

「原子力安全」調査専門委員会
放射線影響分科会
活動中間報告書

平成 24 年 9 月 28 日

目 次

1. 活動の目的	3
2. 活動の概要	4
3. 「提言」とその後の対応	7
3-1. 福島第一原子力発電所事故対応に関する提言(平成 23 年 5 月 20 日発出)	7
3-2. 福島第一原子力発電所事故対応に関する提言(平成 23 年 6 月 20 日発出)	9
3-3. 住民避難等の防護対策のあり方に関する提言(平成 23 年 11 月 9 日発出)	11
4. 福島県「安全・安心フォーラム」等への参画	14
4-1. フォーラムの概要	14
4-2. 質問・要望の概要	15
4-3. 代表的な相談項目等	16
4-3-1. 代表的な相談項目	16
4-3-2. 代表的な質問項目	16
4-3-3. 代表的な意見	16
4-4. 今後の対話集会に向けて	17
5. 知見と論点の整理	18
5-1. 保健物理・環境科学的な視点	18
5-1-1. 福島第一原子力発電所事故における大気拡散	18
5-1-2. 福島第一原子力発電所事故における海洋拡散	20
5-1-3. 放射性物質の食品への移行と規制値の考え方について	22
5-1-4. 環境回復に関連した汚染土壌等の管理とその安全	23
5-1-5. 避難解除のめやすと解除後の線量管理	24
5-1-6. 中長期的な環境中放射性核種分布と線量評価(1)	24
5-1-7. 中長期的な環境中放射性核種分布と線量評価(2)	26
5-1-8. 作業者および住民の内部被ばく線量評価	28
5-2. 放射線工学的な視点	30
5-2-1. 緊急時対応の放射線計測技術	30
5-2-2. 緊急時対応の放射線挙動解析技術	32
5-2-3. 環境放射線と放射線測定技術の新展開	33
5-2-4. 放射線防護に用いられる線量概念	34
5-2-5. 汚染分布調査における放射線計測	37
6. 放射線影響に関する今後の課題	39
6-1. 日本原子力学会の役割	39
6-1-1. 保健物理・環境科学部会	39
6-1-2. 放射線工学部会	39

6-1-3. 社会・環境部会	40
6-2. 放射線影響分科会の活動を通しての今後の方針	43
6-3. まとめ	44
7. 参考資料	45
8. 添付資料	

1. 活動の目的

放射線影響分科会は事故発生の直後に設立され、活動を開始した。活動の目的は、「環境および周辺住民と災害対応にあたる防災関係者の被ばくの低減を合理的に達成することに寄与すること」「長期的な視野から、引き続き対応すべき諸課題の検討に寄与し得る客観的な放射線学的情報を整備しておくこと」「原子力災害の特殊性を考慮し、得られた情報を分かりやすい形で国内および世界に発信すること」である。

検討すべき問題が広範囲に及ぶ可能性があることから、日本原子力学会の保健物理・環境科学部会、放射線工学部会、社会・環境部会の3つの部会の混成チームで編成され、主査は保健物理・環境科学部会の占部逸正部会長(当時)(福山大)が務めた。メンバーは以下の表1のとおりである。

表1

氏名	所属
占部逸正 (分科会長)	福山大学
横山須美 (事務局)	藤田保健衛生大学
飯本武志	東京大学
井口哲夫	名古屋大学
稲村智昌	電力中央研究所
岩井敏	日本原子力技術協会
上松幹夫	東芝
佐波俊哉	高エネルギー加速器研究機構
澤田隆	三菱重工
高橋知之	京都大学
高橋浩之	東京大学
中島宏	日本原子力研究開発機構
服部隆利	電力中央研究所
平山英夫	高エネルギー加速器研究機構
三島毅	大林組
百瀬琢磨	日本原子力研究開発機構
諸葛宗男	東京大学
山澤弘実	名古屋大学

2. 活動の概要

当分科会のこれまでの活動の概要を時系列にしたがい整理する。

活動項目				日 程	内 容
A	B	C	D		
○				H23. 4.16(土)	分科会設立準備会
○				H23. 4.30(土)	第 1 回分科会
○				H23. 5.12(木)	第 2 回分科会
	○			H23. 5.20(金)	福島第一原子力発電所事故対応に関する提言
		○		H23. 5.21(土)	福島第一原子力発電所事故に関する緊急シンポジウム(東京) ^{*1}
○				H23. 6.11(土)	第 3 回分科会
	○			H23. 6.20(月)	福島第一原子力発電所事故対応に関する提言
○				H23. 7. 2(土)	第 4 回分科会
		○		H23. 8. 2(日)	平成 23 年度「放射線」夏の学校(仙台) ^{*2}
			○	H23. 8. 4(月)	第 27 回「バックエンド」夏期セミナー(会津若松) ^{*3}
○				H23. 8. 9(土)	第 5 回分科会
	○			H23. 8. 11(月)	事故放出放射性物質の広域影響に関する検討結果
		○		H23. 9. 19(月)	2011 年秋の大会 福島第一原子力発電所事故 特別シンポジウム ^{*4}
		○		H23. 9. 20(火)	2011 年秋の大会 放射線工学部会セッション ^{*5}
		○		H23. 9. 21(水)	2011 年秋の大会 保健物理・環境科学部会セッション ^{*6}
○				H23.10. 1(土)	第 6 回分科会
		○		H23.11. 1(日)	原子力安全国際シンポジウム 福島第一原子力発電所事故の教訓と将来に向けて ^{*7} (東京)
	○			H23.11. 9(水)	住民避難等の防護対策のあり方に関する提言
		○		H23.11.27(日)	第 1 回安全・安心フォーラム(福島)
○				H23.12. 3(土)	第 7 回分科会
		○		H24. 1.29(日)	第 2 回安全・安心フォーラム(郡山)
		○		H24. 2.12(日)	第 3 回安全・安心フォーラム(南相馬)
		○		H24. 2.19(日)	第 4 回安全・安心フォーラム(いわき)
		○		H24. 3.20(火)	2012 年春の年会 原子力安全調査専門委員会報告 ^{*8}
		○		H24. 3.20(火)	2012 年春の年会 保健物理・環境科学部会セッション ^{*9}
		○		H24. 3.21(水)	2012 年春の年会 放射線工学部会セッション ^{*10}
○				H24. 4. 7(土)	第 8 回分科会

			○	H24. 5.13(日)	第 1 回除染の推進に向けた地域対話フォーラム(福島)
		○		H24.6.17(土)	日本原子力学会シンポジウムー東京電力福島第一原子力発電所事故後の取り組みー ^{*11} (福島)
○				H24.7.28(土)	第 9 回分科会
			○		第 2 回除染の推進に向けた地域対話フォーラム(会津若松)

A : 放射線影響分科会会議開催

B : 分科会「提言」「知見」の公表

C : シンポジウム、フォーラム等の開催、参画

D : (分科会、関連部会以外の)他団体への協力

- *1 一般社団法人 日本原子力学会「原子力安全」調査専門委員会
福島第一原子力発電所事故に関する緊急シンポジウム(東京)
セッション「放射線影響分科会報告」
講演(1)「放射線影響分科会の活動」 占部逸正(分科会主査・保物・環境部会長)
講演(2)「汚染状況に関する情報整理」 服部隆利(保物・環境副部会長)
講演(3)「大気拡散の状況と放出率の推定」 山澤弘実(保物・環境副部会長)
- *2 平成 23 年度「放射線」夏の学校
セッション「今こそ知ってほしい！ 放射線の基礎と安全の考え方」
講演(1)「放射線防護の歴史と ICRP Pub.103」 横山須美(藤田保健大)
講演(2)「長期の被ばく状況における放射線防護」 飯本武志(東大)
- *3 第 27 回「バックエンド」夏期セミナー
セッション「福島原発事故収束に向けたバックエンド領域の論点(I)」
講演「放射線影響分科会からの論点」 飯本武志(東大)
- *4 一般社団法人 日本原子力学会「2011 年秋の大会」「原子力安全」調査専門委員会
福島第一原子力発電所事故に関する特別シンポジウム
セッション「環境影響、線量評価および放射能計測の現状と見通し」
講演(1)「放射能分布の現状」 中村尚司(東北大)
講演(2)「作業員および住民の内部被ばく線量評価」 百瀬琢磨(JAEA)
講演(3)「放射線計測の留意点」 井口哲夫(名大)
- *5 一般社団法人 日本原子力学会「2011 年秋の大会」放射線工学部会セッション
セッション「原子力発電所事故と放射線工学技術の関わり」
講演(1)「緊急時対応の放射線計測技術」 井口哲夫(名大)
講演(2)「緊急時対応の放射線挙動解析技術」 上松幹夫(東芝)
- *6 一般社団法人 日本原子力学会「2011 年秋の大会」保健物理・環境科学部会セッション
セッション「福島第一原子力発電所事故による放射線災害と対策」

- 講演(1)「放射性影響分科会の調査結果の概要」 山澤弘実(名大)
 講演(2)「福島第一原子力発電所事故における大気拡散」 永井晴康(JAEA)
 講演(3)「福島第一原子力発電所事故における海洋拡散」 小林卓也(JAEA)、津旨大輔(電中研)
 講演(4)「放射性物質の食品への移行と規制値の考え方について」 高橋知之(京大)
- *7 原子力安全国際シンポジウム 福島第一原子力発電所事故の教訓と将来に向けて
 【講演IV】 福島第一原子力発電所事故以降の原子力安全に関する学会の活動
 講演(4)「福島原子力災害に係る放射線影響分科会の活動」 占部逸正(分科会主査)
- *8 一般社団法人 日本原子力学会「2012年春の年会」「原子力安全」調査専門委員会
 「東京電力福島第一原子力発電所事故調査企画セッション」
 講演(2)「放射線影響分科会報告」 占部逸正(分科会主査)
- *9 一般社団法人 日本原子力学会「2012年春の年会」保健物理・環境科学部会セッション
 セッション「環境回復における保健物理・環境科学分野の役割」
 講演(1)「環境回復に関連した汚染土壌等の管理とその安全」 飯本武志(東大)
 講演(2)「避難解除のめやすと解除後の線量管理」 杉浦紳之(放医研)
 講演(3)「中長期的な環境中放射性核種分布と線量評価」 斉藤公明(JAEA)
- *10 一般社団法人 日本原子力学会「2012年春の年会」放射線工学部会セッション
 セッション「福島第一原発事故対応に係る環境放射線測定」
 講演(1)「環境放射線と放射線測定技術の新展開」 高橋浩之(東大)
 講演(2)「放射線防護に用いられる線量概念」 岩井敏(原技協)、佐藤理(三菱総研)
 講演(3)「汚染分布調査における放射線計測」 伊藤主税(JAEA)、眞田幸尚(JAEA)
- *11 日本原子力学会シンポジウムー東京電力福島第一原子力発電所事故後の取り組みー
 放射線による健康影響と防護のための対策 高橋知之(放射線影響分科会)

3. 「提言」とその後の対応

3-1. 福島第一原子力発電所事故対応に関する提言(平成 23 年 5 月 20 日発出)

本提言全文を、添付資料 8-1-1 に示す。

福島第一原子力発電所事故対応に関する提言(平成 23 年 5 月 20 日発出)主文	
1	事故収束後の環境回復措置と避難解除に向けたロードマップ(工程表)を早急に作成して周知すること。
2	空間線量率や、放射性物質の土壌濃度等のマップを早急に作成するとともに、これまでに得られている情報を系統的に整理し、住民に理解しやすい方法で公開すること。情報の公開にあたっては、住民の不安や社会的影響に配慮し、情報の理解のための丁寧な説明を加えるとともに、今後の対応方針等について、あらかじめステークホルダー(住民、地元自治体等の関係者)と十分に協議すること
3	今後、環境への放射性物質の放出を可能な限り低減することが最重要である。万一、事故の収束までの間に、現状の放出量を大きく超え、追加の緊急時対策が必要な程度の放射性物質を放出せざるを得ない場合や、計画外の放出がなされてしまった場合は、防災指針の基準に従い、大気中の放射性物質が到達する可能性のある地域に対して、事前に屋内退避等の勧告を行うこと。
4	海水、海底土及び海産物中の放射性物質濃度の調査を詳細かつ継続的に実施し、線量評価を実施した結果を周知すること。
5	事態の長期化及び放射性物質に対する不安から、住民や作業員には健康面あるいは精神面で大きな負荷が生じている。作業員の被ばく管理を確実にを行うとともに、放射線、医療、心理学の各専門家を避難所等に配置し、住民の被ばく管理を含めた健康管理、精神的・心理的ケアを十分に行うこと。
6	日本原子力学会を始めとする関連学会との連絡を密にして、専門家集団としての学会を有効に活用し、事故の収束に向けて全日本で取り組む体制を整えること。

「提言 1」では、この時点ではまだロードマップの策定等は行われていなかったが、平成 23 年 8 月 26 日に除染実施に関する政府の基本的考え方が原子力災害対策本部において決定された。このなかでは、積算被ばく線量が年間 20mSv 以上の地域を緊急時被ばく状況にあるとして、住民の帰還が実現するまで国が主体的に除染を実施するとした。また、積算被ばく線量が年間 1mSv から 20mSv の地域は現存被ばく状況にあるとして、追加被ばく線量を年間 1mSv とするために、市町村が除染計画を作成して実施し、国はガイドラインを提示するとともに、専門家の派遣、財政支援により円滑な除染を支援するとした。

また、平成 23 年 12 月 26 日には、避難指示区域を新たに「避難指示解除準備区域」、「居住制限区域」、「帰還困難区域」に分類することとし、平成 24 年 8 月現在も現在警戒区域及び計画的避難区域の分類が進められている。

環境回復措置と避難解除等においては、あらかじめステークホルダーと十分に協議する

とともに、その実行段階においても十分に情報交換、意見交換を実施し、地元の状況に基づいた柔軟な対応が必要である。

「提言 2」では、まだ本提言作成時点では詳細なモニタリング情報に基づくマップはとりまとめられていなかった。このため、当分科会では、平成 23 年 4 月の時点で公表されていた線量マップや土壌マップの特徴を考慮した上で、学会からの提言をまとめるための参考にするため、空間線量率マップを作成し、緊急シンポジウムにおいて報告した。この後、文部科学省によって放射線量等分布マップの作成等が進められ、平成 23 年 8 月 2 日に、まず線量測定マップが公表された。その後、土壌濃度マップが、放射性セシウムについては 8 月 30 日、ヨウ素については、9 月 21 日、ストロンチウム及びプルトニウムについては 9 月 30 日、テルル 129m 及び銀 110m については 10 月 31 日に相次いで公表された。また、河川水・井戸水における放射性物質濃度が 10 月 20 日公表されている。これらの結果は報告書として公開されるとともに、その後も新たな測定結果が逐次公表されている。また、他の省庁や自治体等においても種々のモニタリングが実施され、その結果が公表されている。

今後に必要なモニタリングを継続して実施するとともに、これらの情報を分析して、事故直後の住民の線量評価や、今後の線量予測、住民帰還に関する今後の対応方針の策定等に十分に活用することが重要である。また、これらの情報を集約してデータベース化し、今後の評価に活用することも重要な課題である。

「提言 3」は、結果として幸いにも本提言後に「現状の放出量を大きく超え、追加の緊急時対策が必要な程度の放射性物質を放出せざるを得ない場合や、計画外の放出がなされてしまった場合」は発生しなかった。今後も継続して敷地内あるいは敷地周辺における放射線量等の監視を行い、不測の事態に対する備えを怠らないことが重要である。また、後述するように、今回の教訓を今後の防災対策に十分反映させることが肝要である。

「提言 4」は、保健物理・環境科学部会の部会企画として「福島第一原子力発電所事故における海洋拡散」をとりあげ、海洋拡散に関し、海洋モニタリングやモデルによる拡散状況の把握等や、今後の課題について検討した。海洋中の放射性物質の移行挙動を把握することは、今後の漁業の復興に向けて重要であるとともに、国境を越えた世界的な汚染の拡散の観点からも重要であり、今後の継続した研究が望まれる。

「提言 5」は、自治体や関係機関等により、事故初期段階における避難所でのスクリーニング検査が実施され、その後も線量測定・評価、行動調査等が実施されている。また、住民の健康影響への不安に応えるため、専門家による説明会が開催されている。当分科会としても、福島県「安全・安心フォーラム」等へ参画し、住民の方々への説明、対話集会への参加等を行っている。

今後も引き続き、健康影響への長期的な調査、環境回復の段階に応じたきめ細やかな住民への説明の実施とともに、その体制のあり方、初期段階の情報提供のあり方についての検討が望まれる。

「提言 6」は、初期の対応段階においては、各学会等がそれぞれの分野について独自に対応

を進めたが、日本学術会議の小委員会等における意見交換、種々のシンポジウムにおける後援、協賛等によって学会間の連携が図られた。住民の方々の不安、疑問点等は多岐にわたっており、これらに十分に答えるためには、今後さらなる連携が望まれる。

3-2. 福島第一原子力発電所事故対応に関する提言(平成23年6月20日発出)

本提言全文を、添付資料 8-1-2 に示す。本提言は、クリーンアップ分科会との協働により作成された。

福島第一原子力発電所事故対応に関する提言(平成23年6月20日発出)主文

すでに広域に放射性物質が存在している状況下における廃棄物の処理処分等の安全確保や取扱いに関する判りやすい考え方を早急に作成し、国や地元自治体の安全対策に活用できるようにすること。

平成23年6月3日、原子力安全委員会は、福島第一原子力発電所事故の影響を受けた廃棄物等(がれき、浄水・下水汚泥、焼却灰、草木、除染活動に伴い発生する土壌等)を対象にして、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の影響を受けた廃棄物の処理処分等に関する安全確保の当面の考え方について」を発表した。考え方の概要は次のとおりである。

- ① リサイクルする場合、再利用して生産された製品は、市場に流通する前にクリアランスレベルの設定に用いた基準(10 μ Sv/年)以下になるよう、放射性物質の濃度が適切に管理されていることを確認する必要がある。
- ② 処理・輸送・保管に伴い、周辺住民の受ける線量が1mSv/年を超えないようにするとともに、処理施設等の周辺環境の改善措置を併せて行うことにより、周辺住民が受ける放射線の量を抑制するように特段の配慮が必要である。
- ③ 処理等を行う作業員が受ける線量についても可能な限り1mSv/年を超えないことが望ましいが、比較的高い放射能濃度の物を取り扱う工程では、「電離放射線障害防止規則」(昭和47年労働省令第41号)を遵守する等により、適切に作業員の受ける放射線の量の管理を行う必要がある。
- ④ 処分の安全性は、処分施設の管理期間終了以後、周辺住民の受ける線量が、基本シナリオに基づく評価において10 μ Sv/年以下であり、変動シナリオに基づく評価が300 μ Sv/年以下であるとの「めやす」に基づき判断する。

ただし、この当面の考え方は、「平常時」における処理処分等を想定して構築されている。すでに広域に放射性物質が存在している状況においては、「平常時」とは異なり、除染等による環境修復のために処理処分等が行われるという特徴を鑑みて、その安全を確保することが適切である。このためには、放射性物質の存在状況を考慮した短期的な対応措置や環境修復の目標となる長期的な基準との整合やバランスを考慮し、関係者(住民、地元自治体等)による合意形成を図っていくことが極めて重要であることから、放射線影響分科会は、クリーンアップ分科会と協働して、上記の緊急提言を行った。

一方、この緊急提言の発表とほぼ同時期に、環境省から新しい方針が発表された。福島

第一原子力発電所事故の影響を受けた廃棄物等(がれき、浄水・下水汚泥、焼却灰、草木、除染活動に伴い発生する土壌等)のうち、がれきなどの災害廃棄物については、上述の原子力安全委員会の当面の考え方に基づき、環境省に設置された災害廃棄物安全評価検討会が、平成 23 年 6 月 19 日、「放射性物質により汚染されたおそれのある災害廃棄物の処理の方針」を取りまとめた。これを受け、環境省は、平成 23 年 6 月 23 日、「福島県内の災害廃棄物の処理の方針」を発表し、一般廃棄物最終処分場(管理型最終処分場)における埋立処分を可能とする 8,000Bq/kg や、適切に放射線を遮へいできる施設で保管することが望ましいとする 100,000Bq/kg の目安を示した。これらの数値目安は、平成 23 年 10 月 29 日、環境省が発表した「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質による環境汚染の対処において必要な中間貯蔵施設等の基本的考え方について」の特定廃棄物及び除染に伴う廃棄物の処理フローにも適用された。また、このフローに基づき、福島県内で発生した焼却不可能な除染に伴う土壌・廃棄物は、すべて中間貯蔵施設に管理・保管されることが決定した。

その後、環境省は、平成 23 年 8 月 30 日に公布された「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汚染への対処に関する特別措置法」を受け、平成 23 年 12 月、「除染関係ガイドライン 第 4 編 除去土壌の保管に係るガイドライン」を発表した。このガイドラインでは、上述の原子力安全委員会の当面の考え方において、処理等に伴い周辺住民の受ける線量が 1mSv/年を超えないようにするとして引用し、除去土壌の保管の施設設計の安全評価においては、様々な被ばくシナリオを想定し、これらの被ばくシナリオに基づく公衆や作業員の被ばく線量を計算して、1mSv/年を満足することを要求した。また、「廃棄物関係ガイドライン 第二部 特定一般廃棄物・特定産業廃棄物関係ガイドライン」においても、関係者以外の放射線防護のための措置が適切に講じられているかを確認するため、処分を行う事業場の敷地境界で放射線の量を測定し、処分に伴う追加線量が年間 1mSv (平均 0.19 μ Sv/h)を超えない値であることの確認を求めた。

以上のように、環境省が定めた考え方やガイドライン等は、「平常時」における処理処分等を想定して構築された、上述の原子力安全委員会の当面の考え方をうけて作成されてきた。しかしもう一方で、環境省は、平成 24 年 1 月 26 日、「除染特別地域における除染の方針(除染ロードマップ)について」を発表し、下記の除染目標に基づく除染方針を示している。

1) 避難指示解除準備区域(年間積算線量 20mSv 以下となることが確認された地域)

- ・平成 25 年 8 月末までに、一般公衆の年間追加被ばく線量を平成 23 年 8 月末と比べて、放射性物質の物理的減衰等を含めて約 50%減少した状態を実現する。
- ・平成 25 年 8 月末までに、子どもの年間追加被ばく線量が平成 23 年 8 月末と比べて、放射性物質の物理的減衰等を含めて約 60%減少した状態を実現する。
- ・除染等の結果として、追加被ばく線量が年間 1mSv 以下となることを長期的目標とする。

- ・上記の目標を実現するための具体的な目標値については、除染モデル実証事業の結果等も踏まえながら検討を行い、適宜除染計画に反映する。
- ・年間 10mSv 以上の地域については、当面は、年間 10mSv 未満となることを目指す。また、学校再開前に校庭・園庭の空間線量率を毎時 1 μ Sv 未満とすることを実現する。

2) 居住制限区域(年間積算線量 20～50 mSv の地域)

- ・平成 24～25 年度にかけての除染を目指す。
- ・除染によって年間追加被ばく線量 20 mSv 以下となることを目指し、20～50mSv の地域を段階的かつ迅速に縮小することを目標とする。
- ・市町村等の関係者と協議の上、優先すべき区域を明らかにしつつ、順次、除染を実施する。

上述の避難指示解除準備区域における方針では、追加被ばく線量の年間 1mSv は長期的な目標であり、例えば、年間 10mSv の地域では、2 年後に 50%が除染目標であるため、5mSv が 2 年後の目標線量となる。また、居住制限区域にいたっては、平成 24～25 年度に、年間追加被ばく線量 20 mSv 以下とすることが目標となる。このように、除染活動は、線量レベルに応じて段階的に実施されていくことが想定されており、特に、年間 1mSv よりもかなり高い線量レベルにある地域の除染活動に伴い発生する土壌・廃棄物については、処分を行う事業場の敷地境界で放射線の量を測定し、処分に伴う追加線量が年間 1mSv(平均 0.19 μ Sv/h)を超えない値であることの確認を求めることは、放射線防護上、過剰な措置を講じることになる可能性がある。

平成 23 年 6 月 3 日に発表された原子力安全委員会の考え方は当面の考え方である。今後、除染活動が、居住制限区域(年間積算線量 20～50 mSv の地域)などの年間 1mSv よりもかなり高い線量レベルにある地域に進んでいく際には、放射性物質の存在状況を考慮した短期的な対応措置や環境修復の目標となる長期的な基準との整合やバランスを考慮し、関係者(住民、地元自治体等)による合意形成を図っていくことができるような考え方、すなわち、すでに広域に放射性物質が存在している状況下における廃棄物の処理処分等の安全確保や取扱いに関する判りやすい考え方の作成が待ち望まれる。

3-3. 住民避難等の防護対策のあり方に関する提言(平成 23 年 11 月 9 日発出)

本提言全文を、添付資料 8-1-3 に示す。

福島第一原子力発電所事故対応に関する提言(平成 23 年 11 月 9 日発出)主文

事故において執られた防護対策の実効性と問題点等については、現在も調査・検証が行われている状況であることに鑑み、現時点においては、モニタリングによる実測値とモデルによる予測線量を意志決定の手段として併用することとし、今回の事故の検証と教訓を踏まえてそれぞれの手法における問題点の解決を目指すべきである。

原子力安全委員会では、平成 23 年 7 月より原子力施設等防災専門部会に防災指針検討ワーキンググループを設置して、一般に防災指針と呼ばれる「原子力施設等の防災対策について」の見直しの議論が進められていたことから、この見直しが今後の我が国の原子力防災の方向性を決める重要な機会であるとの認識により、分科会として見直しの進め方についての基本的考え方を提言したものである。提言発出時点での状況と考え方は以下のとおりである。

- ① 事故以前の施設外緊急時対応の準備状況、事故時の対応状況、対応による効果及び問題点については、国等の調査委・検証が継続しておりその中間的な結果も得られていない時点での防災指針の本格的な見直しについて結論を得ることは拙速であり、事故調査・検証の結果を反映すべきである。
- ② 今回の事故では、情報の収集・評価や緊急時モニタリングが不十分であり、特に最も影響(放出)の大きかった初期 1 週間程度はほとんど機能せず、事故初期の線量評価に必要な実測値の入手が不十分であった。緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)については、濃度・線量等の相対的な分布は計算されたものの、値の絶対値が得られなかったため予測線量として使用することはできず、初期の段階における防護対策の立案に使用されなかった。
- ③ これまで、防護対策の立案・決定に際しては、SPEEDI 等によるモデル予測計算と環境モニタリング結果から推定される予測線量を参考とすることとされてきた。今回の事故では、いずれも想定どおりには十分に機能しなかったものである。すなわち、モニタリングとモデル予測そのいずれにも得失があることが明確となった。今後の防護対策のあり方については、今回の事故におけるこのような失敗について、その原因を追求し、真摯に反省して、問題点の解決を通して今後の対策に十分に活かしていくことが必要である。

これらの提言の背景には、モニタリング結果及び SPEEDI 等の大気拡散予測結果について当分科会が暫定的に分析した結果(平成 23 年 5 月 21 日の「福島第一原子力発電所事故に関する緊急シンポジウム」での発表)として、初期のモニタリングが不足していること、平成 23 年 4 月、5 月時点での大気拡散の再現計算で把握される状況が事故進展時の SPEEDI 計算等から十分把握できるにもかかわらず、測情報が十分活用されておらず、また適時に公表もされていないという認識があった。これらの認識の具体的内容は、下記の参考文献にまとめられている。

- ・放射性物質の大気拡散シミュレーションの現状と役割, 第49回アイソトープ・放射線 研究発表会要旨集, 2012年7月9日, 東京
- ・福島第一原発事故の大気を介した環境影響—環境影響の全体像把握に向けた第一歩—(解説), 日本原子力学会誌, 53[7], 479-483(2011)

その後、平成 23 年 12 月 26 日に東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会(政府事故調)から中間報告が出され、モニタリングシステムや SPEEDI が期待された本来

の機能を果たさなかったことが指摘されており、その要因として、1)震災によるモニタリング機能の多くの部分の喪失、2)データ公表の重要性を考えるという意識及び対住民リスクコミュニケーションを重視する意識の希薄さ、3)SPEEDIを避難の実施に役立てるという発想の欠落と関係機関の役割の不明確さ等が指摘されている。これらの指摘事項は、本提言及びその背景となった上述の事実認識において当分科会と概ね一致している。さらに政府事故調は、平成24年7月23日付けの最終報告書において、「SPEEDIにより単位量放出を仮定した予測結果は得られており、仮にその情報が提供されていれば、各地方自治体及び住民は、より適切に避難のタイミングや避難の方向を選択できた可能性があったと言えよう。ERSSから放出源情報を得られない場合でも、SPEEDIを活用する余地はあったと考えられる」との見解をまとめており、当分科会の見解と大筋で一致している。

一方、原子力安全委員会の上述のワーキンググループでは、平成24年3月までに計15回の審議が行われ、3月16日に原子力施設等防災専門部会において中間報告を行うことが決められた。この中間報告では、IAEAの指針(GS-R-2、GS-G-2.1)等をもとに、今回の事故対応の経験を踏まえた新たな緊急時対応の枠組み案が示されている。この中では、大気拡散予測は基本的に用いない考え方が採用されている。しかし、分科会としてはこの提言の趣旨を維持し、大気拡散予測の利用可能性について今回の事故での経緯を専門的立場から十分に検証されるべきであるとする。国及び関係機関が住民の安全を確保するために必要な情報が何であるかと、住民が自身の安全確保に必要な最大限の情報を提供するためにどのような方法があり得るのかについて、十分な検討が必要である。特に、大気拡散予測を用いないこととなれば、住民が危険回避を行うために必要な情報提供の責務を防災に責任のある機関自ら放棄するものであり、福島事故対応の反省に基づくものとは言い難い。大気拡散を専門分野に含む気象学会は、平成24年3月5日付けの「原子力関連施設の事故発生時の放射性物質拡散への対策に関する提言」において、モニタリング体制の整備等についての提言と合わせて、数値モデルを用いた予測の活用が有効であるとの見解を示しており、今後の原子力防災のあり方を検討する上でこの提言は尊重されるべきである。

4. 福島県「安全・安心フォーラム」等への参画

本分科会では平成 23 年 5 月 20 日に発出した提言 5 の一環として、クリーンアップ分科会と協同して、福島県・日本原子力学会主催により平成 23 年 11 月から 4 回にわたって開催された「安全・安心フォーラム ～除染の推進に向けて」と題する対話集會に参画、平成 24 年 5 月には、福島県、環境省、福島市、日本原子力学会の主催で開催された「除染の推進に向けた地域対話フォーラム」に参画した。添付資料 8-3 に関連の資料を示す(添付資料 8-3-1～8-3-5 はフォーラム各回の開催ちらし、添付資料 8-3-6 は講演資料「放射線モニタリングと健康影響」、添付資料 8-3-7～8-3-10 はフォーラム参加報告)。対話集會で出された主な相談、質問、ご意見を以下に整理する。また、今後の対話集會に向けての留意事項、検討、対応すべき事項を整理する。

表 4-1. 「安全・安心フォーラム ～除染の推進に向けて」の概要

開催回	開催日程	場 所	放射線モニタリングと健康影響	
			講 演	対話集會
第 1 回	H23. 11.27(日)	パルセいいざか (福島市)	服部隆利	占部逸正 服部隆利
第 2 回	H24. 1.29(日)	郡山女子大学 (郡山市)	服部隆利	山澤弘実 服部隆利 森泉 純
第 3 回	H24. 2.12(日)	ロイヤルホテル丸屋 (南相馬市)	服部隆利	横山須美 服部隆利
第 4 回	H24. 2.19(日)	いわき明星大学 (いわき市)	飯本武志	占部逸正 飯本武志

表 4-2. 「除染の推進に向けた地域対話フォーラム」の概要

開催回	開催日程	場 所	放射線モニタリングと健康影響	
			講 演	対話集會
第 1 回	H24. 5.13(日)	コラッセ福島 (福島市)	米原英典	山澤弘実 米原英典
第 2 回	H24.8.04(土)	会津大学 (会津若松市)	飯本武志	飯本武志 横山須美

4-1. フォーラムの概要

「安全・安心フォーラム～除染の推進に向けて～」は、第 1 回(平成 23 年 11 月 27 日：福島市)、第 2 回(平成 24 年 1 月 29 日：郡山市)、第 3 回(2 月 12 日：南相馬市)、第 4 回(2 月 19

日：いわき市)の4箇所で開催された。また、「除染の推進に向けた地域対話フォーラム」については、第1回(平成24年5月13日：福島市)、第2回(8月4日：会津若松市)の2箇所で開催された。第2回「除染の推進に向けた地域対話フォーラム」以外のフォーラムでは、第一部で、当学会から、放射線モニタリングと健康影響および環境修復についての講演を約30分間行い、地元自治体からは、環境修復への取組み等を紹介して頂いた後、第二部では、健康影響と環境修復のテーマで2部屋に分かれ、それぞれ約2時間の対話集会を行うものであった。第2回「除染の推進に向けた地域対話フォーラム」では、事前質問で、除染に関する質問についても健康影響に関連する項目が多く含まれていたことから、健康影響と環境修復を2つに分けることはせずに対話集会を行った。

放射線モニタリングと健康影響の講演では、フォーラム内で共通した講演資料を用いて説明内容の一貫性を確保し、放射線に関する基本的事項(単位、量)、放射線測定器(測定器の種類、注意事項)、除染と線量率の関係、外部及び内部被ばく線量の計算事例、線量と健康影響(自然放射線源による被ばく線量、これまでの疫学調査結果、100mSv以下の放射線リスク)などについて紹介を行った。

平成24年8月現在までに通算6回にわたって行われた対話集会には、1回を除いて50～60名程度以上の参加が得られた。対話集会で回答するにあたっては、1)すべての質問に対して誠実に回答すること、2)保健物理・放射線防護の専門家として、客観的な科学的な事実を信頼できる根拠に基づき、できるだけ定量的かつわかりやすくお伝えすること、3)安全・安心は、人により様々な解釈があるため、それを専門家が一方的に判断することは控え、参加者をご自身で判断して頂けるような情報を、できるだけわかりやすくお伝えすること、に留意した。

4-2. 質問・要望の概要

質疑応答の代表的なトピックは概ね以下の表4-2-1のように集約できた。

表4-2-1. トピックの分類と分布

		1回	2回	3回	4回	5回	6回	計
1	食品・飲料水の基準や安全性	0	2	2	4	1	2	11
2	住民や子どもへの健康影響	1	3	1	1	3	2	11
3	疫学調査結果(原爆、インド、チェルノブイリ)	1	3	2	1	3	1	11
4	放射線リスクや線量基準の考え方	3	2	2	3	0	0	10
5	自分や住民の被ばく線量	3	1	1	3	4	0	12
6	放出源情報や環境中挙動	0	2	4	5	1	0	12
7	要望	1	2	2	2	1	0	8
8	その他	0	2	2	4	3	0	11

4-3. 代表的な質問項目等

4-3-1. 代表的な相談項目

- 子・孫について、一番注意すべき点を教えてほしい。
- 学校や幼稚園から帰ってくると家の中に閉じ込められるように生活していて、それでも法律の成人の年間限度被曝量の5倍である5mSv/年を超えるのは必至だ。除染をしても20~30%減しか見込まれないことがわかってきているのに、何をどう安全で安心を感じていいのか全くわからない。

4-3-2. 代表的な質問項目

- 広島、長崎、チェルノブイリ、放射線業務従事者の疫学調査を通じて、20mSv/年は安全な基準と考えるか？
- チェルノブイリ・ベラルーシの調査で免疫力低下が疑われることがあったかと思う。今回の食品の基準等を政府内で決める際に、検討漏れはないのか？
- 改定された食品の規制基準とこれまでの基準との違いは？
- 子どもに対する放射線の影響は大人に比べて強いのか？
- インドの健康調査では生涯600mSv、60年生きたとして年間10mSvを浴びても、特に健康影響はなかった。一方、広島では100mSv以上を一瞬で浴びた人が、それ以降健康被害を受けている。今回の福島でもインドと同じ様に、年間10mSvまではあまり気にすることはしないのか？
- 公表されている情報は実際の放出量とかけ離れているのではないのか？
- 年間被ばく線量が1mSvをわずかに超過する場所で日常生活をしていて、健康への影響はあるのか？
- 原子炉から放出された放射性物質が、陸上ではなくほぼ海上方向へ流れたという根拠は？
- 12月までは線量が徐々に下がったが、2月から上昇。まだ放射性物質は飛んでいる。風が強い日は、放射能が舞い上がって布団や洗濯物に付着するのか？スギ花粉と一緒にセシウムが舞うのか？

4-3-3. 代表的な意見

- 甲状腺の検査までは無償であるが、異常が見つかったときに治療費は出してもらえない。影響が起こる可能性があるから検査されているのに理解できない。
- 安心して暮らしていくためには、除染および外部被曝・内部被曝を考慮した食品の提供の2つが必要である。
- スーパーなどで売っている農水産物が本当に安全なのか不安だ。もっときめ細やかな測定をしていただくとともに表示をしっかりと、安全安心な食の確保ができるよう

望む。

4-4. 今後の対話集会に向けて

今後も、放射線被ばくのリスクを巡る情報が混乱している状況に適切に対処することが重要である。情報の混乱の原因としては、説明に用いられている用語が難解で、非専門家である一般の人々には意味が伝わりにくいこと等が考えられる。今後は、情報の混乱の原因を検討し、用語の意味を正確にわかりやすく説明したり、わかりやすい情報発信を継続して行ったりすることを通じ、改善を進めていくことが重要である。また、現状の調査・評価を継続し、説明に用いられる情報を適切に更新し続けることも同様に重要である。

5. 知見と論点の整理

これまで本分科会での検討を行うに当たり、原子力学会春の年会・秋の大会の関連部会の企画セッション、学会シンポジウム等で関連分野の関係者から、事故の現状や、国及び関連機関における対応状況等に関する情報提供をしていただいた。第 5 章では、これらの講演概要とともに、演者の立場から現時点での知見及び今後の課題について、各講演者に取りまとめていただいた。

5-1. 保健物理・環境科学的な視点

5-1-1. 福島第一原子力発電所事故における大気拡散 永井晴康(JAEA)

(1)部会企画での講演の概要

東京電力福島第一原子力発電所事故に伴い環境中に放出された放射性物質について、周辺住民の被ばく線量や環境汚染状況を把握し中長期的な対策を検討する上で、大気中の放射性物質の分布と移行過程を詳細に解析することが重要である。JAEA では、大気拡散予測システム **WSPEEDI-II** を用いて、大気放出量の推定及び大気拡散解析を実施している。

放射性物質の拡散解析を行う上で原子力施設からの放出量情報が必要であるが、地震及び津波により原子力発電所内のモニタリングが機能しない状態となっていたため、放出量情報設定に利用可能なデータは存在しなかった。そこで、解析の第 1 ステップとして、原子力安全委員会に協力して事故で大気環境に放出された放射性ヨウ素とセシウムの量の推定を行った。推定には、環境モニタリングデータと大気拡散シミュレーションの比較から、測定された放射性ヨウ素とセシウムの大気中濃度を、単位放出率(1Bq/h)を仮定した大気拡散計算による同地点の濃度で割ることで実放出率を求めた。大気拡散計算には、**SPEEDI** を主として用いたが、**SPEEDI** の予測範囲をこえる東海村や千葉県での測定データとの比較では、**WSPEEDI-II** による広域計算を用いた。平成 23 年 4 月 5 日までの推定結果は、原子力安全委員会により 4 月 12 日に暫定放出量として発表された。その後、新たに公表されたモニタリングデータを用いて、3 月 12 日から 15 日までの放出量の再推定を行い、8 月 22 日に原子力安全委員会に報告した。これらの推定結果は、IAEA に対する国の報告書に記載され、国内外の機関による大気拡散解析に利用されている。

上記放出量推定で得られた放出量情報に基づき、大気拡散解析を進めている。大気拡散解析では、原子力発電所周辺地域を対象とした局地解析を実施し、福島県内の高線量地域の形成メカニズムの解明を行った。解析結果から、福島県中通りの線量上昇とサイト北西方向の高線量地帯は、それぞれ平成 23 年 3 月 15 日午前と午後に放出された高濃度ブルームが降雨帯と重なり、大量に湿性沈着したことにより形成されたことが明らかになった(図 5-1-1(1)-1)。また、2 ヶ月間の日本全国の被ばく線量を試算し、外部被ばく実効線量及びヨウ素 131 の吸入による実効線量について分布図を作製した。

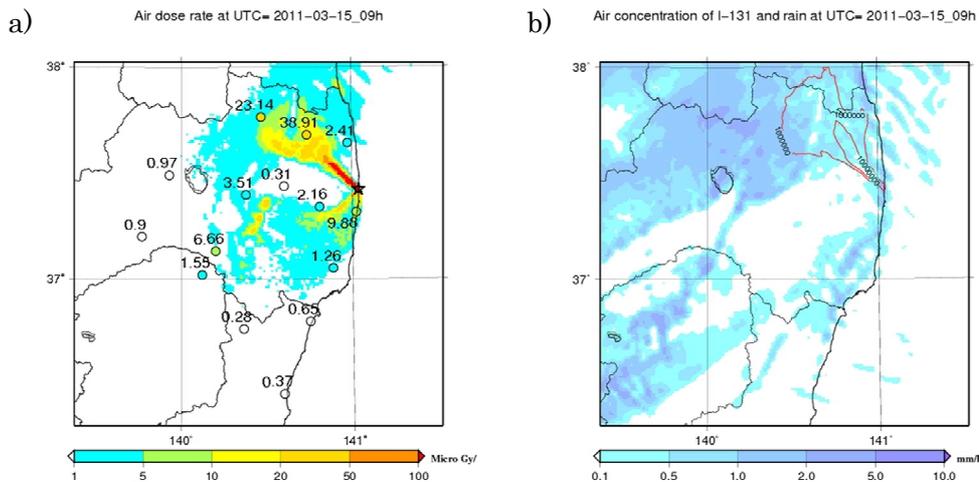


図 5-1-1(1)-1 WSPPEEDI-II 解析による 2011 年 3 月 15 日 18 時の(a)空間線量率分布(丸印と数値はモニタリングの実測値)、(b)降水量(カラー面塗り)及びヨウ素 131 鉛直積算濃度分布(コンター)

(2)現時点での知見

JAEA は、これまで独自に研究を行ってきた成果を共有し、福島第一原子力発電所事故による環境放出と拡散プロセスの再構築を行うためのワークショップを開催した。このワークショップにおける参加機関との議論により、得られた知見は以下のとおりである。

大気放出量の推定については、他機関が実施した異なる大気拡散モデルとより精緻な放出量推定手法による推定結果とよく一致していたこと、及び放出量推移の推定値を用いて 4 機関が実施した東日本の沈着量分布の計算結果が文部科学省の航空機サーベイによるセシウム 137 の沈着量分布を概ね再現していたことから、陸地側への流入時の放出量推定結果の妥当性が確認された。一方、海上に放射性物質が流れている時については、環境モニタリングデータが無いため逆推定ができず、内挿になっている。そのため、その期間に大きな放出率の変化があっても反映できない。JAEA の放出量推定結果は、他機関による海水中濃度と陸上の沈着量に基づく総放出量推定結果に比べて過小となっていることから、海側放出量は過少評価の可能性が高いことが示唆されている。

大気拡散解析については、航空機モニタリングで測定されたセシウム 137 沈着量分布を形成した主要なプルームの動きと沈着過程を以下のようにまとめた。

- 1) 3 月 12 日：南相馬を通過して海上に流れ、女川原子力発電所周辺を通過し乾性沈着。
- 2) 3 月 15 日：未明に放出されたプルームが沿岸部を南下し、いわき市から茨城県北部で乾性沈着。
- 3) 3 月 15-16 日：上記が茨城付近から関東平野内陸部に流れ、群馬県、栃木県で湿性沈着。
午前中に放出されたプルームは南西から西方に流れ、福島県中通りで湿性沈着。午後
に放出された高濃度プルームが原子力発電所北西方向に流れ湿性沈着し、高線量地域
を形成。

- 4) 3月20日：北西方向に流れた後北東に向かい、宮城県北部から岩手県南部を通過する際に湿性沈着。
- 5) 3月21日：海上を南下し、茨城県南部から千葉県北西部を通過する際に湿性沈着し、この地域のホットスポットを形成。

(3)今後の課題

今後、詳細な被ばく評価及び環境影響評価を実施する上で、放出量推定結果の信頼性向上が重要であり、放出量推定結果をさらに精査する必要がある。特に、環境モニタリングデータが存在しない海上に放射性物質が流れている期間の再評価が重要であるが、地球規模の大気拡散解析、及び大気拡散と海洋拡散の結合計算と海水中濃度測定値の融合解析による推定を進めていく計画である。また、大気拡散解析については、より高度な観測データ同化手法を用いた気象場の再現性の向上、それに基づく拡散、沈着過程の精緻化の検討を行うとともに、誤差評価も含めた定量的な拡散予測と被ばく線量評価が重要課題である。

大気拡散予測による緊急時対応についての問題点として、放出量情報の評価に利用可能なリアルタイムのデータが得られず、拡散予測が早期の防災対策に活用されなかったこと、また、事後解析による放射性物質の放出量の推定及び環境中の拡散状況、その結果生じた住民の被ばくによる線量は、未だ正確な評価がなされていないことがあげられる。この対応の遅れが、環境汚染や風評被害への対策、住民の安全・安心の確保等が進まない状況を引き起こしている。今回の経験を活かし、今後、原子力発電所で同様な事故が発生した際に対応を円滑に進めるためには、モニタリング体制の強化を図るとともに、それらのデータを迅速に収集・整理して拡散予測に利用可能な形式でデータベース化する仕組みを整備することが重要である。そして、このデータベースと拡散予測計算を融合することにより、放射性物質の放出量及び環境中の拡散状況を迅速かつ正確に評価可能なシミュレーション技術を開発する必要がある。

5-1-2. 福島第一原子力発電所事故における海洋拡散 小林卓也(JAEA)

(1)部会企画での講演の概要

東京電力福島第一原子力発電所は沿岸に立地しているため大気中に放出された放射性物質の多くは東方へ輸送され海表面に沈着した。また、破損した施設からの海洋への直接漏洩や低濃度汚染水の計画的放出の結果、福島沖を中心とした北西北太平洋海域に放射性物質が広く分布した。海洋汚染の現状を把握するため、文部科学省(JAEA、海洋研究開発機構、海洋生物環境研究所、日本分析センター)、農林水産省(水産庁水産総合研究センター、日本食品分析センター)、県の水産試験場等を含む自治体、東京電力等は海洋における緊急時モニタリングを平成23年3月下旬から開始した。モニタリング項目は海水中の放射能濃度、海上の空間線量率、海上の塵中の放射能濃度、海底土中の放射能濃度、水産物中の放射能濃度である。対象核種は主にヨウ素131、セシウム134、137である。文部科学省によると、

福島第一原子力発電所から約 30km の沿岸域における 3 月 22 日から 5 月 7 日までの海水モニタリング結果は、福島第一原子力発電所から東から南の測点で濃度が検出され、北では不検出であった。つまり、福島第一原子力発電所付近の沿岸流は東から南向きの流れが卓越していることがわかる。6 月以降の福島第一原子力発電所から半径 30km 圏内を除く宮城、福島、茨城の沿岸域の海水濃度は不検出であった。宮城、福島、茨城の沖合海域および外洋については 5 月中旬以降の海水濃度は不検出であった。緊急時モニタリングでは測定数を増やすために検出限界値を高め設定していた(ヨウ素、セシウム共に約 10Bq/L)結果、時間の経過とともに不検出となる測点が増加した。

海洋汚染の拡散分布と時系列を把握するため、海洋拡散シミュレーションが JAEA、海洋研究開発機構、電中研、フランス国立科学研究センター/トゥールーズ大学によってそれぞれ実施された。それぞれの機関による結果は使用するモデル、解像度、データ等によって差異はあるが、全体的な傾向は同様のため、JAEA の結果を例として以下に示す。放射性核種の大気への放出量は各地に設置されたモニタリングポストの数値から逆推定することが可能であるが、海洋にはモニタリングポストが設置されていないため、施設から海洋へ放出された総量を推定することは困難を極める。そこで、JAEA では事故発生以降に東京電力が実施した福島第一原子力発電所近傍の海洋モニタリングデータと、東京電力が公表した 4 月 1 日から 6 日までの 120 時間に 2 号機ピットから漏洩した放出量の推定値を用いて施設から海洋へ直接放出された放射性物質の量を推定した。推定した海洋への直接放出量と WSPEEDI-II による大気降下を考慮した計算によると、大気放出による海洋沈着は 3 月 15 日にピークとなり、福島、宮城の沿岸域及び宮城の北東方向に沿って高い濃度が沈着した。沈着した核種は親潮系水によって混合希釈されながら南下した。千葉以西に沈着した核種は黒潮によって急速に混合希釈された。福島第一原子力発電所から海洋へ直接放出された放射性核種は、沿岸に沿って南下し、離岸して黒潮続流によって東に輸送された。黒潮続流の強い流れは核種を太平洋東方へ運ぶ効果があるが、黒潮続流から外れた核種は暫くその場に停滞する傾向を示した(図 5-1-2(1)-1)。

(2)現時点での知見

海水濃度は十分低い状態にあるが、農林水産省の報告(平成 24 年 6 月 20 日公表)によると、底生生物を中心に基準値(100Bq/kg)を超える放射性セシウムを含む水産物が報告されているため、海底堆積物及び水産物を重点対象とした広域モニタリングを継続する必要がある。

海洋研究開発機構や気象庁気象研究所によって検出限界値を下げた海水試料測定結果が公表されたため、広域拡散シミュレーション結果の妥当性検証が可能となった。その結果、海洋への直接放出の影響が及ばない沖合の結果は計算値が過小評価傾向にあることが判明した。このことは大気から放出された放射性物質が太平洋へ拡散する際の放出量が低く見積もられていることを示唆している。

(3)今後の課題

今回実施された緊急時モニタリング及び拡散シミュレーションから、課題とすべき事項を以下に述べる。

モニタリングに関して、国による観測・分析体制を短期間で構築したことは評価できる。一方、不検出が大半を占めた時点で測点を減らす決断を下すべきであった。これは説明責任を果たすためにも有意な数値を公表することの重要性を考慮すれば明白である。今後は、より早急な海洋モニタリング体制構築の仕組み作りが必要である。その中には緊急時を想定したモニタリング計画の整備と、緊急時と通常時の切り替え基準の整備が含まれる。

拡散シミュレーションに関して、大気拡散と海洋拡散を結合したシミュレーションシステムの実運用を目指した技術開発が必要である。予測精度の向上のためには、大気拡散の項でも述べたが、取得したデータを迅速に収集・整理して拡散予測に利用可能な形式でデータベース化する仕組みを整備することが重要である。

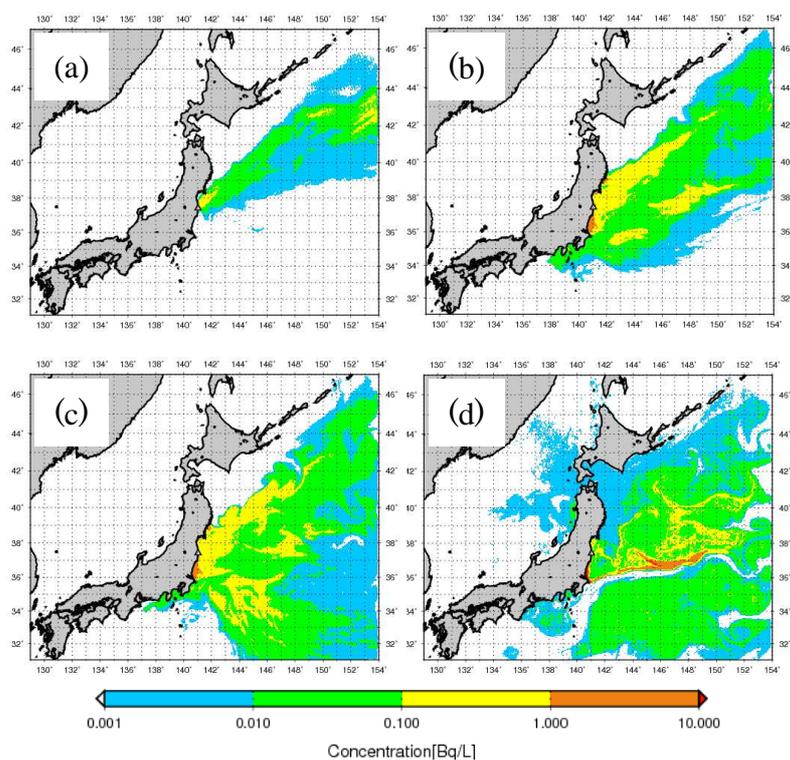


図 5-1-2(1)-1 海洋拡散シミュレーションによる表層 Cs-137 濃度分布推定結果(JAEA)
(a) 2011 年 3 月 14 日, (b) 2011 年 3 月 16 日, (c) 2011 年 3 月 18 日, (d) 2011 年 4 月 28 日

5-1-3. 放射性物質の食品への移行と規制値の考え方について 高橋知之(京大)

部会企画では、当該時点において適用されていた暫定規制値の考え方と、新たな規制値の検討が進められていた厚生労働省の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会における検討状況について報告した。暫定規制値は原子力安全委員会の防災指針に

における飲食物摂取制限に係る指標値を使用しており、その介入線量レベルは放射性セシウムについては年間 5mSv である。新たな規格基準値は介入線量レベルを 1mSv とし、平成 24 年 4 月 1 日から施行された。今後、検査結果に関する迅速かつ十分な情報提供、食品摂取に起因する内部被ばく線量評価の継続的な実施と、食品への放射性核種の移行に関する調査研究、基準値の考え方の周知等を今後さらに進めることが重要である。

5-1-4. 環境回復に関連した汚染土壌等の管理とその安全 飯本武志(東大)

平成 23 年 3 月 11 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って放出された放射性物質による環境の汚染が生じ、これによる人の健康又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る。こうした状況を踏まえ、平成 23 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」(平成 23 年法律第 110 号。以下、「法」)が議員立法により可決・成立し、公布された。法に基づき、汚染状況重点調査地域に指定された市町村は、長期的な目標として追加被ばく線量が年間 1mSv 以下となることをめざし、以下の流れで除染を進めていくことになる。

- ① 汚染状況を調査測定し、除染等の措置を行う除染実施区域を決定(法 34、36 条関連)
- ② その後、除染実施計画に基づき除染等の措置を実施(法 40 条関連)
- ③ 除染等の措置に伴い生じた除去土壌の収集、運搬及び保管(法 41 条関連)

上記を受け、環境省は除染関係ガイドラインを策定した

(<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=14582>)。本ガイドラインは以下の四編で構成されている。

第 1 編：汚染状況重点調査地域内における環境の汚染状況の調査測定方法に係るガイドライン

1. 基本的な考え方
2. 測定機器と使用方法
3. 除染実施計画の策定区域を決定するための調査測定方法

第 2 編：除染等の措置に係るガイドライン

1. 基本的な考え方
2. 建物など工作物の除染等の措置
3. 道路の除染等の措置
4. 土壌の除染等の措置
5. 草木の除染等の措置
6. その他 (2~5 はそれぞれ 1. 準備、2. 事前測定、3. 除染方法、4. 事後測定と記録、で構成される)

第 3 編：除去土壌の収集・運搬に係るガイドライン

1. 基本的な考え方
2. 除去土壌の収集・運搬のための要件
3. 具体的に行う内容

第 4 編：除去土壌の保管に係るガイドライン

1. 基本的な考え方
2. 保管のために必要な安全対策と要件
3. 施設/管理要件を踏まえた保管方法の具体例

※本ガイドラインの内容は、今後の知見の蓄積を踏まえ、随時改訂を行っていくとされている。

5-1-5. 避難解除のめやすと解除後の線量管理 杉浦紳之

付録参照。

5-1-6. 中長期的な環境中放射性核種分布と線量評価(1) 齊藤公明(JAEA)

(1)講演概要

福島第一原子力発電所の事故では多量の放射性核種が環境中に放出された。放出された核種は、事故直後は空中に存在し住民に被ばくを与えた。また、地表面や人工構造物等その他の物体に沈着した核種は、事故直後から今後長期にわたって被ばく線源となるため、沈着した放射性核種の将来の挙動とそれによる被ばくを評価していくことが重要となる。JAEA が文部科学省から委託を受け大学連合等と実施した第1次放射線量等マップ調査の結果に基づいて、今後の被ばく上考慮すべき事項について議論を行なった。平成23年6月～7月に2,200地点において土壌試料を採取し、試料分析によりマップ化された放射性核種は、Cs-134,137、I-131、Te-129m、Ag-110m、Sr-89,90 Pu-238,239+240である。ガンマ線放出核種については、100kmまでの範囲と残りの福島県における単位面積あたりの放射線量のマップを作成した。Cs-137の土壌沈着分布及び走行サーベイ結果を図5-1-6(1)-1及び図5-1-6(1)-2に示す。β線及びα線放出核種に関しては、分析に時間と手間がかかることから試料分析数は限られたが、土壌中分布の様子が明らかになった。これらの調査結果を用いて被ばく線量の大きな評価を行ってみた。外部被ばくによる実効線量は6月14日の時点においては、Cs-134の寄与が約70%、Cs-137の寄与が約30%でその他の核種の寄与は1%以下であった。また、検出された核種の濃度からIAEAのTECDOC-1162に示された線量換算計数を用いて、人間が地面の上に今後50年存在したと仮定した時の外部被ばく線量及び吸入による被ばくの積算実効線量を評価した場合、Cs-137によるものが他の核種に比べて相当に大きいと評価される。従って、今回の事故においてはチェルノブイリ事故と比較してもセシウムによる被ばく線量への寄与がさらに重大であり、今後のセシウムの移行に関して調査、また予測していくことが重要である。土壌や森林等に沈着したセシウムは将来長期にわたり様々な経路により環境中を移行して行き人間に被ばくを与えることになる。文部科学省のプロジェクトでは、マップ作成に加えて放射性核種の環境中における移行についても、筑波大学のグループ等を中心に調査を精力的に行っている。この中で、森林内での放射性核種の分布、空気中への再浮遊、土壌浸食による移行、河川を通しての移行等の特徴が明らかになりつつある。

(2)現在の知見

平成23年12月から平成24年6月まで、第2次マップ調査を実施した。今回は、放射性核種の沈着が広域にわたっていることを受け、北は岩手県から南は神奈川県までの広範囲を対象に1,000を越える地点において沈着量の定量を行ないCs-134,137、Ag-110mの沈着量

マップを作成した。さらに今回は、放射性セシウムの土壌深さ方向分布を 80km 圏内の約 100 地点で測定し、多くの地点で指数関数に近い深度分布をしていること、緩衝深さの平均値は約 $1\text{g}/\text{cm}^2$ であること等の知見を得た。また、自動車による走行サーベイの第 1 次調査と第 2 次調査の結果を土地利用状況毎に比較した結果、針葉樹林地域においては他の地域に比べて線量率の減少が明らかに少なく、放射性セシウムが森林系にトラップされて動き難いことを示唆する結果が得られている。さらに、筑波大学のグループでは引き続き、環境中における移行状況の詳細調査を行い、新しい知見を蓄積しつつある。平成 24 年 8 月現在、第 2 次調査の結果の解析を進めており、その結果は文部科学省の報告書として公表される予定である。

(3)今後の課題

第 1 次、第 2 次調査で得られた調査結果や他で行なわれた調査の結果を集約して移行モデルを開発し、将来の放射性セシウムの分布状況の変化を予測し、線量評価、住民の機関や除染のための基礎資料として役立てて行くことが必要である。チェルノブイリ等の経験からセシウムの環境中移行には早い成分と遅い成分が存在し、早い成分は数年以内に移行が終了するとの知見が得られている。そのため、事故直後の現在、移行モデルの構築に必要な環境データを詳細に取得しておくことが、現実的な予測モデルをつくるために重要であると考えられる。その観点から、平成 24 年度に実施予定の第 3 次マップ事業を含めて、適切な環境調査データの実施が不可欠である。

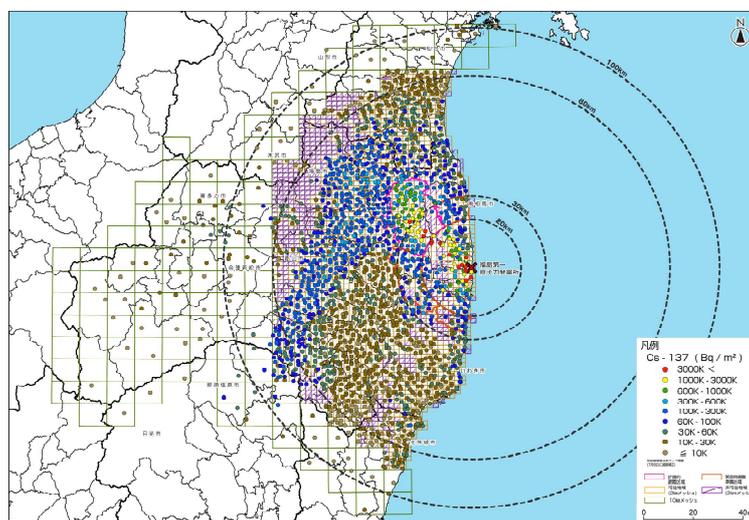


図 5-1-6(1)-1 セシウム 137 の土壌沈着分布(平成 23 年 6 月 14 日に換算。)

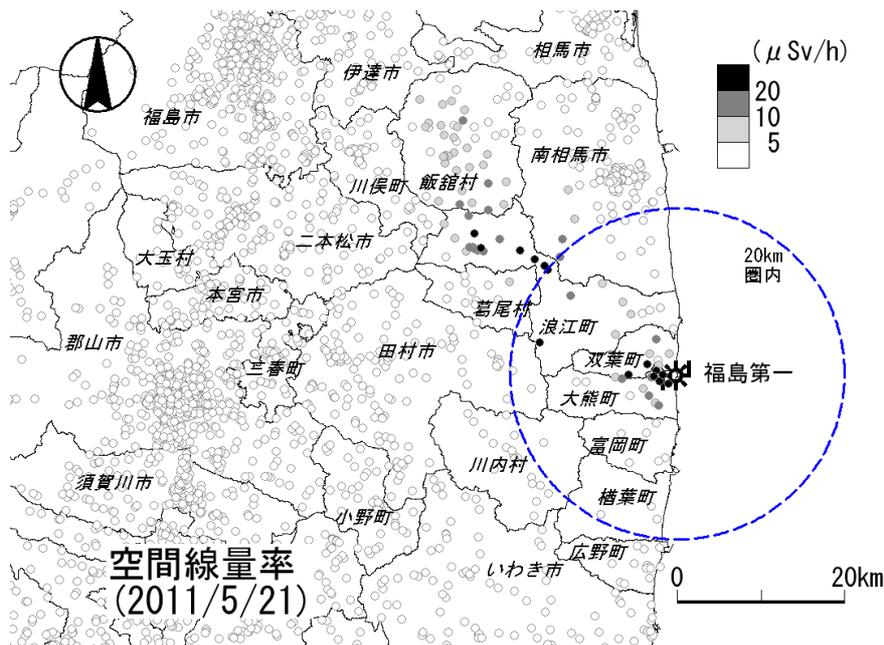


図 5-1-7-1 平成 23 年 5 月 21 日時点の空間線量率マップ

空間線量率の区分に関しては、国連科学委員会(UNSCEAR)によると、インドのケララ州における地表からの空間線量率はおよそ 0.2~4 μ Sv/h であり、そこに居住する住民の発ガン相対リスクは、図 5-1-7-2 に示すように有意な増加を示していないことから、図 5-1-7-1 の 5 μ Sv/h 以下の凡例は白抜きで示した。

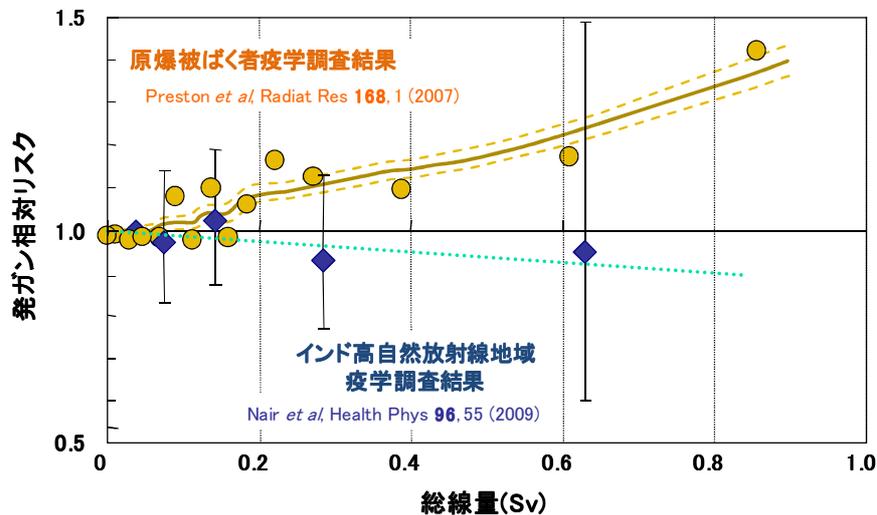


図 5-1-7-2 高自然放射線地域住民の健康調査の結果^{1,2)}

放射線影響分科会では、これらの一連の作業から得られた知見として、このような線量マップを公開するにあたっては、住民の不安や社会的影響に配慮して、情報の理解のための丁寧な説明を加えるとともに、今後の対応方針等について、あらかじめステークホルダ

一と十分に協議することが重要であることを強く認識し、平成 23 年 5 月 20 日、これを提言するに至っている。

参考文献

- 1)D. L. Preston, et al., “Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors: 1958–1998”, Radiat. Res., Vol. 68, pp. 1-64, (2007).
- 2)Raghu Ram K. Nair, et Al., “Background Radiation and Cancer Incidence in Kerala, India-Karunagappally Cohort Study”, Health Phys., Vol. 96, No.1, pp. 55-66, (2009).

5-1-8. 作業者および住民の内部被ばく線量評価 百瀬琢磨(JAEA)

(1)作業者の個人モニタリング

福島第一原子力発電所構内の作業者は、事故発生当初放射線状況の厳しい作業環境で緊急作業に従事した。観測された空間線量率は最大で 12mSv/h(平成 23 年 3 月 15 日)に達し、また、屋外のみならず建屋内においても内部被ばく防護のためのマスクの装着が必要となり、免震重要棟等に滞在した女性作業者が放射性ヨウ素等による内部被ばくを受け女性の線量限度を超えた。津波浸水により多くの個人線量計(APD)とその読み取りシステムが使用できなくなり、APD が不足した。発電所に設置されていたホールボディカウンタ(WBC)はバックグラウンドの上昇や故障に伴い使用できなくなった。このような状況下で、当初は、当初は作業グループ単位で 1 つの線量計を用いるなどの方法で外部被ばく線量が測定されていたが、4 月以降は必要な APD が確保された。内部被ばく線量測定については、小名浜に派遣された JAEA の車載型の WBC を用いて測定が行われた。この検査において内部被ばく線量が 20mSv を超えた可能性があるかと判定された作業者は JAEA 核燃料サイクル工学研究所の放射線保健室に設置されている厚さ 20cm の鉄遮蔽体内の Ge 半導体検出器を用いた精密型の体外計測装置で測定が行われた。

緊急作業に従事した作業者の外部被ばくと内部被ばくを合計した実効線量の分布は東京電力から公表されている。これによると平成 23 年 3 月末までに緊急作業の線量限度 250mSv を超える作業者は 6 名、最大の実効線量は 678mSv(外部被ばく 88mSv、内部被ばく 590mSv)であり、線量限度を超えた被ばくの要因は主として放射性ヨウ素による内部被ばくであった。4 月以降は、作業者の被ばく管理が強化され、5 月以降 50mSv を超える事例は発生していない。

(2)住民の個人モニタリング

福島県の健康管理調査の一環として、福島県民全員に対して震災以降の行動の調査が現在進められている。この調査結果に基づき、γ線による空間線量率の時間変化、位置の違い、建物の遮蔽効果等を考慮の上、住民一人ひとりの外部被ばく線量評価が行われる見込みである。また、一部の地域では、児童生徒に個人線量計を配布し、生活環境における個

人の外部被ばく線量を測定しているケースもある。

警戒区域や計画的避難区域の住民は、ブルーム中の放射性物質の吸入摂取等により、主として事故発生初期の段階で有意に内部被ばくを受けた可能性がある。大気中の放射性物質濃度の連続的なモニタリング結果があれば、測定を行った地域の内部被ばくの状況を計算によって評価することができる。しかしながら、震災に伴う停電等の影響で原子力発電所周辺における大気中の放射性物質濃度の観測データは少ない。事故発生当初、国からオフサイトセンターに派遣された環境モニタリングチームによって平成23年3月12日から3月15日に発電所周辺で測定されたヨウ素、ダストサンプリングの測定結果等があるものの、これらのデータは、連続モニタリングではなく測定地点や期間が限られているなど、そのままでは、住民等の内部被ばく線量評価への適用は困難である。

連続モニタリングの例として、茨城県東海村の核燃料サイクル工学研究所では、平成23年3月13日から連続的なダストサンプリングを開始し、表5-1-8(2)-1に示すように核種別の空気中放射性物質濃度の実測データを得た。この結果から、一般公衆の呼吸率に基づき3月13日から5月23日の測定地点(屋外)における吸入摂取による内部被ばく線量を評価すると、成人の実効線量が0.57mSv、小児(1歳)甲状腺等価線量が15mSvとなった。

134Cs、137Csを対象としたWBCを用いた内部被ばく線量の調査は、7月から8月末にかけてJAEA、放医研によって浪江町、飯館村、川俣町山木屋地区の住民約3,300名に対して行われた。9月以降もJAEA等によって双葉郡の7町村の住民を対象とした測定が継続されており、いずれの結果においても健康に影響のある数値は検出されていない。福島県の他の地域においても、順次、WBCを整備し測定を開始する計画が進められている。WBCによる検査の結果は、福島県の健康管理調査のデータベースに登録される予定である。

(3)今後の見通し

住民等の線量再構築においては、事故発生当初の放射性ヨウ素等による内部被ばくの評価が課題である。平成23年3月下旬に、いわき市等において1080人の子どもを対象として小児甲状腺の検査が行われ、全員甲状腺等価線量で100mSvに相当するスクリーニングレベル未満であったことから、地表に沈着した137Cs等からのγ線による外部被ばく線量に比べ、避難時の吸入摂取を含めた内部被ばく線量の寄与は相対的には小さくなると予想されるものの、根拠となるデータが十分ではない。30km圏周辺の降下塵中のヨウ素131/セシウム137比に着目すると、放射性物質の降下量が多かった飯館村付近を含め、発電所の北～南西方面ではこの比が0.31～5.83であったのに対し、降下した放射性物質の量が比較的少ない南～南西方面では13～26.5とヨウ素131の比率は相対的に大きくなっている。このように、ヨウ素131/セシウム137比が方位や時期によって異なることも考慮する必要がある。今後、膨大な環境モニタリングのデータとSPEEDIなどの放射性物質の大気拡散シミュレーションによる計算結果を照合するなどにより、大気中の放射性物質の濃度分布の詳細が明らかになれば、WBCによるセシウム137等の実測値が、放射性ヨウ素などの核種の吸

入による内部被ばく線量を評価するための個人の指標として活用されることが期待される。

表 5-1-8(1)-1 茨城県東海村における大気中放射性物質濃度

核種	平均濃度(Bq/m ³) ^{注1)}
Te-129m	1.5E+00
Te-132 ^{注2)}	3.7E+00
I-131	1.2E+01
I-133	5.6E-01
Cs-134	1.3E+00
Cs-136	2.1E-01
Cs-137	1.5E+00

注1)モニタリング期間は 2011/3/13～5/16

注2)I-132はTe-132と放射平衡と考えられる

参考資料

1)JAEA-Review2011-035 福島第一原子力発電所事故に係る特別環境放射線モニタリング結果

5-2. 放射線工学的な視点

5-2-1. 緊急時対応の放射線計測技術 井口哲夫(名大)

我が国における原子力施設等の防災対策は、昭和 54 年 3 月に発生した米国スリーマイルアイランド(TMI)原子力発電所の事故を契機に、原子力安全委員会において、昭和 55 年 6 月にその防災指針の初版が決定され、平成 11 年 9 月 30 日に発生した(株)ジェー・シー・オーウラン加工工場臨界事故の教訓に基づく強化(原子力災害対策特別措置法の制定)を経て、平成 22 年 8 月までに 14 回の改訂がなされてきた。そして、平成 24 年 8 月現在、さらに福島第一原子力発電所事故の未曾有の原子力災害の対策を念頭に大幅な見直しが行なわれている。この原子力防災指針の中で、緊急時環境放射線モニタリングは最も重要な位置づけにあり、迅速性重視の第 1 段階モニタリングと正確さ重視の第 2 段階モニタリングからなる行動計画が示されている。これら環境放射線モニタリングにおける放射線計測では、

- ① 原子力施設周辺の空間放射線量率
- ② 周辺に放出された大気中の放射性物質(放射性希ガス、放射性ヨウ素、ウラン又はプルトニウム)の濃度
- ③ 放射性物質の放出により影響を受けた環境試料中の放射性物質の濃度

などの把握が求められているが、緊急時対応という観点において、迅速・広域性の要求から航空機サーベイシステム、また人的な安全確保の要求から防災モニタリングロボットにおける放射線計測技術が重要と言える。

福島第一原子力発電所事故が起こった時点において、我が国における緊急時モニタリング技術の現状としては、第 1 段階モニタリング用に簡易航空機サーベイシステム、第 2 段階モニタリング用に詳細航空機サーベイシステムが用意されていた。これらの技術は、原子力防災訓練での運用実績はあるものの、今回の福島第一原子力発電所事故の初動対応では全く機能せず、米軍によってその有効性が見せつけられた。この理由は、我が国が保有する放射線計測技術として劣っているものではなかったが、国における運用体制やその技術的価値の理解が不十分であったためと断言できる。実際、米軍から供与された初期の放射線線量マップの実測データの存在の公開が 1 年以上も遅れ、当初の住民避難等の計画に活用しようという発想さえなかったことから明らかである。ただ、その後の詳細航空機サーベイと地上の人海戦術的な放射線測定との連携による全国の放射線線量・放射能濃度マップの作成は、福島第一原子力発電所事故の超広域放射線影響を正確に把握する上で極めて有意義であり、航空サーベイ技術の真骨頂が発揮されたと同時に、今回の我が国の航空機サーベイにおける初動対応の失敗を償いつつある。

一方、原子力防災モニタリングロボットについては、日本原子力研究所によって平成 13 年に 3 つの情報遠隔収集を目的とした‘RESQ : Remote Surveillance Squad’シリーズと呼ばれる研究開発・試作がなされたものの、研究費や維持費のカットによりお蔵入りとなり、今回の肝心なときに利用不可であった。また、原子力安全技術センターには、視覚情報重視と雰囲気計測重視の 2 基のモニタリングロボットが整備され、原子力防災訓練等でデモ運用がなされていたが、今回の事故現場投入には至らず、これも結局、米軍の爆薬探知ロボットに先を越されたような状況となった。我が国のロボット技術の優秀性は世界が認めるところであるが、これも国がその実運用に本腰で取り組んでいなかったツケが回ったと思われる。

以上が、今回の福島第一原子力発電所の事故対応において明らかとなった緊急時モニタリング技術の現状と課題であるが、これらを教訓とするなら、今後の技術開発の方向性としては、より過酷(例えば、複合災害、テロ攻撃など)な現場への迅速かつ安全なモニタリングという観点から、無人化(遠隔操作/自律制御)、軽薄短小化、汎用化(誰でもすぐ使える)のキーワードが考えられる。具体的には、無人ヘリ測定システム、小型軽量の防災モニタリングロボット(特に平地以外の走破や全方向移動可能なタイプ)、人の立ち入り困難な場所へ投入する可搬型モニタリングポスト(投下型や吊り下げ型)、海域モニタリング向け遠隔・自律無人船舶・潜水艇などの開発が挙げられるであろう。

現在、JAEA では、緊急時対応の放射線計測関連技術の高度化を目指して、

- ・航空機サーベイの広域モニタリングによるホットスポット探査
- ・無人ヘリシステムの開発実証
- ・原子力防災ロボの再開発(RESQ-A ⇒ JAEA3 号)
- ・ガンマ線可視カメラ、光ファイバーセンサー等、環境放射線モニタリング計測機器の高機能化

などが進められているとのことであるが、放射線工学部会に属するこれら研究機関や大学、企業等の放射線計測屋は、福島第一原子力発電所事故の早期復興に向けて、当面、

- ・従来技術の性能改善(例えば、航空機サーベイにおける分析精度や空間分解能の向上策など)
- ・無人移動体への搭載に適したスマートセンサーの開発(軽量・コンパクト、高信頼性、耐環境性など)
- ・運用体制を意識した技術開発(機能集積よりも分散、現場で誰でも使える操縦性など)

というような貢献に注力すべきかと考える。

ただ、今回の福島第一原子力発電所事故の教訓として、起こりうる最も過酷な現場での放射線モニタリング技術を想像し、本気で取り組むべきと痛感するところであるが、このような滅多に起こらない事象に対し、研究開発・機器整備・性能維持を継続的に実施していくインセンティブを国や社会が認知・支援する体制も必要不可欠と思われる。

5-2-2. 緊急時対応の放射線挙動解析技術 上松幹夫(東芝)

福島第一原子力発電所の事故による線量評価において、特徴的なのは線源が極めて広範囲に及んでいる点である。放射線線源の空間分布、スペクトル(線源核種)、時間変化を把握し、放射能濃度と空間線量率の関係を把握することが重要である。放射能濃度から空間線量率、空間線量率から放射能濃度の推測が精度よく出来るようにしておくことが求められる。

放射線挙動解析技術の基礎的な面では、ベースとなるデータの整備と解析コードに関する情報の整備が重要な課題として挙げられる。放射線挙動解析では外部被ばくの観点での評価であり評価対象となるのはガンマ線放出核である。想定される事故事象ごとに重要核種の情報(崩壊系列、放出ガンマ線、半減期)を整備することが必要である。

放射線挙動解析には、モンテカルロ法(EGS5, MCNP5 など)、Discrete Ordinate 法(ANISN、DOT/DORT、TORT 等)点減衰核法(QAD、G33)などが用いられる。これらのコードにおける評価モデルの違い等による差異について理論的に把握し、一般向けに説明できる根拠を共有することが必要である。

事故に伴う広域な環境放射線解析としては、①土壌放射能と地表付近の放射線線量の相互関係の評価、②上空での線量分布評価が主なものである。地表付近の線量は放射能の土壌中の深さ方向分布の影響を受けるため、主な放射性核種について $\exp[-\beta t]$ 型の分布を仮定し、パラメータ β の評価と整理が行われている。

上空の線量分布解析は、航空機サーベイの結果から地表付近の線量と放射能濃度を推定するための基礎データを整備するためのものである。解析方法・データの整備としては次のようなステップが考えられる。

- 1) 地表一様線源に対する空間線量の高さ方向分布
- 2) 地表分布(ホットスポットなど)の上空線量分布への影響

- 3) 解析モデルにおける地形考慮
- 4) 地表条件(樹木、土壌)の考慮

以上の手法・データを整備することで、上空の線量サーベイから高精度且つ高分解能の地表近傍評価を可能にすることが目標の一つとして挙げられる。

5-2-3. 環境放射線と放射線測定技術の新展開 高橋浩之(東大)

福島第一原子力発電所事故により放出された放射能が広く環境中に拡散している状況が続いており、このような状況に対応して新たな環境放射線測定、放射能測定技術が求められている。また原子力発電所事故への対応においては、緊急時に真に有効な放射線計測技術としての課題が明らかになってきた。放射線工学部会のワーキンググループにおいて、現場で求められている環境放射線と放射能測定技術について調査・検討を行ってきた。ここでは環境放射線と放射能測定技術において、今後開発すべき新たな測定技術の方向性について概観する。

従来の放射線計測技術においては、計測器を組み込んだ測定システムとしてのアプローチが十分ではなかった。たとえば、緊急時に対応する放射線計測としては、がれきの中や階段などを自律的に計測することが必要である。海域モニタリングなども遠隔・自律モニタリングが必要である。モニタリングポストも有効に利用するには可搬型が望ましい。また、航空機モニタリングなどは有効であるが、緊急時にすぐに稼働するシステムとしては、運用体制も重要である。

半減期の短いヨウ素に関する情報が十分に得られていないが、短半減期の核種を分析するには迅速な計測が必要である。現場で用いられる NaI(Tl)シンチレーション検出器の分光性能が低い場合、環境中に存在する核種の同定は容易ではない。in-situ でガンマ線の分光をする半導体検出器を用いたシステムが必要と考えられる。ホットスポットの探索には、広域モニタリングが必要であり、地上からも広い範囲をサーベイできるような分布計測が必要と考えられる。

イメージング・分布計測は、光ファイバを用いた計測や多ピクセル化合物半導体検出器など技術シーズとしては存在するが、環境放射線測定に用いることのできる測定システムとしては十分に機能するものが開発されていない。今後は、航空機や車などに搭載した放射線計測システムに加えて、光ファイバスキャンシステムやガンマカメラなどの可能性を追求して、広域モニタリングシステムの研究開発を進めていくことが必要と考えられる。 $\alpha\beta$ 核種などは計測に手間がかかるので、より迅速に計測できるように放射能計測技術の高度化が望まれる。

共鳴イオン化質量分析法などによれば、迅速な分析が可能であり、実用システムとしての利用も期待できる。また、従来の半導体検出器よりも1ケタ以上高い分光性能をもつ超伝導放射線計測技術の有効な利用により、高感度な分析が可能となることが期待される。サーベイメータの高精度化と小型化、個人モニタリングへの利用も今後検討されるべき課

題であろう。放射線計測器が一般に普及し、利用者が増大している今日、新たな環境放射線計測技術の確立に向けた研究開発の重要性は明らかであろう。平成 24 年度から JST の先端計測分野において放射線計測分野が発足し、集中的な開発が進行しているところでもあり、今後の本領域の進展に期待したい。

5-2-4. 放射線防護に用いられる線量概念 放射線工学部会・線量概念 WG¹

(1)防護量と実用量

実用量の一つで、場のモニタリングで使用される線量概念である周辺線量当量から、防護量の一つで、放射線健康リスクと関連性を持つ線量である実効線量への換算係数は照射条件に依存する。本項では、福島事故における広い領域の地表・地中等に線源がある状況下での、周辺線量当量(この場合は正しく校正されたサーベイメータの値)から実効線量への換算係数の値について検討した結果を示す。

(2)福島事故対策で使用された線量概念

福島事故対策で用いられた線量概念の実例を表 5.2.4(2)-1 に示す。ここでは防護量と実用量の両者が使用されている。

表 5.2.4(2)-1 福島第一原子力発電所事故対策で使用されている線量概念

対策	用いられた線量概念	内容
緊急作業従事者の被ばく線量の限度(平成 23 年 3 月 26 日放射線審議会答申)	実効線量	従来の緊急時の被ばくの限度 100mSv を 250mSv に上げた。(平成 23 年 5 月に元に戻した。)
放射性物質汚染対処特措法 ¹⁾ 基本方針(平成 23 年 11 月 11 日)、	実効線量	長期的な目標として <u>追加的に受ける線量</u> が年間 1mSv 以下となること
除染関連ガイドライン(平成 23 年 12 月、環境省)	周辺線量当量	<u>空間線量率</u> が 0.23μSv/h を超える区域を除染実施対象とする。
除染電離則 ²⁾ 、及び同ガイドライン	実効線量 等価線量 周辺線量当量	作業者の限度については、これまでの電離則と同じ。 <u>空間線量率</u> 2.5μSv/h を超えるか超えないかで管理方法が異なる。

¹日本原子力学会 放射線工学部会 線量概念 WG： 主査：平山英夫 (KEK)、幹事：中島宏 (JAEA)、佐波俊哉 (KEK)、委員：山口恭弘 (JAEA)、鈴木敏和 (NIRS)、佐藤理 (MRI)、高木俊治 (MRI)、岩井敏 (JANTI)

- 1) 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(環境省、平成 23 年 8 月 26 日公布、平成 24 年 1 月 1 日施行)
- 2) 東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則(厚生労働省、平成 23 年 12 月 12 日)

場の線量を測定するサーベイメータは実用量である周辺線量当量 H*(10)に校正される。したがって、サーベイメータの測定値に上記の比を換算係数として乗じて、実効線量が評価される。換算係数が評価された例を表 5.2.4(2)-2 に示す。この表に示すように、福島住民被ばくは照射条件として ISO(等方照射)が仮定され、周辺線量当量から実効線量への換算係数として 0.6 が示されている。

表 5.2.4(2)-2 サーベイメータの値(周辺線量当量)から実効線量への換算係数の例

評価対象	出典	照射条件	換算係数	備考(線源)
通常的环境放射線被ばく	森内他 ²	ISO 条件	(0.86)*	宇宙線,Rn,建材,地面(⁴⁰ K、U、Th 系列)
福島事故住民被ばく	放医研 ³	ISO 条件	0.6	¹³³ Xe, ^{129m} Te, ¹³² Te、 ¹³¹ I, ¹³² I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs

(*周辺線量当量から、実効線量ではなく、ICRP Publ.26 の(組織)荷重係数に基づく実効線量当量への変換)

(3)地表・地中に分布した線源からの高さ・角度依存の光子スペクトルの検討

地表・地中の広く分布した線源による被ばくを検討する場合には、線源から放出される γ 線と共に、土壌や空気により散乱され方向やエネルギーが変化した散乱線の寄与を考慮することが必要である。以下では、電磁カスケードモンテカルロ計算コード EGS5⁴を用いて計算した地表面での高さ・角度依存の光子(線源 γ 線と散乱線を総称して、以下では「光子」という。)情報を基に、地表・地中の広く分布した線源による被ばくの状況を検討する。線源として、Cs-137 及び Cs-134 が地表面又は減弱距離 $\beta(\text{g}/\text{cm}^2)$ の指数関数的深度分布を持つ場合を対象とした。

検討結果から、地表・地中の広い領域に一様に分布した線源からの被ばくは、やや下方からの ROT 照射(回転照射)条件に、1 割程度の ISO 照射(等方照射)条件要素が加わった状態であると言える。

² 森内茂他：保健物理、Vol.25 pp121-128(1990)

³ 放射線医学総合研究所：外部被ばく線量の推計について：平成 23 年 12 月 23 日
<http://www.pref.fukushima.jp/imu/kenkoukanri/231213senryosuikei.pdf>

⁴ H. Hirayama, Y. Namito, A.F. Bielajew, S.J. Wilderman and W.R. Nelson, "The EGS5 Code System", SLAC-R-730 (2005) and KEK Report 2005-8 (2005)

(4)地表・地中に分布した線源からの実効線量と周辺線量当量の検討

項目(3)で実施した地表面分布及び地中浸透分布した線源による光子エネルギースペクトルの高さ、角度依存性のデータを用いて、実効線量を評価した。実効線量の算定においては、人体は数学ファントム(MIRD ファントム⁵)を用い、平坦な地表面上にファントムを立位した状態にし、EGS4 コード⁶により臓器・組織ごとの吸収線量を計算し、周辺線量当量に対する実効線量の比を求めた。その結果を表 5.2.4(4)-1 に示す。

表 5.2.4(4)-1 周辺線量当量に対する実効線量の比

線源	線量概念	地表面汚染の場合	地中浸透汚染($\beta=1\text{g/cm}^2$)の場合
Cs-137	実効線量(ICRP60)	0.62	0.61
	実効線量(ICRP103)	0.62	0.62
	周辺線量当量	—	—
Cs-134	実効線量(ICRP60)	0.64	0.64
	実効線量(ICRP103)	0.63	0.65
	周辺線量当量	—	—
Cs-134 と Cs-137 の放射 能濃度比が 1:1 の場合	実効線量(ICRP60)	0.63	0.64
	実効線量(ICRP103)	0.63	0.64
	周辺線量当量	—	—

※「実効線量(ICRP60)」： ICRP Publ.60 の組織加重係数に基づく実効線量

「実効線量(ICRP103)」： ICRP Publ.103 の組織加重係数に基づく実効線量

「周辺線量当量」： 地表高さ 1m の点での周辺線量当量

表 5.2.4(4)-1 に基づけば、より精度良く被ばく線量を評価するためには、周辺線量当量に対する実効線量の比を 0.65 程度とすることが適切であると考えられる。

(5)まとめ

プルーム通過等によって ISO 条件での被ばくが主と考えられる平成 23 年 3 月 12 日(未明)から 3 月 22 日(未明)までは、換算係数は 0.55~0.6 程度と考えられる。また、地表面沈着が優勢となるそれ以降でも、屋敷林、建物などにも線源がある場合には ISO 条件が妥当であると考えられる。しかし、人体よりも高いもので囲まれていない広場、農地、道路などでは異なる被ばく状況が考えられるため、地表面のみを線源としシミュレーション計算を実施した。その結果、地表面汚染時の被ばく条件は、やや下方からの ROT 照射に、1 割程度

⁵ WS Snyder, Mary R Ford, GG Warner, HL Fisher, Jr. MIRD Pamphlet #5 Revised: Estimates of Absorbed Fractions for Monoenergetic Photon Sources Uniformly Distributed in Various Organs of a Heterogeneous Phantom; August 1969; *J Nucl Med Suppl* Number 3

⁶ Nelson, W.R., Hirayama, H., Rogers, D.W.O., The EGS4 Code System, SLAC-265 (1985)

の ISO 照射要素が加わった状態であることが分かった。地表面汚染時及び地中浸透汚染時の照射条件での測定値から実効線量への換算係数は、0.65 程度であると考えられる。

5-2-5. 汚染分布調査における放射線計測 伊藤主税(JAEA)

福島第一原子力発電所の事故により環境に放出された放射性物質を除去し、環境を回復することは、事故対応の最重要課題の一つである。環境の空間線量率測定は、サーベイメータ、モニタリングポスト等によるポイント測定、航空機モニタリングによる国土の広域分布測定などにより行われているが、環境回復においては、除染作業の対象エリアにおいて放射性物質による環境の汚染状況を把握し、除染作業に反映するとともに、除染による線量低減効果を確認することが重要である。宅地、農地、山林等を含む広範な地域を対象とする汚染分布調査においては、JAEA により、放射線測定器を搭載した自律飛行型無人ヘリコプタやシンチレーション光ファイバを用いた放射線分布計測が導入されている。

無人ヘリコプタによるモニタリングは、迅速に広範囲を測定することができる上、同一ルートでの飛行により除染効果の確認、経年変化による変動追跡等が可能である。無人ヘリコプタには、ヤマハ発動機(株)製自律無人ヘリコプタ RMAX G1 が用いられ、大型プラスチックシンチレーション検出器を搭載して 1 秒毎に計数率データと GPS データを採取し、地上 1m における線量率に換算してマップ化される。福島第一原子力発電所から 40 km 圏内の約 1 km² 程度の場所を 20 地点選定してモニタリングが行われ、除染前後の比較により除染の効果が確認されている。サーベイメータによる地上での線量率測定結果との比較では、計数誤差等を考慮すると、地上の測定結果とよい一致が示されている(図 5.2.5-1)。

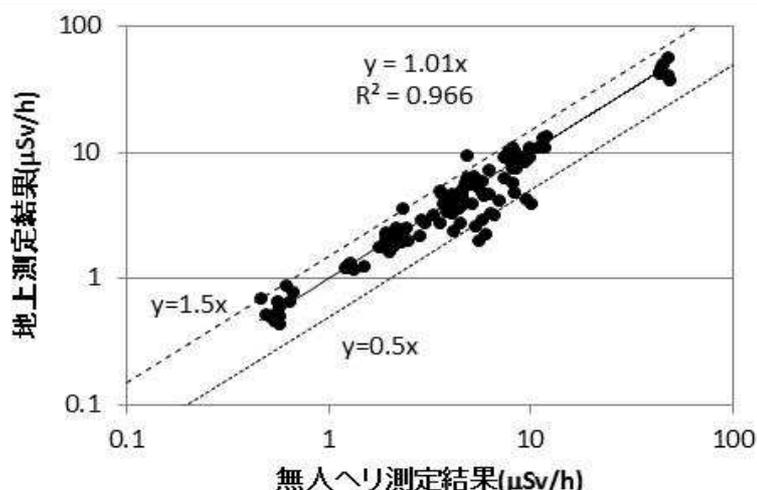


図 5.2.5-1 無人ヘリ測定結果と地上測定結果の比較

プラスチックシンチレーション光ファイバ(PSF)は、放射線が入射することによって PSF 内で発生する光が PSF の両端に到達する時間差を計測することにより、放射線の入

射位置とその強度を測定することができる。バイクロン社製 BCF-10(ϕ 1 mm)を 19 本束ねた全長 12 m の PSF が用いられ、両端に到達した光信号を光電子増倍管で検出し、両者の検出時間差を時間波高変換器で電圧に変換し、多重波高分析器でカウントされる。無人ヘリコプタによるモニタリングと同様に福島県内各地の田畑、グラウンド、森林等で測定が行われ、サーベイメータとよい一致が示された(図 5.2.5-2)。また、ファイバ部分は耐水性があり、河川や池(水中、水底)の放射線分布測定への適用も進められている。

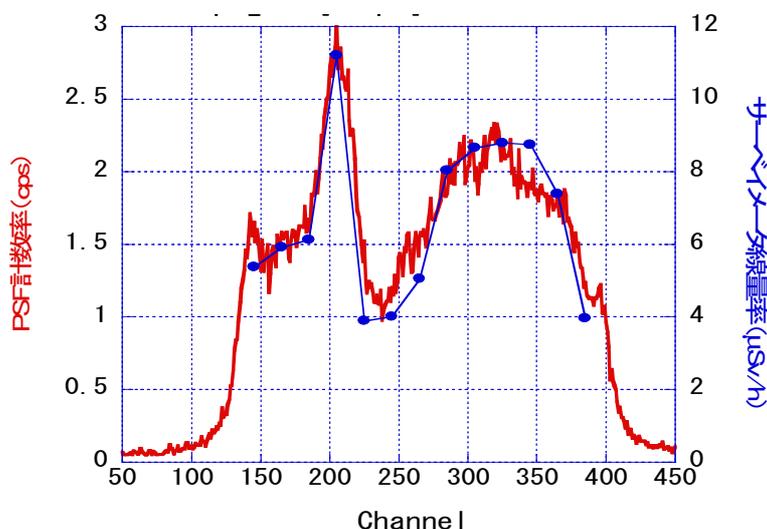


図 5.2.5-2 PSF とサーベイメータの測定結果の比較

無人ヘリコプタは人が容易に立ち入れない田畑、森林、山の斜面等を迅速に広域測定でき、PSFは10 m オーダの分布をより詳細に測定できる他、無人ヘリコプタが苦手な家屋周りや河川、池等の水中のモニタリングへ適用できることから、両者の特長を活かすことにより効果的なモニタリングが可能となる。一方、放射線分布計測の課題として、特に山林地域等で周囲の樹木や山林等からの放射線の影響が無視できない場合の誤差を検討する必要がある、これらに対する技術開発と実用化が進められている。

6. 放射線影響に関する今後の課題

6-1. 日本原子力学会の役割

6-1-1. 保健物理・環境科学部会

放射線影響分科会は、前述のように、環境および周辺住民と災害対応にあたる防災関係者の被ばくの低減、客観的な情報の整備と発信を目的に、多様な活動を進めてきた。その中で保健物理・環境科学部会は、特に人や環境への影響という観点から幅広い協力を行っている。今後も学術団体としての科学的な視点に立ちつつ、復旧・復興に向けて貢献していく。

今回の事故に対しては、政府機関はもとより、さまざまな学術団体、NPO などが支援活動を展開している。保健物理・環境科学部会としては、原子力学会の一部会としての利点を生かした活動を進めていくことが重要である。すなわち、原子力学会が工学から医学、環境科学、さらに社会科学にまで至る広範な研究者集団であることを活用し、他の部会等と連携した、包括的・総合的な観点から支援・助言を行っていく。そのような活動を進めるうえで、保健物理・環境科学の目的の一つである「人の健康な生活を守る」という意識や立場を特に重要視する必要があると考えている。人の健康を守るという視線に立ち、安全・安心の確保に向けた研究を進めるとともに、その成果を事故の復旧に向けて活用していくための活動を進める。

また、当部会には、このような今後の研究の実施・展開に加えて、過去に蓄積した知見を今回の事故の収拾に活かしていくという役割が求められている。これまでに多くの放射線防護に関する研究が行われてきており、例えば、平常時に原子力施設から放出される放射性物質による被ばくの線量評価やリスク評価に関しても、多くの研究がなされ、それが実務に活かされてきたという実績がある。当部会としては、過去に集積した知見を集積し、再構築して、今回の事故の収拾に向けて利用できる形に展開するような研究や活動を積極的に進めていきたい。

理工学に関する研究が比較的多い原子力学会の中にあって、保健物理・環境部会は、人を中心とした様々な環境における放射線(放射能)の安全に関する研究者集団として、学術的・先進的な研究を精力的に実施するとともに、並行して環境除染や健康維持などの実際的な問題に示唆や解決策を与えるような研究を実施して、広く知見の公表を図っていききたい。

6-1-2. 放射線工学部会

福島第一原子力発電所事故に対する環境修復や安全確保に向け、放射線工学の技術的な観点から、主として、以下の3つの活動に取り組む予定である。

- 環境放射線モニタリング、個人被ばく線量、食品・飲料の放射能濃度等の測定技術について、現状の調査・評価とともに、先進的な技術導入により飛躍的な性能改善

を目指した開発研究を進める。

- 実効線量や空気吸収線量等、定義の難解な放射線防護に用いられる各種線量概念および測定量との関係性を再整理し、利用者間の見解の統一とより正確な理解を図る。
- 緊急時対応の放射線挙動解析技術について、国産化及び標準化に向けた開発戦略を検討し、具体化を進める。

以上、これらの技術内容を福島第一原子力発電所事故対応および今後の原子力防災へ積極的に反映させる努力をするとともに、一般の方々へもわかりやすい解説・情報発信を行っていききたい。

6-1-3. 社会・環境部会

日本原子力学会では23の専門部会があり、それぞれが特定の技術分野ごとに活動しているが、社会・環境部会はその中で唯一の非技術系専門部会である。活動の大きな目標は、原子力に対する社会的な理解を促進することであり、社会的信頼促進に関する学術・科学的研究、各種の輿論調査、リスクコミュニケーション活動及び学会内外に向けた研究発表や社会的信頼向上に向けた提言等の活動を実施している。

これまで、事故・トラブルや不祥事が起きる度に原子力の社会的信頼の低下が見られたが、リスクコミュニケーション活動など関係者による様々な取り組みにより比較的短期間に社会的信頼が回復されてきた。しかし、今回の事故の影響は、これまでとは比べ物にならないほど大きく、築城百年落城1日と言われる通り、原子力への社会的信頼は地に落ちたと言っても過言でなく、今後の社会的信頼の回復活動は容易なことではない。翻ってみれば、資源の乏しい我が国にとって原子力エネルギーは不可欠であるという事実は今回の事故によっても微塵も揺るいでいない。我が国がエネルギー源を平和的・持続的に確保するためには、再生可能エネルギーの開発と並んで原子力エネルギーの利用促進は不可欠であるという事実も変わらない。したがって、原子力エネルギーが我が国のエネルギー源として本来の役割が果たせるよう、一日も早く社会的信頼を回復しなければならない。そのため、社会・環境部会は全力を挙げてその活動に取り組んでいく所存である。

社会的信頼を回復するために真っ先に取り組むべきことは、事故の被害を蒙った被災者に寄り添った活動を行うことである。被災者の救済がなければ原子力の信頼回復は有り得ないからである。学会の行える活動の範囲は限られるが、可能な範囲で全力を挙げて取り組まなければならない。具体的には、これまでも行ってきた、環境除染に関する技術情報の提供や放射線の専門知識の提供である。環境除染には年月を要するが、粘り強く継続しなければならない。これまではクリーンアップ分科会と当放射線影響分科会が中心になってその活動を推進し、社会・環境部会は両分科会に参加して、それらの活動の支援を行ってきたが、平成24年度からは福島特別プロジェクトとして、上述の活動が拡大強化されることになり、社会・環境部会はその中のコミュニケーション機能の役割を支援する予定である。

社会的信頼回復に向けて次に重要なことは、事故の教訓を活かすことである。何よりも重要なことは、なぜこのような事故が起きたのかを徹底的に反省し、周辺環境に二度と今回のような放射能汚染を引き起こさないような対策を講じ、それを国民に示すことである。その技術的な対策の検討については他の部会に譲るとして、社会・環境部会の役割は事故防止に関する社会的な仕組みの改善対策である。既に政府が提出した安全規制改正案が平成 24 年 6 月に国会で成立し、9 月にも新しく原子力規制委員会が発足することになっている。この新しい安全規制システムで対策が十分なのかどうか、また、今回の事故の背景にあったとされる「安全文化の風化」は本当にあったのか、あったとすれば、今後、安全文化が風化しないための対策はどうすれば良いか、日本原子力学会や原子力関係者はどのような変革が求められるのか、等を明確にしてそれを国民に示すことである。

実は、昭和 61 年のチェルノブイリ事故の後、欧州各国では上述したような取り組みが行われ、それまで「事故は起きない」としてきた安全論理を改め、「事故は起きる」ことを前提とし、「事故が起きても周辺環境を汚染させない」という安全論理に転換していたのである。これが深層防護(多重防護とも言う。; Defence in Depth)として、1996 年に IAEA の国際的安全基準に取り入れられた ("DEFENCE IN DEPTH IN NUCLEAR SAFETY" INSAG-10,IAEA(1996))。深層防護と言う用語そのものはそれ以前から存在していたが、国際基準として体系化されたのはこれが初めてである。

我が国は、形式的には深層防護(多重防護)の安全論理を取り入れたものの、国内では「事故は起きない」という旧来の安全論理から一步も踏み出ることが出来ず、5 層から成る深層防護の 3 層目までの「事故の発生防止」までしか厳密に適用せず、4 層目の「事故が起きても外部に放射能を出さない」、5 層目の「放射能が出て住民に被害を与えない」という、チェルノブイリ事故の反省から採られた重要な対策が不十分であった。その原因はこれらの対策が「事故が起きる」ことを前提としているためであった。

社会的信頼が失墜した最大の原因はここにあるのではないか。「事故は起きない」と言い続けてきたのに事故が起きたからである。欧州では上述の通り、15 年以上前にチェルノブイリ事故の反省に立って、「事故は起きる」ということを前提とした対策に転換していたのである。日本原子力学会の専門家の全員が「事故が起きない」と言ってきた訳ではないが、その「安全神話」の存在を知りながら黙認してきたことは否定できない。リスクコミュニケーションで良く使われる「多重障壁」の説明がその典型例である。「原子炉の中には危険な核物質がありますが、それらはペレット、被覆管、圧力容器、格納容器、建屋という 5 重の壁で囲まれていますから安全です」という説明である。問題は 2 つある。この説明が上述した「5 層の深層防護」のことだと誤解されてしまっていたことである。次に「5 重の壁」という多重障壁があれば放射性物質が放出される事故が起きないと言う、安全神話を肯定してきたことである。5 層の多重障壁が 5 層の深層防護のことだと誤解されてきた最大の責任は国の安全規制にある。IAEA が決めた 5 層の深層防護のことを国民にきちんと説明していないからである。原子力安全委員会の安全審査指針の中に深層防護を説明した図書が存在しない

し、原子力安全・保安院が公表した図書の中にも深層防護を説明した図書がない。いずれの機関も概念図で抽象的に説明しているだけである。しかも、最も重要な「事故が起きても周辺環境を汚染させない」という安全論理のことには全く触れていなかったのである。

原子力の設計者なら、確率論的な安全解析により、非常に低い確率ではあるが放射能が放出される事故が起きる可能性があることは多くの技術者が知っている。原子力安全委員会も平成16年に安全目標案として、10のマイナス6乗という数字を提案している。放射能が放出される事故が起きる確率を100万年に1回以下にする、という意味である。逆に言えばこの数値は事故が起きる確率は小さいが「事故は起きる」ことを示している。安全目標を示した際、「事故が起きた際の対策も必要であること」すなわち、深層防護の第4層、第5層の対策の必要性を説くべきだったのではないだろうか。

深層防護のことをもう少し詳しく説明する。第1層目の対策は、異常が起きないようにするものである。具体的には、①安全文化を醸成する、②高い品質を維持する、③余裕のある設計を行う、④多重性・多様性等の冗長設計を行う、等の対策により、異常の発生を防止し、プラントを正常な状態に保つためのものである。第2層目の対策は、第1層の努力にもかかわらず異常が発生した場合、それを早期に発見し、緊急停止させ事故への発展を防止するとともに、停止後の崩壊熱を除去するための冷却を行うことにより、放射性物質の外部への放出を防止するためのものである。第3層目の対策は、第2層目までの対策にも係らず、事故が発生したとしても、その影響を抑制して事故の拡大を防止するためのものである。具体的には、設計基準事故(Design Basis Accident : DBA)が起きた場合、緊急停止装置により原子炉を停止させるとともに、停止後の崩壊熱を非常用冷却装置により冷却することにより、DBAに対する許容基準を遵守する。

これらの深層防護対策で放射能が外部に出ないように、内部に閉じ込めるための備えが既述した5重の壁と言われる多重障壁である。したがって、5重の壁は深層防護対策の内の一部にしか過ぎない。

深層防護の第4層目の対策は、第3層までの対策にも係らず事故が収まらないで、設計基準事故以上の状態(Beyond Design Basis Accident)になった場合、残されているあらゆる手段と第4層のために準備した対策を駆使することによって事故の影響を抑制し、周辺住民が避難しなくても済むよう、外部に放出される放射エネルギーを最小限に止めるためのものである。第5層目の対策は、第4層目までの対策が十分な効果を発揮できず、放射能が外部に放出された場合に備え、周辺住民を放射能の被害から守るため、安全な場所に避難させるためのものであり、通常、原子力防災計画と呼ばれているものである。

IAEAの安全原則ではこの深層防護を安全設計の最上位の概念と位置付けている。欧州では今回の事故後全ての原子力発電所を対象としたストレステストが実施されたが、その最大の目的は深層防護対策の強靱性を再点検することにあった。各国が作成したストレステスト報告書の冒頭に「原子力発電所では事故が起きる。事故が起きてもあらかじめ対策を講じることによって発電所周辺の人と環境に放射能の被害を及ぼさないようにすることが出

来る。今回のストレステストによりその対策の総点検を実施し、必要な改善点を抽出した。」と書いてある。「事故が起きる」ことを冒頭に明記している点が「事故は起きない」としてきた我が国の安全論理と好対照である点が印象的である。

社会・環境部会では事故直後から部会内の有志により“福島コアグループ”というグループを立ち上げ、上述した事故の教訓の分析に取り組み、我が国の安全論理が一刻も早く国際的な水準に達するよう願っている。今後も、このグループ活動を中心にして原子力の社会的信頼回復に向け全力を挙げて取り組む所存である。

6-2. 放射線影響分科会の活動を通しての今後の方針

放射線影響分科会では、環境および周辺住民と災害対応に当たる防災関係者の被ばくの低減を合理的に達成することに寄与すること、長期的な視野から、引き続き対応すべき諸課題の検討に寄与し得る客観的な放射線学的情報を整備しておくこと、原子力災害の特殊性を考慮し、得られた情報をわかりやすい形で国内および世界に発信すること、等を目的として活動を進め、平成23年5月20日に添付資料8-1-1に示す6つの提言を行った。提言に至る背景は3-1節に述べてある。その後、平成23年6月20日に添付資料8-1-2に示す福島第一原子力発電所事故対応に関する提言をクリーンアップ分科会と共同で行った。提言に至る背景は3-2節に述べる。また、平成23年11月9日にはこれらに加えて、添付資料8-1-3に示す提言を行った。提言に至る背景は3-3節に述べる。

これら8つの提言は平成24年8月現在においてもその重要性は失われておらず、また引き続き対応が必要なものも残っており、これらの提言を着実に進めることが重要である。一方で、事故から1年余以上が経過し、事故収束期に向けた方策が求められている現状において、6-1節で述べた課題の実現は今後重要になってくる。以下はこれらの進め方についての分科会の考えを提言としたものである。

福島第一原子力発電所事故対応に関する提言(平成24年7月1日発出)主文	
1	事故状況の把握や、被ばくの低減化等の研究を進めるために、緊急対応を視野に入れた環境科学、放射線防護の研究体制を整備・拡充する。 今回の事故対応でこれまでに蓄積した知見を活用しつつ、環境除染や健康影響など放射線防護の実践的な課題に示唆を与える研究を実施し、広く知見の公表を図る。
2	環境放射線モニタリング、個人被ばく線量等の測定技術について、現状の手法の調査・評価を行い、緊急時に対応可能な機器、測定システムの開発研究を進める。 放射線防護に用いられる各種線量概念と測定量との関係性を整理して、正しい線量概念の理解をはかる。
3	放射線被ばくのリスクを巡る情報が混乱している状況を改善していくことの重要性に鑑み、情報の混乱の原因を検討し、改善を進めるための方策をすすめる。

6-3. まとめ

原子力発電所の過酷事故では、大量の放射性物質が生活環境を含む自然環境に放出される。過酷事故に起因する環境の放射能汚染や住民の被ばく状況は時々刻々と変化し、その被害は災害の発生直後から数年あるいは数十年の長期にわたる可能性がある。原子エネルギーの利用に携わった者には、こうした原子力災害時に、それぞれ専門とする立場から放射線による被害を可能な限り小さくする課題が課されている。

今回の福島での事故に伴う放射線災害では、放出直後は放射性物質の短期的挙動に着目した対応が求められ、数ヵ月後からは放出された放射性物質の比較的長期の環境挙動に基づく対応が求められた。さらに、災害被害の内容では、放射線被ばくによる健康影響のみならず、被ばくの社会的、経済的影響を含め、放射線災害を冷静に評価し可能な限り被害を小さくするための活動が求められた。現状においても、環境修復と被ばく線量低減化対策、住民の被ばく線量の再構築、放射線作業に従事した作業員や住民の健康影響、多くの残された課題があり、学会としての貢献が求められている。

災害時の対応では、現に起りつつある被害に有効に対処することが重要である。専門家の知識や技術は行政機関を通じて災害対応に生かされる。専門家は災害の現実から直接情報を得て実相を把握しあるいは影響を評価することもできる。また、放射線災害の特殊性ともいえる被害の実相を国民に伝えるためのコミュニケーション活動に取り組むこともできる。これらの活動は被害の進展に応じて重要度は異なってくるが、何時の場合でも現に生じつつある健康被害や経済的損害を可能な限り小さくすることを意図して実行されるものでなくてはならない。しかし、一方で、原子力に対する災害文化のないところでは多くのことが初めての経験であり、試行錯誤による対応にならざるを得ないケースも稀ではない。世界中の人々にとって初めての経験であったとしても、災害対応には的確性が求められる。ここに災害対応の最も難しい課題がある。行政組織が主体となる災害対応において、専門家の役割はきわめて重要であるが、専門家には事態をあるがままに把握する力と幅広い視野から事態に適切に対処するための想像力や柔軟性が求められている。

今回の放射線影響分科会の活動は、重大事態を迎えた状況下で保健物理・環境科学部会、放射線工学部会、社会・環境部会の三部会が学会理事会の呼びかけに応じて放射線被害を最小限にとどめようとして行った活動の記録である。ある時は、国際機関の活動を参考にし、あるときは国の災害対応の在り方に提言を行い、あるときは目下の調査研究に着目し公開したりしてきたが、多くの部会員が災害対応の直接の作業に携わるなかで内容的に限られたものにならざるを得ない部分もあった。しかし、未曾有の危機的状態のなかで行った創意あふれる試行錯誤とそのなかで得られた教訓をできるだけ生きいきと描き出すことで、この記録が原子力防災文化の形成の一助になればと期待している。

7. 参考資料

7-1. 分科会議事概要

7-1-1. 放射線影響分科会準備会 議事概要

「原子力安全」調査専門委員会に設置された放射線影響分科会(主査：保健物理・環境科学部会部会長 占部逸正)での課題及び進め方等を検討するための準備会を平成23年4月16日(土)13時から開催した。

準備会では、「原子力安全」調査専門委員会において、放射線影響・環境影響について分析・検討する分科会の名称を放射線影響分科会とすることとした。

本分科会は、保健物理・環境科学部会、放射線工学部会及び社会・環境部会で連携して分析・検討を進めることとし、分科会メンバーは、占部分科会長を中心に、上記各部会から、分析・検討事項に関連した専門家を早急に選定することとなった。

当分科会の短・中期的な分析・検討課題としては、現在公開されている土壌や空間線量などの放射線関連情報に必要な情報を加え、系統的に整理・分析することで、今後の防災対策実施の際の基本的な情報に資するとともに、よりわかりやすい放射線情報を国民に提供する視点からの検討を行うこととした。また、放出終息後の回復措置の基本的な考え方等の検討を開始することとした。これらの保健物理や環境科学の関連する応急対策や回復措置の検討に際しては、広い視野からこの問題に取り組むために、当部会と関連の深い日本保健物理学会をはじめとする放射線関連学会と連携を図り検討を進めていくこととした。

7-1-2. 第1回放射線影響分科会 議事概要

平成23年4月30日(土)13時から、「原子力安全」調査専門委員会第1回放射線影響分科会(分科会主査：占部逸正)を開催した。

本分科会は以下の役割を担うことの確認がなされた。「1. 環境および周辺住民と災害対応に当たる防災関係者の被ばくを合理的に達成できるかぎり低減することに寄与すること」、「2. 長期的な視野から、これからも引き続き生じる可能性のある諸問題の検討に寄与し得る客観的な放射線学的情報を整備しておくこと」、「3. 原子力災害の特殊性を考慮し、得られた情報を分かり安い形で国民および世界に発信すること」。

この視点より、環境放射線情報の把握、被ばく線量評価の基礎となる放射性物質の分布の実態把握、住民及び防護対策に関与する作業者の被ばく管理、環境回復措置の目標と課題の明確化に焦点をあてて、今後、活動を進めることとなった。

環境放射線情報の把握については、文部科学省、原子力安全委員会等が公表している福島第一原子力発電所周辺の空間線量、土壌中放射性物質の濃度の経時変化等、現状についての整理状況の報告があった。また、放出放射性物質量の推定の試みが紹介された。これらの課題は整理し、今後取りまとめを行うこととなった。分科会から国への提言について、提言項目を確認するとともに、内容について検討した。提言は、さらに検討し、早急にHP

等に掲載することとなった。最後に、現存被ばく状況の放射線防護の考え方について意見交換をした。

7-1-3. 第2回 放射線影響分科会 議事概要

平成23年5月12日(木)9時30分から、第2回放射線影響分科会を開催した。本会合では、放射線影響分科会としての提言について、原子力シンポジウムでの報告内容、環境回復措置に必要な安全規則等について議論した。放射線影響分科会としての提言については、情報公開の手続き等について引き続き見直しを行うとともに、放射線工学部会から出された提言への提案についても取り込む方向で再度審議し、5月中旬から下旬にかけて公表できるよう作業を進めることとなった。5月21日(土)に開催されるシンポジウムで報告する「本分科会の活動状況」、「汚染状況に関する情報整理」及び「大気拡散の状況と放出に向けての課題」について報告案にしたがい、内容の確認を行った。また、今回の原子力災害で生じた放射性汚染物の取り扱いに関する法的問題について意見交換をした。

7-1-4. 第3回 放射線影響分科会 議事概要

平成23年6月11日(土)13時から、第3回放射線影響分科会を開催した。本会合では、5/21の緊急シンポジウム以降に学会に寄せられた質問への対応状況、住民や作業員の被ばく管理状況と課題、緊急時環境放射線モニタリングの課題、クリーンアップ分科会より福島地区訪問結果と要請、遅れて公表された環境関係のデータに対する対応、放射線の線量基準についての説明があり、意見交換を行った。被ばく管理の問題では、住民の線量評価体制の整備の必要性と現存被ばく状況下における参考レベルの設定の課題が指摘された。緊急時の放射線モニタリングの課題では、航空機サーベイの運用に初動の遅れがあったことや開発途上の無人ヘリの見通し、また、これまでに国内で整備されてきたモニタリングロボットが十分活用されなかったことに対し、改良の方向性などが指摘された。また、放射線測定の基本的な考え方や測定結果の理解の仕方などについて一般向けに整理し、HP等に解説として載せることとした。これに併せて、これまでHP上に掲載している放射線防護・線量評価関連の内容充実を目指し検討することとなった。また、遅れて公表された環境関係のデータについては、他分科会とも協力し、学会声明とするよう提案することとした。今後の課題として廃棄物処理の目安の検討、さらに、先般、原子力災害対策本部が発表した『原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書—東京電力福島原子力発電所の事故について—』で十分な検討がなされていない課題について検討していくこととなった。

7-1-5. 第4回 放射線影響分科会 議事概要

平成23年7月2日(土)13時から、第4回放射線影響分科会を開催した。主な議題としては、①海洋拡散に関する現状と課題および海洋拡散のシミュレーション結果、②放射線測

定の問題点と留意事項、③HP に記載されている解説記事の見直し、④分科会の今後の活動について、を採りあげた。

①では、文科省試料の分析の他にそれぞれの研究機関での独自での取り組みの紹介があった。海洋拡散計算では、ソースタームの推定や大気-海洋結合汚染物質モデルを用いた現実的な評価が行われつつあること、またシミュレーションの結果では、沿岸部の海水放射能測定結果に基づいた漏洩量の推定結果が報告された。さらに、放射線モニタリングに関連して、緊急時下では試料採取や測定条件に多くの困難を伴うことが紹介され、人材育成と組織的な対応の重要性が指摘された。②では、測定目的の分類、測定器の特徴、公開されている測定値の解釈、放射線計測全般に共通する注意点等が紹介された。また、食品や飲料水では、簡易測定の必要性は高いが、汚染レベルにより遮蔽体を用いた測定が必要になることが示された。今後の課題として市中に出回っている測定器の調査の必要性が指摘された。③では、現在学会 HP に掲載されている解説のうち、一部現状にそぐわない部分があり修正することとした。新たな解説については、すでに国、関連研究機関、他学会等の Web 上にさまざまな解説が提示されているので、本分科会では、本学会と特に関連の深い項目について、必要に応じて対応していくこととした。④では、これまでの検討結果を秋の大会時に開催されるシンポジウムで報告することとした。また、今後の検討課題として、事故や災害対応時の教訓を検討すべきとの意見が出された。

7-1-6. 第5回 放射線影響分科会 議事概要

平成 23 年 8 月 9 日(火)13 時から、第 5 回放射線影響分科会を開催した。議論された主な内容は、①今回分科会までの活動状況について(HP 掲載解説記事等について)、②大気拡散状況について、③今後開催されるシンポジウムについて、④緊急時対応のあり方としての教訓について、⑤放射線測定関連の解説について、である。

①では、前回会合において提案のあった放射線影響分科会関連の HP 掲載記事の改定を進めていたが、作業が終了し、日本語版及び英語版ともに更新済みであるとの報告があった。

②では、環境(大気)の放射能分布について、原子力学会あてに大気中に放出された放射性物質が上空を通過した時期等について質問があったことから、計算による大気拡散状況の推定結果について議論し、推定結果については近日中に学会 HP 解説として掲載することとなった。

③では、9 月 19 日に開催される原子力学会の特別シンポジウム(一般公開)、10 月に原子力学会等、複数学会で共催が予定されている国際シンポジウム等について説明があった。原子力学会の特別シンポジウムでは、放射線影響分科会として、1)環境モニタリング状況(環境中の放射能分布)、2)被ばく線量評価状況、及び、3)放射線計測に関する課題の 3 テーマについて講演することとなった。指定発言者については至急、調整することとなった。

④では、緊急時対応のあり方についての教訓として取り上げるべき事項について紹介があった。国の事故調査・検証委員会の動きも考慮しつつ、早急に分科会の各委員からの意

見を集約、分科会としての考えを取りまとめ、提言する必要があるとの結論に至った。

⑤では、前回の分科会において放射線計測についての簡単な解説を HP に挙げておく必要があるとの議論がなされたが、現時点ではこうした情報も提供されるようになり初期段階の混乱も徐々に収まりつつあることから、今後は、比較的詳細な解説を学会誌あるいは HP に掲載することとなった。一方、一般の方々に対しては、放射線を測定するにあたっての注意点についての簡単な解説のみを HP に早急に掲載することとした。

7-1-7. 第6回 放射線影響分科会 議事概要

平成23年10月1日(土)9時30分から、第6回放射線影響分科会を開催した。議論された内容は、①日本原子力学会2011年秋の大会「福島原子力発電所に関する特別シンポジウム」及び部会企画セッション発表について、②空間線量の測定値と実効線量について、③原子力施設の緊急時対応のあり方に関する提言(案)について、④その他、である。

①では、特別シンポジウムで本分科会に関連した発表内容及び質問について報告があった。質問件数は6件程度(重複質問を除くと4件)であった。また、本分科会関連部会(社会・環境部会、放射線工学部会、保健物理・環境科学部会)から、企画セッションの内容、今後の課題等について報告があった。

②では、空間線量の測定値と実効線量について、一般公衆だけでなく、専門家の中でも、混乱する可能性があるため、放射線影響分科会として解説を作成することが提案され、原案をもとに議論を行った。原案に記載されている実効線量計算のための照射条件に関する問題だけでなく、線量計の特性等に関することも解説案に盛り込むまたは別に解説を作成した方が良いとの意見があり、さらに審議することとなった。

③では、原子力施設の緊急時対応のあり方に関する提言(案)についての議論を行った。SPEEDI等の標準化や大気拡散モデル・汚染水シミュレーションコードの構築、これらの維持・管理について、原子力学会としての防災への取り組み、我が国の原子力防災体制に関する全般的な内容についての意見があった。さらに意見集約、審議した上で提言を作成することとなった。

7-1-8. 第7回 放射線影響分科会 議事概要

平成23年12月3日13時から、第7回放射線影響分科会を開催した。議論された内容は、①緊急時対応に関する提言について、②福島除染対策対話フォーラムについて、③放射線影響分科会のポジションステートメントについて、④国際シンポジウムについて、⑤これまでの活動のとりまとめについて、⑥ワーキンググループの設置について、である。

①では、前回委員会以降に緊急提言としてメール審議した「住民避難等の防護対策のあり方について」(11/9HP 公開)の概要について説明があった。

②では、11月27日に福島市で開催された第1回安全・安心フォーラムについて、本分科会が説明した内容について報告があった。今後も年度内に数回の対話フォーラムが予定さ

れており、分科会として対応していく旨、了承された。また、説明資料については、第 1 回の結果をもとに追加、修正を行うこととした。

③では、ポジションステートメント WG でのテーマ検討状況について説明があり、議論がなされた。今後は、部会だけでなく分科会としてもポジションステートメントを提言できるようにしていくこと、WG で挙がっている本分科会関連のテーマとしては、「環境放射線が比較的高い地域の放射線健康管理について」などがあるとのことであった。これに対し本分科会としては、すでに保健物理・環境科学部会が出している「低レベル放射線健康影響」をブラッシュアップすべきではないかとの意見があった。これらの意見を踏まえ、上記ポジションステートメントをもとに、放射線影響分科会と保健物理・環境科学部会と合同で案を作成することとなった。

④では、10月30日及び11月1日に開催された原子力安全国際シンポジウムでの発表内容についての説明があった。この内容については、放射線影響分科会の活動報告(2)として取りまとめを行う予定である。

⑤では、学会(「原子力安全」調査専門委員会)として、これまでの各分科会活動のとりまとめについて説明があり、議論がなされた。具体的な報告書の公開方法等は未定であるが、放射線影響分科会としては、これまでに公開している提言等も含め、分科会の活動をすべてまとめて報告してはどうかとの意見があった。

⑥では、政府発表値と異なる放出量推定結果(Xe133:1.5倍、Cs137:2倍)が先日 Nature に発表されたことから、関連する研究者によりこれらの内容について検討を行うため、放射線影響分科会の下に WG を設定することが提案され、了承された。

7-1-9. 第 8 回 放射線影響分科会 議事概要

平成 24 年 4 月 7 日(土)13 時 30 分から、第 8 回放射線影響分科会を開催した。議論された内容は、①放射線影響分科会報告書について、②今後の放射線影響分科会の活動について、③放射線リスクの考え方について、である。

①では、2011 年春の年会時に実施された「原子力安全」調査専門委員会打合せにおいて、委員会報告書(各分科会ごとに取りまとめ)6 月末をめどに完成を目指すことが決められたことについて説明があった。

本分科会での報告書取りまとめ方針としては、これまでの分科会の活動報告に加え、HP 上で公開した提言、シンポジウムや学会企画セッション等で発表された内容をもとに取りまとめることとした。取りまとめにあたっては、分科会として実現できたことと課題を明らかにし、人材育成や学術的な観点から今後必要とされる研究等についても記述することとした。

また、報告書には、提言、解説、シンポジウム等で発表されたスライド、安全・安心フォーラム説明資料等を参考資料として添付することとした。

②では、今後の専門部会の活動として、安心・安全フォーラム(福島)、事故の技術的な内

容に関する一般シンポジウムが予定されているとの報告があった。

また、理事会において引き続き「原子力安全」調査専門委員会で東電福島第一原子力発電所事故に関する検討を継続することが了承されている旨の報告があった。

放射線影響分科会としては、報告書完成を目指すとともに、今後の活動に必要なメンバーの見直しを行い、報告書作成後は新しい体制での運営が提案された。

③では、一部報道等で起こっている放射線リスクに関する重大な誤解について説明があった。分科会内での放射線リスクに関する考え方について統一を図るため、ICRP のデトリメントの考え方を確認するとともに、他のリスクと放射線リスク比較時に注意すべき点等について意見交換がなされた。

7-1-10. 第9回放射線影響分科会 議事概要

平成24年7月28日(土)11時から、第9回放射線影響分科会を開催した。議論された内容は、①放射線影響分科会報告書について、②福島プロジェクト(PJ)、事故調査委員会と本分科会との関連、③今後の分科会の体制について、である。

①については、報告書案をもとに検討を実施した。報告書の対象は基本的には学会員とし、他分野の会員が読んで理解できるレベルとすることとなった。報告書案については、章立ての変更、本文修正及び追加を行い、8月下旬に完成を目指すこととなった。

②については、7月25日に開催された福島PJ準備会での内容の説明があった。福島PJでの本分科会の役割について議論した結果、以下の意見があった。

- ・福島PJは、住民と国や環境省との間のインターフェースではなく、学会として必要なメッセージを住民に伝えるもの。
- ・福島PJの活動に対して、当面は本分科会が主に担当してきた福島住民への健康影響等の説明、シンポジウムの開催等の形で寄与する。
- ・福島PJに影響分科会がそのまま入るのはおかしい。本分科会メンバーが福島PJメンバーとして重複はありうるものの、組織的には異なったものにするのを次回の福島PJ運営委員会で提案する。

事故調査委員会の問題では、7月25日に開催された事故調査委員会準備会で議論された組織、運営等に関する説明があった。本分科会としての参加は困難であり、技術的事項等は各部会で対応することとなった。分科会では各部会で問題となった共通的事項や検討を必要に応じて行うこととした。各部会間の調整、本分科会で対応が必要な場合、各部会代表メンバーを通して、事故調査委員会と関係していくこととなった。

③については、分科会長より説明があり、議論した結果、検討内容に応じて人員の見直しをしていくこととなった。特に、福島PJ、事故調査委員会等の進捗状況に応じて、部会単位で分科会への参加希望者を募り、随時、参加できるようにしてはとの提案があった。

8. 添付資料

8-1. 放射線影響分科会からの「提言」全文

- 8-1-1. 福島第一原子力発電所事故対応に関する提言(平成 23 年 5 月 20 日)
- 8-1-2. 福島第一原子力発電所事故対応に関する提言(平成 23 年 6 月 20 日)
- 8-1-3. 住民避難等の防護対策のあり方に関する提言(平成 23 年 11 月 9 日)

8-2. 放射線影響分科会からの「知見」全文

事故放出放射性物質の広域影響に関する検討結果(平成 23 年 8 月 11 日)

8-3. 「安全・安心フォーラム」関連資料

- 8-3-1. 第 1 回「安全・安心フォーラム ～除染の推進に向けて～」開催ちらし
- 8-3-2. 第 2 回「安全・安心フォーラム ～除染の推進に向けて～」開催ちらし
- 8-3-3. 第 3 回「安全・安心フォーラム ～除染の推進に向けて～」開催ちらし
- 8-3-4. 第 4 回「安全・安心フォーラム ～除染の推進に向けて～」開催ちらし
- 8-3-5. 第 1 回「除染の推進に向けた地域対話フォーラム～」開催ちらし
- 8-3-6. 講演資料「放射線モニタリングと健康影響」
- 8-3-7. 第 1 回「安全・安心フォーラム ～除染の推進に向けて～」参加報告
- 8-3-8. 第 2 回「安全・安心フォーラム ～除染の推進に向けて～」参加報告
- 8-3-9. 第 3 回「安全・安心フォーラム ～除染の推進に向けて～」参加報告
- 8-3-10. 第 4 回「安全・安心フォーラム ～除染の推進に向けて～」参加報告

8-4. 日本原子力学会誌記事

- 8-4-1. 「FOCUS」被ばくの仕方と人体への影響、Vol.53 No.5、7(2011)
- 8-4-2. 「FOCUS」食と住居について、Vol.53 No.5、9(2011)
- 8-4-3. 「解説」福島第一原発事故の大気を介した環境影響— 環境影響の全体像把握に向けた第一歩、Vol.53 No.7、15-19(2011)
- 8-4-4. 「解説」緊急時環境モニタリングの考え方— 原子力安全委員会指針から、Vol.53 No.7、20-24(2011)
- 8-4-5. 「解説」福島第一原子力発電所の事故に係わる放射線影響分科会の活動報告(I)— 放射線被ばくに係る汚染状況に関する情報の整理と提言、Vol.53 No.8、34-38(2011)
- 8-4-6. 「解説」食品中の放射能濃度の簡易測定法— NaI(Tl)シンチサーベイ測定における留意点は何か?、Vol.53 No.10、27-30(2011)
- 8-4-7. 「解説」福島第一原子力発電所事故時の災害初期対応の教訓— 放射線情報の把握と活用に関連して、Vol.53 No.12、29-33(2011)
- 8-4-8. 「解説」福島第一原子力発電所の事故に係わる放射線影響分科会の活動報告(II)— 緊急事態宣言下での放射線情報を如何に活用すべきか、日本原子力学会誌、Vol.54 No.4、33-36(2012)

8-5. 他学協会学術誌記事

- 8-5-1. 「特集」今こそ知ってほしい！ 放射線の基礎と安全の考え方 ～ICRP 勧告の記述を引用して～、放射線、Vol.38, No.2, 49-53 (2012)
- 8-5-2. 「講演再録」福島原発事故収束に向けたバックエンド領域の論点(I)― 放射線影響分科会からの論点、原子力バックエンド研究、Vol.18 No.2, 71-73 (2011)
- 8-5-3. 放射性物質の大気拡散シミュレーションの現状と役割, 第 49 回アイソトープ・放射線 研究発表会要旨集, 2012 年 7 月 9 日, 東京

8-6. 講演等で使用された資料集

- 8-6-1. 一般社団法人 日本原子力学会 「原子力安全」調査専門委員会福島第一原子力発電所事故に関する緊急シンポジウム(東京) セッション「放射線影響分科会報告」
 - 8-6-1-1. 講演(1)「放射線影響分科会の活動」占部逸正 (分科会主査・保物・環境部会長)
 - 8-6-1-2. 講演(2)「汚染状況に関する情報整理」服部隆利 (保物・環境副部会長)
 - 8-6-1-3. 講演(3)「大気拡散の状況と放出率の推定」山澤弘実 (保物・環境副部会長)
- 8-6-2. 平成 23 年度「放射線」夏の学校
セッション「今こそ知ってほしい！ 放射線の基礎と安全の考え方」
 - 8-6-2-1. 講演(1)「放射線防護の歴史と ICRP Pub.103」横山須美(藤田保健大)
 - 8-6-2-2. 講演(2)「長期の被ばく状況における放射線防護」飯本武志(東大)
- 8-6-3. 第 27 回「バックエンド」夏期セミナー
セッション「福島原発事故収束に向けたバックエンド領域の論点(I)」
講演「放射線影響分科会からの論点」 飯本武志(東大)
- 8-6-4. 一般社団法人 日本原子力学会「2011 年秋の大会」「原子力安全」調査専門委員会
福島第一原子力発電所事故に関する特別シンポジウム
セッション「環境影響、線量評価および放射能計測の現状と見通し」
 - 8-6-4-1. 講演(1)「放射能分布の現状」中村尚司(東北大)
 - 8-6-4-2. 講演(2)「作業員および住民の内部被ばく線量評価」百瀬琢磨(JAEA)
 - 8-6-4-3. 講演(3)「放射線計測の留意点」井口哲夫(名大)
- 8-6-5. 一般社団法人 日本原子力学会「2011 年秋の大会」放射線工学部会セッション
セッション「原子力発電所事故と放射線工学技術の関わり」
 - 8-6-5-1. 講演(1)「緊急時対応の放射線計測技術」井口哲夫(名大)
 - 8-6-5-2. 講演(2)「緊急時対応の放射線挙動解析技術」上松幹夫(東芝)
- 8-6-6. 一般社団法人 日本原子力学会「2011 年秋の大会」保健物理・環境科学部会セッション
セッション「福島第一原子力発電所事故による放射線災害と対策」
 - 8-6-6-1. 講演(1)「放射性影響分科会の調査結果の概要」山澤弘実(名大)
 - 8-6-6-2. 講演(2)「福島第一原子力発電所事故における大気拡散」永井晴康(JAEA)
 - 8-6-6-3. 講演(3)「福島第一原子力発電所事故における海洋拡散」小林卓也(JAEA)、津旨

大輔(電中研)

- 8-6-6-4. 講演(4)「放射性物質の食品への移行と規制値の考え方について」
高橋知之(京大)
- 8-6-7. 原子力安全国際シンポジウム 福島第一原子力発電所事故の教訓と将来に向けて
【講演Ⅳ】福島第一原子力発電所事故以降の原子力安全に関する学会の活動
- 8-6-7-1. 講演(4)「福島原子力災害に係る放射線影響分科会の活動」占部逸正(分科会主査)
- 8-6-8. 一般社団法人 日本原子力学会「2012 年春の年会」「原子力安全」調査専門委員会
「東京電力福島第一原子力発電所事故調査企画セッション」
- 8-6-8-1. 講演(2)「放射線影響分科会報告」占部逸正(分科会主査)
- 8-6-9. 一般社団法人 日本原子力学会「2012 年春の年会」保健物理・環境科学部会セッション
セッション「環境回復における保健物理・環境科学分野の役割」
- 8-6-9-1. 講演(1)「環境回復に関連した汚染土壌等の管理とその安全」飯本武志(東大)
- 8-6-9-2. 講演(2)「避難解除のめやすと解除後の線量管理」杉浦紳之(放医研)
- 8-6-9-3. 講演(3)「中長期的な環境中放射性核種分布と線量評価」斉藤公明(JAEA)
- 8-6-10. 一般社団法人 日本原子力学会「2012 年春の年会」放射線工学部会セッション
セッション「福島第一原発事故対応に係る環境放射線測定」
- 8-6-10-1. 講演(1)「環境放射線と放射線測定技術の新展開」高橋浩之(東大)
- 8-6-10-2. 講演(2)「放射線防護に用いられる線量概念」岩井敏(原技協)佐藤理(三菱総研)
- 8-6-10-3. 講演(3)「汚染分布調査における放射線計測」伊藤主税(JAEA)眞田幸尚(JAEA)