

はじめに

1. 除染に至る背景と経緯

2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第1原子力発電所事故(以下、福島原発事故)により、事故由来の放射性物質による環境の汚染が生じています。地上に降下・沈着した半減期の長い放射性物質は、住宅やその敷地をはじめとして、森林、農地、グラウンドあるいは道路等、国土のあらゆる所に多量に残存しています。そのため、放射性物質の人の健康または生活環境に及ぼす影響を速やかに低減することが喫緊の課題となっています。

2011年8月、国の原子力災害対策本部(以下、原災本部)において、「除染に関する緊急実施基本方針」¹⁾が決定され、除染の迅速な実施が閣議決定されました。この基本方針の中で、除染の基本的考え方として、「国は責任をもって除染を推進すること」また「除染モデル実証事業や経験等を通して、効果的な除染を実施するための除染技術とその適用方法、除染費用の積算あるいは除染に当たっての留意事項など、除染に必要となる情報²⁾を継続的に提供する」ことが明記されています。また、同時に、各市町村が効率的・効果的に除染を実施するために必要な事項について定める「市町村における除染実施ガイドライン」³⁾が原災本部から提示されました。

一方、放射性物質による環境汚染への法的な対応として、2011年8月に「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」(以下、放射性物質汚染対処特措法)が議員立法により可決・成立し、公布されました⁴⁾。また、同法に基づき、放射性物質による環境汚染への対処についての基本的な方向性を示すものとして「放射性物質汚染対処特措法基本方針」⁵⁾が策定されました。この基本方針は、前述の原災本部の緊急実施基本方針を引き継ぐものとして位置づけられています。

その後、国は「除染技術カタログ」²⁾あるいは「除染関係ガイドライン(第1版)」等

を策定し公表をするなど、効率的・効果的に除染を実施するために必要な関係規程類の整備を行いました。なお、除染関係ガイドラインは2013年5月に改定され、「除染関係ガイドライン(第2版)」⁶⁾として公表されています。現在、この「改定第2版」に準拠して除染作業が進められています。

除染の対象には、土壌、工作物、道路、河川、湖沼、海岸域、港湾、農用地、森林等が含まれ、極めて広範囲にわたるため、まず、人の健康の保護の観点から必要である地域について優先的に除染を進めていくことが肝要です。また、土壌等の除染に係る目標値については、国際放射線防護委員会(ICRP: International Commission on Radiological Protection)の2007年基本勧告⁷⁾および原子力安全委員会の「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」⁸⁾等を踏まえて設定されています。

2. 技術進展のための除染関係事業

国は、除染技術の進展を図るために、独立行政法人日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)に「除染関係事業」を委託しました。除染関係事業は、年間の追加被曝線量が20 mSv(ミリシーベルト)を超えるような高線量の地域を主な対象とし、土壌等の除染措置を効率的・効果的に実施するため、除染技術(除染方法)や作業員の放射線防護に関わる安全確保の方策を確立することを主な目的として次の2つの事業から構成されています。1つは「除染モデル実証事業」であり、2つは「除染技術実証試験事業」です。後者は、新たな除染技術を民間等から公募により発掘して実証試験を行い、その有効性を評価することを目的としています¹²⁾。

第一の除染モデル実証事業は、年間の追加被曝線量が20 mSvを超えている放射線量の高い地域を主な対象とし、土壌等の除染措置に係る効率的・効果的な除染方法や作業員の放射線防護に関わる安全確保の方策を確立することを主な目的としています。

具体的には、警戒区域や計画的避難区域等に含まれる11の市町村(田村市、南相馬市、川俣町、広野町、楡葉町、富岡町、川内村、大熊町、浪江町、葛尾村、飯館村)の市町村ごとに一定面積の対象区域を設定し、実用可能と考えられる除染方法等について実証試験を行い、除染効果についての解析等を行うとともに、今後の本格的除染の実施に当たって活用し得るデータの取得・整備を行います。また、これらの取り組みの結果を踏まえ、今後の国や自治体等が除染事業を推進していく際に参考となる「除染に関する手引き書」¹²⁾の原案を作成しています。

第二の除染技術実証試験事業は、実用可能と考えられる有望な新たな除染技術を、民間等も含めて広く公募により発掘し、実証試験を行うことによりその有効性を評価し、今後の除染の実施に役立てることを目的としています。

3. 除染関係ガイドラインの改定

国(環境省)では、放射性物質汚染対処特措法に基づき、土壌等の除染措置の基準や除去土壌(放射性廃棄物)の処理の基準を定める環境省令などを具体的に説明する「除染関係ガイドライン(第1版)」を、2011年12月に策定したことをすでに述べました。この「第1版」の策定から1年以上が経過し、前述の除染関係事業等による新たな除染技術の開発・改良あるいは実際の除染作業からの知見が蓄積されてきていることなどを踏まえ、2013年5月に「除染関係ガイドライン(第2版)」⁶⁾が取りまとめられ公開されました。

「改定第2版」の取りまとめに当たっては、これまでの除染作業に関する知見等の結果の分析を実施し、2013年1月には「国および地方自治体がこれまでに実施した除染事業における除染手法の効果について」⁹⁾を公表し、広く意見を募っています。また、同じ2013年1月には、除染において不適正な作業が行われているとの報道があり、除染適正化プログラムを策定し、改定第2版の中に盛り込んでいます。さらに、専門家や除染に係わった有識者、地元の自治体との意見交換等を行い、これらの意見も踏まえて検討を加えて改定第2版が公開されるに至っています。

4. 除染事業の進捗状況

わが国にとって、放射性物質による国土の汚染はもちろん、除染という概念を実行に移すことも初めての経験です。除染関係ガイドラインに盛り込まれた除染技術に係わる事項も発展途上にあり、今後さらに改良されていくものと考えられます。

このような状況の下、2012年1月から本格的除染に入ったわけですが、技術の試行錯誤や不適切除染が続いており、除染の進捗状況は、事故後約2.5年が経過した現在において、予定通り進んでいるとは言い難い状況です。汚染の程度が比較的低い田村市などでは除染事業が進んでいますが、汚染の程度が高い葛生村、川俣町、浪江町、大熊町や南相馬市では、本格的な除染が始まっていないところもあります。また、田村市と楢葉町以外においては、農地の除染にはほとんど手がつけられていないようです。

除染が進まない原因の一つに仮置場の建設の遅れが指摘されています。仮置場の

逼迫あるいは財政的なことも考慮すると、国が目標とする時期に除染が終了することは考えにくく、今後、かなり長期間にわたって除染事業は続くと考えざるをえません。家屋や宅地あるいは道路など、住宅地近辺の放射線量が目標値まで低減したとしても、田畑あるいは森林での仕事が必要な人々、また未帰還の企業で働いていた人々は、自分の住宅に帰還できたとしても仕事はなく生活は成り立たないでしょう。一つの集団の社会として町や村落が成り立つためには、各種の業種がほぼ従来どおりに集まる必要があります。

国は、除染の進捗および住民の早い帰還を目指して、事故直後に設定された警戒区域(原発から20キロ圏)とその外側の計画的避難区域を、2011年末に、次の3つに再編することを決定しました。なお、再編成については第2章で詳しく述べます。

- ① 帰還困難区域(年間線量 50 mSv 超)：2012年3月から数えて5年以上戻れない。
- ② 居住制限区域(同 20 超～ 50 mSv)：数年で帰還をめざす。
- ③ 避難指示解除準備区域(同 20 mSv 以下)：早期帰還をめざす。

5. 本書の内容

本書は、放射性物質汚染対処特措法とその規則等に盛られている規程類に基づくとともに、原子力機構に委託して実施した除染モデル実証事業および除染技術実証試験事業、環境省主体の各種除染技術実証事業等から得られた技術的な情報、あるいは、今までの除染作業の経験に基づいて、除染に関する教科書あるいは参考書として、読みやすくそして理解しやすいように取りまとめたものです。

第1章では、放射能等に関する基礎的知識をまとめます。放射能と放射線の違い、ベクレル(Bq)とシーベルト(Sv)の意味と違い、放射線の人の健康への影響、環境中における放射性物質(福島原発事故では放射性セシウム)の挙動、土壌と放射性物質の相互作用などについて解説します。

第2章は除染に係わる法令と規程類を扱います。国の除染への取り組み方や目標、そのための放射能汚染対処特措法と規則、国際放射線防護委員会(ICRP)の基準類、指定廃棄物の処理方法に関する規則等をまとめます。

第3章では、除染を始めるときに考えておかなければならない事項、すなわち、除染の原理や枠組み、除染モデル実証事業の結果の活用、除染作業計画の立案の方法等について説明します。

第4章は除染におけるモニタリングを扱います。モニタリングは除染にとって非常に重要な事項であり、どのような除染作業においても、除染開始時と終了後のモ

ニタリングは欠かせません。ここでは、モニタリング計画とその実際、放射線測定機器の種類や測定手法などについてまとめます。

第5章においては土地利用区分ごとの除染方法について解説します。除染対象とする場所は、森林、農地、宅地・建物、グラウンドおよび道路です。対象ごとに除染方法を示すとともに残された課題についても触れます。

第6章では、除染作業として洗浄等の手法を適用した場合に排出してくる洗浄水(排水)の処理方法およびプール等に溜まっていた滞留水の処理方法を解説するとともに、除去物の減容化の方法についてまとめます。

第7章では、除去物の仮置場および現場保管場の整備と維持管理を検討します。仮置場等に要求される施設要件と管理要件について説明し、仮置場等の建設における場所の選定や設計上の留意事項、仮置場完成後の監視項目や監視要領あるいは留意事項などをまとめます。除染作業者の被曝管理について最後に検討します。

第8章では、公募等による除染と減容に関する個別技術として、自衛隊による試行的除染における個別技術(これは公募による個別技術ではありません)、内閣府および環境省が原子力機構に委託して実施した除染技術実証事業における個別技術について、それらの実証試験の結果(効果)および評価(適用の可否)についてまとめて示します。

実際の除染作業や除去物(廃棄物)の処理においては、技術的条件に加えて、社会的・制度的な条件等を踏まえつつ、放射性物質汚染対処特措法規則や除染関係ガイドラインに定められた規程等に従い実施されます。種々制約事項が多いのですが、除染の柱はやはり技術とその組み合わせです。規程等に従って、また、その応用動作として技術が活用されることが、除染を円滑に進行させると考えられます。

除染に関する技術的事項を取りまとめた本書が、除染事業に係わる実務者や除染行政等に携わる方々あるいは今なお苛酷な生活を強いられている被災住民の方々にとって、除染の計画や実施において参考となり、除染の早期終了と被災地における生活圏の確立に資することを願っています。また、発展途上にある除染技術のさらなる進歩に役立てば望外の喜びです。

執筆にあたっては、巻末に示す多くの公的・私的機関の文献・資料を参考にさせてもらうとともに、多くの図表や写真を引用させていただきました。文献・資料を参照・引用させていただきました各機関の方々に御礼申し上げますとともに、種々ご教示やご助言いただいた各位に対して感謝申し上げます。内容等については説明不

十分な事項や誤謬などもあろうかと思えます。読者の皆さんからのご意見等をいただければ幸いです。

2013年8月

著 者

第1章

除染のための基礎知識

1.1 放射能とは

1.1.1 放射能、放射線、放射性物質

(1) 放射能

世の中のすべての物質は「原子」でできています。私たちの身体も原子の集まりで成り立っています。原子には水素や酸素等いろいろな種類のものがありますが、大部分の原子は安定した性質で、圧力を加えても、熱しても、化学反応を起こしても、他の原子に変わることはありません。

しかし、原子の中のごく一部のものは不安定な性質を持っており、エネルギーを放出して安定した別の原子に変わろうとします。これを「原子核崩壊」と言います。崩壊のときに出るエネルギーが「放射線」です。放射線にはアルファ(α)線、ベータ(β)線、ガンマ(γ)線等があります。放射線を出す物質のことを「放射性物質」と言います。「放射能」とは、放射線を放出する放射性物質の能力を意味します。数量的には1秒間あたりに崩壊する原子の数で示されます。

図1.1のように、放射性物質を線香花火の火種にたとえると、火花は放射線、火種の火花を出す能力が放射能です。電球と光にたとえることもできます。電球は放射性物質、電球の出す光は放射線、光を出す電球の能力(ワット数、カンデラ)は放射能に相当します。

(2) 半減期(放射能の減り方)

放射性物質はもともと不安定な物質で、不安定の元となる余分なエネルギーを放射線として放出しながら、別の物質に変わっていきます。同時に、放射線を出す能力(放射能)がだんだん減っていきます。放射能が半分になるまでの時間を「半減期」と言い、この時間は放射性物質の種類によって決まっています。半減期の概念を図

第6章 除染に伴う洗浄水等の処理

6.1 洗浄水等の処理

6.1.1 洗浄水等

(1) 洗浄水等と処理基準

放射性物質(福島原発事故では、放射性Cs)で汚染された建物や道路等の洗浄に使用した「洗浄水」および福島原発事故以前から溜まっていたプール等の「滞留水」の2つを「洗浄水等」と呼ぶことにします。除染モデル実証事業(以下、除染モデル事業)においては、洗浄水約1,200 m³、滞留水約1,200 m³の処理を実施しています。

洗浄水等の処理は、水中の浮遊物に吸着している放射性Csおよび水中に溶存する放射性Csを洗浄水等から固体として分離します。そして、洗浄水等の放射性Cs濃度(以下、濃度)が基準値以下であることを確認して放流します。洗浄水等の排水基準は、厚生労働省の飲料水に関する暫定基準値である200 Bq/kgを、また、Cs-134が60 Bq/L、Cs-137が90 Bq/Lのように、2種類の放射性物質が混在す場合は、それぞれの濃度÷基準値の和が1以下という、原子力安全委員会の基準を適用し、それぞれの濃度が基準値以下である場合は処理せずに放流します。

(2) 洗浄水等の処理方法の選定

モデル事業においては、洗浄水等の処理量、処理期間、汚染状況等を考慮し、様々な処理手法について試験および本格処理を実施していますが、大熊町における「ろ過処理」を除き、すべての処理方法で排水基準を満足する処理が実施できています。処理方法の選択に当たっての選定の流れを図6.1に示します。

6.1.2 洗浄水等の処理方法

洗浄水等の処理方法は、「ろ過」、「吸着」、「凝集」、「沈殿」の4つの手法を組み合