在の方策を適用するさいの困難

(14) 委員会によって使用されている基本概念のいくつかとその適用には、解釈にいろいろな相違点がある。これらの相違点によって引き起こされる問題のいくつかを本章において紹介し、第6章に解決法を提案する。

### 5.1. 行為の正当化と防護の最適化

(15) 廃棄物の管理と処分の事業は、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、それ自身の正当化が必要な、独立した行為とみなすのは誤りである。もし国の廃棄物処分政策が変更され、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もあるかもしれない。その行為が終了してしまっていたならば、介入の実施が必要かもしれない。

(16) ICRP 勧告では、行為の正当化は、定義されかつ限定された意味をもっている。委員会による行為の正当化の定義は、廃棄物の管理を含めてその行為の正味の便益がプラスであることだけを要求している。最も適切な正当化された行為の選択は、委員会勧告の範囲外である。しかしながらこの用語は、委員会のそとでは、最良の選択肢を選ぶというもっと広い意味で使用されることがしばしばある。単に放射線防護に関するものだけでなく、行為のすべての側面が考慮されているならば、正当化という用語のこのような使用はもちろん正しい。それでもそれは、ある行為の正当化と、ある行為の範囲内での防護の最適化との間に、委員会が避けようと苦心してきた混同を生じさせる。

(17) 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。短縮された“防護の最適化”という呼び名が“合理的に達成できる限り低く”という句の中の“合理的な”という形容詞を欠いたのは、ある意味では不幸である。さらに、防護の最適化の認識が、あまりにも密接に微分費用－便益分析と結びつけられるようになってしまっている。

### 5.2. 線量限度

(18) 委員会の定めた線量限度は、特定された行為からの線量の合計に対して適用されるが、すべての被ばく源による線量の合計に対して適用されるものではない。この定義は、特に自然線源との関連で広く誤解されてきた。

(19) 線量限度を廃棄物処分に適用することには、本質的な困難がある。現在、多くの状況には二つ以上の線源に対する決定グループの被ばくが含まれると想定されている。明らかにそのような状況は存在するが、現在の線量限度に近づくような個人線量を生ずるものは、あったとしても非常に少ない。操業管理者は他の管理者によって行われた処分から生じる線量について何の知識ももたず、それを制御することもできないから、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。実際には国の当局が、通常、ある決められた時間内に放出される放射能が操業管理者の直接の制御下にあるために、その放射能の限度という形で各放出に対し局地的な限度を設けなければならない。

### 5.3. 時間と線量の範囲の拡大

(20) 集団線量を時間と空間にわたり無制限に集積して、単一の値にすることは、意志決定者から多くの必要な情報を奪うことになり、無益である。個人線量のレベルと集団線量の時間分布が、意志決定における重要な要因となることがある。これらの問題の幾つかは *Publication 22* (ICRP, 1973) で論議されたが、その後の勧告に完全には引き継がれなかった。

(21) 非常に小さいかまたは非常に先の時点において起こる個人線量から生ずる集団線量のブロックを用いることについては考慮が必要である。廃棄物処分事業による個人線量は、1年間に数百  $\mu\text{Sv}$  にもなることがある決定グループに対する線量から、放出点から遠く離れた地域における1年間に数  $\text{nSv}$  の線量に至る範囲にわたる。委員会は、それよりも小さければ集団線量を評価する必要がないような個人線量の定められたレベルがあるべきだということを容認してこなかった (*Publication 60* の292項)。しかしながら、この292項は、廃棄物処分における防護の最適化の目的のために集団線量を算定することが必要な空間と時間の範囲を制限するため、他の正しい根拠があるかもしれないことも示している。

(22) 線量限度はさておいて、短半減期および中半減期(30年程度まで)の放射性核種を含む放流物の放出に対して現在の方策を適用することは、それによる問題がないわけではないが、かなり簡単である。環境のモデル化には常に不確かさがつきまとうが、多くの核種に対して、放出放射能、決定グループに対する線量、および全世界的な集団線量の中の現実的なつながりを提供するために、そのようなモデル化を利用することができる。

(23) 放流物中あるいは処分場内の長半減期の物質に対しては、その問題はもっと扱いがむずかしい。長期間にわたる環境のモデル化には問題があり、個人線量および集団線量の推定値は非常に不確かとなる。線量と損害との間の関係も、遠い将来の時点では不確かである。

### 5.4. 潜在被ばくの包含

(24) 潜在被ばくは、起こることが確実ではないが、その発生確率を与えることができる



被ばくである。潜在被ばくを扱うための概念的な枠組みは、*Publication 64* (ICRP, 1993) に与えられており、*Publication 76* (ICRP, 1997) にさらに詳しく述べられている。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。原理的には、集団の潜在的な損害を評価することができ、それは、結果の期待値を表す。しかしながら、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かであろうし、一方、期待値は小さいであろう。したがって、集団の結果の期待値は、これらの場合における意志決定の有用な根拠とはならない。INSAG-9の第3章(INSAG, 1995)で、国際原子力安全諮問グループは次のように結論した：「非線形効用関数の使用によって支援された判断とともに、リスクのすべての関連要素の複雑な表現を用いなければならないように思われる」。委員会はこの見解と同じ見解である。

(25) 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。

## 5.5. 行為と介入

(26) 廃棄物処分との関連では、中程度の半減期の放射性核種についてさえ、行為と介入の区別がいつも容易であるとは限らない。環境の変化または環境の利用の変化によって、線源から人間への新しい経路あるいは太い経路が開かれることがある。存在するが見過ごされてきた経路がはっきりしてくることもある。経路の導入または変更が選択の問題である場合には、時にはそれ自身新たな行為と見なすことができる。その代わりに、また変化が自発的でない場合は常に、その変化によって現行の行為の条件が変更され、廃棄物を発生する行為全体の正当化の再考が要求されるかもしれない。その行為において変更が実行できないならば、その変化によって環境または決定グループのふるまいに介入が要請されるかもしれない。介入に関する情報は6.1.4節に与えられている。

## 5.6. 委員会の方策への影響

(27) 現在の方策をもし変更するなら、どのような変更をすべきかを考える前に、既に明確にされた困難をまとめておく必要がある。

- (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

10 5. 現在の方策を適用するさいの困難

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。

- (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、時に諸資料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。

## 6. 廃棄物処分に関する委員会の方策

(28) 委員会は、現在の方策を変更するのではなく、方策を整理し明確にすることによって第5章で明らかにされた困難を解決するために、この章で方策を再度述べることにしたい。使用者がこの方策を実際に適用することをもっと容易にするよう意図されたやり方で方策を表現する。この意図は、委員会の勧告は安定しているべきであり、大きな方策の変更は10～15年を下回らない間隔で行う、という委員会の見解を反映したものである。

(29) 放射性廃棄物の処分に関する委員会の方策は、放射線の生物学的影響、防護の一般原則、および公衆被ばくの管理を扱っている *Publication 60* (ICRP, 1991) の諸章に基づく。*Publication 60* の主要事項をここに要約する。

### 6.1. 放射線防護の枠組み

(30) 放射性廃棄物の処分から生じるほとんどの状況では、処分は計画的なものであり、管理の下にある。したがって、処分は行為の一部である。ある状況では、その処分が意図されていなかった被ばく源となる。このような被ばく源から生ずる被ばくのうちのものは、現在行われている処分をさらに制限することによって、すなわち行為を変更することによって、減らすことができる。しかしながら、環境の修復対策すなわち介入によってしか被ばくを減らすことができないことがしばしばある。

(31) 行為に対する委員会の防護体系の基本的な構成要素については、*Publication 60* (ICRP, 1991) の112項に述べられている。それらは以下のように要約することができる。

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、少なくとも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（行為の正当化と呼ばれる）。

ある行為内のどんな特定の線源に関しても、経済的および社会的な要因を考慮に入れて、正味の便益が最大となるように防護を調整するよう、あらゆる合理的な手段をとるべきである（防護の最適化と呼ばれる）。

最後に、個人が被ばくするすべての行為の結果としてその個人が受ける線量（医療被ばくを除く）に対して限度を適用すべきである（個人線量限度の適用と呼ばれる）。

(32) 簡単にいえば、この枠組みは多くの人間活動に適用される次の三つの原則から導き出されている。

行為の正当化は、害よりも益のほうを大きくすることを意味する。

防護の最適化は、害を減らすことによって、害を上回る益の余剰分を最大にすることを意味する。

線量限度の使用は、最も高く被ばくする個人に対してさえも十分な防護の基準であることを意味する。

以下の節にもっと詳細を述べる。

#### 6.1.1. 行為の正当化

(33) ある行為の正当化は、その行為の廃棄物の管理を含めて、その行為の正味の利益がプラスであることのみを要求する。最も適切な行為の選択は委員会の勧告の範囲を超える。

(34) 廃棄物の管理と処分の事業は、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見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、正当化のためには行為よりもむしろ介入を考慮しなければならない。

(35) 集団線量が行為の正当化を含んでいる限り、委員会の方策は、廃棄物の管理と処分の事業を含む行為が寄与する全集団線量の推定を要求する。防護の最適化において選択肢を選ぶさいに使用される微分比較法は、正当化には不十分である。この要求によって引き起こされる問題については、5.3節で議論されている。

#### 6.1.2. 防護の最適化、拘束値および線量限度

(36) *Publication 60* (ICRP, 1991) の186項で、委員会は、「……公衆被ばくはほとんどすべて、拘束値を組み込んだ最適化手順と規制機関の決めた限度の使用により管理される」と結論づけた。公衆被ばくに対する線量限度が実際に制限要因となることはまれであることは認識しているが、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、委員会はこのような限度を勧告し続けてきている。公衆被ばくにおける最適化、拘束値および線量限度には密接な相互関係があるので、防護のこれら三つの側面を同時に取り扱う必要がある。

#### 防護の最適化

(37) 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。最適化は、個人線量、被ばくする人々の数、および潜在被ばくの可能性のすべてを、経済的および社会的な要因を考慮に入れて合理的に達成できる限り低く抑えることを求めている。この概

念は多年にわたって展開されてきた。1971年には早くも、委員会はこの定性的な取り組みの解説を作成することを決定し、*Publication 22* (ICRP, 1973) では、定量的な費用－便益分析による取り組みを認めた。このことは、委員会の1977年勧告である *Publication 26* (ICRP, 1977) において、より柔軟性の少ない形で再度述べられている。防護の最適化の定量的な側面は、*Publication 37* (ICRP, 1983) において、再度強調された。

(38) 事実、委員会の方策は、集団線量の低減による価値と防護費用の増加分との比較のみに依存する微分費用－便益分析によって暗に意味されるものよりもっと微妙であり、判断によるところが多い。

(39) この比較的大まかな見解は、以下の抜粋に示すように *Publication 55* (ICRP, 1989) の18項に示された。「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。」

(40) この見解は、*Publication 60* (ICRP, 1991) の112項において確認されており、117項の文章、「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……」においても、再度確認されている。

### 拘束値

(41) 防護の最適化の重要な構成要素は、防護が最適化されようとしている線源によって与えられる個人線量に対する拘束値である。このことは、*Publication 60* (ICRP, 1991) の121項で定義されている。委員会はこの用語を、決定グループの構成員に対する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つばら使用されている線源関連の個人線量を特に意味するように使用している。拘束値は、したがって、将来に対して前向きに使用される。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。拘束値を過去にさかのぼって強制すると、拘束値を不必要に高く設定する圧力になると思われるので、この点は重要である。

(42) 拘束値の大きさは、防護が最適化されようとしている線源と状況とに固有である。廃棄物管理では、線源は通常、廃棄物を発生するサイト全体、あるいは、処分場の場合には、公衆被ばくを生ずるかもしれない処分場全体、とすべきである。実際には、個々の処分経路または被ばく経路を別々に解析することによって開始できるかもしれないが、廃棄物の処理とコ

ンディショニングによって、放射能がある処分経路から他の経路へ移ることを忘れてはならない。この移動があるため、サイト全体に対する防護の最適化の最終的なチェックが求められる。

(43) 公衆被ばくにおいてはときおり、一次的線源に関連する決定グループの線量の評価によって、その決定グループにとり決定的ではない他の、二次的な、線源から、かなりの線量をそのグループが受けることが示されるであろう。この状況は、拘束値と線量限度の両方の適用に影響を与える。

#### 線量限度

(44) 現在の線量限度は、定義上、ある行為における一次的線源と二次的線源による個人線量ならびに委員会勧告に従うその他の行為による個人線量の合計値に対してのみ適用される。医療被ばくと人が制御できない自然線源による被ばくは、どちらも明確に除かれている。この定義は、線量限度のかなりの部分を同じ個人が複数の線源のおのおのから、または複数の行為のおのおのから受けることがあるという推測に基づいている。このような推測は、実際の状況では裏付けられていない。二つ以上の線源に関係する決定グループに対する線量についての詳細な情報は殆どないが、イングランドおよびウェールズにおける決定グループに対する線量の調査によって、二次的線源からの決定グループに対する線量が年間 $100\mu\text{Sv}$ に達するサイトが一カ所だけあることが分かった (Robinson ら, 1994)。1993年の「原子放射線の影響に関する国連科学委員会」報告書 (UNSCEAR, 1993) には、広範囲に分布している二次的線源から決定グループが受ける線量は、現在の線量限度のわずか数パーセントにしかならないだろうという結論を導き出すデータが示されている。それにもかかわらず、一つの行為に含まれる複数の線源によってかなりの被ばくがあるような状況がまれではあるがわずかに存在している。そのときには、これらの複数の線源による被ばくについては、いくらか裕度をもたせるべきである。

#### 6.1.3. 潜在被ばく

(45) 線量評価に使用するモデルは通常、環境条件の広範囲にわたる変動に対応できるように選ばれている。しかしながら、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、および事故ならびに破壊的な事象の発生は、通常 conditions を評価するのに使用されるモデルの範囲外であろう。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。このような被ばくは潜在被ばくとして取り扱われるべきである。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。

#### 6.1.4. 介入

(46) 環境に放出された放射性物質が完全に分散しなかったり、処分場が閉鎖されてもはや操業を行わなくなった時、なお発生している被ばくは、あるかたちの介入によってのみ変えることができる。

(47) 介入に関して委員会が勧告した放射線防護体系は、*Publication 60* (ICRP, 1991) の113項および131項から導かれる以下の一般原則に基づいている。

- (a) 提案された介入は、害よりも益の方が大きいものであるべきである。すなわち、線量を引き下げた結果生ずる損害の減少は、この介入の害と社会的費用を含む諸費用とを正当化するのに十分なものであるべきである。
- (b) 介入のかたち、規模、および期間は、線量低減の正味の便益、つまり放射線損害の低減の便益から介入に関する損害を差し引いたもの、を最大とするように、最適化されるべきである。

委員会は、介入に関する決定の基礎として、線量限度または他のあらかじめ設定された限度を使用しないよう勧告する。これは、このような限度の使用は、得られる便益とはまったく釣り合わないような措置を含むかもしれない、その場合、正当化の原則に矛盾すると思われるからである。定量的な介入レベルと対策レベルは、提案された行動によって回避される線量に関連させるべきであり、その行動がない場合に受ける線量に関連づけるべきではない。それにもかかわらず、重篤な確定的影響を引き起こす線量に近いような線量レベルでは、ある種の介入はほとんど必須となるであろう。

## 6.2. 防護の枠組みの廃棄物処分への適用

### 6.2.1. 一般的問題

(48) 廃棄物処分の管理の根底をなすシステムは、以下のように要約できる。

- (a) 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1 mSv以下とすべきである。年あたり約0.3 mSvを超えない値が適切であろう。
- (b) 放出制限を補足するために環境モニタリングが必要とされる状況においては、モニタリング結果に適用するために誘導された制限値が整備されるべきである。環境モニタリングはすべての関連した行為の組み合わせがもたらした影響を評価するためにしばしば用いられるので、これらの制限値は年あたり1 mSvに近づくような決定グループの線量に基づくべきである。

これらの勧告を適用すれば、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ことは

不必要となろう。この関連において、線量限度の使用を段階的にやめるべきである。

(49) 廃棄物処分により生じる線量の評価には、環境モデルと代謝モデルの使用が含まれる。これらのモデルは、現実をよく代表することを目指し、それによって諸資材の重大な濫用を避けるべきである。

#### 6.2.2. 集団線量の使用

(50) 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。これらの問題は、線源の免除だけではなく、もっと一般的に、免除されない線源の影響評価にも関係する。

(51) 定義上、集団線量は個人線量のいかなる特定の範囲にも限定されない物理量である。しかしながら、集団線量が健康損害を表すために用いられる場合、個人線量のある範囲にわたって総計した集団線量は、損害係数とその範囲全体にわたってほぼ一定である場合に限り、正当なものとなる。このことは、確定的影響のしきい線量を十分に下回る個人線量については正しい。もっと高い個人線量に対しては、その集団線量はより低い個人線量から得られた集団線量と合算すべきでない。確定的影響のしきい線量を上回る個人線量については、集団線量は、確率的影響の評価に対して妥当ではなく、また確定的影響の発生数の評価にも適切ではない。

(52) 行為の正当化と防護の最適化の両方において、非常に広い範囲の個人線量からなる集団線量を提示する場合には、線量と時間の範囲を限定したブロックに分けるべきである。これらのブロックに分けられた集団線量をまとめて単一の値にすることは、意思決定者から個人線量および、集団線量の時間分布を考慮するという選択肢を奪ってしまうため、判断を誤らせることがある。

(53) 個人線量の範囲について同様な見解が、米国放射線防護・測定審議会から表明されている(NCRP, 1995)。これらの問題に関するより詳細な議論は *Publication 55* (ICRP, 1989) にあり、そこでは、個人線量のいろいろな範囲についての集団線量の分布は、個人線量が線量限度に近い場合または非常に小さい場合には有用であることが示唆されている。高い個人線量からなる集団線量を考慮するさいに追加の計算方式を用いることにより、二番目の状況を扱うことができると委員会は認識していたが、小線量に関しては特に何も助言を与えなかった。

(54) 行為の正当化においては、委員会により定義されているように、選択肢を比較するということはない。原理的には、総集団線量が必要とされ、どんなに小さくてもすべての線量からの寄与を合計して評価されるべきである。*Publication 22* (ICRP, 1973) の17項を参照されたい。この点は *Publication 60* の292項に繰り返して述べられている。実際には、この広範囲



の合計がいつも可能であるとは限らない。しかしながら、集団線量は、放射線以外に要する費用よりも重要ではないことがしばしばあり、決め手とはならないであろう。

(55) 防護の最適化においては、広範囲にわたる合計についての要求をいくらかゆるめることが可能なことがある。すべての利用可能な防護手段が、ある距離または将来のある時点を超えた先で同程度の集団線量をもたらすことになりそうな場合、集団線量のこれらの成分は選択肢の選択に何の役割も果たさないであろう。それらを推定する必要はない。さらに、防護の最適化は、何が合理的であるかといった幅広い判断に基づくべきである。集団線量は、検討過程への一つの入力に過ぎない。

#### 小さい個人線量からなる集団線量の加算

(56) 小線量についての委員会の一般的な立場は明らかである。委員会は個人線量が小さいという根拠だけで、小さい個人線量による集団線量の成分を無視すべきであるとは勧告しない。委員会は *Publication 60* (ICRP, 1991) の292項において、諸資材をどんなに合理的に配備しても集団線量を低減することは不可能かもしれないという理由から、線源が広範囲にわたっている場合には、最適化において、多人数に対する小さな線量による集団線量を時には無視することが可能かもしれない、ということを示唆した。

(57) 社会は、個人にとっても社会全体にとってもすでに取るに足りないようなものとなっているリスクを低減するために諸資材を使用すべきではないという見解をしばしばとる。この見解は、他のリスクとの比較は認めているが、線源関連の比較を無視している。線源関連の比較は、集団損害は行為の利益によって正当化されないこと、あるいは線源に対する防護対策により低費用で損害が低減または排除されるかもしれないことを示すことがある。大きなリスクが存在するという事は、避けることのできる、あるいは少なくとも制御可能なもっと小さいリスクを無視することを正当化するものではない。それは、優先順位の設定を正当化するが、小さなリスクを無視するための根拠を与えない。

#### 長期間にわたる集団線量の加算

(58) 長期間にわたる集団線量を評価する問題は、不確かさの問題である。個人線量と被ばく集団の大きさのどちらについても、時間の増大につれ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。ある種の状況は、他の状況よりも自信をもって将来に向かって予測できるという理由から、詳細なガイダンスを与えることは出来ない。決定はケースバイケースで行われなければならない。しかしながら、一般に、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。

### 集団線量の表現

(59) 集団線量を表現するための、個人線量と時間間隔で分けたブロックの選択には柔軟性があることが必要であるが、時間0および線量0から始まるブロック以外のブロックでは、各ブロックが1桁あるいは2桁以上に広がるはずはなさそうである。環境モデルは、個人線量をこの程度の範囲で分けるほど十分には詳細になっていないであろう。例えば、食糧の個人消費量の分布に関する情報を与えないようなモデルでは、その食糧からの集団線量の総計のみが与えられるであろう。

#### 6.2.3. 潜在被ばくの実用的意味合い

(60) “潜在被ばく”という用語は、言葉の上では、起こるかもしれないし起こらないかもしれない被ばくを意味し、定量的には、ある線量の発生確率と、その線量が発生するとしたときの結果の条件付き発生確率とから構成される二次元量として用いられてきた。詳細は *Publication 64* (ICRP, 1993) で議論されている。

(61) 潜在被ばくを考慮すると、希釈と分散および濃縮と保持という二つの廃棄物処分戦略は著しい影響を受ける。分散戦略は、環境中の再濃縮過程を考慮しなければならないのはもちろんであるが、決定グループ内の個人が十分に防護され、他の個人のリスクがさらに低いことを確実にするという利点がある。そこでは潜在被ばくはほぼ無視されている。保持戦略では、保持施設の劣化あるいは破損の長期的影響がしばしば無視されてきた。そのことはさておき、保持戦略は公衆に対する個人線量と集団線量の両方を低減する。通常被ばくのみを考慮するとすれば、二つの方法のうちで、保持方式はより防護的に見える。濃縮され保持された廃棄物からの潜在被ばく、特に潜在個人被ばくを考慮すると、その判断はもっとあいまいになる。

(62) ほとんどの廃棄物管理に関する決定には、廃棄物の処理またはコンディショニングについての様々な選択肢間の選択が含まれる。つまり、分散と保持の間の選択が可能となる。これらの選択はまた、廃棄物が処分に供される形状に影響する。例えば、気体状の放流物をろ過すれば放流物中の放射能は減るが、固体廃棄物を生み出す。

(63) まとめて、委員会は、廃棄物処分方策は潜在被ばくと通常被ばくの相互関係によって影響を受けるべきであること、および、放射性廃棄物の分散は保持に比べてより適切ではないと自動的に見なすべきではないことを勧告する。どちらの戦略も必要であり、その二つの間で適切なバランスを探し求めるべきである。

#### 6.2.4. 残渣の再評価

(64) 廃棄物処分との関連では、残渣には、採鉱およびラジウム化合物を用いた発光体製造のような過去の操業からの長寿命物質の陸地処分による堆積物、および、廃棄物の長期貯蔵

あるいはラジウムを用いた作業に用いられ、引き続き他の目的に使用された建物が含まれる。残渣は、放射性物質が居住区域および農業区域に拡散した事故によっても生み出されている。物質の環境内蓄積もまた廃棄物の放出の結果として起こっている。

(65) ある段階において、これらの残渣をそのまま放置しておくことができるかどうかについて考察することが必要になる。もし対策が必要であれば、それは通常、満足のいく方法で処分できるようにもっと適切な場所への残渣の移動を伴うであろう。残渣を扱う対策は介入として扱われるべきである。このことは、対策がもたらす線量の低減が介入の経済的および社会的費用を上回る時にのみ、残渣をもっと良い処分場に移し、または別の方法で処分すべきであることを意味する。決定はケースバイケースで行われるべきである。決定は、益が害を上回ることを目指すべきであり、前もって選択された線量に基づくべきではない。

(66) 介入を必要としない残渣は、それ自体さらなる規制を受けないようなものであるべきである。しかしながら、残渣の新たな利用は行為として扱われ、それに応じて規制を受ける必要があるかもしれない。

#### 6.2.5. 将来世代の防護

(67) 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。

(68) これらの判断に関係するかもしれない量は、少なくとも三つある。それらは、多くの世代にわたる集団に負わされる総損害、ある定められた世代に負わされる総損害、および一つまたは複数の仮想的な決定グループで代表される個人に負わされる、年毎のあるいは生涯にわたる損害である。これらの量はどれも、将来世代の防護の程度を示すと主張できるかもしれない。

(69) 委員会は、通常被ばくについては決定グループに対する年間個人実効線量が、また潜在被ばくについては決定グループに対する年間個人リスクがともに、将来世代への制限的損害と現在の世代に今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と考える。

## 引用文献

- EC (1996). Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation. *Official Journal of the European Communities* L 159 (39).
- IAEA (1995). The Principles of Radioactive Waste Management. *Safety Series No.111-F*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- IAEA (1996). International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. *Safety Series No.115*. 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. *Document GOV/INF/821-GC(41)/INF/12*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- ICRP (1973). *Implication of commission recommendations that doses be kept as low as readily achievable*. ICRP Publication **22**. Pergamon Press, Oxford, UK.
- ICRP (1977). Recommendations of the ICRP. ICRP Publication **26**. *Annals of the ICRP* **1**(3), Pergamon Press, Oxford, UK.
- ICRP (1983). Cost benefit analysis in the optimization of radiation protection. ICRP Publication **37**. *Annals of the ICRP* **10** (2-3), Pergamon Press, Oxford, UK.
- ICRP (1985). Principles of monitoring for the radiation protection of the population. ICRP Publication **43**. *Annals of the ICRP* **15** (1), Pergamon Press, Oxford, UK.
- ICRP (1989). Optimization and Decision-Making in Radiological Protection. ICRP Publication **55**. *Annals of the ICRP* **20** (1), Pergamon Press, Oxford, UK.
- ICRP (1991). 1990 Recommendations of the international commission on radiological protection. ICRP Publication **60**. *Annals of the ICRP* **21** (1-3), Pergamon Press, Oxford, UK.
- ICRP (1993). Protection from potential exposures: a conceptual framework. ICRP Publication **64**. *Annals of the ICRP* **23** (1), Pergamon Press, Oxford, UK.
- ICRP (1997). Protection from potential exposures: Application to Selected Radiation Sources. ICRP Publication **76**. *Annals of the ICRP* **27** (2), Pergamon Press, Oxford, UK.

- IMO (1996). Article 3, 1996 Protocol to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972. *IMO Doc. LC/SM 1/6*. International Maritime Organisation, London, UK.
- INSAG (1995). Potential Exposure in Nuclear Safety. *INSAG-9*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- Johnson, S. P. (1993). *The Earth Summit: The United Nations Conference on Environment and Development (UNCED)* Graham and Trotman, London, UK.
- NCRP (1995). Principles and Application of Collective Dose in Radiation Protection. *NCRP REPORT No.121*. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, USA.
- NEA (1984). *Long-Term Radiation Protection Objectives for Radioactive Waste Disposal*. Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- Robinson, C. A., Mayall, A., Attwood, C. A., Cabianna, T., Dodd, D. H., Fayers, C. A., Jones, K. A. and Simmonds, J. R. (1994). Critical Group Doses around Nuclear Sites in England and Wales. *National Radiological Protection Board Report No. NRPB-R271*. HM Stationery Office, London, UK.
- UNSCEAR (1993). *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations, New York, USA.



放射性廃棄物の処分に対する  
放射線防護の方策

定価（本体1,700円+税）

平成 10 年 12 月 21 日 初版第 1 刷発行  
平成 15 年 9 月 29 日 初版第 2 刷発行

© 1998

翻訳および発行 社団  
法人 日本アイントープ協会

〒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

ISBN4-89073-113-X C3340