

ICRP

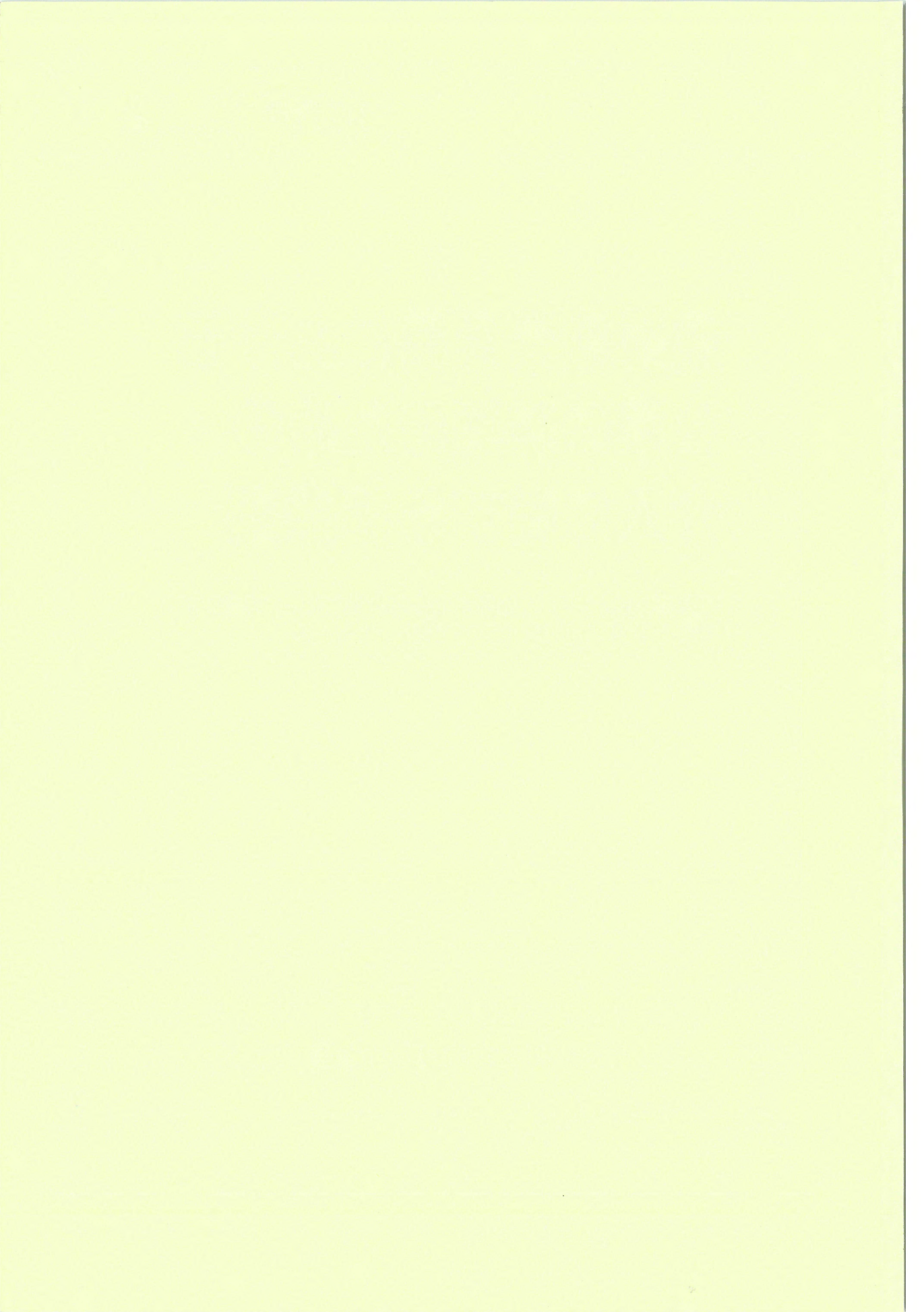
Publication 63

放射線緊急時における 公衆の防護のための 介入に関する諸原則

社団法人日本アイソトープ協会

放射線緊急時における 公衆の防護のための 介入に関する諸原則

国際放射線防護委員会専門委員会4の課題グループの報告書
1992年11月に主委員会によって採択されたもの





Japanese Translation Series of ICRP Publications
Publication 63

This translation was undertaken by the following colleagues.

Translated by

Shinichi SUGA, Hajimu YABUTA, Masao OSHINO

Supervised by

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

Hikomichi MATSUDAIRA* (Chair)	Tatsuji HAMADA (Vice-chair)	
Masami IZAWA**	Jiro INABA*	Masao OSHINO
Tomoko KUSAMA	Sukehiko KOGA**	Sadayoshi KOBAYASHI
Kei NAKADA	Tsuneo NUMAKUNAI	Kiyohiko MABUCHI*

* 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1992年11月に採択され、Publication 63として刊行された、ICRP専門委員会4の課題グループの報告書

Principles for Intervention for Protection of the Public
in a Radiological Emergency

(*Annals of the ICRP*, 22, No.4(1991)に発表)

を、ICRPの了解のもとに翻訳したものである。

ICRPはさきに、大規模事故の際の公衆の防護を扱った報告書、Publication 40(1984)を発表し、主として事故発生後比較的短期間の、かつ事故地点の近傍における介入について述べた。今回の報告書では、新知見を加えるとともに取り扱う範囲を時間的、空間的に拡大し、かつ介入レベルを数値で示すなど、具体的に詳述している。

訳文は日本原子力研究所東海研究所保健物理部の、次の方々により作成された。

須賀 新一，藪田 肇，押野 昌夫*

(*現在(財)原子力安全技術センター)

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、新しい述語その他訳語の妥当性等につき検討を重ね、成文とした。翻訳にかかわって下さった多くの方々の労に感謝の意を表する。

平成6年1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 (放射線医学総合研究所)
- 副委員長 浜田 達二 ((社) 日本アイソトープ協会)
- 委員 伊澤 正実 (日本原子力発電 (株))
- 稲葉 次郎 (放射線医学総合研究所)
- 押野 昌夫 ((財) 原子力安全技術センター)
- 草間 朋子 (東京大学医学部)
- 古賀 佑彦 (藤田保健衛生大学)
- 小林 定喜 (放射線医学総合研究所)
- 中田 啓 (動力炉・核燃料開発事業団)
- 沼宮内 弼雄 ((財) 放射線計測協会)
- 馬淵 清彦 ((財) 放射線影響研究所)

目 次

	頁	(項)
序	V	
1. 緒 言	1	(1)
1.1 概 説	1	(1)
1.2 報告書の目的と範囲	1	(3)
2. 介入のための概念, 量および基本原則	3	(5)
2.1 基礎的な諸量	3	(5)
2.2 介入のための特別な概念	3	(9)
2.3 正 当 化	5	(19)
2.4 最 適 化	6	(20)
2.5 介 入	6	(21)
3. 基本原則の防護措置への適用	7	(22)
4. 介入立案のための放射線緊急事態の分類	11	(34)
4.1 放射線緊急事態の種類	11	(36)
4.2 被ばく経路	12	(40)
4.3 放射線緊急事態の時間的および空間的側面	13	(46)
5. 介入レベルの誘導	16	(52)
5.1 線源における介入	16	(55)
5.2 立入制限	16	(56)
5.3 屋内退避	18	(58)
5.4 避 難	19	(63)
5.4.1 予防的避難	19	(63)
5.4.2 放射性物質放出後の避難	19	(64)

5.5	安定ヨウ素の投与	20	(69)
5.6	人の除染	22	(78)
5.7	傷害の取扱い	22	(79)
5.8	食物連鎖および飲料水に対する介入	22	(82)
5.8.1	概 説	22	(82)
5.8.2	食品と水の制限	23	(84)
5.8.3	放射性核種の食物連鎖中への移行の制限	25	(93)
5.9	移 転	25	(97)
5.10	構築物および地表面の除染	27	(103)
6.	緊急時対応計画	28	(104)
6.1	概 説	28	(104)
6.2	緊急時対応計画立案における介入レベルの役割	29	(110)
6.3	紛失線源	31	(117)
7.	勧告する介入レベルの要約	33	(119)
	参考文献	34	
付属書A	介入に従事する人々の防護	35	(A1)~(A6)
付属書B	食料品の管理——一般的最適化の例	37	(B1)~(B7)
付属書C	移 転——一般的最適化の例	39	(C1)~(C10)

序

委員会は、専門委員会4の勧告に基づき、大規模放射線事故のさいの公衆の防護のための原則についての Publication 40 を改訂するため、1987年に J-C. Nenot を委員長とする課題グループを指名した。この課題グループは1989年に改組され、この報告書は以下のメンバーの課題グループによって専門委員会4のために作成された：

R. J. Berry (委員長)	Y. O. Konstantinov
L. G. Chamney	G. Lemaire
F. Fry	A. Salo

1989-1993年の専門委員会4のメンバー構成は次のとおりであった：

R. H. Clarke (委員長)	O. A. Pavlovsky
B. C. Winkler (副委員長)	P. Pellerin
R. J. Berry (書記)	K. C. Pillai
R. E. Cunningham	S. B. Prêtre
L. Frittelli	A. Salo
H. L. Gjørup	G. L. Voelz
A. J. González	Z. Wang
R. V. Osborne	Y. Yoshizawa
H. Paretzke	

序

本委員会は、専門委員会との協働に基づき、大規模な国際会議の開催の促進を図ることを目的として、1987年に「C. Incentive」を委員長とする組織として設置された。この組織では、1989年に改組され、この報告書は以下のメンバーによって専門委員会のために作成された。

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| R. J. Berry (委員長) | Y. O. Konstantinov |
| I. G. Chernov | G. L. Levin |
| E. Fry | A. Sain |
| 1989 (1993年)の専門委員会メンバー構成は次のとおりであった。 | |
| R. H. Clarke (委員長) | G. A. Pavlovsky |
| B. G. Winkler (副委員長) | B. Peitman |
| R. J. Berry (書記) | K. C. Pillai |
| R. E. Cunningham | S. B. Fretin |
| I. Frenkel | A. Sain |
| H. L. G. Geron | G. L. Vozik |
| A. J. Gonzalez | X. Wang |
| H. V. Osborne | V. Vozhikov |
| H. Frenkel | |

1. 緒 言

1.1 概 説

(1) ICRP Publication 60 (ICRP, 1991) は、主委員会の最新の勧告を載せている。ここでは、電離放射線による個人の被ばくを引き起こしまたは増加させる行為、および、そのような被ばくを減少させる介入が取り扱われている。勧告には、被ばくの発生が予知できる行為に対して、線源の管理と被ばくの制限が含まれている。そのような状況は、医療被ばく、職業被ばくおよび一般公衆の被ばくを含んでおり、そして防護の体系は、行為の正当化、防護の最適化、および総合的な線量限度ならびに個人リスク限度と線量拘束値の設定からなっている。ある状況下において、制御手段についての決定が考慮されつつあるときには、線源、被ばく経路および被ばくする個人はすでに存在している。ときには、もとの行為の見直しの一部として新しい制御手順を実行することができるが、もっとふつうにとられる手順は介入であろう。事故と緊急事態は、行為を取り扱うさいには潜在被ばくの源と考えられたであろうが、もし、それらが起こってしまった場合には、介入を必要とするかもしれない。

(2) ICRP Publication 60 の 131 項に介入に関連した次のような一般的な勧告がある。“介入のプログラムを構成する対策は、つねにいくぶんの不利益を有するが、それらが害よりも大きな益をもたらすべきであるという意味で、正当化されるべきである。次に、対策のかたちと規模および期間は、正味の便益を最大にするように最適化されるべきである。委員会が勧告する線量限度は、行為の管理に使うことを意図したものである。これらの勧告された線量限度、あるいは事前に決めた他の任意の線量限度を介入決定の根拠として使うことは、得られる便益とはまったく釣り合わないような手段を含むかもしれず、正当化の原則に矛盾するであろう。したがって委員会は、介入の必要性あるいはその規模の決定に線量限度を適用しないことを勧告する。しかしながら、重篤な確定的影響を生ずる線量に近い線量レベルでは、ある種の介入はほとんど必須となるであろう。”

1.2 報告書の目的と範囲

(3) 委員会は ICRP Publication 40 (1984) において、事故後の短期間の、概して事故の近傍における介入を立案するための一般原則を記述した。NEA (1990) および IAEA (1985 a) のその後の刊行物では、介入の論理的根拠がさらに展開された。この報告書は、委員会の以前の刊行物を更新および拡張し、さらに介入レベルについての定量的な指針を含んでいる。こ

の指針は、ごく短期間の防護措置の導入、おそらく数年も続くような長引く時間スケールにわたる防護措置の導入と定期的な見直し後のその継続、および、より広い地域にわたる介入を網羅している。すべての事故は異なるので、事故対応に責任のある国家組織のアプローチも異なる。ここに示す一般的指針は、国の当局によって適切な緊急時対応計画に書き換えられるべきであることをこの報告書は意図している。

(4) 原子力施設または放射線設備ならびに線源に関連した任意のリスクから公衆および作業者の両者を防護するための主要な手段は、適格でかつ訓練された要員（運転および保守の両方に対して）、工学的安全手段および良好な設計、建設における品質、放射線源の所在場所に関する知識、および、運転と保守における有効な品質保証からなる。これらの手段は、いかなる事故についてもその確率および生じうる影響の大きさの両方を減少させる。しかし、これらすべての手段にもかかわらず、事故の発生を完全になくすことはできないので、そのような施設、設備あるいは線源を有するどのサイトでの緊急時対応計画の立案も、放射線緊急事態の影響を軽減するために必要とされる重要な二次レベルの防護とみなされるべきである。

2. 介入のための概念、量および基本原則

2.1 基礎的な諸量

(5) 放射線防護のための基礎的な概念および量は、ICRP Publication 60 に示されており、それを以下に要約する。事故状況においては確定的健康影響と確率的健康影響の両方とも生じうるので、両方の場合に必要となる諸量について簡潔に要約する。

(6) 確定的影響に関連して用いられる量は吸収線量、つまり、単位質量あたりに吸収されるエネルギーである。放射線防護においては、吸収線量は1つの組織、臓器、あるいは全身についての平均線量を意味するものとして用いられる。吸収線量の単位は J kg^{-1} で、その特別な名称はグレイ (Gy) である。確定的影響は、0.5 Gy 未満の吸収線量では発生しそうにない。

(7) 等価線量、実効線量および預託実効線量は、確率的影響のリスクを評価するために用いられる線量計測量である。組織または臓器における等価線量は、当該組織の吸収線量に放射線荷重係数を乗ずることによって得られる。実効線量は、等価線量に組織荷重係数を乗じ、組織について足し合わせることによって得られる。預託実効線量は、放射性核種の摂取に伴う実効線量率の時間積分である。等価線量および実効線量に対する特別単位の名称はシーベルト (Sv) である。線量が確定的影響のしきい値に近づくかあるいはそれを超えるときには、実効線量は確率的影響のリスクのあまりよい尺度とはならない。

(8) 正当化および最適化の考察の目的には、他の量すなわち集団実効線量がいくつかの場合において有用である。この量は、個人のグループ内のすべての個人に対する実効線量の和であり、しばしばグループの平均実効線量とそのグループの人数との積として推定される。

2.2 介入のための特別な概念

(9) 事故の場合には、可能性のある防護措置を考慮に入れずに、まずリスクにさらされる集団への線量を、おのおのの被ばく経路に対して推定すべきである。これは予測線量 (PD) と呼ばれる。

(10) 介入のための最重要な概念は、それぞれの経路に対する回避線量 (AD)、つまり、防護措置を実施することによって免れる線量である。これを図1に示す。回避線量は関連する線量計測量のいずれでも表現することができる。線量を長期間にわたって受けることは、確定的影響が発現するしきい線量に影響するので、被ばくの期間は重要な考慮事項である。

(11) もし介入が十分に効果的であるならば、回避線量は予測線量と数値的に等しくなる

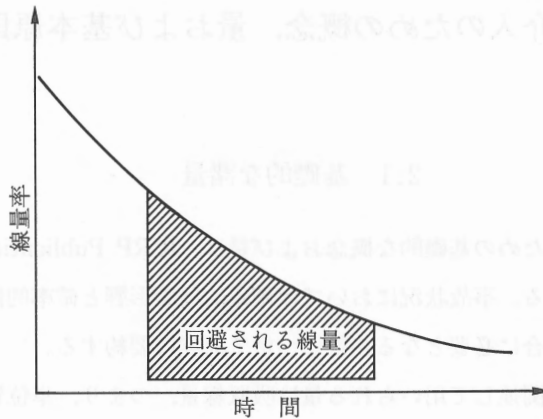


図1 線量回避における介入の効果

が、これらは概念的に異なる量である(下文参照)。しかし、そのような経路に対しては、介入レベルは回避線量によるより、むしろ予測線量で表現するほうが適切であろう。

(12) 線量をすでに受けてしまったために、あるいは、介入そのものが総予測線量の一部を減少させるにすぎないために、介入が十分に効果的ではないことがあろう。おのおのの経路からの残りの線量(予測線量マイナス回避線量)は残存線量(RD)と呼ばれる。それぞれの介入はその利点に基づいて判断される。しかし、重篤な確定的健康影響の可能性があるために、防護措置実施後におけるすべての経路からの残存線量の和をつねに調査しておくべきである。

(13) いくつかの防護措置は、もしそれらが有効なら、迅速に実施する必要がある。それゆえ、種々の事故および種々の防護措置の結果生ずる影響の範囲を、それぞれのサイトに対して詳細に考察し、そして、必要なときにすぐに発動できるような適切な緊急時対応計画を立案することが重要である。緊急時対応計画が発動されるべきであることを示す条件は、迅速に決定を下すことができるようにするために最も適切なかたちで表現すべきである。これらが実用上の介入レベルである。それらは回避線量のかたちで表現される必要はなく、むしろ、緊急時対応計画を実施する決定の引き金となるように、簡単に測定または推定できるような量で表現される必要がある。

(14) この報告書は、介入の継続期間と介入を構成する防護措置を継続しないという決定よりはむしろ、主として、介入の導入に関して論じている。継続に関する決定は比較的緊急性が低く、展開してゆく状況に照らして行うことができる。しかし、継続期間の考え方は回避線量を用いることの中に暗に含まれているので、介入の決定の一部とすべきである。いくつかの防護措置に対しては、その継続期間を容易に決めることができる。屋内退避と避難では、その継続期間は通常、事故の経過に関係する。いったん事故が制御されれば、それらの防護措置は

もはや継続されないであろう。移転および食料品の管理のような防護措置では、その防護措置を継続しないという決定は、継続によって回避される線量はその継続を正当化するのに十分なほど大きくない場合になされるべきである。原則として、ある防護措置を継続する費用は、その防護措置を開始する費用と同じではなく、そのため回避線量の最適化介入レベルはもっと低くなるかもしれない。実際には、このような精密化はおそらく混乱を招くし、大きな違いを生じないようである。その差はしばしば無視できる。そうすると、継続を正当化するために用いる回避線量は、防護措置を開始するために用いる回避線量と同一になりうる。

(15) 介入レベルが個人の回避線量によって表現されているときには、時間積分空気中濃度、地表沈着密度あるいは線量率のような、より簡単に測定または評価できる量によって実用上の介入レベルを定めることが可能であり、実際に必要でもある。このような誘導レベルは、そのモデル化において過度に保守的なパラメータと仮定を用いるよりむしろ、可能なかぎり現実的なものを用いて計算されるべきである。そうでなければ、その防護措置は意図したよりも少ない線量しか回避しないことになろう。

(16) 最適化プロセスの結果、回避線量以外の量で直接に表現することのできる介入レベルが導かれるであろう。これら他の量は、食物中の放射能濃度あるいは地表汚染に対する線量率のように直接的に測定が可能なものであるべきで、また一般に回避線量と関連づけることができるものである。

(17) 回避線量の大きさは、実施方策に関係なくいかなる防護措置の実施をも正当化するに十分なものとするよう、注意を払うべきである。

(18) いろいろな種類の事故のあとで、そしてさまざまな地域的条件のもとで求められる防護のレベルに関する共通の基礎を確立するためには、一般的なレベルでの指針が与えられていることが重要である。これは、それを超えると介入がほとんどいつでも正当化されるような回避線量による介入レベル（一般的に正当化された介入レベル）のかたちをとるか、あるいは、その回避線量に対応する任意の関連する量で一般的に最適化された介入レベルのかたちをとるであろう。

2.3 正当化

(19) 防護措置の導入はどのようなものであれ、影響を受ける個人にいくらかのリスクをもたらし、また、財政的費用と社会的・経済的秩序の混乱によって社会に対しある害を及ぼす。それゆえ、ある防護措置を導入する前に、それがプラスの正味の便益を産みだすことができるということを示すべきである。言い換えれば、もし、回避される放射線損害を含めたある防護措置の便益が、その実施に付随する放射線に関係のないリスク、財政的費用、および社会的混乱といったような定量化できにくいその他の影響による損害よりも大きいならば、その防護措

置の実施は正当化されるであろう。防護措置によって軽減あるいは増加することになる公衆の不安は、考慮すべきもう1つの要因である。すでに実施された各防護措置は、そのままのかたちでのその継続が正当化されるということを確認するために、定期的に見直されるべきである。ある特定の経路または組み合わされた経路からの予測線量が重篤な確定的健康影響のしきい値に近づくような緊急事態に対しては、防護措置は先験的にほとんどいつでも正当化される。

2.4 最適化

(20) 介入が考慮されるような任意の状況に対して、ある防護措置は正当化されるであろうが、一方、あるものは正当化されない。正当化される防護措置について、最良な防護が提供されるであろうレベルを確立することが必要である。言い換えれば、それぞれの防護措置によって回避される放射線損害は、その防護措置によって達成される正味の便益が最大となるように、その措置の費用と他の損害に対してバランスをもたすべきである（すなわち、防護の最適化）。放射線に関連する状況の変化につれて、防護措置はその継続の正当化および防護の最適化へのその寄与の両面から、定期的に見直されるべきである。

2.5 介入

(21) 介入が考慮される任意の状況に対して、ある防護措置は正当化された最適化されるであろう。放射線事故に対する介入の場合には、線量限度または線源関連の拘束値を用いることはできない。意思決定者に対する指針は、ある決まった事故影響に対する特定の防護対策に対する介入レベルで与えられる。そのレベルは、正当化と最適化のプロセスにより定量的表現として確立される。実際の適用に対しては、誘導介入レベルが直接測定可能な量、すなわち線量率、空气中または水中あるいは食物中の放射能濃度等で表されるであろう。これらの誘導介入レベルは介入レベルと直接に関連づけられなければならない。

3. 基本原則の防護措置への適用

(22) 放射線緊急事態における第一の関心事は、すべての経路からの個人の被ばくを重篤な確定的健康影響のしきい値以下に保つことである。重篤な確定的影響の防止に加えて、個人の確率的健康影響の高いリスクは受け入れられないということが、意思決定のプロセスにおける重大な要因であろう。この場合、個人という観点からの防護措置の正当化が、支配的な要因となるであろう。実際、防護措置の実施を決定するさいには、意思決定者は、最大のリスクにさらされている個人という観点からその防護措置が正当化されるかどうかを、最初に決定すべきである。その後、同じ住民の中で費用と便益がおそらく平等に分配されないであろうから、社会という観点からその措置の正当化について考慮を払うべきである。社会的な考慮により、影響を受けた住民のさらに大きなグループを包含するように防護措置が拡大されるかもしれないし、また、措置（たとえば、大都市の避難）の実際的あるいは財政的な実行の可能性に限度が課せられることになるかもしれない。提案された防護措置が個人の観点から正当化されない場合、意思決定者はそれでもなお集団線量を減少させ、それによって緊急事態からの損害を減少させようと努めるであろうし、そのプロセスにおいて、益よりも大きな害をもたらすことのないように注意を払うべきである。

(23) どんな防護措置も、ある程度、通常的生活状態に支障を与え、そして、それ自体いくらかのリスクを伴う可能性がある。便益には次のものが含まれる：回避される個人線量、回避される集団線量、安心感とそれに伴うストレスと不安の除去、経済的使用のための土地の再生；また不利益には次のものが含まれる：個人の身体的リスク、集団の身体的リスク、防護措置を実施する作業員の線量とその他のリスク（付属書A参照）、防護措置の結果として、たとえば避難中に住民が受ける線量、財政的費用、個人的な不便さ、社会的混乱と不安。

(24) ICRP Publication 60の220-222項に与えられている指針は次のとおりである：“事故時に必要となりそうな介入について決定する第一の段階は、考えられるすべての防護措置の種類を明らかにすることと、各措置の規模と期間の関数として予想される個人線量および集団線量の低減に加えて、各防護措置の費用と不利益を考察することである。個人線量に対しては、住民中の平均線量と線量の分布の両方が考慮されなければならない。これらの評価のためには、経済モデルと環境モデルに関し、また事故の予測に関しての、かなりの量の予備的な作業が必要である。

(25) “防護措置の最初の導入は、それがどのような規模であれ、またそれがどんなに小規模であっても、多くの費用がかかるため、小規模で短期間の介入は効果がでないまま費用が

かかるだけになってしまうかもしれない。規模と期間が増加するにつれて、初めは費用がそれほど増加しないでその有効性は増加する。最終的には、規模と期間をさらに増加すると、その措置の費用と比較して便益を増加させることはできなくなり、正味の便益は再び低下し始める。このように、回避される個人線量についての可能な介入レベルの値にはある範囲があり、その範囲内に最適レベルがある。この最適レベルでの正味の便益がプラスであれば、その種類、規模および期間の介入は正当化されるであろう。緊急時に対する最初の計画立案には、回避される線量についての介入レベルの選択、あるいは、正当化されかつ合理的に十分に最適化された介入に至ることになりそうな介入レベルの範囲が、含まれるべきである。

(26) “ある介入プログラムの中に含まれる個々の防護措置の便益は、その防護措置により達成されまたは期待される線量の低減、すなわち回避される線量に基づいて判断されるべきである。そこで、おのおのの防護措置はそれ自体の利点について考察されなければならない。たとえば、個々の食料品の管理に関する決定は、他の食料品についての決定および退避または避難についての決定とは独立したものである。しかしながらこれに加えて、関連するすべての被ばく経路を通して受ける線量を、それが防護措置の対象となるかならないかに関係なく、評価すべきである。もしある人々の全残存線量が緊急時においても容認できないほど高いならば、その全残存線量に大きく寄与する部分に影響を与えるような追加の防護措置をとる可能性を至急に検討すべきである。重大な確定的影響または高い確率で確率的影響を引き起こすような線量に対しては、そのような検討が必要であろう。この目的のため、すべての経路から受ける線量の介入レベルを、計画段階において選定すべきである。” (ICRP, 1991)

(27) ある介入の正当化は、その介入（たとえば、屋内退避、避難、移転）が適用されるであろう被ばく住民全体に対して回避可能な平均個人線量を考察することから始めるべきである。被ばくした住民を容易に特定できない（たとえば、食物制限、除染）場合には、回避可能な集団線量を用いることができる。もし防護措置の実施が正当化されないときには、その特性が平均とは大きく異なり、その防護措置が正当化されるかもしれない住民のサブグループ（たとえば、より大きな線量を受けるか、または費用が少なくてすむ）が存在するかどうかについて考慮すべきである。

(28) 回避される個人線量または集団線量を含めた便益と不利益とのバランスをとるやり方は防護措置ごとに異なるであろうから、第6章において個別にもっと詳細に論ずることとする。

(29) 介入の正当化と最適化の原則は明確であり、概念的に単純であるが、その適用のプロセスは複雑になるであろう。正当化と最適化の検討のための入力、放射線防護に係る要因を含んでいるが、一方、介入に関する最終決定は、政治的および社会的性格の要因のような他の要因にも依存するであろう。放射線防護の要因は、達成しようとする健康上の防護のレ

ベルに関連するものである。それゆえ、放射線防護の要因には、回避線量を表す要因および線量を回避するさいの費用とその他の不利益を表す要因が含まれる。

(30) 放射線防護の要因のうちのいくつかは他の要因より定量化しやすい。比較的容易に定量化できるものとしては、公衆の構成員の放射線被ばくに関し回避される個人線量および集団線量、防護措置により生ずる公衆の個人および集団の身体的リスク、防護措置を実施するさいの作業者の個人線量および集団線量とその他のリスク、そして防護措置の金銭的費用があげられる。あまり定量化できない要因には、防護措置の実施によって公衆および作業者に対して与えられた安心感、措置を実施することまたは実施しないことにより引き起こされる不安、そして防護措置の実施の結果から生ずる個人的および社会的混乱が含まれる。

(31) 政治的要因およびより広範な社会的要因は、必然的に放射線緊急事態に伴う意思決定の一部となるであろう。それゆえ、放射線防護に責任のある当局は、防護方策の分析の中にすでに考慮されているすべての放射線科学的要因を示して、意思決定プロセスへの放射線防護の入力（放射線科学の立場から提案される防護措置の正当化および最適化）を系統立てて供給できる用意をすべきである。意思決定プロセスにおいては、同じ政治的要因が複数の局面に取り入れられることを避けるために、放射線防護および政治的要因は、それぞれ、ただ一度だけ考慮に入れるべきである。関連したいろいろなパラメータを共通の尺度で表現し、意思決定プロセスにおいてそれらを直接に比較することは、本来困難である。いくつかの意思決定支援手法が、たとえば、ICRP Publication 37 および 55 (ICRP, 1983, 1989) において、このプロセスを援助するために開発されてきた。それらには多属性効用分析あるいは多基準順位分析、費用便益分析および拡張費用便益分析が含まれている。これらの手法のおもな長所は、関連するすべての要因を明らかにし、それらの要因の相対的重要性についての評価を可能にすることによって決定プロセスを合理化する手助けをすることである。

(32) 正当化と最適化のプロセスによって定量的に介入レベルを導出するためのアプローチの1つは、回避線量に金銭的価値をつけることである。平均余命の損失の社会に対する費用を評価するためにいくつかの方法が開発され、これらについてはICRP Publication 37 および 55 (ICRP, 1983, 1989) で吟味されている。過去において一般に用いられた1つの方法である“人的資本”アプローチは、多くの人々は国家経済への将来の寄与に対する関心からではなく、自分自身の死の予想に対する嫌悪感によって安全の価値を決めるという理由から、適切でないと批判された。より大きな確さと妥当性のゆえにもっと広く好まれるようになりつつあるもう1つの方法は、“支払いの快諾”(willingness to pay) アプローチで、これは一般公衆の代表的なサンプルの人々との直接のインタビューに基づくものである。国際原子力機関は、国境を越えた放射線被ばくに対するそのような価値の評価についての勧告を出版している (IAEA, 1985 b)。

4. 介入立案のための放射線緊急事態の分類

(34) 基本原則はすべての種類の放射線緊急事態にあてはまる。しかし、事故の種類によって介入の適用時期と選択に違いがあるであろう。たとえば、紛失線源または損傷線源が関係する放射線緊急事態は、あらかじめ特定することのできない場所で起こるであろうし、影響を受ける可能性のある地域を決めることも困難であろう。

(35) 事故の性質、継続期間および影響を受けた地域によって、異なった防護措置が適用されるであろう。介入の立案と実施においてはおのおのの防護措置を順番に考察する必要があるし、また、それぞれの利点と不利な点が分析される。そして、そのような分析の結果を、次に、複数の防護措置を含む介入のための方策を展開させるために用いるべきである。

4.1 放射線緊急事態の種類

(36) 緊急時計画作成のさいに考慮すべき、さまざまな起こりうる事故がある。それらは、原子力施設、たとえば発電炉およびその他の核燃料サイクル施設で起こる事故で、臨界または化学反応が関係するもの、および放射性物質の放出を伴うものがあり、また放射線施設での事故、あるいは、放射性核種の医療、工業および商業利用のような、その他の放射線源が関係する事故がある。放射性物質の輸送中の事故も環境への放射性核種の放出を引き起こすことがある。

(37) 原子力施設での苛酷事故は、サイト内の異常被ばく、閉じ込めの喪失および放射性物質の大気中への放出または直接に地表水あるいは地表下の水系への放出をもたらす。大気放出による一般公衆と作業員の被ばくのリスクは、もたらされる線量がより高く、放射性核種の人への移行に要する時間がより短く、また適切な防護措置の実施が相対的により困難であるため、一般に水圏への放出によるものより大きいと考えられる。しかし、大気経路に比べて詳細さの程度は低くてよいが、水圏への事故的放出に由来する被ばく経路も、緊急時対応計画の作成のさいに考慮する必要がある。

(38) もし、アイソトープ線源が誤って取り扱われ、公衆が近づきうる場所に不適切に放置され、紛失し、またはその閉じ込め、密封あるいは遮蔽の健全性が製作、輸送または使用中に損傷すると、別の放射線緊急事態が生じうる。過去 45 年間に報告された重大な放射線事故のうち、事象の約 3 分の 2 が原子力施設以外の施設(工業、研究、医療)に関係していた (IAEA, 1988)。そのような事故の空間的および時間的広がりは一一般に、原子力施設で発生する重大事故と比較すると限られたものであろう。しかし、そのような事故は、ときには早期死亡を引き起

こすような大きな放射線量を公衆の構成員にもたらすことがあるということが、経験により示されている。

(39) 緊急時対応計画作成のための基礎としてただ1種類の事故あるいは事象シーケンスだけを用いることはできない。原子力施設の場合には、プラントの種類とさまざまな放射性核種の放出の可能性が、そのプラントとサイトに対して特別に策定される緊急時対応計画を左右するであろう。予測される範囲の事故シーケンスによってサイト外に起こる影響を、詳細な緊急時計画を作成するさいの基礎とすることができる。ある種の核燃料サイクル施設での事故は、主たる影響が、化学的に有毒ではあるが傷害に対する放射線の寄与はごく小さい物質の放出であることもある。紛失線源あるいは放射性物質の輸送に関係する放射線緊急時対応計画は、事故が起こるかもしれない場所を前もって知ることができないので、広範な適応性をもつ必要があろう。

4.2 被ばく経路

(40) 放射線緊急事態の影響の大きさは、事故の個々の種類と性質、放射性物質の総量と含まれる放射性核種の種類、それらを環境中に拡散させるエネルギー、周辺環境の特性および放射性核種の拡散と移行の機構などの要因によって、かなり異なるであろう (Alpert *et al.*, 1986; USNRC, 1975)。多くの場合、考察が必要となる被ばく経路は限られた組合せになるであろう。事故時被ばく全体に対するおのおのの潜在的な被ばく経路の相対的重要性は、とくに事故の種類およびその時間的、空間的な特性の影響を受けて変わりうる。緊急時対応計画の作成と防護措置の実施のさいにこれらの点を考慮する必要がある。

(41) 原子力施設における苛酷事故は、たとえば希ガス、放射性ヨウ素および/または粒子状の核分裂生成物および放射化生成物の大気中放出をもたらす。プルーム中の放射性物質からのガンマ線は全身被ばくを引き起こす可能性があるし、また、プルーム中の放射性核種の吸入は臓器・組織の内部被ばくを引き起こすであろう。放出後の時間による線量率の変化は、放出物中の放射性核種組成とサイトの気象条件に依存するであろう。それ以外の放射線緊急事態は、ふつう、コバルト-60、セシウム-137あるいはイリジウム-192 というような1種類の放射性核種だけを含む。個々のアイソトープ線源の物理的、化学的特性は、受ける線量およびその体内分布を決める重要な要因となる。

(42) 緊急時対応を計画するさい、起こりうる被ばく経路を確定し、それらの相対的な重要性を評価することが大切である。照射されそうな身体の臓器または組織および受けると予測される線量のほか、とくに被ばくが起こりそうな経路に対応して異なった防護措置を実施することが、放射線量を避け、あるいは減少させるために必要となろう。これらの防護措置は第5章で論ずる。

表1 放射線緊急事態に関連するおもな被ばく経路

外部被ばくの経路：	線源あるいは施設 プルーム 放射性核種による表面汚染 放射性核種による皮膚および衣服の汚染
内部被ばくの経路：	プルーム中の放射性核種の吸入 再浮遊した放射性核種の吸入 汚染した食品および水の経口摂取 汚染物からの放射性核種の経口摂取 皮膚および傷口からの吸収

(43) 事故後の放射線による公衆および作業者の被ばくは、外部あるいは内部、またはそれらの両方からであり、またさまざまな経路によって起こりうる（表1参照）。外部被ばくは、線源あるいは施設から直接に、また線源からの放出物（たとえば、大気中プルーム）に含まれたり、表面などに沈着したり、あるいは皮膚および衣服の汚染を通じてある表面から他の表面に移動した放射性核種から起こりうる。内部被ばくは、プルーム中の放射性核種あるいは再浮遊した放射性核種の吸入から、また汚染した食品および水の摂取あるいは汚染した物質との接触による放射性核種の経口摂取から生じうる。また内部被ばくは、皮膚あるいは傷口を通じての放射性核種の吸収からも起こることがある。個人の全リスクは外部被ばくおよび内部被ばくによる影響の和で表される。

(44) 事故あるいは復旧活動に関係しないが、通常の業務が事故で汚染した地域の中で行われる公衆の一部の人々には、特別の配慮が必要である。それらの人々は、公衆について通常考慮される被ばく経路にさらに付け加わった経路を介して被ばくすることがある。そのような人々の一般的な分類には、汚染した土地の農夫、汚染した水域の漁夫、および汚染地域における基幹産業の従事者が含まれるが、そのほかに、廃棄物処理あるいはエアフィルタのような汚染物品を扱う人々といった他のグループも考慮しなければならない。

(45) 放射性核種の事故的な放出の影響は、影響をこうむる環境の特殊性によっても左右される。たとえば外部線量は、沈着物の種類と量、地表面の性質、および土地の利用状況と被ばくする住民の生活習慣というような要因に依存して、都会と田舎の環境でかなり異なる可能性がある。環境条件の季節的変動（たとえば、農作物の生育段階、根雪の存在、牧草の利用）もまた、放射性核種の沈着が起こった地域の農産物の汚染レベルに影響を与え、したがって汚染食品の経口摂取からの内部被ばくに強く影響しうる（NEA, 1989 a, 1991；WHO, 1987）。

4.3 放射線緊急事態の時間的および空間的側面

(46) 放射線緊急事態を時間的および空間的な側面から分類することは、適切な緊急時対

応計画の作成のために有用である。被ばく経路は1つの事故シーケンスの中のいろいろな時間で異なるかもしれない、そのような差異のため異なった防護措置の実施が必要となる可能性はきわめて大きい。たとえば、放射性プルームからの外部被ばくとその吸入は、沈着した放射性核種からの外部被ばくと汚染食品の経口摂取に比べ、より即時的な重要性をもつ。これは主として、プルームからの被ばくのほうが短時間で起こる可能性があり、したがって防護措置を実施するための緊急の決定を必要とするからである。汚染の空間的広がり、主として環境中の放射性核種の移行を支配する風と雨のような自然の過程によって決まる。そのため、これらの過程につきものの変わりやすさが沈着および放射性核種濃度の不均一な空間的パターンを生じ、緊急時対応計画立案のためにはこれを考慮に入れなければならない。放射線緊急事態の時間的、空間的な側面を理解することは立案の目的に有用ではあるが、これらの側面は1つの入力にすぎない (NEA, 1989 b, 1990)。

(47) 放射線緊急事態に対する介入措置を立案する目的で、以下の時期的段階を考慮することができる。すなわち、放出前の段階、放出段階および放出後の段階である。放出前の段階は、潜在的あるいは実際の事故被ばくが認識されたときから、かなりの量の放射性物質が放出されるかあるいは線源が制御のもとに戻るまでの期間をいう。この段階の間および放出段階の初めの数時間に、公衆および作業者に対する線量を回避するための手段についての緊急の決定が必要となるかもしれない。これらの決定は、異常事象の発生と線源の状況に対して前もって確定されているシナリオをもとにして行うことができる。環境モニタリングの初期の結果は決定の助けにはなりそうになく、また将来の展開を予測することにもかなりの不確かさがあるかもしれない。この理由で、緊急時対応計画は、施設あるいは線源の状況、放出物の測定結果と気象条件、および可能性のある被ばく経路に関する情報に基づいた防護手段の実施のための手順を含む必要がある。もし、放出前の段階が非常に短ければ、限られたサイト外活動だけが放出の前に実行可能であろう。

(48) 広範囲に及ぶ放出に対する直後の関心事は、大気中プルームの通過から起こる被ばくである。続いての関心事には、沈着した放射性核種に起因する被ばくも含まれるであろう。防護措置の実施に関する適切な決定の助けとするため、環境モニタリングの結果を、放出段階の間あるいはその直後に利用できるようにすべきである。

(49) 放出後の段階には、追加の防護措置の実施および通常的生活状態への復帰の両方に関連した決定がなされるであろう。この段階は数か月ないし数年の長期間にわたるかもしれない。

(50) 以前に導入された防護措置の継続がなお正当化されるかどうかを決定するために、放出後の段階に存在するおもな被ばく経路を定期的に再評価する必要があるであろう。

(51) 放出後の段階には、それ以前の時期に比べて意思決定のさいにより重要になる多く

の社会的、経済的および技術的要因がある。これらの要因は、事故それぞれの空間的・時間的側面に依存する。被災地の土地利用の種類と生活習慣、避難または移転した住民の規模、年間の時期、除染のしやすさ、自らの家に戻るさいの住民の認知の仕方と態度は、意思決定プロセスの中で考慮し、バランスをとらなければならない要因の一部である。事故の性質と影響に関する特定の情報が入手できるときには、防護措置の継続についての定期的な再検討を行うために、最適化のプロセスが用いられるべきである。これらの側面についてのこれ以上の論議は第5章で行う。

5. 介入レベルの誘導

(52) 各防護措置の利点と不利な点について以下に論ずる。最も有効な方策は、複数の防護措置の組合せになりそうである。考慮される防護措置とそれらが適用される被ばく経路を表2にまとめて示す。

(53) 防護措置のあるものは、事故のさい作業員および作業場所にも適用でき、最も重要なものは、立入制限、遮蔽、ヨウ素剤投与による予防、地表面、物品および人の除染、および防護衣の着用である。

(54) 実行可能な場合には、各防護措置に対して1つの適切なパラメータで介入レベル(intervention level: IL)を定め、選ばれたパラメータの予想値がそのILを超えた場合、事故に続いて防護措置の実施が発動されるようにすべきである。ILの選択は、防護措置の正当化と防護の最適化のプロセスの結果に基づいて行われるべきである。正当化および最適化の両方について、19項および27-29項に論議されている回避線量を用いる必要がある。

5.1 線源における介入

(55) 被ばく源が空間的に限定されているか、放射線の透過力が限られている場合の放射線緊急事態に対しては、緊急事態の制御と復旧のための作業に従事する作業員の放射線量を回避するために、鉛、鉄、コンクリートあるいは煉瓦のような密度の高い物質による局部遮蔽を採用することができる。そのような遮蔽は、公衆の線量を回避するには、あるいは原子力施設が関係する緊急事態には、それほど役に立たない。防護措置として遮蔽を用いることについて数量的な指針を与えることはできないが、遮蔽を用いることの正当化には、遮蔽を設置する作業員に追加される線量を考慮に入れなければならないであろう。この措置には線源からの汚染の拡大を制限する利点もある。

5.2 立入制限

(56) 事故によって被災した地域への立入制限は、放射線緊急事態になったという認識に続いて自動的に行われるべきであり、被災した住民集団の屋内退避あるいは避難を助言するいかなる決定にも先立って行われることさえであろう。この防護措置のための線量の介入レベルを与えることはできないが、立入制限は、もしそうしなければその地域に入ってしまう人々の被ばくを防ぎ、かつその地域の外への汚染の拡大を減らすという付加的な利益もある。立入制限は、緊急時活動およびその後の除染と復旧活動への妨害を最小にする。事故の直近の地域への

表2 種々の経路からの被ばくを回避するための防護措置

被ばく経路	防護措置
線源, プルーム, および/または地表に沈着した放射性核種からの外部照射 プルーム中および/または再浮遊した放射性核種の吸入または経口摂取 人の外部汚染	立入制限
線源, プルームおよび/または地表に沈着した放射性核種からの外部照射	遮蔽
外部汚染	防護衣
線源, プルームおよび/または地表に沈着した放射性核種からの外部照射 プルーム中の放射性核種の吸入 人の外部汚染	屋内退避
線源, プルームおよび/または地表に沈着した放射性核種からの外部照射 プルームおよび/または再浮遊した放射性核種の吸入または経口摂取 人の外部汚染	避難
プルーム中の放射性ヨウ素の吸入	安定ヨウ素の投与
外部汚染	人および衣服の除染
放射性核種の経口摂取	食物連鎖および給水に対する介入 (a) 食品および水の制限 ——消費禁止 ——食品/水の加工 (b) 食物連鎖中への放射性核種の取込みの低減 ——代替の飼料 ——固定剤 ——深い鋤き返しその他農耕方法の変更
再浮遊した放射性核種の吸入	地面の汚染の一時的固定 (たとえば, スプレーによる方法)
地表に沈着した放射性核種からの外部照射 再浮遊した放射性核種の吸入と経口摂取	移 転
偶発的な経口摂取	物品の除染および汚染物品の使用制限
外部照射 再浮遊した放射性核種の吸入	地面およびその他の表面の除染

立入制限と、もっと広域の被災地域への立入制限とは、別の考察が必要になるであろう。

(57) 広い地域に対して立入制限を行うことに伴う困難はおもに、長期間にわたる実施に伴い、人々が自分の家に戻ったり、あるいは家畜の世話をすることを切望するかもしれない場合に、この防護措置を続行することが困難となることから起こる。立入制限は短期間の手段としてだけ必要とされてよいのであって、長期間の立入規制は、立入禁止区域内に重要な生態学的変化および社会基盤の劣化を起こすことがあろう。したがって、長期間の立入制限に対する正当化と最適化が必要であり、またそれらは、移転のようなその他の長期にわたる防護措置および除染のような救済手段についての決定とも、相互に影響しあうであろう。

5.3 屋内退避

(58) 放射線緊急事態の間、人々は屋内にとどまるか、あるいは屋内に入るべきであるという当局からの助言は、その人々が受けるかもしれない被ばくをかなり減少させるであろう。ただし、実際の減少は屋内退避に利用できる建物の種類と構造に依存する(Brown, 1988)。たとえば、もし地下室が利用できれば、回避される線量は10倍以上にもなりうる。窓と扉を閉じ、換気システムをとめれば、放射性核種の吸入と皮膚汚染による線量も減少させることができる。建物に入ったかもしれない放射性核種の濃度を薄めることにより線量を減少させるため、放射性プルームが通り過ぎたことを確認したあと、窓を開け、換気システムを作動させることが望ましい。

(59) 屋内退避は、利用できる建物の種類および事故サイトとの位置関係にもよるが、緊急事態の早期において非常に有効な防護措置となろう。しかし、屋内退避を助言される人々との迅速かつ有効な連絡手段をもつことが必要である。もし人々が自分の家において、比較的短い時間(すなわち、数時間)の屋内退避が勧告されるのであれば、屋内退避の不利益は少ない。それより長い期間の屋内退避は社会的、経済的問題を生じ、不安の増大を招きうる。家族の構成者たちが異なった場所、すなわち、家庭、職場、学校にいるようなときに屋内退避を勧告すればやはり問題が起こる。短期間で局地的な屋内退避は、重要な社会活動の混乱および農業生産または工業生産の損失等がなければ、ほとんど財政的費用を必要としない。

(60) プルームの通過後の比較的長い期間、地表に沈着した放射性核種による外部放射線被ばくを回避するために屋内退避を続けることがありうる。建造物の種類によるが、少なくとも2、3倍、多ければ数十倍の効果が期待できる。この状況では、比較的長い期間の屋内退避が勧告されることがある。これは通常の生活を妨害し、苦痛のもとになるであろう。しかし、必要な活動のために戸外で短い時間を過ごしても、多くの場合きわめて高い被ばくにはならないと人々に助言することによって、不安は緩和されよう。このような一時的屋内退避方策の利点と不利な点を、介入レベルを正当化した最適化するさいに評価すべきである。

(61) 屋内退避に関する正当化および最適化にさいして用いるべき費用には、個人および社会の両者にとっての金銭的損失、工業、商業および農業（家畜の世話をする必要からこうむる線量の費用）での金銭的損失、および介入措置実施に責任がある人々（たとえば、警察官）が受ける線量の費用を考慮に入れるべきである。正当化および最適化の分析では、被ばくする住民全体としての考察に加えて、住民中のある特定グループについて別々に考察することもまた適切である。これは、費用、回避線量、およびその他の要因についてそのようなグループ間に差異があるかもしれないからである。そのようなグループは十分適切に定められるべきであり、都会の住民、田舎の住民、妊婦と幼児、および屋外作業者を含めることができる。

(62) 屋内退避が実行可能と考えられる時間の間に 50 mSv の回避実効線量が達成できるならば、屋内退避はほとんどいつでも正当化される、ということが一般的に概算されている。最適化されるレベルはもっと低いであろうが、特定の事故条件および住民のサブグループについて考察したときにもこの 1/10 を下回ることはないであろう。

5.4 避 難

5.4.1 予防的避難

(63) 避難は、被災したか、被災する可能性のある地域からの緊急かつ一時的な人々の移動を意味し、また、高線量および高線量率からの重篤な確定的影響および高いリスクの確率的影響を避けることを意図している。避難は、環境への放射性核種の放出が起こる以前に予防的手段としてとられた場合、最も効果的である。しかし、予防的避難は、早期の防護措置の中で最も混乱を招くものである。放射能の放出に先立って避難を決定する困難さは、入手できる情報の量が限られていることにある。事故の性質、事故の拡大の可能性および受けるかもしれない線量が、避難に伴うリスク、不安、混乱および費用を正当とするに十分なほど高いものかどうかについての判断が必要である。予防的避難を実施することの決定は、おそらく、関係するプラントの状態、あるいは起こりうる気象条件の変化の評価に基づいてなされることになる。

5.4.2 放射性物質放出後の避難

(64) 予測線量を重篤な確定的影響のしきい値以下に抑え、平均個人線量を減少させるための放射性物質の環境放出後の避難の効果は、人々に迅速に通報し移動させる能力、避難のタイミングおよび放射性核種の環境中での拡散を予測する能力によって決まる。放射線緊急事態の早期には、避難する間に受けるかもしれない線量を考慮する必要がある、この段階における屋内退避のほうがより有効かどうかの判断が求められる。

(65) いくつかの場合には避難に伴う身体的リスクは低いことが示されている (Aumonier と Morrey, 1991)。しかし、これらのリスクは避難が考慮されるときに状況によ

るであろう。天候条件、昼あるいは夜の時刻、および交通事情は、すべて付随するリスクに影響する。病気の人と高齢者などリスクが高い特別のグループに配慮しなければならない。当局はまた、私的な輸送手段を用いての自発的および/あるいは自由意志による避難の悪い面と良い面も考慮すべきである。そのような個人的避難は、避難に対する公式の助言が与えられている状態で起こることがあろうが、そうした助言がまだ放射線防護の根拠からは与えられていないときにも起こるかもしれない。

(66) 介入を正当化し最適化するさいには、被ばくする住民を全体として考えるだけでなく、費用と便益が異なるいくつかの特別なグループを別個に考慮することも必要である。これらのグループには、妊婦および幼少の子供、入院患者あるいはその他の施設に収容されている人々が含まれる。基幹産業の操業停止を受け持つ作業員あるいは家畜の世話をしている農夫に対しては、別個の最適化が必要である。異なった住民集団を別々に扱うときには、社会的および心理的費用を考慮すべきである。たとえば、社会・経済的考慮には、地域社会の種類（田舎、都会あるいは工業地帯）、避難する住民の人数および避難の想定される期間が含まれるであろう。考慮すべき費用には、新しい場所に移りまたもとに戻る輸送費、一時的な居住場所での追加の生活費（避難所、食事、一般的医療、学校、その他）、収入の損失に対する補償、不便さ、および残してきた財産の監視費用などが含まれる。

(67) もし予測される全身に対する平均個人線量が1日以内に0.5 Svを超えそうならば、あるいは避難期間の間に回避される平均個人実効線量が0.5 Svあるいは皮膚線量が5 Svならば、避難はほとんどいつでも正当化される、ということが一般的に概算されている。大多数の予想される事故状況について、避難によって回避される実効線量の最適化レベルはそれより低いであろうが、その1/10を下回ることにはないと予想される。

(68) 避難は短期間の防護措置であり、その続行は危険が続いていることによって正当化されなければならない。この引き続く危険とは、放出源の制御の失敗、さらに起こる事故あるいは放出に伴うかなり大きなリスク、あるいは環境中での高い放射線量率の持続などであろう。しかし、1週間を超えれば、避難は移転とみなされ、それに応じて正当化および最適化がなされるのが適切である（5.9節参照）。

5.5 安定ヨウ素の投与

(69) 甲状腺が機能し、甲状腺ホルモンを合成するために、通常、適切な量のヨウ素を摂取する必要がある。摂取された食物中のヨウ素はヨウ化物のかたちで循環系に取り込まれる。甲状腺のヨウ素を捕捉する効率は非常に大きい(GoodmanとGilman, 1985)。この特性のため、放射性ヨウ素の放出の場合には甲状腺が標的臓器になる。正常の甲状腺機能を維持するためには1日あたり100 μg のヨウ素が必要であるが、世界のいくつかの地域では、多くの食品に含ま

れるヨウ素の量が少ないため、単純性甲状腺腫に罹患している人々が多い。ヨウ化カリウムまたはヨウ素酸カリウムとしての安定ヨウ素の経口投与は、同位体希釈および甲状腺代謝への直接の作用によって、甲状腺に達する放射性ヨウ素同位体の量を減少させる。もちろん、これらの化合物は、吸入あるいは経口摂取によるヨウ素以外の放射性核種の体内取込みを減少させることはない。

(70) 成人ではヨウ素-131の摂取のあと、甲状腺中の放射能は約1日後にピークに達し、また経口摂取後約6時間でその最大濃度の50%に達する。甲状腺による放射性ヨウ素の取込みは、一般に100 mgの安定ヨウ素投与後5分以内に阻止される。投与するよう勧告される量は通常100 mg (ヨウ化カリウムで130 mg, ヨウ素酸カリウムで170 mg) である。妊婦および3-12歳の子供に対しては安定ヨウ素50 mgに、3歳未満の子供には25 mgに減らすべきである。この投与量では、安定ヨウ素の経口摂取による副作用のリスクは、食品中のヨウ素が欠乏している人々でさえもきわめて小さい (WHO, 1989)。しかし、もっと大量の安定ヨウ素を自分勝手に服用することは、便益がまったく増加することなしに、皮膚の過敏症または喘息のような副作用につながる可能性がある。

(71) 安定ヨウ素からの最大の便益は、放射性ヨウ素に被ばくする前かあるいは被ばくのあとできるだけ早く錠剤を服用することによって明らかに得られる。放射性ヨウ素の1回摂取による被ばくから数時間後の投与でも、甲状腺の放射能を1/2にまで減らすことができる。安定ヨウ素の投与が6時間より大幅に遅れば、甲状腺線量はほとんど減少しないであろう。また、この防護措置は、放射性ヨウ素の吸入または経口摂取が終わってから12時間以降には、もはや価値がない。

(72) 使える時間が短いので、安定ヨウ素の配布には実行上の問題がでることがあり、とくに多人数の住民集団が関係する場合はそうなるであろう。それゆえ、国の当局は、保有在庫量を適切な間隔で更新するなど、被災住民が安定ヨウ素を確実に入手できる、最も効果的な方法を注意深く考慮すべきである。

(73) その効果は時間とともに減少するが、安定ヨウ素の1回投与で2、3日間有効である。しかし、これは平常の食物摂取によって変わる。もし放射性ヨウ素による被ばくがおよそ2日以上続くならば、安定ヨウ素の追加投与が必要となろう。

(74) 安定ヨウ素の投与は、単独の防護措置として用いられることはまれであり、ふつう屋内退避または避難と関連させて勧告されるであろう。

(75) この防護措置は、放射性ヨウ素の吸入が主要な被ばく経路であるとき考慮されるべきものである。汚染していない食品の供給が容易に行われる状況であれば、食品の生産と消費を制限することによって放射性ヨウ素の経口摂取による線量を減少させるほうがより適切である (5.8節参照)。

(76) 正当化および最適化の分析で考察されるヨウ素予防法の費用には、ヨウ素剤およびその配布の金銭的費用、およびリスクにさらされた住民への配布を実施する責任のある人々が受ける線量に関する費用を含めるべきである。

(77) ヨウ素予防法は、平均の個人甲状腺線量 0.5 Sv が回避できればほとんどいつでも正当化されることが、一般的に概算されている。しかし、特定の事故状態の考察が示すところによると、一般的に最適化されるレベルはもっと低いであろうが、1/10 を下回ることはないであろう。

5.6 人の除染

(78) 個人の衣服および皮膚が汚染していると疑われたならば、簡単でリスクが低い防護措置は、衣服を脱ぎ、身体をシャワーで洗浄し、衣服を着替えることである。汚染の疑いがある衣服はのちの検査のため保管し、検査後に、洗濯するか廃棄するかについての助言がなされるであろう。この防護措置に対する一般的な介入レベルはないが、事故後最もひどく汚染していた区域にいた人々に注意を向けるべきことは常識によりわかる。もし、非常に高いレベルの皮膚汚染が発生していれば、医師および保健物理専門家の監督のもとで、特別の除染剤を使用しなければならないかもしれない。個人の除染措置のために、あるグループの人々の避難を遅らせるべきではない。

5.7 傷害の取扱い

(79) 臨床医が外部放射線からの線量および吸入あるいは経口摂取した放射性核種からの線量を評価するさいに、被ばくシナリオの知識が重要である。皮膚から放射性汚染を除去するためには即時の処置が不可欠である。その後、確定的影響が予想される場合には熱傷専門の部門に迅速に引き渡すことが、皮膚損傷を処置するために最良の方法である。

(80) 骨髄機能低下の徴候を示している人々に対する処置は、免疫機能低下および血液障害の処置を専門とする部門に委ねるべきである (IAEA, 1988)。

(81) 放射性核種を事故的に吸入または経口摂取した作業者に対しては、医学的な介入のための要件がもっとふつうに適用される。除染は専門医の監督のもとで実施されるべきである。それには、体内に取り込まれた放射性核種の排泄を促進するためのキレート剤その他の化合物の投与が含まれる。

5.8 食物連鎖および飲料水に対する介入

5.8.1 概 説

(82) 環境中に事故的に放出された放射性核種は食品および飲料水に移行することがあ

う。食物連鎖と飲料水についての防護措置は、次の2つのカテゴリーに分けられる：

- 汚染した食品および水の消費を直接に制限する措置
- 汚染した空気、土壌および水から放射性核種が食物連鎖の中に移行することを制限する措置

これらのカテゴリーは両者とも、消費者の放射線量を回避するための方策を構成する多数の異なった措置からなっている。これらの措置に関する介入レベルは、たとえば、ミルクおよび乳製品、牛肉あるいは羊肉のような食肉、魚、穀物、根菜および塊茎、野菜、果物および飲料水などの食品区分のそれぞれに、独立に設けることができる。誘導介入レベルは、飲食に供されるかたちでの汚染食品中の放射能濃度で与えるべきであり、粉ミルクのような濃縮されたかたちでの放射能濃度で与えるべきではない。

(83) これら2つの防護措置のカテゴリー内での代替あるいは補足的な措置は、存在する個々の放射性核種と、その放射性核種の濃度を減少させるための特定の措置の導入の可能性によって決まる。食品の消費禁止に対する代表的な補足的措置は、食品加工法に異なる方法を用いること（たとえば、ミルクからチーズの製造）であり、放射性核種の食物連鎖への取込みを制限する代表的な代替措置には、動物飼料の原料の変更あるいは化学的固定の利用が含まれる。異なった措置には異なった金銭的費用がかかり、また平常の生活を混乱させる不利益も異なるので、これらのことは介入に対する全体的方策を正当化するさいに考慮すべきである。

食品および水の汚染に関係があるこれら2つのカテゴリーの防護措置、ならびに代替および補足的措置を以下個別に論ずる。

5.8.2 食品と水の制限

(84) 一般に、上水道システムを通じての放射性核種の移行には即時的な重要性はないようであるが、雨水あるいは未処理の地表水源を飲用している住民集団については、考慮を払うべきである。

(85) 放射性核種が放出されている間およびその直後には、大気からの沈着によって直接に汚染するかもしれない食品の管理、および1回の放出から1日以内にかんりの放射性核種濃度に達するかもしれないミルクの管理を優先させなければならない。食品管理の必要性和規模に関する早期の決定は、予測または測定された地表沈着に基づいて行われる必要がある。1日ないし2日の時間スケールで食品中の放射能濃度の測定結果が使えるようにすべきであり、それによって被災地域をよりよく決めることができるであろう。

(86) 汚染食品の販売と消費の禁止は、同じ栄養価値をもつ代替の食品の供給を行いうるかぎり、住民に及ぼすリスクはきわめて小さい。しかし、費用はかかるかもしれない。費用には、代替食品の供給、モニタリングと管理、汚染食品の処分、および食品生産者の所得の損失

に対する補償が含まれる。

(87) ある種の放射性核種は、汚染した土地または水から食物連鎖中の植物と動物にゆっくりとしか移行しないため、長寿命の放射性核種が含まれている場合には、食品の管理をかなり長期間実施する必要がある。

(88) 放射性核種が直接に沈着した食品についての最も簡単な処置は、葉菜からは外葉をとり除き、表面汚染しているかもしれない果物などその他の食品では、洗浄しあるいは皮をむくことである。原料食品を家庭内でおよび産業的に加工し、調理して食事に供することは、飲食するかたちでの食品中の放射性核種の含有量を減少させることになるであろう。例外的な食糧不足の条件下で、しかも特定の汚染食品からの個人線量への寄与が非常に高い状況では、それら汚染食品の放射性核種濃度を減らす処理が、その食品を市場から初期に回収することの補足的措置として考慮されるかもしれない。

(89) 介入の立案に関する基本原則は食品および水の管理にもあてはまる。すなわち、介入は正当化され最適化されなければならないが、また残存線量が検討されるべきである。任意の1種類の食料品に対して、ほとんどいつでも正当化される介入レベルは、1年のうちに回避される実効線量で10 mSvである。代替食品の供給が容易に得られない状況、あるいは住民集団が重大な混乱に陥りそうな状況では、1年につき10 mSvよりはるかに高い予測線量レベルでのみ介入は正当化されるかもしれない。

(90) 最終的な食糧消費者がつかねにわかっているとは限らないため、最適化のプロセスの中で考慮すべきパラメータは、制御手段によって回避される集団線量である。一般的な最適化の例は付属書Bに与えられている。放射能濃度は食料品が異なれば変わり、またいずれの種類も食品の放射能濃度も時間とともに変化する。さらに、個人に対する実際の線量は、国と地域の食習慣および食品の産地によって著しく変動する。これらの変動のために、防護措置の正当化を行うべき対象となる特定のグループがあるかどうか、調べる必要がある。食料品の単位質量あたりの価格、1人あたり単位時間あたりの食料品の消費量、および単位摂取量あたりの適切な線量値を用いて、簡易化された一般的な最適化を行うことができ、それから食料品中の最適化された放射能濃度が直接得られる。単位摂取量あたりの線量値が小さい放射性核種(たとえば、大部分の β および γ 放出体)については、種々の食品に対する最適化された介入レベルは、1-10 kBq kg⁻¹の範囲にあると予想される。単位摂取量あたりの線量値が高い放射性核種(たとえば、 α 放出体)に対しては、最適化された介入レベルは10-100 Bq kg⁻¹の範囲になるであろう。これらの介入レベルは、代替食品の供給が容易に得られる通常の状態に対して適切なものであろう。厳しい食糧不足の条件下では、はるかに高い最適化された値となると思われる。

(91) もし異なった当局が食品と水の制限に関して異なった決定をしたというふうに見ら

れると、公衆防護の責任をもつ当局の信用は失われる。したがって、異なった国々で異なった数量規準を設けるだけの十分な科学的理由はあるかもしれないが、統一的な対応を行うほうが有利である。これは食品の国際取引における困難を避けることにもなる。

(92) 国際取引の不必要な混乱を避けるために、世界保健機関と食糧農業機関の合同委員会である食料基準委員会 (Codex Alimentarius Commission : CAC) は、食品中の放射性核種汚染について指針値を採択し、これらの指針値より低い放射性核種濃度の食品は、国際取引にあたって無制限で容認しうるものとしている (WHO/FAO, 1989)。国際取引上容認できる食料品について局地的な制限を設けることは論理的でないから、これら CAC の指針値は介入レベルでなく、むしろ非介入レベルである。

5.8.3 放射性核種の食物連鎖中への移行の制限

(93) 草食の家畜を畜舎に収容したり、汚染のない牧場に移したり、あるいは代替の飼料を与えたりするような予防的手段の実行可能性を考慮すべきである。なぜならば、これらの手段は一般に、汚染食品を管理する対策に比べて費用がかからず、また混乱を起こすことがより少ないからである。このような手段は事故が発生する季節に特有のものであろう (NEA, 1989 a, 1991)。

(94) 人の食用とするはずの草食動物に汚染した牧草を食べさせ続けることが必要な場合には、屠殺する前にその汚染を容認しうるレベルにまで確実に減少させるのに十分な期間にわたって、それらの動物を汚染のない牧草地に移すか、あるいは汚染していない代替の飼料を与えることが可能かもしれない。また、特定の放射性核種を固定したり、汚染した動物から特定核種の排泄を促進したりする薬剤を、それらの動物の飼料を介して投与することも可能かもしれない。

(95) 長期的には、放射性核種の土壌から植物への移行を少なくするために、農地の処理、たとえば、土壌の上層部の除去、土の鋤き返し、耕地の客土、牧草地の再開墾、あるいは肥料の使用その他の処理を考慮することが必要となるかもしれない。しかし、それを行うにあたっては、必須微量元素の移行を妨げるといような悪影響を避けるための配慮がなされなければならない。

(96) 極端な条件下では、農地の利用を完全に変更すること、あるいは汚染地域を農耕用途から除外することを考慮する必要があるかもしれない。

5.9 移 転

(97) 移転は、主としてこの措置がとられている期間によって避難とは区別される。それは被災地域から人々を長期間立ち退かせることをいう。沈着した放射性核種からの線量を減ら

し、また救済手段を実施できるようにするために、移転は避難の延長として行われることもあろうし、あるいは、事故が起こってから数週間あるいは数か月までの放出後の段階に導入されることもあろう。移転の継続期間は永続的であるかもしれないし、あるいは、もっと限定された期間かもしれない。これは、線量率の減少（放射性減衰、ウェザリング過程および救済措置による）および社会的要因（たとえば、被災地域における再居住のための準備などの）に依存する。

(98) 移転に伴うリスクと困難は、避難に伴うそれらとは異なっている。移転はそれほど緊急ではなく、住民集団の移動は前もって注意深く計画し、実行にあたって管理することができるが、財政的費用は高くつくかもしれないし、対象となる住民の数および被災地域での諸生産物の損失にも依存するであろう。さらに、混乱と不安に対する社会的費用も大きいであろう。住民たちは、移転が望ましいといったん告げられると心配し、当然不安に陥るであろう。当局はそれらの住民に十分な情報を与え、リスクについて説明し、はなはだしく遅れることなしに移転を実行することが必要であろう。

(99) 内部被ばく、外部被ばく両方の平均個人線量の回避にかかわる時間と関連しての移転の効率は、環境測定とモデル化に基づいて推定すべきである。介入レベルを正当化し最適化するにあたっては、回避線量の分布と対応する費用とを移転させられる住民全体について考慮すべきである。

(100) 移転の影響を調べるさい、いくつかの種類のコストを考慮する必要がある。これらには、輸送費、新しい住宅、学校、医療、職場などを供給する費用、食品に余分にかかる費用、失われた収入、資産、産業投資および農業資本に対する補償、さらには移転に直接結びついた健康影響および関連するストレスのコストが含まれる。

(101) 移転はさまざまな社会的問題を引き起こすことがあり、それらを最終的意思決定のさいに考慮すべきである。最終決定に寄与する種々の要因を系統立てて合理的に扱うために、いくつかの意思決定支援手法を用いることができる。意思決定のための話し合いは、放射線その他の保健上の問題とともに、社会・経済的および政治的要因が関係する複雑な問題を系統的に取り扱う優れた可能性を提案すると考えられる。

(102) 一般的考察から、約 1 Sv という平均回避実効線量は、移転に対してほとんどいつでも正当化されるレベルとして用いることができるであろう。事情によって、移転はもっと低いレベルの回避線量でも正当化されることがあろう。しかし、非常に重大な事故のあとでは、移転が正当化される回避線量のレベルは、この参考レベルよりもっと高くさえなるかもしれない。移転に関する一般的な最適化の例は付属書Cに展開されている。移転が最適化されるときに沈着放射能からの線量率は、連続した長期の被ばくに対して1か月あたり約 10 mSv である。

5.10 構築物および地表面の除染

(103) 適切に訓練された要員は、建物および地表面の汚染レベルを、公衆に対してほとんどリスクを及ぼさずに減少させることができるが、もし汚染のレベルまたは広がりがある除去を十分正当とするほど大きければ、除染作業に従事する作業員の線量は測定できるほどになりそうである。明らかに、除染を必要とする面積が大きいほど仕事は困難となり、これを防護措置と考えるには効果も小さいかもしれない。除去された汚染物の貯蔵と最終処分の手段も必要となるであろう。この防護措置については、正当化と最適化は回避される集団線量に基づいて検討されなければならないであろう。

6. 緊急時対応計画

6.1 概 説

(104) 緊急時対応計画の一般的考察は、ICRP Publication 60 の 278-284 項で与えられている。“公衆に影響を及ぼすおそれのある緊急事態が宣言された場合、一般に責任の所在の移動があるはずである。多くの場合、事故発生の場合では操業管理組織が存在し、事象自体の初期制御にはその管理組織が使える。しかし、それは、事象が事業所の外であるかあるいは事業所外にまで広がっているときには、適切とは考えられないことがあろう。緊急時対策のもっと広い責任は通常は当局が担わなければならないであろうし、当局はまたその決定に基づく措置の実施責任者は誰かを決めなければならない。

(105) “事故または操業上の誤判断は緊急の措置を必要とするかもしれない。もし前もって決めることができるなら、局地的な緊急時対策の立案は主として操業管理者の責任とすべきである。より一般的な、とくに国レベルの計画は、規制機関の責任あるいは政府によって指定された他の組織体の責任とすべきである。局地的計画と国の計画とは綿密に調整され、かつ放射線を含まない事故に対処する他の計画と密接に関係づけられることが必要である。地域計画および国際的計画との関連もつけておくべきである。近隣諸国との二国間協定が必要な場合も多く、大規模施設が国境の近くにある場合はこれは必須である。放射線事故に対する詳細計画の規模は、他の計画との関係の程度および事故の大きさと予想される頻度とに影響される。緊急時計画の策定、維持および訓練には、かなりの資材の投入が要求されることから、計画の規模の選択はかなりの実際的な意味合いをもっている。

(106) “これまでの経験で、緊急時計画の策定における困難のうち、とくに重要ないくつかの点が明確になっている。第一は、事故が発生したことおよび緊急時対策が必要であることの認識である。この点は、事故が大きなプラントで生じた場合はほとんど困難はないが、ラジオグラフィ用線源の紛失あるいは誤用に起因する危険な状況は、認識するのが非常に困難である。第二の問題点はデータの迅速な取得と解釈である。事故の影響を受けた地域でデータをとらなければならないのは明らかであるが、影響を受けなかった地域での安心のためのデータにも幅広い要求があることは、つねに認識されているとは限らない。第三に、解釈されたデータは、決定と措置、あるいは措置が必要ないという納得のいく結論に結びつくものでなければならない。最初の決定は、公式の責任体制とは別に、その場にいた誰かが行わなければならないことが多い。計画ではこのことを認識すべきであるが、さらに長い時間スケールでのもっと公

式的意思決定についても規定を設けるべきである。第四の問題は通報である。情報に対する要求は、過去においてはいつも過小評価されてきた。緊急時組織の通報システムを決めるのは難しくないが、それを確立し維持するには費用がかかる。公衆との十分な通報を達成するのはさらに非常に難しい。事故という事態に見舞われた地域での説明と助言は、いったん内容が決まればかなり簡単である。もっとずっと難しいのは、措置をとらなかった他のもっと広い地域での安心感を広めることである。国の計画の中に特別の規定を設けるべきである。

(107) “以上のような特殊な特徴のため、緊急時計画には、通常使われない部分が多くある。そうした部分は、定期的訓練によっていつでも使える状態に維持しておかなければならない。訓練は、乏しい資材の浪費と考えられがちであるが、緊急時計画立案の必要な一部として取り扱うべきである。

(108) “緊急時手順を発動するには、なんらかのかたちで緊急事態の宣言を行う必要がある。これにはおそらく、1つの施設または1つの作業場所にだけ適用される局地的なものもあり、あるいはもっと広い範囲に適用されるものもあろう。このような宣言は、この時点で放射線防護体系が介入に関係した体系になったということを明確にするという別の働きももつ。緊急事態を解除し、また用いた種々の対策をやめることについても、規定を設けなければならない。

(109) “緊急時計画には柔軟さが必要であるが、計画の中には緊急の意思決定のさしあたりの根拠となる1組の介入レベルを含めることが非常に大切である。これらの介入レベルは、必要となりそうな種類の措置について設けるべきであり、規制機関により、またはそれに代わって、公表されるべきである。第6章で論じたように、介入レベルの選択は、その措置をとることによって回避できる線量をもとにして行うべきである。回避可能な線量を事故直後の短時間の間に推定することは容易ではないから、必要なときに測定ないし推定できる量に関して誘導介入レベルを決めておくべきである。介入レベルは限度として扱うべきものではなく、措置のための指針である。” (ICRP, 1991)。

6.2 緊急時対応計画立案における介入レベルの役割

(110) 環境中への放射性物質の拡散をもたらすような事故が発生した場合、公衆の防護のための手段を効果的に実施することは、前もっての準備の適切さに依存するところが大きいであろう。これには、事故の影響を制御し、制限するための緊急時対応計画の作成を含めるべきである。これらの影響は、その性質も程度もおおのこの種類の事故に特有のものであり、緊急時対応計画の基礎とすべきただ1つのもつと決めることのできるような単一の事故シーケンスがあるとは思われない。大型で中央制御方式の施設（たとえば、原子力発電所）における緊急時対応を計画することのほうが、原子力関係でない施設（たとえば、工業用ラジオグラフィあ

るいは非密封または破損した医療用アイソトープ放射線源)、放射性物質輸送中の事故、あるいは他の国の事故からの放出に対する緊急時対応を計画するよりも、しばしば容易である。しかし、計画はこれらすべてのカテゴリーに対して作成すべきである。緊急時対応の計画立案段階で一般的な介入レベルおよびサイト特有の実用的な介入レベルを作成するためには、通例の放射線防護だけの専門的知識よりもっと幅広い専門的知識が必要となるであろう。同様な専門的知識は、事故の発生時およびその影響の残っている時期にその特定の事故のために計画を調整して、適切な介入方策を展開するのに必要な広範多岐な問題について助言するためにも必要とされよう。予測される線量レベルおよび被ばくが起ると予想される経路によって、被ばくのリスクを減少させるために異なった防護手段を実施する必要がある。したがって、計画立案のための事故シナリオの選択は、サイト外の措置を必要としそうもないもの、あるいはサイト外の影響が小さいと予想されるものから、たとえ発生確率がきわめて小さくてもサイト外に重大な影響を及ぼすシナリオまで、広い範囲を網羅すべきである。資源の浪費を避けるために、そのような計画立案の詳しさは発生確率と関連づけるべきである。通常のやり方は、比較的起こりやすい事故に関連したサイト近傍での対応についてはより詳細な計画を立てておき、比較的起こりそうにないがより大きな事故が起こった場合には計画した措置を拡張できるようにしておくことである。

(111) 緊急時計画を作成するにあたっては、少なくとも放出されそうな種々の放射性核種の量およびそれらの物理・化学的性状、放出が始まるまでに使える時間および放出の予想継続期間について、決められた各種の事故ごとに異なるソースタームを考えるべきである。

(112) もし放出前の段階がごく短ければ、放出開始までには限られたサイト外対策しか実行できないであろう。さらに、放出中あるいは放出直後には、放出放射性核種の量の正確な測定結果は入手できないかもしれないので、たとえばプラントの状況および想定された故障状態に対する設計時の安全解析に基づいて予測する必要があることも認識しなければならない。そのような予測は、それ以後に得られる実際の測定結果によって検証され、改良されることになる。

(113) 放出の継続期間も、サイト外の影響に関してきわめて重要であり、大型原子力施設の場合には、それは1時間以内から数日間にまでわたることがある。この期間内に不規則で予測できない放出率のピークがあるかもしれない。その上、放出が長引く間に、風向、風速あるいは降水などの気象条件の変化が起こりうるであろう。これらすべての要因は、拡散した放射性核種の濃度を変化させるであろう。たとえば、気象条件の変化により濃度は相当に減少することがあり、その結果受ける線量が減少することもあるかもしれないが、もっと早い段階では被ばくするとはされていなかった住民集団に線量もたらされるかもしれない。

(114) 操業中の原子力施設をもつ国々あるいは国境を越えて重大な影響を与える可能性の

ある施設をもつ国に接する国々では、原子力事故に対する詳細な緊急時対応計画を立案することは、明らかに国および地方の当局の責任である。これらの計画には、この報告書で論じられている種々のかたちの介入の必要性和実施とを決めるための手はずを含めるべきである。原子力施設から遠く離れた国または地域では、避難のような比較的混乱の大きな防護措置に関する詳細な計画はそれほど必要としそうにない。それでもなお、広範な国際的影響をもつ事故の場合には、食品その他の品物の輸入規制のような、なんらかの防護措置を考慮する必要があるかもしれない。

(115) 第2章で述べた介入決定の基礎になる基本原則は、ある与えられた防護措置が導入されるレベルはその時々事情によって変わりうることを意味している。したがって、実際の介入計画案を策定するにあたっては、融通性を維持しなければならない。事情にかかわらず適用することを意図した介入レベルを定めることはよくないであろう。しかし、最適化のプロセスは事故時に実行できるという理由で、この融通性が必要ということをもって介入レベルを定めることに対する反論として用いるべきではない。事故の早期に利用できそうな資源についてその他の制約があれば、そのようなアプローチは逆の結果を生むであろう。したがって、計画立案の重要な役割は種々の防護措置についていろいろな介入レベルを確立しておくことにある。事故のさいに時宜にかなった効果的な防護措置の導入を確実にするためのこのような計画立案の重要性は、評価されすぎることはないであろう。

(116) 介入レベルは可能性のある多数の事故シナリオに対して設けることができる。こうした分析は、重要な変数に対する介入レベルの感度を示すべきであり、また、種々の状況に対して適切ないろいろな介入レベルとそれに関連する防護手段を選ぶことができるようにすべきであり、そうすることによって適度の制約を保ちながらある程度の融通性が得られる。次いで、万一事故が起こった場合の実際の状況に従って介入を実行すべき適切なレベルが選ばれることになる。

6.3 紛失線源

(117) 放射線源の紛失という特殊な場合には、事故シナリオを予見することが容易でないので、放射線緊急事態を扱う計画とその他の種類の事故を扱う計画との間に十分な関係があることがとくに重要である。紛失が起こるかもしれない線源の所在と移動の記録を保存するための規定を設けるべきである。線源の紛失が確認されたら、危険にさらされるかもしれない人々に、その状況の詳しい内容を知らせるべきである。放射線源の潜在的危険についての一般公衆の認識は、放射線緊急事態の可能性を減らす重要な要因である。放射線の危険性を示す標識システムについての公衆の認識を改善する考慮がなされるべきである。当局は、実行可能ならばモニタリングによって線源を捜索する手段をもつべきである。紛失した放射線源は公衆の構成

員によって発見されるかもしれないので、そうした線源を早急に回収する計画を作っておくべきである。緊急時配備計画には、援助を要請し関係当局に通知するために利用できる、わかりやすい手段を組み込むべきである。最も効果的な手段は関係する国の社会基盤によるであろうが、指定された方法で連絡することのできる警察あるいは消防署のような地方組織、および医学物理士が病院にいる場合にはその医学物理士を利用することがよいかもしれない。

(118) もし事故が発見される前に紛失線源が破損して内容物が広く飛散している場合には、復旧活動には医療および、モニタリングと汚染除去のための多大の資源を要するかもしれないことを認識して、緊急時対応計画は作られるべきである。放射線事故による罹災者の処置はきわめて多様で複雑である。そのような患者を扱うための訓練を受けた専門医による緊急援助に関する規定が、放射線緊急時計画の中に設けられるべきである。放射線傷害の性質についての認識は、広く普及した教育プログラムによって訓練されたすべての保健専門家と放射線業務以外の作業者の教育に依存している。

7. 勧告する介入レベルの要約

(119) 表3は、この報告書で勧告するほとんどつねに正当化される介入レベル、および、最適化される介入レベルが存在すると予想される範囲を要約したものである。これらのレベルの導き方および適用についての制限はこの報告書の関連する節に示してある。

表3 勧告する介入レベルの要約

介入措置の種類	回避線量についての介入レベル(mSv)	
	ほとんどつねに 正当化される値	最適値の範囲
屋内退避	50	正当化される値の 1/10 以下にはならない
安定ヨウ素の投与		
—— 甲状腺に対する等価線量	500	
避難(1週間未満)		
—— 全身線量	500	
—— 皮膚に対する等価線量	5 000	
移 転	1 000	長引く被ばくに対して 月あたり 5-15 mSv
1種類の食品に対する制限	10(1年間に)	1 000-10 000 Bq kg ⁻¹ (β/γ 放出体) 10-100 Bq kg ⁻¹ (α 放出体)

参考文献

- Alpert, D. J. Chanin, D. I. and Ritchie, L. T.(1986). *Relative Importance of Individual Elements to Reactor Accident Consequences Assuming Equal Release Fractions*. Report NUREG/CR-4467(SAND 85-2565). Sandia National Laboratory, Albuquerque.
- Aumonier, S. and Morrey, M. (1991). Non-radiological risks of evacuation. *Radiat. Prot. Dosim.* **10**, 287.
- Brown, J. (1988). The effectiveness of sheltering as a protective action in the event of an accident. *Radiol. Prot. Bull.* No. 97, 9.
- Goodman and Gilman(eds)(1985). *The Pharmacological Basis of Therapeutics*, seventh edition. McMillan Publishing Co.
- IAEA(1985a). *Principles for Establishing Intervention Levels for the Protection of the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency*. IAEA Safety Series No. 72. Vienna.
- IAEA(1985b). *Assigning a Value to Transboundary Radiation Exposure*. International Atomic Energy Agency. IAEA Safety Series No. 67, Vienna.
- IAEA(1988). *The Radiological Accident in Goiania*, Vienna.
- ICRP(1983). *Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection*. ICRP Publication 37. *Annals of the ICRP* **10**(2/3).
- ICRP(1984). *Protection of the Public in the Event of Major Radioactive Accidents : Principles for Planning*, ICRP Publication 40. *Annals of the ICRP* **14**(2).
- ICRP(1989). *Optimization and Decision-Making in Radiological Protection*, ICRP Publication 55. *Annals of the ICRP* **20**(1).
- ICRP(1991). *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP* **21**(1-3).
- NEA(1989a). Nuclear Energy Agency. Organization for Economic Co-operation and Development(NEA/OECD). *The Influence of Seasonal Conditions on the Radiological Consequences of a Nuclear Accident*. Paris.
- NEA(1989b). NEA/OECD. *Nuclear Accidents : Intervention Levels for Protection of the Public*, Paris.
- NEA(1990). NEA/OECD. *Protection of the Population in the Event of a Nuclear Accident : A Basis for Intervention*. Paris.
- NEA(1991). NEA/OECD. *Influence of Seasonal and Meteorological Factors on Nuclear Emergency Planning*. Paris.
- USNRC(1975). United States Nuclear Regulatory Commission. *Reactor Safety Study : An Assessment of Accidental Risks in US Commercial Nuclear Power Plants*. Report WASH-1400, App. VI(NUREG-75/014). Washington.
- WHO(1987). World Health Organization(WHO). *Nuclear Power : Accidental Releases—Practical Guidance for Public Health Action*. WHO Regional Publications, European Series No. 21, Copenhagen.
- WHO(1989). *Guidelines for Iodine Prophylaxis Following Nuclear Accidents*. Copenhagen WHO Regional Office for Europe Environmental Health Series 35 Publ. FAPL.
- WHO/FAO(1989). Codex Alimentarius Commission.

付属書A 介入に従事する人々の防護

(A1) 事故のあとに必要とされるかもしれない措置に関して、作業条件について次の3つのカテゴリーを定義することが好都合である：

カテゴリー1：事故の現場での緊急措置

カテゴリー2：早期の防護措置の実施，および公衆の防護のための措置

カテゴリー3：復旧活動

(A2) カテゴリー1。第一のカテゴリーに属する作業者は、人命を救い、重大な傷害を予防し、あるいは公衆の構成員の潜在的被ばく線量が大きく増加することを防ぐために、活動しなければならない人々である。これらの人々はプラントの職員である可能性が最も大きい、消防士のような緊急サービスの従事者であるかもしれない。これらの作業状況に対して最大線量レベルを勧告することは適切ではない。緊急時の介入は、その介入が人命救助を目的としているか、あるいは人が確定的影響のしきい値を超える非常に大きな線量を受けるのを防ぐことを目的としているときには、通例、高度に正当化されている。その他の目標に関連しては、正当化は、期待される便益との関係で注意深く考察されなければならない。より高い線量が正当化されるかもしれない救命活動を除くすべての措置に関して、重篤な確定的健康影響が起こるかもしれない線量すなわち実効線量 1 Sv、または皮膚に対して等価線量 5 Sv 以下に線量を抑えるよう、あらゆる努力を払うべきことを勧告する。

(A3) そのような活動を引き受けることを要求されるかもしれない作業者は志願者であるべきである。作業者は必要とされる活動についての訓練を受けるべきであり、また放射線のリスクについて知らされているべきである。

(A4) いったん事故が起こり、緊急措置が必要であると決定されたならば、その作業者たちには十分な防護、たとえば呼吸保護具、防護衣、ヨウ素錠剤などが与えられるべきである。これらの人々の線量はモニタされ、記録されるべきである。受けた線量および健康影響の可能性は、それらを評価し、事故のあとにその作業者に説明すべきである。事故で高線量を受けたからといって、そのことは必ずしもその作業者が放射線作業に戻ることを妨げるものではない。

(A5) カテゴリー2。第二のグループは、公衆の線量を回避するため追加の被ばくをする作業者、たとえば警察官、医療従事者、避難に使用される車両の運転手と乗務員、およびこれらと類似のグループからなる。これらの人々の被ばくは制御できるので、これらの人々の仕事はいつでも正当化および少なくともおおまかな最適化の対象とすべきである。理想的には、線量を通常時の状況において許される線量以内に保つことを目標にすべきである。このグルー

ブには、通常の仕事が放射線に関係する作業者のほかに、緊急サービス従事者のように放射線に関係のない作業者が含まれることに留意すべきである。このグループに入るすべての作業者は、この仕事に対する十分な訓練を受けるべきであり、また放射線のリスクを理解しているべきである。これらの人々には、十分な防護、たとえば個人防護具、ヨウ素錠剤などが与えられるべきである。これらの人々の線量は評価され、記録されるべきである。いったん事故が終息したならば、受けた線量とそのリスクをこれらの人々に説明すべきである。

(A6) カテゴリー3。 第三のグループは、復旧活動を行う作業者からなる。いったん事故の原因が制御のもとに戻されると、比較的長い復旧期間があり、通常状態へ戻るであろう。必要な活動には、プラントおよび建物の修理、廃棄物処分、サイトおよび周辺地域の除染を含むかもしれない。これらの活動は計画することができ、被ばくは管理できる。したがって、この第三グループの作業者は、職業被ばくに対する通常の放射線防護体系により管理すべきことを勧告する。これらの人々の線量は評価され、記録されるべきである。

付属書B 食料品の管理——一般的最適化の例

(B1) 食料品消費の最も効果的な管理は、ある決まった期間、ある決まった地域から産出する食品を市場から回収することである。回収された食品は、事実上汚染のない代替食品を計画的に導入するか、あるいは消費者が自由市場から制限されていない供給品を購入することによって、置き換えられなければならない。その過剰費用は、回収された食品の価格、代替食品の超過価格、および、たとえばミルクのように、もし生産が容易にはとめられないならば、この望まれない汚染食品の処分費用である。

(B2) 食品に対する介入レベルの最も便利なかたちは放射能濃度である。しかし、このレベルの選択は、提案された介入によって回避できる線量に依存すべきである。

(B3) 次のとおりに各記号を定義する：

L 単位質量あたりの放射能濃度で表される、特定の食料品に関して提案された介入レベル、

M その対策によって回収された食品の質量、

A 回収された食品中の平均放射能濃度、

c 放射能摂取量から集団実効線量への換算係数、

β 単位質量の食料品を回収し、代替する費用、

d 回収する食品の質量に関係なくかかる固定経費、および

α 単位集団線量の価値。

回収を行う期間は M に暗に含まれている。

(B4) 平均放射能濃度 A の、ある質量の食品を回収したことによる正味の便益 B は、次式で与えられる。

$$B = MAc\alpha - (M\beta + d)$$

この式で、 A は M の関数なので、その地域の状況の詳しい知識が得られなければ、 M に関する数式表現もその導関数も得られない。しかしそれでも、一般化された最適介入レベルは、介入レベルの値の微小変化の効果を考察することによって評価できる。

(B5) もし提案された介入レベル L を δL だけ減らせば、回収食品の質量 M は δM だけ増加し、費用は $\delta M\beta$ だけ、また便益は $\delta MLc\alpha$ だけ増加する。もし、これらの増加分が互いに等しいならば、 L の関数としての正味便益曲線の上で、この L は局所的最大の点にあるであろう。そのとき、

$$\delta M\beta = \delta MLc\alpha \quad \text{あるいは、} \quad L = \beta / (c\alpha)$$

であって、式中の3つの変数は容易に見積ることができる。食品を回収または代替する費用 β および単位集団線量の値 α は、両者とも国によって変わるであろうが、 β と α は同じふうに変化する傾向があるから、その商は比較的一定に近い値をとるであろう。食品回収の期間は M に暗に含まれており、 M は最適化されたこの介入濃度値 L の中に現れないので、この介入レベルの値は期間に依存しない。ある地域の放射能濃度が確実に介入レベルより低くなったならばすぐに、この対策を漸進的に解除することができる。

(B6) 牛肉に関する代表的な値について、介入レベルを選ぶこの方法を説明する。ある開発国において、限られた地域からの牛肉の供給を代替する価格は約 $10 \text{ US\$ kg}^{-1}$ 、 α の値は $100\,000 \text{ US\$ (man Sv)}^{-1}$ としてもよさそうである。セシウム-137については $c=1.3 \times 10^{-8} \text{ man Sv Bq}^{-1}$ である。これらの値は、牛肉に対する最適化された介入レベルおよそ $8\,000 \text{ Bq kg}^{-1}$ を与える。

(B7) 回収された食品中の平均濃度と介入の固定経費がわからなければ、正味便益の最適値が正の値なのかどうか、または介入をしない選択肢のほうが高い便益をあげるのかどうか判断することができない。それゆえ、介入の正当化は、サイトごとの評価によってのみ判断することになる。食物連鎖における介入において一般的に正当化される介入レベルは、1年につき 10 mSv である(102項参照)。最適化された放射能濃度の介入レベルと実効線量との関係は食品の流通と消費との詳細によって決まるが、牛肉中のセシウム-137についての $8\,000 \text{ Bq kg}^{-1}$ という値は、ふつうの牛肉消費者にとっては数 mSv の範囲の年線量に対応するであろう。

付属書C 移 転——一般的最適化の例

C.1 一般的考察

(C1) 移転は、事故の結果沈着した放射性核種からの線量を回避するために、長期にわたり人々をその住居から移動させることである。移転は、より長期の時間スケールで行われるという点で、避難とは異なる。移転は永続的になるかもしれないし、線量率が減衰とウェザリングによって減少する間の長い期間であるかもしれないし、あるいは除染遂行中の限られた期間だけ行われるかもしれない。

(C2) 移転を含む方策が考慮されるかもしれない状況はきわめて多様であるので、事故後、その状況と利用できる選択肢との詳しい評価ができるようになったときに最良の対策を決めることが望ましい。移転によって軽減できるはずの線量は長期にわたって受けるものであるから、最良の方策を決めるにあたって緊急性はない。必要な専門知識を集め、対策を最適化するための時間はある。しかし、公衆への情報提供と助言が遅れると、それが不安の原因となる。この遅れを最小にするため、事故に先立って指針の要綱を作成しておく必要がある。

(C3) 事故に先立って設けておくことのできる1つの重要な規準は、避難した人々と家にとどまっていた人々の両者に対し、それ以上の何の措置も必要ないとして安心させることのできる線量である。避難していた人々は家に帰ることができ、避難していなかった人々は何らの対策も必要ないと安心できる。沈着した放射能から導き出された線量率で表した適切な規準が必要であろう。これらの規準は、可能性のある事故シナリオに対して前もって、あるいは事故後実際の放射性核種の混合組成がわかったときに、設定することができる。

(C4) もし人々に通常的生活状態に戻るよう助言できないならば、線量低減のためのすべての選択肢と、それらの費用と便益とを考慮する必要がある。結論を導くためには、系統立った多属性意思決定支援手法を用いる必要がある。この手法は考察にいくぶん時間がかかるので、ここでは、一方では線量低減対策をさらに追求しながら、人々に、汚染環境に住み続けるよう、あるいは家に戻るよう助言する規準を設けるためのごく一般的な指針を示すことができるだけである。最適の介入方策を決定するためには、次のような多くの要因を考慮する必要がある：

どのような防護措置をとることができるか、

その効果、

その対応方策によって軽減される個人線量と集団線量、

その対応方策の実施に要する金銭的費用,
 その対応方策を実施する作業者の線量,
 関係する時間スケール,
 その対策によって起こる不安と安堵,
 移転の政治的および社会的影響。

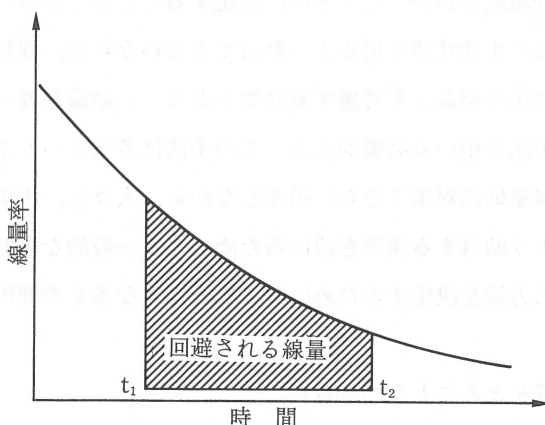
費用は最適方策の決定のための1つの入力であるが、費用便益分析が最も適切な手法であるとは限らないかもしれない。これは、実際の費用は非常に不確かで、決定が社会的および政治的要因によって、またとくに、その方策を理解したうえで公衆が受け入れる可能性によって、強く影響されるであろうからである。これらの理由から、事故後の実際の決定をするためには多属性意思決定支援アプローチが勧告される。しかし、意思決定支援手法の結果がわかる前に用いてよいある一般的な指針を準備するためには、単純な費用便益分析が役立つ。

C.2 移転に関する一般的指針の展開

(C5) 事故のあと、地表に沈着した放射能による線量率は、図C-1に示すような具合に時間とともに減少する。どのような介入に関する決定を行うさいにも、回避される線量が着目する量である。図C-1では、移転は時刻 t_1 に始まり、それによって線量率は移転先の値に減少すると仮定している。その後の時刻 t_2 に移転を継続しないという決定がなされ、住民は新しい、前より低い線量率の場所に落ち着く。回避される線量は t_1 と t_2 の間の線量率の積分である。

(C6) 移転は、その措置をとることにより正の正味の便益が得られるときにはいつでも正当化され、その最適値は便益が最大るときである。移転の正味便益 B は、継続期間 t の関数として次式によって与えられる：

$$B(t) = \alpha \delta E(t) - C(t)$$



図C-1 線量回避に対する介入（一時的移転）の効果

ここに、 δE は回避線量、 α は単位集団線量の費用、 C は移転の費用である。この移転費用とは、初期費用 C_0 (1人あたり) と単位時間あたりの継続費 c を含むと仮定してよい。 C_0 はおそらく関係する人の数の関数となるであろうが、費用と便益はすべて1人の個人をベースとしている。

$$C(t) = C_0 + ct$$

したがって、

$$B(t) = \alpha \delta E(t) - (C_0 + ct)$$

である。ここで、 τ を計画された移転の期間とすれば、

$$\tau = t_2 - t_1$$

ここに、 t_1 は定数であって、移転の開始が可能になった時刻に設定される。また、 t_2 は移転がもはや継続されなくなる時刻である。

回避線量 $\delta E(\tau)$ は、移転期間の間の線量率の積分で与えられる、

$$\begin{aligned} \delta E(\tau) &= - \int_{t_1}^{t_2} \dot{E}(t) dt \\ &= E(t_2) - E(t_1) \end{aligned}$$

したがって、

$$B(\tau) = \alpha E(t_1 + \tau) - \{ \alpha E(t_1) + C_0 + c\tau \}$$

対策が正当化されるためには $B(\tau)$ は正でなければならない。また最適レベルは、 $d^2B/d\tau^2$ が負であるとして、 $dB/d\tau = 0$ の点、すなわち $B(\tau)$ が最大のところにある。

もし、 t_1 が固定されていれば、最適値は次式で与えられる、

$$\frac{dB}{d\tau} = \alpha \dot{E}(t_1 + \tau) - c = 0$$

したがって、

$$E(t_1 + \tau) = \frac{c}{\alpha}$$

したがって、

$$\dot{E}(t_2) = \frac{c}{\alpha}$$

この線量率 \dot{E}_{res} において、移転は最適になる。第二次微分

$$\frac{d^2B}{d\tau^2} = \alpha \frac{d\dot{E}}{d\tau}(t_1 + \tau)$$

は、 \dot{E} が時間とともに減少するかぎりつねに負であり、選択された τ の値に対して $B(\tau)$ は最大となる。

$B(t)$ が最大の点において正である条件は、

$$\alpha \delta E(\tau) \geq C_0 + c\tau$$

この式は線量率の値と定数の α と c だけでは評価できず、 δE と C_0 も推定しなければならない

い。もし、この条件が満足されなければ、最大値における便益は負で、介入は正当化されない。

(C7) パラメータ α と c の値を導くことが可能であり、開発国および開発途上国について、これを表 C-1 に示す。開発国では、移転費用もまた単位集団線量あたりの費用も比較的高い値になりそうである。国際的に合意された最小値として man Sv あたり 3 000 US\$ があるが、一方、ある適用において米国では、man rem あたり 1 000 US\$, すなわち man Sv あたり 100 000 US\$ の数字を用いたことがある。 c も α も、直接的には、国の富と強い相関があるであろうから、国によって比較的大きく変動しやすい。比 c/α は、 c と α おのおの単独よりも地域的変動は少なくなりそうである。

(C8) 表 C-1 から、移転が最適化される線量率 \dot{E}_{rel} として導出される値は

1 か月につき約 10 mSv

となることがわかり、この値は関連する諸因子の変動の影響を受けにくい。

表 C-1 いろいろな国における移転の価格と損害の費用

国の種類	c (人・月あたり US\$)	α (man Sv あたり US\$)	c/α 月あたり mSv
富裕な開発国	500	100 000	5
開発国	200	20 000	10
開発途上国	40	3 000	15(まるめた数字)

(C9) この計算の結果は、さらに次のような見方からも合理的に見える。住居内ラドンの対策レベルについて、国際的に合意された指針がある。その対策レベルは約 400 Bq m⁻³*であり、年実効線量約 10 mSv あるいは 1 か月 1 mSv に相当する。この数字は、簡単な救済手段が示唆される値で、人々を家から移転させるにはほど遠い数字である。1 か月あたり 10 mSv を超えることから導かれる移転の規準は、移転がただ 1 つのとりうる対策であるという状況においては、不合理とは思われないであろう。同様に、移転の規準がこの 10 倍で、1 か月 100 mSv あるいは 1 年約 1 Sv であったならば、移転しない人々に確定的影響が起こることはほとんど確かであろう。

(C10) したがって、結論は、1 か月あたり 10 mSv のオーダーで継続する線量に対して移転は正当化されそうである、ということ でなければならない。

* 訳注 ICRP の 1990 年勧告では、Publication 39 (1984) に示した家屋内ラドンの対策レベルを暫定的に用いるとしており、Publication 39 には平衡等価濃度で 200 Bq m⁻³程度 (年実効線量当量で約 20 mSv) と記されている。

本報告書に示された値がこれと異なるのは、平衡等価濃度でなくラドン濃度であること、および実効線量への新しい換算係数を用いたこと、によるものと思われる。

ICRP は現在、家屋内と作業環境における空气中ラドンに対する防護についての、新しい報告書を準備中である。

放射線緊急時における公衆の防護のための
介入に関する諸原則

定価 2,266 円 (本体 2,200 円・税 66 円)

平成 6 年 2 月 1 日初版第 1 刷発行

© 1994

翻 訳 社 団 日 本 ア イ ソ ト ー プ 協 会
お よ び 法 人
発 行

113 東京都文京区本駒込二丁目 28 番 45 号
電 話 (03)3946-9682
振 替 東京 8-143345

発 売 所 丸 善 株 式 会 社

電算写植 レオ・プロダクト

印刷・製本 憐萬友社

ISBN4-89073-067-2 C3340