

ICRP Publication 146
大規模原子力事故における人と環境の放射線防護
— ICRP Publication 109 と 111 の改訂 —

本翻訳は、著者でもある甲斐倫明と本間俊充が行なった**暫定訳版**である。**正規版**は、ICRP 刊行物翻訳委員会（原子力規制委員会の翻訳事業）が行っていて、後日、公表される予定である。

目次

抄録

要点

総括

1. 緒言

1.1 背景

1.2 本刊行物の対象範囲および構成

2. 全般的事項

2.1 原子力事故を管理するための時間軸

2.2 大規模原子力事故の影響

2.3 人と環境の防護の原則

3. 初期および中期段階

3.1 初期および中期段階の特徴

3.2 放射線状況の評価

3.3 初期および中期段階における対応者の防護

3.4 初期および中期段階における公衆と環境の防護

3.5 中期段階から長期段階への移行

4. 長期段階

4.1 長期段階の特徴

4.2 放射線状況の評価

4.3 長期段階における対応者の防護

4.4 長期段階における公衆と環境の防護

4.5 長期防護措置の進展と終了

5. 大規模事故に対する準備計画

6. 結論

7. 附属書の紹介：チェルノブイリ事故および福島原子力事故の概要

参考文献

附属書 A. チェルノブイリ原子力事故

- A.1. はじめに
- A.2. 初期および中期段階
- A.3. 長期段階
- A.4. チェルノブイリ事故における段階の時間軸
- A.5. 参考文献

附属書 B. 福島原子力事故

- B.1. はじめに
- B.2. 初期および中期段階
- B.3. 長期段階
- B.4. 福島事故における段階の時間軸
- B.5. 参考文献

用語解説

謝辞

抄 録

一本書は、チェルノブイリと福島の実験に基づき、大規模原子力事故における人と環境の防護のための枠組みを提供するものである。事故に対応する上で、委員会は、初期段階と中期段階を緊急時被ばく状況、長期段階を現存被ばく状況とみなして区別する。緊急時被ばく状況及び現存被ばく状況では、決定の正当化と防護の最適化という基本原則を用いて、人と環境に対する放射線の影響を緩和することが達成される。委員会は、事故のすべての段階において、サイト内でもサイト外でも、公衆と対応者の防護を最適化するための一連の参考レベルを勧告する。防護措置の実施は、放射線防護の要因を考慮するだけでなく、健康を保護し、影響を受けた人々の持続可能な生活環境を確保し、対応者の適切な作業条件を確保し、環境の質を維持するために、社会、環境および経済の側面も考慮しなければならない。事故の初期段階では、緊急の防護措置を取らなければならないが、多くの場合、ほとんど情報がない。意思決定は、準備計画の段階で実際の状況に最も適していると確認された対応に依存することになる。中期段階では、防護措置により放射線被ばくが徐々に減少していく。放射線状況が十分に把握されると、長期段階に入り、その間に生活環境や作業条件を改善するためのさらなる防護措置が実施される。当局は、主要なステークホルダーを、事故に備える過程および事故が継続している段階の対応に参加させるべきである。当局の役割は、放射線モニタリングと健康サーベイランスを実施し、個人が放射線防護文化を育み、自らの防護について十分な情報に基づいた決定を下すことができるように、情報と専門知識を共有するための条件と手段を提供することである。

要 点

- 大規模原子力事故は、個人や地域社会の生活のあらゆる側面に影響を与え社会の崩壊を引き起こす。それは、社会、環境および経済に大きく長期的な影響を及ぼす。
- サイト内とサイト外の放射線状況の特徴を評価することは、防護措置の指針とするために不可欠であり、可能な限り迅速に実施されるべきである。
- 委員会は、事故の初期、中期、長期の各段階での防護措置の実施を導くために参考レベルを使用することを勧告する。
- 放射線防護の目的は、人と環境に対する放射線の影響を緩和することであるが、同時に、影響を受けた人々の持続可能な生活環境、対応者の適切な作業条件、環境の質の維持を確保することでもある。
- 最も被ばくを受ける可能性の高い対応者には、サイト内およびサイト外での対応の要件を考慮して、適切な防護を提供すべきである。
- 責任ある組織は、地域の状況のより良い評価、適切で実践的な放射線防護文化の発展、および影響を受ける人々の間での情報に基づいた意思決定を達成するために、専門家との協力的なプロセス（共同専門知プロセス）に地域社会が関与することを促進すべきである。
- 大規模原子力事故が発生した場合、その影響を緩和するためには、準備計画が不可欠であり、ステークホルダーを巻き込む必要がある。

総 括

(a)大規模原子力事故が起きると、環境への放射性物質の重大な放出に至り、広範囲に影響を与え、広範囲の人々に影響を与える。これは、個人、社会、環境に大きな影響を与える予期せぬ出来事である。望ましくない放射線源の存在によって影響を受けるすべての人々にとって、複雑な状況と、特に健康に関する正当な懸念が生じる。これらの状況を管理するためには、膨大な人的・財政的資源を長期的に動員することが必要である。放射線防護は不可欠ではあるが、影響を受けるすべての個人や組織が直面している問題に対処するために準備する必要がある貢献の一つの要素に過ぎない。

(b)これらの事象を管理するために、委員会は、事故の初期および中期段階を緊急時被ばく状況とみなし、長期段階を現存被ばく状況とみなして区別している。また、委員会は、損傷を受けた施設と影響を受けた地域での活動を区別するために、サイト内とサイト外を区別している。本勧告は、原子力事故と他の種類の放射線緊急事態との間に必然的に存在する違いを十分に考慮した上で、それらの緊急事態にも適用可能である。

(c)サイト内およびサイト外の放射線状況の特徴を評価することは、防護措置の指針となるために不可欠であり、放射性汚染の程度、期間および範囲に関する不確実性に対処するために、可能な限り迅速に実施すべきである。

(d)緊急時および現存被ばく状況において、放射線防護の目的は、正当化と最適化の基本原則を用いて達成される。正当化の原則は、防護措置の実施に関する決定が重大な混乱を引き起こす可能性があるため、影響を受ける人々や環境に利益をもたらすことを保証するものとなる。参考レベルを用いて適用される防護の最適化の原則は、個々の被ばくの分布における不公平さを制限し、社会、環境および経済の要因を考慮に入れて、すべての被ばくを合理的に達成可能な限り低く維持または減少させることを目的としている。

(e)正当化と最適化は、事故のすべての段階において、人と環境への放射線影響の緩和に適用されるものであり、適切な生活と生計を含め、影響を受けたすべての人々の生活と作業条件を維持または回復するために、すべての放射線以外の要因を慎重に考慮しなければならない。

(f)原子力発電所事故の影響を直接管理する関係者は、その経歴、身分、準備の程度、放射線防護に関する訓練等の点で多様である。これらの人々には、緊急事態対応チーム（消防士、警察官、医療従事者など）、作業員（職業的に被ばくしているかどうかに関わらず）、その他、選ばれた代表者やボランティアとして活動する市民などが含まれる。これらのカテゴリーをすべて、委員会は「対応者」とみなしている。これらの人々は、適切に保護され、適切な作業条件が提供されるべきである。

(g)サイト内の対応者の防護のために、初期段階での参考レベルは、一般的に 100 mSv を超えてはならないが、人命を救うため、あるいは壊滅的な状況につながる施設のさらなる劣化を防ぐために、例外的な状況で対応者に数百ミリシーベルトの範囲内で、高いレベルが許可される可能性があることを認めている。事故の深刻度に応じて、状況に基づいてより低い参考レベルが選択さ

れてもよい。中期段階では、参考レベルは 100 mSv を超えてはならない。長期段階では、参考レベルは年間 20 mSv を超えてはならない。委員会は、初期段階と中期段階の両方に関与した対応者の不必要な被ばくの蓄積を避けるために、責任ある組織がすべての実際的な措置をとるべきであることを勧告する。

(h) サイト外の対応者の防護のために、初期段階では 100 mSv を超えない参考レベルを、中期段階では年間 20 mSv を超えない参考レベルを選択することを委員会は勧告する。長期段階では、参考レベルは勧告されている年間 1~20 mSv のバンドの下半分の範囲内で選択されるべきである。

(i) 公衆を防護するために、初期段階と中期段階の両方の期間中、参考レベルは一般的に 100 mSv を超えてはならない。委員会は、責任ある組織が可能な限り低い参考レベルを採用すべきであることを勧告する。長期段階では、参考レベルは、集団における実際の線量分布や被ばく状況に影響を与える社会、環境および経済の要因を考慮して、年間 1~20mSv という現存被ばく状況について勧告されているバンドの下半分の範囲で選択されるべきである。防護の最適化の目標は、バンドの下端に向かって、可能であればそれ以下のレベルまで被ばくを徐々に減少させることである。

(j) いくつかの原子力事故のシナリオでは、放射性ヨウ素の放出は、吸入摂取または経口摂取により高い甲状腺被ばくをもたらす可能性がある。特に子供や妊婦の放射性ヨウ素の摂取を避けるか、少なくとも減らすための特別な努力をすべきである。事故の直後または初期段階では、放射性ヨウ素の被ばくの可能性があるため、それを検出するために被ばくした人を測定すべきである。

(k) 中長期的な段階における被災地の人々の防護の管理は、放射線防護の要因だけでなく、社会、環境および経済の要因の考慮も含めた複雑なプロセスである。このプロセスには、国や地方自治体を実施する対策と、被災地の住民による自助努力による防護措置が含まれる。これらの段階では、被災地で生活し、働いている人々の放射線被ばくは、個人のライフスタイルに大きく依存する。委員会は、経験と情報を共有し、地域社会への関与を促進し、人々が十分な情報に基づいた意思決定を行えるように実践的な放射線防護文化を発展させる、いわゆる「共同専門知プロセス」において、当局、専門家およびステークホルダーが協力すべきであることを勧告する。このプロセスの実施には、適切な装置を用いた個人測定と関連情報が非常に有用である。

(l) 環境防護のために、委員会は、標準動植物に基づく枠組みを用いて、誘導考慮参考レベルとともに、動植物を防護すべきであることを勧告する。また、環境と同様に、防護措置がペットや家畜に与える影響についても、持続可能な開発、保護、保全、生物多様性の維持の観点から対処すべきである。

(m) 委員会は、原子力事故後の深刻で長期的な影響を回避するための計画を事前に準備すべきであると勧告する。このような準備計画は、事故の影響とその対応に影響を与える社会、環境および経済の要因を考慮に入れて、原子力施設のある現地の状況に適応する一貫した一連の防護措置で構成されるべきである。

1 緒言

1.1. 背景

- (1) 原子力事故は、初期、中期および長期の防護措置に関するガイダンスに従って管理される。委員会は、過去に、このような状況で防護措置を実施するための一般原則を定めている。最初のガイダンスは *Publication 40* (ICRP, 1984) で公表されたが、初期および中期的な対策に限定されていた。このガイダンスは、その後 1990 年勧告 (ICRP, 1991a) を受け、*Publication 63* (ICRP, 1991b) において改訂および補完がなされた。*Publication 82* (ICRP, 1999) で、委員会は、長期的な放射線被ばく状況における公衆の防護を取り扱った。
- (2) 欧州のチェルノブイリ事故の管理の経験を踏まえ、委員会は、*Publication 109* (ICRP, 2009a) において初期および中期的な対策に関するガイダンスを、*Publication 111* (ICRP, 2009b) において長期的な対策に関するガイダンスを公表した。後者の刊行物は、原子力事故後の長期的な対策を取り上げた初めての包括的な ICRP 勧告であった。両刊行物は、2007 年勧告 (ICRP, 2007) に基づいて策定された。
- (3) 委員会は、2011 年 3 月に発生した福島原子力事故を受けて、大規模原子力事故における人と環境の放射線防護体系の実施に関わる課題を暫定的であるが明確にした (ICRP, 2012b)。これらの課題には、被ばくの定量化に関する難しさ、潜在的な放射線誘発の健康影響の解釈、対応者に対する特別な防護、人々の避難の社会的影響、心理的影響の重要性の認識、汚染地域の生活状況の回復に関連する問題が含まれる。本刊行物は、事故から 10 年の間に学んだ教訓とともに、これらの課題を取り上げることを目的としている。
- (4) 2011 年 11 月、委員会は日本の組織と協力し、福島県において地域住民、専門家、村、町、福島県、政府機関および非政府団体などの代表者、ならびにベラルーシとノルウェーの専門家や住民と、福島の原子力事故後の生活状況の回復に関して対話を行う福島ダイアログを開始した (ICRP, 2016 ; Lochard et al., 2019 ; NPO Fukushima Dialogue, 2020)。これらの対話集会の目的は、ステークホルダー間の議論を促進し、チェルノブイリ事故で被災したコミュニティから経験を伝え、事故後の復旧に関与するすべての人々を支援するための課題について理解を深め、将来の ICRP 勧告を改善することであった。対話集会では、事故による人と環境への影響の多様な広がり、間接的な社会的および経済的影響、状況の進展に対する初期決定の影響、避難者の帰還と農業や漁業活動の再開の複雑さ、放射線規制による日常生活の混乱、ステークホルダーの関与の重要な役割、被災した人々の尊厳の尊重の重要性などが明らかにされた (Ando, 2016)。

1.2. 本刊行物の適用範囲および構成

- (5) 本刊行物では、大規模原子力事故の際の人と環境の防護に焦点を当てている。チェルノブイリおよび福島の原子力事故の経験を踏まえて、大規模事故による健康、社会、環境および経済的

影響を見直し、これらの状況において委員会が勧告する放射線防護原則を適用すべき方法を更新する。大規模原子力事故では、相当量の放射性物質が環境中に放出され、広い地域、広範な人々に影響を与える結果を招く (IAEA, 2008)。本刊行物の勧告の多くは、悪意のある行為を含む他の種類の放射線緊急事態にも適用可能であり、大規模原子力事故と放射線緊急事態の間に必然的に存在する相違点も考慮されている。委員会は、放射線を伴う悪意のある行為の際の人の防護を *Publication 96* (ICRP, 2005) において取り上げている。

(6) 本勧告では、大規模原子力事故の影響を管理する上で、放射線および放射線以外の両方の要因が重要な役割となることを認識している。特に住民の避難や対応者の防護のような難しい課題に関係した、原子力事故の初期段階での防護措置の決定において、その正当化についての重要性が強調されている。本勧告は、これらの対策の終了について検討し、さらに、中期および長期段階を管理するために放射線状況の特徴を把握することの重要な役割について取り上げる。

(7) また、本勧告は、中期および長期段階における被災地の生活および作業条件の回復に関する防護の最適化についての重要性を強調している。これらは、自らの防護について情報に基づく決定を促進するために、共同専門知プロセスにおける当局、専門家および被災した住民の間の協力の役割を強調している。このプロセスは、地元のコミュニティにおける放射線防護文化が生まれることを助長する。更に、勧告では、防護措置を実施する際に考慮すべき倫理、社会、環境の側面を明確にしている。

(8) 第2章では、大規模原子力事故の時間軸、潜在的な放射線および放射線以外の影響、ならびに人と環境の防護のための放射線防護原則に関する全般的事項を取り上げる。第3章では初期および中期段階に適用される委員会の勧告について述べる。第4章では長期段階に適用される勧告について説明する。第5章では事故への備えに関する概要を示し、第6章では結論を述べる。本勧告では、附属書AおよびBは、チェルノブイリおよび福島の実験の初期、中期および長期段階において、防護措置がどのように実施されたかを記載する。

(9) この刊行物は、*Publication 109* および *111* (ICRP, 2009a,b) を更新して、これらに置き換わる。また、過去の *Publications 40, 63, および 82* (ICRP, 1984, 1991b, 1999) の勧告に本刊行物は置き換わる。

2 全般的事項

2.1. 原子力事故の管理の時間軸

(10) 大規模原子力事故を管理するためには、初期段階、中期段階、および長期段階を区別すると便利である。2007年勧告（ICRP, 2007）において、委員会は、現存、計画、緊急時という3つのタイプの被ばく状況を導入した。原子力事故における放射線防護体系の実施にあたり、委員会は、初期および中期段階を緊急時被ばく状況、長期段階を現存被ばく状況と考える。委員会は、様々な国際機関や国の機関が、事故の時期とその管理を表すため、異なる表現または区分を採用していることを認識している（IAEA, 2018）。各国の検討事項に応じて最も適切な用語を選択するのは実施機関に任されている。

(11) 事故の初期段階は、「急性期」、「緊急対応期」、または単に「緊急時対応」と呼ばれることもあり、事故の宣言から始まる。この段階では、環境中へ大量の放射性物質が放出される。これらの放出は、数時間から数週間持続することがある。事故の種類に応じて、事故の宣言と放射性物質の放出の開始との間に一定の時間がある場合もある。放射線被ばくを避ける、または低減するために、様々な防護措置を迅速に講じる必要があるのは、この初期段階の間である。

(12) 中期段階（時には「移行段階」とも呼ばれる）は、放出の線源が安定化し、更なる重大な事故的放出の可能性が低くなった時に始まる。この段階では、初期段階で実施された防護措置を終了し、放射線被ばくを更に低減するために追加の対策が実施される。また、人と環境を防護する最善の対策を決定するため、サイト内およびサイト外の放射線状況の特徴を把握することに焦点が当てられる。この段階は、数か月から1年以上続くことがある。

(13) しばしば「復旧段階」と呼ばれる事故の長期段階は、放射線源の安全性が十分に確保され、損傷した設備の解体の作業を開始できるよう被ばく状況が適切に特徴づけられたと考えられる場合にサイト内で開始する。サイト外では、長期段階は、被災地の将来に関する当局の決定を支援するため、これらの地域の放射線の状態が十分に特徴づけられたとき、また、人々がそこに留まることが認められた場所、または戻ることが予想される地域における生活状況の回復に伴う長期の防護措置が実施された時に始まる。生活状況には、健康、社会、環境、および経済に関する考慮が含まれる。大規模事故の長期段階は、数年から数十年に及ぶことがある。

(14) ある段階から次の段階への移行は、多くの要因に依存する決定の問題である。実際は当局の宣言によって一般的に正式なものとなる。図 2.1 は、大規模原子力事故の時間軸をまとめたものである。緊急時被ばく状況から現存被ばく状況への移行は、必ずしもすべての被災地で同時に起こるとは限らない。

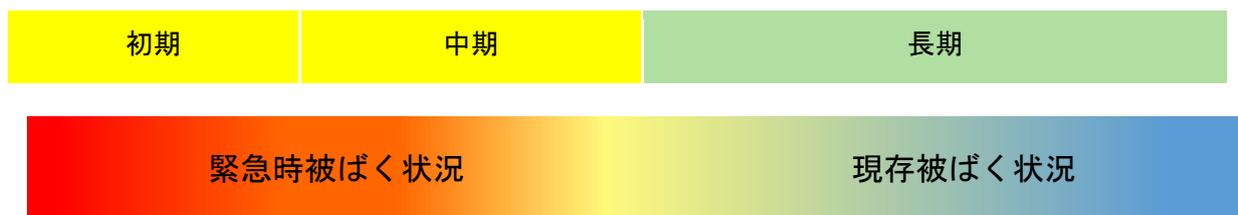


図 2.1 大規模原子力事故の管理のための各段階

2.2. 大規模原子力事故の影響

(15) 大規模原子力事故は、個人および社会生活のあらゆる側面に影響を及ぼす。第 1 に、放射線の潜在的な健康影響を考えると、放射線の存在は人々にとって主な懸念の原因であり、その特徴が不明であることで懸念が一層強くなる。また、状況によっては、その他の影響が直ちに、かつ深刻なリスクをもたらすこともある。過去の経験から、すべての社会経済活動を含め、住民の日常生活と環境のあらゆる側面が影響を受け、非常に複雑な状況が生じることが明らかになっている (UNDP/UNICEF, 2002)。これらの状況は、放射線防護を考慮するのみでは管理できず、事故の結果に関連する社会、心理、環境、教育、文化、倫理、経済、政治の要因も考慮しなければならない。この点に関し、チェルノブイリおよび福島事故は、特に妊婦、小児、定期的／特別な治療を受けている人々、高齢者といった一部の脆弱な集団の防護に特に注意を払うことの重要性を示している。

2.2.1. 放射線誘発の健康影響

(16) 委員会は、放射線による 2 つの健康影響の重要なカテゴリー、すなわち、組織／臓器障害（「確定的健康影響」とも呼ばれる）に至る組織反応と、がんおよび遺伝性疾患（「確率的健康影響」とも呼ばれる）を考慮する。

2.2.1.1. 組織反応

(17) 放射線被ばくに関連した組織／臓器障害は、しきい値を超えると影響の重篤度が被ばくレベルと共に増加し、しきい値未満では 1%未満の発生率で反応が起こると仮定されることが特徴である。このような障害は、被ばく後すぐに（数時間～数ヶ月）、またはかなりの時間の経過後（数年または数十年）に起こり得、被ばくした個人の生活の質を著しく損なう可能性がある。表 2.1 に、一部の組織反応のしきい線量を示す。更なる詳細は、*Publication 118* (ICRP, 2012a) に示されている。

表2.1 代表的な組織／臓器障害に関するしきい線量。括弧内の情報は影響が発生するまでの時間を表す。

影響	しきい値
致死（数週間以内）	手厚い治療下でも全身への急性線量が2～3 Gy 1週間に4～8 Gyの遷延被ばく 十分な治療の仮定の下でも1～3か月間に10～14 Gy
皮膚の大きな範囲への火傷（2～3週間）	皮膚への急性線量が5 Gy
永久不妊（男性）（3週間）	生殖腺への急性線量が6 Gy
永久不妊（女性）（<1週間）	卵巣への急性線量が3 Gy
循環器疾患のリスク増加（>10年）	心臓または脳へ0.5 Gy
白内障誘発（>20年）	目の水晶体へ0.5 Gy

(18) 約100 mGyまでの急性臓器線量では、直ちに組織の機能障害は生じない。しかし、500 mGyを超える急性または累積線量では、被ばくから非常に長い時間が経過した後、特に眼の水晶体および循環器系で組織反応の重篤度はさらに重大になる。より高い線量では、チェルノブイリ事故で示されたように、組織反応の重篤度が一層重大になり、深刻な障害が起こる可能性がある。

(19) 放射線治療を受けた患者のコホート、広島と長崎の原爆被爆生存者、原子力作業員など、いくつかの疫学研究では、心臓への数百 mGyあるいは数千 mGyの線量を受けることに伴う循環器疾患による死亡リスクの増加が示されている（Little et al., 2012）。この傾向は、より低い線量になると不明瞭になる。委員会は、放射線誘発の循環器疾患（ICRP, 2012a）に対して防護するためには、500 mGyのしきい線量が適切であると勧告している。

2.2.1.2. がんおよび遺伝性疾患

(20) がんおよび遺伝性影響は、線量に比例して発生確率が増加するのが特徴で、その重篤度は受けた線量とは関係しない。放射線防護のため、委員会は、これらの影響の発生確率は被ばくのレベルに比例する（すなわち、小さな被ばく線量でもリスクがわずかに増加する可能性がある）と仮定している（ICRP, 2007）。

(21) がんリスクの増加は、広島と長崎の原爆被爆生存者、ならびに環境、医療、職業被ばくの研究など、多くの被ばく集団に関する疫学研究で報告されている。これらの研究から、がんリスク（すなわち、がん症例の頻度）は、類似した特徴を持つ被ばくしていない個人と比較すると、被ばくした個人の方が高いことが示された（UNSCEAR, 2006）。

(22) 放射線被ばくが被ばくした集団のがん発生確率を増加させることを示す信頼できる科学的根拠がある。低線量および低線量率の放射線被ばくに伴う健康影響については大きな不確実性が残されているが、特に大規模な研究から、100 mSv以下の線量・リスク関係の疫学的証拠が増えてきている。現在、入手可能なデータの多くは、直線しきい値なしモデルを広く支持している（NCRP, 2018a ; Shore, 2018）。自然バックグラウンドレベルに加えて受けた100 mSvの線量では、疫

学研究の結果に基づくと、全世界の集団の典型的な致死性がんの生涯リスク 25%が約 0.5%高まると推定されている (ICRP, 2007 ; Ogino and Hattori, 2014)。

(23) 甲状腺は、外部線源 (外部被ばく) から照射されることがあるが、吸入または摂取 (内部被ばく) によって放射性ヨウ素を蓄積することもある。原子力事故は、大量の放射性ヨウ素の放出をもたらす、住民における相当な甲状腺被ばくにつながる可能性がある。チェルノブイリ事故後、放射性ヨウ素に被ばくした幼児や小児の集団では、甲状腺がんの罹患率が増加した。事故後約 3 年間目から増加が見られ、事故当時幼児または小児として被ばくした人々の間では、現在も甲状腺がんの過剰が見られている (UNSCEAR, 2018)。

(24) 人間の放射線への被ばくが過剰な遺伝性疾患につながるという直接的な証拠はないが、動物では遺伝性 (遺伝学的) 影響がみられている。したがって、委員会は引き続き、慎重に、遺伝性影響のリスクを放射線防護体系に含めている。

2.2.2. 動物相および植物相の影響

(25) 原子力事故による環境中へ深刻な放射性物質の放出の場合、施設周辺の隣接地域のヒト以外の生物相に対し放射線被ばくによる被害を及ぼす可能性がある。チェルノブイリ事故後、森林の死滅や土壌無脊椎動物数の減少から、一部の種の遺伝学的変化の報告など、動物相と植物相への被害が見られた (UNSCEAR, 2000, 2011 ; IAEA, 2006)。時間の経過とともに、人間の活動の欠如を含む様々な要因に関連し、生物多様性に変化が生じている。原子力事故後の環境中には放射性物質の存在が懸念されるが、環境への直接観察可能な影響は、殆どの場合で放射性物質の沈着が最も多かった地域に限定される傾向がある (UNSCEAR, 2013)。

(26) また、事故による人への影響を緩和するための防護措置を実施することにより、植物相と動物相の一部のタイプの被ばくを減らす可能性もある。更に、表土または森林被覆の除去、または土壌改良剤の使用など、とられた防護措置の実施によって生態系への環境影響が生じることがある。委員会は、様々な被ばく状況における環境防護に関する勧告 (ICRP, 2014) において、原子力事故の初期段階では、環境影響は喫緊の優先事項ではないかもしれないが、中期および長期段階で人間を防護するための選択肢を選択する際には、防護措置の環境への影響を考慮すべきであると述べている。

2.2.3. 社会的影響

(27) 放射性物質の汚染の突然の出現は、望ましくなく、不当であり、危険であると認識され、それを取り除きたいという欲求を生じさせる。人間の生活環境における放射性物質の汚染の存在は、個人の幸福と被災したコミュニティの生活の質を大きく狂わせる。多くの疑問、懸念、恐怖を引き起こし、多数の意見を生み、問題を悪化させる。一部の住民は認められれば被災地に留まることを選択し、その他の住民は退去するであろう。退去した住民のうち、帰還する人もいれば、恒久的に移転する人もいるであろう。これは、チェルノブイリおよび福島事故後に見られたように、コミュニティの生活と、住民、特に若者の数の顕著な減少を伴う人口動態に大きな影響を及ぼす可能性がある。

(28) サイト内およびサイト外での事故に対応する管理は、必然的に、被災した人々の生活様式

や人々の関係性に影響を及ぼす。これにより、対応者の作業条件と生活状況の整備、避難した人々の収容、地域の区画、防護措置の実施に関連する様々な制限、除染による副次的な影響、補償制度の実施などの社会的影響がもたらされる。

(29) すべての個人は、多くの葛藤を引き起こす複雑な状況に直面し、彼らの反応は、そのコミュニティの一般的な状況と個人的な状況に依存する。教育、輸送、保健医療、コミュニティ支援、公共空間、情報、公衆安全、スポーツ、レクリエーション、芸術、文化などの社会基盤や活動はすべて影響を受ける。

(30) チェルノブイリと福島の原子力事故は、被災地における放射性物質の汚染の存在が招く社会的影響については同様の影響をもたらした。住民のすべての活動範囲に広がる放射線への恐怖以外にも、社会学的研究からは、専門家や当局への信頼の崩壊、家族や社会とのつながりの分断、特に子どもたちの将来への不安、日常生活のコントロールを失うという徐々に強まる感覚も生じることが明らかにされている。これらすべての結果が人々の幸福に影響を及ぼし、彼らの自律性と尊厳を脅かすものである。

(31) 長期的には、被災者が放射線状況に対処する方法を理解し、自律性と生計を取り戻した場合でも、当局と国の他の地域から見捨てられることへの恐怖、および被災地の負のイメージは、社会の原動力を制約する問題であり続ける。また、原子力事故は、汚染によって直接影響を受けない地域にも社会的影響を及ぼす。避難者の受入れの管理は、特に初期段階において、組織的および人間的な課題を生じさせる。過去の経験から、原子力事故により、被災地やそこに住む人々、そこで生産された物品に対して、拒絶の態度が生まれることがわかっている。この態度は、特に若者に対して差別を引き起こすことが観察されている (Sawano et al., 2018)。このような状況では、被災者と、国や他の地域や世界とのつながりを立て直し、維持していくことが重要である。

2.2.4. 経済的影響

(32) 大規模原子力事故の後、被災地の経済構造全体が直接的または間接的いずれかの影響を受ける。例えば、農業部門は土壌と家畜の汚染により著しく妨げられ、食品生産、その流通および消費に影響を及ぼす。事故はまた、被災地の産業部門およびサービス部門にも影響を及ぼす。グローバルな性質をもつ経済では、国内および国際的に影響が見られるかもしれない。

(33) 放射性物質の汚染は、公共施設、公共交通機関、通信システム、食料と水の供給などの重要な基盤に直接影響を及ぼす可能性が高い。これは、地元の企業や雇用、ならびに政府サービス、セキュリティ機関、医療施設、金融システム、公衆衛生サービス、教育施設などの主要な公共サービスに影響がある。

(34) 被災地で経済活動の維持を望む会社や新たに起業する会社は、汚染の存在に関連する更なる障害に直面するかもしれない。従業員、職場、製品、そしてこれらの会社のイメージはすべて影響を受ける可能性がある。事故対応情報やモニタリングを提供する際は、従業員とその家族の両者が関与することが重要であることが経験から示されている。地域の人口動態の変化も、被災地の経済全体に影響を与えるもう一つの要因である。

(35) 事故による経済的影響は、被災地内の、または被災地に関連するすべての経済活動に追加の技術的および財政的制約を引き起こす可能性がある。活動の維持または再開、ならびに新たな

活動の展開には、地方自治体や政府が数年間支援する必要がある。人々が望むならば永住を認めると当局が決定した地域での全体的な目標は、被災した領域における社会経済活動の持続可能な再開である。

2.2.5. 心理的影響

(36) 大規模原子力事故は、緊急対応においても、また被災地の生活状況と作業条件の回復に焦点が移る長期においても、人々の生活に非常に混乱をもたらすことが予想される。事故は多くの懸念とかなりの恐怖を生み出す。人々は状況の複雑さによって不安定になり、多くの疑問を抱く。事故の直接的な影響に加えて、社会と経済の混乱による人々の精神衛生への影響もある。更に、原子力事故により被災した人々は、苦悩、失望、落胆、無力感、不満、欲求不満および怒りを感じることがある。多くの被災者は、個人の生活と作業条件に対するコントロールの喪失を感じていると報告している。これは高いレベルの心理的ストレスに結びついている。チェルノブイリおよび福島原子力事故後のいくつかの研究によって報告されているように、この状況は、実際の放射線被ばくの大きさとは相関せず、一部の人々に心理的障害および心因性の疾患を誘発する可能性がある (Yasumura et al., 2012 ; Kunii et al., 2016 ; Oe et al., 2016a,b)。

(37) これらの研究は、災害現場に実際直面した対応者において、抑うつおよび心的外傷後ストレス障害の発生率が上昇し、生活が脅かされる可能性があることを報告した。また、わずかであっても日常生活で放射性物質の汚染に直面する人々や明確な将来の展望がなく生活環境の悪い避難者は、不安、ストレス、抑うつにさらされやすいとの報告もある (Bromet et al., 2011 ; Bromet, 2014 ; Harada et al., 2015 ; IAEA, 2015a ; Suzuki et al., 2015 ; Maeda and Oe, 2017)。

(38) 特に、小さい子どもを持つ親で、子どもや家族への潜在的な健康への悪影響について長引く懸念を持っていると、心理的障害を特に発生しやすい。日常生活における汚染の存在によって生じる母親の不安は、不適切な行動（感受性の欠如または暴力も）を誘発し得る強力なストレス因子であり、これは、子どもの情緒・社会的発達を妨げる可能性があることが研究から明らかになっている (Maeda and Oe, 2014)。

(39) 経験によると、心理的レベルでの各個人の反応は、彼らの状況に大きく依存し、時間の経過とともに次のように進展することが示されている。一部の人々はうつ病に苦しむことがあり、他の人々はその状況に身を任せ、最終的に無関心または拒絶の態度をとることがある。それ以外の人々は自分自身および他の人々のため状況を改善するよう反応し、対策に関与することがある。原子力事故の心理的影響は、被災者に長期間影響を及ぼし続ける可能性がある。

2.2.6. 防護措置に関連する生活様式の変化による健康への影響

(40) 放射線誘発の健康影響に加え、放射性物質の存在に起因する生活様式の変化や、放射線被ばくを避けるためにとられる対策により、健康に関連する他の影響が起きる可能性がある。チェルノブイリおよび福島原子力事故を受けて実施された多くの研究は、初期段階だけでなく、中期および長期段階の間にとられた防護措置に関連して生じた様々な身体的および心理的障害を報告している (Hasegawa et al., 2015 ; Luccioni et al., 2016)。

(41) 避難の直後、病院の患者や介護施設の高齢者のような脆弱な集団は、低体温や脱水になり

やすく、持病が悪化しやすい。これらは死亡率の増加につながり得る (Morita et al., 2017)。一方、避難所に住む子どもたちは、不十分な施設から生じる過密やストレスのため、感染症を起こしやすい。彼らはまた、心理的に影響を受け、その後、情緒的な問題に発展する可能性がある (Oe et al., 2018)。避難した子どもたちに対する言葉による虐待といじめは、ストレスの更なる原因を作る可能性がある (Sawano et al., 2018 ; Oe et al., 2019)。

(42) 中期および長期段階には、汚染地域に留まる人々ならびに一時的な移転を行った人々は、生活様式の変化による肥満、糖尿病、心血管および循環器疾患、食生活の悪さ（例えば果物や野菜不足）による高血圧や慢性腎臓病を含む長期にわたる様々な身体的な健康影響、運動不足、薬物乱用、さらには医療施設へ行く手段あるいは治療を求める機会が制限されるなどを経験する可能性がある。更に、放射線の存在により子どもが屋外で遊ぶことを制限されることはより重度な肥満につながり得る (Nomura et al., 2016 ; Ono et al., 2017 ; Tsubokura, 2018)。

2.3. 人と環境の防護の原則

(43) 大規模原子力事故に関する委員会の勧告の目的は、人と環境に対する放射線防護の適切なレベルを確保するためにとられるべき対策について助言することである。これは、重篤な組織／臓器障害を防止し、がんおよび遺伝性疾患のリスクを合理的に達成可能な限り低減し、ヒト以外の生物相に対する有害な放射線影響を防止またはその発生頻度を低減するよう人間の被ばくを管理することを意味する。これらの目的は、人間、植物相、動物相への放射線被ばくによる潜在的な悪影響、ならびに事故とその管理による社会、環境および経済の影響を考慮して追求されるべきである。これは、すべての被災した個人の健康と幸福、対応者の適切な作業条件、被災したコミュニティの生活の質、および被災地の生物多様性を可能な限り維持することを意味する。

(44) 緊急時被ばく状況および現存被ばく状況において、放射線防護の目的は、最初の 2 つの放射線防護の基本原則、すなわち、正当化および最適化の原則を用いて達成される (*Publication 103* (ICRP, 2007) の 203 項を参照)。防護措置は潜在的に重大な混乱を引き起こす可能性があり、正当化の原則は、防護措置の実施に関する決定が被災した人と環境に便益をもたらすことを保証するものとなる。参考レベルを用いて適用される防護の最適化の原則は、個々の被ばく分布の不公平さを制限し、社会、環境、経済の要因を考慮して、すべての被ばくを合理的に達成可能な限り低く維持または低減することを目的とする。

(45) 第 3 の放射線防護の基本原則、すなわち線量限度の適用は、事故後の緊急時被ばく状況および現存被ばく状況においては適切ではない。この原則は、線源が計画的に導入され、被ばくが完全に制御され管理されている計画被ばく状況にのみ適用される。これを踏まえ、委員会は、線量限度を設定するためにリスクの考慮に基づく枠組みを定義した (ICRP, 1991a)。線量限度は、対象とする線源を用いた通常の操業において、いかなる合理的な根拠に基づいても超えるべきではないリスクのレベル（すなわち、被ばくのレベル）に相当する。限度を超えることは、操業管理に問題があり、是正される必要があることを示すものである。

(46) 一方、緊急時被ばく状況では、線源の制御を回復することが目的である場合、そして現存被ばく状況では、線源が故意に計画されてではなく存在する場合、被ばくのレベルは、計画被ば

く状況に設定された限度よりも高くなる可能性がある。これは、これらの被ばく状況の管理に失敗が生じていることを示すとみなすべきではない。線量限度を用いたアプローチを使用する代わりに、経験に基づき、委員会は、放射線誘発リスクと状況を制御できる実現可能性を考慮して、被ばくの一般的バンドの中から選択されるべき参考レベルを定義した（ICRP, 2007）。

(47) ひとたび緊急事態が宣言されれば、サイト内およびサイト外の防護措置に関する決定は、効果的なものとなるために初期段階で迅速に行われるべきである。対応する時間が短く、不確実性が多いことを考えると、これらの対策は、可能性の高いシナリオに基づいて事前に準備され、可能な限り実際の状況に合わせるべきである。初期段階の管理には、特に国民の防護、国境をまたぐ課題、食品の制限および必要に応じた支援に対応するため、被災した国々の間の適切な交流と国際協力が必要である（IAEA, 2015b）。中期段階では、防護措置を開始、継続または終了する意思決定を導くために、徐々にサイト内およびサイト外の放射線状況の特徴を把握していくことが不可欠である。長期段階では、サイト内およびサイト外での放射線状況は、より理解が進み、被災地における地元の多様な特性に合わせた防護措置を実施することによって改善することができる。

(48) 初期段階では、環境への影響についての検討は喫緊の優先事項ではないかもしれない（ICRP, 2014）。しかし、飼育動物に関しては、ペットおよび家畜を防護するために適切な措置をとるべきであり、それらの健康を維持し、病気や汚染の拡大を防止するために、準備計画段階において具体的な取決めを策定すべきであると、委員会は勧告する。

(49) 中期段階では、人間の被ばくに対する懸念が主である場合でも、動物相および植物相への放射線被ばくの影響、ならびに、防護措置による環境への影響を考慮すべきである。特に、環境（例えば、土壌）を除染するための対策の選択に関しては、長期的には土壌の有機・ミネラル肥料と生物多様性に影響を及ぼす可能性があるため、これらへの影響を考慮すべきである。

(50) 長期段階では、長期に続く汚染によって脅かされる可能性のある生物種を防護するための対策を検討することが可能であるはずである。また、防護措置の実施により影響を受ける環境の質を維持するための特別な対応が必要となることがある。これらの対策は、絶滅危惧種の個体数および多様性、影響の空間的範囲、および環境の内在的価値を含む、全体的なアプローチの中で検討されるべきである（NCRP, 2018b）。

2.3.1. 防護に関する決定の正当化

(51) 正当化の原則は、被ばく状況を変更するような決定は害よりも多くの益をもたらすべきであると述べている。これは、可能な限り害を及ぼさない（無危害）ようにしながら益になることを行う（善行）倫理的価値の一部であり、*Publication 138*（ICRP, 2018）で説明されている善行と無危害の倫理的価値と一致する。緊急時被ばく状況と現存被ばく状況では、正当化の原則は、潜在的または実際の被ばくを避ける、または低減するための対策をとるかどうかを決定する際に適用される。原子力事故の場合の被ばく影響の低減を目的とするすべての決定により、サイト内の作業条件および被災地の日常生活に追加的な制約が生じ、関係する個人とコミュニティに多かれ少なかれ負の影響を及ぼす。決定は、サイト内ならびにサイト外の状況について避けられない不確実性を考慮し、潜在的な負の影響を念頭に置き、合理的に現実的であるが慎重なアプローチ

に基づくべきである。

(52) 正当化は、単に被ばくを避ける、または低減するだけでなく、放射線以外による健康影響、ならびに社会、経済、および環境に関する考慮も含む放射線防護の一部である。正当化は、個人の幸福、被災したコミュニティの生活の質、将来世代のための環境の質の保存に貢献するという社会全体の倫理目標に合致している。個人の幸福に貢献するために、正当化には、脆弱な集団または先住民のような特定のコミュニティに対する特別な配慮も含まれるべきである。

(53) 防護の正当化に関する意思決定は、通常、当局と責任を持つ組織の役割である。その目的は、必ずしも一人ひとりの便益ではなく、広い意味で、社会全体に便益をもたらすことである。しかし、決定の正当化では、当局以外の組織や個人からの情報が有益となり得る側面を多くもっている。したがって、委員会は、決定の正当化に関する公開プロセスにおいては、可能な限り、主要なステークホルダーを参画させるよう勧告する (NEA, 2006)。

(54) 委員会は、事故から生じる状況が全体的に進展するにつれて、決定の正当化は定期的に再評価されるべきであると考え。したがって、正当化は、計画または事故の管理の間に考慮される「一回限りの」検討事項ではない。既に行われた決定が、広い意味で、害よりも多くの益をもたらし続けているか否かを問うべきである。また、委員会は、全体的な防護戦略の正当化は、単一または組み合わせて適用される防護措置の害と益についても考慮するべきであると考え。最終的には、被災者が受けるであろう残存被ばくのレベルと、社会、環境および経済の影響とのバランスをとることによって判断されるべきである。

(55) 初期段階では、被ばくを避ける、または低減するために迅速な対策をとるか否かの決定には正当化が適用される。そのような状況において、人々の避難と屋内退避は最も難しい決定である。これらの対策は、小さなコミュニティを防護するためには効果的で比較的わかりやすいものだが、長期にわたり大規模に実施するには、混乱をもたらす、困難である可能性がある。例えば、福島事故から学んだ教訓は、介護施設からの高齢者や医療の管理下にある人々の事前計画のない避難は、これらの人々に益よりも多くの害をもたらした可能性があることを示唆している (Tanigawa et al., 2012)。同様に、厳格な屋内退避は、1日または2日を超える期間では正当化されない (詳細については第3章を参照)。迅速に行動する必要性から、ステークホルダーの参画にはつなげられない。しかしながら、ステークホルダーは、事前計画および訓練において参画しているべきである。

(56) 中期段階では、更なる対策の組み合わせが一貫した防護戦略を構成するという見通しをもって、これらの防護措置を実施するかどうかの決定に正当化を適用する。正当化は被災地の将来に関する当局の基本的な決定にも適用され、それが行われて長期段階の始まりとなる。この決定は、ひとたび放射線状況の特徴の把握がさらに良くなれば、既に行われた防護措置の結果を考慮に入れつつ、被災した個人および地域社会と協力して行われなければならない。また、この決定には、社会的および経済的活動の持続可能性について入手可能な情報を考慮に入れるべきである。とりわけ、被ばくの残存レベルが高く、適切な生活状況や作業条件を維持することが困難であることから、住民が留まることが許可されない地域、および、被ばく状況を踏まえ、人々が希望する場合には恒久的に住むことが許される地域、を決定しなければならない。予想される被ばくのレベルに基づくリスクのレベルに応じたアプローチ、ならびに社会、環境および経済に関す

る考慮に従って、特例的な防護措置が実施できるいくつかの地理上の地域を定義することができる。これはチェルノブイリおよび福島原子力事故後、当局によって採用されたアプローチであった。

(57) 大規模かつ長期にわたる汚染につながった原子力事故や他の産業事故、あるいは自然災害後の世界の経験は、国と個人が被災地を容易に放棄する意思がないことを示している (Bonaiuto et al., 2016)。ただし、被災地に留まることの許可は、特に潜在的な健康影響に対する防護や持続可能な生活様式と暮らしを含む、適切な生活状況および作業条件の達成など、必要条件が満たされている場合に限り決定すべきである。過去の経験では、意思決定プロセスを改善するため、これらの決定に、ステークホルダー、特に地域当局の代表者、専門家、被災したコミュニティの住民を参画させることの重要性とメリットが示されている。

2.3.2. 防護の最適化

(58) 委員会は、人および／または環境を防護するための決定がされ次第、防護の最適化の原則に従って防護措置を実施すべきであると勧告する。この放射線防護体系の中心的な原則は、社会、環境および経済の要因を考慮し、すべての個人の被ばくが合理的に達成可能な限り低く保たれるべきであることを意味する。

(59) 防護の最適化原則の実施は、特別な状況を踏まえ最良の防護措置を選択するため、その時点で重要な様々な要因および被ばく状況を特徴づける放射線関連情報やデータを含む、被ばく状況に関する十分な理解を必要とするプロセスである。更に、ステークホルダーの見解や懸念、放射線防護を左右する倫理的価値を反映すべきである(すなわち、不必要な被ばくを避ける(慎重)、被ばくを受ける個人の被ばく分布が公正であるように配慮(正義／公平性)、人々に敬意を払う(尊厳))。慎重、正義／公平性、尊厳は、放射線防護体系、特に最適化の原則を支える中核となる倫理的価値である (ICRP, 2018)。

(60) 最適化原則の実施は、被ばく状況の特徴を踏まえ、最良の防護措置を選択することを目的とした段階的なプロセスである (図 2.2 を参照)。

(61) 正当化された防護措置の選択肢間の比較は、最適化プロセスの主要な特徴であり、状況のすべての特徴を注意深く考慮しなければならない。防護措置の選択を導くため、意思決定支援技術が用いられることもある。これらの技術の適用に関する助言は、*Publications 37, 55, および 101* (ICRP, 1983, 1990, 2006) で提供されている。判断という性質上、透明性および被ばく状況に関わるステークホルダーの直接的な参画が強く求められる。この透明性は、放射線影響および放射線以外の影響に関するすべての入手可能な関連情報、前提条件および判断が被災した人々に提供されること、さら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、この文書が十分な説明を受けたうえでの決定のための根拠となることを前提としている (ICRP, 2006, 34 項)。

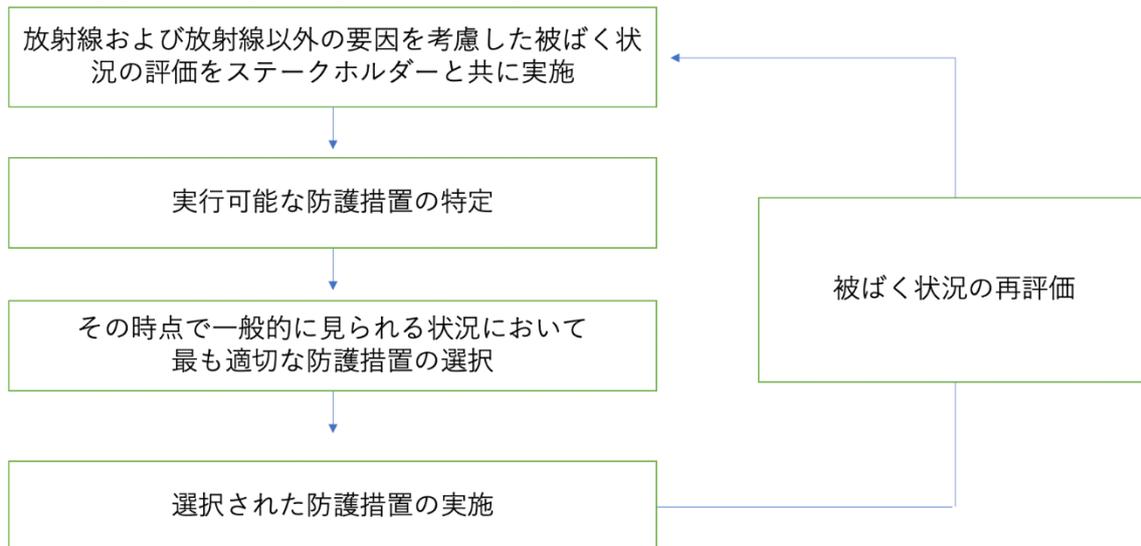


図 2.2 最適化のプロセス

(62) 最適化は、その時点で一般的に見られる状況において一連の正しい対策が講じられているかどうか、ならびに合理的に達成可能な限り低く被ばくを維持または低減するために合理的なすべての対策が尽くされているかどうかを問う心構えである。実践的な防護の実施に関わる組織（例えば、農業および工業部門）および個人（責任を有する者または関係する市民）に対して、良いガイダンスと十分な支援を提供することは、当局の責任である。したがって、政府または責任当局は、それらの実施を適切に支援するため、地域または個人レベルでとられる防護措置を含め、常に実施されている防護措置の有効性を評価する必要がある。

(63) 決定の正当化と同様に、初期段階における実践的な最適化の実施は、サイト内およびサイト外の放射線状況に関する不確実性と情報の欠如によって妨げられる。そこでの仮定には、インフラの状態や住民の反応や行動などの不確実性を踏まえ、放射線以外の影響も考慮に入れるべきである。これらの理由のため、最初に実施されるのは準備計画において正当化されると考えられた防護措置である。放射線状況の特徴の把握が進むにつれ、サイト内およびサイト外の両方の被ばく状況の特殊性をさらに適切に考慮するため、実施する様々な防護措置の最適化プロセスを再度行うことが可能である。

(64) 原子力事故に起因する社会経済状況の複雑さのため、初期、中期および長期段階の最適化の実施においては、脆弱な集団、または特定の集団のグループの防護、または社会経済活動の重要性や優先度に関する多くの価値判断があることを認識しておくべきである。これには、例えば、妊婦、小児、および病弱な高齢者に十分な注意を払うことが含まれる。また、戦略的な社会経済活動は、最適化のプロセスの実施において特定の防護措置の対象とするべきである。

(65) 最適化プロセスは、ステークホルダー間の利益相反に対処し、異なる希望や需要を和解させようとしなければならない。例えば、商品、サービス、食品の生産者は生産の継続を望むが、それが実現するかは、消費者がこれらの品目を購入する意思があるかによって影響を受ける。また、他の例えとして、被災した人々が観光などを通じて国内および海外の人々と交流を継続する

ことを望む一方で、国内および海外の人々はそれを望まないということもある。したがって、防護措置は、被災地に関わるすべての人々の信頼につながるべきである。

(66) 事故における放射線被ばくの特徴の 1 つは、対応者および被災地で生活または仕事をする人々が受ける被ばくの分布が大きいことである。過去の経験では、大部分の人々は比較的低い被ばくを受けるが、被災した一部の個人の線量が高くなることが示されている。初期段階では、防護措置が迅速に実施されなければ、放射線による重篤な健康影響を引き起こす可能性のある高い被ばくを受ける人もいるかもしれない。したがって、委員会は、被災した人々のグループにおける被ばく分布の公平性に特に注意を払い、事故が発生した場合には、最も被ばくした個人の被ばくを減らすことを優先して、防護の最適化を実施すべきであると勧告する。

(67) 事故の際には、脆弱な人々の防護も懸念される。特に、妊婦や小児は、放射性ヨウ素の被ばくに対する感受性が高い。また、高齢者、ならびに病気の人および／または入院している人の健康状態は、その事象と防護措置による混乱によって特に影響を受け得る。ホームレスの人々も、生活状況が悪いことから、より多くの被ばくを受ける可能性がある (Sawano et al., 2019)。したがって、委員会は、最適化の原則の実施において、脆弱なグループを特定し、彼らに対して配慮することを勧告する。

(68) 個人被ばくを低減し、被ばくの分布における不公平さを制限するために、委員会は、原子力事故後に継続する各段階で防護の最適化を導くため、参考レベルを使用することを勧告する。これらの参考レベルは、サイト内の対応者、サイト外の対応者、およびサイト外の公衆の構成員の被ばくを区別することによって、事故の様々な段階に適応させなければならない(3.3 節を参照)。委員会はまた、実施された防護措置の有効性を評価するために残存線量を使用することを勧告する。この残存線量は、自然バックグラウンドの被ばくを含まない、事故によって追加され、防護措置によって低減された残りの線量に相当する。最善の防護措置は常に被ばく状況に特有のものであり、最適化のプロセスを止めるべき線量レベルを事前に決定することは適切ではない(ICRP, 2007, 218 項)。ただし、防護の最適化は被ばくの最小化ではない。これは、被ばくの低減と関連する社会、環境および経済の影響と慎重にバランスをとったプロセスの結果である。これは、必ずしも個人にとって最低の残存線量レベルをもたらすとは限らない。

(69) 中期段階が終了し、放射線状況の特徴が把握されると、放射線状況が進展するにつれ、地域の状況を考慮した防護措置を適用し、個人と地域社会の懸念と希望を取り入れたより詳細な最適化プロセスを段階的に実施することができる。環境中の放射能と個人の被ばくの測定回数が増加するにつれて、最も被ばくを受け続けている人々、およびその被ばくに寄与する要因を特定することができるようになる。対象を絞った防護措置を実施することは、最も高い被ばく、ならびに集団の平均的な被ばくの低減に徐々に貢献する。長期的には、人々が生活することが認められた地域では、一般的に被災地ではない地域において許可された人工の放射線源による公衆被ばくとして許容できると考えられるレベルと同等のレベルまで低減できることが経験上示されている。

(70) 中期および長期段階では、個人の被ばくは、個人が居住し作業をする地域に残存している放射線の状況だけでなく、個人の行動および生活様式(例えば、食事、レジャー活動など)にも大きく依存する。行動と生活様式は個人の状況、利用可能な資源、変化を起こす個人の意欲と能力に大きく依存する。一旦、何が自らの被ばくに寄与しているかについて適切な情報が個人に与

えられると、彼らは自分たちの生活様式および習慣について選択を行い、対策をとり、自分たちの被ばくを更に減らすことができる。委員会は、このようなタイプの対策を「自助努力による防護対策」と呼び、その実施は極めて効果的であり、当局や専門家によって支持され奨励されるべき最適化プロセスの不可欠な部分であると考える。

(71) 放射線防護では、確率的影響の生じる確率が被ばくに比例すると仮定して考えるため、長期段階における個人のジレンマは、自助努力による防護対策を取り入れることの努力とその結果と、存在するかもしれない残存放射線リスクとのバランスを取ることである。更に、一般的に、個人の行動を不当に変えたり、要望を抑えたりすることなく個人が達成できることには限界がある。このような防護対策の決定は、放射線状況に関する関連情報および個人測定を利用することでのみ行うことができる。

(72) 住民や地域社会が自助努力による防護対策を規定し、最適化し、適用することを望み、かつ行えるのであれば、当局と専門家は、質問に回答し、測定およびその結果の解釈を助け、情報および支援を提供することにより、これを可能にするプロセスを促進すべきである（共同専門知プロセスについては3.4.3節を参照）。しかし、自助努力による防護対策は、混乱をもたらす可能性もある（例えば、内部被ばくおよび外部被ばくを低減するために、消費する食物や訪問する場所に絶えず注意を払う点）。

(73) 防護措置を実施するための戦略は、国の事故への備えと計画の方策の一環として、当局により策定されるべきである。これらの計画では、自助努力による防護対策を、住民がそのような対策を取ることができる条件を含めて考慮に入れるべきである。被ばくを低減するための防護対策の成否を予測し、そのような対策を計画するよう人々に求めるのは困難であるが、委員会は、当局がこれらの計画の準備に代表的なステークホルダーを参画させるべきであると勧告する。

2.3.3. 最適化と参考レベルの使用

(74) 緊急時被ばく状況および現存被ばく状況における人の防護のため、委員会は、個人の実効線量（mSv）で表される参考レベルを使用して、被ばく分布の不公平さを抑制し、すべての被ばくを合理的に達成可能な限り低く維持または低減することを勧告する。事故が発生する前の準備計画では、参考レベルは、特定のタイプの事故シナリオについて初期、中期、および長期段階で実施されるべき防護措置を選択し、その程度を見積もるための目安として用いられる。したがって計画段階では、それらは超えるべきではない被ばくレベルを表す。緊急時被ばく状況が発生した場合、または現存被ばく状況が宣言された場合、参考レベルは防護措置の有効性を評価するためのベンチマークとなる。初めのうちは、これらの措置から生じる被ばくの分布に、状況に応じて参考レベルを超える被ばくが含まれてもよいが、含まれない場合もある。その目的は、参考レベルを超える被ばくをそれ以下に減らすことに重きを置き、被ばくを更に低減することである。

(75) 参考レベルは、超えるべきでないあらかじめ定められた規制上の限度を表すものではないという立場を、委員会は維持している。実際には、参考レベルは、最適化プロセスの初めまたはその過程で一部の個人で超える可能性があるが、これは規制違反にならない。このように、参考レベルは実践的な最適化の原則の実施を導き、国際的ガイダンスや国内のガイダンスに組み込むことができるツールである。*Publication 103* (ICRP, 2007) は、考慮される被ばく状況の特徴

を踏まえ、具体的な参考レベルを選択することができる一般的な参考レベルのバンドを提供している。

(76) 図 2.3 は、原子力事故のすべての段階において、参考レベルがどのように最適化プロセスを導いていくかを図で表したものである。それぞれの段階の開始時には、一部の個人の被ばくが当局により選択された参考レベルを上回っていることもある。(潜在的または実際に) 最も被ばくしている人々の被ばくを防止または低減するために、これらの人々の特定を優先すべきである。その後の段階において実施される防護措置によって、参考レベルを上回る被ばくを受ける人数を徐々に減少させるべきである。

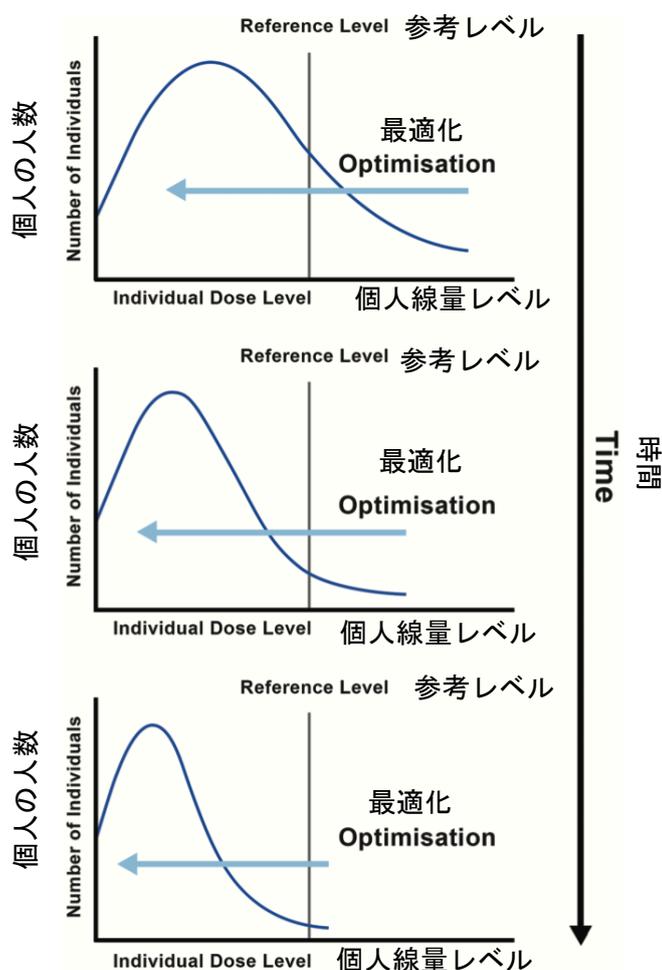


図 2.3 参考レベルを用いた最適化プロセスの実施により時間とともに進展する個人被ばくの分布の概略図

(77) 状況が進展し、線量分布が変化した場合、参考レベルを再評価することが適切であろう。放射線状況の改善に伴い、線量が参考レベルを超える、またはそれに近い個人が少なくなるにつれ、参考レベルを下げるができる。効果的であるためには、参考レベルの値の選択・再評価プロセスは状況に適応させるべきである。更に、委員会は、実現可能な場合には、特定の参考レ

ベルを選択することで達成されるべき目標レベルを決定するため、すべての関連するステークホルダーの見解を含めることを勧告する。

(78) 環境の防護に関し、委員会は、被災地の動物相および植物相への有害な影響を防止またはその発生頻度を低減させるために誘導考慮参考レベル(DCRL)の使用を勧告する(ICRP, 2008)。

DCRLは、標準動物および標準植物(RAP)の線量率のバンドで定義される。このバンド内では考慮されるRAPに対し何らかの有害な影響が起こる可能性が高い。事故の初期段階では、一般的に動物相と植物相の防護は最優先事項ではない。しかしながら、DCRLは動物相と植物相への潜在的影響を理解するのに有用であろう。中期および長期段階において、放射線状況の特徴がさらに良く把握できた時には、委員会は、社会、環境および経済の要因を考慮して、特に被ばくしたRAPの被ばくを低減させるように配慮すべきであると勧告する。

(79) 本刊行物において、委員会は、大規模原子力事故の初期、中期および長期段階におけるサイト内とサイト外での人の防護のため、最適化の原則の実施および適切な参考レベルの選択について、ならびにヒト以外の生物相の防護について勧告を行う。詳細は、それぞれ、第3章および第4章に記載される。

3. 初期および中期段階

3.1. 初期および中期段階の特徴

(80) 委員会は、緊急時被ばく状況に適用される放射線防護原則に従って、大規模原子力事故の初期および中期を管理することを勧告する。これらの状況は、放射線源の制御の喪失、または線源の意図的な誤用から生じるものとして定義され、望ましくない被ばくを回避または緩和し、線源の制御を取り戻すために、緊急かつタイムリーな対策を必要とする。緊急時被ばく状況は、以下のいずれか1つ、または複数によって特徴づけることができる：線源の現在および将来の状態に関する大きな不確実性、高いレベルの被ばくの可能性を伴う被ばくの経路およびレベルに関する不確実性、ならびに放射線および放射線以外の状況の急速な変化。

(81) 大規模原子力事故から生じる緊急時被ばく状況は、対応者の被ばくや公衆の被ばくに至る。これは、チェルノブイリおよび福島事故に見られるように、数週間、更には数ヶ月という長期間持続する可能性がある。大規模原子力事故は、1つの施設、同じサイトの複数の施設、あるいは重大な外部事象が関与する場合には、複数のサイトが関わる可能性がある。初期においては、放射性物質の放出の影響を緩和するために迅速に対応する必要がある。初期および中期において徐々に、放出は制御を取り戻し、放射線の状況の特徴をもっと把握できるようになる。サイト外では、被ばくと被災地の将来についての不確実性が依然として存在する。したがって、中期は、サイト内よりもサイト外で長く続く可能性がある。

(82) 大規模原子力事故の場合、最も高い被ばくは通常、線源が制御されていない初期の間に発生するであろう。委員会は、最初に優先すべきことは、サイト内およびサイト外の両方で、直接の重篤な組織／臓器障害の発生を避けることであると勧告する。初期において考慮すべき主な緊急防護措置は、避難、屋内退避、ヨウ素甲状腺ブロック、地域の食品と水の供給制限、ペットと家畜の防護である。これらの対策は迅速に実施されなければならないので、特に実施する上での取決めや地理的範囲の概要について事前に準備しておく必要がある (Callen and Homma, 2017)。

(83) 重大な放出の前にとられる防護措置は、直接の重篤な放射線障害の発生を避けるように計画されるべきであり、これらはまた、通常、放射線被ばくも防止するか、大きく低減するであろう (IAEA, 2015b)。これらの措置について決定する際には、潜在的な放射線以外の影響も考慮に入れ、それに応じて適合させることも重要である。実際の状況は、事前に計画されたシナリオとは大きく異なったり、急速に進展したりする可能性があるため、対応中に防護措置を適合させる必要もあり得る。

(84) 中期において放射線状況に関するより多くの情報が入手可能になるにつれ、最初の防護措置の地理的または時間的な範囲を修正し、一時移転、食品管理、環境の除染、および事業活動の管理などの新しい防護措置を導入する必要があるかもしれない。この期間、人々がいつ、どこで、どのように被ばくし、将来も被ばくする可能性があるのかを特定するために、被ばく状況の特徴をもっと把握するための更なる措置が取られるべきである。

(85) 初期および中期においては、被災者は、ラジオ、テレビ、文書、電子メール、ソーシャルメディアを含むすべての利用可能な手段により、状況とその進展について情報が与えられるべきである。この情報は、迅速かつ継続的に広められ、常に更新されるべきである。過去の原子力事故の経験から、正確な情報を広めることが十分でないことが示されている。したがって、委員会は、被災者の懸念に対応し、被災者が情報に基づいて決定するのを助けるため、共同専門知プロセスにおける当局、専門家、および地元のステークホルダー間の協力を促進することを勧告する。

3.2. 放射線状況の特徴評価

3.2.1. 被ばく経路

(86) 大規模原子力事故の場合、外部および／または内部被ばくは、様々な経路から生じる。外部被ばくは、損傷した施設によって放出されたプルーム中に存在する浮遊放射性物質、およびプルームから地面、建物、衣服、および皮膚に沈着した放射性物質から生じる。内部被ばくはプルームまたは汚染された物の表面からの再浮遊による放射性物質の吸入、汚染された食品および水の経口摂取、ならびに地面または物品に付着した放射性核種の意図しない経口摂取から生じる。

(87) 事故による大気放出の場合、プルーム中に存在する短寿命の放射性核種を吸入することによって、最初の被ばくは比較的高くなるだろう。その後、通常、数日または数週間は、放射性ヨウ素が作物の直接汚染とミルクへの移行による内部被ばくの主要な要因となり、また、環境に沈着した汚染から外部被ばくが生じる。中期においては、外部放射線が、放射性セシウムによる食品の長期汚染とともに、主要になる可能性が高い。

(88) 沈着のパターンは、事象の規模、および放出時の支配的な気象条件、特にプルームの通過時の風向、降雨または降雪に依存する。長時間にわたる放出の場合、風向は時間とともに変化することが予想される。長期的には、降雨とウェザリングによって、土壌中の放射性核種は分布が変わり深部へ浸透する。土壌からの放射性核種の植物への取込みは、土壌の物理的および化学的特性（例えば、水分や肥沃度）に応じて変化し、一般に時間とともに減少する。また、沈着レベルも場所によって大きく変わる可能性がある。例えば、チェルノブイリ事故後、地表面汚染は、同じ村の中で最大 10～100 倍の範囲で変動があった。長期の場合には一般に、1 つまたは少数の放射性核種が、ヒトおよびヒト以外の生物相の両方に対する被ばくを支配する。

(89) 人による放射性核種の摂取は、汚染された農地の野菜、肉、ミルク、汚染された河川、湖、海からの魚類、汚染された森林からの野生のベリー類やキノコ類の摂取から主に生じる。動物およびその由来製品への移行は、飼料の汚染、ならびに管理技術に依存する。食品中の放射性核種濃度は、土壌および栽培される作物の種類に依存する一方で、住民による摂取は食習慣に依存して、時間とともに著しく変わる可能性がある。ある一定の地域では、農業地域に比べて特定の食品（例えば、森の中のベリー類やキノコ類、牧草地で放牧される家畜）へのより高いレベルの移行が現れるかもしれない。このような食品の摂取は、一部の個人において、摂取線量を増加させる可能性がある。

(90) 過去の事故の経験から、海水や地表水への液体放射性物質の放出、海水や地表水への直接の放射性物質の沈着、海水や地表水への流出による水系からの放射線被ばくの可能性があること

が示唆されている。海への放射性物質の直接または間接的な放出のために、人は、海中または海底堆積物の放射性核種から外部被ばくを受けるであろう。これらの経路からの線量は、全体的な被ばくに有意な寄与をもたらすとは思えない。逆に、海産物への放射性物質の移行は、一部の公衆にとって、内部被ばくの主要な原因となり得る。

(91) 動物と植物は外部および内部被ばくの両方を受けるであろう。人と同様に、外部被ばくは、プルーム中に存在する浮遊放射性物質、および損傷した施設から排出された放射性物質の水系への放出、ならびにプルームから地表面や生物相に沈着した放射性物質から生じる。内部被ばくは、プルームまたは汚染表面から再浮遊した放射性物質の吸入、汚染された水または動植物の摂取、ならびに地表面の放射性核種の不注意な摂取から生じる。

(92) 放射性核種の汚染レベルおよび組成は、経時的に、および様々な場所に変化するはずであり、その結果、ヒト以外の生物相への様々な被ばくがもたらされる。また、影響を受けた生物集団の大きさと共に、その動物が汚染された地域でどのように時間を過ごすかを理解することも重要であろう。

3.2.2. 環境モニタリングと個人モニタリング

3.2.2.1. 環境モニタリング

(93) 環境モニタリングは、サイト内及びサイト外の放射線状況の正確な実像を提供するために必要とされる。被ばくの予測は、気象情報、環境モニタリングデータ、およびモデルを用いて行うことができる。放射線の懸念があり得る地域（すなわち、原子力施設の近くから沈着物が居住地域または農地に影響を及ぼす可能性のある周辺地域まで）の気象条件の特徴を把握するためには、十分な数の気象観測所が利用できるようにすべきである。訓練を受けた操作者が固定式や携帯式の放射線モニタリング装置を用いることでより高い精度で被ばくを評価することができる。また、広域に影響が及ぼされた場合には、航空機モニタリングも環境汚染の程度や範囲に関する有用な情報を提供する（Saito et al., 2019）。

(94) 周辺線量率の環境モニタリングに加えて、大気中の放射性核種濃度の測定も行うべきである。この種の情報は、放射能の吸入による内部被ばくの推定を可能にする。環境中に沈着した放射性物質に起因する内部および外部被ばくへの懸念に対しては、表土や飲料水中の放射性核種濃度の測定計画が必要であり、それによって食品と水の制限と防護措置の拡大（例えば、一時的な移転）の実施に関する決定が支援される。土壌、食品および水のモニタリングは、中期を越えて長期においても継続される可能性が高い。

(95) 詳細な環境モニタリングは、広範囲にわたる汚染地域の放射線状況を把握するためや、初期に実施された緊急防護措置を終了するために不可欠である。放射性物質の放出が収まり、被災地により詳細なモニタリングが可能になるにつれて、環境測定データの利用可能性が増大する。初期と中期の管理に責任を有する組織によって行われた公式な測定に加え、被災したステークホルダーは、持参した放射線検出器、あるいは地域の機関（例えば、大学、地域の研究所など）から提供された放射線検出器を使用して、自らの放射線状況を地図にすることを望むかもしれない。ステークホルダーによるデータ収集は中期から始まるかもしれないが、長期においてより重要とみなされるであろう。特に、被災した人々がそのようなデータと自らの放射線状況との関連を理

解するのを援助することによってステークホルダーによるデータ収集を支援し、彼ら自身の防護についての意思決定を行うことを支援するために必要な資源を事前に検討しておくべきである。

3.2.2.2. 個人モニタリングおよび健康サーベイランス

(96) 初期には、被ばくのレベルにより処置（除染，診療）が必要な人や健康サーベイランスが必要な人を確認するトリアージが大切である。これらの決定は、限られたモニタリング情報に基づいているので，治療が緊急に必要な人の確認に全力が注がれる。最初の数時間は，例えば，手持ち式モニターまたは携帯型モニターを用いた最初のスクリーニング測定を行うことしかできないかもしれない。その後，ホールボディカウンターや甲状腺モニターのような可搬型生体内モニタリング装置を用いて，より正確な測定を行うことができるようになる。数日後には，被ばくを決定するために，生物試料（例えば，尿中の放射性核種，血中の細胞遺伝学的測定）のインビトロ測定や遡及的な物理学的線量評価（例えば，携帯電話の画面のガラス，家庭内の塩）ができるだろう。

(97) 放射性ヨウ素の放出の場合，小児と妊婦に対する甲状腺線量のモニタリングが初期に重要となる。環境モニタリングでは，個人の甲状腺被ばくの正確な推定ができない。したがって，小児（被ばく時年齢が約 15 歳まで）および妊婦の甲状腺の放射性ヨウ素の量を迅速に測定し，甲状腺線量の現実的な推定値を得るための具体的な取り組みを行うべきである。甲状腺の測定は，訓練を受け適切に配備された職員によって，避難所や健康サーベイランスのために設置される事故対応センターで行うことができる。放射性ヨウ素の半減期は短いので，被ばくから 2~3 週間以内に，理想的には被ばく後可能な限り早く，このような測定を行うことが重要である。委員会は，甲状腺被ばくを臓器線量で表すことを勧告する。測定された人々には，甲状腺線量の情報とともにその数値が個人の健康にとってどのような意味があるのか明確な説明がなされるべきである。

(98) 中期においては，サイト内およびサイト外の被災者が吸入または経口摂取した汚染物質の測定を行うために，ホールボディカウンターを用いることができる。これにより，内部被ばくの評価が可能になり，特に注意を払うべき，主に食品からの経路の確認に役立てることができる。乳児を含む小児の内部被ばくの測定によって，母親が子どもの状況を理解するための有用な情報や食事を調整するための選択肢が提供される（Hayano et al., 2014）。時間とともに被ばくの経路が変わる可能性があるので，ホールボディ測定の人々の順番を決める際には，このことを考慮する必要がある。

(99) 初期および中期の管理を担うすべての関連組織の防護に関する決定を支援するために，測定データは一元的に収集し，可能な限り早く利用できるようにすべきである。説明責任と透明性のため，委員会は，個人情報の保護を尊重しつつ，この情報を明確な説明も加えて公衆と共有すべきであると勧告する。

(100) 初期に放射線により影響を受けた人々に焦点を当てた医療モニタリング計画では，臨床症状を発現した人々と，被ばくしたことが分かっても症状を示していない人々の 2 つの対象グループを考慮するべきである。最初のグループのフォローアップは，長期合併症の診断と治療を目的とする。第 2 のグループのフォローアップは，放射線被ばくに関連する可能性のある有害な影響または疾患の発見を目的とする。

3.3. 初期および中期段階における対応者の防護

(101) 事故の対応に関与する可能性のある個人は、緊急時チーム（例えば、消防士、警察官、医療従事者）、作業員（職業的に被ばくするかどうかに関わらず）、専門的職業人および当局、軍人、ならびにボランティアとして援助に当たる市民など、その身分は様々である。これらの個人を分類するために、国の機関や国際機関では様々な用語が使用されてきた。委員会は、本刊行物においては、これらの個人のすべてを指すのに「対応者」という用語が適切であると考えている。事故により生じた放射線状況は、施設の通常の操業条件とは全く異なるので、対応者の防護は、被ばく源がもはや制御されておらず、作業条件が通常ではないことを考慮に入れた特別な方法で管理されるべきである。初期と中期では広範な被ばくがあるので、段階的アプローチが必要とされる。さらに、事故から生じた状況は予測不可能であるので、このアプローチが効果的であるには、慎重でありながらも十分に柔軟であるべきである。初期と中期における対応者の防護を整理するために、委員会は、サイト内（損傷した施設）とサイト外（被災地）の活動を区別し、2つの期間を区別することを勧告する。

3.3.1. サイト内の初期における対応者の防護

(102) サイト内で最初に関与する対応者は、緊急時チームを待つ、損傷した発電所の作業員である。彼らの役割は事故に対応するための初期活動を実施し、施設を安定化させ、サイト外への影響を緩和することである。この初期活動を行う際に、一部の者が高い被ばくを受ける可能性がある。これらの対応者は依然として操業管理者の責任下にあるが、事故前にあった通常の計画被ばく状況に従った管理はもはやできない放射線状況にある。対応に関与していない作業員は、特に、避難や屋内退避、適宜ヨウ素甲状腺ブロックによって、サイト外の住民と同じ方法で防護されるべきである。対照的に、初期の対応に関与する者は、決定の正当化および防護の最適化の原則を適用して、対応者として管理されるべきである。状況によっては、外部から他の対応者が、施設の作業員を支援するために参加する可能性がある。これには、それぞれの組織の責任下で一般的に活動する専門チーム、あるいは損傷した施設の管理責任の下で一般的に活動する他の施設からの作業員が含まれる。また、ある場合には、軍人が軍事組織内での特別な立場で動員されることもある。

(103) 対応者の被ばくに影響を及ぼす可能性のある決定の正当化は、サイト外の住民の被ばくと環境汚染の回避または低減の点から期待される便益だけでなく、損傷した施設の状態とその起こり得る展開から行われるべきである。全体として、これらの決定は、害よりも多くの益をもたらすことを目指すべきであり、言い換えれば、関係する個人と社会全体に対する便益が、対応者に対し引き起されるかもしれない害を補うのに十分であることを確実にすべきである。施設の状態とサイト外の環境を特徴づける不確実性を考慮すると、これらの便益を評価することは難しく、決定の正当化は必然的に操業管理者による価値判断に基づくものになる。

(104) 初期における施設の放射線状況は、大部分が不明かつ不安定である可能性があるため、対応者の防護の最適化の実施は複雑である。多くの作業は、関与する対応者への潜在的影響を先験

的に推定することができないまま行われる。更に、被ばくの原因となる線源の制御は大部分あるいは全く制御されていないので、対応者が受ける被ばくを十分な精度で予測し、予め確立された放射線の判断基準内で作業が遂行されることを保証するのは困難である。このような状況では、線量限度の原則の適用は、対応者の被ばくの管理に適していない。その代わりに、委員会は、個人線量を管理するために参考レベルを用いた防護の最適化の原則を適用することを勧告する。これらの参考レベルは、変化する状況の特徴および対応者の種類を考慮して選択されるべきである。

(105) 18項および22項で言及されているように、がんのリスクは線量とともに増加し、100 mSvを超える被ばくでは確定的影響の可能性が高くなる (ICRP, 2007)。このため、委員会は、急性あるいは1年間のいずれかで受ける100 mSvよりも高い被ばくは、極端な状況においてのみ正当化されるであろうと考える。したがって、初期には、委員会は、対応者の被ばくを制御するため、100 mSv または、それ以下の参考レベルを勧告する。数百 mSv の被ばくは、人命を救うため、あるいは施設がさらに劣化して壊滅的な状態に陥るのを防ぐためという例外的な状況においてのみ正当化されるであろう。これに加えて、放射性ヨウ素の大量の摂取が起こる可能性がある。この場合は、別途考慮されるべきであり、必要に応じて具体的な防護措置を実施すべきである (3.4.1.3 節を参照)。

(106) 初期における対応者の被ばくは、評価され記録されるべきである。必要に応じて、個人防護具が使用されるべきである。特に確定的影響を誘発する可能性が高い被ばくの場合には、必要に応じて、治療とその後の健康サーベイランスが提供されるべきである。妊婦および18歳未満の若年者は、初期にサイト内で作業する対応者チームに入れるべきではない。

(107) 委員会は、対応者の防護に関する決定は、被ばく状況のすべての特徴に基づき、存在する可能性のある他の危険を踏まえて行うべきであると勧告する。また、一部の原子力施設の作業者は、事故が起きる前に、操業管理者の責任の下、各サイトまたは国レベルのいずれかで、専任の緊急時チームに参加するための訓練を受け、備えるべきであると勧告する (Ohsuga, 2012)。このようなチームの参加者は、事故の場合の放射線リスクを十分に認識し、インフォームドコンセントを正式に提示すべきである。

3.3.2. サイト外の初期における対応者の防護

(108) 消防士、警察官、救助および医療従事者、そして軍人を含む、いくつかのカテゴリーの対応者が、初期にサイト外で介入する可能性がある。一部の国では、サイト外で原子力事故に対処するための専門チームが設置されている。また、避難時のバス運転手、選出された代表者、ボランティアなど、特定の技能を持つ作業員も関与することがある。これらの対応者はすべて、直接または間接的に対応組織の責任下にある。その役割は、人と環境に対する緊急防護措置の実施を支援することである。彼らが受けそうな被ばくは高くなるだろうが、サイト内より低いと予想される。

(109) これらの対応者は、事前に (すなわち、緊急時チーム)、または、その関与の直前に (例えば、市民、バス運転手などの作業員)、誰になるかを明確にしておくべきである。緊急時チームのメンバーには、放射線下で作業するための準備と訓練が行われるべきである。事前に決められておらず、訓練を受けていない対応者は、放射線および関連リスクの存在下で行われるべき作業

に関する情報を受けるべきであり、また、(例えば、防護具によって)十分に防護されるべきであると委員会は勧告する。これらの対応者は、理解し、かつインフォームドコンセントを示した上で介入すべきである。

(110) 損傷した施設付近に位置する原子力または原子力以外の施設にいる人の中には、どのような状況にあっても、重要な活動やネットワークの運用を維持するために、職場に留まる必要がある人もいるかもしれない。このような作業員も、対応者として扱うことができる。特に、可能な限り事前に対応者となる人々を確認し、原子力事故の際に何をすべきかについて情報を提供し、適切な防護のもとで業務を遂行できるよう訓練すべきである。

(111) 初期におけるサイト外での対応者の防護のため、委員会は、状況に応じて、被ばくを制御するため、100 mSv またはそれ以下の参考レベルを用いることを勧告する。サイト内での防護と同様に、サイト外での対応者の参考レベルを上回る被ばくは、人命を救うため、あるいは一部の住民や動物に対する重篤な放射線影響を防止するためなど、例外的な状況においてのみ正当化されるであろう。線量は、可能な限り個人ごとに評価と記録がなされるべきである。確定的影響を誘発する可能性がある被ばくの場合には、必要に応じて、治療とその後の健康サーベイランスを提供すべきである。妊婦および18歳未満の若年者は、初期にサイト外で作業する対応者チームに入れるべきではない。

3.3.3. サイト内の中期における対応者の防護

(112) サイト内では、線源が安定化された(すなわち、放出がない、またはわずかで、線源がさらに劣化するリスクは限定的)と宣言された時点で中期が開始する。線源が安全であると宣言され、制御された作業条件下で損傷した設備の解体作業を始めることができるよう、放射線状況が十分に把握された時点で中期が終了する。この期間では、発電所や請負の作業員が、状況の特徴の把握および線源の制御の回復に関与できるであろう。必要に応じ各雇用主の責任も継続するが、すべての作業員は、通常、損傷した施設の運営管理者の責任下にある。サイトは損傷を受け、汚染され、脆弱になっているため、作業条件は前例のない難しいものとなる可能性がある。不適切な行動や不測の事態が、新たな緊急事態を引き起こす可能性がある。それにもかかわらず、作業の組織化と被ばくの管理は徐々に改善されるべきである。このような状況では、作業員の被ばく管理が、もはや初期と同じ放射線の制限を受けなくなったとしても、作業員は依然として対応者とみなされる。

(113) サイトに入る新規対応者は、割り当てられた作業のために人が決められ、訓練を受け、装備を身につけるべきであるとともに、正式にインフォームドコンセントを示すべきであると委員会は勧告する。これらの対応者の多くは、土木工学など通常、放射線の存在下では行われない仕事に雇用され、損傷した施設に留まるのは彼らの仕事の生涯のごく一部であろう。彼らの訓練は、特定の状況に適応させる必要があり、放射線防護の知識や文化の欠如を克服するために、運営管理者によって特別な研修が開かれることもある。これらの対応者は困難でストレスの多い状況で作業するため、適切な作業条件や居住環境を確保するために、特別な注意を払わなければならない。対応者の個人線量の監視と記録を行い、各対応者には受けた被ばくについて情報提供がなされるべきである。

(114) 中期では、委員会は、100 mSv またはそれ以下の参考レベルを用いることを勧告し、線量限度の適用は適切でないと考えている。施設における線源の制御と被ばく状況の回復の進捗に応じ、中期において参考レベルは引き下げられるかもしれない。必要に応じて治療とその後の健康サーベイランスを行うべきである。妊婦および18歳未満の若年者は、中期においてサイト内の対応者チームに入れるべきではない。

3.3.4. サイト外の中期における対応者の防護

(115) サイト外での中期は、放出源が安定した時点で開始され、住民と被災地の被ばく状況が十分に把握され、当局が被災地の将来を決定できるようになった時点で終了する。対応者が行うべき主な作業は、放射線状況の把握、食品の放射線管理と住民の健康サーベイランスのための基盤整備、建物と環境の除染である。これらの作業に関与するのは、作業員（職業的に被ばくしているかどうかに関わらず）とボランティアの混合集団である。この状況は依然として緊急時被ばく状況であるが、これらの対応者の被ばくは比較的良く制御することができる。

(116) 委員会は、サイト外での対応者の防護を可能な限り通常的活動の中で計画することを勧告する。関与する対応者は、登録され、放射線が存在する場で行う必要な作業や関連するリスクについて情報を与えられるべきである（知る権利）。線量は評価され、情報は対応者に伝えられ、可能な限り個人ベースで管理されるべきである。委員会は、状況に応じて個人の被ばくを制御するために、年間20 mSv またはそれ以下の参考レベルを用いることを勧告する。中期のサイト外での対応者には、サイト内に比べより低い参考レベルが勧告されるが、これは彼らの活動の実施において、より高い被ばくを受ける必要がないためである。放射線の条件が良好に推移した場合には、この段階で参考レベルを引き下げることができる。

3.3.5. 初期と中期における対応者の被ばく管理

(117) 対応者の中には、初期と中期の両方に関与する者もいるかもしれない。このような対応者については、両時期の総被ばく量を100 mSv 以下に保つという目標で被ばく管理を行うべきである。しかしながら、特に初期においては、サイト内やサイト外でさえ、困難で予測不可能な介入条件の可能性を考えると、限られた数の対応者については、合計100 mSv を超える、あるいは例外的に数百ミリシーベルトの範囲の被ばくを受ける可能性があることに留意することが重要である。委員会は、対応者の初期の被ばくによって、中期の関与を必ずしも制限すべきものではないと勧告する。また、累積被ばくが100 mSv を超える対応者に対しては、適切かつ持続可能な医療サーベイランスを提供すべきであると勧告する。

(118) 職業的に被ばくする作業員が対応者として関与する場合、対応中に受けた被ばくは、計画被ばく状況で受けた被ばくとは別と見なされて記録されるべきであり、職業被ばくの線量限度の遵守に対してはその被ばくは考慮されるべきではない。責任当局、事業者、雇用主、および作業員間の合意に基づく対応者の線量記録に関する取り決めは、原子力施設の事故の計画の一部として、準備段階で事前に決めておくべきである。

(119) 委員会は、職業的に被ばくする作業員が、中期の終了した時点で、通常的活動や職業への復帰を望む場合、それを禁止すべきではないと勧告する。その決定は、事故前および事故対応中

に受けた被ばくの履歴の詳細なレビューと徹底した医学検査後に、ケースバイケースで施設に責任を有する当局によりなされるべきである。

3.4. 初期および中期段階における公衆と環境の防護

(120) 初期および中期段階における人の防護は、参考レベルを用いて正当化され最適化されるべき一連の防護措置の実施に依拠している。その目標は、被災地に住み、働く個人やコミュニティの生活を形成する社会、環境および経済の要因を考慮して、すべての被ばくを合理的に達成可能な限り低く維持および／または低減することである。防護措置は、特に、脆弱なグループや先住民民族のような特定のコミュニティを防護することを目的として、個人の被ばく分布の不公平さを制限するため、参考レベルに基づく判断基準を用いて実施されるべきである。

(121) *Publication 109* (ICRP, 2009a) において、委員会は、緊急時被ばく状況の参考レベルは、典型的には、20～100 mSv のバンドに設定されるべきであり、選択された参考レベルは、潜在的または実際の事故シナリオに適合させるべきであると勧告した。この勧告では、1年以上緊急時被ばく状況が続く可能性については考慮されていなかった。

(122) 本勧告では、委員会は、初期と中期の間、最も高い被ばくを受けた個人が、両時期の全期間で 100 mSv を超えないことを確実にするため、すべての合理的な防護措置がとられるべきであると定めている。これは、急性被ばくを緩和し、確定的影響を防ぐためである。委員会は、状況次第で、これらの時期の期間が1年未満または1年以上になるかもしれないことを認識している。また、委員会は、可能な場合には、初期と中期における最も適切な参考レベルは 20 mSv より低くなることを認識している（表 6.1 を参照）。なお、放射性ヨウ素の大量摂取の可能性がある場合は、特定の防護措置を講じる必要があることに留意すべきである。

(123) 初期において、サイト外の放射線状況がまだほとんど分かっておらず、状況が急速に進展している場合には、準備計画中に該当するシナリオについて設定された参考レベルを防護措置の実施に反映するべきである。この参考レベルは、特定の防護措置を実施する上で容易に判別できる発動因子（トリガー）となる運用上の判断基準を設定するために用いられる（IAEA, 2011, 2015b）。しかしながら、状況が予想通りに進展せず、防護措置が講じられたとしても、一部の被ばくが参考レベルと同程度か、それ以上のことさえあり得る。反対に、特に事故が事前に計画されたシナリオよりも過酷ではない場合、すべての被ばくが参考レベルよりも低くなる可能性がある。そのため、モデル化や環境における初期測定を行い、被ばくの特徴を可能な限り早く把握することが重要である。これにより、当局は必要に応じて、防護措置の範囲および／または参考レベルの値を調整し、防護を最適化することができる。

(124) 中期において、放射線状況がより把握された時点で、参考レベルを再評価し、低減する必要があるかもしれない。例えば、チェルノブイリ事故の中期において、ソ連当局は参考レベルを段階的に引き下げている（Kryuchkov et al., 2011）。

(125) 環境の防護については、委員会は、初期および、おそらく中期においても、影響を受けた環境に沈着した放射性物質の濃度または量を大幅に低減させることは、困難または実行不可能であると認識している。初期には、一部の動植物の被ばくのレベルは DCRL よりも大きい可能性が

ある。動植物相への潜在的影響を評価するために ICRP が勧告する枠組みは、特に影響を受けた可能性のある種を確認し、更なる措置の必要性を検討するために用いることができる。

3.4.1. 初期の防護措置

3.4.1.1. 屋内退避

(126) 一部のグループは、大気浮遊放射性プルームが自宅の上空を通過する場合、被ばくを低減するために緊急防護措置を必要とすることがある。これらのグループには、避難しない場合、屋内に留まり、窓やドアを閉め、可能であれば換気システムを切り、更なる指示を待つ、屋内退避が勧告されるべきである。

(127) 堅牢な建物は、大気浮遊プルームによる被ばくを大幅に低減し、地表面に沈着した放射性物質からの放射線を減衰させることができる。しかし、住民の屋内退避は、潜在的な重篤の健康影響を防ぐのに十分ではない可能性があり、可能であればヨウ素甲状腺ブロックと併せて行うべきである。

(128) 安全な状態で迅速に避難することが困難である特定の施設（例えば、高齢者や重篤な患者がいる医療施設）では、初期には屋内退避が望ましい措置となり得る。屋内退避した人々を世話するために留まる職員は、緊急事態準備の一環で対応者として訓練され、装備を整える必要がある。これらの志願者職員は、訓練終了時にインフォームドコンセントを示す必要があるが、可能であればリアルタイムで、放射線状況の推移を知らされ、必要があれば、測定や適切な防護措置をとるための装備が与えられるべきである。

(129) 数日間以上の厳重な屋内退避は、退避している住民の福祉に大きな影響を与えることなく維持することが困難であろう。治療を受けたり医療に必要な物品を手に入れる必要性、農家が家畜の世話をする必要性、あるいは単に家族と一緒にいたいという正当な欲求などの問題は、微妙な状況を生み出し、ストレスを引き起こす可能性がある。数日間の厳重な屋内退避後、重大な被ばくの可能性が持続する場合には、人々の避難を検討すべきである。また、放射性物質の放出が続く間も避難を行うべきであり、避難者の外部被ばくおよび内部被ばくを可能な限り防止するように注意を払うべきである。これは、難しい運用であり、準備と計画段階で事前に確認しておくべき追加の防護措置の策定を必要とする。

(130) 屋内退避の解除は、比較的短い時間枠のことなので、屋内退避している人々とコミュニケーションを取る仕組みは不可欠であっても、ステークホルダーが殆ど関与せずに実行される可能性が高い。屋内退避の解除とは、制限の有無にかかわらず、自宅に留まり日常活動に戻ることを許されるか、留まることを許されず避難または移転させられることを意味する。しかし、屋内退避が解除される前に、外部被ばくや地表面に沈着した再浮遊物質の吸入が、屋内退避解除後に放射線の点で懸念される可能性があるかどうかを判断するため、モニタリング情報が必要になる。サンプリング・測定チームの動員・配備には時間がかかるので、個々の状況を考慮して優先順位を付けることが不可欠である。放射線状況から見て、相応な時間内で屋内退避の解除が可能であると確信できない場合、屋内退避を継続することで許容できないリスクあるいは十分に明確でないリスクがもたらされる可能性のあるグループについては、十分に計画された避難を考慮すべきである。

3.4.1.2. 避難および一時的移転

(131) 避難とは、重篤な組織／臓器の障害（確定的健康影響）や、がんおよび遺伝性疾患（確率的健康影響）の長期リスクの増加に至る可能性のある十分高い短期的な放射線被ばくを回避または低減するために、サイト外の領域から住民を迅速かつ一時的に退去させることを意味する。放射性物質の重大な放出が起こる前に予防的措置として講じることができれば、放射線被ばくを回避する点では最も効果的である。しかしながら、放出の発生後または状況によっては放出時でさえも、避難が実施される可能性がある。

(132) 避難は、短期間の防護措置であるが、例えば、放出源の制御が不可能な場合、更なる事故や放出の重大なリスクが存在する場合、または環境中に高レベルの放射線被ばくが継続する場合など、その継続が必要で正当化される場合もある。放射線状況により、住民が約 1 週間以上の長期間、自宅から離れなければならない場合には、最初の避難に続いて、一時的または恒久的な移転が必要となる可能性がある。

(133) 過去の経験から、自然災害や人為的災害に伴う緊急事態の対応として、避難は効果的であり、頻繁に行われていることが明らかになっている。しかしながら、避難計画が不十分な場合、病院や介護施設の患者、高齢者などの特定の住民にとって有害な場合がある（Tanigawa et al., 2012）。

(134) また、正式な避難勧告が発令されているか否かに関わらず、自主避難が行われる可能性があることが経験により示されている。当局は、初期の準備計画を実施する際に、住民のこのような自主避難の負の側面と正の側面を考慮しておくべきである。

(135) 避難所は通常、公共施設など短期的な宿泊の設備しか準備されていないため、住民が一旦避難すると、帰宅の可否と時期を決定する必要がある。この決定は、被災地の放射線状況と、住民に適切な生活・作業条件を提供できるかどうかの両方に基づいて行われる。委員会は、初期を所管する当局が、避難者、被災地域の当局や専門家と共に、避難区域へ帰還するかどうかの複雑な意思決定プロセスに密接に関与することを勧告する。これは、帰還が想定されている地域の生活・作業条件の質を含め、放射線状況について入手可能な全ての情報に基づいて、透明性のある方法で行われるべきである。

(136) 避難区域の放射線状況の把握は、環境汚染の測定、ならびに放射線状況の推移とそれを改善する能力の予測に基づくべきである。放出の組成、汚染パターンの複雑さ、および影響を受ける地域の大きさにより、どの程度迅速に評価を行うことができるかが決まる。人々が過ごす場所や、被災地に住むであろう人々の将来の被ばくの評価に焦点を当てて、様々な環境について測定を行うべきである。

3.4.1.3. ヨウ素甲状腺ブロック

(137) ヨウ素甲状腺ブロックは、安定ヨウ素化合物（通常、ヨウ化カリウム）を投与し、非放射性ヨウ素で甲状腺を飽和させることにより、放射性ヨウ素の吸入および摂取による甲状腺への被ばくを防止するか低減させることを基本とする。安定ヨウ素は、放射性ヨウ素から甲状腺を防護する際にのみ有効であるため、屋内退避や避難に伴って行うべきである。甲状腺ブロックのため

の安定ヨウ素の有効性は、タイムリーな投与に依存する。放射性ヨウ素に被ばくする直前または被ばく時点で安定ヨウ素を投与するのが最も効果的な防護である。安定ヨウ素の投与が早すぎたり遅すぎたりすると、甲状腺を効果的に防護できる可能性が低くなる。放射性ヨウ素の放出が長期にわたる場合、ヨウ化カリウムを繰り返し摂取することが推奨されることがある (Benderitter et al., 2018)。放射性ヨウ素の取り込みは、特に若年層において、甲状腺がんのリスクを高める可能性があるため、初期の安定ヨウ素の投与は特に妊婦や小児に対し重要である (WHO, 2017)。(138) 対応できる時間が短いため、安定ヨウ素の配布は、特に大きな住民グループが関わる場合、実施の上で問題があるかもしれない。したがって、国の当局は、潜在的影響のある集団が安定ヨウ素を確実に入手できるようにするため、事前配布を含む最も効果的な方法を慎重に検討すべきである。世界保健機構が推奨する用量では、初期におけるヨウ化カリウムによる甲状腺ブロックの全体的な便益は、全年齢層で副作用のリスクを上回っている (WHO, 2017)。

3.4.1.4. 人の除染

(139) 個人の除染とは、物理的・化学的プロセスによって、人から放射性物質を完全にまたは部分的に意図して除去することである。衣服、髪、皮膚の汚染からの外部放射線の被ばくを低減し、そのような汚染による不注意な経口摂取を防止するため、緊急に個人の除染が勧告される可能性がある。この措置は、対応者を防護するために特に有効であろう。避難が勧告されている地域の外側では個人の除染が必要になることはほとんどない。個人を除染するための措置によって、住民避難が遅延されるべきではない。

3.4.1.5. 食品の予防的制限

(140) 汚染された食物の摂取は、被災地に居住する人々にとって、事故直後の重要な被ばく経路である可能性がある。これらの地域以外の消費者も、汚染された生産物が市場に出回っているのではないかと懸念するかもしれない。したがって、人々と生産物のイメージを守るため、被災地や潜在的に影響がある地域では、初期に可能な限り早く措置を講じることが賢明である。この段階での防護措置には、主に農水産物と飲料水の摂取制限、野生の食物の狩猟や採取禁止が含まれる。これらの地域からの全ての食品のモニタリングが必要である可能性があり、これを実施するのに数日から数週間かかることがある。食品の消費を禁止または制限する場合には、当局は、これらの地域に居住または働く人々に対し、汚染されていない食料と水の供給を確保するべきである。

(141) 殆どの国で子どもの食事の重要な部分であるミルクの放射能汚染のモニタリングは、放射性ヨウ素からの甲状腺被ばくの潜在的原因であるので、事故の初期に特に重要である。このような制限が必要な場合、汚染された牧草地で放牧されていた牛や山羊のミルクを飲まないよう住民に指示すべきである。さらに、放射性物質の放出で汚染された可能性がある生鮮野菜、果物や他の食品を食べないように指示すべきである。

3.4.2. 中期の防護措置

3.4.2.1. 一時的移転

(142) 一時的移転とは、すでに避難しているか、あるいは自宅から直接来た人々を、すべての基本的ニーズを満たすことができ、生活状況を適切に支援することができる一時的な宿泊施設に移動させることである。一時的移転は、汚染の特徴や範囲に応じて、数週間、数ヶ月、または数年続くことがあり、高すぎると考えられる被ばくを避ける、あるいは必要な食物と水が著しく汚染され容易に代替品が入手できないような状況を避けることを目的とする。一時的移転は、急がず、関係者と対話する十分な時間をもって実施することができるので、この措置に伴う物理的リスクは避難のリスクと比べると比較的小さい。しかし、一時的移転は心理的影響を伴う (Oe et al., 2017 ; Ohto et al., 2017)。

(143) 一時的移転に耐えられる最長期間は、さまざまな社会的・経済的要因によって異なる。例えば、仮設住宅や生活状況への不満の高まりが、あるいは単に自宅で落ち着いた社会生活を築きたいという要望があるかもしれない。逆に、残存被ばくの持続、雇用機会の不足、残してきた家屋の修理・再建の必要性、学校・病院・商店などのインフラ不足など、帰還に関する懸念もある。

3.4.2.2. 食品の管理

(144) 中期には、季節や環境特性などによる放射性核種濃度の変動を理解するとともに、食品の放射線状況を把握することで、食品管理のためのより詳細で状況に適合した戦略を策定することができる。これには、食品の放射線および放射線以外に関わる質、消費者の信頼回復、持続可能な経済活動の維持の可能性を考慮に入れるべきである。この目的のためには、防護措置の地域社会に対する全体的な影響を考慮する必要がある。委員会は、当局が全体的な状況を比較的良好に理解できるように特徴の把握が十分に進んだ時点で、参考レベルに基づき、食品中の放射性核種の測定可能なレベル ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ または $\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}$) で表される、食品の消費に関わる放射線の判断基準を設定すべきであると勧告する。これらの判断基準に基づく食品の放射線モニタリングは、人の防護を確保しつつ、被災地内外での取引を促進するために重要である。

(145) 委員会は、このような放射線の判断基準の設定は複雑であり、地域、国、国際レベルで生産者、小売業者、消費者の利益を考慮して、多くの検討事項のバランスを取る必要があることを認めている。委員会は、関連するステークホルダーが意思決定プロセスに参画すべきであると勧告する (Kai, 2015)。国内での連帯を保つためには、国レベルで深い議論が必要である。

(146) ガイドラインレベルは国際貿易のためにコーデックス委員会によって策定されている (FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, 2006)。これらのレベルは、飲食物の最大 10% を汚染された食物が占めると想定した上で、年間 1 mSv の線量判断基準に基づいている。この想定は妥当でない可能性があるため、地域社会によって別の割合がより適している可能性がある。したがって、食品の放射線判断基準は、Codex ガイドラインレベル以下に定められるであろう。逆に、汚染した食品が食事に占める割合がより小さければ、放射線判断基準はより高く定めても差し支えない。また、伝統に深く組み込まれていたり、地域社会全体の経済にとって必要不可欠である地域の生産物を保護するため、放射線判断基準が高めに設定されることもある。このような決定は、チェルノブイリ事故後のノルウェーのサーミ人によって生産されたトナカイの肉の場合のように、当局、専門的職業人、地元の専門家、および被災したコミュニティの間で緊密に協力して下さなければならない (Skuterud et al., 2005)。その結果、地域の状況を管理するために

設定される食品の放射線判断基準は特別なもので、国際貿易で採用されるものとは異なる可能性がある。地域の状況を管理するための放射線判断基準は、食品の放射線に関わる質を更に改善するインセンティブとして発展する可能性がある。

(147) 中期においては、生産から消費までの食物連鎖における放射性核種の移行の低減を目的とする多くの防護措置により、食品の放射能汚染を改善することができる (Nisbet et al., 2015)。これらの措置には、例えば、表土の除去、土壌の耕起や化学処理、家畜への非汚染飼料や飼料添加物の給餌、汚染を取り除くための産業規模の食品加工などがある。選択される措置は、放出された放射性核種の物理的・化学的特性、季節、土壌や土地利用の種類によって異なる (Bogdevitch, 2012)。

(148) 食品管理に加えて、中期においては定期的に水の供給をモニタリングし、影響を受けた地域で流出により汚染が徐々に蓄積していないか確認する必要がある。

3.4.2.3. その他の商品の管理

(149) 原子力事故後、食品以外の商品も汚染される可能性がある。車、梱包、輸送容器など、屋外に保管されるすべての製品が汚染されている可能性がある。これは木材や採石場からの鉱石などの原材料にも当てはまる。これらの商品の汚染は、被ばくに大きく寄与しないかもしれないが、ステーキホルダーからは重大な懸念事項であると見なされ、商品を管理する必要があるかもしれない。管理の種類は、汚染のレベル、商品の種類と数、使用状況によって異なる。さらに、汚染の可能性のある商品の放射線に関わる品質の証明プロセスを時には実施する必要がある。

3.4.2.4. 環境の除染

(150) 中期においては、表面や土壌の汚染の除去は、被ばくを低減するための非常に効果的な措置となる。建物や道路の表面、土壌、植生を除染するために適用できる多くの技術がある (Nisbet et al., 2015)。しかし、環境の除染は、多くの場合、大量の汚染された廃棄物の発生につながる可能性がある。汚染された廃棄物については、適切な特性評価、分別、一時保管（長期にわたる可能性もある）、処分ルートが必要である。また、このような汚染の除去は、環境自体に大きな損傷を与える可能性もある。

(151) 建物（公共および私有）、道路や舗装された区域、空き地、レクリエーションエリア、農地の除染は、中期に始まり、影響を受けた地域の大きさによっては、長期まで継続する可能性がある。人々が最も時間を費やす場所や人々の被ばくに最も寄与する場所を優先すべきである。地域の状況に合わせた現実的な被ばく評価は、個人の被ばくに主に寄与するものを確認するのに役立つ。これらの除染対策に関し、委員会は、個人の被ばくを効果的に低減するために、参考レベルを用いた最適化の原則を適用することを勧告する。これは、負の影響が意図した便益を上回らないように、被ばく状況の実際の特徴や、関連する社会、環境、経済的な要因を考慮して、被災した住民と密接に協議して行われるべきである。

3.4.2.5. 事業活動の管理

(152) 様々な企業の経済活動は、原子力事故によって影響を受ける可能性がある (2.2.4 節を参

照)。中期には、被災地に所在する企業は、従業員の家族の懸念や要望を考慮して、従業員の防護措置を確立する必要があるかもしれない。また、製品の放射線モニタリングやイメージを保つために、事業を維持するための専用の対策を設定する必要があるかもしれない。企業によっては、移転を余儀なくされる場合もある。

(153) 企業にとっての最初のステップは、放射線状況の特徴の把握である。ほとんどの企業は放射線防護の問題に精通していないという事実を考慮すると、専門家の支援と、特定の放射線判断基準を含む適切なガイドラインの提供が必要である。特徴把握の目的は、誰が被ばくし、何が汚染され、それらがどこで、いつ、どのようにかを明確に示すことである。

(154) 汚染のレベルにもよるが、特定の除染活動の有無にかかわらず、一部の企業や経済活動は被災地で維持される可能性がある。いずれにせよ、雇用主は、従業員と生産のための適切な作業環境を確保し、汚染の進行の可能性を考慮しなければならないであろう。

(155) 被災地で維持される経済活動における仕事での被ばくは、仕事の性質上、この残存汚染への著しく高い被ばくにつながる特別な場合を除き、環境の残存汚染に起因するもので、活動自体から生じるものではない。したがって、委員会は、関係する作業者は公衆の構成員として防護されるべきであると勧告する。しかしながら、従業員の防護を確実にするのは雇用主の責任であり、特に、雇用主は放射線リスクに関する適切な情報を提供し、希望する場合には従業員自身と場合によっては家族のためにもモニタリングプログラムの実施を支援し、自己防護策を実施することによっていかに自らの被ばくを低減できるかという従業員の検討を助けることである。委員会は、林業従事者や森林地帯の製材所の従業員など、特定の被ばく状況を伴う活動に従事する作業者については、職業上の被ばくとみなすべきであると勧告する。

(156) また、多くの産業は、実際にあるいは潜在的に製品に影響を及ぼす放射能の存在による試験を受けている。これらの産業の中には、特に輸出のために、製品の放射線の品質を証明しなければならないものもある。製品や活動自体が影響を受ける可能性のある他の産業（例えば、採石場、森林活動、観光）については、経済活動を維持するか否かの判断が必要となる。

(157) 被災地の経済活動については、放射線防護文化を発展させ、作業員やその家族、消費者が情報に基づき自らを防護するための決定を下すことを支援できるよう、様々なステークホルダーとの対話を確立するための仕組みの導入を確実にする必要がある。

3.4.3. 共同専門知プロセス

(158) 委員会は、中期において共同専門知プロセスを採用することを勧告する。専門家、専門的職業人、地域のステークホルダー間の協力のこのプロセスは、放射線状況の評価と理解を深め、人と環境を防護するための防護措置を策定し、生活状況と作業条件を改善するために、地域の知識と科学的な専門知識を共有することを目的としている。共同専門知プロセスは、ステークホルダーの関与と権限委譲に基づく最適化原則の実践に不可欠な要素である。これは、国レベルや地域レベルの責任ある組織が推進する防護措置を補完するため、被災した住民が実施する自助努力の仕組みの開発に寄与する (ICRP, 2009b, 2016)。チェルノブイリと福島の実験は、このプロセスの有効性を実証している (Liland and Skuterud, 2013; Lochard, 2013; Ando, 2018; Takamura et al., 2018; Yasutaka et al., 2020)。

(159) 倫理的観点から見ると、共同専門知プロセスは、放射線防護体系の中核的価値の一つである人間の尊厳の回復と維持に焦点を当てている (ICRP, 2018)。具体的には、このプロセスは、ステークホルダーの関与という概念の背後にある手続上の価値である包括性を反映していると見ることができる。さらに、このプロセスは共感する（すなわち、専門家に、他者の経験、視点、文脈のなかに身を置き、それらを熟考する機会を提供する）ことを可能にし、その結果、適切で持続可能な防護措置を見つける助けとなる。

(160) 共同専門知プロセスは、時間がかかり、地域や個人の放射線モニタリングのための専用の資源を必要とし、長期にわたり住民と一緒に取り組むことに専心する放射線防護の専門家や専門的職業人の支援があって初めて想定することができる (Gariel et al., 2018 ; Schneider et al., 2019)。共同専門知プロセスは、関与するすべてのステークホルダーの間で放射線防護文化の発展を促す段階を追った（ステップバイステップの）アプローチである（図 3.1 を参照）。

3.4.3.1. 共同専門知プロセスの段階

(a) 対話の構築

(161) 最初のステップは、事故の影響を受けた地域の人々のグループと経験と知識を共有するために対話を行うことである。この対話の中で、被災者は自身の生活状況や地域の知識を、専門家は放射線の科学に関する知識や放射線防護の実施に関する経験を持ち寄る。また、専門家や被災者は、疑問、懸念、期待など、日常生活の状況とその影響についての認識を共有する。住民の間で、放射線に関する知識が欠如していたり、専門家や当局に対して不信感がある状況においては、すべての人々が心を開き、相互に敬意を払い続けることが真の課題である。

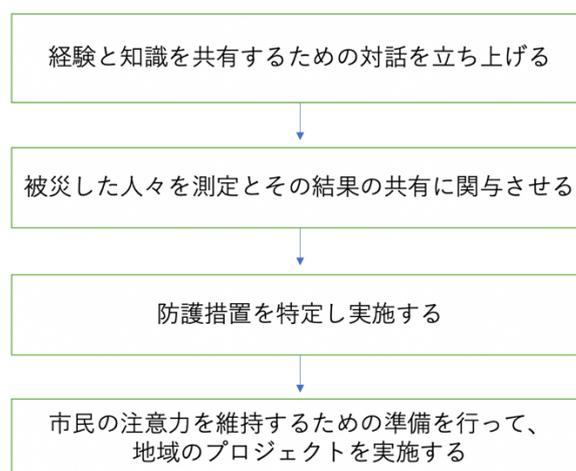


図3.1 共同専門知プロセス

(b) 放射線状況の特徴の合同評価

(162) 第2段階では、日常生活において、いつ、どこで、どのように被ばくしているかという意識を高めるため、放射能を「見える化」する測定に人々を参加させることを目的とする。この目的のため、当局や被災者が行う測定（自己モニタリング）に基づいて、包括的なモニタリングア

アプローチを策定すべきである。測定は、個人や地域社会の被ばく状況がより把握されるよう、被ばくの線源から始め、次第に拡大し、様々な被ばく経路を通じて人々が受ける被ばくを含むよう、段階的に行われなければならない。これまでの経験から、個人の状況を議論し、比較する目的で測定結果を共有することは、被災者の放射線防護を改善する機会を確認する強力な手段であることが示されている。この合同での特徴把握により、地域の状況をより良く理解し、放射線判断基準や他の放射線被ばく状況との比較を考慮して、見通しを立てることができる。

(c) 防護措置の特定と実施

(163) 第3段階では、回避可能な個人の被ばくを低減するため、地域の人々と専門家の両方で地域の状況に適した可能な防護措置を確認することを目的とする。これにより、被災者が実施できる自助努力による防護措置を確認することができ、当局が推進する防護措置を評価し、必要に応じて、それらを適合させることが可能となる。また、このプロセスを通して得られた経験は、対応する放射線判断基準をレビューするのにも役立てられる。共同専門知プロセスにより、地域のステークホルダーが自らの防護のために情報に基づいた決定を下すことができる。防護措置の実施には、必然的に技術的、人的、財政的資源が必要であり、専門家や当局の支援が求められる。

(d) 市民の注意力の組織化と地域プロジェクトの実施

(164) 共同専門知プロセスの第4段階では、放射線状況に関する「市民の注意力」を確保するために、地域社会において放射線モニタリングプログラムを組織し、また、被災した地域社会のレベルで地域プロジェクトを確認し実施することを目的とする。これらのプロジェクトは、非常に多様な性質（教育、社会、記憶、文化、環境、経済など）をもっているが、放射線および放射線以外の要因を考慮し、人と環境の防護、人々の幸福や地域の社会生活の質の向上を目的として実施されるべきである。これらのプロジェクトへの地域住民の関与は、当局、専門的職業人、地元の専門家の支援を得て、その効果と持続可能性を左右する要因となる。地域プロジェクトの実施にあたっては、意思決定プロセスの正当性、透明性、公平を確保するために、ステークホルダーを巻き込んだ適切なガバナンスをもった構造を確立する必要がある。

3.4.3.2. 放射線防護文化

(165) 共同専門知プロセスは、放射線の影響を受けた個人や地域社会に、自らを防護する方法を知り、それにより原子力事故の影響と向き合うために必要な実践的な放射線防護文化を育むための力を与えるのに効果的である。委員会は、この文化を、潜在的または実際の電離放射線被ばくを伴う状況において、市民が十分な情報に基づいて選択を行い、賢明な行動をとることを可能にする知識と技能と定義している（ICRP, 2018）。

(166) この文化は、人々が日常生活における懸念に対処するのに助けるために実用的であるべきである。これにより彼らは以下を行うことが可能になる。

- 測定結果（例：周辺線量率、内部および外部線量、食品の汚染）を解釈する；
- どこで、いつ、どのように被ばくしているかを理解することで日常生活における放射能の存在に対処する；
- 自分が直面する放射能のレベルについて自分なりの基準をつくる；
- 自分の防護について情報に基づき決定を下し、行動（自助努力による防護）をとるために、

関連情報を収集する；

- 自らが実施する防護措置と当局が実施する防護措置の適切性と有効性を判断する。

(167) 実践的な放射線防護文化の発展は、放射線防護を支える科学的知識と日常生活の行動を結びつける学習プロセスに基づいている。これにより、事故の際に著しく損なわれた、自分に影響を及ぼす決定に関する自律性を回復させることができる。さらに、人と人とのつながりを取り戻すことに寄与し、連帯を育むことを助け、より自信を持って将来を見据える機会を提供する。

3.5. 中期段階から長期段階への移行

(168) 当局やステークホルダーが、初期と中期の間に実施された防護措置が期待された効果を達成したと判断した場合、あるいは、その適用を継続することがもはや正当化されない場合（すなわち、広義には益よりも大きな害をもたらす場合）、これらの防護措置は、解除、適合、または補完されるべきである。しかしながら、経験上、実際には、初期と中期の間に実施された防護措置の解除は難しい決定である。これには、これらの措置がもはや必要でないと思われ、その評価が共有される必要がある。措置の解除は、多くの場合、状況により適した他の代替あるいは補完措置の実施を意味する。実際には、この動きは、状況の管理に関与する様々な組織の調整と支援を必要とする。また、様々なステークホルダーに適切に情報提供し、参画させるための効果的な仕組みも必要である。

(169) 被災地の残存汚染レベルが、防護措置によって健康、社会、経済および環境の持続可能な条件を達成できない程度である場合、当局は、以前に避難または一時的移転の対象となった人々が自宅に戻ることを許可しないことがある。このような被災地への帰還を禁止する決定は、困難で重大性をもつこと、一部の人々にとって取り返しのつかない性質であることを十分に認識して正当化されるべきである。汚染のレベルがより低い被災地では、当局は、予想される被ばくレベルと、合理的な期間内に持続可能で適切な生活・作業条件を回復する能力を考慮して、人々が自宅に留まるか、または自宅に戻りそこで恒久的に生活することを認める決定をすることができる。このような決定は、放射線状況に関する入手可能なすべての情報およびこれらの地域における基盤とサービスの状態に基づいて正式に正当化されるべきである。

(170) 実際には、人々が自宅に戻り恒久的に生活することを許可するには、彼らの将来の被ばくや関連するリスクの評価が必要である。この評価は、周辺線量率や環境と食品の汚染の測定、個人の被ばくの推移の予測、放射線状況の改善能力に基づくべきである。環境や食品のモニタリングデータを現実的なモデリングと組み合わせて使用することで、将来の被ばくを予測することができる（Takahara et al., 2020）。

(171) 一時的に移転した人々の帰宅を許可するかの決定には、被災した人々と彼らの地域社会の当局や専門家との広範な対話が必要である。住民には、自宅に戻ることを選択した場合に直面する生活・作業条件や環境の質について、十分詳細な情報を提供することが重要である。彼らには、共同専門知プロセスの専門家の支援を期待し、適切な医療サービスや教育を受ける権利がある（Miyazaki, 2017）。

(172) 委員会は、将来について決定する基本的権利は個人にあることを強調する。自主的避難者

を含め、被災地に留まる、離れる、あるいは自宅に戻るか否かに関する個人のすべての意思決定は、尊厳の問題として尊重され、当局によって支援されるべきである。また、自宅に戻ることを望まない、あるいは許可されない人々の移転のための戦略も策定されるべきである。

(173) ある地域から人を永久的に退去させ、(少なくとも予見可能な将来は) その土地の利用を禁止することは、難しい決定である。そのような地域の境界を定めるために、既存の地理的あるいは管轄的な境界も社会的な理由から考慮されるかもしれないが、放射線についての検討が用いられるであろう。

(174) 避難した人々の帰還を認める決定には、当局が設定する放射線の判断基準を伴うかもしれない。その基準を超えると住民を恒久的に移転させることが義務付けられ、それ以下であれば、初期と中期から生じる放射線状況を維持し、可能ならば改善するための防護措置を実施することを条件に、住民が留まることを認められる。委員会は、そのような放射線の判断基準に対して特定の値は勧告しない。値を選択する場合は、現存被ばく状況の管理に関するガイダンスとの整合が取れているべきである(第4章を参照)。整合性を確保するために、人々の被災地での生活を認めるための放射線防護の判断基準の選択は、長期において適用される参考レベルの値の選択とともに議論され、決定されるべきである。

(175) 委員会は、人々が被災地で恒久的に生活することを認める当局の決定は、少なくとも以下の条件と手段が満たされた場合に、地域社会の代表者およびその他すべてのステークホルダーとの緊密な協議の下に行われるべきであると勧告する。

- 被災地の環境、食品、物品、および人々の放射線状況の特徴が十分に把握されていて、人と環境を防護し、生活・作業条件を改善するために効果的な決定を行うことができること；
- 地域のステークホルダーが意思決定プロセスに参画するための仕組みが確立されている。これらの仕組みは、透明性があり、すべての関連するステークホルダーによって理解されるべきであること；
- 環境の放射線モニタリングおよび個人の外部・内部線量の測定のシステム、また、データの収集、保存および利用のための適切な仕組みを含む健康サーベイランスシステムが確立されていること；および
- 地域当局や専門家の支援を得て、ウェルビーイングや地域社会での生活の質の向上に影響を受けた人々を参画させる適切な仕組み(例えば、共同専門知プロセス)が導入されていること。

4. 長期段階

4.1. 長期段階の特徴

(176) 長期段階は、サイト内では、事故の管理に責任を持つ当局が、損傷した施設の安全が確保されているとみなした際に開始する。サイト外では、長期段階は、当局が被災地の将来について決定し、また希望する住民がこれらの地域に恒久的に留まることを認める決定をした際に開始する。これらの決定は、委員会が現存被ばく状況とみなす長期段階の開始を示すものであり、決定の正当化と参考レベルを用いた防護措置の最適化の原則を適用して管理される。

(177) チェルノブイリと福島の実験から、大規模原子力事故後の生活状況と作業条件の回復は、放射線の側面以外に、あらゆる個人およびコミュニティの生活が関与し、相互に関連し合う複雑なプロセスであることが示されている。社会的に大きな混乱を招いたこれら2つの事故は、放射線の原則と基準のみに基づいた長期段階の管理では、被災地の個人やコミュニティが直面する課題に対応するには不十分であることが示されている。そのような管理は、住民の生活状況の回復には不適切であり、また、個人の幸福や被災地の生活の質に影響を及ぼす不必要な分断を引き起こすことが経験により示されている (Ando, 2016)。したがって、放射線の原則と基準は、長期段階の管理に不可欠な情報であるが、被災した個人およびコミュニティの生活状況と作業条件の回復のため、適切に柔軟性をもって用いられるべきである。

(178) 多くの現存被ばく状況のように、被災地に居住する人々の被ばくのレベルは、個人の行動によって大きく左右され、一般に、非常に不均一な個人の被ばく分布が生じる。被ばくの範囲は、以下を含む多くの要因によって影響を受ける可能性がある。

- 汚染地域における住居および職場の位置
- 職業または仕事、ならびにその結果として汚染の影響を受けた特定の地域内での作業に費やされた時間
- 個々の習慣、特に食習慣。これは社会・経済状況に大きく依存する可能性がある。

(179) 食習慣、生活様式および職業によって、隣接するコミュニティとの間、同じコミュニティに住む家族の間、あるいは同じ家族の中でさえ、被ばくのレベルに大きな差異が存在し得ることが、経験によって示されている。このような差異は一般に、少数の個人が平均よりも大きな被ばくを受ける歪んだ線量分布をもたらす。

(180) 一時的であっても、被災地に居住し、作業する人々は、放射線状況について適切に知らされるべきである。彼らは、放射線に対する十分な防護を確保するためだけでなく、適切な生活様式と暮らしを含む持続可能な生活状況および作業条件を保証するために、当局や専門家からの支援を受けるべきである。

(181) 住民が自らをどう防護するかについて、ならびに効果的な防護を実施するための条件、手段、資源について、適切なガイダンスを提供することは国の責任である。したがって、どのように長期的な防護を確保し、状況を更に改善するかについて適切な支援を提供するために、政府または責任当局は、ステークホルダーと共に、コミュニティまたは個人レベルで実施される自助努

力による防護対策を含め、適切な防護措置の有効性を定期的に評価すべきである。

4.2. 放射線状況の評価

4.2.1. 被ばく経路

(182) 長期段階での被ばく経路は、初期の放射能の沈着のレベルと程度、環境の除染のため実施された対策の結果、および放射性壊変に影響を受ける。様々な被ばく経路の重要性は、拡散し沈着した放射性物質の種類に依存する。降雨とウェザリングは、沈着した放射性核種の土壌への浸透、および一部は水系または再浮遊を通じた移行に影響を及ぼした可能性がある。高山牧草地、森林、高地など特定の地域では、農業地域に比べて土壌中での残留期間が長くなる可能性がある。植物による汚染の吸収は、種に依存する。特定の食品（例えば、森の中のベリー類やキノコ）に高いレベルで移行すると、体内摂取量の増加につながる可能性がある。魚類や野生動物とは異なり、家畜の汚染はその飼料に依存するため制御することができる。動物への移行は、様々な放射性核種の摂取と代謝に依存する。

(183) 長期的には、1つまたは少数の放射性核種が、個人の被ばくへの主要な寄与因子となる。沈着した放射性核種による外部被ばくは、周辺線量率、および自宅、職場やレクリエーションなど、様々な場所で個人が過ごす時間に依存する。内部被ばくは、汚染物質の飲食による摂取または吸入から生じる。人による放射性核種の摂取は、野菜、ミルク、肉や魚の飲食によって生じるだろう。住民による放射性核種の摂取は、季節や農作業の影響、土壌や植生の種類、そして個人の食習慣によって異なるため、時間の経過とともに著しく変わることがある。

4.2.2. 放射線モニタリング

(184) 長期段階の開始時には、被災地での放射線の特徴の把握が行われ、汚染の空間的分布について理解が得られているべきである。人々が住むことを許された被災地では、必要に応じて防護措置を適合させるために、放射線状況の進展を追跡することが重要である。これは、当局ならびに個人やコミュニティによって実施される個人の外部および内部被ばくのモニタリングプログラムを維持し、必要に応じて適合させることで実施される。

(185) このプログラムは、被災地における汚染の進展に関するデータを提供するだけでなく、食品中の放射性核種濃度を制御するのにも役立つ。外部周辺線量率については、様々な場所の値を表示する機器を用いることで情報が提供される。モニタリングプログラムによって、各々の個人が自らの被ばくの情報を得て、彼らがどこで、いつ、そしてどのように被ばくしているかを知ることができる。この情報は、共同専門知プロセスの実施に不可欠である。実際には、これにより、被災したコミュニティに、周辺線量レベル、個人の外部被ばく、食品および環境中の放射性核種濃度、ならびに個人の内部被ばくを測定するための手段（測定機器および資格を持つ人員）が提供されるであろう。また、このモニタリングによって提供されるデータを理解し解釈するための支援を提供することも重要である。動物相および植物相の環境モニタリングも考慮すべきである。

(186) モニタリングプログラムの有効性は、被災地の特異性に対処する能力に依存しており、これは潜在的にリスクのあるグループを決定するために特に重要である。このような計画の持続に

は、国や地域当局が継続して保守・訓練を行う必要がある。

(187) 放射線モニタリングプログラムの実施に関与する組織の多様性（当局，専門家団体，地方および国立研究所，非政府組織，民間機関，大学，地元のステークホルダー，原子力事業者等）は、放射線状況の評価を強化する上で重要な要因であることが経験から示されている。これはまた、測定について被災した住民の信頼性を向上する上でも貢献する。

4.3. 長期段階における対応者の防護

(188) 長期段階では、サイト内の目標は、関連する廃棄物の管理を含め、損傷した施設を解体することである。被ばく状況の主な特徴が把握され、線源はほぼ制御可能な状態であるが、一部の技術的な課題が残ることがあり、予期しない状況がいつでも起こる可能性がある。委員会は、サイト内の対応者の管理のために、年間 20 mSv 以下の参考レベルを設定し、必要に応じて職業被ばくの要件を適用することを勧告する。委員会は、一部の当局およびステークホルダーが線量限度の適用を望むことがあることを認識している。これは、線源の状態が十分に把握され、制御されている状況では適切かもしれないが不可欠ではない。多くの対応者は、土木工事のような、通常放射線がある場所では行われたい作業のために雇用されている。そのため、訓練には、放射線リスクと放射線防護原則に関する基本的な情報だけでなく、彼らが作業しなければならない特定の作業条件に関する情報も含めるべきである。サイト内の状況により、参考レベルよりも高い被ばくを計画する必要があるかもしれない。そのような場合、委員会は、防護の最適化を目的として、関係者間での検討後、期間を定めた特別措置を、細心の注意をして準備すべきであると勧告する。

(189) サイト外において、長期段階に対応者によって行われる作業の目的は、初期および中期段階に開始された建物と環境の浄化および除染を継続し、完了することである。また、対応者は、被ばくの維持および／または低減、ならびに被災地に居住し、働く人々の生活状況の改善のために、長期的な防護措置の実施を支援することにも関与する。サイト外の対応者は、高い被ばくにつながる状況に直面することは予想されない。中期段階では、住民自身を含め、多くの人々のグループが防護措置の実施に関与する可能性がある。これらの住民の被ばくは公衆被ばくとみなされ、被災地の一般住民と同じ要件を用いて管理される。

(190) 浄化または除染作業、および長期段階における防護措置の実施に関与する対応者については、委員会は、被ばくのレベルに見合う、状況に適したアプローチを勧告する。一般の立ち入りが認められていない制限区域で防護措置を実施する場合には、年間 20 mSv 以下の参考レベルを用いて防護を管理することが勧告される。しかし、公共の場所で防護措置が実施される場合、委員会は、参考レベルが年間 1~20 mSv のバンドの下半分の範囲内であるべきであると勧告する。

4.4. 長期段階における公衆と環境の防護

(191) 長期段階の管理は、初期および中期段階に実施された対策を継続し補完する一連の防護措置を実施することに関係する。人の防護については、防護を最適化すること（すなわち、すべて

の被ばくを合理的に達成可能な限り低く維持および／または低減すること、ならびに個人の被ばく分布の不公平さを抑えること)が目標である。これは、被災地に居住し、働く個人やコミュニティの生活を形成する社会、環境および経済の要因を考慮して行われるべきである。防護措置には、国および地域レベルで当局によって実施される防護措置、ならびに共同専門知プロセスを支援するために当局によって提供される枠組みの下で実施される、被災した住民による自助努力による防護対策が含まれる(3.4.3節参照)。

(192) *Publication 111* (ICRP, 2009b) では、委員会は、汚染地域内に居住する人の防護の最適化のための参考レベルは、状況に応じて、年間 1~20 mSv のバンドの下方部分から選択されるべきであると勧告し、更に、長期の事故後の状況における代表的な値は年間 1 mSv であると述べた。これは、被ばくした個人および当局が、「正常」と考えられる状況の線量の範囲内になるように被ばくレベルを引き下げることが望んでいることと一致する (ICRP, 2007)。

(193) 委員会は、今回、年間 1~20 mSv のバンドの下半分から選択された参考レベルを用いて、長期段階で最適化を実施すべきであるとともに、被ばくを徐々にバンドの下端に向かって、あるいは可能であればそれ以下に低減することを目標とするべきであると勧告する。参考レベルを選択する際は、集団における被ばくの実際の分布およびそれらの低減の優先順位を考慮に入れるべきである。また、*Publication 111* (ICRP, 2009b) に述べられているように、委員会は、参考レベルの選択プロセスは、社会生活や経済活動の持続可能性、ならびに環境の質を含む多くの相互に関連する要因について注意深くバランスを取った結果であるべきであり、関連するすべてのステークホルダーの見解を適切に取り入れるべきであると改めて述べておく。

(194) 委員会は、被災した住民の大部分が参考レベルを上回る被ばくを受けている場合には、長期段階の間、いくつかのタイプの防護措置を維持すべきであると勧告する。汚染地域で生活し働く人々の被ばくは習慣や生活状況に大きく依存し、これらを厳しく制御することはできないため、事故のシナリオによっては、参考レベルを上回るこの状況は数年間または数十年間続く可能性もある。従って、すべての個人線量が長期的でも参考レベル以下に保たれることを保証するのは不可能である。*Publication 111* (ICRP, 2009b) で示された過去の経験では、居住が許可された地域に生活し働く大多数の人々において、数年経つと、ウェザリング、放射性壊変、および適切な防護措置の実施を組み合わせさせた結果、年間 1 mSv 未満の被ばくになることを示している。年間数 mSv を超える被ばくを受ける可能性があるのは、ごくわずかな集団のみである。

(195) 当局が被災地の将来について決定する中期段階の終わりに選定された公衆の防護のための参考レベルが有効であるためには、放射線状況を正しく反映しなければならない。これは、関連する社会、環境および経済の要因を考慮した特徴を把握するプロセスに基づいている。参考レベルは、最適化の取り組みを導くことを意図しているため、高すぎる値を選択すると住民やコミュニティの生活状況の回復に当局や他のステークホルダーを関与させるインセンティブにはならない。同様に、低すぎる値を選択することは、社会状況に影響を及ぼし、地域の経済活動を損ない、逆効果となる可能性がある。長期段階を管理するための参考レベルの選択は、社会的および倫理的価値判断による情報に基づくべき複雑な決定である (ARPANSA, 2017)。この複雑さのために、委員会は、参考レベルの値を選択する際は、状況に直面する可能性のあるステークホルダーをできる限り参画させるべきであると勧告する。

(196) ヒト以外の生物相の防護については、生物多様性と種の繁殖を保存することを目的として、被ばくを合理的に達成可能な限り低減し、人のために採用された防護措置と両立できることが目標である。事故によって大きく影響を受けた地域、および高度に汚染された物質が処分または貯蔵されている場所では、委員会が勧告する枠組みを用いて、ヒト以外の生物相を防護するための具体的な評価を実施すべきである (ICRP, 2014) (2.3.3 節参照)。ヒト以外の生物相への影響は、決定の正当化と防護の最適化の際に考慮されるべきである。

(197) 長期段階の管理は、汚染レベルならびにその空間および時間分布に従って、多数の側面(社会、経済、健康、環境などの要因)を取り扱う回復プログラムの実施に関係している。このプログラムには、被災したコミュニティの被ばく状況の特定の課題に対応する一連の専用の防護措置を組み合わせた防護戦略が含まれるべきである。また、被災した人々の健康状況を追跡調査するための健康サーベイランスや、特に市民が主導する活動や地域プロジェクトの発展を支援するための付随的な措置、ならびに、状況の管理で得られた経験を周知し伝えていくことなども含まれるべきである。

4.4.1. 長期段階の防護措置

(198) 長期段階で実施できる防護措置は、環境中に存在する汚染の除去(除染および廃棄物管理)から、外部および内部被ばくを制御するための集団的または自助努力による防護対策(食品の管理、食事に関する助言)の実施に至るまで、その数は多く、様々である。それらは、農業分野におけるように、単独またはより広範な防護戦略の一部として組合せで用いることができる (Bogdevich, 2012)。家畜に汚染されていない飼料を与えるなどの一般的な対策は、被災地全体で共通して体系的に適用することができるが、例えば土壌改良など他の対策は、被ばくの条件に基づき、特定の場所にのみ適用可能であるかもしれない。また、ある防護措置は一つのタイプの土地利用または土壌にのみ有効であるかもしれない。他の選択肢は、大量の廃棄物を発生させることがあり、または特定の季節や特定の条件下でのみ有効である可能性がある。防護措置の評価、選択、組合せは、潜在的影響の現実的な評価と、幅広いステークホルダーからのインプットに基づくべきである。それらの実施は、放射線状況の進展に伴って変化する動的なプロセスである。

(199) 自助努力による防護対策は、防護の持続可能性と、被災地における実践的な放射線防護文化の普及および将来世代への伝達のための鍵である。経験上、市民の注意力を維持するのは難しいことが示されている。これを成功させるためには、当局は、共同専門知プロセスの構築および自助努力による防護対策の実施のための技術的なガイダンスを提供し、継続的な支援を行うべきである。

4.4.1.1. 除染および廃棄物管理

(200) 建物および公共の場所(例えば学校)ならびに住居に近い環境の除染は、中期段階で始まり、長期段階のある期間(数年)にわたって継続する可能性がある。委員会は、被ばくに大きく寄与する地域、または住民にとって主な懸念である地域を特定するため、住民および住居、建物、庭園、公衆およびレクリエーション場所の利用者と密接に協議しながら、除染対策を実施するべきであると勧告する。

(201) 除染対策は、特に外部被ばくを低減するのに役に立つ (Tsubokura et al., 2019)。実際には、共同専門知プロセスへの参画を通じた人々へのエンパワメントにより、人々が住み、働き、リラックスする場所の線量率の地図を整備することで、自身の外部被ばくをより良く管理できるようになる。そうすることで、より高い周辺線量率が記録される場所、および／または特定の場所で費やす時間が外部線量に大きく寄与する場所を特定することができる。いずれの場合においても、これらの場所で費やす時間を可能な限り短くするよう努力することが可能である。

(202) 廃棄物の問題は、どの除染対策を採用するか決定する際に考慮されるべきである。被災地の廃棄物の大半は、建物、道路および舗装地域の浄化と除染から生じる物質、土壌と植生、汚染された農産物、その他の家庭および商業廃棄物、ならびに廃棄物処理（例えば、焼却灰、水処理のスラッジ）から生じる。汚染の初期レベルおよび処理のタイプに応じて、低・中・高の放射能濃度になり得る。

(203) 除染に伴う放射性廃棄物の発生は、利用可能な処分方法および考えられる代替策を考慮して、慎重に考慮されるべきである。長期段階では、持続可能な選択肢を見つけることを目的として、放射性廃棄物を管理すべきである。経験によれば、大規模原子力事故の後、通常の操業の放射性廃棄物処理に使用されていた原則や選択肢は、大量の廃棄物、放射線状況の特徴、および除染プロセスにより生じる廃棄物の性質を考慮して適用される必要がある。具体的な廃棄物管理の選択肢は、正当化と最適化の原則に基づき、事故の状況（すなわち、事故の種類と過酷度）、汚染の程度、発生する廃棄物の種類と量、廃棄物管理に関与する者の放射線被ばくなどを考慮して実施されるべきである。放射線防護に関しては、事故後の状況を特徴づける社会、環境および経済にも配慮して検討されるべきである。

(204) 除染対策により発生する放射性廃棄物の管理については、委員会は、放射性廃棄物からの被ばくを被ばくの線源の1つと考え、公衆または環境被ばくのために設定された参考レベルを検討すべきであると勧告する。除染廃棄物の管理（特に保管場所）および関連する防護措置の選択（特にサイトのサーベイランス、ならびに潜在的な再利用および再生利用）に関連する決定には、関係するステークホルダーが可能な限り参画すべきである。

(205) 委員会は、廃棄物の貯蔵・処分サイトのサーベイランスは、必要な限り実施すべきであると勧告する。経験によれば、除染廃棄物のサーベイランスに地元の住民が参画することは、貯蔵・処分サイトの持続可能性を確保するために効果的なアプローチである。

4.4.1.2. 農業、漁業および食品管理

(206) 長期段階では、土壌中の汚染物質が継続的に移動する可能性がある場合には、農業の防護措置が依然として必要であることを意味する（3.4.2.2 項を参照）。食品の生産と消費が長期的に継続して制限される場合は、被災地の持続可能性に影響を及ぼす可能性がある。可能な限り、地元の生産を維持するための防護措置を実施すべきである。しかしながら、農家は経済的に存続を維持できるよう、生産のタイプの変更（例えば、食品の代わりに飼料、放射能の濃縮が少ない作物、種子、食品以外の生産）を検討しなければならない状況もあり得る。または、農業以外の土地利用への変更を検討する必要さえあるかもしれない。

(207) 福島事故では、海洋環境の重大な汚染とそれが漁業活動に及ぼす影響が顕在化した。海

産魚の汚染レベルを制御することは可能ではない。汚染レベルは種と漁場の位置に依存する。これら 2 つのパラメータに基づき、十分にモニタリングすることで漁業活動を管理することはできる。また、直接販売するのではなく、漁業資源を主に加工に使うことも可能である。チェルノブイリおよび福島事故では、湖沼や河川への放射性物質の直接沈着および汚染土壌からの流出により淡水魚も汚染された。

(208) 摂取経路のモニタリングは、公衆の防護の重要な部分である。経験によれば、長期段階で食品の放射線モニタリングを継続することは、被災地の内外の食品流通業者、小売業者、および消費者の信頼を徐々に回復させるのに有効であることが示されている (Strand et al., 1992 ; Skuterud and Thorring, 2012)。更に、共同専門知プロセスに合わせて、地域の農産物、家庭菜園からの食物、自然の中で採取・捕獲された食品（例えば、森林のキノコ、野菜、野生の捕獲鳥獣、淡水魚など）の放射線レベルを個人がモニタリングするためのモニタリング装置を地域社会に提供することは、自助努力による防護対策の実施に役立つであろう。

(209) 実際には、地元の人々は、毎日消費する食品の放射線に関わる質に基づき対策をとることができる。これは、家庭菜園を含む地元の産品の測定値を入手できることが前提である。これらの測定の結果に基づいて、通常他のものよりも汚染されているもの（例えば、キノコは、野菜や果物よりも簡単に汚染される）を同定することができる。このような状況では、汚染された食品の摂取の割合を減らすためには食習慣を適応させることである。被災者の食事の変化の有効性を評価するには全身放射能測定が役に立つ。

(210) 汚染された地域から食品を購入するかどうかを最終的に決定するのは消費者である。これは市場に重大な影響を及ぼす。食料生産および漁業活動のための持続可能な戦略を策定する際、食品の（放射線および放射線以外に関わる）質を確保し、消費者の信頼を回復することが重要である。委員会は、関連するステークホルダー（当局、農業組合や漁業組合、食品産業および食品流通業者、小売業者、消費者団体など）および一般住民の代表者が、食品の品質に関する消費者の期待を考慮して、農業と漁業の維持および適応に関する意思決定プロセスに参画すべきであると勧告する。国内である程度連帯するためには、地域および国レベルで徹底した対話を行う必要がある。

4.4.1.3. 経済および事業活動

(211) 長期段階では、経済活動の進展と持続可能性には、残存汚染の程度および様々なステークホルダーの期待に応じて、従業員、作業環境および製品の放射線モニタリングを継続し、その状況に適応することが必要である。モニタリングは長期的に注意力を持ちつづけることに役立ち、したがって、追加あるいは変更されるべき防護措置を必要に応じて特定することができるであろう。

(212) 初期または中期段階に避難または移転した一部の企業は被災地での営業再開の検討を望む可能性があり、また、これらの地域での新たな経済活動の開始を検討する企業もある。これらの企業の活動に応じて、上述した通り、専用のモニタリング計画を実施することができる。また、消費者でもある従業員のために、放射線防護文化を維持し、更に発展させるための手段を提供することも不可欠である。

(213) 3.4.2.5 項で述べたように、委員会は、被災地で様々な経済活動のために雇用されている人々は、公衆の構成員として扱われるべきであると勧告する。

4.4.2. 健康サーベイランス

(214) 被災地では被ばくレベルに関わらず、長期段階において住民の間で、汚染の有無とその潜在的な健康影響が広く懸念されることが経験により示されている。前の段階で実施された健康サーベイランスを継続し、状況に適応させることによって、この懸念に対応することが不可欠である。これは、放射線の影響に関する慎重さと被災者の自律性の尊重を考慮して行われるべきである (Oughton et al., 2018)。

(215) 長期段階における健康サーベイランスは、3つの主要な要素から構成される (Oughton et al., 2018 ; WHO, 2006)。

- 初期および中期段階に臨床的に有意な組織または臓器の障害 (例えば、皮膚火傷、白内障など) をもたらす被ばくを受けたか、予防的サーベイランスが正当化されるような十分に高いレベルの被ばくを受けた少数と予想される人々の医学的追跡調査
- 潜在的に有害な影響 (放射線誘発ガンの罹患のほか、生活様式の変化による健康影響) および事故の心理的影響に対する住民全体の健康モニタリング。健康モニタリングのサブカテゴリーは、潜在的に脆弱な集団 (例えば、子どもや妊婦) に対する追跡調査;
- および被ばく集団に対して長期的に起こりうる放射線の健康影響に関する情報を提供するための特定の疫学的研究である。

(216) 1つ目の要素については、必要な診療に加えて、定期的な健康診断を確立し、一般的な健康状態の進展に特に注意を払うべきである。

(217) 2つ目の要素については、被ばくした住民に特化した健康モニタリング計画が策定されるべきであり、それには、初期的な医学的評価、線量評価、必要に応じた診療、健康状況の追跡調査、住民の社会的・心理的状态に関する問診および適切な支援の構築などが含まれる。この計画の主な目標は、被ばくした住民の健康と生活状況の特徴を把握し、改善することである。この計画を実施するためには、健康調査、健康データベース、および情報提供と健康支援を受けるための仕組みを構築する必要がある。

(218) チェルノブイリ事故後に被ばくした小児の間で放射線誘発の甲状腺がん発症のリスクの増加が観察されたことから (UNSCEAR, 2018)、可能な限り初期に重度の甲状腺障害を発見するためは、特定の甲状腺のモニタリング計画が有用である場合がある。ただしそのようなモニタリングは、住民のレベルで益が害を上回るように組織されるべきである (Togawa et al., 2018)。体系的なスクリーニングは、甲状腺がんの過剰診断 (Katanoda et al., 2016 ; Ohtsuru et al., 2019) および心理的な悪影響 (Midorikawa et al., 2017, 2019; Midorikawa and Ohtsuru, 2020) につながる可能性がある。これを踏まえ、長期的な甲状腺の健康モニタリング計画は、胎内で、あるいは小児期または青年期に、甲状腺の吸収線量が 100~500mGy またはそれ以上を被ばくした個人に対して主に実施されるべきである (IARC, 2018)。

(219) 健康サーベイランスの3つ目の要素については、被災した住民の懸念に対応することを踏まえ、疫学的研究への発展を考えるべきである (WHO, 2006)。

(220) 委員会は、健康サーベイランス計画の設計と追跡調査に可能な限りステークホルダーを参画させ、学際的アプローチを策定することを勧告する。このような状況には倫理行動規範が適切であろう。また、住民の健康状況の予期せぬ変化に対処するために適切な対策をとるための準備が必要であると勧告する。

4.4.3. 付随手段

(221) 人々が居住することが認められた被災地において、個人の幸福とコミュニティの生活の質を回復させるためには、防護措置そのものだけではなく、付随的な措置を進展させる必要がある。第1の目的は、技術的ネットワーク（水道、電気、電話など）、基盤（道路、鉄道の線路など）、および生活に必要な公的サービス（学校、病院、郵便局、銀行、店、社会活動など）を再構築することである。また、対象となる地域の全体的な社会経済的発展（工業地帯の設置、農業・工業・商業活動の維持・確立のための支援など）を確保することが重要である。

(222) 回復プロセスの課題に取り組むため、特に、健康、社会経済および環境影響、農業・漁業・林業活動の分野において、また除染、廃棄物管理および損壊した施設の解体についても特別な研究計画が検討されるべきである。

(223) 当局は、放射線状況の制御を取り戻すことを目的とした市民主導の活動（共同専門知プロセス、自助努力による防護対策、地域プロジェクトなど）を支援すべきである。また、被災した住民の代表者および関連する専門家（例えば、健康、放射線防護、農業当局等）が参加する対話の確立を推進すべきである。これらの対話は、情報の収集と共有を目的とし、住民と当局が推進する戦略の有効性をともに評価することが可能になろう。こうした市民が主導する活動には資源が必要であることから、資源配分のための意思決定プロセスの正当性、透明性、公平性を確保するための適切な仕組みを確立する必要がある（Eikermann et al., 2016）。

(224) 過去の経験から、回復プロセスに参加したコミュニティは、しばらくすると、記憶、文化、教育の分野でプロジェクトを立ち上げる必要性を感じることを示されている。この記憶は、事故の記念のためだけでなく、意識を高め、注意力を保ちつづけ、経験を伝承することで未来を築くために思い起こさせてくれる生きた証拠としての役割もある。これについて教育制度（学校および大学）の関与は、次世代へ経験を伝えていくための重要な方法である。

(225) 記憶、文化および教育の分野における市民主導の活動やプロジェクトは現在および将来の世代の適切で持続可能な生活状況に役立つものであるため、委員会は、これらを支援するための付随的な措置の策定には十分な注意を払うべきであると勧告する。

4.5. 長期的な防護措置の進展と終了

(226) 長期的には、人々および動物相や植物相の被ばくは、防御対策と放射性壊変のような自然のプロセスが組み合わさった効果により、時間とともに次第に低減する。その結果、原子力事故の数年後（あるいは過酷事故の場合は数十年後）、防護措置を維持、変更、または終了するかどうかを検討することが望ましい。そのような決定は、関連するステークホルダーの参画とともに行われるべきである。長期段階では異なる時間軸で様々な防護措置を実施することができるため、

必ずしもすべての対策を同時に終了する必要はない。1 つの対策がその目的を達成した時に、または継続的に適用することで広い意味で益より害が多くもたらされる場合には、終了することができる。

(227) 被ばくが参考レベルを下回ることで長期段階の終了を自動的に意味するわけではなく、最適化の原則に従い、更に被ばくを減らす可能性はあり、被ばくの増加を避けるため注意力を保ちつづけることが望ましい。委員会は、たとえ防護措置が終了した場合でも、残留放射線の状況とその進展について注意力の継続を促すために、適切な長期モニタリング計画を継続し、実践的な放射線防護文化を伝えていくことを勧告する。

5. 大規模原子力事故に対する準備計画

(228) 原子力事故の際の人と環境の防護のための戦略を策定する上で、準備計画は重要なプロセスである。初期および中期段階では、この準備は、ハザード評価に基づいた想定されるシナリオに対し、事前に計画された防護措置の策定に依存している。長期段階では、準備の目的は、潜在的な被災地の社会、環境および経済の脆弱性を特定し、現実で何が起ころうと対応するのに十分な柔軟性を備えたガイドラインを策定することである (Schneider et al., 2018)。

(229) 準備の前提条件は、原子力事故が発生する可能性を認識すること、および、一般市民とまではいかなくても、事故後の段階の管理に関与する可能性のある全ての組織は少なくとも意識を高めておく必要性を認識することである。原子力事故が起こる前に住民の準備がなされることを想定することは困難であるが、委員会は、主要な代表的ステークホルダーは、事故のすべての段階に対する準備計画に参加すべきであると勧告する。

(230) 準備計画では、異なる組織の責任者が、組織間のコミュニケーションと調整のための仕組み、ならびに意思決定プロセスを導く枠組みを作ることに参画する必要がある。国境を越えた事故の影響の可能性を考えると、近隣諸国における同様の組織および国際機関との調整を準備しておくことも重要である。

(231) 実際には、準備計画には、参考レベルを含む一連の適切な防護措置およびそれらを実施するための取り決めが含まれるべきである。放射線状況の評価のために必要な設備の整備、ならびに共同専門知プロセスの実施に関する規定も検討されるべきである。更に、公衆やその他のステークホルダーに情報を提供するための具体的なコミュニケーション計画、および、対応に関与する人の訓練のための規定も策定すべきである。これらの計画は、様々なステークホルダーが参画する定期的な演習の対象とすべきである。

(232) 準備計画は、現実の状況に応じて対応するために必要な柔軟性を念頭に置きながら、予測されるシナリオの範囲に適した計画の詳細を取り上げるべきである。これはまた、放射線と放射線以外の両要因を考慮すべきである。初期段階については、屋内退避、避難、および安定ヨウ素の配布のような、迅速に実施しなければならない防護措置に関する、あらかじめ定められた放射線基準を含むべきである。

(233) 事故および事故後の管理のための詳細な計画を準備するのは国の責任である。更に、詳細な要件、実践的ガイダンス、共同訓練の策定に反映される各国間と国際レベルでの協力もある (IAEA, 2015b ; Duranova et al., 2016 ; NEA, 2018 ; Schneider et al., 2018)。委員会は、最終的には国の機関および国際機関が本刊行物の勧告を用いることを期待する。

6. 結 論

(234) 大規模原子力事故は、個人と社会を非常に不安定にし、複雑な状況を生み出し、膨大な人的・財政的資源を動員することを必要とする予期せぬ出来事である。影響を受けたすべての人々の放射線被ばくによる健康への悪影響に関する正当な懸念を超えて、大規模原子力事故がもたらす社会、環境および経済の影響、そして事故への対応は多大なものであり、非常に長い間続く可能性がある。事故が生み出した状況の複雑さとその影響の大きさを考えると、放射線防護は不可欠ではあるが、影響を受けるすべての個人や組織が直面している問題に対処するために動員される必要があるであろう貢献の一つの要素に過ぎない。

(235) このような状況において、放射線防護の第一の目的は、放射線による組織や臓器への重篤で即時の障害の発生を防止し、社会、環境および経済に対する配慮を考慮に入れて、将来のがんや遺伝性影響のリスクを合理的に達成可能な限り低くすることである。これは、初期段階の最初に開始され、数十年にわたって継続する可能性のある一連の補完的な防護措置によって達成される。防護措置は、放射線および放射線以外の事項を考慮して選択される。

(236) 過去の原子力事故の経験から、正当化と最適化の原則に従って害よりも善を行い、放射線被ばくを合理的に達成可能な限り低く維持し低減したいという要望にもかかわらず、初期、中期および長期段階のいずれかで採用された防護措置が負の結果を招き、複雑さを追加する原因となり得ることが示されている。

(237) 放射線による健康と環境への潜在的影響を緩和するという委員会の主たる勧告は、運用上は、防護措置を選択し実施するための参考レベルに基づく判断基準を使用した最適化の原則に依存している。これは、サイト内とサイト外の被ばく状況の特徴や被ばくする人のカテゴリーを考慮して行われる。人々の防護の最適化のために委員会が本刊行物で勧告する参考レベルを表 6.1 にまとめている。ヒト以外の生物相の防護のために委員会が勧告する関連した参考レベルは、*Publication 124 (ICRP, 2014)* に示されている。

(238) 本刊行物に記載されている勧告は、過去の原子力事故から得られた経験と、放射線の健康と環境への影響に関する最新の科学的知見を考慮に入れて作成されている。また、放射線防護を、影響を受けた地域社会の生活状況および作業条件や生活の質の回復に役立てることを目的として策定されている。この目的を達成するために、委員会はステークホルダーの参画が極めて重要であることを強調する。

(239) チェルノブイリと福島事故の経験から、初期、中期および長期段階に従事する放射線防護の専門家やプロフェッショナルは、放射線防護の科学的基礎とその実際的な履行を習得するだけでなく、放射線防護体系を支える中核的かつ手続き上の倫理的価値観に従って、共同専門知プロセスの下で被災した人々と協力すべきであることが示されている (ICRP, 2018)。

(240) このために、専門家やプロフェッショナルは、被ばくを管理するために慎重なアプローチを採用し、被ばくの不公平さの低減を図り、脆弱な集団に配慮し、人々の選択の自律性を維持しつつ、個々の決定を尊重すべきである。また、専門家やプロフェッショナルは、その限界を認識しながら保有する情報を共有し (透明性)、どのような行動をとるべきかを影響を受けた人々と

もに熟慮して決定し（包括性）、それらを正当化できるようにしなければならない（説明責任）。懸案の問題は、人々にリスクを受け入れさせることではなく、彼らの防護と人生の選択について十分な情報に基づいた意思決定ができるように支援すること（すなわち、彼らの尊厳を尊重すること）である。

表 6.1. 原子力事故が継続している段階における対応者と公衆の防護の最適化の手引きとなる参考レベル

	初期段階	中期段階	長期段階
対応者 サイト内	100 mSv あるいはそれ以下* 例外的な状況では超過できる [†]	100 mSv あるいはそれ以下* 状況に応じて進展する可能性がある*、 [†] 、 [‡]	年間 20 mSv あるいはそれ以下 公衆に開放されていない制限地域では、年間 20 mSv あるいはそれ以下 全てのその他の地域において、年間 1～20 mSv のバンドの下半分 [¶]
対応者 サイト外	100 mSv あるいはそれ以下* 例外的な状況では超過できる [†]	年間 20 mSv あるいはそれ以下 [‡] 状況に応じて進展する可能性がある	
公衆	初期および中期段階の全期間について、100 mSv あるいはそれ以下 [§]		1～20 mSv のバンドの下半分で、バンドの下端に向かって徐々に被ばく量を減らし、可能であればそれ以下であることを目標とする [¶]

* 以前、委員会は、緊急時被ばく状況に対して、20～100 mSv のバンドから参考レベルを選択することを勧告していた。今回の勧告では、状況によっては、最も適切な参考レベルがこのバンドよりも低くなる可能性があることを認識している。

† 委員会は、人命を救うため、あるいは壊滅的な状況につながる施設のさらなる劣化を防ぐために、数百ミリシーベルトの範囲内でより高いレベルが対応者に許可される可能性があることを認めている。

‡ 対応者の中には初期段階と中期段階の両方に関与している者もいるため、これらの段階での総被ばく量を 100 mSv 以下に抑えることを目標に、被ばくの管理を行うべきである。

§ 以前、委員会は、緊急時被ばく状況について、20～100mSv のバンドから参考レベルを選択することを勧告していた。今回の勧告では、状況によっては、最も適切な参考レベルが 20 mSv 以下である可能性があることを認めている。

¶ これは、Publication 111 で使用されている「下方部分 (lower part)」という表現を明確にするものである。

7. 附属書の紹介：チェルノブイリおよび福島原子力事故の概要

(241) 次の2つの付属書では、チェルノブイリおよび福島原子力事故の経緯の概要が示される。その意図は、これら2つの重大事故の様々な側面を詳細に説明するのではなく、放射線防護の観点から最も重要な側面を明らかにすることである。それぞれの事故は、初期、中期、長期という連続的な段階で表されているという点で本文と一致している。この目的は、何年にもわたりこれら2つの事故の管理を特徴づけ、現在の勧告の策定の参考となった事象と決定を明らかにすることで、事故後の各段階を説明することである。

(242) より詳しい情報に興味がある読者は、チェルノブイリと福島の事故の事象および影響の分析に大きく貢献した主な国際機関が作成した文書を参照することができる (IAEA, 1991, 2015a ; WHO, 1995, 2012, 2013 ; UNSCEAR, 2000, 2011, 2013, 2018 ; NEA, 2002, 2013)。読者を助けるために、これらの文書は附属書において参照されるほか、参考文献の全リストの中にも記載している。

付属書 A. チェルノブイリ原子力発電所事故

A.1. はじめに

(A1) チェルノブイリの事故は、1986年4月26日01時23分、チェルノブイリ市から約15 km、キエフ市から約110 kmのドニエプル川の支流に位置するチェルノブイリ原子力発電所（正式名称：レーニン原子力発電所）4号機において発生した。当時、発電所は旧ソ連のウクライナ・ソビエト社会主義共和国にあった（図A.1を参照）。低出力工学試験中に安全システムを停止させて原子炉の不適切な運転が行われたため、制御不能な出力の増加につながり、数回の蒸気爆発により原子炉建屋に深刻な損傷を与え、原子炉は完全に破壊された（UNSCEAR, 2000）。この事故は、国際原子力事象評価尺度では最高レベル7に分類された（IAEA, 2013）。

(A2) 損傷を受けた原子炉からの放射性核種の放出は、放出割合を変動させながら主に10日間にわたった。地表面への放射能の沈着は、原子炉周辺のベラルーシ、ロシア、ウクライナの領土に大きな影響を与えたが、実質的には北半球のすべての国で何らかの放射能が見出された（UNSCEAR, 2000）。



図A.1 チェルノブイリの位置

A.2. 初期および中期

(A3) 初期は、1986年4月26日に事故と共に始まった。1986年5月初め、環境中への放射性核種の放出は数桁減少した。1986年5月中に、引き続き放出を制限するための対策が実施された

(IAEA, 1991)。これが初期の終了と中期の始まりと考えられる。

(A4) 1986年4月26日、ソ連政府はチェルノブイリ事故影響緩和委員会を設置した。本委員会は、旧ソ連副首相を議長とし、様々な専門家（医師、緊急事態および放射線防護の専門家など）や官僚が参加した。委員会の活動には、緊急事態のあらゆる側面の専門家が関与したが、決定権は官僚のみにあった。

(A5) サイト内では、1986年11月に石棺が完成し、放射線源が封じ込められ、安全が確保されたことにより、中期が終了したと考えられる。サイト外では、1991年2月～5月の間に中期が終了したとみなされ、長期の管理に関する法律が採択された。

(A6) 初期では、当局は、屋内退避、避難、安定ヨウ素配布、および食品制限を実施した。中期では、移転、除染、廃棄物管理などの更なる措置が実施された。しかし、いずれの時期においても、すべての被災地で常にタイムリーかつ体系的に実施されたわけではない。

(A7) 初期および中期では、多くの市民および軍の対応者がサイト内とサイト外での事故の影響の緩和に関与した。これらの個人の一部は、かなりのレベルの被ばくを受け、初期に重度の組織／臓器損傷を誘発し、長期的にはがんを発症した。

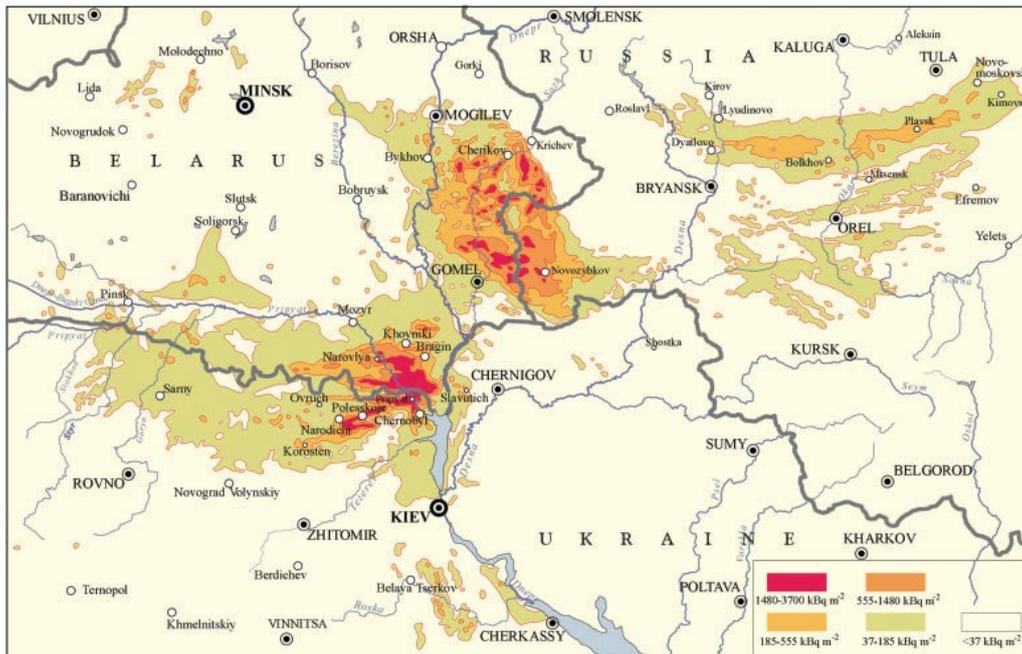
A.2.1. 放射線モニタリング

(A8) 事故後の最初の数日間に、チェルノブイリ原子力発電所周辺で広範な線量率測定プログラムが実施された。その結果、1986年5月1日付けで最初の線量率マップが作成された。チェルノブイリ事故後にソ連で実施された放射線モニタリング計画には、空間線量率、食品汚染、土壌および牧草試料の汚染など広範な測定が含まれた。放射線学的に重要な放射性核種であるヨウ素、セシウム、ストロンチウム、およびプルトニウムの同位体に焦点が当てられた。初期には、モニタリング計画の開始が遅れたため、土壌試料中の放射性ヨウ素の測定値が得られなかった。機器や専門家が不足しており、モニタリングすべき地域は広大で、放射線状況の詳細な特徴の把握には数年を要した。ソ連の被災地以外にも、影響を受けた多くの欧州諸国も独自の測定を行った (EC, 1992)。

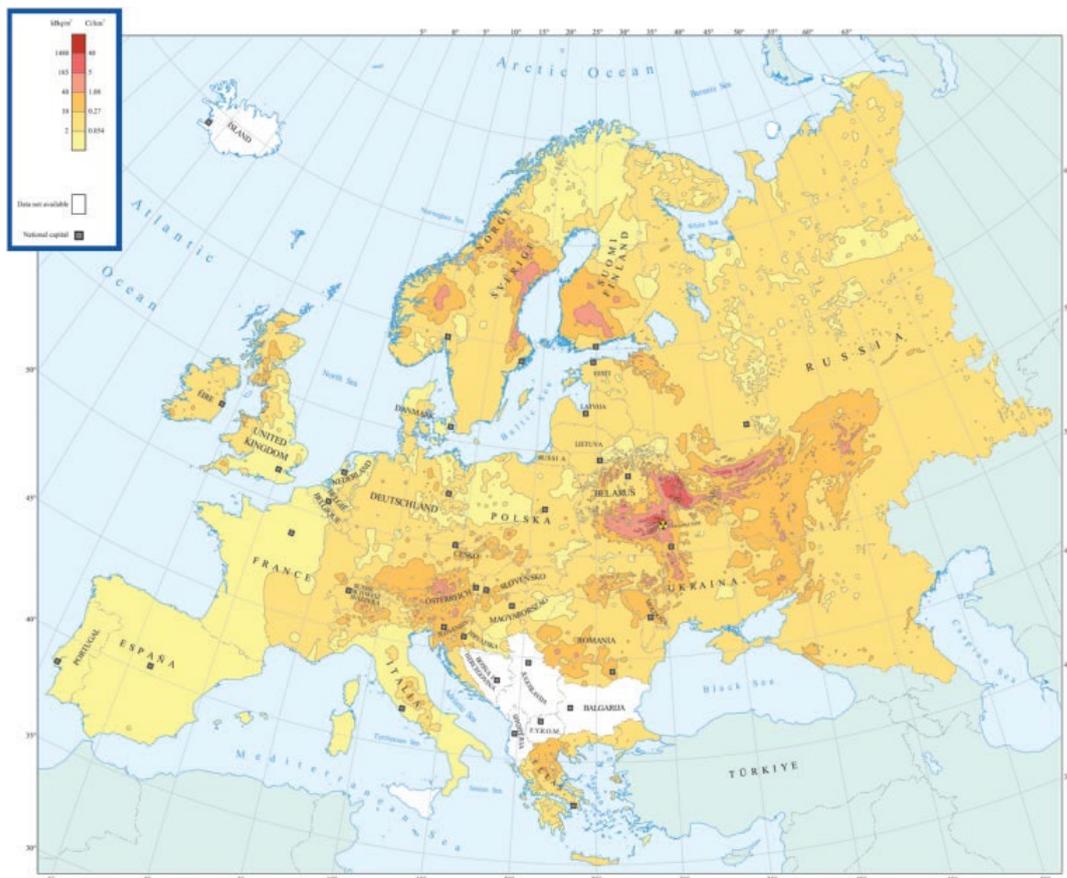
A.2.2. 汚染レベル

(A9) 1986年4月26日から5月中旬にかけて、放射性ヨウ素や放射性セシウムなどの様々な放射性核種が放出され、北半球の殆どの国に拡散した。

(A10) ウクライナ、ベラルーシ、およびロシアが、フォールアウトによって最も影響を受けたソビエト連邦の共和国であった。これらの影響を受けた広大な地域（約 150,000 km²）に放出された総放射能の約 60%が沈着し、セシウム 137 (Cs-137) は平均 37,000 Bq・m⁻²を超え、しばしば 1 平方 m 当たり数十万 Bq に達した (図 A.2 を参照)。放射能は、ヨーロッパ全域で、線源からの距離とその時点で広く見られた気象条件に従って不均一に沈着した (図 A.3 を参照)。



図A.2 事故サイト近郊のベラルーシ、ロシア、ウクライナの地域におけるCs-137の表土への沈着 (IAEA, 1991)



図A.3 チェルノブイリ事故後の欧州全域に渡るCs-137の沈着を示す地図。
出典：European Atlas EC / IGCE 1998。バルカン諸国に関するデータは入手不可。

(A11) これらの国では、当局は Cs-137 が $37,000 \text{ Bq} \cdot \text{m}^2$ を超える地域を、汚染地域とし防護対策の対象とみなした。この判断基準に基づくと、影響を受けた地域はベラルーシで $46,500 \text{ km}^2$ 、ロシアで $57,700 \text{ km}^2$ 、ウクライナで $41,900 \text{ km}^2$ であった。プルトニウム汚染のある地域は、主に損傷した施設の周辺に限られたが、ストロンチウムについては、発電所周辺の最大 100 km の地域まで広がった (UNSCEAR, 2000)。

(A12) ヨーロッパでは、スカンジナビア (フィンランド南部、スウェーデン中央部・東部、ノルウェー中央部)、中央ヨーロッパ (特に、ルーマニア南部、チェコ共和国とポーランドの国境付近)、オーストリア、ギリシャ北部と、英国・スイス・ドイツ (主にババリア)・イタリアの狭い地域で、 $37,000 \text{ Bq} \cdot \text{m}^2$ を超えるセシウムの沈着が確認された。

A. 2. 3. 個人の被ばくレベル

(A13) 初期では、公衆の主な被ばく経路は、放射性ヨウ素の摂取によるものであった。1986 年 5 月～6 月にかけて、ベラルーシ、ロシア、ウクライナで甲状腺のヨウ素含有量に関する大規模なモニタリング調査が行われた。1986 年 6 月末までに、全部で $400,000$ 人以上の甲状腺の直接測定が行われた (Zvonova and Balonov, 1993 ; Likhtarev et al., 1996 ; Stepanenko et al., 1996 ; Gavrilin et al., 1999)。

(A14) 大多数の人々にとって、事故以前に放牧されていた家畜からの新鮮な牛乳の消費が放射性物質の取り込みの主な経路であった。これは、特に損傷した原子炉付近の農村地域に住む子どもたちに大きな甲状腺線量をもたらした。ベラルーシのゴメリ州南部の 3 つの地域で、避難した村と避難しなかった村の 3 歳未満の子どもの約 95% が、 0.25 Gy を超える甲状腺線量を受けた。そのうちかなりの人数が 2.5 Gy より高い甲状腺線量を受けた (Savkin and Shinkarev, 2007)。甲状腺の直接測定値から得られた子どもの甲状腺線量の最も高い推定値は 50 Gy であった (Shinkarev et al., 2008)。

(A15) 放射性ヨウ素の被ばくに加えて、初期および中期に被災地域の住民が受けた線量は、主に地表に沈着した放射性セシウムによる外部被ばく、および汚染した食品の摂取による内部被ばくによるものである。被災地の住民が受けた平均実効線量は、約数十 mSv と推定されている。実効線量の中央値は、約数 mSv であった。約 $10,000$ 人が 100 mSv より高い実効線量を受けたと推定されている (UNSCEAR, 2000)。

A. 2. 4. 対応者

(A16) 初期には、発電所の職員、初期対応に関わった消防士、警備員、地域の医療施設の職員を含む約 600 人の対応者が、事故の日の夜に発電所内にいた。その後、約 60 万人の対応者、いわゆる「事故処理作業員」(民間人や軍人) が、放射性がれきの除去、石棺の建設、原子炉職員と対応者のための居住地の建設に関与した。これらの対応者には、輸送とセキュリティを担当する人、科学者や医療従事者も含まれていた (UNSCEAR, 2000)。

(A17) 最も著しい被ばくは外部照射によるものであった。 134 人の対応者に急性放射線症が確認された。このうち 41 人の対応者は 2.1 Gy 未満の外部照射による全身線量を受けた。 93 人の対応

者はより高い線量（50人は2.2～4.1 Gy，22人は4.2～6.4 Gy，21人は6.5～16 Gy）を受け、より重度の急性放射線症の症状を示した。彼らの線量は、主に臨床用の線量評価方法（すなわち、血液成分や血中リンパ球の細胞遺伝学的パラメータに基づく）を用いて推定した。合計28人が事故から数か月以内に死亡した（UNSCEAR, 2000）。

(A18) 事故以前は、作業者の線量基準は、平常時では年間50 mSvであり、事象／事故の場合には、対象の職員からインフォームドコンセントを得て250 mSvまで引き上げることができた（SRS 76, 1977）。1986年の事故時はこの規制が対応者に適用された。

(A19) 1987年には、対応者の最大年間線量基準が100 mSvに引き下げられた。しかし、極めて重要な介入の実施のため、限られた対応者に対しては、保健省により250 mSvまでの線量が認められた。1988年、線量基準は、石棺内部の主循環ポンプ室の除染に関与した者を除き、対応者を含むすべての作業者に対し50 mSvまで引き下げられた。主循環ポンプ室の除染の対応者については、100 mSvの年間線量基準が維持された。1989年以降は、例外なく、すべての対応者について、線量基準が50 mSvに設定された（Kryuchkov et al., 2011）。

(A20) 特に、軍の対応者については、1986年5月21日まで、戦時中に許容される放射線被ばくに相当する500 mSvの線量基準が適用された。その後、防衛省によって250 mSvに引き下げられた（Chvyrev and Kolobov, 1996）。1987年以降は、軍と民間の対応者は同じ線量基準であった。

(A21) すべての対応者は、1986年に確立した公式登録に記録された。この登録には、被ばくの主要な経路であった外部照射による被ばくの推定値が含まれた。登録データでは、記録された平均的な被ばくは、1986年の約170 mSvから1987年に130 mSv、1988年に30 mSv、1989年には15 mSvへと減少した（UNSCEAR, 2000）ことが示された。これらの値には関連する不確実性が含まれていることが認識されている。

(A22) 原子炉周辺には放射性ヨウ素が多く存在していたため、事故後の最初の数週間にサイト内にいた対応者は、内部照射によりかなりの甲状腺線量を受けていた可能性がある。1986年4月30日～5月7日の間に600人以上の対応者を対象に実施された限られた数の測定に基づいて、彼らの甲状腺線量は平均0.21 Gyと推定された。しかし、1986年5月以降に受けた外部線量と比べると、放射性ヨウ素の摂取による内部線量は小さかったことに留意する必要がある（UNSCEAR, 2000）。

A. 2. 5. 初期における防護措置

A. 2. 5. 1. 屋内退避

(A23) 事故当日（1986年4月26日）、原子力発電所の作業者の大半がその家族と住んでいた原子炉サイトから約3 kmの所に位置するプリピャチの住民に対し、政府委員会から屋内退避の勧告が発表された。プリピャチの住民5万人の約25%は、屋外で過ごす時間を制限した（Likhtarev et al., 1994）。原子力施設付近の農村部の住民は事故について正式に通知されず、その結果、屋内退避の必要性についての正式な情報がなかった。

A. 2. 5. 2. 避難

(A24) 1986年4月27日、事故後37～40時間の間、キエフ州の当局は、プリピャチのすべての住民のバス、鉄道、車による避難を組織した。これは、損傷した原子炉からの放射性核種の放出が続き、町の様々な場所で空間線量率が増加したためである。約9000人の住民が自主避難した (Alexakhin et al., 2004)。避難者は、限られた期間のみプリピャチから離れると想定され、書類やペットのような僅かな所持品のみを持って行くことが許された。避難者は、ウクライナの様々な地域や居住地に移動したが、主にキエフ州であった。事故後、チェルノブイリ原子力発電所の職員約5000人がプリピャチに残り、その後、周辺地域の各地に移転した。

(A25) 1986年5月1日に公表された情報によれば、発電所の近くに住む大部分の人々にとって、予想される被ばくは避難を必要とするようなものではなかった。しかし、炉心に残っていた燃料の温度の大きな上昇が観察され、モスクワのクルチャトフ研究所の専門家によると、燃料が炉心の底を破り、さらに重大な放射性物質の放出につながる可能性があった。被ばくの推定では、損傷した原子炉から30 km 地点まで、重篤な確定的影響の発症の可能性があると示された。

(A26) 1986年5月2日、政府委員会は、原子炉やその時点で発生可能性の高い気象条件の不確実性のため、30 km 圏内に住むすべての住民を避難させることを決定した。この避難（住民約5万人）は、1986年5月2日から7日の間に行われた。同時に、約50,000頭の牛、13,000頭の豚、3300頭の羊、および700頭の馬を30 km 圏内から避難させた (Nadtochiy et al., 2003)。避難させなかった猫や犬を含む2万匹以上の家畜やペットは殺処分され埋められた。

A. 2. 5. 3. 安定ヨウ素

(A27) チェルノブイリの原子力発電所に隣接する地域に住む人々には、安定ヨウ素剤は事前に配布されていなかった。そのため、1986年4月26日から27日にかけて、医療従事者らがプリピャチの住宅、学校、幼稚園に行き、市民に安定ヨウ素剤を提供した。安定ヨウ素剤を摂った住民は、1986年4月27日午後までに62%に達したと推定されている (Likhtarev et al., 1994)。プリピャチは、安定ヨウ素の服用および使用が有効であった唯一の居住地であった。30 km 圏内の村における安定ヨウ素剤の配布は、避難とほぼ同時に開始された。30 km 圏内に住む人々からの聞き取りの結果によると、安定ヨウ素剤の配布は主に、ベラルーシで1986年5月1～4日に、ウクライナで1986年5月2～7日に行われた (UNSCEAR, 2000)。しかし、これは実際の効果を得るためには遅すぎた。30 km 圏外の農村地域では、事故の初期には安定ヨウ素は使用されなかった (Uyba et al., 2018)。

A. 2. 5. 4. 食品の消費制限

(A28) 事故の最初の数日間（1986年5月5日まで）は、公衆は放射線状況について知らされていなかったため、事故の初期には、汚染された食品の消費が制限されなかった。被災地の住民は放射性ヨウ素で汚染された牛乳を摂取し、それで特に幼児の甲状腺の線量が高くなった。

A. 2. 6. 中期における防護措置

(A29) 1986年5月、ソ連の国家主任衛生医は、最初の年（1986年4月26日から1987年4月25日まで）の公衆の被ばくを制限するために、100 mSv の線量基準を採用した。この線量基準は、

1987年4月23日に、事故後2年目の線量基準として30 mSvに引き下げられた。その1年後、1988年7月18日には、事故後3年目と4年目の年間線量基準として25 mSvに更に引き下げられた。

(A30) また、国家主任衛生医は、線量率に基づき、事故後の最初の年の外部被ばくが制限される3つの地域（区域）を定義した。

- 立入禁止区域：恒久的な移転の対象となる地域
- 一時的避難区域：移転した住民が放射線状況の「正常化」後に帰還できる区域
- 厳戒管理区域：1986年夏に子どもや妊婦が立ち入りを禁止された区域である。

A.2.6.1. 移転

(A31) 1986年5月中旬から8月中旬にかけて、30 km圏外のベラルーシとウクライナの40の村の住民約9000人が、比較的高い線量率を理由に村が立入禁止区域に指定されたため移転した (Alexakhin et al., 2004)。

(A32) 1986年8月、政府委員会は、立入禁止区域の南部および西部にある47の影響の小さい居住地について、住民が自宅に戻ることができるか決定するため、詳細な放射線モニタリング調査を実施するよう、ソ連邦水文気象委員会、公衆衛生省および国防省に命じた。モニタリング結果により、石棺が完成すれば、27の農村部の居住地（ベラルーシの12、ウクライナの15）は、住民が戻ることができることが示された。1987年のこれらの住民の総被ばく量（外部被ばくと内部被ばく）は、30 mSv未満であると推定された。ベラルーシの12の居住地の住民は、1986～1987年の冬までに帰還することが許された。これに対し、ウクライナ当局は、30 km圏内の15の居住地に住民を帰還させることは経済的および社会的に不適切であると考えた。

A.2.6.2. 食品の消費制限

(A33) 中期の始めにおいても、食品、特にミルクの消費による放射性ヨウ素の摂取は、依然として公衆の内部被ばくの主な線源であった。その結果、1986年5月6日、ソ連の国家主任衛生医は、食品および飲料水中の放射性ヨウ素を制御するために、ミルクと水、乳製品、および葉野菜の放射線基準を導入した。基準を超えるミルクは、放射性減衰の利点を利用してバターやチーズなどに加工された。1986年5月30日、国家主任衛生医は、関連するすべての放射性核種について新しい基準を導入し、これらは定期的に改訂された (Alexakhin et al., 2004)。

A.2.6.3. 除染

(A34) 除染作業は、1986年5月末に被災した居住地で開始された。この作業には、汚染土壌の除去とその「クリーン」な土壌への置き換え、浄化できなかった物の解体、街路、道路、舗道のアスファルトでの舗装、屋根の張り替え、一時保管地域で発生する廃棄物の埋設などが含まれた。除染作業は、主にソ連軍の化学部門および民間の防衛団によって行われた。除染すべき場所を選定するための放射線基準が設定され、これらは定期的に改訂された (Alexakhin et al., 2004)。

(A35) 除染に関する意思決定では、放射能汚染のレベルだけでなく、影響を受けた場所と物の社会的小および経済的重要性も考慮された。1986年から1987年にかけて、居住地で頻りに訪れる場

所における放射能レベルの大幅な低減により、放射線状況の大きな改善が達成された。その結果、様々な専門的職業人や一部の年齢層（子どもなど）の外部線量が平均 30 %減少した。1989 年までに、居住地の完全な除染はほぼ完了した。全体として、除染の平均的な効率、10 %を超えないと推定された (Alexakhin et al., 2004)。

A. 2. 6. 4. 農業の防護措置

(A36) 中期には、被災地において、牧草地の深耕、表土の除去、汚染土壌への肥料や化学物質の添加、畜牛の屠殺の禁止、家畜への非汚染飼料の給餌、高レベルの放射能を持つ穀物の除外、土地利用の変更など、あらゆる農業の防護措置が徐々に実施された (IAEA, 1991)。

(A37) ロシアにおける農業生産は、土壌汚染が $1,480,000 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2}$ を超えた地域では中止された。

A. 2. 6. 5. 情報提供

(A38) チェルノブイリ事故後の放射線状況について、公衆への初期の通知は行われなかった。それどころか、線量率、様々な放射性核種の汚染レベルなどの測定結果も機密扱いされた。これは、事故に関する国および地方当局から提供された情報に対する国民の不信の一因となった。放射線データは、事故から 1 年後にようやく公開された。しかし、国民の信頼を改善するには十分ではなかった。

A. 3. 長期

(A39) 概要を説明すると、1990 年代初頭に採用された防護措置は、被災地での人の居住をさらに制限し（強制的または自発的な移転）、食品の汚染レベルと個人の全身汚染を厳しく制御することにあつた。多くの防護措置は、集団農場における農産物の放射能汚染の管理と改善に重点を置いた。民間の生産は、品質を管理・監視することが難しいため、できる限り制限された。

A. 3. 1. 規制の枠組み

(A40) 1988 年 11 月 22 日、ソ連国家放射線防護委員会は、長期に備えるため、1986 年の事故時の被ばくも含めそれ以降、公衆の 70 年の生涯被ばくに対して 350 mSv の線量基準を勧告した (Ilyin, 1995)。この勧告は、国および共和国のレベルで当局と専門家間の活発な議論を引き起こし、ソ連政府は IAEA に専門知識の提供を要請することとなった (IAEA, 1991)。1990 年から 1991 年にかけて、独立した国際専門家チームがソ連を訪問し、チェルノブイリ事故の放射線影響を評価した。

(A41) 専門家は、ソ連の科学者が提供した概念、方法論、推定被ばくをレビューした。IAEA は、提案された線量基準は「放射線防護の観点から厳密に必要なとされる基準を概ね超えている」と結論づけた。また、「多くの社会的および政治的要因が考慮されるべきであり、最終的な決定は責任当局に委ねられなければならないと認識する」とした (IAEA, 1991)。最終的に、ソ連政府は、公衆やマスメディアからの圧力を受けて、その年に勧告を放棄した。

(A42) 1991 年末までにソ連は 15 カ国に分かれた。ベラルーシ、ロシア、ウクライナの各政府は、

放射線モニタリングと健康サーベイランスを組織化し、被災地に居住する住民の社会経済的な生活状況を改善するための国内法を採択した。これらの法律の目的は、主に放射線に関する判断基準に基づいて計画された一連の防護措置と補償体系によって、長期的な課題に対処することであった。

(A43) 例えば、ベラルーシでは、被災した住民の社会的保護と被災地の法的地位を規定する原則を定める2つの法律が公表された。1991年2月に採決された1つ目の法律は、「チェルノブイリ原子力発電所での災害により被災した市民の社会的保護」に関するもので、事故によって影響を受けた人々の地位：「事故処理作業員（対応者）」、住民、被災地の作業員、と各々に配分される補償を明らかにした。1991年11月に採決された2つ目の法律は、「チェルノブイリ原子力発電所での災害により被災した地域の法的地位」に関するもので、これらの地域における社会・経済活動を組織するための条件と手段、ならびに付随する科学的プログラムを定めた。この法律はまた、ベラルーシ地域の「区域」設定も定めている。どちらの法律も約200万人のベラルーシの人々に適用され、ベラルーシ領土の20%（約40,000 km²）が著しく汚染されていることが認められた。

(A44) 2001年、「チェルノブイリ原子力発電所での災害によって被災した市民の社会的保護」に関するベラルーシの法律が修正され、明確化された。そして、生活と仕事の条件に何の制限も課されていない地域では、住民の（外部および内部の）平均総被ばく線量は年間1 mSv（バックグラウンドを除く）を超えるべきではないと定められた。

(A45) ウクライナとロシアで採用された防護スキームは、国と地域の状況に関連するいくつかの特例はあるものの、全体的にベラルーシで採用されたものと類似している。

A.3.2. 放射線モニタリングと被ばく

(A46) 長期において、個人の放射線モニタリングは、個人の外部および内部被ばくを評価するために、それぞれ熱ルミネセンス線量計およびホールボディカウンターの使用に基づいて、被災地で広く採用された。

(A47) 公衆の外部被ばくのデータでは、居住地間の大きなばらつき、個人線量の大きな分布および時間依存性が認められた。その結果、同レベルの放射能汚染地域に住む農村部の住民と比較して、都市部の住民はおよそ2分の1の外部被ばくをしていることがわかった。内部被ばくのデータでは、平均より2~3倍高い被ばく（甲状腺への線量を含まない）を受けた人々は、農村部の1階建の住宅に住み、捕獲鳥獣の肉、キノコ、ベリー等の野生の食品を大量に摂取した者であったことが示された（IAEA, 2006）。

(A48) ドイツの研究において、ベラルーシ、ロシア、ウクライナで1991年から1993年にかけて、約30万人の全身被ばくの測定が行われた（Hill and Hille, 1995）。測定された人々の90%で、放射性セシウムによる内部被ばくが年間0.3 mSv未満であったことがわかった。2000年代初めにベラルーシで実施されたフランスの研究では、2500人の学校児童のうち、平均全身汚染は25 Bq・kg⁻¹の範囲であり、また、体重1 kg当たり最大数百Bqの汚染があった児童もいたことが明らかにされた（Bataille et al., 2008）。線量に換算すると、内部被ばくは年間0.05 mSvの範囲であり、グループの1%が約1 mSv以上の被ばくをしていた（ICRP, 2009）。

(A49) 2000年代初頭にベラルーシ、ロシア、ウクライナの被災地に居住していた500万人の大

多数は、年間 1 mSv 未満の被ばくを受けたと推定されている。最も被害の大きかった 3 カ国の被災地で、年間 1 mSv 以上の被ばくを受けた住民は約 10 万人と推定される (IAEA, 2006)。

A. 3. 3. 食品のモニタリング

(A50) 長期には、食品のモニタリングは継続され、さらに農業部門 (集団農場, 民間農場), 住民の自家生産, ならびにキノコ, ベリー, 捕獲鳥獣などの野生産品も対象とするべく拡大された。測定データは、野生産品を除き、農業部門において食品中の汚染レベルが徐々に減少したことが示された。

(A51) 例えば、ベラルーシでは、2001 年から 2005 年の間に、放射線に関する食品の基準を超えるミルクの測定値が検出された集団農場の数は 5 分の 1 に減少した。2000 年から 2010 年の間には、民間農場でミルクの測定値がこの基準を超えた村の数は、ほぼ 20 分の 1 に減少した。野生産品の測定は、大きな季節変動が示されたが、年間の汚染レベルに大きな減少はなかった (Belarusian Ministry for Emergency Situations, 2011)。

(A52) 食品の管理に関する限り、当局は、状況の改善に合わせて放射線基準を引き下げるという実用的なアプローチを採用した。

A. 3. 4. 長期防護措置

A. 3. 4. 1. 永久移転

(A53) 1991 年 5 月 12 日、ソ連では「チェルノブイリ災害によって被災した市民の社会的保護に関する法律」という特別な連邦法が制定されたが、以下の通り、地表面の汚染レベルに基づいた被災地の地位の改正が含まれた。

- 立入禁止区域：1986 年にすべての住民が移転した被災地に相当する。住民の永住が禁止され、経済活動や自然管理が制限されている；
- 移転区域：住民の年平均被ばく線量が 5 mSv を超える可能性があり、住民を移転させなければならない被災地と、住民が自主的に移動するか、または相当の補償を受けてその地に留まることを決定しなければならないその他の被災地に分けられる
- 移転権付居住区域：年平均被ばく線量が 1 mSv を超える可能性があり、自主的に移動することを決定した者は、それに応じた補償を受ける権利を有する。
- 社会経済的に優遇される居住区：当該居住区に居住する住民に対する年平均被ばく線量は 1 mSv を超えないようにするべきである。

(A54) この法律に基づき、1990 年代にベラルーシとウクライナを中心とし、最も被災した地域で大規模な移転が行われた。例えば、ベラルーシでは、約 14 万人の移住が義務化され、約 20 万人が自主的に被災地を離れた (Belarusian Ministry for Emergency Situations, 2011)。

A. 3. 4. 2. 農業の防護対策

(A55) 中期に実施された農業の防護措置の多くは、長期にも継続した。しかし、農芸化学分野の研究、特に 1990 年代に行われた研究により、地域の状況に応じて土壌施肥を最適化することで効率を改善することができた。これにより、農場の近代化と再専門化、作物と品種の選択、土地

の代替利用が可能になった。乳牛にセシウム結合フェロシン（プルシアンブルー）を濃縮した混合飼料（図 A.4 参照）を使用し、年齢に応じて家畜に別々に飼料を使用することにより、牛乳および肉の品質を大きく改善することができた（Bogdevitch, 2003 ; Belarusian Ministry for Emergency Situations, 2011）。



図A.4 牛舎でフェロセンをなめる牛（ベラルーシ）

A.3.5. 健康サーベイランス

(A56) チェルノブイリ事故後、ソ連政府は、対応者と最も影響を受けた地域の子どもを含む住民の強制登録および継続的な健康モニタリングプログラムを開始した。1991 年末までに、全ソ連分散臨床線量登録に約 66 万人の情報が記録された。ソ連が独立国家群に崩壊後、国のチェルノブイリ登録は運用を続けたが、データの比較可能性はより限られた。甲状腺がんおよび血液悪性腫瘍を含む多くの専門的な住民ベースの登録が、ベラルーシ、ロシア、ウクライナで設定された。

(A57) 国際協力は 1990 年に開始され、それ以来チェルノブイリ事故の健康影響を評価する上で重要な役割を果たしてきた。ベラルーシ、ロシア、ウクライナでは、避難者、被災地の住民、対応者に関する多くの疫学的研究が実施された。ほとんどの研究は、子どもの甲状腺がん、白血病、およびその他のがんに関心を当てていたが、一部は心血管疾患、白内障、または先天性奇形を対象としたものもあった。

(A58) 最も重要な知見の 1 つは、チェルノブイリ事故において、事故当時乳児または幼児として被ばくした公衆において、甲状腺がんの比率が劇的に増加したことである。1990 年から 2005 年にかけて影響を受けた地域（ベラルーシとウクライナ全体、およびロシアの最も汚染された 4 つの州）で入手可能なデータをレビューしたところ、1986 年に 18 歳未満であった者の甲状腺がんの症例数は約 7000 件に近かった（UNSCEAR, 2011）。1991 年から 2015 年の期間を対象としたより最近の調査では、甲状腺がんの総症例数はほぼ 3 倍であったことが示された（UNSCEAR, 2018）。

(A59) 対応者のグループで白血病の発生率が増加するという証拠がいくつかある（UNSCEAR, 2011 ; Zablotska et al., 2013）。その他の健康影響の頻度の増加に関する研究は、決定的なものではない。事故から 35 年、被災地の住民と避難者の間で、受けた線量と白血病および結腸がん、肺がん、乳がんなどの固形がんの増加との間に明確な関連性は示されていない。しかし、これらのがんの種類では、事故後の期間が依然として短すぎて、頻度の増加を検出できていない可能性を排除できない。同様に、先天性奇形や心血管疾患などのがん以外の疾患についても、実施され

た研究では結論は出ていない。

(A60) いくつかの研究では、事故処理作業者の特定のグループにおいて、受けた線量とともに白内障や心血管・脳血管疾患の頻度の増加が観察されている。現在の研究結果では、結腸、肺、乳がんなどの固形がんの頻度が、事故処理作業者の間で増加しているという結論は認められていない。最後に、被災住民において事故から10年以上経ってから行われた調査では、放射能の存在による生活様式の変化が原因で、自殺を含む心理社会的問題の増加も明らかにされた (Bromet et al., 2011)。

A.3.6. 共同専門知プロセスの出現

(A61) 1991年にソ連が崩壊し、ベラルーシ、ロシア、ウクライナの社会経済状況は急激に悪化した。1990年代初頭に当局が放射線状況に関する情報を発信し、より開かれた方法で行動するよう努力したにもかかわらず、放射能の存在と特に子どもたちの健康への潜在的影響に対する国民の懸念が高まった。当局や専門家に対する全般的な信頼の喪失も加わり、次第に被災地の人々の間で無力感が広がった。

(A62) このような状況の中で、フランスの専門家グループは、国および地域当局の支援を得て、1990年代半ばにベラルーシでETHOS試験プロジェクトを開始した。その目的は、被災した住民やその他のステークホルダーを、放射線状況の管理に関与させ、彼らの防護と生活状況の両方を改善することであった (Hériard Dubreuil et al., 1999)。

(A63) 5年間、専門家は村民らと協力し、子どもの内部汚染を減らし、村で生産されたミルクや肉の放射線に関する品質を戻し、周辺の森林からの木材の使用による放射性灰を管理し、子どもと若者の間に実践的な放射線防護文化を作り出した。これらすべての分野で目に見える成果が得られ、ETHOSプロジェクトは、環境教育を含むコミュニティベースのプログラムを推進する重要なモデルとして、国連開発計画から認められた (UNDP, 2002)。

(A64) ETHOSプロジェクトで得られた経験は、2004年から2008年までベラルーシで実施されたCOREプログラム(チェルノブイリ事故により被災したベラルーシにおける生活状況の回復に関する協力)の基礎となった。このプログラムは、ベラルーシのチェルノブイリ委員会によって実施された国際的な取り組みであり、特にUNDPやその他の国際機関によって支援され、保健、教育・記憶、経済開発、放射線に関する品質の4つの活動分野でベラルーシの4つの被災地域の現地プロジェクトを支援することを目的とした (Trafimchick, 2005)。

(A65) 放射線に関する品質のプロジェクトの1つは、ブラギン地域(ゴメリ州)で実施された放射線モニタリングプロジェクトであった。それは、住民、特に子どもたちの全身汚染を減らし、自助努力による防護措置を促進することを目的とした。ブラギンプロジェクトでは、被災した人々を復興プロセスへ関与させ、彼らが自分たちの防護に関し情報に基づいた決定を下すことができるようにするため、測定が重要な役割を果たすことが示されている(図A.5参照)。また、様々なステークホルダーとの関わりにおける対話の役割も強調された (Bataille et al., 2008)。



図A.5 ETHOSプロジェクト中の住民による自宅の測定

(A66) ETHOS プロジェクトと CORE プログラムは、日々の放射線状況の管理に地域のステークホルダーが直接関与可能であることを実証した。また、それが持続可能であるためには、ステークホルダーによる放射線状況の管理が、国内および国際的な専門家と連携して主に地域の参加者の個人的な取り組みに依存し、経済的発展のダイナミクスに頼るべきであることを実証した。これらのアプローチは、その10年後に福島第一事故で被災した地域社会で更に発展することになった共同専門知プロセスの前兆であった。

A.3.7. 長期防護措置の展開と解除

(A67) 2010年代初頭から、住民への追加的な被ばくレベルが年間1 mSv未満に低下した地域においては、被災地における防護措置の解除が大きな課題となった。これは、長期の初めに開始された補償制度の終結を意味するため、微妙な問題である。

(A68) これに関連して、被災した居住地における長期防護措置の解除を可能にするための基準と要件に関する勧告が、サンクトペテルブルク放射線衛生研究所の科学者グループにより策定された (Barkovskii et al., 2012 ; Romanovitch et al., 2016)。これらの勧告は、長期防護措置を終了させ、放射線防護に関して制限のない状態に移行するために満たすべき放射線および放射線以外の基準を提供している。

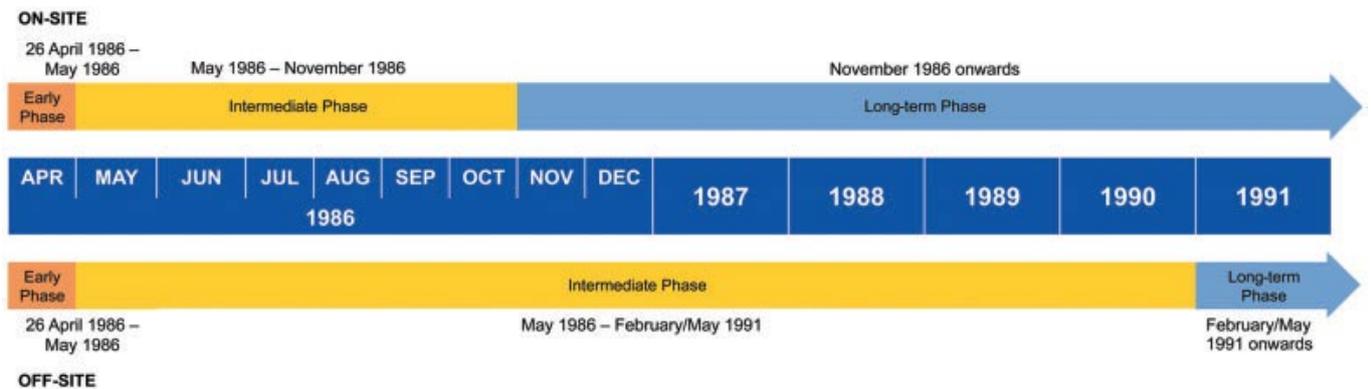
(A69) 放射線基準によると、対象とする居住地における最も被ばくした10%の住民の線量が、年間1 mSv未満であるべきとされている。これは、自然バックグラウンド被ばくを含まない、事故に関連する線量である。放射線以外の基準によれば、対象とする居住地域の農業活動が、いかなる制限や防護措置なしに実施できるべきである。さらに、勧告では、地域当局が対象とする居住地の住民と協議をしながら、長期防護措置の解除の実施と見直しのための計画を策定する必要性についても述べられている。

(A70) しかし、ロシアでは、長期防護措置の解除に関する勧告は、現在でも達成されていない。

それらは依然として勧告事項にすぎない。「汚染された居住地」として公式に指定された地域の当局は、社会的抗議を恐れ、この立場を撤回することに抵抗している。したがって、ロシアでは、被災地における防護措置の解除を決定する法的規制文書は存在せず、このような解除は現在まで行われていない。

(A71) 防護措置の解除は取り扱いの難しい問題であることから、執筆時点では、上記の勧告はまだ実施されていない。

A. 4. チェルノブイリ事故における段階の時間軸



A. 5. 参考文献

附属書 B. 福島第一原子力発電所事故

B.1. はじめに

(B1) 2011年3月11日、地震とその後の津波の結果、東京から北東約220 kmの日本の東海岸に位置する、東京電力の運転する福島第一原子力発電所の6基の原子炉のうち4基に大規模な損傷が生じた（図表 B.1 を参照）。

(B2) 2011年3月11日14時46分、マグニチュード9.0の東日本大震災で一連の大規模な津波が発生し、日本の東海岸を襲った。この地震と津波は、日本の広い範囲に壊滅的な被害をもたらし、約1万6000人が死亡し約2500人が行方不明者となった。

(B3) この地震により原子力発電所への外部電源がすべて失われ、津波により6号機のディーゼル発電機を除き、すべての非常用電源系統が浸水した。その結果、1～3号機および4号機の使用済燃料プールの冷却が失われた。1～3号機では、原子炉圧力容器への注水を継続することができなかったため、各原子炉の温度の上昇により核燃料が熔融し、2011年3月12日に1号機、13日に3号機の原子炉建屋において一連の水素爆発が発生した。これらの事象の結果、1号機、2号機、3号機から大気中に大量の放射性物質が放出され、陸地や海に沈着した。この事故は、国際原子力事象評価尺度で最も高いレベル7に分類された。



図 B.1. 福島第一原子力発電所の位置

B2. 初期および中期

(B4) 初期は、日本政府により緊急事態が発表された 2011 年 3 月 11 日に始まった。大気中への放射性物質の主な放出は爆発中に起こり、2011 年 3 月末まで続いた。2011 年 7 月中旬には、これらの放出の線源は安定化したと考えられ、政府と東京電力は、損傷した原子炉の安全を確保するために策定されたロードマップの第 1 段階が達成されたことを発表した (NERHQ, 2011c)。これが中期の始まりであると考えられる。

(B5) 初期には、サイト内で対応者の防護を確実にするための例外的な取り決めが採用された。サイト外では、事故の初期において、屋内退避、避難および一時的移転、安定ヨウ素の服用、人々の除染、食品と飲料水の消費制限を含む、公衆のための一連の防護措置が実施された。また、初期において、当局は放射線状況住民に知らせるために、被災地で一連の集会を開催した (Takamura et al., 2019)。

(B6) 中期においては、人々が被災地においてどこで、いつ、どのように被ばくし、また将来被ばくする可能性があるのかについて十分な情報が収集できるよう、被ばく経路の特徴を把握するためのいくつかの活動が実施された。この特徴づけにより、2011 年 8 月には、これらの地域の除染と放射性廃棄物の管理のための計画が策定された。2011 年 11 月、ICRP は、地域のステークホルダーが被災地の現状と将来の課題に関する知識や情報を交換できるように、福島ダイアログを開始した。

B.2.1. 放射線モニタリング

(B7) 2011 年 3 月 11 日の電源喪失により、サイト境界のすべてのモニタリングポストが使用できなくなった。モニタリング活動は 2011 年 3 月 11 日夕方にモニタリング車両を用いて開始され、2011 年 3 月 15 日午前、敷地境界南西部で $12 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ の最大値を測定した。地震と津波の結果、発電所から約 5 km 圏内の 23 カ所のモニタリングポストのうち、1 カ所のみが稼働していた。2011 年 3 月 13 日以降、福島県と政府は、モニタリング車両を用いて、周辺線量率、大気中の粉じん、環境と土壌試料などのモニタリング活動を協同で行った。しかし、地震による道路状況の悪化や燃料不足のため、最初のモニタリング活動は想定通りには実施できなかった (ICAFN, 2011)。

(B8) 中期では、放射線測定は、政府、政府機関、地方自治体、事業者、非営利団体、国際機関などの様々な組織によって実施された。収集された情報の一貫性を確保するため、政府は、モニタリング活動の調整のための枠組みを確立した。最初の包括的なモニタリング計画は、被災地への事故の全体的な影響を評価し、採用される可能性のある将来の防護措置を準備するために 2011 年 8 月に、開始された。また、発電所周辺の環境の質の向上、子どもの健康、国の防護と安全に対する国民の要望に応じて、詳細なモニタリングを実施した (NERHQ, 2011b)。

B.2.2. 汚染レベル

(B9) 2011 年 5 月、日本政府と米国エネルギー省が共同で、航空機による発電所の半径 80 km 以内の周辺線量率測定のための最初の地図を作成した。地図には地表 1 m 上の線量率が示された (NERHQ, 2011a)。政府は、被災地における周辺線量率の分布の変化を把握するため、定期的

な航空機モニタリングを継続している。

(B10) 2011年6月から7月にかけて、原子力発電所から約100 km圏内の約2200箇所から採取された土壌試料の放射性核種の分析が実施された。試料採取と同じ場所で、周辺線量率の測定も行われた。放射性セシウムの沈着密度と周辺線量率分布の詳細な地図が2011年8月に作成された。発電所付近のいくつかの場所で300万 $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$ を超える放射性セシウムの沈着密度が測定された (NERHQ, 2011b)。

B.2.3. 個人の被ばくレベル

(B11) 2011年6月、福島県立医科大学の協力の下、福島県で「県民健康調査」が開始された。福島県の被災した住民の健康状態を、特に脆弱なグループに焦点をあてて、過去にさかのぼって、また将来に向けて概観することを目的とした。この調査には、(i) 18歳未満の子どもに対する甲状腺検査、(ii) 健康調査に加え、包括的な血液検査、(iii) 妊婦に対する調査、(iv) 心の健康と生活習慣に関する調査の4つの部分が含まれた。調査の一部では、アンケート調査による住民の移動と、日々の周辺線量率マップに基づき、事故後4ヶ月間の外部被ばくが推定された。その結果、99.4%の住民が3 mSv未満の線量を受けたと推定され、平均値は0.8 mSv、最大値は25 mSvであった (Ishikawa et al., 2015)。

(B12) 県民健康調査の一環として、警戒区域と計画的避難区域の住民を対象に、ホールボディカウンターと尿のバイオアッセイにより内部被ばくが測定された。Cs-134とCs-137による推定内部線量は、1 mSv未満であると報告された (Momose et al., 2012)。

(B13) 2011年3月26日から3月30日にかけて、いわき市、川俣町、飯館村で乳児と小児の甲状腺被ばく調査が実施された。15歳未満の子ども1080件の結果によると、1歳児の甲状腺吸収線量100m Gyに相当する、0.2 $\text{mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ のスクリーニングレベルを超える者はいなかった (NERHQ, 2011a)。これは、甲状腺線量の再構築に関する更なる研究によっても確認されている (WHO, 2012 ; UNSCEAR, 2013 ; IAEA, 2015a ; Kim et al., 2020)。

B.2.4. 対応者

(B14) サイト内の緊急時対応者は、損傷した施設の制御の回復に関与した。彼らには、東京電力や下請会社が雇用した発電所職員、自衛隊から派遣された隊員、消防士、警察官などが含まれていた。サイト外の対応者には、様々な対応機関やサービスからの職員が含まれていた。彼らは避難者への支援、医療、モニタリング、試料採取に携わった。

(B15) 事故に伴う過酷な放射線状況により、当局および事業者は、サイト内および30 km圏内の対応者の防護を確保するための例外的な取り決めを採用するようになった。2011年3月14日、彼らの防護の規制上の放射線基準が、一時的に100 mSvから250 mSvに引き上げられた。6名の対応者がこのレベルを超える線量（最高線量678 mSv）を受けたが、これは主に適切に利用できる防護手段の不足と訓練の不足によるものであった。2011年3月の約4000人の対応者の外部被ばくは平均約14 mSvであった (ICAFN, 2011 ; TEPCO, 2012)。甲状腺への吸収線量は、最も被ばくした作業者のうち12人については、2~12 Gyの範囲であった (UNSCEAR, 2013)。250 mSvという規制上の線量基準は、2011年11月から2012年にかけて段階的に撤回された。

B.2.5. 初期段階における防護措置

(B16) 原子力事故に対する準備計画では、防護措置の決定は、シミュレーションモデル (ERSS/SPEEDI) (NAIIC, 2012) から推定された公衆に対する被ばくレベルに基づいていた。政府が 2011 年 3 月 11 日夕方に原子力緊急事態宣言を発表した後、公衆に対する防護措置は、主に発電所の実際の状況と事故の初期に行われた環境放射線モニタリングに基づいて実施された。

B.2.5.1. 屋内退避

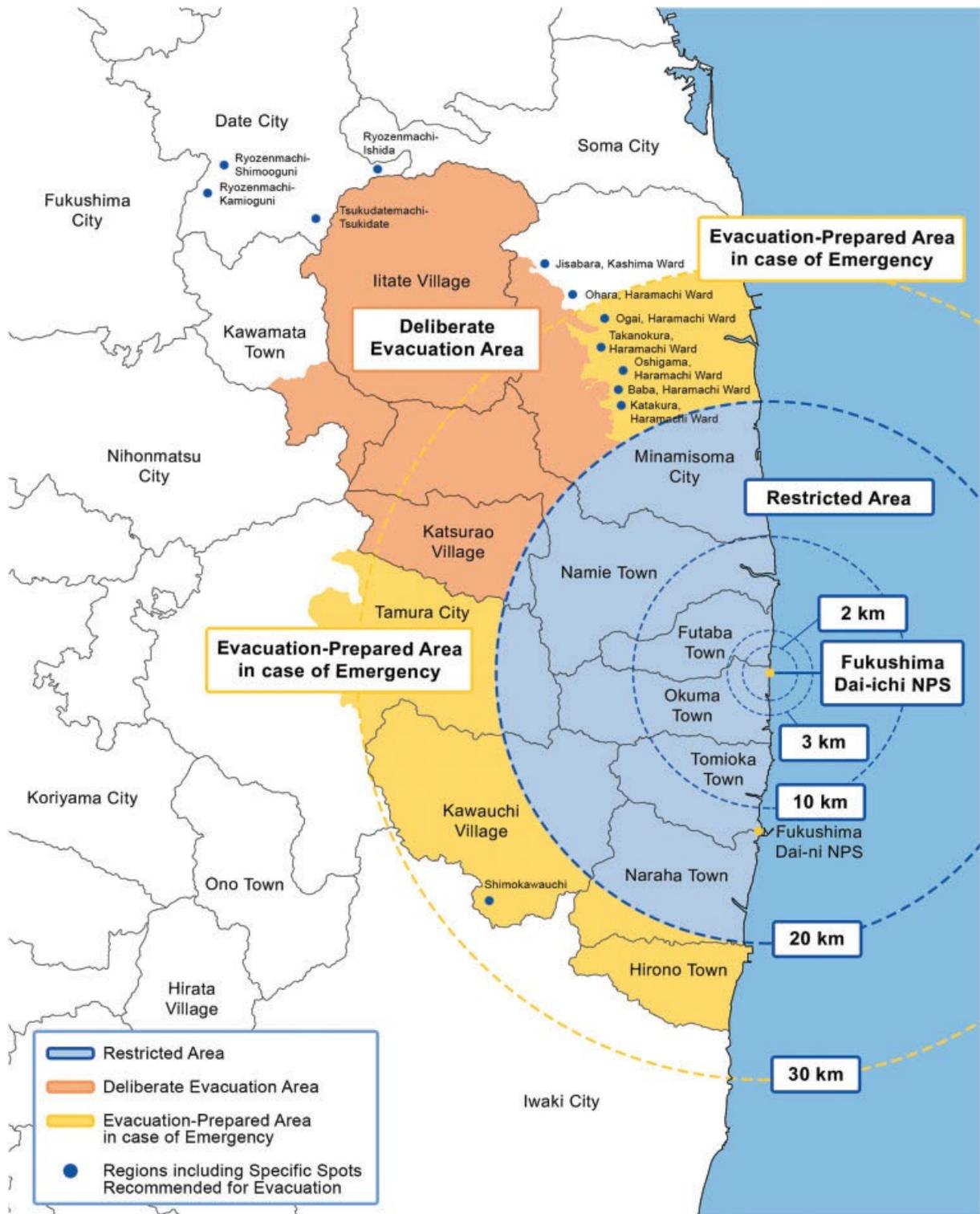
(B17) 2011 年 3 月 11 日に最初の屋内退避指示が発電所から半径 3~10 km 圏内の住民に対し発令されたが、この指示は 2011 年 3 月 12 日には避難指示に変更された。2011 年 3 月 15 日、2 号機の発煙、4 号機の爆発・火災などの発電所の更なる故障により、図 B.2 に示すように、発電所から半径 20~30 km 圏内に居住する住民の屋内退避が命じられた。

(B18) 屋内退避は、主にプルーム中の大気浮遊放射能による被ばくを低減することを目的とした短期のものであるが、自主的に避難した人々以外の住民は 10 日間の継続的な屋内退避が求められた。政府は、食料の供給および許容できる生活状況の維持が困難であったため、2011 年 3 月 25 日、20~30 km の屋内退避区域における住民に対し自主避難を勧告した (NAIIC, 2012)。

B.2.5.2. 避難

(B19) 福島第一原子力発電所周辺からの避難は、2011 年 3 月 11 日夕方から始まり、避難区域は、発電所の半径 2 km から 3 km、その後 10 km に徐々に拡大した。2011 年 3 月 12 日夕方、1 号機での水素爆発後、図 B.2 に示すように、避難区域は半径 20 km (住民約 78,000 人) にまで拡大した。これらの決定はすべて、各号機の状況と原子力発電所全体の潜在的リスクの分析に基づいて下された。さらに、多くの人々が、影響を受けた県から日本各地へ自主的に避難した。

(B20) 地震や津波による被害、またそれによって生じた情報伝達や輸送の難しさにより、避難プロセスは複雑なものになった。また、避難区域が拡大するにつれて、多数の住民が複数回、別の場所に再移動することを余儀なくされた。さらに、避難指示が発令された際には、多くの住民は事故の深刻さや予想される避難期間についての正確な情報が得られなかった。また、20 km の避難区域内の病院の患者や介護施設の高齢者を避難させることは非常に困難であり、結果として 60 人以上が死亡した (NAIIC, 2012)。



図B.2 2011年に緊急防護措置が発令された地域と場所（2011年8月3日時点）

[http://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/roadmap/pdf/evacuation_map_a.pdf（2020年9月30日時点）]

B. 2. 5. 3. 安定ヨウ素剤

(B21) 福島県は、事故直後から市町村への安定ヨウ素剤の配布の手配を開始したが、政府と福島県知事は、住民に対し、有効な期間内に錠剤を服用するよう指示しなかった。2011年3月16日、20 km 圏から避難中の人々に対し、安定ヨウ素服用が指示された。しかし、国が20 km 圏内の避難が既に完了していることを確認していたため、福島県はこの指示に従わなかった。甲状腺ヨウ素ブロックは、主に国と地方自治体の間の詳細な取り決めがなかったため、一律には実施されなかった (ICAFN, 2011 ; NAIIC, 2012)。しかしながら、福島県は安定ヨウ素剤の服用を指示しなかったが、いくつかの自治体は住民に対し服用を指示していた。これらの自治体の1つ（三春町）を対象とした過去にさかのぼった研究では、配布率が非常に高い（94.9%）にもかかわらず、母親が錠剤の服用による副作用の可能性について懸念し、子ども間での摂取率はわずか63.5%であったことが示されている (Nishikawa et al., 2018)。

B. 2. 5. 4. 人の除染

(B22) 福島県の被災地では、住民の体の表面汚染を調べるためのスクリーニング調査が行われた。事故直後に使用した初期スクリーニングレベルは、毎分13,000カウント (cpm) であった。しかし、原子力安全委員会は、IAEAが勧告した $1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ の基準に基づいて、2011年3月20日、レベルを100,000 cpmに引き上げることを勧告した。調査した20万人のほとんどの人は、体の表面汚染が100,000 cpm未満であった。スクリーニングレベルを超えた約100人が全身除染を必要としたことが報告された (ICAFN, 2011)。

B. 2. 5. 5. 食品の予防的制限

(B23) 政府は、20 km 圏内を越えて、水道水、牛乳、葉物野菜のサンプルに高濃度の放射性核種が検出された時点で、特定の食品や飲料水の流通と消費の制限を開始した。このため、2011年3月21日に、原子力安全委員会の規制指針の基準が、厚生労働省の暫定規制値として採用された。2011年4月、政府は、被災した住民への食料の流通を許可する計画を策定し、そこでは、食料と飲料水の制限の設定と解除方法についてのガイドラインも提供した (NERHQ, 2011a)。

B. 2. 5. 6. 移転および学校

(B24) 2011年4月22日、半径20 km 圏外で、事故発生後1年目の推定予測線量が20 mSvに達する可能性のある区域は「計画的避難区域」に指定された。政府は、この地域からの人々の移転を約1ヶ月の期間で実施すべきであるとの指示を発出した。政府による移転の基準は、ICRPが勧告する緊急時被ばく状況の参考レベルである年間20~100 mSvのバンドを考慮して選択された。計画的避難区域以外を除く半径20~30 km 圏内で屋内退避の対象となった区域は「緊急時避難準備区域」、既存の20 km 避難区域は再入域が管理される「警戒区域」に指定された (NERHQ, 2011a)。

(B25) 学校の休みが終了後の同時期に、政府は、校庭で高レベルの放射線が検出された避難区域外の学校の再開について決定しなけりばならなかった。2011年4月19日、政府は、校庭の線量率が推定年間線量20 mSvに相当する $3.8 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ を超える可能性のある学校において、屋外活

動を制限することを決定した。この基準は、ICRP が勧告する現存被ばく状況の管理のための参考レベルである年間 1~20 mSv のバンドを考慮して選択された。公衆は、子どもの安全を確保するために設定された基準は、計画的避難区域に設定された基準と同じであると主張し、強く抗議した。2011 年 5 月、政府は福島県に対し、2011 年 4 月から 2012 年 3 月にわたる就学児の線量を年間 1 mSv に低減するよう通知した。これは、*Publication 111* (ICRP, 2009) で勧告されている長期目標である。国の当局は、1 mSv・h⁻¹ を超える線量率が測定された学校の除染のための財政支援を提供した (ICAFN, 2011 ; NAIIC, 2012)。

B.2.6. 中期における防護措置

B.2.6.1. 高いレベルの被ばくがある特定の場所の避難

(B26) 警戒区域と計画的避難区域外で、モニタリング結果によって、事故から 1 年以内に住民への予想される被ばくが 20 mSv を超える可能性のある特定の場所が確認された。2011 年 6 月、政府は、これらの場所を「特定避難勧奨地点」と指定することを開始し、2011 年 11 月までにいくつかの住宅が特定された。政府は、被災した住民に対し放射線被ばくレベルについて注意喚起するための情報を提供し、避難を希望する場合には支援を行った (ICAFN, 2011;NERHQ, 2011b)。

B.2.6.2. 緊急時避難準備区域における避難の解除

(B27) 2011 年 8 月、政府は、原子力発電所の損傷した炉の安全性、空間線量率の低減、公共サービスやインフラの復旧の観点から、避難区域の見直しを行った。被災地におけるモニタリング活動や自治体により実施された様々な活動に基づいて、政府は、緊急時避難準備区域の避難解除の条件がすべて満たされていると判断した。政府と自治体の協議を経て、2011 年 9 月 30 日にこれらの地域の避難指示の解除が発せられた (ICAFN, 2011)。

B.2.6.3. ペットや家畜の避難

(B28) 多くのペットや家畜は人々が避難した際に放棄された。2011 年 5 月から警戒区域内で許可された短期的な一次立ち入りによって、区域内に残っているペットを避難させる機会が与えられた。このペットの避難は、様々な組織の支援を受け長期にわたって続けられた (MOE, 2012)。また、2011 年 5 月の政府の決定により放棄された警戒区域内の家畜を除き、被災地の牛の多くも避難させられた。放棄された家畜は、所有者の許可を得て殺処分が行われた (MAFF, 2011)。

(B29) 環境省は、2013 年に「災害時におけるペットの救護対策ガイドライン」を策定した。このガイドラインは、原子力事故を含む災害が発生した場合、ペットは飼い主とともに避難させるべきであるという原則に従って、地方自治体が行き決めを行い規則を制定するのに役立つものである。

B.2.6.4. 廃棄物管理

(B30) 事故後、サイト外で発生した汚染廃棄物は、地震と津波によるがれき、あるいは修復活動を含む防護措置の実施による副産物のいずれかに分類された。事故以前には、放射性物質で汚染された災害廃棄物の公共の場所における処分を規制する法律はなかった。したがって、政府は、

このような廃棄物の処理・処分について、他の関係機関と協議の上、特別に基準を設定した。

(B31) 2011年8月に放射性物質汚染対処特措法が公布され、2012年1月から全面施行された(MOE, 2011)。この法律は、被災地におけるすべての修復活動、および関連する放射性廃棄物を取り扱うための主要な法的文書となった。この文書は、汚染地域の管理について概説し、国や地方自治体、事業者、公衆に責任を割り当てた。また、除染措置と放射性物質で汚染された土壌や廃棄物の指定・処理・保管・処分についても定めた。

B.2.6.5. 除染プログラム

(B32) 政府は、除染が喫緊の課題であったことから、2011年8月に除染作業の基本方針を策定し、除染を行う具体的な目標と作業の原則を定めた。政府は、(事故による)追加の放射線量が年間20 mSvを超える地域を徐々に削減するため、迅速な除染プログラムを実施したいと考えた。追加の放射線量が20 mSv未満と想定される地域では、政府は、自治体や地域住民と連携して除染作業を実施し、長期的な目標として、追加放射線量を年間1 mSv以下に低減することを目指した(NERHQ, 2011b)。

(B33) 被災地の除染は、放射性物質の物理的壊変やウェザリングの影響を考慮し、2年後までに、追加放射線量を一般公衆で約50%、子どもで約60%低減することを目標とした。長期目標は、原子力事故後の長期汚染地域に居住する人々の防護に関するICRPの勧告(ICRP, 2009)に従い、追加の年間線量を1 mSv以下に低減することであった。除染作業の指針として、政府は、自然バックグラウンドを含む $0.23 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ の線量率基準を採用した(NERHQ, 2011b; IAEA, 2015b)。

B.2.7. 福島におけるICRPダイアログの取り組み

(B34) 2011年末にかけて、被災した人々、特に、自宅に戻れない避難民の状況は、国と地方当局が実施した防護措置にもかかわらず、依然として不安定であった。日常生活の困難な問題に加えて、放射線への被ばくに対する懸念が続き、個人のウェルビーイングと影響を受けた地域社会の生活の質が大きく低下した。このような状況の中で、ICRPは2011年11月に、国の当局と福島県の当局の代表者、地元の専門家、被災した地域社会、メディア、チェルノブイリ事故の長期的な影響に対応した直接的な経験を持つベラルーシとノルウェーの代表者との間の対話の取り組みを開始した(図B.3を参照)。その目的は、ステークホルダー間の議論を促進するとともに、チェルノブイリ事故の影響を受けた地域社会、特にベラルーシの地域社会の経験を日本国民と共有することであった。これを行うことで、福島第一原子力事故の影響を受けた地域の生活状況の長期的な回復がもたらす課題に対応する方法を見出すことが期待された。ICRPにとっては、将来のICRP勧告の改善ができるよう日本人から直接学ぶ機会でもあった。



図 B.3. 第2回福島ダイアログの集会（2012年2月，伊達市）

(B35) 2019年末までに、福島県内の様々な場所で、地域のステークホルダーの支援の下20回以上の対話集会が行われた。これらの集会では、特に汚染食品の処理、子どもの教育、被災地に留まるか帰還するかの問題、測定の役割など、難しい課題に取り組んだ。また、多くの自治体の生活状況の回復の課題にも取り組んだ。放射線の問題に関する教育方法やツールを検討するために教師が参集するなど、具体的な成果が得られている。全国展開している大手食品小売業者の購買・販売方針までも変化した（Kotoba, 2015；ICRP, 2016；Lochard et al., 2020）。

(B36) この対話集会の結果、福島地域で多数の小規模な集会が開催された。さらに、日本、ベラルーシ、ノルウェーの被災者の間で交流訪問が行われ、自らの経験を共有し、被災地の生活状況の回復に関する長期的な課題について、検討することができた。最後に、福島ダイアログは、いくつかのコミュニティで共同専門知プロセスを推進し、実践的な放射線防護文化の発展と多くの地域住民の自助努力による防護措置の実施を促した（3.5節を参照）。

B.3. 長期

(B37) サイト内の長期は、国が「1～3号機で制御が回復し冷温停止状態に到達した」と発表した、つまり放射線源は十分に安全性が確保されたと考えられた、2011年12月16日に始まった。しかし、これは法的文書では確認されなかった。

(B38) 2011年12月26日、政府は、防護措置が実施されているサイト外の地域を見直すプロセスを開始した。その結果、警戒区域と避難指示の発令された区域の見直しが2012年4月に開始された。これがサイト外の長期の始まりと考えることができる (ICAFN, 2012)。

B.3.1. 対応者

(B39) 政府は、2011年8月に採択された除染作業に関する基本方針およびガイドラインに従い、除染活動に従事する対応者の放射線防護を確実にするための通達を発出した。すべての雇用主は、除染作業に従事する各対応者の防護を確実にする責任を負った。原則的には、除染作業、修復作業、廃棄物処理に従事するすべての対応者に、通常作業での職業被ばくの要件が適用された。地元で除染作業を行う自営業の対応者、住民、ボランティアは、国当局から除染作業に従事する対応者のガイドラインの該当箇所に従うよう求められた。

B.3.2. 避難指示の解除

(B40) 政府は、地方当局と協議の上、避難指示解除のための一連の条件を策定した。これにより、避難指示が出された区域の状況を見直すことができた。

(B41) 避難指示の解除条件は、以下の通りである：(i) 年間累積線量が20 mSv未満であることの確認、(ii) 必要なインフラ・社会サービス、特に子どものために、その復旧が十分に進んでいることの確認、(iii) 地方自治体と住民との間で広範な協議が行われていることの確認 (NERHQ, 2011d)。

(B42) これらの条件に基づき、新たに3つの区域が決定された。

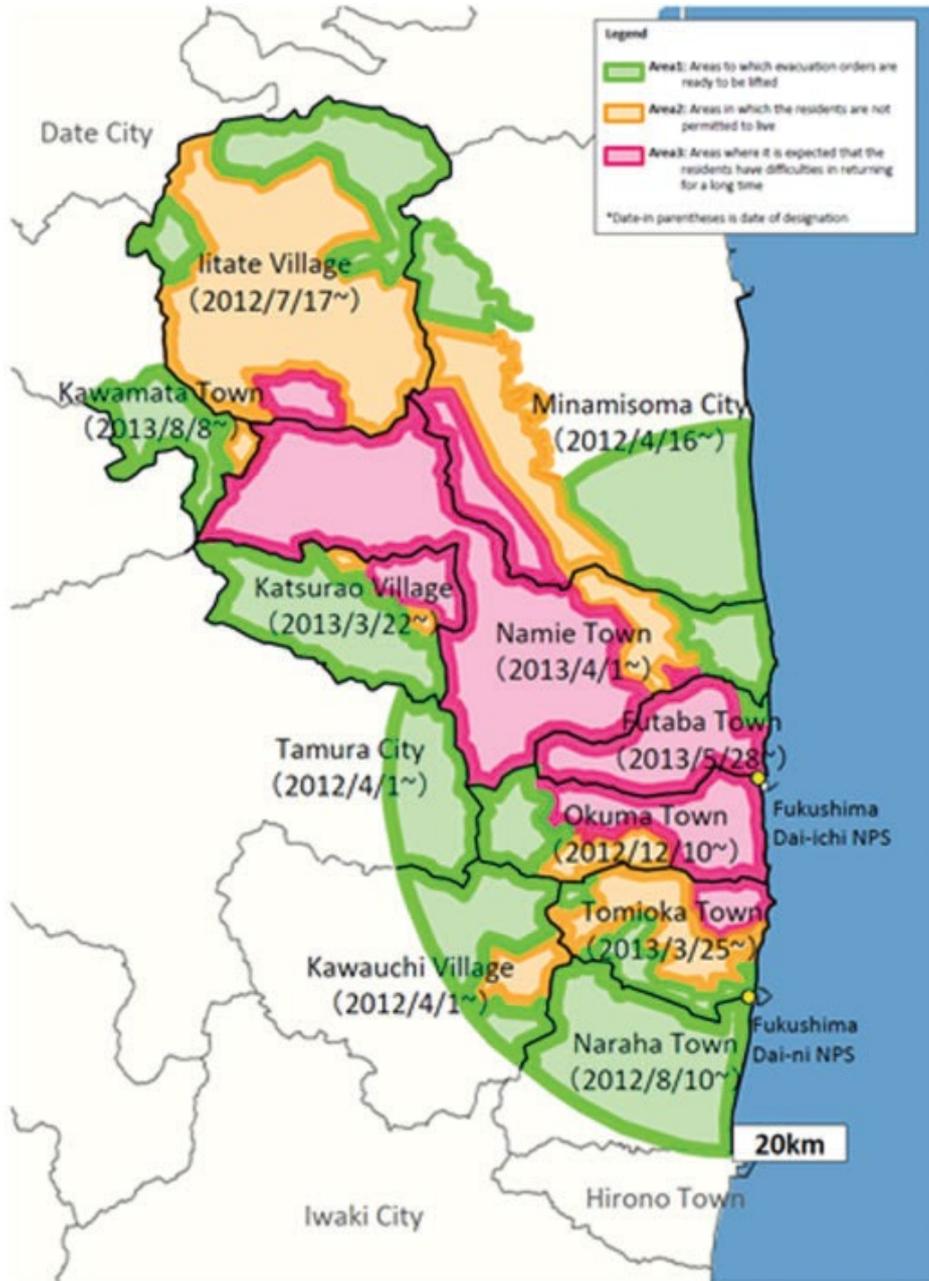
- 区域1：避難指示が解除される準備ができていない区域（推定される年間累積線量が20 mSv未満の区域）
- 区域2：住民の居住が許可されない区域（推定される年間累積線量が20 mSvを超える地域）
- 区域3：住民が長期間帰還することが難しいと予想される地域（推定される年間累積線量推定値が50 mSvを超える地域、または推定される年間累積線量が今後5年にわたって20 mSvを超えると予想される区域）

(B43) 福島県と関係する自治体において協議と調整が行われた。初めに2012年4月に3つの市町村が区域の見直しを決定した。図B.4に示すように、2013年8月までに、被災した11の市町村すべてで避難指示が出された区域に関する提案が用意された。最初の避難指示の解除は、2014年4月に区域1で行われた。区域1と区域2の両区域での避難指示解除は2017年4月までに完了した。区域3については、2018年に6つの市町村の一部の指定回復・復興拠点区域において、重要な基盤の回復と除染活動が開始された。

(B44) 2020年初めの時点で、自宅に戻った人の割合は自治体によって10%未満から約80%と大きくばらつきがあるが、30%未満である (Fukushima Prefecture, 2020)。これらの値は、一部は避難指示の解除の時期に依存した。これらの3つの区域について、政府は、住民がこれらの地域の自宅に戻って生活した場合に、個人が追加で受ける線量として、年間1 mSv未満という長期目標を設定した (NRA, 2013)。避難指示が解除された自治体における被ばくは、個人線量計によるモニタリングでは、2019年末までに外部被ばくで年間1 mSvの範囲であると推定されて

いる (Nomura et al., 2020)。

Areas to which evacuation orders have been issued (August 7, 2013)



図B.4 避難指示が出された地域の取り決めの完了 (2013年8月7日時点)

[https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/roadmap/pdf/20130807_01.pdf
(2020年9月30日時点)]

B.3.3. 食品管理

(B45) 2012年4月には、責任当局は、年間被ばく1 mSvに基づき、食品中の放射性セシウムの新しい放射線基準を設定し (ICAFN, 2012 ; MHLW, 2012), この基準が2011年3月に設定された暫定規制値に取って代わった。

(B46) 内部被ばくをより良く制御するために、責任当局は、新しい放射線基準を超える食品を避けるための広範な食品モニタリング計画を策定した。厚生労働省から提供された情報によれば、福島県産の食品が基準を超える割合は、2014年8月には1%未満であった (Merz et al., 2015)。例えば、福島県産のすべてのコメ袋で放射性セシウムのレベルが測定され、約1,000万袋のうち100 Bq kg⁻¹の基準を超えたのは100袋未満であった (Nihei et al., 2015)。

B.3.4. 除染と廃棄物管理

(B47) 被災地の主たる被ばく経路である遷延した外部被ばくを低減するため、2012年以降、「放射性物質汚染対処特措法」に基づき、被災地において除染活動が広く実施された。効率的かつ安全で費用効果の高い除染プログラムを計画し、実施するための経験、ツール、ガイドラインを提供するために、試験的な除染プロジェクトが最初に実施された。

(B48) 除染活動は、大量の汚染土壌と廃棄物を発生させ、政府は、この廃棄物を福島第一原子力発電所に近接する中間貯蔵施設に移す前に、市町村の仮置場に置くことを決定した。最終処分場は、まだ決定されていない。しかし、仮置場の選定にかかる合意が困難な場合には、汚染廃棄物の一部は、除染が行われた場所の近くで可搬式コンテナバッグに一時的に保管されている。2016年に国の当局は、減容後に土壌の再生利用を可能な限り促進し、最終処分の土壌の容量を削減するため、「減容・再生利用技術開発戦略」を策定した (MOE, 2018)。

B.3.5. 共同専門知プロセスと自助努力による防護措置

(B49) 当局によって実施された防護措置に加えて、自助努力による防護措置の展開を望むいくつかのコミュニティにおいては、共同専門知プロセスが採用された。この共同専門知プロセスは、ICRP ダイアログから着想を得たか、独自に考案され、市長、住民、衛生の専門家、学者など、地域の状況に応じて様々なステークホルダーによって開始された (ICRP, 2016)。専門家のボランティアの助けを借りて地元の人々が行ったプロセスの一部は非公式のまま継続されたものもあれば、地方当局と専門家組織あるいは大学との間の正式な協力をもたらしたものもあった (Ando, 2016 ; Naito et al., 2017 ; Takamura et al., 2018 ; Yasutaka et al., 2020)。

(B50) これらの共同専門知プロセスの経験は、専門家と被災者との定期的な対話の重要な役割を明らかにした。グループ形式または直接会って行われたこれらの対話により、被災者は、放射線誘発の健康リスク、仕事の将来、事故による家族構成や結びつきへの影響、森林への立ち入り、除染活動や関連する廃棄物の管理などに関する懸念を表すことができた。専門家にとってこの対話は、被災したコミュニティが直面する問題について考えるとともに、知識や経験を共有する機会となった (図 B.5) (Miyazaki, 2017)。語られる言葉に耳を傾け、共感するということが根底にあったこれらの対話は、徐々に専門家と当局に対する信頼を取り戻した (Ethos in Fukushima,

2019)。



図 B.5. 専門家と村の住民の対話

(B51) 共同専門知プロセスは、被災者がどこで、いつ、どのように被ばくしたかを理解するために、被災者が放射線状況の特徴の把握に直接関与することを支援した。事故後数年間の周辺線量率、外部被ばく、食品汚染を測定するための適切で使いやすい装置を提供することで住民の関与が大きく促された (Naito et al., 2015 ; Brown et al., 2016)。また、内部被ばくモニタリングもより利用しやすくなった。専門家の支援の下で個人の被ばく測定値とその解釈を共有することで、共同専門知プロセスに乗り出したステークホルダーの間で、徐々に実践的な放射線防護文化が創り出されることを可能にした (Tsubokura et al., 2020)。

(B52) この実践的な放射線防護文化の発展は、多くの被災した人々とその愛する人々のための自助努力による防護措置を実施することにつながっただけでなく、地域社会の専門家の支援を得て、様々な集団的防護措置の実施を支援した。これらの多様な措置は、除染廃棄物の一時保管の放射線モニタリングから、キノコの放射線防護上の質を調べるための採集までと様々であった (Orita et al., 2017 ; Lochard et al., 2020)。

(B53) 福島の被災地で実施された共同専門知プロセスは、関与するコミュニティの復旧に貢献する地域プロジェクトの発展にもつながった。これらのプロジェクトは、個人の起業家または地方当局によって開始され、放射線防護の専門家や学者の科学的支援、および国の当局の財政支援を受けてきた。しかしながら、良い成果がいくつかあったにも関わらず、福島の被災地における共同専門知プロセスの普及は依然として限定的である。

B.3.6. 一般住民の健康サーベイランス

(B54) 県民健康調査の一環として、4回の甲状腺超音波検査が実施された。2019年6月までに、約300,000人の住民で220例以上の甲状腺がんの症例が確認された (FMU, 2019)。このような高い頻度の小児甲状腺がんの症例は、甲状腺がん登録で予想されるものよりも明らかに高い。こ

の所見は、系統的な超音波スクリーニングに起因するものと考えられるが、更なる調査が必要である (Ohtsuru et al., 2019)。さらに、子どものスクリーニング検査によりいくつかの倫理的問題も生じている (Midorikawa and Ohtsuru, 2020)。

(B55) 従来から行われてきた健康診断やがん検診など、避難区域内外の住民を対象とした総合的な健康診断では、循環器疾患のリスク因子の増加が明らかにされている (FMU, 2019)。

(B56) 心の健康と生活習慣の調査では、事故以降、抑うつ等の情動障害または不安障害の疑いのある人々は減少しているにもかかわらず、支援を必要とする人々の割合は、依然として一般の国民に比べて高い。

(B57) 妊婦と小さな子どもを持つ母親の不安に対処するための特定の調査が実施され、同じような結果が得られている。この調査では、未熟児、低出生体重、先天異常の発生率は、一般国民で報告されているものと類似していることが示された (FMU, 2019)。

B. 4. 福島事故における段階の時間軸



B. 5. 参考文献

用語解説

共同専門知 [Co-expertise]

放射線の状況を理解し、自らまたは他者が生活条件を改善するための対策を立てることを目的として、地域の知識および科学的な専門知識を活用するために専門家と地元のステークホルダーが協力するプロセス。

汚染 [Contamination]

建造物、地域、物品、生物相、または人々の外部または内部に望ましくないレベルの放射性物質が存在すること。

除染 [Decontamination]

物理的、化学的、または生物学的プロセスによる意図的な汚染の完全または部分的な除去。

緊急時被ばく状況 [Emergency exposure situation]

制御を喪失した線源、または意図的に悪用された線源に起因する被ばく状況で、被ばくを避ける、または軽減するために緊急かつタイムリーな対策を必要とするもの。

現存被ばく状況 [Existing exposure situation]

現存被ばく状況は、結果として生じる被ばくを管理する決定が行われる時点においてすでに存在する線源に起因する被ばく状況である。これらの線源には、自然線源（宇宙放射線、ラドンおよびその他の自然起源の放射性物質）および人工線源（過去の行為、事故、または放射線事象による長期被ばく）が含まれる。被ばくの特徴づけは、それらの管理の前提条件である。

被ばく経路 [Exposure pathway]

放射線や放射性核種がヒトおよびヒト以外の生物相に到達し、被ばくを引き起こす経路。

段階的アプローチ [Graded approach]

リスクの大きさと可能性、被ばく状況の複雑さおよびその時点で広く見られる状況に見合った方法で防護体系を実施するために勧告される方策。

健康サーベイランス [Health surveillance]

健康への悪影響の早期発見，および被災した個人の健康管理と治療に必要な健康関連データの継続的且つ系統的な収集，分析および解釈。

職業被ばく [Occupational exposure]

操業管理者の責任であることが当然と見なされ得る状況で，作業中に受ける放射線被ばく。

計画被ばく状況 [Planned exposure situation]

放射線の特性に応じて使用される放射線源の意図的な導入と運用から生じる被ばく状況。このタイプの被ばく状況では，線源の使用が分かっているため，被ばくは最初から予想され，制御され得る。

正当化の原則 [Principle of justification]

放射線被ばくの状況を変える（例えば，導入する，低減する，または取り除く）決定は，全体として，害よりも多くの益をもたらすべきである。これは，新しい放射線源を導入するとき，あるいは現存または緊急時の被ばくを減らすことにより，人間および環境への放射線損害を含む，いかなる害も相殺されるよう，個人または社会の十分な便益を達成するべきであることを意味する。

最適化の原則 [Principle of optimisation]

被ばくを被る可能性および個人線量の大きさは，社会，経済及び環境の要因を考慮し，合理的に達成可能な限り低く維持されるべきである。被ばくの不公平な分布を避けるため，被ばくする人数や個人線量の制限を考慮しなければならない。

予測線量 [Projected dose]

防護措置が講じられない場合に個人が受けると予想される線量。

防護措置 [Protective action]

被ばくを低減または防止するために緊急時または現存被ばく状況で講じられる対策。対策は，線源，被ばく経路上の点，時には被ばくした個人の場所，習慣，または作業条件を修正することによってとることができる。

防護戦略 [Protection strategy]

特定の被ばく状況および支配的な状況において，合理的に達成可能な限り被ばくを低く保つまた

は低減するために実施される一連の防護措置の組み合わせ。

放射線損害（デトリメント） [Radiation detriment]

放射線への特定の被ばくにより，被ばくした集団およびその集団の子孫が被る健康への全般的な害。

実践的な放射線防護文化 [Practical radiological protection culture]

一般市民が十分な説明（情報）に基づいて選択を行い，潜在的または実際の電離放射線被ばくを伴う状況において賢明な行動をとるための知識と技能。

放射線防護基準 [Radiological criteria]

放射線防護体系を適用するための定量的な値。線量または導き出した数量で表す。この一般的な用語は，さまざまな設定で使用され，すべての被ばく状況で同じように適用できる。

復旧 [Recovery]

事故前に広く見られた状況など，可能な限り適切な状況を反映するための修復及び復興のプロセス。

参考レベル [Reference level]

現存および緊急時被ばく状況における最適化プロセスを導くために用いられる線量基準。参考レベルの値は，一般的に個人の年間線量（mSv／年）として表され，適切な時間枠，被災した人々の個人線量分布，およびその状況におけるリスクの耐容性を考慮して選択されるべきである。目標は，防護の取り組みが優先されるべき人々の特定を促すことである。

生活状況の回復 [Rehabilitation of living conditions]

長期間汚染された地域に住む人々のために，持続可能で適切な状況を維持するためのプロセス。

修復 [Remediation]

汚染そのものを除去（除染）したり，被ばく経路に影響を与える対策を通じ，汚染からの放射線被ばくを低減するプロセス。

残存線量 [Residual dose]

特定の線源から個人が被った，または被ると予想される線量。これは，線源，経路，または個人

に講じられた防護措置を考慮に入れて、推定または測定することができる。残存線量は、緊急時被ばく状況または現存被ばく状況において適用される。

知る権利 [Right to know]

自分がどのような危険に曝されており、いかに自分自身を守るべきかについて情報を得る個人の権利。

自助努力による防護 [Self-help protection]

個人が、自分自身を、自分の家族を、そして地域を守るために、十分な説明（情報）に基づいて講じる対策。

ステークホルダー [Stakeholder]

課題に対し、関心または懸念を有する人、グループ、または組織。

ステークホルダーの参画 [Stakeholder involvement]

関係する当事者すべてが放射線防護に関する意思決定プロセスに参加すること。「ステークホルダーの関与」とも呼ばれる。