

# ICRP

*Publication 101*

**公衆の防護を目的とした  
代表的個人の線量評価**

**放射線防護の最適化：  
プロセスの拡大**

# 公衆の防護を目的とした 代表的個人の線量評価

## 放射線防護の最適化： プロセスの拡大

2005年9月 主委員会により承認

Assessing Dose of the Representative Person  
for the Purpose of Radiation Protection of the Public  
and  
The Optimisation of Radiological Protection:  
Broadening the Process

*ICRP Publication 101*

by

The International Commission on Radiological Protection

Copyright © 2009 The Japan Radioisotope Association. All Rights reserved.  
Authorised translation from the English language edition published for  
the International Commission on Radiological Protection by Elsevier Ltd.  
Copyright©2006 The International Commission on Radiological Protection  
Published by Elsevier Ltd. All Rights reserved.

*No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or  
transmitted in any form or by any means electronic, electrostatic, magnetic tape,  
mechanical photocopying, recording or otherwise or republished in any form, without  
permission in writing from the copyright owner.*



Japanese Translation Series of ICRP Publications  
*Publication 101*

This translation was undertaken by the following colleagues.

Translated by

Toshisou KOSAKO \*\*, Takeshi IIMOTO, Takuya ABE, Yuya KOIKE,  
Masahiro HIROTA, Hidenori IMAZU

Reviewed by

Takenori YAMAGUCHI, Michio YOSHIZAWA, Yoshihiko TANIMURA,  
Yoshiaki SHIKAZE, Hideaki MIYAUCHI, Masa TAKAHASHI,  
Kotaro YAMASOTO, Daisuke HIGASHI, Fumihiko SAITO,  
Koichi MASUYAMA, Yoko WATANABE, Takehisa OKURA,  
Hiroshi YASUDA, Hidenori YONEHARA

Supervised by

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

---

Hiromichi MATSUDAIRA ** (Chair)	Tatsuji HAMADA (Vice-chair)	
Nobuhito ISHIGURE *	Michiaki KAI *	Masahito KANEKO
Tomoko KUSAMA	Kazuo SAKAI *	Yasuhito SASAKI *
Ohtsura NIWA *	Makoto YOSHIDA	Yoshiharu YONEKURA *

---

\* 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2005年9月に刊行を承認され、*Publication 101*として2007年4月に刊行された、公衆の防護を目的とした代表的個人の線量評価／放射線防護の最適化についての報告書

Assessing Dose of the Representative Person  
for the Purpose of Radiation Protection of the Public

and

The Optimisation of Radiological Protection : Broadening the Process

(*Annals of the ICRP*, Vol. 36, No. 3 (2006))

を、ICRPの了解のもとに翻訳したものである。

翻訳は、東京大学の小佐古敏荘<sup>\*1</sup>、飯本武志<sup>\*2</sup>、阿部琢也<sup>\*1</sup>、小池裕也<sup>\*3</sup>、廣田昌大<sup>\*1</sup>、今津秀則<sup>\*1</sup>の諸氏によって行われた（<sup>\*1</sup>大学院工学系研究科、<sup>\*2</sup>環境安全本部、<sup>\*3</sup>アイソトープ総合センター）。

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。原文の誤り及び直訳では意味の通じにくい箇所等はことわりなく修正してある。また、読者の参考になるとと思われる訳注を、必要に応じてアスタリスクを付した括弧の中に記し、一部は脚注として示した。

本報告書は、ICRP 2007年基本勧告の基盤となった支援文書の1つである。

平成21年12月

ICRP 勧告翻訳検討委員会

(社)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\* ((社)日本アイソトープ協会)  
委員 石樽 信人 (名古屋大学 医学部保健学科)  
甲斐 倫明\* (大分県立看護科学大学 人間科学講座)  
金子 正人\* ((財)放射線影響協会)  
草間 朋子 (大分県立看護科学大学)  
酒井 一夫\* ((独)放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター)  
佐々木康人 ((社)日本アイソトープ協会)  
丹羽 太貫 ((独)放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター)  
吉田 真\* ((独)日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所)  
米倉 義晴\* ((独)放射線医学総合研究所)

\* 本書の校閲担当

校閲協力

---

山口武憲, 吉澤道夫, 谷村嘉彦, 志風義明, 宮内英明, 高橋 聖,  
山外功太郎, 東 大輔, 西藤文博, 増山康一, 渡部陽子, 大倉毅史  
((独)日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所)

保田浩志, 米原英典 ((独)放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター)

## 論 説

### 光にはすべて影を伴うのか？

*Annals of the ICRP*が定期刊行物の単一の号に複数の報告を組み込むことは比較的稀である。2001a,b (*Supporting Guidance 2*) 以来初めて委員会は、再びそのようにすることを決めたが、その最もはっきりした理由は、重要度が最も低いこと、すなわち号当たりのページ数である。

今回の刊行では、それぞれ重要で簡潔な2つの報告を載せているが、その各々は*Annals*の1つの号を形成するには短かすぎるので、明らかな解決法は、それらを同じカバーの内にまとめて印刷することであった。しかし委員会は、非常にもっともな理由からも、これらの報告を単一の号に統合したことであろう。

まず最初に、2つの報告は同じ読者層が興味を持ちそうな関連した話題を取り上げていることである。この号の前編は、代表的個人の線量評価についての報告である。これは古典的な問題に関わっている。つまり、公衆の個々の構成員は監視できないし、また、監視されるべきでないという事実にもかかわらず、公衆は適切に防護されていること、並びに、免許所有者は彼らの規制遵守を実証できることを保証するという問題である。由緒ある*Publication 7* (1966)で最初に調査され説明されたように、それには、環境中における放射性核種の輸送経路のモデル化、及び、これらの経路を通して被ばくする人々の習慣のモデル化が必要とされ、そして、この点においてまさに最新の助言と専門用語をこの報告は提供している。

この号の後編である最適化プロセスの拡大についての報告は、別の切り口を示しており、その中では、被ばくした人の特定のタイプよりも、放射線防護プロセスにおける特定の段階に焦点を当てている。最適化は放射線防護を成功に導くまさにその心臓部にあり、また、そのプロセスの最も重要な部分と、そのプロセスをより包括的にし、完成させ、参加と連帯責任の意義を達成し育てる方法を議論している。

両方の報告は、委員会勧告の適用を扱い、委員会の放射線防護体系を実際にはどのように履行するかについてのより詳細なガイダンスを提供しており、そして、公衆の放射線防護の実際面に携わる誰しも、両方の報告に精通している必要がある。これらはともに、ICRP勧告の適用についてのICRP第4専門委員会に着想され、第4専門委員会の課題グループによってまとめ上げられたものである。

更に、委員会の基本勧告について進行中の再検討、改訂と更新がいま完成に近づいており、そして同時に、本号の2つの報告は新しい基本勧告を支える重要な礎石となっている。

もちろん、片方の報告だけに特に興味を持つ変わった読者がいるであろうが、彼らは各報告を別々に印刷してもらうことを好むであろう。ほとんどの読者が十分ご承知のように、*Annals*

(iv) 論 説

*of the ICRP*の報告は、www.sciencedirect.comにおいてダウンロード可能なPDFファイルとしてすべて入手可能でもある。そしてこのサイトでは、どちらか片方あるいは両方の報告をダウンロードすることを選択してよいように、2つの報告が個別のファイルとして掲載されている。

インターネットで報告を出版する利点はそれだけではない。第1に、ファイルは検索でき、可能ならば参考文献は引用した原典に直接リンクされ、配布は瞬時で、また、24時間世界中で利用可能である。そして、我々の出版社であるElsevierの先見性のおかげで、このPDFファイルのセットは、活動1日目（すなわち1928年）からのすべてのICRP報告をまもなく収録するようになる。つまりこれには、ICRP Publicationのシリーズとしては印刷出版されていないが公開の科学誌に提供された我々の草創期の報告を含むであろう。

インターネット出版を通して、従来の印刷方法が唯一の選択肢だったときに我々が望んでいたよりもはるかにたくさんの読者に届けることが可能となる。そのうえ、69の発展途上国では全く無償で、またおよそ30を超える国々では引換券による最小の費用で、我々の報告が利用できるように、委員会とElsevierはHINARIプログラム（\*InterNetwork Access to Research Initiative, WHOと出版社数社による生物医学関係書籍の提供サービス）に誇りを持って参加している。印刷された実際の本や雑誌は、今もなお電子媒体よりも読みやすく、時代遅れとはならないであろうが、インターネット出版は確実に付加価値を提供している。

このことは、印刷された*Annals of the ICRP*の1つの号として、またそれを構成する2つの報告の個別のPDFファイルとして、上記のように利用可能である本報告書を我々に思い起こさせる。読者の諸君、食べてもなくなるケーキのように、両方を実際に入手し、読むことが（今まさに）可能となったのであります。

JACK VALENTIN



# 放射線防護の最適化： プロセスの拡大

2005年9月 主委員会により承認



## 抄 録

放射線防護の最適化の原則は、個人線量の大きさ、被ばくする人の数、並びに潜在被ばくの可能性を、経済的・社会的な要因を考慮に入れながら、適切な線量拘束値より下で合理的に達成可能な限り低く保つための線源関連のプロセスとして、委員会により定義されている。ICRPの改訂基本勧告（2007年勧告）によれば、拘束値より下での最適化のこのプロセスは、いかなる被ばく状況；すなわち計画被ばく、緊急時被ばく、及び現存被ばくにも適用されるべきである。

最適化のプロセスの実際的な履行に対する以前の勧告は、今もなお有効である。それは、対策の必要性を確認するための被ばく状況の評価、被ばくを合理的に達成可能な限り低く保つための可能な防護選択肢の同定、広く存在している事情の下における最良選択肢の選択、効果的な最適化プログラムを通して選ばれた選択肢の履行、及び現在の事情が防護の是正措置の履行を必要とするかどうかを評価するための被ばく状況の定期的な再検討を伴うような、継続的かつ循環的なプロセスを通して履行されなければならない。しかしながら、最適化プロセスが履行されるべきやり方は、我々の現代社会における個人の公平性、安全文化、及び利害関係者の関与の増大する役割を反映して、今日ではより広く考えられている。

この報告書は、最適化の原則に関する委員会勧告の統合と展開である。この報告書は、原則の基礎と展開についての基礎的情報の後、最適化プロセスの主な特徴について述べ、そのプロセスにおける被ばくの分布の問題を扱い、そして操業と規制における最適化プロセス適用のための基本要件を提示する。最適化プロセスの実際的な履行のために通常用いられる意思決定支援技術についての記述は、付属書Aに与えられている。

キーワード：ALARA；BATNEEC；集団線量；安全文化；利害関係者の関与

## Part 2 • 目 次

	頁	(項)
論 説 .....	(iii)	
抄 録 .....	63	
序 文 .....	65	
総 括 .....	67	
1. 緒 論 .....	71	(1)
2. 最適化の原則の歴史 .....	72	(7)
2.1. 原則の基盤 .....	72	(7)
2.2. 概念の進展 .....	72	(9)
2.3. 最近の発展 .....	74	(17)
3. 最適化のプロセス .....	76	(20)
3.1. プロセスの構成 .....	76	(24)
3.2. プロセスの特徴 .....	77	(27)
3.3. 利害関係者の関与 .....	81	(38)
3.4. 最良選択枝の選択 .....	82	(42)
4. 被ばくの分布 .....	83	(45)
4.1. 集団線量の使用 .....	83	(48)
4.2. 時間と空間における被ばくの分布 .....	84	(52)
4.3. 集団線量マトリックスと意思決定プロセス .....	85	(55)
5. 操業と規制における最適化の適用 .....	87	(57)
付属書 A : 最適化と意思決定支援技術 .....	89	
参 考 文 献 .....	96	

## 序 文

2001年10月20日に、国際放射線防護委員会（ICRP）の主委員会は、放射線防護の最適化の原則と適用についてのガイダンスを作成するために、第4専門委員会に報告する新しい課題グループの設置を承認した。委託事項の中で述べられているように、この課題グループの目的は、委員会の改訂基本勧告に関連して最適化の原則とその履行のための要件を再検討することであった。この観点の中で、拘束値の役割、個人被ばくの分布、利害関係者の関与、及び規制と操業における適用に対し、特別の注意を払わなければならなかった。

課題グループの作業の成果として作られたこの文書は、新勧告（2007年勧告）の基礎となる支援文書の1つを形作るものと期待されている。この報告書は課題グループの努力の成果であり、上述の領域を扱っている。この報告書中のガイダンスは、ICRPによって以前勧告された防護の最適化の概念の上に構築されている。

課題グループのメンバーは以下のとおりであった：

W. Weiss（委員長）	J. -F. Lecomte	Y. Xia
M. E. Clark	J. Lochard	

課題グループの通信メンバーは以下のとおりであった：

T. Lazo

課題グループは、会合のために施設と援助を提供していただいた以下の組織とスタッフに感謝したい：BfS（ドイツ連邦放射線防護局）、IRSN（フランス放射線防護・原子力安全研究所）、並びにOECD NEA（経済開発協力機構、原子力エネルギー庁）。

この報告書は、2005年9月17日ベルンにおける主委員会会合において採択された。



## 総 括

(a) 1970年代以来、防護の最適化は放射線防護の体系の基本原則の1つであった (ICRP, 1973, 1977)。この原則の定義は長い間余り変わっていないが、適用はその実際的な履行のフィードバックとともに発展してきた。当初は、定量的な技術、主に防護選択肢の費用便益の比較に焦点が当てられ、最適化プロセスは、次第に操業手順、良質な訓練、定性的アプローチを取り入れて、いっそう判断による意思決定プロセスになった。

(b) 最適化の原則は、個人線量の大きさ、被ばくする人の数、並びに、潜在被ばくの可能性を、経済的・社会的要因を考慮に入れながら、適切な線量拘束値より下で合理的に達成可能な限り低く保つための線源関連のプロセスとして、委員会によって定められている。委員会の改訂基本勧告によれば、拘束値より下での最適化のこのプロセスは、いかなる被ばく状況、すなわち計画被ばく、緊急時被ばく、及び現存被ばくにも適用されるべきである。

(c) 最適化の原則 (ICRP, 1983, 1988) と特に関連している委員会の勧告及び *Publication 60* (ICRP, 1991) に与えられているこの原則についての規定は、今なお有効である。最適化は、対策の必要性 (プロセスの組立て) を確認するための被ばく状況の評価、被ばくを合理的に達成可能な限り低く保つための可能な防護選択肢の同定、現在の事情の下での最良選択肢の選択、効果的な最適化プログラムを通して選択された選択肢の履行、及び現在の事情が是正と防護の措置の履行を必要とするかどうかを評価するための被ばく状況の定期的な再検討を伴う、継続的かつ循環的なプロセスを通して履行されなければならない。しかしながら、最適化プロセスが履行されるべき方法は、我々の現代社会における個人の公平性、安全文化、及び利害関係者 (stakeholders) の関与の増大している役割を反映して、今日ではより広く考えられている (ICRP, 1998, 1999)。

(d) この報告書に述べられている最適化の原則は、この原則に関する委員会勧告の統合と展開であって基本的な変更ではない。この報告書は、別に扱われる患者の被ばくを除いて、放射線被ばくが管理できるすべての被ばく状況を扱う。

## プロセスの特徴

(e) 防護の最適化は、被ばくが生じる前にそれを防ぐことを目的とした、前向きな反復プロセスである。それは、技術的及び社会経済的な発展の両方を考慮に入れた継続的なもので、また、定性的及び定量的な判断を必要とする。このプロセスは、すべての関係のある側面が考慮されることを保証するために、体系的で慎重に構築されたものであるべきである。最適化とは、現在の事情の下において最善が尽くされてきたかどうかを常に問い続ける心構えである。

それはまた、適切な手順と資材及びすべての関係組織のあらゆるレベルにおける関与も必要とする。

(f) 防護選択肢を評価するためのプロセス、及び、それ以上の線量低減は合理的でないと判断するためのプロセスは、個人とグループに対する計画された線量又は可能性のある線量を減少させるために、多くの実行可能な防護選択肢の比較を含むべきである。被ばくのレベルと含まれる複雑さを考慮に入れるためには、ある段階的なアプローチが必要である。その判断的な性格のゆえに、最適化プロセスには透明性が強く求められる。この透明性は、情報に基づく意思決定を目指して、すべての関連情報が関係者たちに提供されること、並びに、意思決定プロセスのトレーサビリティが適切に文書化されることを前提としている。

(g) 環境への放射性排出物を管理するために、「過度の費用を伴わない、利用可能な最良の技術」(best available technology, not entailing excessive costs, BATNEEC) の原則が用いられることがある。最適化とBATNEECの原則は相互に補完する。残存する被ばくの管理は、人の健康に対する結果を目的として、推定された放射線量の最適化によって推進されるであろう。

(h) 最適化プロセスを履行するための責任を明確にするため手順が必要である。運用のレベルでは、結果として生じる組織上の構成が最適化だけに貢献するか否かにかかわらず、調整者、作業グループ又は委員会を含む、ある運用に含まれる専門領域間の対話を体系化するために組織構造を確立すべきである。

(i) 最適化の効果的な履行を可能にする、当局から被ばくした個人に至るすべての関係者の関与は、以下のことを暗に示している：

- 規制への最適化の取り入れ、それを実行する意欲、並びに、対話と管理の間に適切なバランスのある指針の提供【当局】；
- 放射線に関する方針の明確化、一般的な目標の設定、手順の開発と実行、責任の委譲、手段と資材の割り当て、並びに放射線防護専門職の操業からの独立の維持【操業管理者】；
- 情報の共有、慎重な姿勢の維持、教育と再教育、並びに放射線防護の意識の高揚【個人】。

(j) 利害関係者(stakeholders；すなわち、ある状況に興味や関心がある関係者たち)の関与は、最適化プロセスへの重要なインプットと見なされる。それは、意思決定プロセスへの価値の取り込み、決定の実質的な質の改善、競合する利益間の対立の解消、作業者と公衆の両方による共通の理解の構築、並びに機関における信頼の構築を達成するための、実績のある手段である。更に、すべての関係者たちを関与させることは安全文化を強化し、より効果的で持続可能な決定を成し遂げるために必要な放射線リスク管理に必要とされる柔軟性を導入する。

(k) 意思決定者(一般に、操業管理者又は規制当局)は、最適化プロセスの中で明確に定められた役割と責任を持つ。その他の個人やグループもまた利害関係者と見なすことができる。例には、意思決定プロセス(認定された線量計測サービス、有資格専門家、公式の技術サービス、公的専門家組織、民間研究所)、被ばくした個人(作業員又は公衆の構成員のいずれか)又は彼らの代表者たち(労働組合、地元団体)、並びに、選出のプロセス(選出された代表者たち)又は参加のプロセス(環境団体)のいずれかによる、社会を代表する人々への制度的／



非制度的な技術支援が含まれる。利害関係者の関与は、操業管理者及び／又は当局が最終決断を下す責任、あるいはその決断に対する説明責任を放棄することを意味するものではない。

(l) 最良選択肢は、常に被ばく状況に特有のものであり、その事情の下で達成できる最高レベルの防護を表す。それゆえ、それ以下では最適化プロセスを停止すべきである線量レベルを先験的に決めることは適切ではない。被ばく状況によっては、最良選択肢は適切な拘束値に近いかあるいははるかに下回ることがあり得る。これは、最適化プロセスが放射線防護のシステムに“入門レベル”として提案できるいかなるレベルよりも低い線量をもたらすかもしれないことを意味する。

(m) 最適化は最小化ではないことを強調すべきである。それは、被ばくによる損害（経済的、人的、社会的、政治的等）と個人の防護のために利用できる資材とのバランスを慎重にとる評価の結果である。したがって、最良選択肢は必ずしも最低の線量を伴うものではない。

## 最適化と被ばく分布

(n) 防護選択肢の比較は、被ばく集団のグループ中における個人被ばく分布の特徴に対する注意深い考察を必要としなければならない最適化プロセスの重要な特徴である。ある線源によって影響を受けた集団の各グループは、例えば個人線量の平均、最小、及び最大や、被ばくした個人の数、集団線量、及び潜在被ばくの可能性といった様々な被ばくパラメータのみならず、年齢、性別、及び習慣のような種々の属性によって記述することができる。しかしながら、たった1つの被ばくパラメータでは、様々な防護選択肢を完全に比較するには一般に不十分である。

(o) 防護選択肢の比較において考えられる追加的な側面は、社会的価値、特に、関係する個人のグループにおける被ばく分布の公平性である。例えば、作業グループに対する様々な防護選択肢は、同様の似たような個人線量や集団線量の平均によるより、むしろ種々の線量分布のプロフィールによって特徴付けられるかもしれない。このような比較においては、公平性を考慮することは、ほとんどの場合、最も高い個人被ばくを伴う防護選択肢を捨てることにつながるであろう。

(p) 被ばくが大きな集団、広大な地理的領域、並びに長い期間にわたって起こるとき、集団実効線量の総和（すなわち、時間と空間におけるすべての個人被ばくの合計）は、それが過度に情報を集約してしまうかもしれず、また防護対策の選択に対して誤りを招くかもしれないので、意思決定支援の有用なツールではない。集団線量に付随する制限を克服するためには、個々の事情に対して関係する集団中の被ばく分布を最もよく表す個人の特徴と被ばくパラメータを確認するためにそれぞれの関連する状況を慎重に分析しなければならない。このような分析の結果、集団線量を最適化プロセスの中で計算することができる均一な特徴を備えた様々な集団グループが同定される。

(q) 関連する集団グループの同定には、最適化プロセスの組立てに用いられたのと同じア

アプローチを用いることができる。これには、いつ、どこで、誰が被ばくしたのかを尋ねることが含まれる。このような質問の結果は多次元集団線量マトリックスの中で示されるかもしれない。ひとたびこのマトリックスが確立されれば、マトリックスのそれぞれの要素（集団線量として表現されている）の相対的な重要性は、経済的及び社会的な考慮と価値だけでなく、最適化プロセスに含まれる人々の好みも反映するように重み付けすることができる。

### 操業と規制における最適化の適用

(r) 放射線防護体系の中では、操業者と適切な国の当局の両方が最適化原則の適用に関する責任を有する。防護の最適化プロセスの履行は、当局の要件に従う操業管理者の責任である。操業管理者は、最適化プロセスの設計、組織化、及び継続中の履行に関して決定を下す。当局は、操業するための許認可が（そのような制度があれば）与えられるようなレベルに達する手段としての最適化を促進し、また要求するかもしれない。当局はまた、放射線防護の最適化が操業の間効果的に履行されることを検証するかもしれない。この履行の立証責任は操業管理者にある。被ばくを生じる活動あるいは被ばくを低減する手段の履行とそれに含まれる残存線量の認可の決定は当局にかかっている。積極的な安全文化は、操業管理者と当局の両方による最適化の適用の成功を支援する。

(s) 最適化のすべての側面は体系化できない。最適化は結果よりも手段についての義務である。規則違反のケースを除いては、特別の状況に対する特定の結果に焦点を合わせるのではなく、むしろプロセス、手順、及び判断に焦点を合わせることが当局の役割である。当局と操業管理者の間に熱心な対話が確立されなければならない。規制は、このような対話を構築するように設計された指針を提供すべきである。最適化プロセスの成功は、この対話の質に強く依存するであろう。

# 1. 緒 論

(1) 委員会により勧告された放射線防護体系の基本要件は、被ばく状況が通常\*、緊急時、又は現存のいずれであれ、線源関連の線量拘束値より下で達成される防護のレベルを最適化すること（拘束値未満の最適化）である。

(2) 歴史的には、防護の最適化は1970年代以来、放射線防護体系の基本原則のうちの1つであった（ICRP, 1973, 1977）。この原則の定義は長期にわたって余り変わっていないが、その適用はその実際的な履行のフィードバックとともに発展してきている。定量的技術、主に防護選択枝の費用便益の比較に焦点を合わせることに始まり、最適化のプロセスは次第に、操業手順、優れた実践、及び、いっそう判断による意思決定プロセスになるような定性的アプローチを組み入れていった。

(3) 委員会は、最適化の原則に特に関連した勧告を含む2つの報告書を刊行した（ICRP, 1983, 1988）。これらの報告書には、作業者と公衆の防護のために様々な事情においてどのように最適化が適用されるかが記述されている。概して、これらの報告書中の情報は、特にそれが分析を行うための定量的方法に適用される場合には、今なお適切である。

(4) この報告書中で最適化の原則を提示する考え方は、この原則に関係する委員会勧告の統合と進展であって基本的な変更ではない。*Publication 60*（ICRP, 1991）で与えられている基礎的な定義はなお有効であるが、それを履行すべき考え方は、今では我々の現代社会における個人の公平性、安全文化、及び利害関係者関与の増大する役割を反映する、より広範なプロセスであると見なされる（ICRP, 1991, 1998, 1999）。

(5) この報告書は、患者の被ばくを除いて、放射線被ばくが管理できるすべての被ばく状況（すなわち通常、緊急時、並びに現存の状況）を扱う。個人線量分布の取扱い、操業管理者と規制当局のそれぞれの責任、及び最適化原則の履行における利害関係者の関与の機会に対して、特別な注意が向けられている。更に、この報告書は、決定の組立て、決定支援、及び最適化プロセスの履行における意思決定の、それぞれの役割を明らかにする。

(6) 2章では、最適化原則の基礎と発展に関する背景情報を提供する。最適化プロセスの特徴は3章で記述される。4章では最適化プロセスにおける被ばく分布の役割を扱う。最後に、5章では操業と規制における最適化の適用に関する情報を提供する。この文書には、最適化プロセス履行のための意思決定支援技術に関する付属書を補足してある。

---

\*〔訳注〕 “通常被ばく状況” はその後、2007年勧告において“計画被ばく状況”と呼ばれている。

## 2. 最適化の原則の歴史

### 2.1. 原則の基盤

(7) ICRP 勧告における最適化の概念の導入は、1940年代、このタイプの不可逆効果にしきい値が存在するかしないかを証明することが不可能なことと併せて、いわゆる「確率的影響」を認めたことの直接的な結果であった。確かに、確認された放射線の有害影響は確定的影響のみであったが、これらの影響の出現に対して知られた、しきい値未満に被ばく線量を制限することは、放射線によるどんな望ましくない結果をも回避するのに十分であると考えられた。確率的影響に対する線量効果関係が不確かなため、限度の使用はもはやリスクがない保証ではなくなった。このことによって委員会は慎重な態度をとり、「すべてのタイプの電離放射線の被ばくを最低限のレベルに減らすようにあらゆる努力がなされること」と勧告するようになった (ICRP, 1955, VI 項)。この見解により、20年後の委員会による最適化原則の導入は促進された。

(8) 確率的影響の管理に対するこの慎重な態度の採用は、被ばくの正当化の問題を提起した。不確かな背景の中で個人のグループにリスクを課すことは、見返りに明確な社会的便益があるときのみ正当化される。更に、もしある活動がこのような便益をもたらすのならば、次に考慮するのは、どこまでリスクを減らし、また同時に、リスクを生じる活動の存続の可能性を維持するかである。これらの考察によって委員会は、その最初の系統的な説明を言い換え、「すべての線量を実行できる限り低く保ち、どんな不必要な被ばくも避けるべきである」と勧告するようになった (ICRP, 1959, 45 項)。

### 2.2. 概念の進展

(9) 最適化の原則における次の展開は、「実行できる限り低く」と考えることのできる被ばくレベルを決定するための規準の入念な作成であった。この規準は *Publication 9* で導入され、これらは以前の勧告の新しい定式化の中で次のように述べられた：「どんな被ばくでもある程度リスクを伴うことがあるので、委員会は、経済的及び社会的な考慮を計算に入れたうえ、いかなる不必要な被ばくも避けるべきであること、及び、すべての線量を容易に達成できる限り低く保つべきであることを勧告する」 (ICRP, 1966b, 52 項)。*Publication 9* にはまた、リスクは個人と社会の2つの側面があり、提案されている活動の便益とバランスさせなければならないと述べている。更に、被ばくを「容易に達成できる限り低く」保つ目標は、この目標を達成するために必要な努力とバランスさせなければならない。

(10) 原則の進展におけるもう1つの重要なステップは*Publication 22* (ICRP, 1973) で、*Publication 9*の前記の記述の明確化に専ら傾注されていた。特に、委員会は実際に原則の履行を支援するために、費用便益モデルを導入した。*Publication 22*のキーポイントは、「ある線量をもっと低減することの経済的及び社会的な利得が、この低減を達成するための経済的及び社会的な費用と等しいように線量を選ぶことによって、この線量が経済的及び社会的考慮を計算に入れたうえ、容易に達成できる限り低いものだと言えるような点を決めることは可能である」という記述である (ICRP, 1973, 11項)。

(11) 更に、リスクの低減に充てる努力に関する委員会の意図をもっと正確に記述するために、“容易に”という副詞は“合理的に”に置き換えられた (ICRP, 1973, 20項)。1964年に委員会により刊行された、低線量及び低線量率の被ばくに関連した身体的リスクと遺伝的リスクの大きさの最初の推定値が利用できるようになったため、このようなアプローチが可能になった (ICRP, 1966a)。1単位当たりの被ばくに由来するリスクの値は、「ある放射線量から被る害の期待値」という数学的な表現で定義される損害の概念の発展を可能にした (ICRP, 1973, 21項)。この概念は、線量の低減が合理的かどうかを決定するための費用便益モデルの基本的な要素の1つとなっている。

(12) *Publication 26* (ICRP, 1977)の中で、この記述に1つの小さな変更が取り入れられ、“考慮”という言葉が“要因”に置き換えられた。表2.1に過去数十年にわたる“合理的に達成できる限り低く—ALARA”の言葉遣いの進展の要約を示す。

表2.1. 防護原則の進化

被ばくを減らすために	可能なレベル	最低に		(ICRP, 1955)
被ばくを保つために	実行できる限り	できるだけ低く		( <i>Publication 1</i> ; ICRP, 1959)
被ばくを保つために	容易に達成できる限り	できるだけ低く	経済的・社会的考慮を勘案して	( <i>Publication 9</i> ; ICRP, 1966b)
被ばくを保つために	合理的に達成できる限り	できるだけ低く	経済的・社会的考慮を勘案して	( <i>Publication 22</i> ; ICRP, 1973)
被ばくを保つために	合理的に達成できる限り	できるだけ低く	経済的・社会的要因を勘案して	( <i>Publication 26</i> ; ICRP, 1977)

(13) 十年以上の間、*Publication 22*に示されていた費用便益モデルは、公衆被ばくと職業被ばくの管理に最適化を組み入れるための、すべての方法論的かつ実際的な進展の基礎をなす概念であった。次の重要なステップは*Publication 37* (ICRP, 1983)で、それは費用便益モデルの数学的表記、及び施設の設計と操業におけるその実際的な使用に向けられた。

(14) 最適化の実際的な履行に関与した人々にとって、厳格な費用便益アプローチにおいて具体化されたパラメータよりもっと多くのパラメータにより意思決定が推進されたことは、まもなく明らかになった。追加の要因を組み入れる最初の試みは、余り厳格でない意思決

定支援技術の開発，特に複数の因子の得点とランキングに基づいたものであった。第2のアプローチは，ALARAに取り組む操業者を支援するための手順の開発であった。

(15) この2つの努力は1988年に委員会により採択された*Publication 55*に反映された。この刊行物は理論的な開発と数学的な定式化を適用し続けてきたが，放射線防護とより実際的なアプローチに関連する意思決定のプロセスに対して，さらに広い視野を目指して開発も始めた。例えば，これには次のように述べられている：「防護の最適化の概念は，もともと実的なものである。最適化は，…その状況下で達成しうる最善のものを得るため，他の要因及び制約の存在のもとで，防護に投じる資源と得られる防護のレベルとの何らかのバランスを持たせることが適当である」という考えの基本的枠組みを与える (ICRP, 1988, 8項)。

(16) この概念の更なる進展はわずか2年後に採択された1990年勧告の中にある。この刊行物において，委員会は，最適化プロセスを履行するときに，「受ける場所の確定できない個人線量，被ばくする人数及び被ばくを招く可能性の大きさ」を考慮に入れる必要性を明らかにした。更に，社会を通じた便益と損害の一樣でない分布によって生じる公平性の問題が強調された。この観点で，「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じるかもしれない」ことが認識された (ICRP, 1991, 121項)。委員会は，「最適化手順の中で考察される選択肢の範囲を制限するために用いられる，線源関連の個人線量の値」として線量拘束値の概念を導入することによりこれらの考えを扱ったが，行為のみに利用を勧告し，介入には勧告しなかった (ICRP, 1991, 144項)。この刊行物では，厳密な費用便益モデルを超えて，合理的に達成できる限り低く被ばくを保つために，非公式のプロセスと実際的な手順の重要性を委員会が強く主張したことも注目に値する。

## 2.3. 最近の発展

(17) *Publication 60* 以来，いくつかの刊行物が様々な状況におけるその適用に関連した最適化に関する新しい要素を導入した。例えば，*Publication 63*は放射線の緊急事態における公衆の防護のための介入に関する諸原則について，事故の影響を緩和するための防護対策を設計する際の最適化の重要な役割を強調した。最適化の原則はまた，作業者の防護をテーマにした*Publication 75* (ICRP, 1998)の主な焦点である。この刊行物における発展は，作業における防護に対する最適化の実際の履行において，管理者の手配の重要性，特に職場の安全を基本とする姿勢への明確な関与を強調した。放射性廃棄物の処分に対する放射線防護の方針を取り扱った*Publication 77* (ICRP, 1997)において，委員会は最適化の原則が批判的な本質を持つことを繰り返して述べ，非常に長い時間にわたって広がった小さな個人線量を扱う防護選択肢の比較を目的とした集団線量の概念の誤用の可能性を強調している。長寿命の固体放射性廃棄物の処分を扱った*Publication 81* (ICRP, 1998)において，委員会は1970年代と1980年代の間に開発された定量的アプローチを超えるよう勧告し，より広い考え方の採用を提唱している。

(18) *Publication 82* (ICRP, 1999)の中で，この方向でのもう1つの重要な動きが，長期の

放射線被ばく状況における公衆の防護について委員会によりなされている。この刊行物で委員会は、被ばくレベルと関連する健康リスクの客観的な評価と、種々の被ばく状況の関連する属性に基づいて、放射線防護についての勧告を提供すると繰り返して述べている。しかしながら委員会は、防護のレベルについての最終決定に通常影響する社会政治学的及び文化的な考慮が現実的であることも認めている。結果として委員会は、意思決定プロセスが「放射線防護に直接関係がある属性以外の属性を考慮に入れることがある」こと及び「放射線防護専門家だけでなく、関連した利害関係者の参加が含まれるであろう」と予想している（ICRP, 1999, 4項）。

(19) これらの勧告に続いて、国レベル及び国際レベルでの実際的な経験の分析により、放射線防護の意思決定プロセスにおけるより多くの利害関係者の関与に伴った課題、意味合い、及び便益のより良い理解が可能になった（NEA, 1998, 2001, 2004）。その結果、委員会は現在、利害関係者の関与が最適化プロセスの重要なインプットであると考え。なぜなら、それはいっそう効果的で持続可能な決定を達成するために必要な放射線リスクの管理において必要とされる柔軟性を導入するからである。

### 3. 最適化のプロセス

(20) 放射線防護の最適化の原則は、委員会により、経済的及び社会的な要因を考慮に加えた上、個人線量の大きさ、被ばくした人の数、及び潜在被ばくの可能性を、適切な線量拘束値より下で合理的に達成可能な限り低く保つための、線源関連のプロセスと定義されている。

(21) 単一の線源あるいは関連する線源グループ全体の単純で正式な定義を与えることはできない。拘束値未満での最適化の適用の中で、「単一線源」という用語は、例えば病院におけるX線装置、又は施設からの放射性物質の放出のように、広い意味で使われるべきである。ほとんどの状況は、どんな1人の個人あるいは代表的個人の被ばくにとって、被ばくの1つの主要な源になり、行動を考慮する際、線源を別々に扱うことが可能になる。操業管理者と規制者が共に委員会の幅広い方針を適用するならば、単一線源の定義は簡単である。例えば、防護対策の必要を避けるために1つの線源を人工的に分割したり、あるいは対策の必要性を誇張するため過度に線源を集合させることにより方針が歪曲されると、問題が起こるのである。

(22) 広く存在している事情の下で（通常、緊急時あるいは現存の制御可能な被ばく状況で）最良の防護を提供するためには、拘束値未満でのこのプロセスは、継続的で循環するプロセス（いわゆる最適化プロセス）を通じて履行されなければならない。このプロセスには、行動の必要を同定するための、被ばく状況の評価（プロセスの組立て）；合理的に達成できる限り低く被ばくを保つための可能な防護選択肢の同定；現在の事情の下における最良選択肢の選択；効果的な最適化プログラムを通して選ばれた選択肢の履行；そして、現在の事情が是正のための防護対策の履行を必要とするかどうかを評価するための、被ばく状況の定期的見直しが含まれる。

(23) 防護の最適化原則の履行は、成功した放射線防護プログラムの核心にあるプロセスである。それは、被ばく状況に関連する属性を考慮に入れるために注意深く構成されなければならない。更に、被ばく状況に見合った利害関係者の関与を含むべきである。委員会は、*Publication 82* (ICRP, 1999) で導入されたこれらの2つの特徴は、最適化プロセスの重要な構成要素であると考えている。

#### 3.1. プロセスの構成

(24) 目的は、その事情の下で最良の防護選択肢を選択するために必要な、関連する属性を明確にそして系統的に特定することである。この点に関して、被ばくの分布（すなわち、個人線量、平均線量、被ばくする人の数）の特徴は、考慮すべき属性のほんの一部である。

(25) 関連する属性を特定するための最も簡単なアプローチは、「いつ、どこで、どのよう



に、そして誰が被ばくしたか」と尋ねることである。これらの質問に答えることは、被ばく集団と彼らの被ばくの特徴、並びに、その状況に関連する技術的、経済的、社会的、環境の、そして倫理上の考慮を表す属性のセットを結果としてもたらずであろう。事故又はあらゆる潜在被ばく、グループ間の被ばくの移動、及び長い期間と遠距離にわたる集団の被ばく分布を回避することに注意を払うよう、委員会は勧告する。多くの状況について、立案のプロセスに利害関係者が参加することは、関連する属性の同定を支援する助けとなる。

(26) 最良の防護選択肢の選択で考慮すべき有用な属性の代表的なリストを表3.1に示す。このリストは完全なものではなく、被ばく状況の具体的な事情によっては、他の側面が含まれる必要があるかもしれない。一方、リストは完全ではないが、それは与えられた状況に関連する余りにも多くの属性を含むことがある。多くの状況では、限られた数の属性で十分であろう。それゆえ、重要な選択肢を適切に扱うためには、各々の状況に対して、関連する属性のケースごとの選択が求められる。被ばく状況と関係する、より広範囲の属性のスペクトルを考慮することは、その状況の包括的な評価のために重要である。

表3.1. 最良の防護選択肢を選ぶための代表的な属性（不完全なリスト）

被ばく集団の特徴	社会的考慮と価値
性	公平性
年齢	管理能力（測定、健康監視等）
健康状態	持続性
感受性の高いグループ（例えば妊婦）	世代間の考慮
習慣	個人の便益
被ばくの特徴	社会の便益
被ばくの時間的空間的分布	被ばくした人の持つ情報 / 知識のレベル
個人の数	社会の信頼
最小個人線量	環境の考慮
最大個人線量	動植物相へのインパクト
平均個人線量	気候へのインパクト
統計偏差	放射線以外の危険要因
個人線量の範囲に関連する集団線量	防護選択肢に対する技術的、経済的考慮
潜在被ばくの可能性	実行可能性
以前から存在する放射線の状態（例えば、高い自然バックグラウンド、過去の活動又は事故により増加した被ばくレベル）	コスト
	不確実性
	政治的側面
	規制上の拘束

## 3.2. プロセスの特徴

(27) 防護の最適化は、被ばくが生じる前にそれを防ぐことを目的とした、前向きな反復プロセスである。それは、技術的及び社会経済的な発展の両方を考慮に入れた継続的なもので、また、定性的及び定量的な判断を要求する。このプロセスは、すべての関係のある側面が考慮

されることを保証するために、体系的にまた慎重に構築されたものであるべきである。最適化とは、現在の事情において最善が尽くされてきたかどうかを常に問い続ける心構えである。それはまた、適切な手順と資材及びすべての関係組織のあらゆるレベルにおける関与も必要とする。

(28) 防護選択肢を評価し、そしてこれ以上の線量低減は合理的でないと判断するためのプロセスは、個人及びグループに対する計画された又は潜在的な線量を減らすことが可能な多くの防護選択肢の数の比較を含むべきである。放射線源から個人又はグループを防護するためにとられる方策は、その線源、線源と個人との環境、あるいはその個人に対して適用することができる。可能であれば、線源に適用される管理が望ましい。このような方策は余り混乱を起こさず、それらはどんな線源に対してもすべての個人のすべての経路に適用される。それと対照的に、環境あるいは個人に適用される管理はすべてを包括しないことがある。更に、少なくとも公衆被ばくに関しては、線源関連の方策に予想外の社会経済学的な意味合いはなさそうである。

(29) 防護の最適化は、“ゆりかごから墓場まで”長期の展望を持つことが必要な系統的なプロセスであり、例えば、施設の設計段階中の最適化は、廃止を含むそれに続くその施設の操業のすべての段階についてもまた考えなければならない。通常状況及び現存状況では、制御可能な線源に対するプロジェクトの設計段階の間に多くの防護が組み込まれるが、その際しばしば工学的制御の選択について選択肢が評価される。防護の最適化のプロセスは、操業と閉鎖の段階の間、継続しなくてはならない。緊急時状況では、計画段階において防護の選択肢を特定し、適切なレベルの拘束値を選択するために最適化が使われるべきである。緊急時の間、最適化のプロセスは、実際の事情を考慮に入れるために柔軟なやり方で適用されるべきである。現存の制御可能な状況では、最適化は一般に長期間にわたって継続できる段階を追ったアプローチを通して履行される（例えば事故後の状況、ラドン低減プログラム）。最適化プロセスは、広範囲の定性的及び定量的な方法と手段を内蔵している。それらのいくつか、例えば測定、モデル、チェックリスト、リアルタイムソフトウェア、（作業現場での）実地の分析、作業用の線量計測システム、放射線学的な性能目標、文書の作成、データベース、意思決定支援の技術、及び人・シーベルトの標準的金銭価値などが一般に使われ、*Publication 37*と*55*（ICRP, 1983, 1988）で提示された。定量的な方法は意思決定プロセスに貴重なインプットを提供するかもしれない。しかしながら、定性的な因子が多いことから、それらは決して唯一のインプットであるはずはない（付属書Aを参照）。不確実性、近似、実利的関心、技術的及び経済的な制約、又は矛盾する社会的価値によって、定性的判断にもとづくアプローチもまた必要である。多くの状況において、このようなアプローチは、定量的なデータに頼る意思決定支援技術に基づくアプローチの補完に役立つかもしれない。特に意思決定支援プロセスでは、適切な利害関係者の関与は、有効なインプットとしてますます認識されつつある（3.3節参照）。

(30) 最適化プロセスは、与えられた状況を扱うのに必要な限り入念なものであるべきである。被ばくのレベルと含まれる複雑さとの両方を考慮するために、段階的アプローチが必要

とされる。多くの被ばく状況については、しっかりした方法、手段及び専門的な技能を使って、意思決定は容易にできる。しかし、経済的、社会的及び政治的な考慮が支配的なときには、比較的低いレベルの被ばくに関連する防護の意思決定に到達するのに、複雑で長く続くプロセスがときに必要となることを、過去の経験は示している。

(31) 操業の間、防護の最適化のプロセスもまた進行し、そして被ばくの前、間、及び後に十分な対処がなされたか否かに関して、問題が提起される。図3.1に示すように、最適化プロセスは循環的である。再検討は規則的な時間間隔で計画され、履行されることが不可欠である。過去の実績、線量（あるいは他のデータ）のトレンド分析、内部監査の結果、ピアレビュー、事故報告書、及び、学んだ教訓のすべてがこのプロセスに送込まれる。選ばれた選択肢が履行されるとき、結果が予想されたものとは違うことを再検討が示すかもしれない。このような事情では、新しい評価サイクルが必要かもしれない。防護の選択肢が合理的であるかどうかを判断するために使われる方法も、時間とともに変化する可能性がある。

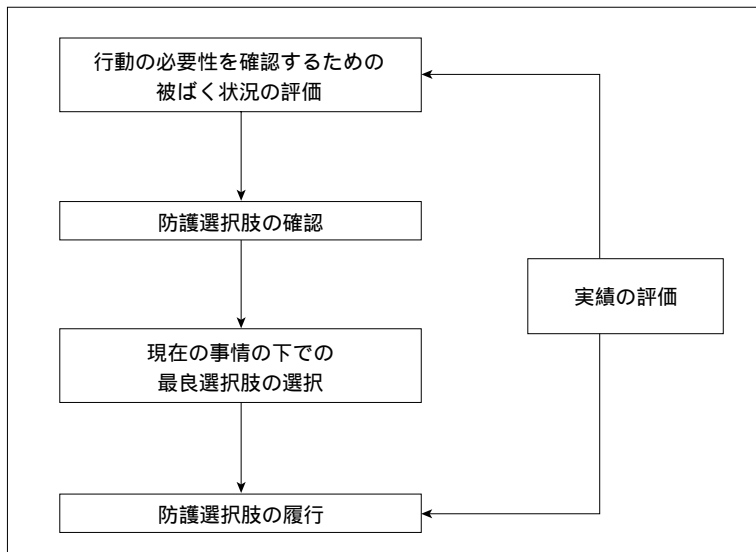


図3.1. 最適化プロセスの概略図

(32) どんな最適化プロセスについても、技術的な実施可能性、コスト、社会的要因、潜在的な悪いインパクト、長期の有効性、及び公衆又は作業者の懸念のような多くの属性、並びにそれらの相対的な重要度を考慮に入れて、放射線防護に関する数多くの意思決定をする必要がある。このような意思決定は、行動が本当に必要であるかどうか、どの選択肢が最も有効でかつ効率的であるか、また、どんな資材がその請け負った仕事を完成するのに合理的であるかを含んでいる。

(33) 最適化は心構えである。そのプロセスの効果的な履行は、関与するすべての利害関係者が放射線防護の基本的仮定を知り、かつそれに同意することが必要である。どんなレベルの被ばくもリスクを誘発できると認識することは、最適化プロセスに関与するすべての人々が

その効果的な履行に責任があることを保証する動機であるべきである。更に、彼らは活動的な安全文化を固く守るべきであって、その重要な属性は、「個人的な献身、安全思考、及び本質的に疑問を投げかける態度……」である。良い慣行はそれ自体、安全文化の必須の要素であるが、機械的に適用するならば十分ではない。用心深さ、正当な思考及び完全な知識、健全な判断と説明責任の正しい知識を備えて、安全に重要なすべての義務が正しく実行されるように、良い慣行の厳しい履行以上のことをする要件が存在する。」(IAEA, 1991)。

(34) 判断によるというその性質上、最適化プロセスには透明性が強く求められる。プロセスの中に入るすべてのデータ、パラメータ、仮定及び数値は公開され、そして非常にはっきりと定義されなくてはならない。この透明性は、すべての関連情報が関係者に提供され、意思決定プロセスのトレーサビリティは、十分な説明を受けた上での決定を目指して、適切に文書化されることを前提としている。

(35) 環境への放射性物質排出管理のために、BATNEECの原則が使われることがある。最適化とBATNEECの原則は互いに補完する。人の健康への結果を視野に入れ、残存する被ばくの管理は推定された放射線量の最適化によって推進されるであろう。廃水の放出管理に関して、あるいは人が直接影響を受けないか又は主要な防護目標ではない状況においては、最適化は一般にBATNEECを適用するであろう。リオ会議(UN, 1992)以来、国際的な環境政策策定の中心的な組織化の原則である持続可能な開発は、非放射線領域でのBATNEEC技術に向けた健康主導の排出基準を超え、発生源において廃棄を減らすか、あるいは、実際的なならば、排出をなくすことに焦点を当ててきている。このアプローチは、健康への影響／影響の確率の低減においてよりも、むしろ排出削減への防護目的に焦点を合わせて、施設と操業にますます適用されている。社会的要因と経済的要因を十分考慮したBATNEECの概念は、合理的に達成可能な限り低く線量を保つという委員会の勧告(ICRP, 1997, 1998)に近い。

(36) 最適化プロセスの履行に対する責任を明確化するためには手順が必要である。操業レベルでは、結果としての組織構成が最適化だけに専念するか否かにかかわらず、コーディネータ、作業グループ、又は委員会を含む、ある操業に関わる専門領域間の会話を体系付けるために、組織構成を確立すべきである。

(37) 終わりに、最適化の効果的な履行は、当局から被ばくした個人までに及ぶすべての関係者の関与を必要とする。この関与を保証するために必要な要素には次のものを含む：

- 最適化の規制への取り入れ、それを実行する意欲、及び、対話と管理の間に適切なバランスのある指針の提供【当局】；
- 放射線に関する方針の明確化、一般的な目標の設定、手順の開発と実行、責任の委譲、手段と資材の割り当て、及び放射線防護専門職の操業からの独立の維持【操業管理者】；
- 情報の共有、慎重な態度の維持、教育と再教育、及び放射線防護の意識の高揚【個人】。

これらの規定の履行における個別の責任は、6章にもっと詳しく説明する (IAEA, 2002)。

### 3.3. 利害関係者の関与

(38) *Publication 82* (ICRP, 1999) で委員会により導入された、ある状況について利害と関心を有すグループを意味する利害関係者 (stakeholders) の関与は、最適化プロセスへの重要なインプットと見なされる。意思決定者 (一般に操業管理者又は管轄官庁) は、このプロセスで明確に定められた役割と責任を持つ。その他の個人とグループもまた利害関係者と考えることができる。例としては、被ばくした個人 (作業員又は公衆の構成員のいずれか)、又は彼らの代表 (労働組合、地方の団体)、意思決定プロセスへの制度化されているか又は制度化されていない技術支援 (認定された線量計測サービス、有資格専門家、公的技術サービス、公共専門家組織、民間研究所)、及び選出のプロセス (選出された代表者) 又は参加のプロセス (環境団体) のいずれかによる社会の代表者が含まれる。

(39) 利害関係者の関与は、意思決定プロセスへの価値の組み込み、意思決定の実質的な質の改善、競合する利害間の争いの解決、作業員と公衆双方の共通の理解の構築及び、諸機関における信頼の構築を達成する実績のある手段である。更に、すべての関係者を関与させることは、安全文化を強化し、もっと効果的で持続可能な意思決定を達成するために必要な放射線リスクの管理に必要とされる柔軟性を導入する。意思決定プロセスの枠内での防護選択肢の確認のみならず、被ばく状況の属性とそれらの相対的な重要性の確認に、利害関係者は特に役立つかもしれない。

(40) 利害関係者の関与の程度は状況によって変わるであろう。事情によるが、最適化プロセスのあらゆる側面又は段階で、すべての利害関係者あるいはそのタイプの人の参加は必要ないかもしれない。多くの放射線防護上の意思決定は、複雑なものあるいは社会的な議論を起こすものではないであろうし、したがって広範囲の利害関係者の関与を必要としないであろう。利害関係者の関与を進展させる特有のアプローチがない一方で、経験は増えつつある。利害関係者を意思決定プロセスに結び付けるプロセスを構築するために、種々の方法が異なった領域で展開されてきた。そのスペクトルは、一方の端で古典的な協議のプロセス、またもう一方の端で第三者の援助があるか又は援助がない構造化された合意形成技術をカバーしている (Beierle, 2002 ; NEA, 2004)。

(41) 利害関係者の関与は、操業管理者及び／又は当局がその最終決定をする責任、あるいはその決定に対する説明責任を放棄することを暗に意味するものではない。意思決定に対する最終責任の問題は、意思決定の構成と最適化プロセスの履行の共通のステップの間にあいまいにされてはならない。防護のための解決策の妥当性に関する「最終決定」の責任は、最終的には操業管理者及び／又は当局にある。

### 3.4. 最良選択肢の選択

(42) 最良選択肢は、常に被ばく状況に特有のものであり、その事情の下で達成できる最高レベルの防護を表す。それゆえ、それ以下では最適化プロセスを停止すべきである線量レベルを先験的に決めることは適切ではない。被ばく状況によっては、最良選択肢は適切な拘束値に近いあるいははるかに下回ることがあり得る。これは、最適化プロセスが放射線防護のシステムに“入門レベル”として提案できるいかなるレベルよりも低い線量をもたらすかもしれないことを意味する。

(43) ある場合には、技術的・経済的・法律的、又は社会的な事情が、以前に合意された最適化の解決法を変えるかもしれない。例えば、新技術の導入、公衆の関心の高まり、あるいは防護のための新しい資材の入手は、その状況を再び取り上げ、新しい防護選択肢を履行し、そしておそらく、新しいエンドポイントの設定をする動機になるであろう。このような変更は、建物に対する建築基準と防火規則の領域で行われていたように、ケースバイケースで扱われるべきである。

(44) 最後に、最適化は最小化ではないということを強調すべきである。それは、被ばくから来る損害（経済、人間、社会、政治などの）と、個人の防護のために利用できる資材のバランスを慎重にとる評価の結果である。したがって、最良選択肢は必ずしも最低の線量を伴う選択肢ではない。

## 4. 被ばくの分布

(45) 防護選択肢の比較は、被ばく集団のあるグループ中における個人被ばく分布の特徴の注意深い考慮を伴わなければならない最適化プロセスの重要な特色である。ある線源によって影響を受ける集団の各グループは、年齢、性、習慣等のようないろいろな属性、並びに、個人線量の平均、最小及び最大、被ばくした個人の数、集団線量、及び潜在被ばくの可能性のような、様々な被ばくパラメータによって記述することができる。しかしながら、1つの被ばくパラメータでは、一般に、様々な防護選択肢を完全に比較するのに全く不十分である。

(46) 防護選択肢の比較において考えるべき追加の側面は、社会的価値、特に関係する個人のグループ中の被ばく分布の公平性である。例えば、作業者グループに対する様々な防護選択肢は、似通った平均の個人線量及び集団線量、しかし異なった線量分布のプロフィール、によって特徴付けられるかもしれない。このような比較においては、ほとんどの場合、公平性を考慮することが、最も高い個人被ばくをもたらす防護選択肢を棄てる原因となるであろう。

(47) 職業被ばく状況では、作業者の個人線量についての情報はほとんどの場合入手可能で、個人線量分布の評価は比較的容易である。公衆被ばく状況では、個人線量についての情報は一般に直接入手できず、代りの物を使ってのみ推定できる。例えば、モデル化された平均個人線量は、ある線源に被ばくする別の小グループについて推定することができる。このようなアプローチでは、被ばくした個人の各グループの住んでいる場所（線源からの距離）、年齢と性の分布、生活習慣（食事、レクリエーションの種類）を明確にすることが必要である。もし必要ならば、現在と将来の世代にわたる各グループの被ばくの時間的展開を推定することも可能である。

### 4.1. 集団線量の使用

(48) 最適化プロセスにおいて、防護選択肢を比較する目的でグループ内の個人被ばくの分布を特徴付ける1つの方法は、この分布に関連した集団線量の使用によるものである。この概念は、集団に対するある線源の世界的規模のインパクトを考慮する必要に応じて開発された。歴史的には、それは、核兵器実験からのフォールアウトと、原子力産業の進歩に伴う環境中への放射性物質の放出とに対する懸念から生まれたものである。1970年代にそれは、環境中の長寿命放射性核種による被ばくのコントロールされないビルドアップの制限及び最適化原則の履行に、当時提案された費用便益分析の履行を促進する基礎として役立てるため導入された(IPSN, 2002)。

(49) 集団線量は、集団のあるグループ中の線源からの放射線被ばくの尺度である。それ

は、このグループ中の個人線量の分布を積分したものである。*Publication 60*の中で委員会は、グループ中の個人の数とその被ばくグループの平均線量に乗じることによって考慮すべきであると勧告している (ICRP, 1991, 34項)。もし、集団のいくつかのグループが関与しているならば、ある線源又はある被ばく状況からの総集団実効線量は、この線源もしくはこの状況によって被ばくするすべてのグループの集団実効線量を合計したものと定義される。

(50) 職業被ばくの場合、集団線量は通常、ある与えられた期間にわたる施設の操業によるか、あるいは特定のタイプの作業に関係する総被ばく量を特徴付ける“性能指標”として用いられる。最適化プロセスにおける防護選択肢の比較の目的のためには、集団線量はいつも個人線量分布を特徴付けるのに十分というわけではない。被ばくグループ中の個人被ばくの大きさにかかなりの違いがあるときは特にそうである。このような事情においては、公平性の考慮はこの被ばく分布に関連した個人線量と集団線量の両方を勘案する必要がある (付属書A参照)。

(51) 公衆被ばくの場合、個人線量の分布が比較的均一でかつ十分明確ならば、集団線量は最適化プロセスの有用なインプットとなるかもしれない。しかしながら、線源によっては、放射線のインパクトは多かれ少なかれ地理 (局地的インパクトから地域的なものまで、またある事情の下ではもっと広い領域) と時間 (短期から中期、またはときには長期) について多かれ少なかれ拡がりがあり、また広い範囲の個人線量を占めている可能性がある。このような状況では、集団線量は経路の仮定に基づいて推定できるが、防護の決定のためのこのような集団線量推定の価値はいくらか限られている (ICRP, 1997, 1998)。

## 4.2. 時間と空間における被ばくの分布

(52) 大きな集団、広大な地理的領域、及び長い期間にわたって被ばくが起きたとき、前段で定義されたように、総集団実効線量 (すなわち、時間と空間におけるすべての個人被ばくの合計) は、それが過度に情報を統合しているかもしれず、また防護対策を選択する際に誤解を招くおそれがあるので、意思決定支援に有用なツールではない。集団線量の概念の直接的な適用は、線量分布の被ばく特性並びに線量評価に付随する固有の不確実性を覆い隠す可能性がある。更にそれは、重要な社会政治的な考慮、例えば選択肢を比較し評価するのに特に重要かもしれない公平性を考えに入れていない。

(53) 集団線量に関連する制限を克服するには、特別の事情に関わる集団内の被ばく分布を最もよく記述する個人の特徴や被ばくパラメータを同定するために、関連したそれぞれの被ばく状況を注意深く分析しなければならない。このような分析は、結果として、最適化プロセスの中で考慮すべき均一な特徴を持つ様々な集団のグループの同定につながる。特に、非常に広い範囲の個人線量に由来する集団線量は、線量分布の均一な部分に対応する一連の集団線量に分けるべきである (ICRP, 1997, 1998)。これらの集団線量に対応した集団のグループを同定するための適切な特徴が、被ばく状況に従ってケースバイケースで設定されなければならない。



(54) 最適化プロセスを組み立てるのに使われたのと同じアプローチ (3.1節参照) を、関連する集団のグループを同定するのに使うことができる。これは、いつ、どこで、誰が被ばくするかという質問を含んでいる。実例として、時間と空間にわたって広がる線量分布の場合、及び個人線量の様々な範囲についてのそのような質問の結果を図4.1に示す。結果は、三次元の集団線量マトリックスで表されている：

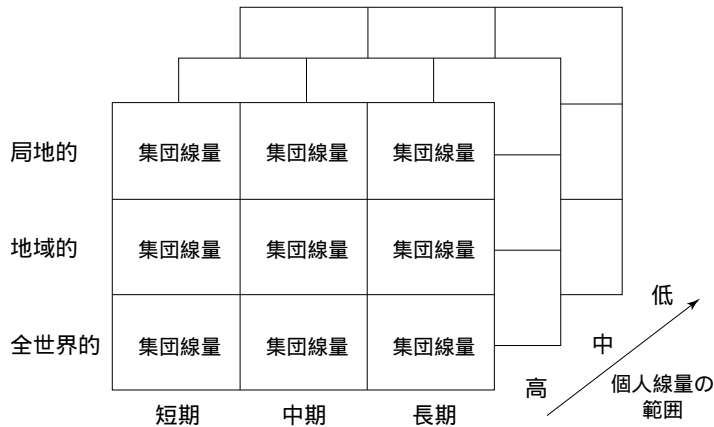


図4.1. 集団線量マトリックスの図示

- 被ばく集団の空間分布が、線源からの様々な距離、すなわち、局地的、地域的、又は全世界的に示されている；
- 被ばく集団の時間分布が様々な期間、すなわち、短期、中期、及び長期で示されている。非常に長期にわたって継続すると予想される被ばくに対しては、時間の枠は世代の連なりで示すこともできるかもしれない；
- 被ばく集団の個人線量の分布は、ミリシーベルトで表した様々な範囲、すなわち、高 (10を超える)、中 (10から1のあいだ)、低 (1より少ない) で表されている。

このマトリックスの各要素は、あるグループに関連した集団線量に対応している。もし防護の選択肢の比較に関連すると判断されるなら、年齢、性、社会・職業のカテゴリー又は特定の習慣のような他の特性が、このタイプのマトリックスで使えるかもしれない。

### 4.3. 集団線量マトリックスと意思決定プロセス

(55) いったん集団線量マトリックスが確立されると、マトリックスの各要素の相対的重要性は、経済的及び社会的な考慮と価値、並びに最適化プロセスに関与する人々の好みを反映するために重み付けすることができる。その考慮と価値の本質は、各要素に対して利害関係者が与える重要度がそうであるように、場合によって著しく変わることがある。被ばくのレベルにおける不確実性の程度と他のいかなる関連要因もまた、考慮されるかもしれない。例えば、公平性の考えを考慮するために、集団のあるグループを特徴付ける平均個人線量の大きさに基

づく各々の集団線量に、相対的な重みを割り付けることが可能である。これは、低い線量を受ける個人のグループよりも、より高い線量を受ける個人のグループにより大きな重要性を与える1つの方法かもしれない（付属書A参照）。

(56) 被ばくが起これると予測される時間によって重要性もまた割り付けられる。遠い将来に受ける被ばくには、その線量の推定とそれに伴う損害の増加に不確実性があるから、意思決定を目的とする予想被ばくの使用はますます問題である（ICRP, 1997）。したがって、線量の推定とそれに付随する損害の両方における不確実性の増加のため、遠い将来に受ける個人被ばくには、次第により低い重要度しか与えられなくなることがあり得る。線量と損害の現在の関係は、将来の集団に対してはもはや通用しないかもしれない。反対に、特定の被ばく状況では、世代間の公平性の考慮又は今までに予想されたことのない科学的証拠に基づいて、将来に起こる被ばくにもっと大きな重要性が与えられる可能性があり得る。被ばくには時間について等しく重みを付けるべきであるという、もう1つの判断があり得る。我々の知識の現状及び人口と被ばく経路を予測する能力は、数世代にわたる期間に起こる被ばくに対する意思決定に適切に貢献できる、と委員会は感じている。このような時間枠を超えたならば、予測線量は意思決定に重要な役割を演じるべきでないと委員会は勧告する。

## 5. 操業と規制における最適化の適用

(57) 放射線防護体系の中では、操業者と適切な国の当局の両方が最適化の原則を適用する責任を持つ。防護の最適化の履行は、当局の要件に従う操業管理者の責任である。

(58) これは、すべての管理可能な線源と被ばく状況、すなわち計画、緊急時、及び現存状況についてそうである。しかし、「操業管理者」と「権限のある国の当局」という概念は、この3つの状況においては、「履行する組織」と「意思決定者」の線に沿って広く解釈すべきである。

(59) 活発な安全文化は、最適化適用の成功を支えるものであり、操業管理者と当局の両方とも有効な安全文化が発展し維持されるのを確実にするために不可欠な役割を演じる。特に当局は、操業管理者がその組織の中に安全文化を発展させることを奨励すべきである。このような安全文化は当局の中にも存在すべきである。

(60) 操業管理者は、設計、組織及び進行中の最適化プロセスの履行に関して、意思決定をする。当局は最適化を促進し、また操業の許可がもし必要なら、それを与えることができるレベルに到達する1つの方法として、最適化を要求することがある。当局はまた、放射線防護の最適化が操業の間有効に履行されていることを検証することもある。この履行の証明の義務は操業管理者にある。被ばくを生じる行為の認可の決定、又は、被ばく低減対策の履行とそれに含まれる残存線量は当局の責任である。ある場合には、操業管理者の直接の管理下でない他の者によって作業が計画され、割り当てられ、実行され、かつ監督される。このような事情においては、最適化の責任のいかなる分担も明確に文書化し、すべての関係者により完全に理解されるべきである (NEA, 1997)。

(61) 操業管理者は、管理者と職員のあらゆるレベルに堅固な安全文化が存在することを保証するため、内部の方針、優先事項、規則、手順及び品質保証プログラムを作成し、提供すべきである。これに関連して、操業管理者の目的は、事故を防止し、潜在被ばくの可能性を管理し、かつ社会的及び経済的な要因を考慮しながら、作業者と公衆の被ばくを合理的に達成できる限り低く保つことにある。

(62) 最適化のすべての側面を成文化することはできないし、最適化は、結果が義務ではなく手段が義務である。規定違反の場合を除き、ある特別の状況に対して特定の結果に焦点を当てることが当局の役割ではなく、むしろ、プロセス、手順、及び判断に焦点を当てることが当局の役割である。当局と操業管理者の間に強力な対話が確立されなければならない。法規制は、このような対話を設けるように考えられた指針を提供すべきである。最適化プロセスの成功は、この対話の質に強く依存するであろう。



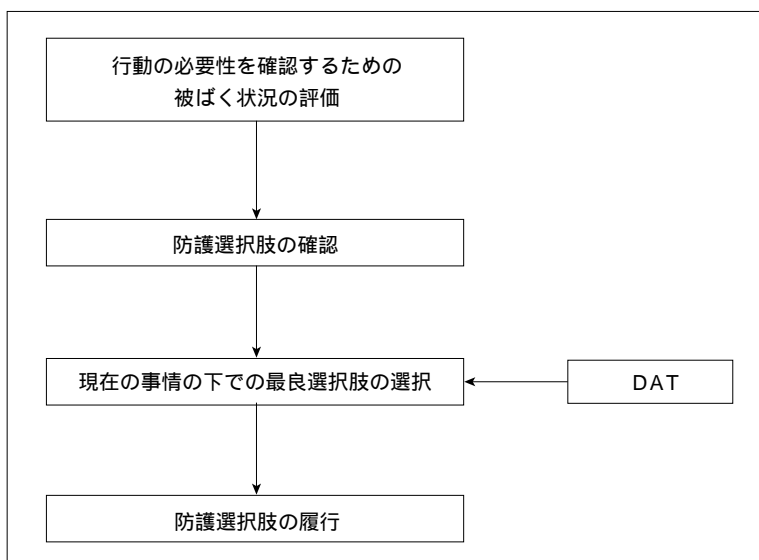
## 付属書 A：最適化と意思決定支援技術

### A.1. 緒 言

(A1) 最適化プロセスの履行において、防護選択肢を定量化しかつ比較する意思決定支援技術の使用は、定着したアプローチである。それは、防護のレベルについて決定をしなければならない人々が、固有の不確実性と価値判断を考慮しながら、プロセスにかかわる様々な属性から最良の妥協点を選択することを可能にする。選択肢が適用される状況の複雑さの程度により、いろいろな技術が適用できる。

(A2) 歴史的には、費用便益分析は、放射線による損害の費用と防護対策の費用をバランスさせるため、1970年代の初期に委員会が推進した最初の技術であった (ICRP, 1973)。それは、通常状況、緊急時状況、又は現存状況において、公衆及び職業上の防護の多くの領域に適用できる直接的な方法である。その後、最適化の原則が支持され、その実際的な履行が盛んになるにつれて、費用効果分析や多属性分析のような他の意思決定支援技術が委員会によって提案された (ICRP, 1989)。

(A3) 図A1は、最適化プロセスの一連のステップを概観図で表したもので (3.2節を参照)、意思決定支援技術 (DAT) がどこにはめ込まれているかを記してある。意思決定支援技術の使用は、意思決定プロセスへのまさに1つのインプットであることに注目することは重要である。



図A1. 最適化プロセスと意思決定支援技術 (DAT)

その重要な部分は、考慮すべきすべての関連する属性の確認と、すべての評価すべき可能な防護活動の確認を可能にする最初の枠組みである。広く存在している事情の下で最良選択肢を選択するための意思決定支援技術の使用に関する重要な特徴は、様々な属性を定量的表現で表す必要性である。この定量化プロセスは、多くの場合、最も困難で時間がかかるステップであり、そこでは、すべての必要なデータがモデル化を通して集められるか、又は生み出されなければならない。また実体のない属性に関しては価値判断をしなければならない。

(A4) 意思決定支援技術の履行に関する限り、ある特定の技術の選択は、主として被ばく状況の範囲、すなわち、組み込まれる様々な属性と判断の多様性に依存するが、それらの定量化の程度及び各防護選択肢を特徴付けるデータに付けられた不確実性の重要度にも依存する。

(A5) 更に、どのような技術が最終的に選択されるとしても、選択肢の比較と選択のための判断規準を導入する必要がある。その最もよく知られた規準は、人・シーベルト(man・Sv)の金銭的価値であり、それによって防護の改善の経済的な費用と線量低減の点から見た便益とを直接バランスさせることが可能になる (ICRP, 1973)。次の節では、最適化プロセスの実際的な履行において一般に使われる3つの基本的な意思決定支援技術、並びにman・Svの金銭的価値の概念を手短かに述べる。

## A.2. 費用便益分析

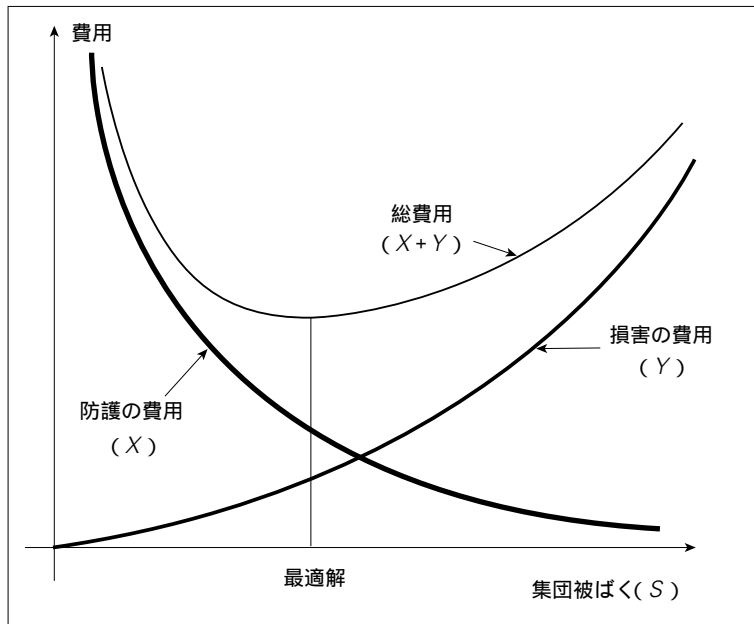
(A6) 費用便益分析を実行するにはいろいろな方法がある (ICRP, 1983)。最も直接的な技術は、一方では費用、もう一方では便益の間のバランスに影響を与える様々な要因を金銭で表し、そしてこの合計で最も低い金銭価値を持つ選択肢を選択するために、それらを合計する。放射線防護選択肢の選択に適用する際のこの手順の重要な要素は、防護の便益 (すなわち防護選択肢の履行に関係する線量の低減) を防護費用と同じ単位で表すことを可能にする、人・シーベルト (man・Sv) の金銭価値を使うことである (A.3節参照)。

(A7) 費用便益分析の簡単な定式化は、集団線量  $Y$  の経済的費用を次のように表すことである：

$$Y = \sum_j S_j$$

ここで、 $S_j$  は、住民又は作業者のグループ  $j$  に適用される man・Sv の金銭価値。 $S_j$  は、住民あるいは作業者の被ばくグループの人数  $j$  の集団線量。また  $j$  は、被ばく集団のカテゴリー、被ばくの時間の広がり、及び個人線量のレベルに依存することがある (4章参照)。

(A8) 各選択肢の総費用は、防護に関連する費用の合計 ( $X$ ) と、それに対応した集団被ばくの費用 ( $Y$ ) の合計として計算される。図A2に示すように、最適な防護選択肢は総費用 ( $X+Y$ ) の最小値で与えられる。防護の最適なレベルにおいては、防護の限界費用が回避される集団線量の単位の限界費用と等しいことに注意することが重要である。



図A2. 費用便益分析

### A.3. 人・シーベルトの金銭価値

(A9) 人・シーベルト (man・Sv) の金銭価値の定義と使用は、以前に *Publication 22* (ICRP, 1973) で ICRP によりその概念が正式に導入されて以来、議論が続いており今もそうである。第1に、それは経済的な“生命の価値”に結び付いている、という理由で、倫理上の観点からその概念の使用にはいつも遠慮がいくらかあった。第2に、数量化のためにそれが頼りとする方法論的な理念は、広いコンセンサスを得たことがなかった。

(A10) これらの遠慮にもかかわらず、その概念は更に発展し、最適化原則の実際的な履行とともに世界中の多くの組織（操業者と当局）が、意思決定支援技術に関連した最適化プロセスについて、程度の差はあるが公式に使われる値を採用してきた。

(A11) その概念の発展の大きな一歩は、*Publication 37* (ICRP, 1983) におけるリスク嫌悪の概念の導入であった。リスク嫌悪の概念によって、個人のリスク、すなわち、被ばく集団中の個人線量を考慮に入れることができる。したがって、10人の100 mSvの個人線量による1 man・Svと、1 mSvの1000個の線量による同じ集団線量は、たとえ集団の観点から潜在的な健康リスクは同じだとしても、線量と影響の関係にしきい値がなく比例関係が成り立つという仮説を考えると、金銭価値については同じように評価されないであろう。個人のリスクが増加すれば、一般的な傾向としてもっと保護的になり、もっと資材を割り当て、リスクを減らす準備をする結果となる傾向がある。

(A12) *Publication 60* (ICRP, 1991) 以来、委員会は線量分布に関して公平性の考えをますます強調し、個人線量の大きさと被ばくする人数の両方を、経済的及び社会的要因を考慮しつつ、合理的に達成できる限り低く保つべきであるということを主張してきた。

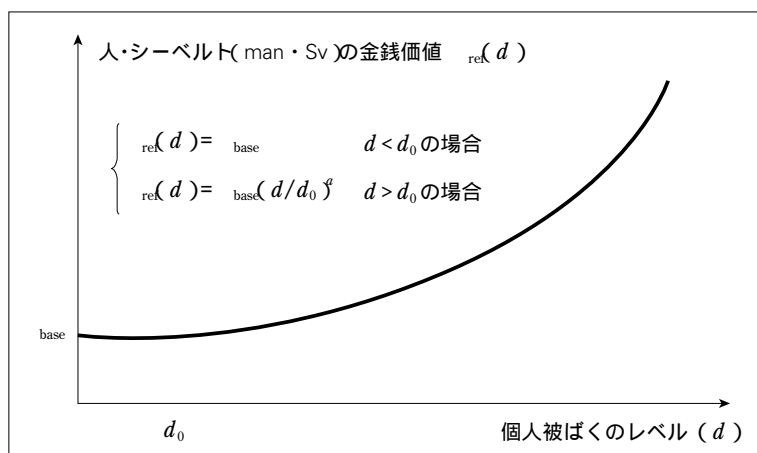
(A13) リスク嫌悪と個人線量レベルの分布の公平性の考え方を  $\text{man} \cdot \text{Sv}$  の金銭価値に導入するため、1990年代に1つのモデルが開発された (Lochardら, 1996)。提案されたモデルは、分布の広がりや線量分布の最も高い個人線量とを減らしながら、ある住民又は作業者のグループの線量分布に関連する集団線量を同時に減らすように設計された。

(A14) 分析の観点から、そのモデルは次のように形式化されている：

$$\alpha_{\text{ref}}(d) = \alpha_{\text{base}} \left( \frac{d}{d_0} \right)^a$$

ここで、 $\alpha_{\text{ref}}(d)$  は、個人被ばくレベル  $d$  に対する  $\text{man} \cdot \text{Sv}$  の金銭価値；  $\alpha_{\text{base}}$  は  $\text{man} \cdot \text{Sv}$  の基本的な金銭価値；  $d_0$  は、嫌悪の現象を適用することができる個人線量範囲のより低い値；  $d$  は年個人被ばくレベル；そして  $a$  は嫌悪の度合いを表す係数 ( $d < d_0$  のとき  $a = 0$ ,  $d \ll d_0$  のとき  $a \gg 0$ )。

(A15) したがって、これは、個人被ばくレベルが増せば  $\text{man} \cdot \text{Sv}$  の金銭価値が増加する、1つのシステムである。 $\text{man} \cdot \text{Sv}$  の基本的な金銭価値 ( $\alpha_{\text{base}}$ ) は、予想される健康影響の価値を反映する。個人被ばくのレベルに関係なく、1  $\text{man} \cdot \text{Sv}$  に付随する健康影響の金銭価値は一定と考えられる。係数  $a$  はリスク嫌悪の程度を示し、個人被ばくのレベルの関数として増加する  $\text{man} \cdot \text{Sv}$  の金銭価値を導入することを可能にする。下限  $d_0$  に関していえば、それは、ある最低被ばくレベルを超えた場合にのみリスク嫌悪を考慮することができることを意味し、低線量範囲のケースでは個人被ばくの内訳を考慮に入れることは必要ないと考えられる。



図A3. リスク嫌悪と公平性の考えを組み合わせた  $\text{man} \cdot \text{Sv}$  の金銭価値のモデル



(A16) 図A3はそのモデルを示している。y軸は1 man・Svを防ぐのに何を費やすのが合理的かを金銭の単位で示し、x軸は個人線量レベルをミリシーベルトで表す。

(A17) 実際、このモデルを履行するためには、3つのパラメータ  $d_{base}$ ,  $d_0$ ,  $a$  に対して1つの値を決める必要がある：

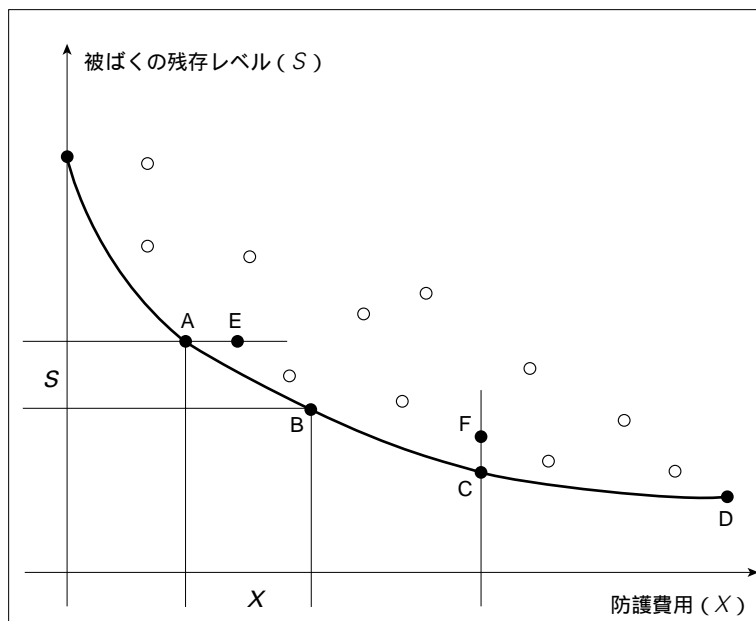
- $d_{base}$  の値は、集団線量の1単位に関連する健康損害の金銭価値、すなわち、1 man・Svと関連する余命の損失を表す。人的資本アプローチ（国民総生産量に基づく）を含む様々な経済的方法をこの評価に使うことができる（Stokellら、1991）。
- $d_0$  の値は、個人線量の上位のレベルに対応し、それより低いところでは被ばくの分散の嫌悪は考えない。この値は、被ばく集団に対するリスクの受容性の程度に依存する。例えば、職業被ばくの場合、通常状況における公衆被ばくに対する主要な拘束値（1 mSv/年）に対応した値を採用するのが合理的と思われる。
- 係数  $a$  は、個人被ばくの分散に対する嫌悪の程度を反映する。上に述べた3つの目的を満たすには、 $a$  は1より大きくなければならないことが証明できる。職業被ばくの場合、値の範囲は1.2～1.8が合理的なようである（Schneiderら、1997）。

#### A.4. 費用効果分析

(A18) 厳密に言うと、費用効果分析は最適化の技術ではなく、選択肢の1つのセットから費用効果のない選択肢を排除し、残った費用効果のある選択肢を比較してランク付けをする方法である（ICRP, 1989）。その方法の基本原則は、それぞれの防護選択肢をその防護費用とそれに対応した残存集団線量とで最初に特徴付けることである。次の段階は、費用効果選択肢の選択、すなわち、より低い防護費用、あるいはより低い残存集団線量での同じレベルの防護費用で、同じ残存集団線量を達成するのに十分な代りの解が存在しない選択肢の選択である。

(A19) このプロセスは簡単なやり方で図示することができる（図A4参照）。各選択肢は1つの点で表され、費用効果的なすべての選択肢は費用効果曲線に属している。例えば、選択肢Aは選択肢Eよりも低い費用で同じ残存被ばくレベルに達するのに十分であり、選択肢Cは、選択肢Fと同じ費用でより低い残存集団線量を与える。曲線上にないすべての選択肢は費用効果的でなく、更なる考慮から外さなければならない。

(A20) 費用効果分析は、形式的には、すぐ隣接したより安いか又はより高い選択肢と比較されなければならない各防護選択肢の限界費用の分析に頼るものである。もし、少しの追加費用がリスク低減の点から見て非常に高い効果をもたらすならば、その選択肢はより費用効果的である。最後に、費用効果的な各選択肢は、1つの選択肢から次の選択肢への費用の増加  $[\Delta X]$  と、それに対応した集団線量の減少  $[\Delta S]$  によって特徴付けることができる。商  $[\Delta X / \Delta S]$  は費用効果比と呼ばれ、これは様々な選択肢間のランキングの根拠を提供する。最適な選択肢は特定の被ばく状況に対する参考規準として選択されたman・Svの金銭価値と等しいかあるいは少し下の比を持つ選択肢である。



図A4. 費用効果分析

(A21) それにもかかわらず、費用効果比曲線並びに対応する費用効果比の決定は、最良選択肢の選択の根拠を提供しない。これは費用効果比の参考値、すなわち費用便益分析に関して上に定義された  $\text{man} \cdot \text{Sv}$  の金銭価値の導入によってなされる。

### A.5. 多属性効用分析

(A22) 放射線損害と防護の費用以外に被ばく状況を特徴付ける関連した属性がおびただしく多く、及び／又は金銭で定量するのが困難であるが、しかし、他の規準で定量化できるか又は定性的やり方でランク付けができるならば、多属性効用分析 (multi-attribute utility analysis ; MAUA) の使用がより適切かもしれない (ICRP, 1989)。

(A23) この技術の基本原則は、その状況 (すなわち防護選択肢の費用、集団線量、個人線量、時間及び空間における被ばくの広がり、リスクレベルの認知等) を特徴付けるすべての関連した規準に基づく各選択肢に対して採点スキーム (又は多属性効用関数) を作ることである。MAUA の最初の段階である種々の防護選択肢の同定は、特定の意思決定プロセスに対する適切な規準を定めることから成り立っている。それから、様々な規準 (定量的又は定性的) に従って各防護選択肢が評価されなければならない。規準の多様性のため、各規準に対して選択肢は異なったランク付けをされる。次の段階は、これらの規準のそれぞれに関連した相対的な重要性を示した、各規準に対する加重係数を割り当てることから成る。これは、MAUA において最も重要でかつしばしば困難な段階であることに留意すべきである。それにもかかわらず、この

数値のセットを生み出すいくつかの技術が存在し、どの方法を使おうとも、加重係数の選択は正当化されるはずである。

(A24) 最終の段階は、形式的には次のように計算されるその全効用 ( $U_i$ ) により各選択肢を修正することから成る：

$$U_i = \sum k_j u_{j,i}$$

ここで、 $i$ は選択肢の指標； $j$ は規準の指標； $k_j$ は各規準  $j$  の相対的な重要度を表す加重係数（正規化されると  $\sum k_j = 1$ ）；また  $u_{j,i}$  は規準  $j$  の 1 つの効用である。

(A25) 意思決定者の好みを分析に組み込むためには、各規準に関連した1つの効用が、その規準を表す値の一次関数又は非線形関数のどちらかとして定義できることに留意することが重要である。例えば、個人被ばくのレベルに応じたりスク嫌悪を含む効用関数を定めることが可能である。

(A26) 最後に、最も高い総効用に導く防護選択肢が選択されるであろう。加重係数の大部分は一般に意思決定者の価値判断に頼っているので、結果の「頑健性」を試すために、加重係数のいろいろなセットにより感度分析を実行すべきであると強く勧告する。

## A.6. 結 論

(A27) 多くの被ばく状況にとって、意思決定支援技術の使用は、最適化プロセスにおける最良選択肢の選択を公式化し数量化するための1つの効果的な手段である。ある特別な技術の選択は、利用できるインプットデータのタイプと最終結果における状況の特徴付ける様々な属性を提示する意欲によって主に推進される。この点において、多属性アプローチは、矛盾した属性と意思決定者の観点とを持った状況により多く適応するのは明らかである。しかしながら、組み込まれた属性に関連した重み付けのプロセスが明らかに導き出され、結果を確認するために広範な感度分析がなされるならば、費用便益の枠組みの中で多くの属性に対処することも可能であることに留意することは重要である。

(A28) 最後に、意思決定支援技術を履行するのに伴う困難は、それらに内在する複雑さによるのではなく、多属性、防護選択肢及び価値判断によりなされなければならない状況の複雑さのためであることを強調すべきである。実際、履行しようとする決定支援技術、費用効果分析、費用便益分析、又は多属性分析のどれも、主な障害は、関連する属性の描写、十分なデータの収集、及び、定量的なやり方における不確実性と価値判断の統合である。

## 参考文献

- Beierle, 2002. *Democracy in Practice – Public Participation in Environmental Decisions*. Resources for the Future. Washington DC.
- IAEA, 1991. *Safety Culture*. INSAG 4. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- IAEA, 2002. *Optimisation of Radiation Protection in the Control of Occupational Exposure*. Safety Report Series no. 21. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- ICRP, 1955. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Revised December 1, 1954)*. Br. J. Radiol. (Suppl. 6).
- ICRP, 1959. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 1, Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1966a. *The Evaluation of Risks from Radiations*. ICRP Publication 8, Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1966b. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 9, Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1973. *Implications of Commission Recommendations that Doses be Kept as Low as Readily Achievable*. ICRP Publication 22, Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1977. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 26. Ann. ICRP 1 (3).
- ICRP, 1983. *Cost–benefit analysis in the optimisation of radiological protection*. ICRP Publication 37, Ann. ICRP 10 (2/3).
- ICRP, 1988. *Optimisation and decision-making in radiological protection*. ICRP Publication 55, Ann. ICRP 20 (1).
- ICRP, 1989. *Optimization and decision-making in radiological protection*, ICRP Publication 55, Ann. ICRP 20 (1).
- ICRP, 1991. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21 (1–3).
- ICRP, 1993. *Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency*. ICRP Publication 63, Ann. ICRP 22 (4).
- ICRP, 1997. *Radiological protection policy for the disposal of radioactive waste*. ICRP Publication 77, Ann. ICRP 27 (Suppl.).
- ICRP, 1998. *General principles for the radiation protection of workers*. ICRP Publication 75, Ann. ICRP 27 (1).
- ICRP, 1999. *Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure*. ICRP Publication 82, Ann. ICRP 29 (1–2).
- IPSN, 2002. *Collective Dose: Indications and Contraindications*. Report from a Working Group. EDP Sciences, Paris, France.
- Lochard, J., Lefaure, J., Schieber, C., Schneider, T., 1996. *A model for the determination of monetary values of the man-Sievert*. J. Radiol. Prot. 16, 201–204.
- NEA, 1997. *Work Management in the Nuclear Power Industry*. Prepared for the NEA Committee on Radiation Protection and Public Health by the ISOE Expert Group on the Impact of Work Management on Occupational Exposure. OECD/Nuclear Energy Agency.
- NEA, 1998. *The Societal Aspects of Decision Making in Complex Radiological Situations*. Proceedings of an International Workshop, Villigen, Switzerland, 13–15 January 1998. Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency, Paris, France.
- NEA, 2001. *Better Integration of Radiation Protection in Modern Society*. Proceedings of an International Workshop, Villigen, Switzerland, 23–25 January 2001. Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency, Paris, France.
- NEA, 2004. *Stakeholder Participation in Decision Making Involving Radiation-exploring Processes and Implications*. Proceedings of an International Workshop, Villigen, Switzerland, 21–23 October 2003. Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency, Paris, France.

- Schneider, T., Schieber, C., Eeckhoudt, L., Gollier, C., 1997. Economics of radiation protection: equity considerations. *Theo. Decis.* 43, 241–251.
- Stokell, P., Croft, J., Lochard, J., Lombard, J., 1991. ALARA: from Theory towards Practice. Report EUR 13796 EN. Commission of the European Communities, Luxembourg.
- UN, 1992. Report of the United Nations Conference in the Human Environment, Stockholm, 5–16 June 1992, United Nations Publication Sales No. E.73.II.A14 and corrigendum (Chap. 1).

ICRP Publication 101

公衆の防護を目的とした代表的個人の線量評価 /  
放射線防護の最適化：プロセスの拡大

---

2009年12月28日 初版第1刷発行

翻訳 社団 日本アイソトープ協会  
発行 法人

〒113-8941 東京都文京区本駒込二丁目28番45号

電話 代表 (03) 5395-8021

出版 (03) 5395-8082

E-mail syuppan@jrias.or.jp

U R L <http://www.jrias.or.jp>

発売所 丸善株式会社

© The Japan Radioisotope Association, 2009 Printed in Japan

---

印刷・製本 丸善プラネット株式会社

ISBN978-4-89073-203-6 C3340