

東日本大震災後の原子力事故による放射線被ばくの
レベルと影響に関するUNSCEAR2013年報告書
刊行後の進展

国連科学委員会による今後の作業計画を指し示す2015年白書

情報にもとづく意思決定のための、放射線に関する科学的情報の評価



東日本大震災後の原子力事故による放射線被ばくのレベルと 影響に関する UNSCEAR2013 年報告書刊行後の進展

国連科学委員会による今後の作業計画を指し示す 2015 年白書



国際連合
2015 年 ニューヨーク

本書は UNSCEAR のウェブサイト www.unscear.org で提供されています。
本書に関する問い合わせは UNSCEAR 事務局(unscear@unscear.org) へお願いします。

本書に示されている見解は著者や編者のものであり、国連の見解を代表するものではありません。

© 2015. United Nations for the English edition.

© 2015. United Nations for the Japanese edition prepared by BLC Corporation, Osaka, Japan.

All worldwide rights reserved.

This publication has not been formally edited.

目次

要約.....	v
I. 緒言.....	1
II. 新規情報の評価.....	2
III. 放射性核種の大気中への放出、拡散、沈着に関する更新情報.....	4
IV. 放射性核種の水域への放出、拡散、沈着に関する更新情報.....	6
V. 公衆の被ばく線量評価に関する更新情報.....	8
VI. 作業者の線量評価に関する更新情報.....	14
VII. 作業者と公衆における健康影響に関する更新情報.....	17
VIII. ヒト以外の生物相における線量と影響に関する更新情報.....	20
IX. 結論.....	22
謝辞.....	26
附録A. 2013年福島報告書に対する批判における共通の課題に関する見解.....	27
参考文献.....	37

本白書で引用されている補足資料は下記のサイトからダウンロードすることができます。
http://www.unscear.org/unscear/en/publications/Fukushima_WP2015.html

要 約

本要約は、第 70 回国連総会に提出された原子放射線の影響に関する国連科学委員会による国連総会報告書から抜粋したものである¹。

[...]

5. 総会に提出された 2013 年報告書 (A/68/46) およびそれを実証する詳細な科学的附属書²に示されているような、2011 年東日本大震災後の原子力事故による放射線被ばくのレベルと影響の評価の後、本委員会は、科学文献での追加情報の発表に対応すべく、最新情報を常に入手できるように追跡調査活動を行う手配をした。科学的附属書の公表前に、すでに相当量の追加関連情報が公表または利用可能となっていた。国際的および国家的主導のものを含み、新規資料は現在も発表されており、近い将来にわたり継続的に発表されるであろう³。

6. 本委員会は、評価を実施した時点から 2014 年末までの間に利用可能になっていた多数の新規刊行物を特定し、このうち約 80 編を第 62 回国連総会までの間に体系的に審査した。これら 80 編の刊行物のうち半数以上は、本委員会が 2013 年報告書で示した主要な仮定のいずれかを裏付けるものであった。さらなる解析または追加調査による確実な証拠が必要なものもあったが、報告書の主要な仮定に異議を唱えるものや、主な知見に影響を与えるものはなかった。本委員会は、公になった新しい情報を特定し体系的に評価する継続的な活動の一環として、すでに公表されている他の刊行物を審査して、これらの刊行物が 2013 年報告書の結論にどのような影響を与えているのかを評価し定期的に報告することとした。そして、得られた知見に応じ、本委員会は適切な時期に報告書を更新する必要性を検討することとした。

7. 本委員会は、本委員会が示した知見に関する議論に参加し、時には 2013 年報告書に対する批判を公表した組織および個人の皆様に感謝の意を表す。判断や中立性が疑問視されている場合は、それらをもっと明確にするために、これら批判の中で示されている主なテーマについての論評について議論し理解を示した。また、本委員会は、報告書に示した知見に関する議論を行うことが、透明性を保つための重要な要素であると考え、科学フォーラム、公の場での対話等のアウトリーチ活動に携わった(セクション 6「アウトリーチ活動」参照)。

8. 本委員会は、新たな科学文献のレビューの知見と批判に関する論評を英語版および日本語版の非売品刊行物として出版するよう事務局に要請した。

¹ 第 70 回総会公式記録、補足資料 No. 46 (A/70/46)

² 国連刊行物、販売番号 E.14.IX.1.

³ 第 62 回国連総会の時点で、国際原子力機関の「福島第一原子力発電所事故：事務局長による報告」という事故報告書は公表されておらず、現存する報告書のための本委員会による当該報告書の評価は行われていなかった。

I. 緒言

1. 本委員会は、福島第一原子力発電所(福島第一原発)での 2011 年 3 月 11 日の事故による公衆、作業員、ヒト以外の生物相の放射線被ばくを評価し、健康影響について考察し、その知見を 2013 年 8 月の国連総会への年次報告書にて発表した⁴。続いて、国連は、本委員会が得た知見とその基盤となっている詳細な科学的附属書を 2014 年 4 月 2 日に発表した[U6]。この刊行物(以下「2013 年福島報告書」という。)は、国連総会、各国政府、科学界、日本のメディア、そして公衆に概ね肯定的に受け入れられた。

2. 本委員会の評価は、概して 2012 年 10 月末までに開示または公表された情報に基づいて行った。その後、多くの追加関連情報が公表され、また、利用可能となったが、この活発な動きは近い将来にわたって継続すると思われる。このような進展は委員会による評価の結果に影響を及ぼす可能性があるため(知見の確証、知見への異議、知見の向上や、特定された研究ニーズへの対応貢献など)、本委員会では引き続き、最新情報に対応し続ける予定である。これにより、本委員会は、知見を改善または更新する必要性について、情報に基づいた決定を適時行うことができるようになる。本委員会は、新規資料の合理的な科学的評価の提供は、(a) 事故の影響を受けた人々によるよりよい状況把握と、(b) 情報提供に基づく意思決定に役立つと考える。

3. これらを背景に、本委員会は第 61 回年次会合(2014 年 7 月 21~25 日)において「第 62 回年次会合(2015 年 6 月 1~5 日)で検討できるように、福島第一原発事故の放射線影響に関する本委員会の評価に関する知見と結論の一部を更新してまとめるための追跡調査活動のための[...]予備計画の提出」を行うよう事務局に要請していた。また、「事故の追跡調査での新しい科学的進展を常に認識しておくための仕組みの速やかな構築」を事務局に求めた。かかる仕組みは、事故の最新の評価を行うために特別に設けた体制に拠るべきである。また、本委員会は、委員会が策定した作業プログラムの達成度合について、毎年報告を行うよう事務局に要請した。

4. これに応じて、事務局は、追跡調査活動のプロジェクト計画を策定した。当該計画は、その後本委員会の承認を得て、現在実施されている。このプロジェクトは 2 つの段階で構成されている。第 1 段階では新たな情報の体系的かつ継続的な精査、第 2 段階では 2013 年福島報告書の適切な時期における更新である。第 1 段階の全体的な目標(少なくとも 2016 年以降まで)は、「2013 年福島報告書の正式な更新(すなわち第 2 段階)を適切なタイミングで開始することを念頭に、事故に関する新規刊行物および調査活動の進捗を定期的に本委員会に通知するようにする」ことである。第 1 段階のより具体的な目的には以下が含まれる。

(a) 公表された情報の収集・審査による、福島第一原発事故における全体的な放射線被ばく状況の体系的レビューの継続

(b) 未解決の課題に関連した、主要な調査プロジェクトやプログラムの進捗状況および計画情報の収集・評価

⁴ 第 68 回国連総会公式記録、附属書 No. 46 および正誤表(A/68/46 および修正 1)。

(c) 2012 年 10 月以降に発表された情報と 2013 年福島報告書の間の不一致の速やかな特定

(d) 2013 年福島報告書の更新において用いることを視野に入れた、状況の明確化を狙いとした分析の適宜実施

(e) 2013 年福島報告書に関する質問や批判への対応

(f) 本委員会の定期会合における上記の結果についての年次報告

5. 本白書では、プロジェクト計画の初期の作業に関する進捗状況を説明し、本委員会から国連総会に報告された知見を実証するための初回の追跡調査活動で得られた主な成果を要約している。初回追跡調査活動は、主に上記の目的(a) および(e) に対処すること(すなわち新規情報の体系的な収集と審査)および 2013 年福島報告書に関する質問や批判に対応することに限定された。この初期段階において選考・審査された新規情報は、いくつかの例外を除き、査読のある英文学術誌に発表された文献に限定されている。今後数年で、その範囲は福島第一原発事故に関連のある他の新規情報源、特に 2013 年福島報告書の知見に影響を与える可能性がある情報源に拡張される予定である。この中には、国連システム内の組織を含む各国の政府や国際政府機関により作成あるいは実施されたデータ集、評価および報告が含まれる⁵。

6. 本白書は、新たな情報とそれらの 2013 年福島報告書への影響に関するダイジェスト(第 II～VIII 章に分かれて記載)および附録で構成されており、附録には、2013 年福島報告書に対するいくつかの批判にあった広範なテーマに関する論評が述べられている。さらに、要請を踏まえて、2013 年福島報告書を補足し主要な技術的問題に対応する技術情報を提供するために、2 編の電子ファイルが作成された。最初のファイルには、[U6] の附録 E(健康影響)で実施・報告された分析を実証する疫学調査のための検出力判定に関する情報が含まれている。2 つ目のファイルには、日本における年間外部被ばくの等線量マップの作成で用いられた基本的な方法論およびデータを要約している。

II. 新規情報の評価

7. この初版のダイジェストで本委員会が分析した新規情報の範囲は、必然的ながら、今後数年間に分析対象として見込まれる範囲よりも限定的であった。その理由は、まず、対象となる最初の期間(2012 年 10 月から 2014 年 12 月までの 27 ヶ月)が、次版以後の年刊ダイジェストで予測される期間(すなわち 12 ヶ月)を大きく上回っていたためである。加えて、本報告書に係る評価作業は比較的短期間(3 ヶ月、次版以後では約 9 ヶ月を当てられると期待される)で完了しなくてはならなかったことがある。この初版のダイジェストにおいて、本委員会は、3 編の例外を除き、査読のある英文学術誌に発表された文献だけを分析することとした。例外の 1 編は鳥類の分布に関する論文であり、書籍で発表されたものであった。これは、一部の科学的な議論の課題に関連性があるという理由で、分析に含めた。その他の例外の 2 編は、作業員の線量再評価に関する厚生労働省(厚労省)の報

⁵ 特に、福島県立医科大学の発表したデータと報告書(福島県の県民健康調査など)と国際原子力機関の事故報告書(「福島第一原子力発電所事故:事務局長による報告」)は本委員会の第 62 回年次会合開催時には公表されていなかった。

告書および事故後の食品摂取量に関する査読のある和文学術誌に発表された刊行物であった。これら2編は、査読のある和文学術誌で公表された刊行物および日本の省庁または政府機関が発行した報告書の系統的な検索によって、2013年福島報告書の仮定や知見に有意な影響を与える可能性のある新規情報として特定された。

8. 本委員会は、本白書の目的に基づき、新規情報を特定、選考、審査するための体系的なアプローチを策定して実践した。まず、委員会は、数百件の新規文献を特定した。選考レビューおよびさらなる詳細な審査を受ける刊行物を選択するにあたり、特に以下が考慮された。

- 刊行物が2013年福島報告書における仮定に対して重大な異議を唱えているかどうか
- 2013年福島報告書の結論に実質的な影響を与えているかどうか
- 2013年福島報告書で特定された研究ニーズに対応し得るものかどうか

結果として、本ダイジェストは、2013年福島報告書に対して有意に影響がある新規情報にほぼ集中的に焦点を当てており、福島第一原発事故のすべての関連情報の新たな概要を提供することを目的としておらず、また、そのように解釈されるべきものではない。本ダイジェストにおいて特定の刊行物に言及していないとしても、その価値または品質を反映しているわけではなく、単に2013年福島報告書に有意な影響があるとは考えられなかったことを示しているに過ぎない。

9. 各主題領域において、選考やさらに詳細な審査の対象となった刊行物数を表1に示す。一部の主題領域(特に大気中への放出、拡散ならびに沈着およびヒト以外の生物相における線量と影響)では、本委員会は、時間および情報源に対する制約から、関連の可能性のある刊行物全てを選考・審査することはできなかった。本ダイジェストに含まれないものに関しては、次のレビューに含める予定である。

10. 以下の章では、各主題領域の新たな情報源の主な選考・審査結果について順次説明する。それぞれのケースで、2013年福島報告書に記載されている主な仮定、知見、研究ニーズの一部を簡潔に概説し、精査した新たな情報源に特に関連性のある内容を強調している。その後、審査結果の要約、および2013年福島報告書と追跡調査活動の双方への影響に関する結論を記載している。最後に、第9章では、この初版のダイジェストにおける総括的な結論を示しており、2013年福島報告書の仮定・知見に異議を唱える(または、さらなる分析によって意義を唱える可能性がある)新たな情報源、あるいは特定された研究ニーズに対応する寄与が有意であると判断された新規の情報源を概要した表を掲載している。

表 1. 選考あるいは審査対象となった主題領域別の新情報源数

主題領域	選考対象	審査対象
大気中への放出、拡散および沈着	126 ^a	12 ^b
水域への放出、 ^c 拡散および沈着	43	18
公衆の線量	17	12
作業者の線量	26	7
作業者と公衆における健康影響	24	10
ヒト以外の生物相における線量と影響	61 ^d	20 ^e

^aさらなる情報源 16 編の選考結果に関してはダイジェスト第 2 版で報告する予定。

^bこれら新たな情報源は、2013 年福島報告書の仮定および知見に及ぼす潜在的影響を考慮して審査のために選定したものである。審査対象として選考された残りの情報源に関する審査結果は、ダイジェスト第 2 版で報告する。

^c考察対象は、海洋環境への放出とその後の拡散に関する情報に限定した。放射性核種の淡水系への移行や淡水系内での拡散に関しては、当該水源または経路が放射性核種の海洋環境への継続的放出に及ぼす寄与以外(例えば集水域からの流出水によるもの)は、本レビューの考察対象から除外した。

^dさらなる情報源 29 編の審査結果に関してはダイジェスト第 2 版で報告する予定。

^eこれら新たな情報源は、2013 年福島報告書の仮定および知見に及ぼす潜在的影響を考慮して審査のために選定したものである。審査対象として選考された残りの情報源についての審査結果は、ダイジェスト第 2 版で報告する。

III. 放射性核種の大気中への放出、拡散、沈着に関する更新情報

A. 2013 年福島報告書の要約

11. 本委員会は、¹³¹I および ¹³⁷Cs(人間と環境の被ばくという観点から最も重要な 2 つの放射性核種)の大気中への総放出量推定値の再検討を行っている。これらの推定値の範囲は概ね、¹³¹I で 100~500 ペタベクレル(PBq)、¹³⁷Cs で 6~20PBq であった。公表された推定値の平均は、それぞれ、チェルノブイリ原発事故で推定された大気中への放出の約 10% および 20% であった。多くの場合、気象条件により、大気中に放出された放射性物質は日本の本州上で拡散し、放射性核種が(a) 乾性沈着と(b) 雨および雪に伴う湿性沈着により地表に沈着した。主な沈着は福島第一原発の北西で生じたが、同サイトの北側、南側、西側でも有意な沈着が発生した。

12. 本委員会は通常、外部被ばくおよび吸入による公衆の被ばく線量を推定する基準として、放射性核種の沈着密度の測定値を使用している。ただし、被ばく当時の測定データを利用できず(避難者など)、データ取得時期を逸した場合の線量を推定するために、本委員会は、環境でのレベルおよびその結果として生じる人々の被ばく線量の推定に、適切な大気輸送・拡散・沈着モデル計算(ATDM)解析とともにソースターム(放出速度の時間的パターンを含む)の推定値を使用する必要があった。本委員会は、この目的のために、公表されているソースタームを選択している [T4]。このソースタームでは、放射線影響学的に主要な放射性核種、¹³¹I および ¹³⁷Cs の放出量は、それぞれ 120PBq および 8.8PBq であった。これらは、公表されていた推定値の範囲では下限に近く、総放出量を過小評価している可能性があるが、本委員会は、このソースタームが日本の陸域での拡散の結果として生じた線量を推定するには最も適切なものであると考えている。([U6]段落 B15~B16 参照)。

B. 新規刊行物レビューの知見

13. 審査の結果、本委員会は、特に以下の点を認識した。
- (a) 審査した 12 編の刊行物のうち、実質的に 2013 年福島報告書の主要な知見に影響を与えたり、主要な仮定に異議を唱えたりするものではなく、5 編では 2013 年福島報告書における仮定の全体またはその一部を確認している。
 - (b) 複数の刊行物 [A1, C1, K4, W3] で、逆モデル計算 (インバース/リバースモデリング) を妥当に適用し、[U6] の仮定を確認するソースタームを再構成できると実証している。
 - (c) 放出された ^{137}Cs 、 ^{131}I 、および ^{133}Xe の合計量の新たな推定値[A1, C1, K4, W3, Z1]は、[U6] で用いている範囲の下限近くである傾向はあったが、範囲は概ね合致している。
 - (d) 放出の時間的パターンに関するより詳細な情報が報告されている [K4, W3]。この新規情報は、新たなデータセット (線量率や高時間分解能による空気中の ^{137}Cs 濃度に関する新規データなど [T12]) を考慮し、逆モデル計算を用いた結果である。
 - (e) 環境中のテルル、ヨウ素、セシウム各同位体以外の放射性核種の濃度を調査した新たな研究が数編公表され、他の放射性核種は住民の被ばくに有意に寄与しないという [U6] の仮定を確認している [H8, S3, T5, Z1]。
 - (f) 揮発性の低い核燃料物質および放射性核種が放出に含まれておらず、したがって、環境中にも存在しないことが確認されている [S3, T5, Z1]。
 - (g) 2013 年福島報告書 [U6]において、福島第一原発の南側にある海岸沿いの狭い地域では ^{137}Cs に対する ^{131}I の割合が有意に上昇しているとされていたところ、この知見が確認されている [H8]。また、この地域では $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ の比率も異なっていることが言及されている [Z1]。
 - (h) 1編の研究 [Z1] では、セシウムとプルトニウムの種々同位体の比率に基づき、総放出量には主として第 2 号機原子炉からの放出が寄与したと特定している。
14. 2013 年福島報告書 [U6] では、本委員会は、測定値が利用不可能、あるいは、もはや測定不能である環境中の放射性核種濃度の推定に、Terada et al. [T4] のソースタームを用いていた。このソースタームは、日本原子力研究開発機構 (原子力機構) の研究者グループによる一連の推定値 (で当時利用可能なもの) のうち最新のものから 2 つ目であり、各値は直前の推定値を精緻化したものであった。Katata et al. [K4] はこの一連の推定値で最新のものであり、改善された大気輸送・拡散・沈着モデルとともに、環境中の放射線量または放射線核種の測定濃度に関する新たな情報を用いて導き出された。Katata et al. の推定した ^{131}I および ^{137}Cs の総放出量は、Terada et al. による先の推定値 120PBq および 8.8PBq と比較すると、それぞれ 151PBq および 14.5PBq であった。[U6] に記載されている放出量範囲 (^{131}I は 100PBq~500PBq、 ^{137}Cs は 6PBq~20PBq) を考えると、総放出量におけるこれらの差異は比較的小さいが、特定の期間においては、より大きい差異 (1 桁以上) がある。

C. 新規刊行物がもたらし得る影響

15. 本委員会は、[U6] で使用されているソースターム推定値の精緻化に注目している。そのため、さらなる評価または評価の更新において、本委員会は、最新の推定値を優先して(一貫性のある ATDM とともに)使用するよう推奨したいと考える。しかしながら、本委員会は、この最新のソースタームの推定を用いることにより、[U6] で推定された線量が有意に変更されるとは予測していない。ただし、避難者の線量推定値は例外である可能性はある([U6] 段落 B16 参照)。避難者の推定線量に及ぼす影響は、人々が被ばくした可能性のある避難前および避難中の期間にわたる、Terada et al. [T4] と Katata et al. [K4] のソースターム推定値間の詳細な差異に左右されるであろう(第5章参照)。

16. 本委員会は、以下の特定分野での調査が、2013年福島報告書で特定されたニーズ対策に、より大きく寄与する可能性が高いと確認した。

(a) ATDM およびグリッドサイズの効果で使用される湿性沈着スキームのさらなる徹底調査

(b) 利用可能なあらゆる測定データを利用してソースタームを推定する逆モデル計算(特に最近なって利用可能になった、浮遊粒子状物質の監視器具のフィルターテープから得られた空気中の¹³⁷Cs 毎時濃度 [T12])

IV. 放射性核種の水域への放出、拡散、沈着に関する更新情報

A. 2013年福島報告書の要約

17. 本委員会は、福島第一原発から海洋への直接排出および放出の大部分が事故直後1ヶ月間に発生しており、その後の継続的な放出が本委員会による公衆の線量評価に有意に影響した可能性は低いとの結論に達している。また、主に三次元モデル計算を用いて導出された推定値に基づき、かかる直接的放出は¹³¹Iが約10PBq~20PBq、¹³⁷Csが3PBq~6PBqであったと結論している。さらに、本委員会は、大気からの沈着による海洋への放出は、¹³¹Iが約60PBq~100PBq、¹³⁷Csが5PBq~8PBqであり、福島第一原発から半径80km圏内に沈着した割合は小さいと認識していた。本委員会は、福島第一原発サイト付近の海水中の¹³⁷Cs測定濃度は、2011年4月7日に最高値68,000Bq/Lが記録されて以降、急速に減少し、4月末には、概して200Bq/Lを下回り、その後、減少率は大きく低下したと結論付けている。海岸から離れるに従い濃度は急速に低下し、福島第一原発から15kmおよび30kmの沖合では、それぞれ福島第一原発近傍域の濃度の約1/100および1/1,000であった。堆積物中の¹³⁷Cs測定濃度は、非常に高い福島第一原発の港湾内を除くと、乾燥堆積物中では一般的に10Bq/kgから1000Bq/kgの範囲であった。

18. 2013年福島報告書[U6]が纏められた当時、放射能を帯びた水は、まだサイトで漏洩しており、地下水が放射性核種を水域環境に輸送していた。また、さらに、本委員会は、有意な量の核分裂生成物および放射化生成物が原子炉およびタービン建屋の地下にある滞留水に存在すると認識していた。科学的調査における主要な優先事項は、水域環境への漏洩と放出の特性に関する評価の改善、およびこれら放出の長期的な輸送と混合の予測および定量化であると本委員会は特定している。

B. 新規刊行物のレビューで得られた知見

19. 審査された 18 編⁶の刊行物のうち、2013 年福島報告書の主要な知見に実質的に影響を与えたり、主要な仮定に異議を唱えたりするものはなかった。複数の刊行物は特定された研究ニーズに対応しており、その寄与については以下の段落で要約している。

20. 海洋環境への直接排出および放出の推定値および大気からの沈着による間接的な流入の推定値については、最近の刊行物においても有意に異なる記述は見られない。Kanda [K3] は、2011 年 6 月から 2012 年 9 月までの ^{137}Cs の継続的な総放出量は 20TBq であり、2011 年 6 月よりも前の総放出量の 1% 未満であると推定している。Tsumune et al. [T11] は、大気拡散モデル計算でこの期間を制約する利用可能な測定値がないため、大気から海洋表面への沈着が過小評価されている可能性があるとして示唆している。Bu et al. [B7] は、福島第一原発に起因する濃度が海底堆積物中に検出されなかったため、プルトニウム同位体の海洋環境への放出は無視できると考察している。

21. 海水中での放射性核種の拡散を取り扱った論文の中で、放射性核種の濃度が福島第一原発の比較的近傍域以外では非常に低かったという一般的な知見に異議を唱えるものはない。一方で、これらの論文は、空間的および時間的な拡散規模をさらに明確化することを可能にする。このことは特に沿岸水域に当てはまり、Oikawa et al. [O2] は、当初高い検出限界値が報告されていた同水域における文部科学省(文科省)のデータセットの再分析に大きな努力を払った。そして、福島第一原発から半径 30km 圏外のほとんどのサンプルの濃度は、当初、検出不能(6Bq/L~9Bq/L 未満)として報告されていたが、新たなより感度の高い分析では、表面、中間部、および底部における ^{137}Cs の濃度のばらつきが特定明らかになり、検出可能なレベルとして 0.1mBq/L~1mBq/L の範囲にあることが分かった。これは恐らく、海洋の物理的プロセスにより、(2011 年の)春から冬にかけて ^{137}Cs が下方向へ輸送されたこと示している。より一般的には、当初の報告通り、海水中の ^{137}Cs 濃度が経時的に急速に低下していることが観察とモデル計算により示され、事故直後 1 年間では、直接排出および放出に関連した濃度が事故前のレベルよりも有意に高かったのは、福島第一原発周辺の沿岸部のみであった[T11]。より大きな規模では、数値計算モデルにより、海水中の ^{137}Cs の濃度が事故から 2 年半後に事故前のレベルまで下がっていたことが示された [K7]。当初の測定は主に海洋表面に限られており、放出された放射性核種の大部分が黒潮により東方に拡散したことを示唆しているが、水深 100m~500m の観察により、かなりの量のセシウムが南方へ移行したことが特定された [K1, K10]。

22. 広範な堆積物コアの解析結果から、海洋堆積物に含まれる ^{137}Cs のインベントリは福島第一原発周辺の沿岸地域では 38TBq から 200TBq と推定され [B4, K12, O3]、これは総放出量の約 1% に相当する。また、水深 150m より浅い海底では、 ^{137}Cs が堆積物に 0.14m (14 cm)を上回る深さで浸透していることが判明した。堆積物中の ^{137}Cs の空間的分布には、いくつかの要因が作用していると考えられる。第一に、福島第一原発から 3km 圏

⁶この初版にあるレビューでは、海洋への放出と沈着および海洋中での拡散を取り扱った刊行物のみが検討された。放射性核種の淡水への輸送および淡水中での拡散(集水区域からの流出など)を取り扱う刊行物は増えており、当該移行および拡散は F-TRACE プログラム(福島長期環境動態研究)の重要な要素である [I1]。本委員会は、当該分野の新たな知見によって 2013 年福島報告書の主な結論に異議が唱えられるとは予測していないが、当該分野での継続的な調査の重要性と将来の環境修復活動の影響の可能性を否定するものではなく、引き続きこの分野での進展を注視していく。

内においては、同原発からの距離が影響として卓越していた。3km を超す区域では、 ^{137}Cs のインベントリ [B4] と表面濃度 [A2] に対して、堆積物の粒子の大きさが関係する（粒子の細かい堆積物ほど数値が高くなる）と考えられた。低解像度のサンプリングに基づくこの仮定は、小規模（1m から 100m）の堆積物に含まれる ^{137}Cs 濃度が極めて不均一であって突出した最高値が 5,000Bq/kg を上回ることを示した、高解像度の測定結果[T6]により調整する必要がある。

23. 台風などの異常気象事象により、河川流域から沿岸域への堆積物の排出に伴って多くの量の放射性核種が移行する可能性がある。観察結果 [Y2] から、福島第一原発からの沈着の影響を受けた最大河川（阿武隈川流域）では、2011年8月から2012年5月までの期間に約 5TBq の ^{137}Cs が排出されたことが判明した（集水流域に降下した総沈着量の約 1%）。Yamashiki et al. [Y2] は、この 10ヶ月間の移行量の 61%は、台風 15号（ロッキー）の通過に伴い、8日間で発生したと推定している。このような堆積物が、主に河口に集中している海底堆積物での ^{137}Cs の濃度上昇の要因となった。

C. 新規刊行物がもたらし得る影響

24. 本委員会は、2013年福島報告書の当該分野における知見は現在も有効であり、それ以降に発表された新規情報の影響をほとんど受けていないとの結論に達した。より深い海水中でセシウムの南方への移行が観察されたことにより、黒潮による障壁が、当初考えられていたほど有意なものではないことが示唆された。本委員会は、海洋環境における放射性核種の放出とその後の拡散に関する理解を深める上で貢献すると思われる複数の刊行物に注目した。

V. 公衆の被ばく線量評価に関する更新情報

A. 2013年福島報告書の要約

25. 本委員会の目的は、日本人の異なる小集団を代表すると考えられる、範囲を限定した個人グループについての線量の現実的な推定値を示すことであった。外部被ばくによる公衆の被ばく線量を評価するために、本委員会は、チェルノブイリ事故後のヨーロッパでの調査研究から導出されたパラメータ値を含み、事故の影響を受けたロシアのブリャンスク地方で熱ルミネッセンス線量計により測定された多数の個人線量値を用いて検証された計算モデルを採用した。本委員会は 2013年福島報告書において、これらのモデルを日本の行政区画または都道府県における放射性核種の人口平均沈着密度と併せて使用しているが、この平均密度は、放射性核種沈着密度の測定値を 2010年国勢調査に基づく日本の異なる人口グループの年齢構成および典型的な職業要素に関するデータと組み合わせ導き出されたものである。

26. 内部被ばくによる公衆の被ばく線量評価において、本委員会は、2つの被ばく経路、吸入および経口摂取を考慮している。吸入による被ばくについては、通過中の放射性プルームの放射性核種のみに基づいて評価し、その後の再浮遊放射性核種の吸入は有意に寄与していないと考えている。通過中のプルームの放射性核種の吸入による被ばくは、空気中の放射性核種の濃度と、仮定したソースタームおよび大気輸送・拡散・沈着モ

デルを用いて導出した沈着密度レベルとの比率に基づいて、沈着密度の測定値から推定している。

27. 事故直後 1 年間における食品および飲料水中の放射性核種の摂取量は、福島県および他の都道府県が実施した食品と飲料水の測定値のデータベースを用いて評価している。このデータベースには、食品の検査を目的として行われた多数の測定値が含まれていたため、サンプリングに関していくらかの偏りがあった。放射能レベルが上昇している可能性の高いサンプルが選択されている傾向が強かったのである。しかしながら、2013 年福島報告書の作成時には、他の食品測定値は入手不能であった。

28. その後数年間、認定されたヨーロッパのモデル、FARMLAND [B6] の修正版が、現代日本の状況および農業活動に合わせて一部の移行係数を調節し、陸圏の食物連鎖を通じた放射性核種の移行の推定に適用されている。このモデルは、日本の行政区画また都道府県における放射性核種の人口平均沈着密度に関する入力データと組み合わせで用いられている。

29. 避難地域では、環境中の放射性核種濃度の測定値を用いることはできなかったが、避難地域の住民に関して、本委員会は、大気への放出に関して想定したソースタームおよび ATDM を用いて、環境中の放射性核種の経時濃度変化を推定している。その後、アンケート調査の結果から導いた住民の移動を示す代表的なシナリオを適用し、避難前、避難中、避難後の期間の外部被ばくによる線量および吸入による線量が推定されている。

30. ホールボディカウンタ(WBC)や甲状腺測定といった人体内の放射性核種測定は、内部被ばくに関する直接的な情報源となる。しかしながら、2013 年福島報告書の作成時における甲状腺測定数は限定的(約 1,100 名)であり、これらのデータは、いくつかの集落においてモデル計算された甲状腺の線量を確証するためにのみ利用可能であった。加えて、本委員会が WBC 測定のデータの利用できるようになったのは、報告書作成の最終段階になってからであり、包括的なデータ解析は可能ではなかった。そうした状況ではあったが、本委員会により、人の測定に基づく内部被ばく線量の評価が一部行われ、2013 年福島報告書に掲載された([U6] 段落 116~118 参照)。

B. 新規刊行物のレビューで得られた知見

31. 審査された 12 編の刊行物のうち、2013 年福島報告書の主要な知見に実質的な影響を与えるものはなく、10 編は 2013 年福島報告書の主要な仮定の全体または一部を確認している。

1. 外部被ばく

32. 公衆の外部被ばくについて、Harada et al. [H1]、Ishii et al. [I6]、Koike et al. [K8]、Nagasaki et al. [N1]、Takahara et al. [T2] により独自の考察が成されている。

33. Harada et al. [H1] は、屋外での被ばく線量率(沈着した放射性核種の周辺線量当量率)および個人の被ばく線量率(外部被ばくに対する個人線量当量率)の間の相関関係を例示し、これを使用してグループおよび個人の線量を復元し、外部被ばくによる線量測定値を検証できる可能性があるとしている(図 I 参照)。

34. 1000 名を超える児童・生徒の 2 年に亘る外部被ばくを対象とした、光刺激ルミネッセンス線量計(OSLD)による大規模な一連の個人線量測定値が、今後 10 年間の線量予測と共に、Koike et al. [K8] により提示されている。本委員会は、較正とデータの統計処理に関しては多少の懸念を持つが、これらの測定値は、2013 年福島報告書に記されていた三春町の外部被ばくによる線量測定値と良く一致している。

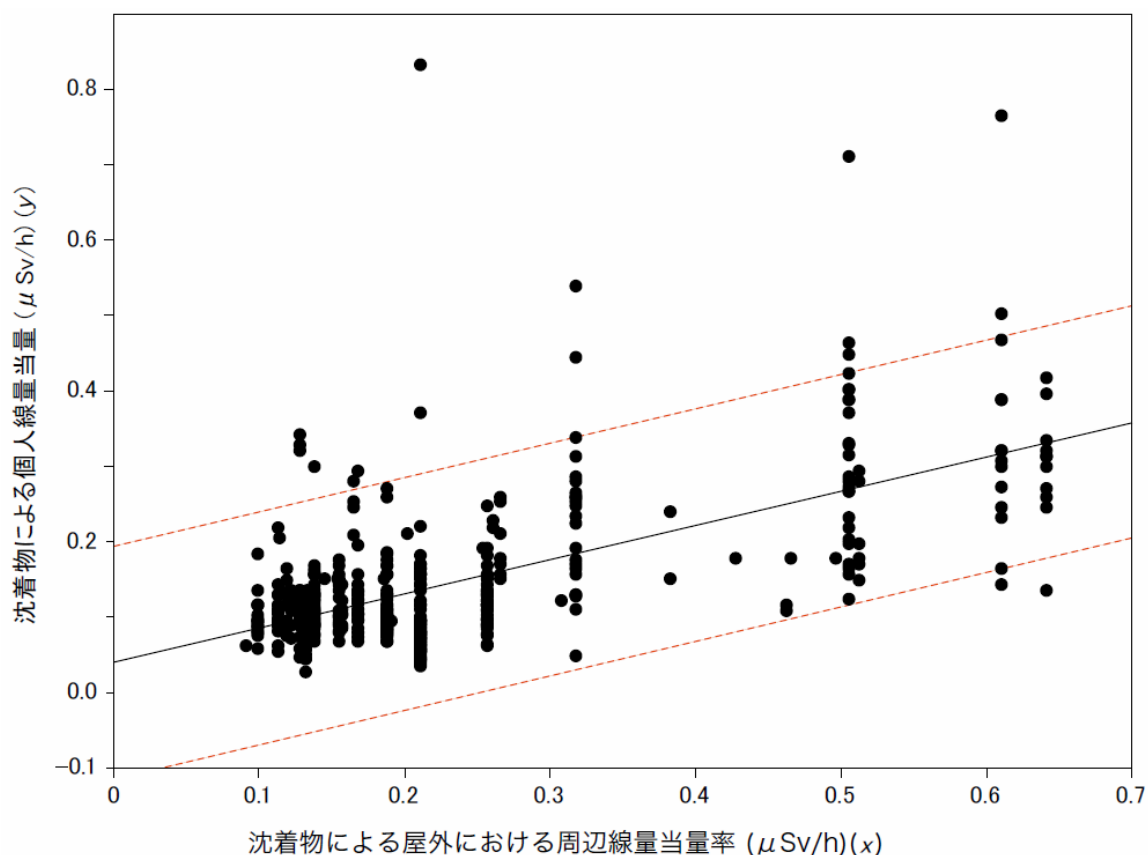
35. 2011 年～2013 年初頭までに日本の専門家が個人的に実施した測定または聞き取り調査に基づいて個人の外部被ばく線量の推定値を再検討した結果が、Nagataki et al. [N1]により報告されている。論文で報告されたデータと、2013 年福島報告書で用いたデータには合理的な一致がみられ、報告書の仮定を支持している。この種のデータは、個人の線量の復元ならびに疫学的調査および線量評価の全国的なモデルの改善に有用となる可能性を有している。

36. Takahara et al. [T2] は、2012 年初頭に実施された測定に基づき、線量評価に用いる確率論的モデルの構築について報告している。彼らは、屋内・屋外作業や年金生活者など様々な人口グループの行動パターンの調査と、500 人に対する周辺線量当量率および月間線量の測定により、福島県住民の外部被ばく線量を解析した。この論文は、外部被ばくによる線量推定のモデルパラメータの独立した評価と、評価結果の検証の双方に貢献している。また、部分的にはあるが、2013 年福島報告書で用いたモデルパラメータの妥当性についても確認している。

37. 本委員会は、多くの分野で、外部被ばくによる線量推定値の質と信頼性の向上に寄与すると考えられる相当の進捗を認めた。これには、外部被ばくパターンの一層の明確化、個人を対象とした測定値による線量推定値の検証、外部被ばくによる線量推定に用いる日本独自の確率論的モデルの構築などが含まれる。一方、本委員会は、他の分野、すなわち、環境中における放射性セシウムの移行、日本の建造物に係る防護パラメータの決定、都市部の除染効果の評価、居住地域での長期的な線量率測定などの分野では入手できる新規情報がほとんどない(少なくとも査読のある刊行物では報告されていない)と認識している。

図 I. 沈着した放射性核種による屋外における周辺線量当量率と個人線量当量率の相関関係

書き込まれた線は、 $y = 0.0403 + 0.4534x$; $r = 0.6274$, $p < 0.0001$ の場合の関係に相当する



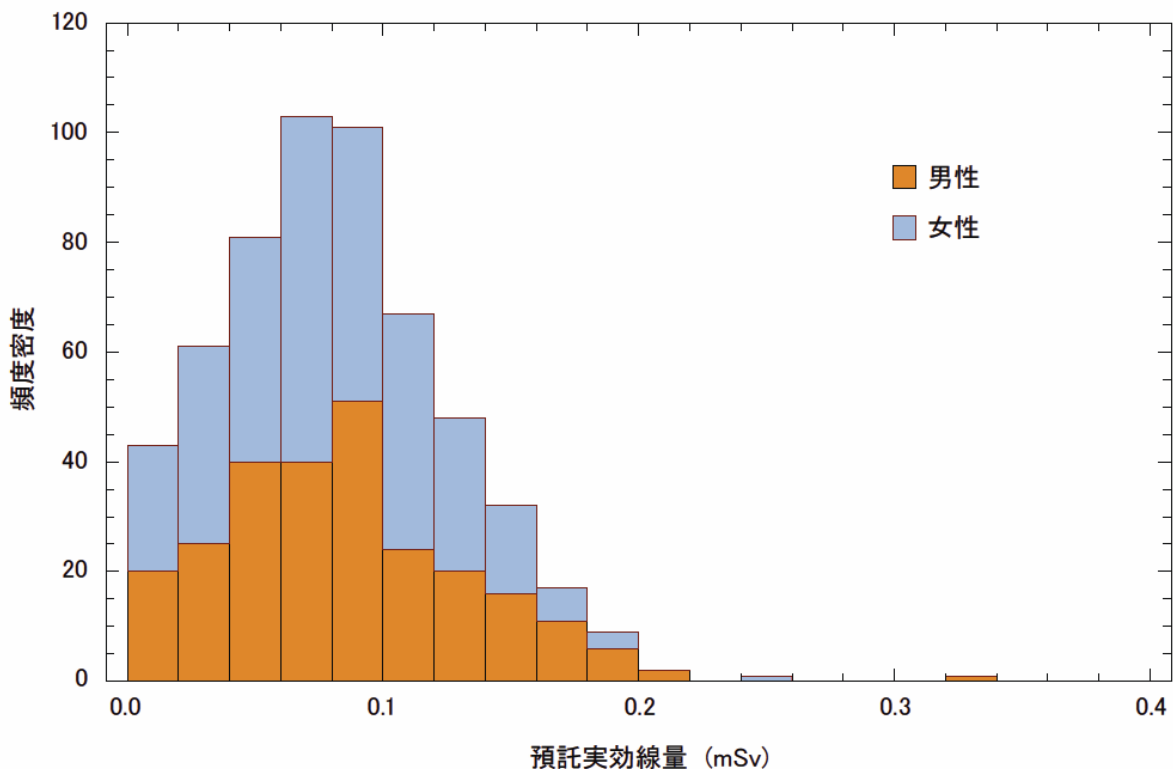
2. 内部被ばく

38. 公衆の内部被ばくについては、Harada et al. [H1]、Hayano et al. [H3]、Ishii et al. [I6]、Matsuda et al. [M1]、Nagataki et al. [N1]、Sato et al. [S2]、Torii et al. [T7] によって独自の考察がなされている。また、一部の関連する情報が、Hirakawa et al. [H5] および Tsubokura et al. [T9] によって提示されている。

39. 2つの論文 [H3, M1]では、初期のホールボディカウンタ(WBC)の測定値に焦点を当てることにより、放射性セシウムの初期の吸入や経口摂取による内部被ばく線量について最も信頼性の高い遡及的評価(図 II 参照)を行っている。Hayano et al. [H3] の提示した結果については、使用された方法論と仮定により、一部不確かさが付随することに注意を要する。本委員会は、WBC の測定データが経口摂取によるものであろうと吸入によるものであろうと、データを初期の短期摂取を想定した預託実効線量に変換した。それに基づいて計算された放射性セシウムの内部被ばく線量は、食品中の測定および吸入モデル計算に関するデータベースを用いた 2013 年福島報告書の推定値よりも約 1/3 の低さであった。

40. Nagataki et al. [N1] のレビュー論文にも、その後の期間(ほとんどは 2012 年)の福島県住民の内部被ばくの実効線量が低いことを示唆する WBC 測定値に関するデータが見られる。

図II. 放射性セシウムの早期摂取を想定して福島第一原発事故の110～140日後に実施されたWBC測定に基づく南相馬市の成人住民に対する推定預託実効線量 [H3]



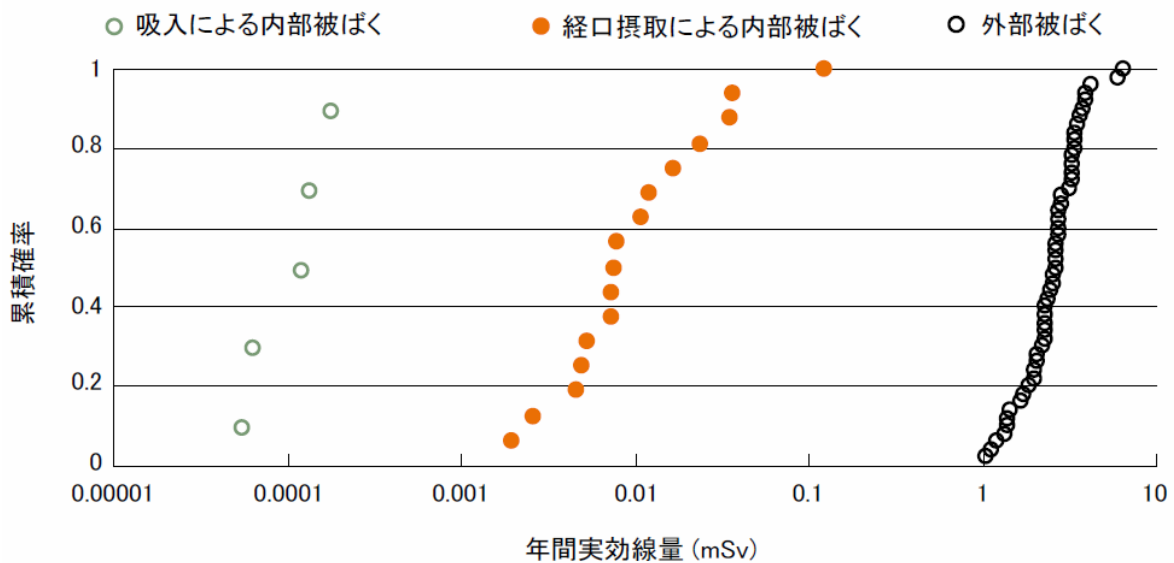
41. Harada et al. [H1] は、福島第一原発の 20km～50km 圏内の 3 区域の住民について、2012 年夏期の放射性セシウムの経口摂取(再現した食事内容の解析に基づく)と吸入(空気中のちりの分析に基づく)による取り込みが原因となる内部被ばく線量を推定している。その結果は、2012 年夏期の内部被ばくによる線量が、個人用 OSLD により測定された外部被ばくによる線量よりも 2 桁低かったことを例示している。また、再浮遊物質の吸入による内部被ばくの線量推定値は、経口摂取によるものよりも 2 桁低いものであった。

42. Sato et al. [S2]が 200 家族から収集した再現した食事内容の分析により、2011 年～2012 年冬期および 2012 年における福島県住民の放射性セシウムの経口摂取率が低かったことが検証されている。ただし、サンプリングと使用された測定手順の詳細は明らかになっていない。解析対象となった食事 200 食のうち、平均濃度が 1Bq/kg を上回ると判明したのは 12 食のみであった。食品中の放射性セシウム濃度の最も高い測定値に基づく場合でも、評価した経口摂取による年間実効線量は 0.1mSv を下回っていた。

43. Hirakawa et al. [H5] は、自治体職員からの聞き取り調査による情報および原発事故直後の数週間における福島県内の食品と飲料水の摂取禁止に関する一連の政府文書をまとめている。同著者らは、事故直後の数週間の状態を明らかにし、20km 圏内からの初期の避難者は、避難前および避難中に保存食または事故の影響を受けていない地域からの供給品を提供されていたため、生鮮食品を摂取した可能性が低いことを確認している。ただし、飲料水の測定が開始される前に水道水と河川の水が摂取されていた点に注意が必要である。さらに、同著者らは、福島県内の市場で、地産品が占める割合は約 15%～30%であることを確認しており、これは事故直後 1 年間の経口摂取による線量推定に関して 2013 年福島報告書で想定された 25%という数値に一致している。

44. 本委員会は、多くの分野で、内部被ばくによる線量推定値の質と信頼性の向上に寄与すると思われる相当の進捗を認めた。これには、内部被ばくパターンの一層の明確化、個人 WBC 測定による線量測定値の検証、経口摂取および再浮遊放射性核種の吸入による内部被ばく線量が外部被ばく線量よりもかなり小さいことの確認などが挙げられる。一方、本委員会は、内部被ばくによる線量推定値の質と信頼性を向上させる可能性のある他の分野、例えば、多様な食品(農産物・天然)および主食類中の放射性セシウム濃度の動的な変化、内部被ばく線量評価のための決定論的モデルおよび確率論的モデルの構築などの分野では、入手できる新規情報がほとんどない(少なくとも査読のある刊行物では報告されていない)と認識している。

図 III. 2012 年の相馬市玉野地区成人住民の外部被ばく、および経口摂取ならびに再浮遊物質の吸入による内部被ばくからの年間実効線量の累積確率分布図 [H1]



3. 対策(初期・中期)

45. 本委員会はこれまでに、汚染された地域における対策や環境修復の線量への効果に関して査読のある英文の刊行物を見つけていない。関連の可能性のある複数の日本語の刊行物を特定したが、時間と資源の制約により、本ダイジェストのためにこれらを翻訳して審査することは叶わなかった。次のダイジェストでは、これらの情報が含まれることが期待される。2013 年福島報告書に記載されている線量推定値は、沈着した放射性核種に対する外部被ばくによる線量および食品の摂取による内部被ばく線量を低減するための長期的な環境修復措置を考慮に入れていない。したがって、既に実際に受けた線量または将来に受ける可能性のある実際の被ばく線量よりも、過大に評価されている可能性がある。線量率の測定は、避難区域内の除染特別地域にある集落の除染前後に実施されているが、その測定値は査読付き文献ではまだ報告されていない。これらのデータ、またはその査読付き文献中の刊行物が利用可能となれば、2013 年福島報告書の線量推定値の質と信頼性の向上が可能となるであろう。同様に、農業環境における修復措置の範囲および放射性核種の食品への移行に及ぼす影響に関する情報は、経口摂取による線量の推定の信頼性をさらに高めるであろう。

C. 新規刊行物がもたらし得る影響

46. 本委員会は、2013 年福島報告書の当該分野における知見は現在も有効であり、それ以降に発表された新規情報の影響をほとんど受けていないとの結論に達した。さらに、全身測定の結果により、食品中の放射性核種の経口摂取による実効線量は実際には食品測定のデータベースを用いた論理的な推定値(および 2013 年福島報告書で全般的に報告されている推定値)よりもかなり低かった可能性があるという、(当時利用可能であったより限定的な測定値に基づく)2013 年福島報告書にある記述の信頼性が増したと言える。また、復元した食事の調査に基づく分析も、記述内容を支持している。新規刊行物の大部分が、特に以下の点において、2013 年福島報告書の想定および知見を広く支持あるいは確認している。

(a) 日本の公衆の被ばく線量は、2013 年福島報告書で予測されていたように、2011 年以降は有意に減少した。

(b) 食品に含まれる放射性核種の継続的な摂取による内部被ばくからの総実効線量への寄与は小さく、再浮遊した放射性セシウムの吸入からの被ばくへの寄与はごくわずかである。

(c) 個人線量計で測定された外部被ばく線量、または線量率の測定および個人の聞き取り調査から推定した線量は、2013 年福島報告書で報告された情報と基本的に合致している。

47. 本委員会は、以下の特定分野での調査が 2013 年福島報告書で確認された研究ニーズへの対応に最も大きく寄与する可能性が高いと特定した。

(a) 都市部、農業および林業環境における放射性セシウムの移行および様々な食品(農産物・天然)への移行に関する調査の継続

(b) 線量の地域モデルおよび全国モデルに必要なパラメータ値(例えば、建物の防護パラメータ、年齢および社会グループの関数として様々なタイプの建物および異なる時季に屋外および屋内で過ごした時間、栽培食物および野生食物の流通システムや消費習慣に関するパラメータなど)の決定

48. 本委員会は、第 III 章において、大気への放出に関するソースタームの新しい推定値とそれが 2013 年福島報告書で示された避難者の線量評価へ及ぼし得る影響について述べた。もし日本の当局が、一貫性のある気象学的データと ATDM と共に、その新規ソースタームを用いた避難民の被ばく線量の詳細な評価および避難したコミュニティの住民の移動と行動の詳細な分析を実施するならば、有益であるだろう。

VI. 作業者の線量評価に関する更新情報

A. 2013 年福島報告書の要約

49. 本委員会の作業の主な目的は、日本で報告された作業者の個人線量値が実際に作業者が受けた線量をどの程度正しく信頼できる数値として提供しているか、そして、報告

された線量に基づいて、健康に及ぼす影響についてどの程度信頼できる論評ができたのかを判定することであった。2012年10月末までに、東京電力(東電)は、福島第一原発の2万5000名の作業員(そのほとんどは協力企業の従業員であった)の線量に関する統計学的データを報告していた。東電の報告によると、事故直後19ヶ月間の福島第一原発作業員の平均実効線量は約10mSvであった。作業員の約34%が、この期間中、10mSvを超える実効線量を受けており、作業員の0.7%(173名に相当)は100mSvを上回る実効線量を受けていた。報告された実行線量の最高値は東電社員の679mSvであり、この社員は内部被ばくによる預託実効線量も、報告された値の中で最も高かった(590mSv)。数百名の緊急時対応作業従事者の線量統計情報は別途報告されている。

50. 本委員会が独自に実施した、内部被ばくによる預託実効線量が100mSvを上回る(計13名の作業員の内)12名の作業員を対象にした線量評価の結果、当該作業員が ^{131}I 吸入により2Gy~12Gyの甲状腺吸収線量を受けたことが確認されている。

51. 内部被ばくの線量評価値がより低い、さらに多くの作業員についての内部被ばく評価の信頼性は、作業員の無作為抽出サンプルについて独立した評価を行うことで確認されている。

52. 本委員会は、体内に ^{131}I が検出された作業員について、東電が報告した評価の信頼性を確認している。しかしながら、ほとんどの作業員の場合、甲状腺内 ^{131}I の計測は2011年5月中旬から下旬になるまで開始されず、この遅延により多くの場合で ^{131}I はもはや検出されなかった。同じ理由から、半減期のより短い放射性核種(^{132}Te 、 ^{133}I など)の摂取による内部被ばくへの寄与についても確実に評価できていない。本委員会は、体内で ^{131}I が検出されなかった作業員について東電が報告した評価の信頼性の確認も、協力企業がその作業員について報告した内部被ばく評価の信頼性も確認もできていない。

53. 本委員会は、外部被ばく評価の信頼性に影響を与える可能性のある主な要素は、2011年3月の電子式個人線量計の共有(多くの作業でチーム内の作業員1名のみが線量計を着用していたこと)であったと判断している。

54. 本委員会は、作業員の眼の水晶体の線量評価を行うために必要な、ベータ線による被ばくに関する十分な情報を得ていない。([U6]段落143)。

B. 新規刊行物のレビューで得られた知見

55. 審査された刊行物7編のうち、2編は2013年福島報告書の主要な知見に実質的な影響を与える可能性が(たとえ低いとしても)あり、7編すべてが、報告書の主要な仮定の1つまたは複数をつまらぬ形で検証した。

56. Kurihara et al. [K11] は、560名の福島第一原発作業員の甲状腺における ^{131}I の測定結果を報告しており、その預託実効線量推定値は2013年福島報告書に記載されているものと一致している。

57. Suto et al. [S5] は、12名の作業員の二動原体染色体分析の結果を提示している。この成果は2013年福島報告書の作成時には公表されていなかったが、当時からその存在は知られていた。その目的は、医療トリアージを実施し、選ばれた作業員向けに計画を

立てることであった。提示された結果は、全身での吸収線量推定値が12名の作業員全員で300mGyを下回り、検査された作業員では急性放射線症の影響は予測されないことを示している。

58. Naoi et al. [N3] は、自衛隊(SDF)の職員について、放射性セシウムへの外部被ばくと内部被ばくによる線量を報告している。報告された外部被ばくと内部被ばくの線量は、2013年福島報告書で報告された数値と概ね一致している。

59. Tsubokura et al. [T10] は、緊急作業員ではなく福島第一原発付近の村落で(2012年の間)除染作業を行っていた作業員の ^{134}Cs および ^{137}Cs の体外計測の結果を初めて公表した。全身で測定された ^{134}Cs および ^{137}Cs のレベルは、どのケースも300Bqの検出限度未満であり、同著者らは、これら結果があらゆる除染作業員を完全に代表するものではないが、放射性物質の再浮遊による放射性核種の摂取は最低限に抑えられたと結論付けている。

60. Yasui [Y4] は、2013年7月に実施された作業員の線量再評価について報告している。本委員会は、2013年福島報告書の時点でこの再評価の存在を知っていたが、当時これを完全に考察に含めることはできなかった。線量評価に採用した方法の違いから、東電の評価した内部被ばくによる線量と、東電の協力企業が評価した当該線量の間には有意な不一致があったため、再評価の必要性が生じた。このような不一致から、使用すべき基準方法について厚労省より、新たな指針が出されることとなり、数百名の作業員の預託実効線量が見直されることとなった。Yasui [Y4] は、この再評価の結果、預託実効線量(内部被ばくおよび外部被ばくによるもの)⁷が50mSv~100mSv および 100mSv を上回る範囲の線量を受けたと判明した作業員人数は数パーセント上昇したと報告している。また、Yasui [Y4] は、著者が指定した基準方法は、短半減期の放射性核種、 ^{132}I および ^{132}Te の寄与を適切に説明する上で、十分満足のいくものであると厚労省が考えていると報告している。厚労省は、不確かさを鑑みて、預託実効線量に対する ^{132}Te の寄与は、 ^{131}I からの寄与の約10%と推定している。2013年報告書では、本委員会は短半減期の放射性核種(^{133}I など)全体からの寄与は、 ^{131}I の寄与に対して約20%であると推定している。

61. Yasui [Y4] の報告した再評価では、東電の評価した線量と協力企業の評価した線量の間には有意な差が認められた作業員および評価の妥当性に疑義がある作業員のみが対象となっている。厚労省 [M3] は、9名の作業員の預託実効線量が厚労省の定義した基準方法以外の方法で評価されたことを2014年1月に東電が確認した後に、第1回目の再評価で再度評価された作業員以外の全作業員について、データの再検討を行なったと報告している。また、1,536名の作業員の預託実効線量は基準的方法以外の方法で評価された可能性があるとして結論付けている。そのため、厚労省は、東電および主要な協力企業に、預託実効線量のさらなる再評価の実施を指示した。

62. 厚労省 [M3] は、この2回目の再評価の結果、預託実効線量の推定値が142名の作業員で上昇したと報告している。預託実効線量推定値の上昇は、1mSv~90mSvの範囲であった。この結果、預託実効線量が100mSvを上回る作業員数と、線量が50mSv~100mSvの範囲である作業員数がわずかに(すなわち、1~2名)増加した。推定値上昇のほとんどは、預託実効線量が50mSv未満の作業員で生じている。

⁷ Yasui [Y4] と厚労省 [M3] の双方で、線量再評価の結果を提示するために使用した期間は2011年3月11日から12月31日までであった。

C. 新規刊行物がもたらし得る影響

63. Yasui [Y4] および厚労省 [M3] によって報告された1回目および2回目の再評価において、一部の作業員について推定線量は有意に変化したが、本委員会は、これらが2013年福島報告書[U6]の主要な知見に実質的な影響を与えるとは考えていない。ただし、このことは、厚労省が要請した線量再評価で採用されたデータと方法をさらに完全に分析することにより確認する必要があるだろうと考える。

64. 本委員会は、眼の水晶体の被ばくについて、または2013年福島報告書で特定された様々な分野での線量推定値(体外計測では検出されない放射性核種の被ばく、線量計共有の信頼性など)の質の改善について、情報に基づく信頼に足る判断を可能にするような新たな情報を見つけることはできなかった。

VII. 作業員と公衆における健康影響に関する更新情報

A. 2013年福島報告書の要約

65. 本委員会は、公衆および作業員の被ばく線量が有意に低いため、福島第一原発事故による健康リスクは、チェルノブイリ事故の場合よりもはるかに低いと予想されると認識していた。放射線被ばくによる確定的影響は公衆では観察されておらず、今後も出現しないと予測されている。妊娠中の被ばくによる自然流産、その他の要因による流産、周産期死亡、出生時異常または認知機能障害の増加は予測されていない。また、「事故によって被ばくした人の子孫の間で遺伝性疾患の識別可能な増加」([U6] 段落 224)が生じるとも予測されていない。放射能関連の白血病または乳がん(最も放射線誘発が高いがん2種)や他のタイプの固形がん(おそらくは甲状腺がん以外)の発生率が、識別可能なレベルで放射線に関連して上昇を見ることはないとして予測されている。福島第一原発事故による甲状腺線量推定値はチェルノブイリ周辺で維持された推定値よりも有意に低いため、チェルノブイリ事故後に発生したような放射線被ばくによる甲状腺がんの過剰な発生は考慮に入れる必要がないとみなされている。ただし、感度の高い超音波を使用した事故当時18歳未満の子供に対する甲状腺集団検診により、多数の甲状腺嚢胞と固形小結節および「このような集中的集団検診がなければ通常は検出されない」多数の甲状腺がんなどが検出されると予想されている([U6] 段落 225)。しかしながら、事故による有意な放射性核種の沈着が生じていない青森県、山梨県、長崎県の各県で、同様のまたはわずかに高い有病率で嚢胞と小結節が確認された。福島県の県民健康調査(FHMS)⁸で既に観察されていた相当量の症例は、放射線の影響ではなく、集団検診の感度による可能性が高いとみなされている。

66. 福島第一原発緊急時対応作業員の間で確定的な影響が起きる可能性は低いと考えられているが、本委員会は、甲状腺機能低下症の可能性を排除することはできず、また、

⁸ 福島県の県民健康調査は、福島県立医科大学が日本政府の資金を得て行っている大規模な健康アンケート・集団検診プログラムである。集団検診には2つの主要な要素がある。0～18歳で被ばくした小児の甲状腺疾患の集団検診と、福島第一原発事故当時、妊娠していたか授乳していた女性とその子孫の集団検診である。

ベータ線照射による眼の水晶体の被ばく線量に関する情報が不十分なため、白内障のリスクを評価することもできないでいた。被ばく線量が 100mSv を上回る(主に外部被ばくによる)作業員全員の生涯で、2 症例～3 症例のがんの過剰発生が推測される可能性はあるが、委員会は、このような被ばくによるがん発生率の増加が識別可能なレベルになる可能性は低いと考えている。委員会は、作業員の間で推測される甲状腺がんのリスク規模では、放射線被ばくによる発生率の上昇を識別できる可能性は低いと判定している。

67. 委員会は、一般公衆および作業員で観察された最も重要な健康影響は、精神衛生および社会福祉[W2] に関係するものだと考えられていることを認識していたが、このような健康影響の発生と重篤度の推定は本委員会の検討事項の範囲外であった。

B. 新規刊行物のレビューで得られた知見

68. 審査された 10 編の刊行物のうち、2013 年福島報告書の仮定または知見に異議を唱えるものはなく、むしろ、これら知見の補強または補足に役立つものであった。

69. Nagataki and Takamura [N2] は、FHMS 集団検診プログラムに参加した 287,056 名のうち 51 名(100 万名当たり 177 名)(2014 年 3 月現在)が甲状腺がんと診断されていると報告している。住民が事故による放射線被ばくを受けていない地域で、FHMS プログラムに最も近い甲状腺集団検診の結果調査は、青森、長崎、山梨各県の若者を対象としたものであった [H4]。この調査では、FHMS 調査に類似した測定器と検診手法が用いられ、甲状腺の小結節と嚢胞の有病率が、名目上、FHMS 調査結果よりも幾分高いことが判明した。検診を受けた 3 歳～18 歳の 4,365 名の小児のうち 1 名で甲状腺がんが発見された(100 万名当たり 230 名相当の有病率)。Iwaku et al. [I7] が関東地方の小児を対象に行った比較的小規模な調査(検診対象者 1,214 名)では、甲状腺の小結節または嚢胞の有病率が FHMS 調査の結果よりも名目上高いことが判明しており、福島第一原発事故の前後の検診で有病率に差はなかった。Nagataki and Takamura[N2] は、被ばくを受けていない若年層を対象とする他の 3 件の集団検診調査における甲状腺がんの結果をまとめている。大学で行った 2 件の集団検診プログラムでは、千葉大学の日本人学生 9,988 名のうち 3 名(100 万名当たり 300 名に相当)、岡山大学では 2,307 名のうち 3 名(100 万名当たり 1,300 名に相当)が甲状腺がんと診断されるという結果であった。慶応高校では 2,868 名の女子生徒のうち 1 名(100 万名当たり 350 名に相当)が甲状腺がんと診断された。甲状腺小結節・がんデータの補足として、Watanobe et al. [W1] は、福島県の小児において、過剰な甲状腺機能低下症、免疫性甲状腺炎、または他の甲状腺機能不全の徴候はないと報告している。

70. 被ばくしていない地域または期間の集団検診調査を全て合わせると、甲状腺がんの有病率は、FHMS での 100 万名当たり 177 名に比べて、100 万名当たり 380 名であることが示される。FHMS で検診を受けた対象者の年齢分布は、ほとんどの比較調査のものよりも低く、Hayashida et al.の調査 [H4] を除き、集団検診方法の比較の可能性の程度も知られていないため、本委員会は、これらの有病率が完全に比較できるものではないと認識している。しかしながら、これらの調査は、少なくとも 2014 年 3 月に FHMS の結果が報告された時点での、福島県の若年層における甲状腺がんの有病率の明白な上昇が、おそらく集団検診によるものであるとの示唆を支持している。さらに、被ばくと甲状腺がんの発現

との間には、通常、典型的な遅延または潜伏期間があり、有病率の上昇が集団検診によるものであることのさらなる証明となる。

71. 被ばく量が比較的 low、人口規模が限定されているため、福島県民において、放射線被ばくによるがん以外の健康指標で有意な過剰割合が生じるとは予測されていないが、このような仮定を支持あるいは論駁する実際のデータが必要である。従って、心臓疾患、生殖に関わる症状、その他の非がん性疾患の健康評価に関する情報を提供している他の3編の刊行物は、ここでの言及に値する。

72. 妊娠および出産の結果に関する初めての情報の一部が、Fujimori et al. [F1]によって報告されている。日本全体に比べて、福島第一原発事故当時に妊娠していた福島県の女性 8,600 名を対象にした調査における望ましくない妊娠結果の発生率は、死産、早産および低出生体重でわずかに低く、出生時異常でわずかに高くなっている。同著者らは、福島県において、出生に関して有害結果が過剰にあるとの明確な証拠はないと結論している。

73. Yamaki et al. [Y1] は、地震、津波、原発事故の三重災害以前の2年間および以後の2年間における急性心筋梗塞(AMI)の入院件数について、福島県の病院登録から情報を取得している。著者らは、福島県の6地区の内1地区で、災害後の頻度が過剰になっている可能性があるとして報告しているが、全体的に、災害後のAMI入院頻度に大きな増加はなかった。このような過剰な頻度は、地震と津波後の状況に関連した困難が原因になっているとしている。放射線がAMIの病因である可能性は、被ばく直後2年以内では非常に低い。

74. Yamashita [Y3] は、三重災害後の肥満、グルコース代謝機能不全、高脂血症、肝機能不全の有病率が災害前に比較して高いと報告しているが、この上昇は避難後のライフスタイルの変化、食事、運動に起因するとしている。

C. 新規刊行物がもたらし得る影響

75. 本委員会は、2013年福島報告書の当該分野での知見は今も有効であり、現在までに発表された新規情報の影響をほとんど受けていないとの結論に達した。むしろ、新たな情報により、甲状腺調査における小結節、嚢胞、および、がんの高い検出率は、集中的な集団検診および使用機器の感度の高さによる結果であり、事故による放射線被ばくの増加の結果ではないとする報告書の記述についての重要性を高めている。

76. 本委員会は、事故による健康影響に関する継続的な研究と調査、特に福島県が実施している健康調査に注目し、今後もその最新情報を入手する予定である。また、本委員会は、さらなるデータまたは情報があれば[U6]で特定した研究ニーズへの対応に寄与する可能性が最も高いと思われる分野を、具体的に以下に特定した。

(a) 理想的には、FHMSで得られた甲状腺小結節や甲状腺がんの有病率との比較のために、被ばくしていない日本人若年層のさらなる甲状腺集団検診のデータが(こうした調査が倫理的に適切とみなされるならば)有用であるだろう。

(b) さらなる集団検診データがない場合は、検診を受けた個人、甲状腺小结節・甲状腺がん(年齢別、性別)の FHMS 数値に関する刊行物。(このようなデータがあれば、被ばくしていない対象者の既存のデータや、チェルノブイリ事故後の観察結果との、より正確な比較を行うことができるため。)

(c) 可能ならば、FHMS 集団検診の調査に関するさらなるデータ等、例えば、線量グループの比較を可能にするであろう線量推定値、他の健康影響(事故後に受胎した小児の間での小児白血病、他の固形がん、出生時異常など)の発生率等のデータの利用。これにより、適時、健康状態の頻度が、放射線の線量によって異なるかどうかの傾向を示唆できる。

(d) 福島第一原発の緊急時対応作業従事者(特に被ばく線量が高い作業員)の健康に関するデータの利用。

VIII. ヒト以外の生物相における線量と影響に関する更新情報

A. 2013 年福島報告書の要約

77. 本委員会は、適切なモデルを適用して、事故によるヒト以外の生物相が受けた放射線の線量を推定している。その後、本委員会による線量・影響間の関係の全般的な評価を総合して、当該線量に対応した放射線被ばくによる影響の推定値が推測されている。事故後の海域および陸域におけるヒト以外の生物相の被ばくは、地域的なばらつきにより、いくつか例外の可能性があると考えられているが、全体として急性影響を観察するには至らない低いレベルであった。本委員会は、一般的に海洋環境におけるヒト以外の生物相の個体群レベルの影響は、高濃度の放射性物質を含む水が海洋に流出したり放出されたりした場所の近傍域に限られるだろうと結論付けている。本委員会は、特定の陸域生物種における個々の生物への影響リスクを、特に哺乳類においては排除することはできていないが、個体群レベルで観察可能な影響が出る可能性は低いと考察している。また、本委員会は、いかなる放射線の影響も、放射性物質の沈着密度が最も大きい限られた地域に留まり、このような地域以外では、生物相への潜在的な影響は無視できる程度であると結論している。

78. 本委員会は、福島第一原発事故によって汚染された地域において様々な陸域の生物相に影響が観察されたとする調査報告書に言及しており [H6, M4, M5]、これらの調査で野生生物の個体群に関して報告された有意な影響は、本委員会による理論的評価の主な知見と一致しないと認識している。本委員会は、線量測定法に関する不確かさと交絡因子の可能性があるため、前述のフィールド調査により確固たる結論を実証することは難しいという認識のもとに、これら観察結果について疑義を表明している。

B. 新規刊行物のレビューで得られた知見

79. 審査を行った刊行物 20 編のうち、本委員会は、2013 年福島報告書の主な知見と一致していない 8 編を特定した。他 9 編では、報告書の主要な推定内容の全体または一部について確認がなされている。

80. 数編の新規刊行物により、ヒト以外の生物相における放射性核種の濃度([H2, K2, T3, T8] など)および移行に影響するプロセス([K5, K6, O1] など)に関する情報が提供された。新たに発表されたデータの統合が、当初適用した移行モデルの精緻化に役立つ可能性はあるが、これらの調査結果から 2013 年福島報告書の知見への重大な影響はないと思われる。最近の調査 [F2, K9] においてヒト以外の生物相に関して評価された被ばくは、全体的に 2013 年福島報告書での推定値とよく一致しており、本委員会の線量評価手法の信頼性およびそれに関連した被ばく計算の妥当性を裏付けている。例外の可能性として、海洋環境において底生魚類における放射性セシウム濃度が上昇を続けていることが認識されている[S4]。

81. 陸域の生物相で観察された影響について報告したフィールド調査 [H6, M4, M5] に関する本委員会からの疑義は、調査の間に他の科学者から出されたこれら調査に対するコメントにも反映されている([B2, B3] など)。このように疑義に拘わらず、前述の刊行物や同グループが最近発表した関連刊行物は、今も、継続して、個体群レベルの環境影響についての唯一のデータ分析である(2014 年末時点)。

82. Mousseau and Møller [M2, M6, M7, M8, M9] による複数の刊行物は、特に、適用した統計モデルについてさらなる詳細を示し、津波自体の影響など、特定の交絡因子の影響を取り除くことにより、当初の調査 [M4, M5] に追加情報を提供している。同著者らは、当初の線量測定値は、動き回る動物が実際に受けた線量の正確な測定値ではなかった可能性があると認めている [M7]が、放射線レベルの上昇に伴い蝶、セミおよび鳥類の数が減少したという当初の結論に変更はない。一方で、最近の調査 [I5] では、2種の鳥類において、福島第一原発事故の影響を受けた地域の放射線レベルとは相関関係のない分布が明らかになっている。Ishida [I5] は、これら結果が福島第一原発区域の鳥類についての Møller et al. [M4] の結論と合致せず、Møller et al.による鳥の生息数調査の設定が、他の環境因子を放射線被ばくの影響と区別するには不適切であると指摘している。

83. 2013 年福島報告書で言及したヤマトシジミ(蝶) (*Pseudozizeeria maha*)に対する放射性核種放出の影響に関する早期の論文[H6]を包括的に擁護する複数の論文が発表されている [H7, N4, T1]。著者らは、適用した方法の詳細な説明と、より詳細なデータ解析を示している。さらに、ある調査 [N4] では、前述の蝶の幼虫に対する葉の経口摂取による影響を調査することで、知見全般を向上させている。この一連の刊行物の著者らは、福島第一原発事故からの放出による被ばくが調査対象の蝶類の大量の死と異常を引き起こしてしまい、突然変異がその子孫に引き継がれてしまい、この個体群が福島第一原発近傍域では大幅に減少してしまうと主張している。彼らはさらに、津波自体の影響といった交絡因子の可能性を退けている。線量をベクレルの単位で表示する、また、これらの一部の論文 (Nohara et al. [N4]) で調査対象となっているエンドポイントに対して不適切な線量反応モデル参照するという技術的な過誤が認められるが、一方で、フィールドレベルの条件下における放射線量の指標と相関関係にある特定の影響の増加を示す観察結果は、さらなる調査を行うに値する。これらの報告を簡単に却下することはできず、かといって、データセットの完全性を認め、環境システムへの放射線の影響に関する既存の見解を用いて結果に対する説得力ある説明を行うこともできない。

84. 本委員会は、ヒト以外の生物相における放射線被ばくとその影響について、1996 年版および 2008 年版報告書の科学的附属書 [U3, U5]の中で全般的に評価している。これら附属書および 2013 年福島報告書で規定され用いられたベンチマークは、主に何十年にも

わたる実験内容を精査し、過去の事故の実地観察結果の解析を(限定的な範囲であるが)含み、放射線生物学的な文献から得られた情報を大きく統合したものに基づいていた。したがって、それらは、生物学的な影響を及ぼす可能性がある線量について、到達し得る最も広範な見識となっている。しかしながら、この情報の大部分が、隔離された状態の管理された実験室環境下での少数グループの被ばくに関するものであった。外挿法を使用して電離放射線に被ばくした生態系への影響を推測する場合には、当該情報の適用の可能性には、明らかに何らかの制限が出てくるだろう。個別の生物へのストレスの影響が混乱の引き金になる可能性があり、その混乱は生態系内のより高いレベルの生物学的組織を介して広がる [B5]ことを考慮すると、ストレスに誘導された障害を、個別の生物へのストレスの影響に関する知識から完全に把握することは不可能である。この見解は、最近の影響に関するデータのメタ解析によって支持されているように見受けられ、自然環境内の生物は、実験室環境下で検査された生物よりも放射線に対して感受性が高いことを示唆している [G1]。

C. 新規刊行物がもたらし得る影響

85. 本委員会は、2013 年福島報告書の当該分野における知見は、概ね利用可能な根拠により、現在も支持されていると結論付けた。しかしながら、本委員会は、フィールド調査よりも主に実験室内での調査研究に依存しているため、そのアプローチ(使用したベンチマークなど)に限界がある可能性も認識している。フィールド調査、すなわち汚染された生態系で広がっている条件下で、相互に影響しあう野生生物の個体群に対する電離放射線被ばくの影響を解析するために設計された実地調査が必要である。このような調査研究は、放射線生態学者や放射線専門家だけでなく、生態学者、集団生物学者、遺伝学者も関与する学際的なものであるべきだろう。

IX. 結論

86. 年刊ダイジェストの初版となる本書のために審査された新たな情報源 79 編のうち、半数以上が 2013 年福島報告書の主要な仮定の 1 つまたは複数を確認するものであった。実質的に 2013 年福島報告書の主要な知見に影響を及ぼしたり、その主要な仮定に異議を唱えたりするものはなかったが、12 編については、さらなる解析またはさらに質の高い調査で確認することにより、その可能性があるとして特定された。2013 年福島報告書の仮定や知見のいずれかに異議を唱える可能性があるとして判定された刊行物を表 2 に要約する。各ケースについて、情報に基づく判断により有意と判断される可能性がある場合は、それまでに必要とされ得るさらなる作業や解析、そうでない場合は特定された異議の可能性について示している。

87. 表 2 で取り上げている刊行物のうち 8 編は、一連のフィールド調査に関するもので、無脊椎動物および鳥類について、本委員会の評価から推論し得るものとは異なる個体群レベルの影響を報告している。このような調査の結果は結論的なものではなく、2013 年福島報告書の当該分野における知見は、利用可能な証拠によって広く支持されている。これらの明らかな差異を解決するには、さらなる調査が必要となるだろう。

88. 食品中の放射性核種のレベルに関する刊行物 1 編(他で報告されている全身測定値によって補足されている)は、(当時の限られた利用可能な全身測定値に基づいて)

2013 年福島報告書ですでに述べられている、経口摂取による公衆の線量は同報告書では有意に過大評価されているという記述を裏付けている。この過大評価という点については、さらなる調査によって確認する必要があると思われる。総被ばく線量の推定値は、沈着した放射性核種からの放射線による外部被ばくが大半を占めているため、2013 年福島報告書における経口摂取による線量の過大評価は、一般的に総被ばく線量の推定値にほとんど影響を及ぼさない。

89. 12 編の新たな情報源のうち 2 編は、作業員に対して厚労省が要請した 2 件の線量再評価に関するものである。その結果、一部の作業員の推定線量が有意に変化(全体的に上昇)した。こうした変化が、実質的に 2013 年福島報告書の主要な知見に影響を与える可能性は低いと判断されるが、これは使用されたデータと方法をより詳しくレビューすることにより確認する必要があると思われる。

90. 最後の新規刊行物は、原子力機構の研究者グループによる大気への放出に関するソースタームの、一連の推定値の最新情報である。本委員会によるさらなる評価や更新作業では、2013 年福島報告書で用いられた推定値よりも、この最新の推定値を適用する方が望ましいと考える。しかしながら、この推定値を適用することによって、2013 年福島報告書で推定された線量が有意に変化するとは予測されないであろう。ただし、避難者の線量推定値については、例外となる可能性がある。避難者各人の居場所における被ばくのレベルは、避難前と避難後の期間に亘るソースタームの細かな差異に応じて変化する可能性があるため、避難者の線量推定値への影響は異なると考えられる。この影響については、さらなる詳細な解析が必要だろう。

91. 本委員会は、日本の当局が、一貫性のある気象データと大気輸送・拡散・沈着モデルによる計算、避難したコミュニティの住民の移動と行動について詳細な分析と共に、この新しいソースタームを利用して、避難者の被ばく線量の詳細な評価を実施することを奨励する。

92. 表 3 は、2013 年福島報告書で特定された研究ニーズへの対応に重要な貢献をすると判断された刊行物をまとめたものである。報告書で特定された研究ニーズの多くについては、まだ対応がなされていない(少なくとも査読のある刊行物では報告されていない)。本版および将来のダイジェストを通じて、本委員会は、特定された研究ニーズへの対応における進捗状況を継続的にレビューする予定である。その進展に基づき、2013 年福島報告書をいつ更新するのが最適かについて本委員会の決定がなされるだろう。

表2. 2013年福島報告書[U6]の仮定や知見に異議を唱えている(またはその可能性がある)と特定された刊行物.

参考文献	[U6]の仮定・知見に対する異議 ^a	[U6]の仮定・知見に対する異議の可能性 ^b	異議の可能性の評価に必要なさらなる作業	コメント
大気中への放出、拡散および沈着				
[K4]	なし	特に避難者の線量推定値に影響を及ぼす可能性がある詳細な異なる時間的パターンを用いた、[U6]で使用されているソースタームのさらなる精緻化	避難者の線量推定のために、放出の時間的な拡散の影響評価が必要	Terada et al. [T4]のソースターム推定に基づくが、改善されたATDM およびさらなる包括的な追加データセットを使用。一部は以前に発表または使用されたことがないもの。方法論は適切と思われる。
水域への放出、拡散、沈着(刊行物の特定なし)				
公衆の線量				
[S2]	なし	食品測定データは [U6] で報告されたものと一致、食品測定値に関するデータベースを使って推定された経口摂取による線量は相当の過大評価の可能性ありとする見解を支持	さらなる調査によって確認する必要あり	方法論に欠陥がある可能性を排除することはできない。
作業員の線量				
[M3, Y4]	なし	621名の作業員の線量推定値を改訂	2013年福島報告書の知見が実質的な影響を受ける可能性はないが、さらに詳細な評価が必要	特に2013年福島報告書で説明されている個人モニタリングの欠点を理由とし、この再分析の必要性が生じた。
健康影響(特定された刊行物なし)				
ヒト以外の生物相における線量と影響				
[H7, N4, T1]	なし	無脊椎動物における個体群レベルの継代的観察が報告されており、2013年福島報告書との不一致あり	学際的なフィールド調査による確認が必要	線量計測の不足や不良、不適切なモデルが参照されていることから、Taira et al [T1]および Nohara et al [N4] の調査の質に対して懸念がある。
[M2, M6, M7, M8, M9]	なし	無脊椎動物と鳥類における個体群レベルの観察が報告されており、2013年福島報告書との不一致あり	学際的なフィールド調査による確認が必要	線量計測が不十分であり、交絡因子に関する説明が不明瞭なため、調査の質に対して懸念がある。

^a 2013年福島報告書に記載されている仮定と知見に対する異議(本委員会が報告書の補遺発行を考慮するに十分なもの)。

^b 2013年福島報告書に記載されている仮定と知見に対する潜在的な異議(確認されれば本委員会が報告書の補遺発行を考慮するに十分なもの)。

表3. 特定されたいずれかの研究ニーズに重要な寄与をするとみなされる刊行物

研究ニーズ	研究ニーズに大きく寄与する刊行物	研究ニーズに中程度に寄与する刊行物
大気中への放出、拡散および沈着		
時間の関数として大気への放出の推定量と特性評価を向上させる	[A3, K4, T12, W3, Z1]	[S3, T5]
水域への放出、拡散および沈着		
時間の経過に伴う放射性の水の漏洩および水域環境への放出の特性を把握および改善する	[Y2]	[B7, K3, T11]
長期的な輸送ならびに放出の混合、その結果として生じる水生経路を介した被ばくを予測して定量化する	[A2, B4, K7, O2]	[K1, K10, O3, R1, R2, T6]
公衆の線量		
種々の環境中で沈着した物質による外部被ばくの線量率を測定し、時間の経過に伴う変化を予測追跡し、環境浄化プログラムの影響を定量化する		[H1, T2, T7]
人体内放射性核種の体外計測を実施し、線量とその分布の推定の向上を支援し、現在および将来の被ばくレベルを推定する		[N1]
作業員の線量		
一部の作業員について東電とその協力企業の実施した内部線量評価に差がある理由を解明する		[Y4]
健康への影響		
福島県における甲状腺がんの見かけの発生率に対する超音波検査の影響を解析し定量化する(この点において、事故の影響を受けていない地域での甲状腺がん発生率の調査が有用である)	[H4]	[I7, N2, W1]
ヒト以外の生物相における線量と影響		
ヒト以外の生物相の特定種で典型的な環境被ばくを測定評価し、フィールド調査で報告されているが本委員会の評価とは一致を見ていない、放射線被ばくが環境影響の原因となる重要な要素であるか否かをさらに分析する	[H7, S4, T1]	[H2, K5, K6, O1]

謝辞

本委員会は、本白書の刊行を承認するにあたり、2011年東日本大震災後の原発事故による放射線被ばくのレベルと影響の評価に関するフォローアップ活動の遂行に直接的に関与した、以下の専門家の貢献に謝意を表す。

シニアテクニカルアドバイザー

W. Weiss(ドイツ)、K. Kodama(日本)

クリティカルレビュー担当者

N. Harley(米国)、G. Hirth(オーストラリア)、L. Hubbard(スウェーデン)、P. Jacob(ドイツ)、J.-R. Jourdain(フランス)、B.I. Min(韓国)、S. Solomon(オーストラリア)、K.S. Suh(韓国)

プロジェクトマネージャー(コンサルタント)

G.N. Kelly

専門家グループ(コンサルタント)

M. Balonov、C. Estournel、G. Etherington、F. Gering、R. Shore、P. Strand

日本人専門家作業グループ

T. Aono、N. Ban、K. Ozasa、S. Saigusa、T. Takahashi、H. Yasuda

附録A. 2013年福島報告書に対する批判における共通の課題に関する見解

I. 緒言

A1. 2013年福島報告書 [U6] に対する反応は概して肯定的なものだった。しかしながら、いくつかの批判も公表されている。本附録は、これらの批判における共通のテーマに対する本委員会の見解を記載したものであり、その目的は、[U6] の範囲、目的、知見について、よりよい理解を促すことにある。

A2. 批判の一部は、本委員会が後に発表した詳細な報告書 [U6] ではなく、本委員会が国連総会⁹に提出した報告書に関する知見と、関連のプレスリリースに基づいており、本委員会の権限についての誤解もあった。ほとんどの場合、2013年福島報告書自体がそれらの批判への回答を提供しているが、以下の解説では、同報告書内で各批判に関して詳細な情報が記されている段落の番号に適宜言及する。

A3. 本委員会は、自らが行った評価の多くの点に関して不確かさがあることを認識している。2013年福島報告書には主要な不確かさの検討結果が含まれていると同時に、その中では本委員会の評価を拡張し、裏付け、その信頼性を向上させるための科学的調査における主要な優先事項がいくつか特定されている([U6] の段落 230 参照)。

II. 事故による放射性核種放出の推定値

A. 大気への放出推定値選択の妥当性

A4. 2013年福島報告書は、より中立とみなせる他の入手可能な推定値(特に放出推定値がより大きいもの)ではなく、日本原子力研究開発機構が策定した時間の経過に伴う大気への放射性核種の放出推定値を選んだことで批判されている[B1, I2, I4]。

A5. 本委員会は、2013年福島報告書における公衆の線量推定値の根拠を、主として日本の地表に沈着した放射性核種と食品中の放射性核種の測定値に置いた。本委員会は、放射性核種の大気への放出の規模、時間プロフィールおよび性質(「ソースターム」)に関する推定値を選び、大気輸送・拡散・沈着モデル(ATDM)を用いて、放出された放射性核種の環境内における拡散の計算値と併せて、以下の目的のためにのみ使用した。

- 事故の早期段階で避難者が曝露した大気中および地表の放射性核種のレベルを直接推定するため
- 放射性核種の大気中レベルと地表レベルとの比率を推定し、地表における放射性核種濃度を基に大気中の放射性核種濃度を推測するため

⁹ 第68回国連総会公式記録、附属書No. 46 および正誤表 (A/68/46 および修正1)。

A6. 本委員会は、2013 年 3 月末までに公表されたソースタームの推定値を検討し、ソースターム推定値をどのように使用するのかを考慮に入れて選択した([U6] の段落 45 および B11～B16 参照)。本委員会は、日本の陸域環境における放射性物質の測定値を基に「リバーズ法」のモデル計算で得られ、それらの測定値と一致するよう最適化されたソースタームを選んだ。

A7. 本委員会は、ヨウ素 131 およびセシウム 137 のそれぞれの総放出量が、どちらも公表された値の範囲下限にあるソースタームを採用したと明記している([U6] の段落 45 および B15～B16 参照)。仮により大きなソースタームが ATDM で使用された場合、その結果得られた陸域環境での放射性物質のレベルは過剰に推定されていたはずであり、これは、現実的な推定を行うという本委員会の意図に反するものであった。

A8. 本委員会は、ソースタームの選択においてだけでなく、その後の ATDM 計算に関わる不確かさも認識している。2013 年福島報告書には、ソースタームと ATDM の選択の堅牢性と影響の分析が含まれていた([U6] の段落 B52～B59 および C118～C119 参照)。

A9. より最近の複数のソースターム推定値は、2013 年福島報告書で本委員会が提示した放出範囲の下限を支持する傾向がある(本白書の第 III 章参照)。

B. 大気への放出に関して放射線影響上重要な放射性核種の選択の有効性

A10. 2013 年福島報告書は、大気への放出のソースタームに他の潜在的に重要な放射性核種(ストロンチウムやプルトニウムの同位体など)が含まれていないとして批判されている[B1, I3]。

A11. 本委員会は、放射線影響上重要な放射性核種を選ぶにあたり、事故の時系列的な記録、放出につながった 3 つの原子炉の状態、環境中の放射性核種の測定レベル、広範な仮定的事故状況に関する論理的・実験的調査から得た幅広い知識と経験をその根拠に置いた([U6] の段落 46 および B17～B18 参照)。福島第一原発事故における超短半減期放射性核種の重要性は、原子炉の閉鎖と放出発生とのずれによって大幅に減少した。ストロンチウムやバリウム、プルトニウムなどの元素の同位体の放出量(に応じた重要性)は、それらの揮発性が非常に低いため、評価対象となった元素の同位体に比べて、はるかに小さいものであった。このことは環境中の測定データによって確認されている。

A12. 本委員会の定量的な解析には、線量推定値に実質的に寄与した可能性がある放射性核種すべてが明確に含まれており、[U6] において提示されている。これは最近得られた根拠によってさらに裏付けられている(本白書の第 III 章参照)。

III. 情報源とその中立性

A13. 2013 年福島報告書は、中立とはみなされない、特に事故の影響を最小に評価することに関心があると見られている向きもある組織(福島第一原発の事業者である東京電力(東電)や国際原子力機関(IAEA)など)のデータを使用したことで批判されている [I2, I3, J1]。

A14. 本委員会は、2013 年福島報告書で目的に沿って各データセットの科学的な質と関連性を確保するために用いたデータの情報源と使用プロセスについて説明している ([U6] の段落 4 および附録 A 参照)。情報源には広範な各国の政府機関および国際機関に加えて非政府組織が含まれている。そのプロセスには、異なる情報源からのデータセット間の比較とクロスチェックのほか、データの収集方法および遵守された品質保証手順の検討が含まれていた。用いられた情報は、品質が水準を満たし、かつ本委員会の評価目的に適うとみなされたものだけである。

A15. データの妥当性について疑いを抱く理由があった幾つかの特定の事例については、本委員会は報告書のなかでそのことを明確に指摘している(以下の「作業者の線量の信頼性」など参照)。

IV. 平均線量と個人間のばらつき

A16. 2013 年福島報告書は、日本の人々の広範なグループの平均線量を提示し、平均線量のばらつきや多くの人々が被ばくした可能性のあるより高い線量を明らかにしていないとして批判されている [B1, I2, I3, J1, P1]。

A17. 2013 年福島報告書では、本委員会の狙いが現実的な線量を推定することにあることを明示しており、このため、日本人の異なる小集団を代表し得る特定の個人グループの線量を推定することを重視した。それによって、当該報告書では、基本的に各集団における異なる年齢層の平均線量を異なる空間的区画で提示している。

A18. 当該報告書では、所在場所と生活習慣による個人間の平均線量のばらつきについても検討している。そして、特に放射性核種の沈着密度の測定値と大気中の放射性核種濃度の測定値の双方における空間的ばらつきの幅は、吸入による甲状腺の実効線量と吸収線量の推定値が、ともに行政区画平均線量の 30～50%から最大で 2～3 倍までの拡がりを持つ可能性があるとして述べている ([U6] の段落 98 参照)。

A19. 本委員会は、異なる食品における放射性核種の測定レベルで有意なばらつきがあることも述べており、一部の個人、特に計画的避難区域の住民が避難前に地元で栽培された食糧やきのこや山菜、あるいは地元で捕獲または狩猟した魚や獲物など放射性核種濃度の高い食物を摂取した可能性を排除することはできなかった。このような食習慣の影響により、当該個人の経口摂取による実効線量の推定値が最大でおそらく 10 倍上昇する可能性があった。ただし、公衆の広範な生体全身測定データにおいて、このような高い線量を示す証拠は見られない。また、事故が起きた季節を考えると、地元栽培の作物は限られており、日本人の多くは福島県で生産された可能性のある生鮮農産物などを避けることで食品経由の放射性核種の

摂取量を低減する措置を講じた。こうした人々については、経口摂取による線量は、本委員会が推定した線量に比べて相当に低かったと考えられる([U6] の段落 100～101 参照)。

V. 胎児の線量と影響

A20. 2013 年福島報告書は、胎児の線量とその影響を明確に評価していないとして批判されている[I2, I3]。

A21. 本委員会は、胎児の線量を明示的に推定してはいないが、その規模についての目安を示している。胎児の線量については、線量が明示的に評価されている他の年齢層(成人、小児、乳幼児:1 歳の乳幼児が 5 歳未満の乳幼児全体を代表するものとして採用されている)の線量と類似しているため、これで十分だと考えられた。本委員会は、外部被ばくによる胎児の線量は成人と同程度であり、内部被ばくによる線量は 3 つの主要な年齢層で推定されている線量よりも低いか、その範囲内であると判断している([U6] の段落 80、C32、C80、C97 参照)。

A22. 推定された線量をもたらす健康影響を考察するにあたり、本委員会は、特定の集団群(特に胎児期に被ばくした後あるいは幼児・小児期に被ばくした後)における相対的なリスクが全集団の平均よりも高いことを認識し、妊娠中に胎児として被ばくした集団のリスクを検討した([U6] の段落 221～224、E37 参照)。

VI. 作業者の線量の信頼性

A23. 2013 年福島報告書は、作業者の線量を評価する際、福島第一原発を運営する東京電力(東電)の提供したデータを使用したとして批判されている。同社は事故の影響を最小に評価することに関心を寄せているとみられているため、このようなデータには依存すべきでないとするものである。さらに、2013 年福島報告書は、線量計の紛失、線量計の不正操作、欠陥のある放射線測定計器、半減期が比較的短い放射性核種の摂取の可能性に関する情報の欠如を含む、東電によるモニタリングへの取組みの不十分さに対する数多くの報告に十分対処していないとされている[I2, I3]。

A24. 本委員会は、作業者の線量を評価するにあたり、東電だけでなく日本の当局が提供したデータに依存せざるを得なかった。他に独立した適切な情報源がなかったのである。本委員会の作業目的のひとつは、日本で報告されている個人の線量が、どの程度、実際に受けた線量の正しく信頼できる測定値となっているのかを判断することであった。このため、本委員会の評価では、まず、日本において線量評価に使用された方法を調査検討し、次に特定の作業グループ(本委員会が無作為に選んだ個人を含む)について独立した線量評価を行い、その結果を日本で報告された値と比較した。

A25. 2013 年福島報告書では、本委員会の取組みとその結果について、さらに詳しく説明している([U6] の段落 145～155、附録 D 参照)。その結果、全体として本委員会と日本政府の線量評価は十分に一致を見たが、一部の分野ではより質の高い情報が必要とされた。また本委員会は、線量計が共有されたこと、また共有された線量計の使用条件が満たされていたかどうかに関する情報が欠落していたことから、2011 年 4 月 1 日より前に行われた外部線量測定の信頼性については若干の不安が残る点を明確に指摘している。さらに、半減期が比較的

短い放射性核種の摂取によって生じる潜在的な線量上昇の詳細な評価に基づく体外計測の開始の遅れが、線量評価値に影響を与えた可能性を示唆している([U6] の段落 D38～D40 および D-1 参照)。

VII. ヒト以外の生物相に関する知見と公表されたフィールド調査結果の不一致

A26. 2013 年福島報告書は、ヒト以外の生物相において観察された影響に関して福島第一原発事故とチェルノブイリ事故の双方から得られたフィールド調査の証拠を十分に考慮していないと批判されている [I4]。

A27. 2013 年福島報告書には、2012 年 12 月までに公表された数件のフィールド調査による知見の要約が含まれている([U6] の段落 197 および F4～F6 参照)。ただし、本委員会は、線量測定の不確かさと交絡因子の影響の可能性(津波自体による影響など)があるため、放射線被ばくとの因果関係について確証をもって結論を導き出すことは難しいと認識している。さらに、既存の主要な科学的データは、記録された線量率において、そうした報告されている影響の出現を支持していない。本委員会は、将来の調査における優先事項として、フィールド調査で報告されている環境影響の原因として放射線被ばくが重要な要素かどうかについてさらなる分析を行う必要があると判断している。この必要性については、より最近の論文等で強調されている(本白書の第 VIII 章参照)。

VIII. 健康リスク

A. 識別可能性

A28. 2013 年福島報告書は、作業員や公衆において、放射線被ばくによって将来識別可能なレベルで健康への影響が増すとは予測されないとしたことによって批判されている。一部の批判者は、リスクの「識別可能な上昇はない」という考え方は公衆衛生の観点から有効ではなく、放射線が害をもたらさないレベルのしきい値などないという国際的な科学的コンセンサスに一致しないと主張している [B1, I2, I3, P1]。同時に、本委員会に対する批判には、自宅に戻ってもがんのリスクは上昇しないと本委員会が福島県民に対して断固とした無条件の声明を出し、そのことでしきい値なし直線モデルの使用とそれに基づく安全な線量などないという主張がもたらす「破滅的な結果」に打ち勝つべきだという要求[S1]もある。

A29. 2013 年福島報告書には、福島第一原発事故による電離放射線への被ばくの即時および長期的な健康への影響に関する見解が含まれている([U6] の段落 156～167 および附録 E 参照)。本委員会は、独自の線量推定、電離放射線への被ばくによる疾病リスクの独自の推定および WHO 報告書の結果に基づき、様々な被ばくグループのメンバーについて被ばくによるリスクを推定している [W2]。本委員会の見解は、将来の疾病統計情報で観察できるか否か不明である被ばく集団内の潜在的な疾病の発生について、定性的および定量的な推定を考慮している。福島第一原発事故の結果被ばくした人数を考慮に入れた、疾病の発生率の上昇を検知するための疫学的調査の検出力についての分析が、本白書の電子版補足資料 1 に掲載されている。

A30. 本委員会は、現在利用可能な方法では、将来の疾病統計において被ばくによる発生率の上昇(すなわち疾病発生頻度の上昇)を証明できない可能性が高いという考えを示すために「識別可能な上昇なし」という表現を使用している。2013 年福島報告書では、この表現が、リスクがないとする、あるいは被ばくによる疾患の症例が今後付加的に生じる可能性を排除するものではないと同時に、特定の集団においてある種のがんの生物学的な指標が見つかる可能性を否定するものではなく、さらに、かかる症例に伴う苦痛を無視するものでもないと明記している。

A31. 本委員会は、科学のみを扱う組織であり、この科学をもとに公衆衛生に係る方針を策定する権限はない。公衆衛生当局が、影響が観られるレベルよりもかなり低い線量において、ある種の仮定に基づいてリスクを計算している可能性があることを本委員会は認識している。

B. がん以外の疾患と遺伝的影響

A32. 2013 年福島報告書は、がん以外の健康への影響(心血管疾患、内分泌・消化器疾患、不妊症、子孫の遺伝子突然変異、流産など)のリスクを評価していないとして批判されている [I2, I3]。

A33. 2013 年福島報告書では、電離放射線への被ばくによる健康への影響とリスクに関する知識を簡単に要約しており、この中にはあらゆる既知の影響が含まれている ([U6] の段落 164 および E4～E14 参照)。本委員会は公衆の被ばくが確定的影響のしきい値を大きく下回っていると結論付けている ([U6] の段落 168 参照)。また、妊娠中の被ばくによって自然流産、その他の要因による流産、周産期死亡、出生時異常、認知機能障害の発生率が上昇するとは予測されていないとの結論に達している ([U6] の段落 178 および 224 参照)。

A34. 甲状腺への線量が最も高い作業者の間で早期の確定的健康影響は観察されていないが、本委員会は、被ばくレベルが最も高い作業者において甲状腺機能低下症が生じる可能性を排除できなかった。本委員会は、被ばくレベルが最も高かった人々の間で放射線被ばくによる循環器系疾患のリスクは非常に低いと結論付けている。しかしながら、白内障のリスクについて説得力のある評価を行うために必要な、眼の水晶体の被ばくに関する十分な情報がなかった ([U6] の段落 184 と 186 参照)。

A35. ヒトにおける遺伝的影響の発生率の上昇については、いかなる被ばくレベルにおいても実証されておらず、これを福島第一原発事故後の公衆または作業者において実証できるとは考えられなかった ([U6] の段落 166 参照)。

C. 放射線と他の汚染物質に対する複合被ばくによる影響

A36. 2013 年福島報告書は、他の産業施設における地震と津波の影響による有害な化学汚染への曝露が放射線被ばくと発がん影響との関係を大きく混乱させる可能性を考慮していないとして批判されている [I4]。

A37. 本委員会は、1982 年と 2000 年の報告書で電離放射線と他の物理的、化学的、生物学的要因による複合的な影響の問題について考察している [U2, U4]。2000 年の報告書 [U4] には、複合的な影響について信用できる根拠を詳しく検討した結果が含まれている。放

射線と喫煙以外では、複数の物質に低いレベルで曝露されると、加算性(すなわち各物質の影響を別個に加算した場合に予測されるもの)とは大きくかけ離れた複合的な影響が生じたり、単一の物質の影響をより低い線量に直線的に外挿して得られた推定値を上回るような影響が出たりする根拠はないという結論であった。

D. 甲状腺の異常

A38. 2013 年報告書は、福島県で行われた健康調査において、明らかに高い率で甲状腺異常が見つかったことについての議論に不備があるとして批判されている。特に、ウクライナ人のコホートと、事故の影響をそれほど受けていない県で実施された調査の結果の比較に基づく「保証」が問題視されている [I2, I3]。

A39. 2013 年福島報告書において、本委員会は、放射線被ばくに起因する甲状腺がんについて、線量が推定された範囲の上限に近い場合は、十分に大きな集団における個人のリスクが上昇することにより発生率が識別可能な程度に上昇する可能性があるとして結論付けている一方、公衆の甲状腺吸収線量のほとんどが疫学的研究で甲状腺がんの過剰な発生率が観察されていない程度の範囲に収まっているとしている。結論として、本委員会は、線量が大幅に低いため、チェルノブイリ事故後に観察されたような多数の放射線誘発甲状腺がんの発生を考慮に入れることはないとして述べている ([U6] の段落 175 参照)。

A40. 本委員会は何の「保証」も提供してはいない。当時、福島県で住民を対象に行われた甲状腺超音波検査から入手できた情報を検討し、甲状腺結節が調査対象者の約 1%、甲状腺嚢胞は調査対象者の約 40% で見つかったことを認識するに至った。さらに、本委員会は、類似した機器を使用して事故の影響をほとんど受けていない県で行われた調査では、観察された甲状腺結節と嚢胞の有病率がさらに高いことに注目し、集中的な検診と感度の高い機器の使用が結節と嚢胞の高い検出率の原因であることを示唆している。剖検所見によれば、一部のタイプの無症候性甲状腺がん(潜伏状態だが調査を実施した場合は検出可能)の有病率は世界の多くの地域で 35% に達する可能性がある ([U6] の段落 180～181 および E48 参照)。この解釈は、ごく最近明らかになった証拠でも裏付けられている(本白書の第 VII 章参照)。

E. 集団線量

A41. 2013 年福島報告書は、事故による日本人の集団線量の推定値を提示してはいるが、「国際的に認定された」しきい値なしモデルに基づいて予測されるがん症例の推定値を提示していないとして批判されている [B1, I3, I4, J1, P1]。

A42. 集団線量推定値の有用性に関する本委員会の見解は、最近の第 67 回国連総会に本委員会が提出した報告書に要約されている¹⁰。本委員会は、その結論において、「ある集団における確率的影響の発生率上昇は、疫学的解析により放射線被ばくに帰することができるとは、ただし、これが可能となるのは、その確率的影響の発生率上昇が本来備わる統計学的な不確かさに打ち勝つに十分大きい場合である。この場合には、被ばくした集団の確率的影

¹⁰ 第 67 回国連総会公式記録、補足資料 No. 46 (A/67/46)

響の発生率上昇が適切に検証され、被ばくに帰することが可能になる。」と特記している。また、「一般的に、世界における平均的バックグラウンドレベル程度の放射線に慢性的に曝露した場合、集団における健康影響の発生率が上昇したとしても、それが確実にその曝露に起因するとは言えない。その理由として、低い線量でのリスク評価には不確かさが伴うこと、現時点では健康影響に関する放射線固有のバイオマーカーが見当たらないこと、そして疫学的調査の統計的検出力が不十分であることが挙げられる。このため、本委員会は、自然のバックグラウンドレベルと同等またはそれより低いレベルの増分線量に被ばくした母集団内で放射線に起因する健康影響の発現数を推定する際、非常に低い線量を人数で乗じる[すなわち集団線量を推定してそれを用いる]ことは勧めない。」としている。ただし、本委員会は、「公衆衛生関係の機関は資源を適切に割り当てる必要があり、その割り当てにあたっては、[集団線量の推定や]比較目的での健康影響の発現数についての予測が含まれる可能性がある。この方法は合理的ながら検証できない仮定に基づいているが、それが一貫して適用され、評価の不確かさが十分に考慮され、予測される健康影響が観念的なものではないと推断されない限り、その目的に照らして有用となる可能性がある。」と指摘している。

IX. UNSCEAR委員会

A. 構成

A43. 本委員会は、原子力に対する賛成および反対の意見に対してバランスが取れておらず、利益相反や偏見の問題を釈明できていないとして批判されている[B1, C2]。

A44. 国連システム内における本委員会の権限(1955年12月3日の決議案913(X)で国連総会が規定)は、科学的な諸問題に関するものであり、原子力賛成または反対のいずれの立場にもなく、実際に放射線や放射性物質の使用や生成を含む他の活動(医療、研究、産業など)に賛成も反対もするものではない。本委員会は、あらゆる線源からの電離放射線(自然界に存在する放射線を含む)の被ばくのレベルと影響について評価し報告する。

A45. 本委員会の指導原理は、メンバーに対して利害の対立に抵触しないよう求めている。2013年福島報告書に関与した者は全員、潜在的な利害の対立がないことを表明する正式な文書に署名している。評価作業に関与した担当者の選定は、UNSCEARの各国代表者の提案に基づいて行われた。主要な選定基準は、科学面での卓越した能力と、関連のある科学分野での適格性であった。

B. 日本からの資金

A46. 日本政府は「原子力エネルギーの安全性においてUNSCEARが果たす重要な役割」を支援するため、自主的な寄付を行っている[UI]。この寄付は、「放射線の影響に関する不要な懸念を排除する」目的で行われたとされている[I3]。

A47. 本委員会の事務局は国連が資金を提供し、国連環境計画(UNEP)を通して管理されている。2007年5月には、UNSCEARの資金調達を見直し強化するようUNEPに求めた国連総会の決議案に呼応して、UNEPの事務局長はUNEPの業務の他の分野における活動と同様に、本委員会の活動を支援するための自発的な寄付を受領して管理できるよう一般的な信

託基金を設置した。この信託基金の設立以降、国連総会は加盟国にこの信託基金に自発的な寄付を行うよう常に奨励している。複数の国(オーストラリア、カナダ、ドイツ、インドネシア、スウェーデン、スイス)がすでに寄付を行っており、日本とスペインが最近加わった。

A48. 信託基金は、電離放射線の線源と人の健康および環境への影響を科学的に評価するという任務を遂行する上で、本委員会を支持するよう意図されたものである。本委員会の報告書は科学に基づいたものであり、政策に対しては中立性を維持している。本委員会は政策の策定を行うことはなく、政府や地域、国際機関に対して助言を提供することもない。とはいえ、多くの政府と関連機関は本委員会の科学的な評価を自らの政策策定に使用しているため、本委員会が原子力エネルギーの安全性について「重要な役割」を果たしているとみなされている可能性はある。

A49. 2013 年福島報告書の目的を達成するため、国連に費用を負担させることなく、各国の機関から 80 人以上の専門家とその支援スタッフが金銭以外の貢献を行っており、これは信託基金への金銭的な貢献を大幅に上回るものであった。

C. 報告書発表の遅延

A50. 本委員会は、「委員会メンバー間の論争」および「報告書の文言を正しいものにする必要性」が原因で、本委員会による報告書のレビューとその発表の間で遅延があったとして批判されている[B1]。

A51. 評価で得られた主な知見については、本委員会によって承認され、2013 年 10 月に国連総会に提出された。これは本委員会の予定したスケジュールに沿ったものであった。根拠となる科学的附属書と附録を含む完全な報告書は 2014 年 4 月に刊行された。データや仮定、評価の質と堅牢性を保証するために用いられた方法、刊行に関わる問題をさらに広範かつ詳細にチェックするために 6 ヶ月を要した。報告書が 300 ページ近くにおよび、28 件の電子版補足資料が含まれ、世界中から参集した 80 人以上の科学専門家が関わり、その多数が品質を保証するために文案のレビューとチェックに携わったことを考慮すれば、上記の期間は過剰ではない。

参考文献

- A1 Achim, P., M. Monfort, G. Le Petit et al. Analysis of radionuclide releases from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident Part II. *Pure Appl Geophys* 171(3-5): 645-667 (2014).
- A2 Ambe, D., H. Kaeriyama, Y. Shigenobu et al. Five-minute resolved spatial distribution of radiocesium in sea sediment derived from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. *J Environ Radioact* 138: 264-275 (2014).
- A3 Arnold, F., H. Schlager, H. Simgen et al. Aircraft borne combined measurements of the Fukushima radionuclide Xe-133 and fossil fuel combustion generated pollutants in the TIL - Implications for cyclone induced lift and TIL physical-chemical processes. *Geophys Res Abstracts* 15: EGU2013-6821 (2013).
- B1 Baverstock, K. 2013 UNSCEAR Report on Fukushima: a critical appraisal. *Kagaku* 84(10): e0001-e0008 (2014).
- B2 Beresford, N.A., C. Adam-Guillermin, J.M. Bonzom et al. Response to authors' reply regarding "Abundance of birds in Fukushima as judged from Chernobyl" by Møller et al. (2012). *Environ Pollut* 169(0): 139-140 (2012).
- B3 Beresford, N.A., C.L. Barnett, B.J. Howard et al. Observations of Fukushima fallout in Great Britain. *J Environ Radioact* 114: 48-53 (2012).
- B4 Black, E.E. and K.O. Buesseler. Spatial variability and the fate of cesium in coastal sediments near Fukushima, Japan. *Biogeosciences* 11(18): 5123-5137 (2014).
- B5 Bradshaw, C., L. Kapustka, L. Barnhouse et al. Using an Ecosystem Approach to complement protection schemes based on organism-level endpoints. *J Environ Radioact* 136: 98-104 (2014).
- B6 Brown, J. and J.R. Simmonds. FARMLAND a dynamic model for the transfer of radionuclides through terrestrial foodchains. NRPB-R273. National Radiological Protection Board, Chilton, 1995.
- B7 Bu, W., M. Fukuda, J. Zheng et al. Release of Pu isotopes from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident to the marine environment was negligible. *Environ Sci Technol* 48(16): 9070-9078 (2014).
- C1 Champion, D., I. Korsakissok, D. Didier et al. The IRSN's earliest assessments of the Fukushima accident's consequences for the terrestrial environment in Japan. *Radioprotection* 48(1): 11-37 (2013).
- C2 Civil Society Group. Civil society group request revision of the recent UNSCEAR report. Letter dated on 24 October 2014. Civil Society Group, 2014.
- F1 Fujimori, K., H. Kyojuka, S. Yasuda et al. Pregnancy and birth survey after the Great East Japan Earthquake and Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in Fukushima prefecture. *Fukushima J Med Sci* 60(1): 75-81 (2014).
- F2 Fujiwara, K., T. Takahashi, P. Nguyen et al. Uptake and retention of radio-caesium in earthworms cultured in soil contaminated by the Fukushima nuclear power plant accident. *J Environ Radioact* 139: 135-139 (2015).
- G1 Garnier-Laplace, J., S. Geras'kin, C. Della-Vedova et al. Are radiosensitivity data derived from natural field conditions consistent with data from controlled exposures? A case study of Chernobyl wildlife chronically exposed to low dose rates. *J Environ Radioact* 121: 12-21 (2013).
- H1 Harada, K.H., T. Niisoe, M. Imanaka et al. Radiation dose rates now and in the future for residents neighboring restricted areas of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (This article contains supporting information online at www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.1315684111/-/DCSupplemental). *Proc Natl Acad Sci U S A* 111(10): E914-923 (2014).
- H2 Hayama, S., S. Nakiri, S. Nakanishi et al. Concentration of radiocesium in the wild Japanese monkey (*Macaca fuscata*) over the first 15 months after the Fukushima Daiichi nuclear disaster. *PLoS One* 8(7): e68530 (2013).
- H3 Hayano, R.S., Y.N. Watanabe, S. Nomura et al. Whole-body counter survey results 4 months after the Fukushima Dai-ichi NPP accident in Minamisoma City, Fukushima. *J Radiol Prot* 34(4): 787-799 (2014).
- H4 Hayashida, N., M. Imaizumi, H. Shimura et al. Thyroid ultrasound findings in children from three Japanese prefectures: Aomori, Yamanashi and Nagasaki. *PLoS One* 8(12): e83220 (2013).
- H5 Hirakawa, S., K. Murakami, N. Yoshizawa et al. Food supply realities and challenges in the immediate after the nuclear accident. *Journal of Japan Society for Safety Engineering* 53(3): 167-172 (2014). (Japanese).
- H6 Hiyama, A., C. Nohara, S. Kinjo et al. The biological impacts of the Fukushima nuclear accident on the pale grass blue butterfly. *Sci Rep* 2: 570 (2012).
- H7 Hiyama, A., C. Nohara, W. Taira et al. The Fukushima nuclear accident and the pale grass blue butterfly: evaluating biological effects of long-term low-dose exposures. *BMC Evol Biol* 13: 168 (2013).
- H8 Hosoda, M., S. Tokonami, H. Tazoe et al. Activity concentrations of environmental samples collected in Fukushima Prefecture immediately after the Fukushima nuclear accident. *Sci Rep* 3: 2283 (2013).

- I1 Iijima, K., T. Niizato, A. Kitamura et al. Long-term assessment of transport of radioactive contaminant in the environment of Fukushima (F-TRACE). Japan Atomic Energy Agency, Japan, 2013.
- I2 IPPNW. Critique of UNSCEAR's October 2013 Fukushima Report to the UN General Assembly. Letter dated on 18 October 2013. German Affiliate of the International Physicians for the Prevention of Nuclear War, 2013.
- I3 IPPNW. UN-Atomorganisation leugnet Wahrheit über Fukushima. IPPNW-Pressemitteilung vom 01.12.2014. German Affiliate of the International Physicians for the Prevention of Nuclear War, 2014. (German).
- I4 IPPNW. Critical analysis of the UNSCEAR report. German Affiliate of the International Physicians for the Prevention of Nuclear War, 2014.
- I5 Ishida, K. Contamination of wild animals: Effects on wildlife in high radioactivity areas of the agricultural and forest landscape. pp.119–129 in: Agricultural Implications of the Fukushima Nuclear Accident (T.M. Nakanishi and K. Tanoi, eds.). Springer, Tokyo, 2013.
- I6 Ishii, N., K. Tagami, H. Takata et al. Deposition in Chiba prefecture, Japan, of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant fallout. *Health Phys* 104(2): 189-194 (2013).
- I7 Iwaku, K., J.Y. Noh, E. Sasaki et al. Changes in pediatric thyroid sonograms in or nearby the Kanto region before and after the accident at the Fukushima Daiichi nuclear power plant. *Endocr J* 61(9): 875-881 (2014).
- J1 Japanese Civil Society. Japanese civil society requests that the reports of the United Nations Scientific Committee on Fukushima be revised. Letter dated on 24 October 2013. Japanese Civil Society, 2013.
- K1 Kaeriyama, H., Y. Shimizu, D. Ambe et al. Southwest intrusion of ^{134}Cs and ^{137}Cs derived from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident in the Western North Pacific. *Environ Sci Technol* 48(6): 3120-3127 (2014).
- K2 Kanasashi, T., Y. Sugiura, C. Takenaka et al. Radiocesium distribution in sugi (*Cryptomeria japonica*) in eastern Japan: translocation from needles to pollen. *J Environ Radioact* 139: 398-406 (2015).
- K3 Kanda, J. Continuing (^{137}Cs) release to the sea from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant through 2012. *Biogeosciences* 10(9): 6107-6113 (2013).
- K4 Katata, G., M. Chino, T. Kobayashi et al. Detailed source term estimation of the atmospheric release for the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident by coupling simulations of atmospheric dispersion model with improved deposition scheme and oceanic dispersion model. *Atmos Chem Phys Discuss* 14(10): 14725-14832 (2014).
- K5 Kato, H., Y. Onda and T. Gomi. Interception of the Fukushima reactor accident-derived ^{137}Cs , ^{134}Cs and ^{131}I by coniferous forest canopies. *Geophys Res Lett* 39(20): L20403 (2012).
- K6 Kato, H. and Y. Onda. Temporal changes in the transfer of accidentally released ^{137}Cs from tree crowns to the forest floor after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Prog Nucl Sci Technol* 4: 18-22 (2014).
- K7 Kawamura, H., T. Kobayashi, A. Furuno et al. Numerical simulation on the long-term variation of radioactive cesium concentration in the North Pacific due to the Fukushima disaster. *J Environ Radioact* 136: 64-75 (2014).
- K8 Koike, T., Y. Suzuki, S. Genyu et al. Comprehensive data on ionising radiation from Fukushima Daiichi nuclear power plant in the town of Miharu, Fukushima Prefecture: The Misho Project. *J Radiol Prot* 34(3): 675-698 (2014).
- K9 Kubota, Y., H. Takahashi, Y. Watanabe et al. Estimation of absorbed radiation dose rates in wild rodents inhabiting a site severely contaminated by the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident. *J Environ Radioact* 142: 124-131 (2015).
- K10 Kumamoto, Y., M. Aoyama, Y. Hamajima et al. Southward spreading of the Fukushima-derived radiocesium across the Kuroshio Extension in the North Pacific. *Sci Rep* 4: 4276 (2014).
- K11 Kurihara, O., K. Kanai, T. Nakagawa et al. Measurements of ^{131}I in the thyroids of employees involved in the Fukushima Daiichi nuclear power station accident. *J Nucl Sci Technol* 50(2): 122-129 (2013).
- K12 Kusakabe, M., S. Oikawa, H. Takata et al. Spatiotemporal distributions of Fukushima-derived radionuclides in nearby marine surface sediments. *Biogeosciences* 10(7): 5019-5030 (2013).
- M1 Matsuda, N., A. Kumagai, A. Ohtsuru et al. Assessment of internal exposure doses in Fukushima by a whole body counter within one month after the nuclear power plant accident. *Radiat Res* 179(6): 663-668 (2013).
- M2 Mousseau, T.A. and A.P. Moller. Genetic and ecological studies of animals in Chernobyl and Fukushima. *J Hered* 105(5): 704-709 (2014).

- M3 MHLW. Results of the additional re-evaluation of committed effective doses of emergency workers at the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. Un-numbered report. Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan, 2014.
- M4 Møller, A.P., A. Hagiwara, S. Matsui et al. Abundance of birds in Fukushima as judged from Chernobyl. *Environ Pollut* 164: 36-39 (2012).
- M5 Møller, A.P., I. Nishiumi, H. Suzuki et al. Differences in effects of radiation on abundance of animals in Fukushima and Chernobyl. *Ecological Indicators* 24: 75-81 (2013).
- M6 Mousseau, T.A. and A.P. Møller. Chernobyl and Fukushima: Differences and similarities, a biological perspective. *Trans Am Nucl Soc* 107: 200-203 (2012).
- M7 Mousseau, T.A. and A.P. Møller. Reply to response regarding “Abundance of birds in Fukushima as judged from Chernobyl” by Møller et al. (2012). *Environ Pollut* 169(0): 141-142 (2012).
- M8 Mousseau, T.A. and A.P. Møller. Entomological studies in Chernobyl and Fukushima. *Am Entomol* 58(3): 148-150 (2012).
- M9 Mousseau, T.A., A.P. Møller and K. Ueda. Reply to “Comment on “Abundance of birds in Fukushima as judged from Chernobyl” by Møller et al. (2012)”. *Environ Pollut* 169(0): 137-138 (2012).
- N1 Nagataki, S., N. Takamura, K. Kamiya et al. Measurements of individual radiation doses in residents living around the Fukushima nuclear power plant. *Radiat Res* 180(5): 439-447 (2013).
- N2 Nagataki, S. and N. Takamura. A review of the Fukushima nuclear reactor accident: radiation effects on the thyroid and strategies for prevention. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 21(5): 384-393 (2014).
- N3 Naoi, Y., A. Fujikawa, Y. Kyoto et al. Internal radiation exposure of Ground Self-Defense Force members involved in the management of the Fukushima Nuclear Power Plant disaster. *Am J Disaster Med* 8(2): 87-90 (2013).
- N4 Nohara, C., A. Hiyama, W. Taira et al. The biological impacts of ingested radioactive materials on the pale grass blue butterfly. *Sci Rep* 4: 4946 (2014).
- O1 Ohashi, S., N. Okada, A. Tanaka et al. Radial and vertical distributions of radiocesium in tree stems of *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* 1.5 y after the Fukushima nuclear disaster. *J Environ Radioact* 134: 54-60 (2014).
- O2 Oikawa, S., H. Takata, T. Watabe et al. Distribution of the Fukushima-derived radionuclides in seawater in the Pacific off the coast of Miyagi, Fukushima, and Ibaraki Prefectures, Japan. *Biogeosciences* 10(7): 5031-5047 (2013).
- O3 Otosaka, S. and Y. Kato. Radiocesium derived from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in seabed sediments: initial deposition and inventories. *Environ Sci Process Impacts* 16(5): 978-990 (2014).
- P1 Perrow, C. Nuclear denial: From Hiroshima to Fukushima. *Bull At Sci* 69(5): 56-67 (2013).
- R1 Rossi, V., E. Van Sebille, A. Sen Gupta et al. Multi-decadal projections of surface and interior pathways of the Fukushima cesium-137 radioactive plume. *Deep-Sea Res Part I: Oceanogr Res Pap* 80(0): 37-46 (2013).
- R2 Rossi, V., E.V. Sebille, A.S. Gupta et al. Corrigendum to “Multi-decadal projections of surface and interior pathways of the Fukushima cesium-137 radioactive plume” [*Deep-Sea Res. I* 80 (2013) 37-46]. *Deep-Sea Res Part I: Oceanogr Res Pap* 93(0): 162-164 (2014).
- S1 SARI. An open letter to UNSCEAR regarding the disastrous consequences from the use of the LNT model at Fukushima Daiichi. Letter dated on 5 November 2014. Scientists for Accurate Radiation Information, 2014.
- S2 Sato, O., S. Nonaka and J.I. Tada. Intake of radioactive materials as assessed by the duplicate diet method in Fukushima. *J Radiol Prot* 33(4): 823-838 (2013).
- S3 Schneider, S., C. Walther, S. Bister et al. Plutonium release from Fukushima Daiichi fosters the need for more detailed investigations. *Sci Rep* 3: 2988 (2013).
- S4 Shigenobu, Y., K. Fujimoto, D. Ambe et al. Radiocesium contamination of greenlings (*Hexagrammos otakii*) off the coast of Fukushima. *Sci Rep* 4: 6851 (2014).
- S5 Suto, Y., M. Hirai, M. Akiyama et al. Biodosimetry of restoration workers for the Tokyo Electric Power Company (TEPCO) Fukushima Daiichi nuclear power station accident. *Health Phys* 105(4): 366-373 (2013).
- T1 Taira, W., C. Nohara, A. Hiyama et al. Fukushima's biological impacts: the case of the pale grass blue butterfly. *J Hered* 105(5): 710-722 (2014).
- T2 Takahara, S., T. Abe, M. Iijima et al. Statistical characterization of radiation doses from external exposures and relevant contributors in Fukushima prefecture. *Health Phys* 107(4): 326-335 (2014).

- T3 Tazoe, H., M. Hosoda, A. Sorimachi et al. Radioactive pollution from Fukushima Daiichi nuclear power plant in the terrestrial environment. *Radiat Prot Dosim* 152(1-3): 198-203 (2012).
- T4 Terada, H., G. Katata, M. Chino et al. Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Part II: verification of the source term and analysis of regional-scale atmospheric dispersion. *J Environ Radioact* 112: 141-154 (2012).
- T5 Thakur, P., S. Ballard and R. Nelson. An overview of Fukushima radionuclides measured in the northern hemisphere. *Sci Total Environ* 458-460: 577-613 (2013).
- T6 Thornton, B., S. Ohnishi, T. Ura et al. Continuous measurement of radionuclide distribution off Fukushima using a towed sea-bed gamma ray spectrometer. *Deep-Sea Res Part I: Oceanogr Res Pap* 79: 10-19 (2013).
- T7 Torii, T., T. Sugita, C.E. Okada et al. Enhanced analysis methods to derive the spatial distribution of ¹³¹I deposition on the ground by airborne surveys at an early stage after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. *Health Phys* 105(2): 192-200 (2013).
- T8 Tsuboi, J., S. Abe, K. Fujimoto et al. Exposure of a herbivorous fish to (¹³⁴)Cs and (¹³⁷)Cs from the riverbed following the Fukushima disaster. *J Environ Radioact* 141: 32-37 (2015).
- T9 Tsubokura, M., S. Kato, M. Nihei et al. Limited internal radiation exposure associated with resettlements to a radiation-contaminated homeland after the Fukushima Daiichi nuclear disaster. *PLoS One* 8(12): e81909 (2013).
- T10 Tsubokura, M., M. Nihei, K. Sato et al. Measurement of internal radiation exposure among decontamination workers in villages near the crippled Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. *Health Phys* 105(4): 379-381 (2013).
- T11 Tsumune, D., T. Tsubono, M. Aoyama et al. One-year, regional-scale simulation of ¹³⁷Cs radioactivity in the ocean following the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Biogeosciences* 10(8): 5601-5617 (2013).
- T12 Tsuruta, H., Y. Oura, M. Ebihara et al. First retrieval of hourly atmospheric radionuclides just after the Fukushima accident by analyzing filter-tapes of operational air pollution monitoring stations. *Sci Rep* 4: 6717 (2014).
- U1 United Nations. Agenda item 48: Effects of atomic radiation. Paragraph 30 of the Summary record of the 14th meeting, 24 October 2014. Official Records of the General Assembly, Sixty-ninth session (A/C.4/69/SR.14). United Nations, New York, 2014.
- U2 UNSCEAR. Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. UNSCEAR 1982 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1982 Report to the General Assembly, with annexes. United Nations sales publication E.82.IX.8. United Nations, New York, 1982.
- U3 UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 1996 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1996 Report to the General Assembly, with scientific annex. United Nations sales publication E.96.IX.3. United Nations, New York, 1996.
- U4 UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume II: Effects. UNSCEAR 2000 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations sales publication E.00.IX.4. United Nations, New York, 2000.
- U5 UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume II: Effects. Scientific Annexes C, D and E. UNSCEAR 2008 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations sales publication E.11.IX.3. United Nations, New York, 2011.
- U6 UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Volume I: Report to the General Assembly and Scientific Annex A. UNSCEAR 2013 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations sales publication E.14.IX.1. United Nations, New York, 2014.
- W1 Watanobe, H., T. Furutani, M. Nihei et al. The thyroid status of children and adolescents in Fukushima Prefecture examined during 20-30 months after the Fukushima nuclear power plant disaster: a cross-sectional, observational study. *PLoS One* 9(12): e113804 (2014).
- W2 WHO. Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami, based on a preliminary dose estimation. World Health Organization, Geneva, 2013.
- W3 Winiarek, V., M. Bocquet, N. Duhanyan et al. Estimation of the caesium-137 source term from the Fukushima Daiichi nuclear power plant using a consistent joint assimilation of air concentration and deposition observations. *Atmos Environ* 82: 268-279 (2014).

- Y1 Yamaki, T., K. Nakazato, M. Kijima et al. Impact of the Great East Japan Earthquake on acute myocardial infarction in Fukushima prefecture. *Disaster Med Public Health Prep* 8(3): 212-219 (2014).
- Y2 Yamashiki, Y., Y. Onda, H.G. Smith et al. Initial flux of sediment-associated radiocesium to the ocean from the largest river impacted by Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. *Sci Rep* 4: 3714 (2014).
- Y3 Yamashita, S. Tenth Warren K. Sinclair keynote address-the Fukushima nuclear power plant accident and comprehensive health risk management. *Health Phys* 106(2): 166-180 (2014).
- Y4 Yasui, S. Governmental re-evaluation of the committed effective dose received by emergency workers at the TEPCO Fukushima Daiichi NPP accident. *J Occup Environ Hyg* 12(5): D60-70 (2015).
- Z1 Zheng, J., K. Tagami, W. Bu et al. $(^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs})$ isotopic ratio as a new tracer of radiocesium released from the Fukushima nuclear accident. *Environ Sci Technol* 48(10): 5433-5438 (2014).



1955年、国連総会は、電離放射線の人体と環境への影響に対する懸念に応えるため、原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)を設置した。当時、大気圏内核兵器実験によって発生した放射性降下物が、大気、水および食物を通じて人々のもとに到達しつつあった。UNSCEARは、電離放射線のレベルと影響に関する情報の収集及び評価のために設けられた。最初の一連の報告書が科学的根拠となり、大気圏核実験を禁止する部分的核実験禁止条約が1963年に調印されている。

以降数十年を経て、UNSCEARは地球規模の原子放射線レベルとその影響に関する世界的権威となるまで発展を遂げた。UNSCEARは科学的情報を独自にかつ客観的に評価するが、その目的は、放射線リスクと防護についての政策決定と意思決定に取り組むことではなく、それら決定のための情報を提供することである。