

第2章 除染の特徴と意義

2.1 放射能汚染と除染の特徴

2.1.1 放射能汚染の特徴

(1) 放射性物質の拡散

独立行政法人原子力安全機構が原子炉の状況等を解析した結果、福島第一原発からの放射性物質の総放出量は、キセノン 133 は約 1.1×10^{19} Bq、ヨウ素 131 は約 1.6×10^{17} Bq、セシウム 134 は約 1.8×10^{16} Bq、セシウム 137 は約 1.5×10^{16} Bq、ストロンチウム 90 は約 1.4×10^{14} Bq、プルトニウム 238 は約 1.9×10^{10} Bq、プルトニウム 239 は約 3.2×10^9 Bq、プルトニウム 240 は約 3.2×10^9 Bq と推計されており^{26, 27}、大量の放射性物質が大気中に拡散された。拡散された放射性物質は、降雨等により地上に降下し、福島県を中心に広い範囲で汚染が確認された。

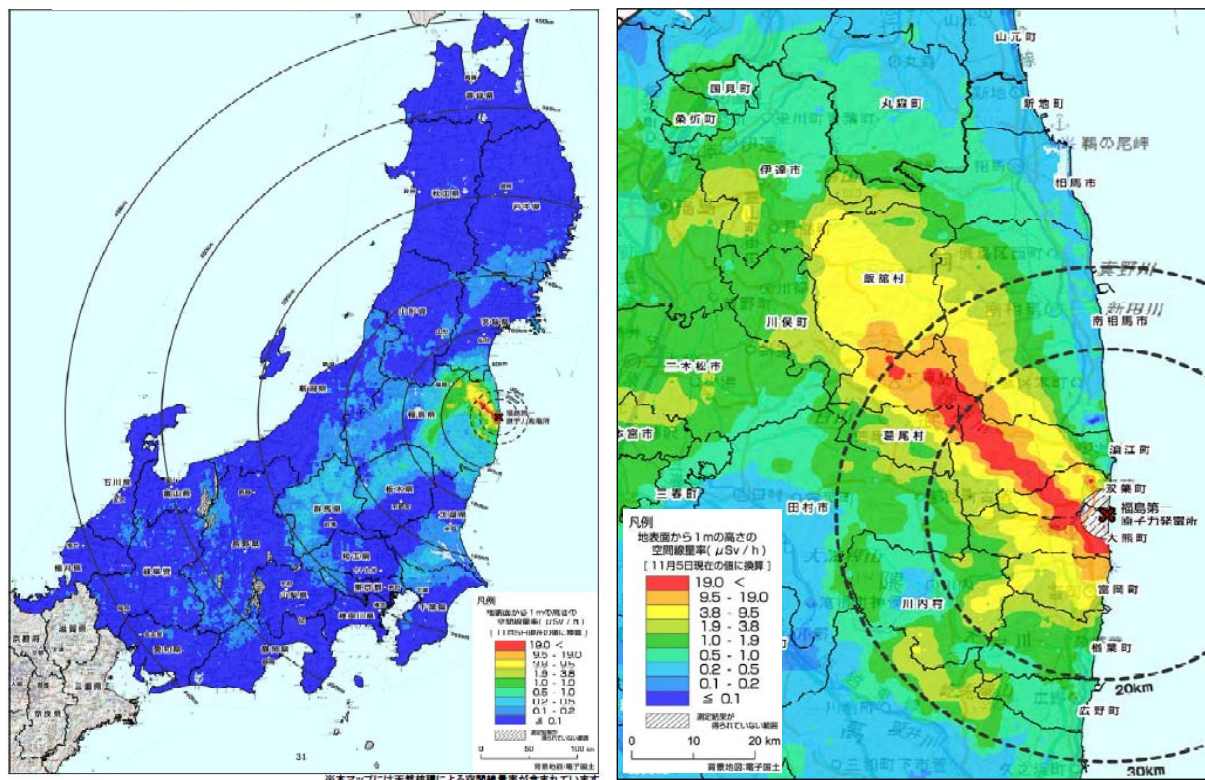


図 2-1 文部科学省による第 4 次航空機モニタリング(平成 23 年 10 月～11 月)の結果

出典：文部科学省による第 4 次航空機モニタリングの測定結果について（平成 23 年 12 月 16 日）

(2) 放射性セシウムによる汚染

放出された放射性物質はセシウム 134、137 やヨウ素 131 のほか、キセノン 133 やテルル 129、ストロンチウム 89、90 やプルトニウム 238、239、240 などが含まれていた。その後の土壌調査では、セシウム 134、137、ヨウ素 131、テルル 129、銀 110、ストロンチウム 90、プルトニウム 238、239、240 が確認されている²⁸。

²⁶ 原子力災害対策本部「[原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本政府の報告書](#)」（平成 23 年 6 月）

²⁷ 環境省・放射線医学研究所「[放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成 28 年度版](#)」

²⁸ 文部科学省「[文部科学省による、①ガンマ線放出核種の分析結果、及び②ストロンチウム 89、90 の分析結果（第 2 次分布調査）について](#)」（平成 24 年 9 月 12 日）

文部科学省が平成 23 年 6 月及び平成 24 年 1 月に行った土壌調査の結果、プルトニウム 238、239、240 は、1 箇所検出されたプルトニウム 238 の沈着量（事故前に観測されたプルトニウムの最大値の 1.4 倍程度）を除き、事故前の平成 11～21 年度までに全国で観測された大気圏内核実験の影響による範囲内であった。ストロンチウム 90 についても、過去の大気圏内核実験の影響による範囲内であった²⁸。沈着量の最高値が検出された各箇所における 50 年間積算実行線量は、セシウム 134 や 137 に比べて、プルトニウムや放射性ストロンチウムは非常に小さい値となっている²⁹。

さらに、半減期がヨウ素 131 は約 8 日、キセノン 133 は約 5 日、テルル 132 は約 3 日と短いことから、中長期的な被ばく影響は少なく、放射性物質汚染対処特別措置法の成立時点（平成 23 年 8 月 26 日）では例えばヨウ素 131 の存在比は事故発生直後の 0.0001% 以下となり、検出されることはなかった。

これらのことから、福島第一原発事故に起因する、人の被ばくを考える上で重要な沈着核種はセシウム 134（半減期約 2.1 年）とセシウム 137（半減期約 30.2 年）の 2 つであった。

(3) 事故の規模と社会的背景

原子力発電所等の事故・トラブルの程度を表す国際的な指標である INES（国際原子力・放射線事象尺度）評価では、福島第一原発事故は、チェルノブイリ原発事故と同じレベル 7（深刻な事故）である。なお、大気への放射性物質の放出量を比べると、福島第一原発事故はチェルノブイリ原発事故の約 1 割程度と見込まれている。その他の大きな事故では、スリーマイル島原子力発電所事故がレベル 5（広範囲な影響を伴う事故）、東海村 JCO 臨界事故がレベル 4（局所的な影響を伴う事故）である²⁸。

チェルノブイリ原発事故や南ウラル核施設事故など、旧ソ連において発生した事故では、情報規制により、事故の発生や政府の対応等の情報開示が十分に行われなかった。また、旧ソ連という広大な面積を持つ国で発生し、移住が前提として事故対策が行われた。一方、福島第一原発事故は、狭い日本の国土で発生し、多くの地域で住民が居住している状況、もしくは帰還することを前提で事故の対応が求められた。また、政府発表や報道により、事故当初から多くの情報が開示されたほか、インターネット等により様々な情報が飛び交う一方、放射線の健康影響とリスクに関して専門家と国民との間で適切な知識・情報の共有がなされなかった³⁰中で、放射能汚染への対処を進めていくこととなった。

²⁹ 文部科学省「[文部科学省による、プルトニウム、ストロンチウムの核種分析の結果について](#)」（平成 23 年 9 月 30 日）

³⁰ 首相官邸ホームページ「[放射線の健康リスクに関する科学教育の強化—日本学術会議提言—](#)」（http://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka_g72.html）

表 2-1 チェルノブイリと福島第一原発の代表的な放射性核種の推定放出量の比較

放射性核種	半減期	環境への放出量 PBq (10 ¹⁵ Bq)		福島第一原発／ チェルノブイリ
		チェルノブイリ	福島第一原発	
キセノン(Xe) 133	約 5 日	6500	11000	1.69
ヨウ素(I) 131	約 8 日	～1760	160	0.09
セシウム(Cs) 134	約 2 年	～47	18	0.38
セシウム(Cs) 137	約 30 年	～85	15	0.18
ストロンチウム(Sr) 90	約 29 年	～10	0.14	0.01
プルトニウム(Pu) 238	約 88 年	1.5×10 ⁻²	1.9×10 ⁻⁵	0.0012
プルトニウム(Pu) 239	約 24100 年	1.3×10 ⁻²	3.2×10 ⁻⁶	0.00024
プルトニウム(Pu) 240	約 6540 年	1.8×10 ⁻²	3.2×10 ⁻⁶	0.00018

出典：環境省・放射線医学研究所「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成 28 年度版」

(4) 日本・福島県の固有の背景、特徴

日本は国土の約 66%が森林で占められ、農地は約 12%、宅地は約 5%に留まり、可住地の人口密度が高い傾向にある³¹。福島第一原発事故の影響を最も強く受けた福島県をみると、震災前の総人口は約 200 万人、総面積は約 1 万 4 千 km²と広大であるが、森林が約 71%、農地が約 11%、水面・河川・水路などが約 3%、道路約 4%、宅地（工業用地等を含む）約 4%、その他（公園緑地、リゾート・レクリエーション施設、耕作放棄地等）約 7%である³²。また、東側を太平洋に、西側を山々に囲まれるため、四季は東西で状況がかなり異なり、中通り地区などは雪が多く、福島市では平成 17 年から 26 年までの 10 年間の雪日数の平均は年間 74 日と全国でも降雪日数の多い土地柄である³³。（図 2-2）

さらに、事故を起こした福島第一原発は東京電力の施設であり、福島県民のためではなく首都圏の住民のための電力を供給するための施設で事故が生じたことは、重要な点である。

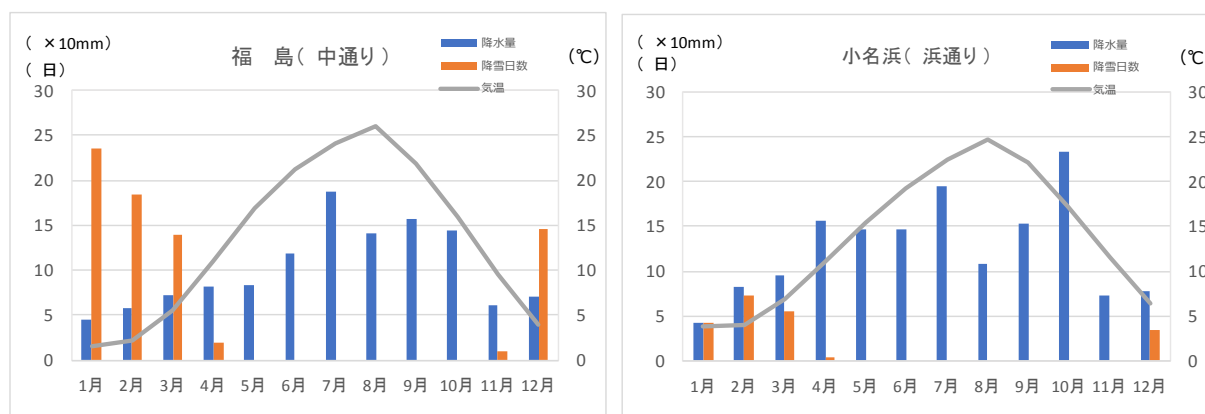


図 2-2 福島県の気象の状況（過去 10 年間の平均）

出典：気象庁アメダス 福島観測所、小名浜観測所 平成 17～26 年の 10 年間における観測結果

福島県は、東北圏（新潟県含む）、首都圏の 6 県と接し、面積は北海道、岩手県に次ぐ全国第

³¹ 第五次国土利用計画（全国計画）概要

³² 福島県「平成 28 年度 福島県勢要覧」（<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/11045b/28youran.html>）

3位であり、「浜通り」、「中通り」、「会津」の3つに区分される。南北方向3本の縦軸、東西方向3本の横軸の6本の連携軸の結節上に特色ある「七つの生活圏」を形成し、それぞれの軸に都市が分散した「多極分散型」の県土構造となっている。

東京から約200km圏で首都圏に隣接し、東北圏と首都圏の結節点に位置する。東北圏と首都圏を結ぶ東北自動車道、常磐自動車道、東北・山形新幹線、太平洋側と日本海側を結ぶ磐越自動車道、福島空港、小名浜港、相馬港等により、人やモノの交流拠点となり、企業立地、交流人口の拡大を図る上で有利な地理的条件にある。

震災前は、我が国最大の発電県であり、首都圏のうち東京を中心とする1都3県に対し、その消費電力の約3分の1を供給していた。また、平成22年度時は、製造品出荷額等は約5.1兆円（全国20位、東北圏（新潟県含む）で1位）であり、農業産出額は約2,330億円（全国11位）と多彩な農産物の総合力は全国トップクラスであった。

猪苗代湖や磐梯山、尾瀬などの豊かな自然環境にも恵まれ、グリーン・ツーリズムや二地域居住の場として好適であり、温泉、ゴルフ場、スキー場などの観光レクリエーション施設も豊富である。また、鶴ヶ城、白水阿弥陀堂などの文化財も多く、歴史と伝統に彩られた地である³⁴。

2.1.2 福島第一原発事故における除染の特徴

福島第一原発事故に伴う除染事業は、その汚染状況や地理的要因、住民への向き合い方などが関連し、以下のような特徴がある。

(1) 放射性セシウムによる汚染の除染

前述したとおり、福島第一原発事故による汚染は、主に放射性セシウムによるものである。事故により大気中に放出された放射性セシウムは、雨等により地上に降下し、建造物や土壌、草木等に付着し、雨だれの跡や側溝、水たまりやくぼみ等に集積する。セシウムは、環境中にあるのは水に溶存するより、一般に粘土鉱物を含むような土に吸着しやすく、家屋の庭や農地等の土壌の表層近くに吸着する。

また、放射性セシウムは時間と共に降雨の影響などで吸着した土等とともに移動すること、構造物の形状・材質などにより留まりやすさが異なることなどから、事故直後からの時間経過とともに、線量がまだら状態になり、一部には局所的に線量の高いホットスポットと呼ばれるような場所も生じた。

これらの放射性セシウムの特性や、除染対象によって異なる汚染の特徴を踏まえ、建物等の洗浄や表土の除去等の除染が実施された。

一般的には、地上に降下した放射性物質の拡散による汚染の拡大を防ぐために、線量の高い所から除染を実施することが効果的であるが、セシウムは土壌等に定着して拡散が少ないため、生活再建のために生活圏の除染から優先して実施した。

(2) 生活再建を最優先した除染の実施

IAEAの除染等の環境回復の措置に係る国際ルールでは、汚染対策の責任を持つ組織が実施計

³³ [気象庁アメダス 福島観測所、小名浜観測所 平成17～26年の10年間における観測結果](#)

³⁴ 福島県「[福島県の現状と復興に向けた取組について](#)」（平成28年11月16日 除染・廃棄物技術協議会第5回シンポジウム）

画を策定して除染を実施し、規制機関がそれを承認することとなっている。この国際ルールは放射性物質汚染対処特別措置法制定時には意識されていなかったが、福島第一原発事故は汚染範囲があまりにも広く、大規模な除染作業となるため、汚染事業者が実施しては早急な対応が難しいことから、汚染原因者が一義的な責任を負うとしつつ、国や地方公共団体が除染事業を実施する枠組みは妥当なものと考えられた。

また、広大な避難区域において、ピーク時には約 16.5 万人にのぼった避難者の帰還や安心・安全対策を迅速に進めることが課題であったため、復興計画等が検討されないなかで除染活動が優先された。この際、避難生活は 3 年が限度との指摘などを考え、災害から 3 年での帰還を想定したため、当初の方針では、避難指示区域の除染作業は平成 25 年度までの 2 年強で終わることが目標とされた。

(3) 地震や津波による被災地における広範囲で大規模な除染作業

放射性物質による汚染が広範囲に及んだことから、除染の対象となる地域は極めて広大であり、放射性物質汚染対処特別措置法に基づき、環境省が除染を実施する除染特別地域は 11 市町村（人口：約 8 万人、面積：約 1,150km²）、市町村等が除染を実施する汚染状況重点調査地域は、その一部が除染特別地域に含まれる 4 市町村も含めて 104 市町村（人口：約 690 万人、面積：約 24,000km²）に及んだ。これらの範囲には、市街地などの人口密集地や農地等も多い。

除染事業は、これほどの広範囲において、短期間に大量の事業を各市町村で同時並行で実施するという、日本の公共事業の歴史の中でも、また、世界においても前例のない大規模事業であった。除染特別地域に限っても、平成 29 年 1 月末までの 4 年 7 か月で、延べ 1,360 万人の作業員が携わることとなった。これは我が国における巨大な土木事業と比較してもいかに短期間に多くの作業員が関わったかが分かる。（図 2-3）

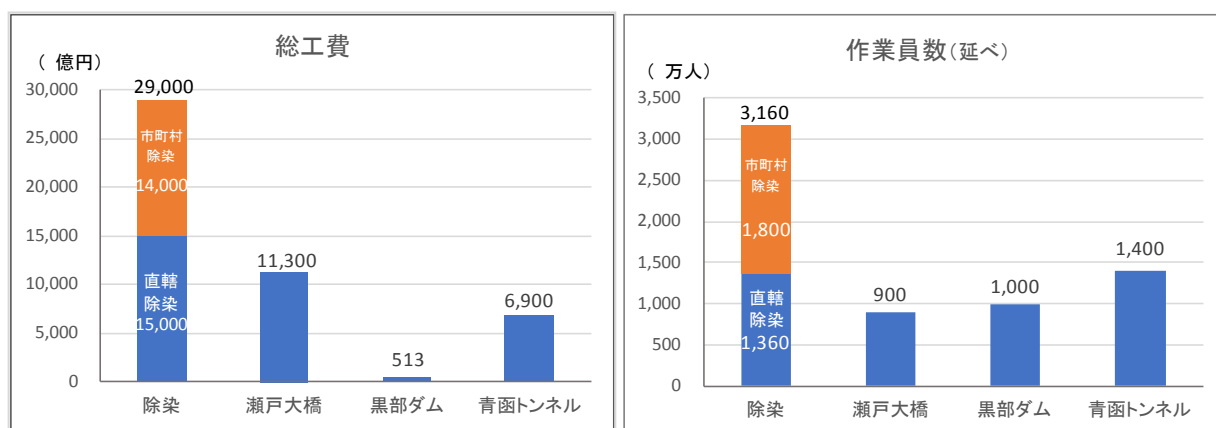


図 2-3 除染事業と我が国における巨大大業

注) 除染の総工費は平成 29 年 9 月時点、他の土木工事の総工費は当時の金額。
 直轄除染の作業員数は平成 30 年 1 月末時点、市町村除染の作業員数は平成 29 年 11 月末時点。
 各事業の工期 除染：平成 24 年 7 月～平成 29 年 3 月（4 年 9 か月）
 瀬戸大橋：昭和 53 年 10 月～昭和 63 年 4 月（9 年 6 か月）
 黒部ダム：昭和 31 年 4 月～昭和 38 年 6 月（7 年 2 か月）
 青函トンネル：昭和 39 年 5 月～昭和 62 年 11 月（23 年 7 か月）

出典：海洋架橋調査会「瀬戸大橋工事誌」（昭和 63 年 10 月）、関西電力株式会社「黒部川第四発電所建設史」（昭和 40 年 9 月）、北海道旅客鉄道株式会社「数字でみる青函トンネル」

また、除染の対象地域は、地震及び津波による被害を受けたところが多いことも特徴である。特に地震や津波による被害が大きい場所では、家屋やインフラが損傷している中で、がれき等の処理を含む復旧作業と除染を、どのように両立させていくのが課題となった。とりわけ海岸域で地盤の沈下、塩水の浸入、津波による堆積物が見られたり、広範囲に家屋等が失われたりした地域は、復旧の方針が見えないまま、除染を考える必要があった。このことは避難地域かどうかで、様相が異なる。

避難指示区域である除染特別地域では、住民が避難し、事業活動も制限されたため、インフラ等の復旧作業等も遅れがちな中で、除染事業を進める必要があった。関係人の同意取得や除染結果の説明等は、様々な避難先で市町村の協力を得てを行うこととなった。もともと地域的に、特に山間部では、交通網が発達していない上に、立入りや宿泊が制限されているため、大量の除染作業員や資機材の輸送、除染作業員の確保等にも工夫を要した。さらに、生活や営農ができないため、時間の経過とともに、家屋や道路等は劣化が進行し、農地は草地化し灌木に覆われるなど、その後の除染活動の妨げとなった。

一方、避難区域外である、汚染状況重点調査地域では、人々の生活や営農など、日常生活が行われている中での除染活動となった。

(4) 初めての除染事業への対応

日本では原子力発電所事故による環境汚染は想定されておらず、法体系や対応のための枠組みの整備は不十分であった。このため、まずは早急に法律の整備や緊急対応のための実務な枠組みの整備が行われることとなった。

また、技術的知見も体制も十分に整わない状況で進めることとなったため、「除染モデル実証事業」等で得られた技術的知見を随時活用しながら、まずは、市町村役場や公共施設など除染作業や復旧復興作業の拠点として使用できる施設等を小規模に「先行除染」し、その後、大規模で本格的な面的除染を順次進めるなど、段階的に実施した。

また、「放射性物質汚染対処特措法に基づく基本方針」で環境省が除染事業を行うこととなり、事業として円滑に発注・遂行していくための手順や仕組みの整備が必要となるため、環境省は、公共事業の経験が豊富な国土交通省や農林水産省等の力を借りつつ、国土交通省や農林水産省が定めている既存のルールや仕組みを利用し、除染等工事を行ううえで必要な共通仕様書や積算基準を作成し、除染現場での実態に応じて試行錯誤しながら少しずつ改良していった。

また、大規模な建設事業と類似し、一定の放射線のある環境下で、膨大な作業員の動員、適切な指揮・管理も必要となるため、大規模工事に精通し、作業員の管理などの施工管理のノウハウを持つ総合建設業者が除染作業を担った。市町村除染においては、状況に応じて、このような総合建設業者が担う場合と地域の建設会社等が担う場合があった。

(5) 住民生活の早期再建に向けた除染

早期の安全の確保及び復興・再建が求められたことから、除染事業は十分な政策準備を整えるだけの時間的余裕のない中で始めざるをえなかった。そこで、前述のとおり、PDCA サイクルに重点を置き、準備段階では整備されていなかった情報・把握できていなかった情報をその時々で取り入れ、準備段階での時間的制約を補完していった。

また、除染の対象とする範囲は、宅地等や学校、公園、大型施設、道路、農地等の生活圈や、

生活圏に影響を及ぼすおそれのある生活圏周辺の森林とし、生活環境への影響の低減の観点から除染を進めて行った。

除染を円滑に行うためには、除染に伴う除去物の処分場をあらかじめ確保して除染を進める方が良いが、迅速に早期に大規模な処分場を確保することは困難であるため、「仮置場」という、小規模で一時的な保管場所を多数確保することで、除染を進める考えがとられている。住民生活が行われ、農地等が使用されている汚染状況重点調査地域の市町村等では、仮置場の確保も困難であったことから、関係人の同意のもと、除染した宅地の庭等に一時保管する「現場保管」等も行い、早期の除染完了を目指した。

(6) コミュニティの維持や権利の保護等の配慮

住民ができるだけ早期に元の生活に戻れるようにするためには、単に早く除染を進めれば良いというものではなく、その後の生活のため、地域のコミュニティを壊すことのないように進めていくことが求められた。このため、除染対象を地区や行政区などのコミュニティ単位で決めていった。

これは、面的に除染しなければ十分な除染効果が得られないことに加え、日本においては地区や行政区などのコミュニティ単位が、地域の意思決定や事業を進めるための重要な単位であったためである。仮置場の設置や避難区域の設定の際も同様であり、地区等の単位で行うよう配慮された。

汚染状況重点調査地域では、住民が有していた財物などの損壊はできる限り回避するよう、削り取り・拭き替えなどは最小限に努め、農地等も農家からの要望があれば可能な限り剥ぎ取りなどは行わない除染手法を選択するようにし、農用土壌の機能を維持するように努めた。

また、除染の実施に際しては、放射性物質汚染対処特別措置法に基づき、あくまで住民からの了解を得た上で行うこととし、住民の意思を無視した強制的な除染は行わないようにし、汚染の程度と住民にとっての重要度などを総合的に判断し、除染の実施有無や詳細な除染方法などを住民と調整し、除染実施計画を住民と共有・合意しつつ行った。

今回福島を中心として起こった放射性物質による環境汚染は、海外にもいくつか事例がありそれらは大きく分けると、事故による一般住民が生活する環境汚染と、原子力施設(核物質の製造などに供した施設)内の土壌、地下水などの汚染がある。事故により大きな環境汚染が起ったものとしては、1957年に旧ソ連チェリヤビンスク市北方の原子力複合施設 MAYAK(旧秘密都市)で使用済み燃料の再処理から発生した高レベル放射性廃液貯蔵タンクの冷却の故障で廃液が乾固して温度が上昇しその中の成分が化学爆発を起こしたものがある。その結果 $3.7 \times 10^9 \text{Bq/km}^2$ 以上の汚染が幅 30–50 km、長さ 300 km に亘って広がった。そのタンクには種々の放射性物質が含まれていたが、環境汚染に最も影響を与えたのがストロンチウム-90 であり、土壌、道路、車両などが除染された。この汚染地域には 200 以上の人口集落があり、事故直後 4 集落から 1,300 人以上避難させられ、その後 24 の集落から約 1,200 人以上居住地の移動が行われた。筆者はこの地域を 1992 年に訪問したが、その時でも白衣と防護靴の着用を義務づけされた(現在は当地域への入域は厳しく制限されている)。また現在も立ち入り禁止区域が設定されていると聞いている。

次の大きな環境汚染は旧ソ連(現ウクライナ共和国)チェルノブイリ原子力発電所の事故による環境汚染であるが、これについては多くのレポート(注)が刊行されているのでここでは簡単に述べるにとどめる。1986年4月にチェルノブイリ4号機の炉心が爆発して広範囲に放射性物質が環境中に飛散した。チェルノブイリ発電所と福島第一原発事故による環境汚染の大きな違いは、前者では炉が10日間にわたって燃え続けたため放射性ヨウ素やセシウム、ストロンチウムだけでなく、プルトニウムなどの核燃料を構成する放射性物質が飛散したことである(後者の場合は、炉心溶融であったため揮発性のヨウ素、セシウムが環境汚染の主要因である)。また汚染面積も我が国の場合よりはるかに広く、その影響(特に森林汚染)は旧ソ連域だけでなく遠くスカンジナビア半島の国々(フィンランド、スウェーデン)やオーストリアなどに広がった。ここでは1986年から89年に亘って土壌、建物、道路、水源などの除染が行われたが、まだ現在も高濃度汚染地域は立入り禁止となっており、30km圏内の立入り禁止区域では超ウラン元素(プルトニウムやアメリシウム)による汚染のため向こう1,000年間は生産活動ができない地域となっている。以上二つの例では国土が広く、人口集中も少ないため除染は行われたが、我が国のようにきめ細かに行われてはいないのが現状である。

このチェルノブイリの経験がもととなって国際機関が中心となって、事故後の環境修復についての国際的な標準作りが行われた。国際放射線防護委員会(ICRP)では事故後の放射線防護に対する考え方(ICRP Pub. 103 (2007) Fundamental Recommendations)、緊急時の対応(ICRP Pub. 109 (2009) Emergency Situations)、事故後の環境回復(ICRP Pub. 111 (2009) Post-Accident Recovery)を刊行している。また国際原子力機関(IAEA)では環境修復についての被ばく線量基準(例: IAEA Safety Guide)、環境修復戦略などのレポートが出されており、これらは福島を事故を受けて現在改訂作業が行われている。また、欧州委員会が主導して今後チェルノブイリのような事故が起こった場合に備え、EURONOS プロジェクトを立ち上げ、「欧州における居住エリア管理ハンドブック」、「飲料水管理ハンドブック」、「食料生産管理ハンドブック」を含め4種類のガイドブックを作成している。一方、英国でもウィンズケール原子力複合施設を長年稼働させてきており健康管理局(Health Protection Agency)が「環境回復ハンドブック」(2009年)

を刊行し、2015 年 6 月には「放射線と化学汚染からの環境回復ハンドブック」を作成している。

次に極めて特異な例を二つほど紹介する。1987 年 9 月にブラジル ゴイアニアで廃病院に忘れられていた Cs-137 のキャプセルが盗難にあい、その中に有用金属があるとのうわさのため、そのキャプセルが開封されて Cs-137 が市街地に拡散し広さ 1 km²が汚染された。この出来事は地域住民に大きな不安を引き起こした。この環境回復のため 200 人ほどの住民の避難、家屋の解体、土壌のコンクリートによる被覆、表面土壌の剥ぎ取りを行い汚染の除去を行った。もう一つの事例はスペイン上空で 1966 年に核爆弾 4 個を積載した米軍用機が衝突墜落して、2 個の爆弾からプルトニウムが飛散してパロマレス地域の環境汚染を引き起こした。これにより 4 地点が汚染され合計約 5 万 m³の土壌が汚染された。そして土壌を除去するとともに、土壌の除染としてふるい分けが行われた。ここでも住民の懸念は大きく、その払拭に環境修復作業、住民との対話などが実施された。

最後に、イギリス、フランス、アメリカでは 1950 年代から使ってきた原子力複合施設があり、そこでも土壌などの汚染対策が行われている。例えば米国ハンフォード施設(施設全体は東京 23 区の 2.4 倍ほどの面積があり一般住民の立ち入り、居住は禁止されている)では土壌や地下水が汚染し、世界で最も大規模なクリーンアッププログラムが 1989 年から行われており完成には 2050 年までかかるとしている。このようないずれの場合でも、また福島での経験のように地元の理解には最大限の努力が必要であり、そのために指摘されているのは事故の説明、環境修復への関係者(住民、地域代表者、事業者、規制部局、行政など)の関与(Stakeholder involvement)である。いずれの修復の場合にもこれはトッププライオリティに上げられており、それなくして環境回復は効率的にすすめられない。筆者の知人で米国サバンナリバー施設で住民との対話を担当していた女史は、米国はこれまで地域との対話には長い経験があるが、日本はまだそれに比べ入り口のレベルに過ぎない、今後福島の場合をもとに学んでいく必要があると言っていたのが印象的である。

また上記に述べたように、これまでに事故を受けその環境修復についての基準、ガイドブックが作成されているが、多くの国ではそのような事故が起こった場合に住民の避難、警戒区域の設定、環境修復などをどのように行うのか戦略が構築されていない場合が多く、事前の法整備とともに事故後ただちに住民の安全を確保し、早期にその環境が回復できるような仕組みを作っておく必要がある。

注) 代表例: Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience; Radiological Assessment Reports Series, IAEA 2006)

2.2 除染の意義と目標

2.2.1 除染の意義と必要性

(1) 除染とは何か

福島第一原発事故に伴う除染作業は、生活する空間において受ける放射線の量を減らすために、放射性物質の除去や遮へい等を行ったものであり、以下の3つの方法による³⁵。

①取り除く（除去）

放射性物質が付着した表土の削り取り、枝葉や落ち葉の除去、建物表面の洗浄等により、放射性物質を生活圏から取り除く。

②遮る（遮へい）

放射性物質を土やコンクリートなどで覆うことで、放射線を遮ることができるため、結果として空間線量や被ばく線量を下げることができる。

③遠ざける

放射線の強さは、放射性物質から離れるほど弱くなる。このため、放射性物質を人から遠ざければ、人への被ばく線量を下げることができる。また、放射性物質のそばにいる時間を短くすることも「遠ざける」ことになる。



図 2-4 環境中の放射性物質による被ばく線量を下げるときの方法

(2) 除染の必要性

放射性物質は、時間とともに減少（物理減衰）し、また風雨などの自然要因による減衰効果（ウェザリング）もあるため、除染をしなくても放射線量は減っていくが、低減には長い年月が必要となる。このため、汚染地域に居住している住民の被ばく線量低減、避難住民の早期帰還、早期生活再建に向け、少しでも早く放射線量を減らすために、除染が必要となる。

事故由来の放射線量の減り方

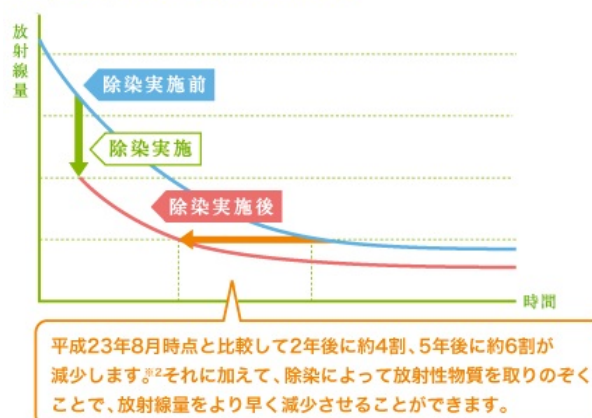


図 2-5 放射線の自然減衰

³⁵ 環境省「[除染情報サイト](http://josen.env.go.jp/about/method_necessity/index.html)」（http://josen.env.go.jp/about/method_necessity/index.html）

2.2.2 放射線防護の考え方と除染の目標

(1) ICRP 勧告と放射線防護の基準

ICRP は、放射線防護措置に関する世界的な科学者・専門家から構成される国際機関であり、ICRP の勧告は、放射線防護に関する国際基準として広く認められている。各国政府は、ICRP の勧告において示される基本的な考え方、IAEA が作成する放射線防護の指針などを基に、具体的な防護措置を実施している。

ICRP の 2007 年勧告 (ICRP Publication 103)³⁶では、事故などによって被ばく源が制御できなくなってしまった場合には、「緊急時被ばく状況」として、年間又は 1 回の被ばくで 20～100mSv の範囲で、状況に応じて適切な参考レベルを設定し、防護対策の計画・実施の目安とすることとされている。その後、回復や復旧の時期（「現存被ばく状況」）では、長期目標は「被ばくを通常と考えられるレベルに近い、あるいは同等のレベルまで引き下げること」であることから、参考レベルは年間 1～20mSv の範囲の下方部分から選択すべきとしている。

(2) 避難指示の基準

福島第一原発事故の初期防護措置においては、「原子力施設等の防災対策について（昭和 55 年 6 月 30 日原子力安全委員会）」に規定された防災指針を参照しつつ、避難区域の設定等が行われたが、防災指針は短期間の避難や屋内退避を想定したものであり、我が国には、長期にわたる防護措置のための指標がなかった。このため、ICRP 勧告において緊急時被ばく状況に適用することとされている参考レベルの範囲 20～100mSv の下限であり、最も厳しい値に相当する 20mSv/年が避難を要する参考レベルとして適用された³⁷。

(3) 一般公衆の放射線防護

学校の利用については、文部科学省は、平成 23 年 4 月 19 日に「福島県内の学校の校舎・校庭等の利用判断における暫定的考え方について」を公表し、ICRP 勧告の現存被ばく状況の参考レベルの年間 1～20mSv の上限値に合わせ、学校校庭の利用基準を空間線量率で毎時 3.8 μ Sv（被ばく線量 20mSv/年は、16 時間の屋内（木造）、8 時間の屋外活動という生活パターン、木造家屋の遮蔽の低減率 0.4 を想定すると、屋外の空間線量率では 3.8 μ Sv/時に相当する。）とする方針とした。その後、より安全側に立った形で、8 月 26 日に「福島県内の学校の校舎・校庭等の線量低減について」を公表し、「福島県内の児童・生徒が学校で受ける放射線量に関し年間 1mSv 以下を目指す」とした。

一般住民等の放射線防護の考え方については、原子力安全委員会が平成 23 年 7 月 19 日に公表した「今後の避難解除、復興に向けた放射線防護に関する基本的な考え方について」では、「現存被ばく状況に適用されるバンドの年間 1～20mSv の下方の線量を選定することとなる。その際、状況を漸進的に改善するために中間的な参考レベルを設定することもできるが、長期的には、年間 1mSv を目標とする。」とされた。

³⁶ The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP Publication 103、邦訳版：社団法人日本アイソトープ協会「国際放射線防護委員会の 2007 年勧告」（平成 21 年 8 月）

³⁷ 原子力災害対策本部「[避難指示区域の見直しにおける基準（年間 20mSv 基準）について](#)」（平成 24 年 7 月）

(4) 放射性物質汚染対処特別措置法の基本方針

「除染推進に向けた基本的考え方（平成 23 年 8 月 26 日、原子力災害対策本部）」において、推定年間被ばく線量（医療被ばくは除く、以下同。）が 20mSv を下回っている地域においても、市町村、住民の協力を得つつ、効果的な除染を実施し、推定年間被ばく線量が 1 mSv に近づくことを目指すなどの方針が示され、放射性物質汚染対処特別措置法に基づく基本方針にも引き継がれている。

放射性物質汚染対処特別措置法に基づく基本方針においては、除染等の措置についての目標が示されており、平成 23 年 8 月現在の年間追加被ばく線量が 20mSv 以上の地域を段階的かつ迅速に縮小すること、20mSv 未満の地域では、長期的に年間 1 mSv 以下になることが目標とされた。

この長期目標としての年間追加被ばく線量 1 mSv は、本来、人の追加被ばく量を対象にしているものであって、除染のみならず、他の防護策を含めて達成すべき政府全体の目標であるにもかかわらず、本基本方針において、この数値を単純に引用したこと等により、除染のみで達成する目標であるかのように受け取る意見がみられた。

(5) 汚染状況重点調査地域の指定基準と除染方法

「除染に関する緊急実施基本方針（平成 23 年 8 月 26 日 原子力災害対策本部）」において、年間 20mSv 以下の地域において追加被ばく線量が年間 1 mSv 以下となることを長期的な目標とした。また、除染の進め方として、年間 1 ～20mSv の間の地域の中でも比較的線量の高い地域においては、面的な除染が必要と考えられるが、比較的線量が低い地域においては、放射性物質の物理的減衰及び風雨などの自然要因による減衰（ウェザリング効果）などを勘案すると、基本的に面的な除染は必要なく、側溝や雨樋など局所的に高線量を示す箇所の除染が重要とした。

これを踏まえ、第 2 回環境回復検討会（平成 23 年 9 月 27 日）において、汚染状況重点調査地域の指定の要件を追加被ばく線量が年間 1 mSv を超える地域とし、実際には空間線量率毎時 $0.23 \mu\text{Sv}$ を指定要件とした。この換算方法は、文部科学省による「福島県内の学校等の校舎・校庭等の利用判断における暫定的考え方」（平成 23 年 4 月 19 日、23 文科ス第 134 号）において、年間 20 mSv を毎時 $3.8 \mu\text{Sv}$ に換算した際に用いられた方法を参考としている。

当該指定要件については、平成 23 年 11 月 22 日に「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法の規定に基づく放射線障害の防止に関する技術的基準の策定について（諮問）」において環境大臣が放射線審議会会長に諮問を行い³⁸、同年 12 月 13 日に妥当であるとの答申が同会長より示された³⁹。これを踏まえ、同年 12 月 14 日に「[汚染廃棄物対策地域の指定の要件等を定める省令（平成 23 年環境省令第 34 号）](#)」が公布された。

基準を検討していた当時は、放射線物質による広域汚染が生じた場合に被ばく線量を空間線量率から換算するための知見の集積が十分でない中で、安全側に立って算出した数値であるが、一方で安全側に立って遮へい効果は考慮すべきでないという意見、他方で遮へい効果、滞在時

³⁸ 環境省「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法の規定に基づく放射線障害の防止に関する技術的基準の策定について（諮問）」（平成 23 年 11 月 22 日）

³⁹ 放射線審議会「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法の規定に基づく放射線障害の防止に関する技術的基準の策定について（答申）」（平成 23 年 12 月 13 日）

間などもっと現実的な係数を用いるべきという意見がみられた。

(6) 追加被ばく線量の考え方

汚染状況重点調査地域を指定するにあたり、一定の仮定をおけば空間線量率の測定により追加被ばく線量を推定することができると考えられた。福島第一原発事故における放射線防護では、ある仮定の下に、追加被ばく線量年間 1 mSv は、1 時間当たりの空間線量率に換算すると、毎時 0.23 μ Sv にあたるとされ、その仮定の考え方は以下のとおりである⁴⁰。

- ・事故とは関係なく、自然界の放射線が元々存在し、大地からの放射線は年間 0.38 mSv⁴¹（毎時 0.04 μ Sv）である。
- ・空間線量率が空間的にも時間的にも一定の地域にいる人が、1 日のうち屋外に 8 時間、屋内（遮へい効果 0.4 倍のある木造家屋）に 16 時間滞在するという生活パターンを送ることを仮定すると、その人の追加被ばく線量年間 1 mSv は空間線量率で毎時 0.19 μ Sv に相当する。

※毎時 0.19 μ Sv $\times$ (8 時間 + 0.4 $\times$ 16 時間) $\times$ 365 日 = 年間 1 mSv

- ・NaI シンチレーション式サーベイメータによる空間線量率の測定では、事故による追加被ばく線量に加え、自然界からの放射線のうち、大地からの放射線分が測定されるため、0.19 μ Sv + 0.04 μ Sv = 毎時 0.23 μ Sv が、追加被ばく線量年間 1 mSv にあたる。

なお、上記は汚染状況重点調査地域の範囲を定めるために、安全側に立った仮定（すなわち保守的な仮定）の下での簡易的な推計方法である。実際の生活の中で個人が受ける外部被ばく線量は推計値とは異なり、屋外に滞在する時間は仮定の 8 時間より短い場合が多い、屋内の遮へい率は建物の種類等によって異なる（例えば、コンクリート造では係数は 0.2）、空間線量率は時間経過により減衰するとともに生活の中で滞在・移動する場所によって異なる等により、一般的には推計値よりも低くなりうるという意見がみられた。

⁴⁰ 環境省「[追加被ばく線量年間 1 ミリシーベルトの考え方](#)」（平成 23 年 10 月 10 日）

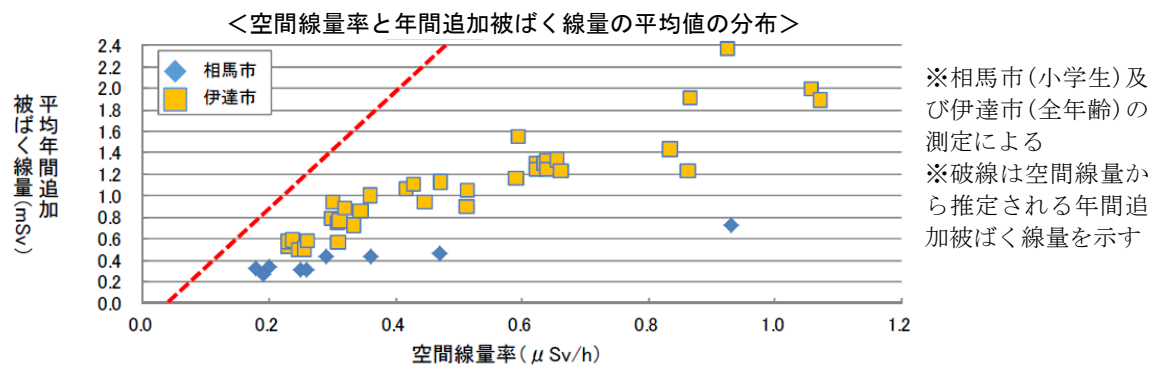
⁴¹ 環境省・放射線医学総合研究所「[放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成 28 年度版](#)」

解 説

空間線量率と個人が受ける追加被ばく線量

福島県では、平成 23 年度から市町村により子供・妊婦を中心として個人線量計による被ばく線量の把握が行われている。相馬市及び伊達市における空間線量率（平均）と個人追加被ばく線量（平均）の相関を見ると、平均空間線量率が $0.23 \mu\text{Sv/h}$ を超える地域であっても、平均個人追加被ばく線量は 1mSv を超えない場合がみられる。（下図参照）

また、平成 24 年度に福島県の各市町村で測定された個人線量計による被ばく線量は、浜通り A 自治体 0.4mSv/年 （地域の空間線量率による推定値 2.9mSv/年 ）、浜通り B 自治体 0.7mSv/年 （同 2.1mSv/年 ）、中通り F 自治体 0.6mSv/年 （同 2.4mSv/年 ）、会津地方 P 自治体 0.2mSv/年 （同 0.7mSv/年 ）と、空間線量率から推定される被ばく線量に比べて低い値であり、個人の生活や行動によるばらつきも大きいことが確認されている。



出典：除染に関する有識者との意見交換会～国と 4 市におけるこれまでの知見から今後を考える～ファクトブック（平成 26 年 8 月 1 日）