

# 国際専門家会議：放射線と健康リスク

## 抄録

2011年9月11日～12日  
福島県立医科大学



明石 真言

放射線医学総合研究所

2011年3月11日午後2時46分、マグニチュード9.0の東日本大震災が日本の本州北東岸で発生し、10メートルを超える津波がこの地を襲った。その後もたくさんの余震が続けて発生した。本震および余震により1万5,700人以上が死亡、4,500人近くが行方不明になった。この地震は東京電力福島原子力発電所に深刻な被害をもたらした。その結果、大量の放射性物質が放出された。原発は地震後に自動停止したものの、冷却システムが損傷。冷却システムのトラブルは炉心溶融と水素爆発につながった。放出された主な核種は、ヨウ素131、セシウム134、セシウム137。こうした放射性物質が堆積した結果、原発周辺、特に半径20キロ圏内と原発の北西地域では空間線量が高くなり、17万近い人たちが避難または屋内待機を余儀なくされた。私たちは地震からほぼ17時間後、原発から5キロの場所にある現地本部に緊急被ばく医療支援チーム(REMAT)を派遣した。しかし、原発だけでなく、放射線モニタリングシステム、通信システムなどのインフラも地震の影響を受けた。さらに水道や電気などのライフラインも地震と津波にやられたため、現地本部は機能しなかった。スクリーニングレベル以上の放射性物質に汚染されている人々もいたが、水がなければ除染もできない。さらに、着替えがないため、汚染された衣服を変えることもできない。このように、今回の事故は地震、津波、放射能による複合災害であった。

この災害から私たちが学んだのは、地震に備えて、放射線モニタリングや放射線量計算システム、ライフラインの損傷可能性を考慮に入れるべきだということである。原子力災害の訓練では、放射線モニタリングシステムの損傷などを想定したシナリオが重要である。「複合災害」に対する戦略の策定が喫緊の課題であり、現在の災害対策ではこの戦略を重視しなければならない。

アベル・J・ゴンザレス  
原子力保安局

福島第一原子力発電所での事故を受けて、国際放射線防護委員会（ICRP）は「ICRPの放射線防護システムに関して日本の福島原発事故から第一に学ぶべき教訓」に関するタスクグループ（TG84）を設置した。このタスクグループは、事故による緊急被ばく状況の最中およびその後に放射線被ばくから人々を守るためになされた取り組みについて、何を教訓として学ぶべきかをまとめ、それに照らして、今回のような緊急被ばくに対処するためのICRP放射線防護システムに関する特別勧告の適合性を検討する予定である。福島でこの国際専門家シンポジウムが開催される時点では、タスクグループの活動はまだ完了していないが、同委員会委員長である筆者は本稿にて、主要な問題をめぐる個人的見解を発表したい。内容は、「損害調整名目リスク係数」という概念の使用（誤用）、放射線防護量・単位の適用（誤用）、内部被ばくに関する問題、非常時の労働保護、線量拘束値および線量基準レベルの新しい概念の活用、事故後に人々を保護するための線量限度；消費財中の放射能レベルという重要な問題など。これらの問題に関連する一部テーマは、以下の参考資料でも取り上げられている。

アベル・J・ゴンザレス

参考資料：

- CAC, 2006. Codex Alimentarius Commission (国際食品規格委員会) . Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Foods. CODEX STAN 193-1995, Rev.2-2006. Codex Alimentarius Commission, Geneva, 2006. [www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS\\_193e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193e.pdf).
- IAEA, 1996. International Atomic Energy Agency (国際原子力機関) . International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Standards. Safety Series 115. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004a. International Atomic Energy Agency (国際原子力機関) . Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear Radiation and Transport Safety and Waste Management. Resolution of the IAEA General Conference GC(48)/RES/10 under 805 A., 4., pt. 23; Radiological Criteria for Radionuclides in Commodities. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004b. International Atomic Energy Agency (国際原子力機関) . Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. IAEA Safety Guide RS-G-1.7. International Atomic Energy Agency, Vienna. <http://www-ns.iaea.org/downloads/drafts/ds161.pdf>.
- IAEA, 2002. International Atomic Energy Agency (国際原子力機関) . Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency : safety guide / jointly sponsored by the Food and Agriculture Organization of the United Nations ... [et al.]. - Vienna : International Atomic Energy Agency, 2002.
- ICRP, 1992. International Commission on Radiological Protection (国際放射線防護委員会) . Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency; ICRP Publication 63; Ann. ICRP 22 (4), 1992
- ICRP, 1999. International Commission on Radiological Protection (国際放射線防護委員会) . Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure; ICRP Publication 82; Ann. ICRP 29 (1-2), 1999
- ICRP, 2005. International Commission on Radiological Protection (国際放射線防護委員会) . Protecting People against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack; ICRP Publication 96; Ann. ICRP 35 (1), 2005
- ICRP, 2007a. International Commission on Radiological Protection (国際放射線防護委員会) . The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; ICRP Publication 103; Ann. ICRP 37 (2-4), 2007
- ICRP, 2007b. International Commission on Radiological Protection. Scope of Radiological Protection Control Measures; ICRP Publication 104; Ann. ICRP 37 (5), 2007
- ICRP, 2009a. International Commission on Radiological Protection (国際放射線防護委員会) . Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations; ICRP Publication 109; Ann. ICRP 39 (1), 2009
- ICRP, 2009b. International Commission on Radiological Protection (国際放射線防護委員会) . Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas After a Nuclear Accident or a Radiation Emergency; ICRP Publication 111; Ann. ICRP 39 (3), 2009
- RJG, 2011. Report of the Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety- The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations (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) ; Nuclear Emergency Response Headquarters (原子力災害対策本部) ; Government of Japan; June 2011  
[<http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/japan-report.pdf>]
- WHO, 2004. World Health Organization (世界保健機関) . Guidelines for Drinking-water Quality, third ed. World Health Organization, Geneva.  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_9.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_9.pdf).

本間 俊充  
日本原子力研究開発機構

福島第一原発の事故は、大量の放射性核種の大気と海への放散による環境の汚染をもたらした。1-3号機からの大気への主たる放出は、3月12日から22日にかけて、放射性ガスとエアロゾルの形で起こった。この放出での主要核種は、 $1.6 \times 10^{17}$  ベックレルのヨード131、 $1.5 \times 10^{16}$  Bベックレルのセシウム137で、日本政府により激甚事故解析コードを用いて報告された。一連の大気中への放出のある部分は、地表に沈着して植物、土壌、都市環境、それに表層水の汚染をもたらした。この汚染は、3月15日に通過していた汚染大気について降雨による強い影響を受けて生じたものである。文部省が米国エネルギー省の協力をえて行った大気モニターは、福島原発の北西に強い汚染があることを示している。

北西方向の強い汚染が起こったすぐ後に、放射性セシウムと放射性ヨードが水、野菜、ミルクなどに検出された。ミルクと野菜のヨード131レベルは、暫定基準である300 ベックレル/Lと2000ベックレル/Lを越えた。原子力災害対策本部は、福島、茨城、栃木、群馬、千葉の各県に指示を与え、これらの県で産出された食品の流通を制限した。5月には、福島から300 km 離れた神奈川で産出した茶葉に暫定基準を超えるものが見つかった。最近になって、セシウム暫定基準を超えて汚染した牛肉が市場に出回っているのが発見された。この汚染は、事故後の野外に放置されていた稲藁を肉牛に与えたのが原因と考えられている。

事故に続く主要放射線被曝経路は、a) 放射性雲の通過による外部照射線量、b) 放射性雲の通過時における粒子の吸入による内部被曝線量、c) 土壌表面に沈着した放射性核種からの外部被曝線量、d) 汚染食品摂取による内部被曝線量である。福島では、政府は原発20 km圏内の避難を指導し、これは3月15日に完了した。もっともありうる状況から判断して、最重要な経路は、土壌表面からの外部被曝線量である。この被曝は沈着した核種の構成に強く依存している。沈着核種による空中線量率のモデル計算は、防護策の終了と除染の戦略の確立に寄与するものである。

神谷 研二、谷川 攻一、細井 義夫、田代 聡、松浦 伸也  
広島大学

2011年3月11日に起きた東日本大震災では、巨大な地震と津波に加え福島第一原子力発電所事故が追い打ちをかける形となり、人類が経験したことがない複合災害に進展した。原子力発電所事故では、15日に大量の放射性物質が環境中に放出され、INES評価でチェルノブイリ原子力発電所事故と並ぶレベル7と評価される最悪の事態となった。

広島大学では、3月12日に緊急被ばく対策委員会を立ち上げ、以来、36班1053名の緊急被ばく医療派遣チームを現地に派遣し、被ばく医療の支援活動を行って来た。事故直後、福島県災害対策本部は極めて混乱した状態にあった。また、福島県原子力対策センターは避難区域内に入り、そこからの撤退を余儀なくされた。このため、現地における指揮命令系統の要であるオフサイトセンターが十分な機能を発揮出来ない状況にあった。このような状況で、広島大学・放射線医学総合研究所の合同チームは緊急被ばく医療調整会議を立ち上げ、混乱していた避難住民のスクリーニングと緊急被ばく医療体制の整備を行うと共に、オフサイトセンター、Jビレッジ、福島県立医科大学及び現地に於いて様々な支援活動を行った。この報告では、その経験の中で認められた以下の課題について報告する。

1) 緊急時避難の課題：20km圏内での医療機関等の患者約1,500人の緊急退避が行われた。寒冷下での待機や長時間に渡る移送は、高齢者や基礎疾患のある患者に致命的なストレスを与えた。汚染検査では、全ての患者は13,000cpm以下であり、屋内避難が有効であったことから、時間をかけた段階的な避難ではなく強行退避を行ったことの検証が必要である。2) 地域の緊急被ばく医療ネットワークの課題：初期治療に当たる5初期被ばく医療機関の内、3病院は20km圏内の避難区域内にあるため閉鎖され、他の2病院も事故現場に近い医療資材の不足や風評被害のため機能しなかった。初期被ばく医療機関のEPZ圏外での立地や半径30km以上のEPZ圏の設定を検討する必要がある。3) 住民の汚染スクリーニングと除染の課題：雪が降る寒冷な気候と断水による除染水の不足する環境下で、長時間を掛けて多人数を屋外で除染をすることは危険と判断し、福島県に除染レベルの変更を依頼し了解を得た。現場での臨機応変な対応が必要とされる。4) 防災関係者の内部被ばく：長崎大学と連携し、県立医大にて20km圏内で活動した消防士100人以上の内部汚染検査を実施した。その結果、内部被ばく線量は全員 $200\mu\text{Sv}$ 以下であった。5) リスクコミュニケーションの課題：保護者、教育関係者らを中心に31回約8,278人を対象に放射線の教育講演と意見交換を実施したが、保護者の不安は大変強い。不安の軽減化には科学的知見に基づいたリスクコミュニケーションが重要である。

酒井 一夫  
放射線医学総合研究所

福島第一原子力発電所から放出された放射性核種により外部被ばくと内部被ばくがもたらされた。発災後初期の段階で放出された放射性核種に曝された発電所作業員においては全被ばく線量に占める内部被ばくの寄与の大きな例がある。これに対し、一般住民の場合には内部被ばくによる線量は限定的であった。牛肉を含む食品に放射能汚染が検出された。チェルノブイリ事故の場合には汚染された食品を長期間にわたって摂取し続けたことによって、内部被ばくがもたらされたと報告されている。食物を通した内部被ばくを防ぐためには放射性核種が食品に移行する過程を管理する必要がある。

安定ヨウ素剤の服用は作業員には有効であった。住民については放射性ヨウ素の放出が継続的な状況において、どのタイミングで安定ヨウ素剤を服用すべきかが今後の検討課題である。

内部被ばくによる現実の影響に加えて、「想像上」の影響も大きい。内部被ばくの影響を誇張するような話が一般住民に伝えられ、内部被ばくの影響は外部被ばくの影響に比べてはるかに深刻であるという誤解がもたらされた。現在の放射線防護体系の中では、内部被ばくによる線量は50年間（成人）あるいは70歳に達するまでの期間（小児）にわたる線量の積分値（預託線量）として算定される。預託線量は外部被ばくの線量に加算されて実効線量が与えられる。実効線量として算定されれば、内部被ばくであろうが外部被ばくであろうがその影響に違いはないというのが、放射線防護の考え方である。放射線影響研究および放射線防護の専門家は一般の人々に対して内部被ばくのことをきちんと伝えるべきである。



フレッド・A・メトラー  
国連科学委員会

電離放射線の被ばくによる影響とリスクは、吸収線量、線量率、放射線の性質、照射された組織の特性のほか、個人の年齢など、その他の要因によっても異なってくる。影響は、ほぼ即座に明らかになる場合もあれば、数十年経ってから現れる場合もある。発がんは、1Gy未満の吸収線量で現れる最も重大な確率的影響である。がん誘発のリスクは、組織によって大きく異なるが、慢性的な放射線被ばくによる一般集団の致死的な放射線誘発がんのリスクはおよそ1 Svあたり5%である。0.1 Gy未満の線量での発がんリスクの定量化については、今なお問題が多い。人間における遺伝的リスクははるかに低いと思われるが、リスクの推定には動物モデルに頼るしかない。高線量（1 Gy以上）での細胞死および細胞変異は、皮膚炎、骨髄抑制、免疫抑制などの確定的影響を引き起こし、重大な問題となる。2 Gyを上回る急性透過性のガンマ線照射による急性放射線障害の度合いはさまざまであるが、線量が10 Gyを超えると一般に多臓器不全により死に至る。

ハーヨ・ツェーブ  
ブレーメン大学

深遠な宇宙からの一次宇宙線は大気分子と相互作用し、飛行高度で中性子その他荷電粒子を生成する。航空機乗組員および乗客の被曝は、たとえば太陽活動周期や飛行高度、飛行コースなどいくつかの要因によって異なってくる。航空機乗組員の年間実効線量は2-5mSvの範囲と推定されており、最大の生涯線量は一般的に100mSv未満とされている。

航空機乗組員が相当量の宇宙放射線被曝しているとの認識から、ここ15-20年間に、この職業集団に関して、放射線に関連するがんを中心に多数の疫学的調査が行われてきた。航空機乗組員は数々の特性を有する厳選された集団であり、昼夜のバイオリズムの乱れなどががんリスクに影響を及ぼしうる他の影響を受けることから、病因調査は難しいものとなっている。

がんの発症率と死亡率については、北米、欧州その他数カ国で運航・客室乗務員の大規模コホートを対象に評価が行われてきた。1990年代後半まで追跡調査を行った欧州9カ国のコホート・データについてESCAPEプロジェクトで共同の分析が行われ、さらに現在、拡大追跡調査のデータ分析が実施され、公表される予定である。一部の結果については、大半の関連調査全般にわたって次のような一致が認められた。発がん全体のリスクは増加していない中、がん死亡リスクの増加は顕著ではないものの女性航空乗組員においては悪性黒色腫、その他皮膚がんおよび乳がんの発症率が高かった。白血病に関しては、リスクの増加はみられない。ドイツの大規模コホートを含み一部調査では、脳腫瘍のリスクに増加がみられるようである。心血管死亡率のリスクは一般的に極めて低かった。

これら調査の線量情報は一般的に、所定のライセンス情報、航空機の種類および飛行経路/時間に基づく線量再構築によって導き出したものである。しかしながら、推定被ばく線量は、測定値と比較してみるとその妥当性は高いことが示されている。統計的分析では、集積線量の高い者に高リスクを示す明確な線量反応パターンはみられなかった。全般的にみれば、航空機乗組員は宇宙からの低レベル電離放射線を被ばくしているが、放射線関連の健康影響については、これまでに入手可能な調査では明確に立証されていない。

スコット・デービス  
ワシントン大学

電離放射線は、ヒトの発がん物質の中で最も詳しく調べられたものであろう。これは、主として与える線量の測定が非常に厳密にできたり、あるいは線量が不確実性の範囲も含めて推定できることによる。いろいろな状況で放射線被ばくした集団について、多くの疫学研究があり、実験研究についても相当の文献がある。最も大きい集団は、自然放射線に曝露されたものである。人工放射線に曝露された最も大きい集団は、診断と治療による医療被ばくである。職業被ばくは、環境放射線に比べて相対的にマイナーである。前者は核施設や核兵器工場や核兵器使用・テストなどでの被曝を含む。広島・長崎の原爆被爆者についての研究は、電離放射線のヒトに対する影響について非常に大きい情報をもたらした。そしてこれらは、ヒトの放射線リスクについて最も総括的で確かな証拠を提供するため、しばしば黄金のスタンダードと評される。これによると、白血病と固形腫瘍について（骨髄由来がん（白血病、ミエローマ、多発性ミエローマ、乳腺、甲状腺、肺がん）と罹患と死亡の増加が線量に対して認められた。そして今や非がん影響についても、取り分け心臓脈管系について、線量依存的増加があるという証拠が見られる。このコホートについては、今後もさらに学ぶべきものがある。

大気圏核実験による放射性降下物による照射の影響については、主に2つの研究がなされ、それらはマーシャル群島の人々と、ユタ・ネバダの住民についてである。同様に、核施設近傍での居住のリスクの調査では、少なくとも3つの研究がある。これらのうち2つが放射性ヨードについて調べた以外、それぞれ研究デザインが異なっている。1つはハンフォード甲状腺研究、あと1つはロシアのこれと同様の施設であるマヤク近傍に住む住民、3つ目は米国での核施設周辺のエコロジカル研究である。そして、核施設での事故いくつかの研究がある。最も大きく最も多くの情報が得られたのは、チェルノブイル原発事故の健康影響についての研究である。環境からの放射線被ばくの健康に与える影響を調べるのは、他の被ばくにくらべて（例えば医療被ばく、職業被ばく）たいへん難しく、さらにその多くはエコロジカル研究であるが、これらはリスクの査定に有用である。実際に、原爆被爆者とチェルノブイルでの被ばく者は、環境にある放射線源で被ばくしたのである。

C・ノーマン・コールマン

米国保健福祉省、事前準備対応次官補局、米国国立がん研究所

(\*注：本見解は著者個人のものであり、ASPR、NCI、NIH もしくはDHHSのものではない。)

放射線／原子力による緊急事態が与える影響力の大きさや複雑性を考えると、高度な対応策が不可欠である。米国保健福祉省（DHHS）事前準備対応次官補局（ASPR）では、医療対応の計画において、自然災害と人災には多くの類似点があるという点から「すべての危険事態（all hazards）」に対応するアプローチを採用している。放射線／原子力による緊急事態への対応と準備は、最大規模の緊急事態、すなわち核爆発に対するシステムベースのアプローチをもとにしており、これはさまざまな構成要素に同時に対処するものである。放射性物質拡散装置（RDD）は爆発性のものも非爆発性のものもあるが、放射線照射装置（RED）自体は密封されており、放射線の放出を伴わない。米国では、原子力発電所（NPP）の計画立案は、原子力規制委員会の指導の下、NPP事業者ならびに国と地元の計画者が責任を持つ。

放射線／原子力緊急事態への対応策においては、多くの一般的な原則が用いられている：

- ・ 必要ときに提供される適切な情報：医療対応者は放射線による緊急事態に対処した経験がほとんどなく、また日常における他の医療責任を考えると、放射線／原子力による緊急事態に対する準備は医療対応者にとって優先順位が高いものではない。
- ・ アルゴリズムベースの対応：複雑な病状を一貫性をもって管理できる「二次救命処置（ACLS）」の概念に基づき、専門家がつくったアルゴリズムを用いる。
- ・ 日常的な医療対策を緊急時に転用：可能な限り、日常的に使用されている医薬品や医療用品を用いて、現場で利用可能な医療対策を整備し、また医療対応者がその利用方法や副作用について精通しているようにする。
- ・ 迅速な状況把握：物理的インフラの損害、エネルギー供給、輸送方法、気象／プルーム・モデリング、すぐに利用できる病院の収容人数を含む。
- ・ 初動対応は現場で：連邦政府による対応が開始し、増強するまでには12-24時間を要する。
- ・ 共通の活動方針：これらの方針は官民学の連携による計画に基づく。
- ・ 国際連携：放射線／原子力による事態への対応に関して専門知識を有する者は比較的小さいので、情報および専門知識を適切に共有する。

これまでに以下のツールが示されている：

- ・ 放射線緊急事態に対する医療情報サイト Radiation Emergency Medical Management (REMM) ([www.remm.nlm.gov](http://www.remm.nlm.gov))
- ・ 連邦政府による対応策ならびに国および地元の計画者のためのプロトタイプ ([www.phe.gov](http://www.phe.gov))
- ・ 核爆発への対応ガイダンス Planning Guidance for Response to a Nuclear Detonation (<http://www.remm.nlm.gov/PlanningGuidanceNuclearDetonation.pdf>)
- ・ Radiation TRIage, TRreatment and TRansport (RTR-放射線トリアージ・治療・搬送) システム (Hrdina, Prehosp and Disaster Med 24:167, 2009)
- ・ Scarce Resources (希少リソース) シリーズ (米国医師会機関誌『Disaster Medicine and Public Health Preparedness』 Supplement 2011年3月)

世界健康安全保障グループ（GHSAG：Global Health Security Action Group）を含めた既設の国際連携ネットワークと共に、必要ときに提供される適切な情報をすぐに入手、利用できたことが福島原発事故への対応を促進した。継続した長期的な科学・医療面での連携が世界全体の準備や対応において鍵となる。

ジョン・D・ボイス・Jr.  
国際疫学研究所

電離放射線に曝されたヒト集団の疫学調査は、過去 100 年間ちかく、ヒトの放射線健康リスクにかかわる数値情報を提供し続けてきた。高線量放射線による確定的影響（組織応答）は、例えば骨髄抑制などのように、機能細胞が過剰に死滅した場合に起こる。低線量放射線による確率的影響は、もともと、起こる確率が問題になる影響で、晩発性の発がんや、被ばくした両親から生まれた子供においては遺伝的影響は見られていないものの、遺伝性疾患のリスクの上昇などが含まれる。放射線被ばくにかかわる調査は、原爆被爆者だけでなく、放射線治療、放射線診断あるいは核医学検査を受けた患者、職業被ばくを受けた作業員、および高自然放射線地域の住民や事故によって放出された放射性物質に汚染された地区に住む住民を対象に行われてきた。その結果、放射線とその健康リスクについて多くのことが明らかになってきた。放射線ががんを引き起こすことは紛れもない事実であるが、放射線疫学の領域でいまだに解決されていない疑問は、低線量放射線による発がんのリスクの問題である。パラケルススによって提唱されたとされる『用量応答関係』は、放射線疫学的に言い直せば”より低線量であればより低いリスク”ということになるが、必然的に、より放射線線量が低くなればなるほど、放射線に起因するであろうがんの増加を検出するのが困難になる。チェルノブイリ原子力発電所の事故とは違って、東京電力福島第一発電所の事故では、現在までに、確定的影響の発生や作業員の死亡の報告はない。住民の線量評価では、チェルノブイリ事故後に周辺でおきた小児甲状腺がんの増加の主因である放射性ヨウ素の体内摂取も極微量であると予想されている。住民の推定線量も、60 年におよぶ原爆被爆者の追跡調査によってがんの過剰発症が認められる線量よりはずっと低く、被ばく線量の分布範囲も狭い。低レベル放射線被ばく住民の調査では、喫煙や医療被ばく等の重要な生活習慣の寄与を放射線の影響と分けて説明するのもにも限界がある。むしろ、福島県民を対象とした疫学調査はすべきであり、また、県民の安心と健康管理のためにも実行すべきであるが、津波による人的被害や住み慣れた家や地域からの避難による強度の精神ストレスは別として、そのような調査によって、慢性的な放射線被ばくによる有意な健康リスク情報が得られる可能性はほとんどない。なぜなら、今日までに推定された被ばく線量があまりに低いからである。

ハンス-ゲオルグ・メンツェル  
欧州合同原子核研究機構

人体の電離放射線による被ばくでの線量の定量化、さらに、放射線防護においてこれら被ばくに制限を設ける上で、適切な線量および特定の単位を明確にする必要がある。近年 ICRP が Publication 103 (2007 年) の中で示した勧告では、あらゆる被ばく状況において、臓器または組織の平均吸収線量  $D_T$ 、臓器または組織の等価線量  $H_T$  および実効線量  $E$  という、一連の線量を使用することを推奨している。

$E$  はすべての  $H_T$  の (荷重係数を乗じた) 合計であると定義されているため、実効線量および等価線量の単位には同じ名前がついている (シーベルト: Sv)。このことは時々、専門家でない人に説明する際に混乱を生じさせてきたので、本発表の中でも言及する予定である。

$H_T$  と  $E$  からは共に、内部の放射体と外部の線源からの被ばく線量の合計を計算できる。よって、実効線量は全身被ばくによる確率的影響に関連する線量限度、線量拘束値、参考レベルとの比較となる被ばくの定量化の線量を定める。

等価線量および実効線量はいずれも測定できないものの、被ばく状況を把握できれば計算することが可能である。外部被ばくによるフルエンスや表面汚染、放射性核種による大気、水、食品中の放射線量といった測定可能な物理量は、放射線防護のための線量を評価するのに活用できる。

実効線量は解剖学的な参考データ (ICRP Publication 89 および 110)、両性と全年齢を平均した組織荷重係数および臓器の等価線量、標準化された生物力学や線量測定モデルを用いて評価される。このため、ある被ばく状況における実効線量の値は標準人 (reference person) には当てはまるものの、個人のリスクを評価するためのものではない。

個人または集団に対するリスク推定では、入手可能なあらゆる具体的な被ばくデータおよび科学的情報を常に考慮する必要がある。望ましいアプローチとしては、いまだかなりの不確実性が伴うものの、臓器および組織に吸収された線量をもとに、原爆被爆者の寿命調査およびその他の関連する疫病的・放射線生物学的データから得られる性別および年齢に依存した発生または損害因子を適用してリスクを推定することである。

本発表では、実効線量を持つ本来の複雑性や放射線防護における適用の意図とその限界について議論する。また、個人および集団の放射線リスク評価への取り組みについても議論する。

ブルース・ネピア

パシフィック・ノースウェスト国立研究所

一般的に「内部被ばく線量」とよばれる、人体内に沈着する放射性核種による被ばく線量について説明し、またそれが体外の放射性物質による被ばくや体外から直接受ける放射線による線量とどのように異なるのかについて、説明する。体内の放射性核種による線量は、(1) いかなる放射性核種が存在するのか（これによって、放出される粒子のエネルギーが決まるため）、(2) 吸入量・摂取量、(3) 体内のどこに蓄積されているのか、および (4) どのくらいの期間そこに滞留するのか、によって異なってくる。体内における放射性物質の摂取および分布は複雑であり、長期化する可能性があるため、体内に沈着した放射性核種による線量を測定することは不可能である。あらゆる測定値は必然的に間接的でありまた部分的である。したがって、線量計算を完結するにはモデルを用いる。被ばく者については、このモデリングは線量再構築として知られている。線量再構築プロセスの基本的要素は、5つの必須段階（被ばくシナリオの定義、被ばく経路の特定、線量推定法の開発と実施、線量推定における不確実性の評価、分析および結果の発表と解釈）と2つの不可欠な基礎要素（データ／情報および品質保証と品質管理）を含む。原子炉サイトの緊急修復は、原子炉建屋内、近隣および避難地域全域に大量の放射性廃棄物を発生させる可能性があり、また将来の廃炉措置活動によってもさらなる廃棄物が生成されるだろう。一部の廃棄物は高レベル放射性廃棄物であり、環境から隔離する必要がある。他の廃棄物の汚染度合いはわずかだろうが、大量である。これらは何らかの地表近くの処分が必要となるだろう。他の地域も、微量だが検出可能な量の放射能が認められるであろう。極めて低レベルの汚染物質については制限を解除し土地が使用できるようにするプロセスを策定しなければならないだろう。これには世論の合意が必要となる。こうしたあらゆる問題について、日本では長期にわたる困難な国民議論が始まろうとしている。

アンドレ・ブーヴィル  
米国国立がん研究所

1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故ならびに、主に1950年代から60年代にかけて行われた核実験により大量の放射性物質が大気中に放出された。これらによって一般大衆が受けた外部・内部被ばく線量の推定に用いる線量測定の方法とその方法、およびこうした調査研究から得られた主な結果について説明する。これらの線量測定調査は、疫学研究またはリスク評価の枠組みの中で行われたものであり、したがって、特定もしくは代表的な個人の吸収線量の推定に重点が置かれている。また、線量を低減させるためにとられた対策についても説明する。

主に1950年代、60年代に行われた核実験による放射性降下物（フォールアウト）は、多数の人々に最大規模の環境放射線による被ばくをもたらした。米国国立がん研究所（NCI）は、20年以上にわたって、世界各地の放射性降下物による放射線量の推定に取り組んでいる。ネバダ核実験場で行われた大気圏内核実験の降下物である放射性ヨウ素-131による甲状腺被ばく線量の評価、マーシャル諸島の住民の被ばく線量に関する徹底的な調査などをはじめ、NCIの放射性降下物研究の大半は米議会によって命じられたものである。現在は、セミパラチンスク核実験場で行われた核実験により放射性降下物で被ばくした3,000人のコホート集団における個々の甲状腺被ばく線量の推定、人類初の核実験であるトリニティ爆発による線量の評価などの研究を行っている。

1986年4月26日の早朝にウクライナのチェルノブイリ原子力発電所で発生した事故は、10日間に渡って大量の放射性物質を放出した。事故による健康への重大な影響として、児童・青年の甲状腺がんの発生率が上がったことから、事故後2カ月の間に取り込まれた放射性ヨウ素-131による甲状腺被ばく線量に多くの注意が払われてきた。ベラルーシ、ロシアおよびウクライナの汚染地域住民の甲状腺被ばく線量は、主に年齢、地上汚染の程度、牛乳の摂取率、消費された牛乳の産地などによって大きな違いが見られた。NCIは、チェルノブイリ事故当時に子どもで、放射性降下物の影響を受けた住民の甲状腺疾患について2つの疫学研究を行っている。ウクライナとベラルーシで並行して行っているこれらの研究では、およそ25,000人にのぼる対象者全員について、個々の線量とその変動幅の推定が必要とされる。



丹羽 太貫  
京都大学

2011年3月11日に福島県で発生した放射線曝露状況が長期化する中、子宮内曝露および低線量曝露による放射線リスクに対する一般社会の懸念が高まっている。妊婦は生れる子供ががんになるのではと心配するし、低線量率の被ばくでは、急性被ばくで統計的に有意なリスクをもたらす線量と同じ程度になることもままある。しかし、これらの被ばくについてのリスクの度合いは、まだ正確にはわかっていない。

近年の幹細胞研究の発展により、組織幹細胞ニッチェにおいて、幹細胞が細胞交代を繰り返していることが明らかになっている。この細胞交代には、幹細胞の競合が選択圧として働き、幹細胞ニッチェに定着するために最適の幹細胞が優位になる。そして不適な幹細胞は前駆細胞への分化などで排除される。このような動的な細胞交代は、発生段階で異なる制御をうけ、組織特異的である。放射線は、幹細胞の発現プロファイルを一時的または永続的に変化させることにより、このような選択に関与している。幹細胞の競合と不適細胞の排除は、成体幹細胞ニッチェが初めて確立される新生児期においてとりわけ活発である。たとえば、胎児曝露した個体では、誕生後のリンパ球には染色体異常が見つからない。これは、損傷を受けた幹細胞が排除されることを示している。このデータに一致して、ネズミの胎児曝露の実験では、白血病や多くの組織での固形がんの発症は、生後の照射よりもリスクが小さい。1950年代のオクスフォード研究では、郵便による聞き取りに基づいた疫病調査が行われ、胎児期はがんの誘発に対して極めて敏感で、がん発症の相対リスクは50/Gyという数値が出ている。対照的に、原爆被爆者の子宮内曝露組は、小児期曝露と比較して小児がんのリスクは高くないことが明らかになっている。幹細胞放射線生物学のさらなる発展によって、この長期にわたる議論の答えがもたらされるものと期待される。

低線量放射線については、数 mGy 未満の線量の場合は特に、一度に単線の電子にさらされる。この線量を1年間にわたって浴びると、単線の電子を受けたことで、それぞれの細胞は数か月後には分離される。このことは、組織幹細胞ニッチェの中の幹細胞が曝露された幹細胞と曝露されていない幹細胞によって構成され、前者が常に少数派であることを意味している。この場合、単線の電子が横断した細胞は、横断されていない細胞より不利で、最終的には組織幹細胞ニッチェの幹細胞にとどまらずに、前駆細胞へと排除される。低線量の放射線区域に継続的に居住することによる疾病発症に関して20年以上前にインドのケララ州で実施された調査では、がんのリスクが高まるという結果は出ていない。この問題についても、低線量曝露による全身の幹細胞の動力学およびケララのような高自然放射線地域における疫病に関するさらなる分析によって答えがもたらされる可能性がある。

児玉 和紀・小笹 晃太郎・大久保 利晃  
放射線影響研究所

放射線影響研究所は、放射線が原爆被爆者の健康に与える影響を明らかにするため、9万3千人の原爆被爆者および2万7千人の対照群を対象に寿命調査（LSS）を実施している。

**固形がん：**LSSによる最も重要な結果は、放射線量の増加に伴うがんのリスクの上昇である。固形がんの発症率に関する最近の報告書では、30歳で被爆した人の70歳での固形がんの発症率が、男性では1Gyあたり約35%（90% CI：28%；43%）、女性では1Gyあたり約58%（90% CI：43%；69%）増加すると推定されている。被爆年齢がリスクの重要な修飾因子となっている。肺がんの場合、喫煙がリスクの重要な修飾因子であることが分かっている。放射線は第一原発がんのリスクおよび第二原発がんのリスクに対して同様の影響を示す。最後に、放射線に関連した発がん率の上昇は生涯を通じて続くことが明らかである。

子宮内被爆群組では、統計的に有意な線量に依存した固形がんの発症率の増加が見られる。しかし、生涯リスクについては、幼少期被爆群の生涯リスクよりかなり低い可能性がある。

**白血病：**1991年から2000年の10年間にかけて実施された、死亡率に関する調査では、0.005Gyを超える放射線を受けた原爆被爆者における白血病による死亡の寄与割合は34%であると推定されており、このことは白血病死亡率に対する原爆の影響が50年以上にわたり続いているということを示している。さらに、放射線被爆から40年～60年が経過した時点でも、骨髄異形成症候群（MDS）に関して統計学的に有意な線量反応関係が、長崎のLSSメンバーの中に見いだされている。

**将来的展望：**固形がんリスクの増加が続いている状況を鑑みると、LSSは今後更に15年から20年の間、放射線被爆と固形がんリスクに関し、重要な新情報を提供し続けるであろう。

ヴィクトル・イワノフ  
ロシア医学放射線研究所

講演では、主に以下の3点について検討する：

- ・チェルノブイリ原子力発電所事故後の25年間における国家放射線疫学登録による大規模な追跡調査研究の結果；緊急作業員ならびにロシア国内の放射性核種汚染が最も深刻な地域の住民の放射線リスクに関するデータの概要；
- ・チェルノブイリ事故のデータを活用した放射線リスク評価のための国際放射線防護委員会(ICRP)予測モデル(Publication 103)の検証
- ・ICRP予測モデルを用いた福島第一原子力発電所事故の潜在的な放射線影響に関する予測

**結論：**チェルノブイリ事故の健康影響に関する情報は、福島第一原子力発電所事故の健康影響を予測する上できわめて重要である。実際のところ、チェルノブイリの線量は原爆投下後の線量より何倍も低いからである。我々は、チェルノブイリ事故後の放射線リスクの主要な評価は、ICRPモデル(Publication 103)とほぼ一致することを実証した。

ICRPモデルに基づく福島第一原子力発電所事故の放射線影響に関する予測は、線量測定データおよび人口統計データの不足から予備的なものである。同時に、放射線疫学研究の結果に基づいた潜在的なリスクの集団を決定する必要があると考える。

ヴァディム・V・チュマック  
ウクライナ医学アカデミー、内分泌代謝研究所

1986年4月26日にキエフから150 km以内の距離にある原発で起こったチェルノブイリ事故は、これまでに最大の核事故であった。事故は放出された核種のスケールのみならず、電離放射線の線量をうけた集団や作業者のサイズにおいても、これまで無かったものである。

全ての線量と男女両性を含む約116,000人からなる30-km避難区域の住民は、事故後数日・数週間で避難し、「清算人」とも呼ばれる300,000人のウクライナ人を含む600,000人におよぶ放射線作業員（男性、20-50歳）がその後5年の作業にかかわった。

予期しなかったかつ非常に大規模の事故であったため、住民は個人線量計を持たず、作業員の線量測定はその全員に対するものではなく、線量測定技術とそれによる実際の測定は適切であったとは到底いえない。

その結果、後ろ向き線量推定を過去にさかのぼって行うことが必要となった。これに呼応して、時系列行動モデル、生物学的線量測定、電子スピン共鳴法、石英を用いた熱ルミネッセンス法などの物理学的線量測定、といったさまざまな方法が新しく開発され、主要なコホートに対する線量再構築への努力がなされた。

今回の講演では、ウクライナRCRMにおける大きな住民・作業員集団に対して行われた後ろ向き線量測定についての経験の蓄積さについて発表する。これらの線量再構築プロジェクトは、チェルノブイリ事故の医学的影響についての疫学調査研究や電離放射線の健康影響、とりわけ作業員についての白内障と白血病のウクライナ・米国共同調査に関連して、行われたものである。

トロンコ M<sup>1</sup>\*, 馬淵 K<sup>2</sup>, ボグダーノヴァ T<sup>1</sup>, ハッチ M<sup>2</sup>, リフタリョーフ I.<sup>3</sup>, プーヴィル A.<sup>2</sup>,  
オリーニク V.<sup>1</sup>, マッコーネル R.<sup>4</sup>, シュパク V.<sup>1</sup>, ザブローツカ L<sup>5</sup>, テレーシェンコ V.<sup>1</sup>, ブレナ  
ー A<sup>2</sup>, ザモターエヴァ G<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国家機関「ウクライナ医学アカデミー V. P. コミサレンコ内分泌代謝研究所」

<sup>2</sup> 米国国立癌研究所 癌疫学・遺伝学部門 放射線疫学

<sup>3</sup> ウクライナ医学アカデミー 放射線医学研究センター

<sup>4</sup> コロンビア大学 内科・外科学部 甲状腺クリニック 医学科

<sup>5</sup> カリフォルニア大学 サンフランシスコ校 医学部 疫学・生物統計学

**背景と目的** - チェルノブイリ原子力発電所事故によって、ベラルーシ、ロシアおよびウクライナでは何百万人もの住民が、相当量の放射性ヨウ素（主に I-131）により被ばくした。ウクライナ・米国甲状腺プロジェクトの目的は、古典的なコホート調査の形態で、甲状腺がんのリスクを定量化することにあり、対象者は事故当時 18 歳以下で、事故後 2 カ月の間に甲状腺に取り込まれた I-131 を直接測定された、ウクライナ北部の 3 つの高度汚染地域（ジトミール、キエフ、チェルニヒフ）に居住する住民である。

**方法** - 2 年毎の検診を 4 回にわたって実施した。第 1 回検診（1998-2000 年）では対象者 13,243 人、第 2 回検診（2001-2002 年）では 12,419 人（93.8%）、第 3 回検診（2003-2004 年）では 11,745 人（88.7%）、第 4 回検診では 10,186 人（76.9%）が検診を受けた。標準的な臨床検査は以下を含む。甲状腺の触診、超音波検査、採血による甲状腺ホルモン値の測定、尿中ヨウ素の測定、および必要に応じ、穿刺吸引検査を行った。対象者の個々の甲状腺 I-131 被ばく線量は、甲状腺内の I-131 の実測と問診からの線量推定により推定した。更に放射能測定および広範囲にわたる線量測定のためのインタビューデータから、コホートメンバーの甲状腺について個々の I-131 の線量を評価した（平均被ばく線量 = 0.79 Gy；線量範囲 - 0 ~ 40 Gy）。

**結果** - 第 1 回検診では、45 例の甲状腺がんが発見された。第 1 回検診に基づく甲状腺がんリスクは、個人の甲状腺被ばく線量と強い近似的な直線関係を明確に示した ( $p < 0.01$ )。過剰相対リスク (ERR) は 1 Gy 当たり 5.25 (95% CI: 1.70, 27.5) と推定された。また、第 2 回から第 4 回の検診で 65 例の甲状腺がんが診断され、観察人年およそ 73,000 人年についての分析が完了した。線量依存性は、過剰絶対リスク (EAR) および過剰相対リスク (ERR) の両方の直線モデルと一致した。1 万人年 1 Gy 当たりの EAR は 2.21 (95% CI: 0.04 - 5.78)、1Gy 当たりの ERR は 1.91 (95% CI: 0.43 - 6.34) と推定された。

1998 年から 2008 年までに甲状腺がんと診断された 110 病例の中で、乳頭癌が 104 例 (94.5%) で最も多く、その他、濾胞腺腫が 5 例 (4.6%)、髄様癌が 1 例 (4.6%) であった。

**結論** - 得られたデータは、チェルノブイリ原発事故後 20 年を経ても、甲状腺がんのリスクが依然として有意に高いことを明確に示しているため、線量と影響の関連を確かめ、時間経過によるリスクの推移を決定するためにウクライナ・米国甲状腺プロジェクトの対象者をさらに追跡調査をすることが必要である。

エヴェリン・J・プロメット  
ストーニーブルック州立大学

人災や自然災害が及ぼす精神的影響については、100年以上にもわたって世界でさまざまな研究が行われてきた。メンタルヘルスに対する典型的な影響としては、抑うつ、不安、心的外傷後ストレス障害（PTSD）、ならびに医学的には説明できない身体症状などがあり、1年以内の罹患率は20%を超えるほどである。人災においては、これらの症状やメンタルヘルスの症状は慢性化して持続的になる場合が多い。放射線に関連する事態の場合、被ばくは目に見えるものではなく、広く一般に恐れられており、健康に長期的な脅威をもたらすことから、とりわけ影響が深刻である。チェルノブイリ事故後の25年の間に、被ばく地域の住民のメンタルヘルスに関する調査から、PTSDやその他の臨床症状はおおよそ2倍に増加、また主観的な健康評価は悪化したことが明らかとなっている。こうした罹患パターンは、広島と長崎の原爆やスリーマイル島原発事故を含む他の有害な事象後に報告された障害と一致する。初動対応者および除染作業員に関する調査では、20年経った時点でも自殺を含め、不安や抑うつ症状の罹患率が上昇しており、オッズ比がPTSDでは2.5から3.5、重度の頭痛は16.6との結果であった。また、キエフで行われた精神生物学的調査では、高度に被ばくした事故処理作業員にEEG変化の可能性が示唆されている。その一方、事故当時に胎児もしくは2歳未満で、その後に汚染された村から避難や転居した、あるいはそのまま留まった子どもの長期的なメンタルヘルスについての調査では、一貫性のある結果は得られていない。事故当時に母親の胎内にいた児童を7歳の時に調べた世界保健機関（WHO）の調査やキエフの避難児童について11歳と19歳の時に行った系統的で学際的な調査を含む一部の調査研究では、被ばく児童と対照群の間に心理面や認知面での相違は見られなかった。しかし、旧ソ連や北欧での他の調査では、被ばく児童の認知機能は対照群と比べて、重大な障害が報告されており、ある研究では放射線被ばくに関連した線量反応関係が報告された。

総体的に見て、専門家はメンタルヘルスに関するエビデンスから、事故によりもたらされた公衆衛生上最大の問題はメンタルヘルスであると示唆している。因果関係は複雑であるものの、抑うつや不安障害は、身体障害、生活の質の低下、身体的な罹患率、医療サービス利用の増加、さらには死亡率との関係が立証されており、臨床的に重大な影響をもたらす。このように、現在数多くの研究において、被災者の精神的な罹患率の低下に向けたメンタルヘルスへの介入がまだ十分に満たされていないことが明らかにされている。住民を対象としたモニタリング調査にメンタルヘルスのスクリーニング検査を含めて、さまざまなリスクグループ、とりわけ高度に被ばくした地域で生まれ、もしくは育った集団の長期的な精神的影響を明らかにし、身体的な健康への影響との関連性を理解することが不可欠であろう。

ジェラルディン・A・トーマス  
インペリアルカレッジ・ロンドン

(チェルノブイリ組織バンク (CTB) 科学諮問委員会および病理専門家パネルを代表して)

チェルノブイリ組織バンク (CTB) は、1967年4月26日以降に生まれた者およびチェルノブイリ原子力発電所事故の放射性降下物によって汚染されたウクライナ・ロシア両国内の住民で甲状腺がんを発症した患者から採取した標本を収集・保存・提供するために、1998年に設立された。プロジェクトは、欧州委員会、米国国立がん研究所および笹川記念保健協力財団の資金援助を受けており、またウクライナ・ロシア両国政府から政治的支援を得ている。ウクライナのキエフ内分泌研究所およびロシアのオブニンスク医学放射線研究所の甲状腺外来に通い、甲状腺がんの疑いで手術をした患者に対し、採取した組織を研究に活用することについて協力同意を求めている。調査の対象者は、事故当時ウクライナおよびロシア国内の最大汚染地域に居住していた19歳以下の住民（すなわち、1967年4月26日以降の生まれ）で、甲状腺がんの疑いがあると術前診断を受けた患者である。CTBのデータベースには、各患者の推定線量も含まれている。個々の患者からは、DNA抽出用の血液、血清、凍結腫瘍（腫瘍が十分大きい場合）およびホルマリン固定・パラフィン包埋（FFPE）腫瘍、ならびに正常な甲状腺組織が提供されている。

現在のところ、3861症例の甲状腺がんおよび腺腫が収集されている。CTBに提供されるすべての病理組織は、病理学者の国際的な専門家パネルのレビューを受ける。研究者に公開される前に、すべての標本について分子生物学的な質の保証（QA）を行っている。リソースを最大限に活用するため、一つの凍結組織ブロックから核酸を抽出し、分割して、複数の研究者に提供している。FFPEブロックからの個々の切片も、複数の研究者に提供している。これによって、一つの症例に関する多数の研究結果を統合することが可能となり、チェルノブイリ事故後の甲状腺がんについて統合された生物学的アプローチが容易になる。

研究者は、オンライン・ポータルサイト ([https://cisbic.bioinformatics.ic.ac.uk/ctb/html\\_ctb\\_public/](https://cisbic.bioinformatics.ic.ac.uk/ctb/html_ctb_public/)) から標本の使用を申請できる。申請書は、独立した外部の審査委員会により審査され、研究素材が第一級の科学研究に適切に活用されるようになってきている。研究者は、研究結果が今後の調査に統合されるよう、各自の研究データをプロジェクトに報告することに同意する。これまでに、組織からRNA 2397アリコットおよびDNA 1237アリコット、血液からDNA 541アリコット、ならびにFFPEブロックから6300切片が世界各国の研究者に提供された。現在までの重要な研究結果から、若年で発症する甲状腺がんは、成人になってから発症する甲状腺がんとは分子生物学的に異なることが明らかとなった。現在検証が行われている最新の研究では、個々の染色体の特定部位にわずかな違いが見られ、これが放射線誘発がんのマーカーである可能性が示唆されている。

CTBは、放射線誘発甲状腺がんに関する研究において他に類のないリソースを提供しており、この統合された生物学の時代にあって、がん研究全般の模範となっている。

ジョン・R・クーパー  
英国健康保護局

ICRP は、数年の協議の後、2007 年の終わり新たな勧告を刊行した。新しい勧告は、1991 年に刊行された 1990 年勧告の論理的展開であり、これとその後の印刷物をより確固にするものである。1990 年勧告にある 3 つの原則、すなわち正当化、最適化、線量限度は据え置かれた。ICRP は、職業被曝、公衆被曝、医療被曝（患者、介護者、医療研究への志願者を含む）を分けて考える立場を継続している。しかしながら ICRP では、従来行為と介入に代えて、3 つの被曝状況を新たに確認するものである。3 被曝状況の考え方により、全ての放射線曝露状況をふくむ全ての状況に対して放射線防護システムの適用ができる。

2007 年勧告では、最適化原則が全ての被曝状況におなじように適用されるべきことを強調するものである。制限については個人への実効線量をもとに、計画時には線量拘束値、緊急状況と現存状況では参考レベルが適用される。これらの線量を越える放射線防護の選択は、計画段階で排除されるべきである。

とりわけ、これらの制限は、最適化と同様に、今後起こる状況に対して（前向きに）適応されるものである。もし最適化の手段が行使された後で参考レベルを越える被曝があった場合には、その理由を明らかにせねばならないが、さりとてこの事実のみでは法的措置を発効すべきではない。全ての状況についての放射線防護に関する一般的なアプローチは、ICRP 勧告の適用を円滑ならしめると期待される。

行為と介入概念から 3 被曝状況概念に変えたことの意味は、とりわけ緊急被曝状況において明らかである。1990 年勧告においてこれらの被曝状況は、予測線量を低減する目的での最適化を目指した介入とみなされた。2007 年勧告では、参考レベルによる最適化は、行為を行った後の線量のレベルをさらに強調するもので、緊急時対応においては、参考レベルを下回る結果を生み出す防護策を講じるべきである。

本講演では、ICRP の 2007 勧告について 1990 勧告との比較で述べ、その適切性を論じる。とりわけ、緊急時被曝に対する適用と Publication 109 にあるガイダンスについては詳しく述べる。そして、英国における ICRP 勧告の取り込みにおける英国健康保護局の役割にも言及する。



リチャード・ウェークフォード  
マンチェスター大学

大学電離放射線被ばくに伴うがんの過剰リスクは、実験研究（たとえば実験動物の研究）結果を手がかりに、被ばく者集団の疫学調査から推定がなされる。がんリスクのモデルは、主に、短時間で（すなわち高線量率で）放射線に曝露された広島と長崎の日本人被ばく者に関する詳細な調査を基にしたものである。しかしながら、このデータセットの分析から得られた結果は、医療被ばく者集団の調査など、その他数多くの疫学調査によって裏付けられる。これらのがんリスク・モデルは、組織特異的な放射線被ばく線量-線量反応関係-を用いてさまざまな種類の放射線関連がんリスクの変動を記述するもので、必要に応じて、被ばく年齢や被ばく後経過期間など、一定の重要なリスク変異要素の影響も組み込んだものとなっている。これらのリスク・モデルの生成に用いられた情報の多くは、中高線量 (>100 mSv) 被ばく者から得たものであるため、モデルのきわめて重要な側面は、過剰リスク予測を低線量 (<100 mSv) に拡大することにある。放射線防護の目的上、低線量および低線量率における線量反応は直線で（そしてガンマ線などの低 LET 放射線については直線の傾きは高線量率での半分として）、被ばく線量にしきい値はないと仮定されている。しきい値なし直線 (LNT) ががんリスク・モデルは、深刻ながんを誘発する平均生涯過剰リスクを、おおむね実効被ばく線量 1 Sv 当たり ~5% と予測している。LNT モデルは、背景リスク要因によって生じる全がんリスクの変動に相対して過剰リスク予測が低く、そのため低線量での確定的な検証が難しいので、議論の多いものとなっている。とはいえ、少なくとも一部のがんについては、線量被ばくの結果として低いながらも過剰リスクがあり、その程度はリスク・モデルによって予測されるレベルとほぼ同程度であることを示すエビデンスが存在している。こうしたエビデンスは、たとえば原子力産業労働者や、CT スキャンなど比較的高線量の医療診断法により被ばくを受けた者などの大規模調査から、近い将来増加するものと思われる。・粒子被ばくについては、とりわけ鉱山や家庭でラドンによる被ばくを受けた者など、疫学調査の対象集団があり、これらの集団に基づき適切なリスク・モデルが構築されている。ラドン以外の放射性物質摂取による放射線被ばく者は多数ではないが、チェルノブイリ原子炉事故による放射能放出や大気中核実験による放射性核種の内部被ばくに関する調査では、かかる被ばくによるがんリスク予測について、重大な過小評価は示唆されていない。

要約するに、放射線防護の目的上なされた、一部の低いがんリスクは低放射線被ばくによるものであるとする仮定は、背景リスク要因に比較的大きな変動があるため裏付けが難しい。しかし現在入手可能なエビデンスにおいては、この仮定は間違っていないと思われ、リスクの程度は高線量率で中高線量の被ばくを受けた者を主に基盤とした LNT ががんリスク・モデルによって予測される程度に近似していることを示唆している。

ジャック・ロシヤール  
フランス原子力防護評価研究所

国際放射線防護委員会 (ICRP) の放射線防護体系の目的は、電離放射線被ばくを管理・制御して、確定的影響を予防し、確率的影響のリスクを合理的に達成可能な程度まで低減することにある。ICRPは、Publication 111 (2009年) において、原子力事故または放射線緊急事態後の長期被ばくを現存被ばく状況と定義し、そうした事象後に長期汚染地域に居住する人々の防護のためのガイダンスを提供している。防護の最適化の原則、すなわち社会的・経済的因子を考慮に入れて、合理的に達成可能なかぎり低いレベルにあらゆる線量を維持または低減することが、かかる被ばく状況に対処する上での原則となる。ICRPは、個人被ばくを制限するための線量の参考レベルを用いることを勧告している。これは、状況に応じて1～20 mSV/年の範囲の下方部分から選定すべきとしている。防護の長期的目標は、通常とみなせる状況に近いまたはそれと同等のレベル、すなわち1 mSV/年未満まで被ばくを低下させることである。

被ばくを合理的に達成可能な程度の低いレベルに維持、または低減するための防護方策を実効あるものとするためには、当局および民間企業（とりわけ食料生産システムの放射線管理を改善するため）のみならず、影響を受けた住民自身によっても実施される防護措置を含めることが不可欠である。汚染環境に居住する住民が問題を特定し、自らの防護措置を適用するプロセスを、ICRPは「自助努力による防護」と呼んでいる。こうしたプロセスは、被災者個々人が状況を熟知し、十分に情報を得ていることが前提となる。継続的放射線モニタリング、情報および住民教育のためのプログラムを策定するのは、当局の責務である。防護措置の策定および実施に地元の専門家や住民が関与することが、長期的な復興プログラムの持続可能性にとって重要な要素となる。

本論では、最初に、緊急時被ばく状況から現存被ばく状況への移行の問題を取り上げ、次に、長期汚染地域居住の主な特徴について論じる。最後に、人々を防護し、被災地の地域社会並びに経済活動の再生を促進するために実施されるべき放射線モニタリング、健康管理および汚染食品その他商品の管理に関するICRPの勧告について説明する。

甲斐 倫明  
大分県立看護科学大学

事故の初期に放出された大量の放射性ヨウ素は、実効線量としては大きく寄与する甲状腺被ばくをもたらすことから放射線防護上注目された。避難や食品制限を適宜実施することが放射線防護として被ばく低減につながったと考えられる。3月24日以後、原子炉の安定化が図られるようになり、大気中への放出が低下して環境中の汚染量が増加することなく、安定な状況になってくると、被災地域によっては緊急時被ばく状況から現存被ばく状況に移行しつつあった。一般に、緊急時の参考レベルは長期間の目安線量としては容認できないので、新たな参考レベルが関係者の意見を取り入れながら、適切に選択することが求められる。しかし、原子炉の非常時が継続していたことから、緊急時の放射線防護方策が継続し、被災地域の住民に混乱をもたらした。文部科学省は夏休みまでの一定期間、学校の校庭の線量として毎時3.8マイクロシーベルトの参考レベルを採用した。この線量率は一定の仮定の下で年間20ミリシーベルトに相当する。子どもをもつ母親は公衆の線量限度が年間1ミリシーベルトであることから、年間20ミリシーベルトは容認できないレベルであると認識するようになった。とくに、子どもの内部被ばくに対する心配が増加してきた。これは、実際に測定して確認したいと考えたが、内部被ばくに関する情報がほとんど得られないことが住民にとって深刻な問題となった。さらに、インターネット上での内部被ばくに関する種々の情報は子どもへの内部被ばくからの健康影響に対する心配を増大させる働きをした。これらの社会状況から学ぶべき教訓として次のことが考えられる。緊急時や現存被ばく状況における参考レベルの選定にあっては、その数値がどのようなリスクを想定したものであるかを伝える努力が必要であり、内部被ばくに関する情報をできるだけ明らかにして被ばくの実態を伝えることが求められる。参考レベルについての説明責任は、現存被ばく状況においてはとくに重要である。この点からは、従来、ICRPや規制当局は公衆とのリスクコミュニケーションのあり方に十分に配慮してこなかったことが様々な問題を引き起こしていると考えられることから、今後の教訓となるものである。

ジャイキ・リー  
漢陽大学

福島第一原子力発電所事故に対する韓国一般市民の反応、とりわけ過剰反応について検証した結果、領土の狭い国における深刻な放射性物質による汚染は、重大な国家危機につながる恐れがあるとの結論に至った。ここで言う「深刻な」は必ずしも一般市民の健康に対して有害なものを意味するものではなく、単純に放射性物質が検出されることを意味する。最大の影響は、風評によって引き起こされる社会経済的損害である。外国資本の逃避も打撃となりうる。加えて、食糧供給問題、稼働中の原発の強制停止による電力不足、そして社会混乱からも、事態はさらに悪化する。留意すべき点として、このような過剰反応の大半は、放射線リスクに対する誤解が原因となっている。原発事故によって生じるこうした過度な不安の拡大による不当な損害は防ぐべきである。原子力は不可避な選択であることを考えると、一般市民の認識を原発立地国ばかりでなく、国際社会全体で変革していくことが不可欠である。

## 国連総会への科学報告の作成：東日本大地震・津波に続く原発事故による放射線被ばく 6-2 についての国連科学委員会の活動の現状

ウォルフガング・ヴァイス  
ドイツ連邦放射線防護庁

2011年5月の第58回会合において、国連科学委員会は、同年3月の原発事故による、放射線レベルとその影響について、その意味するところを勘案した。委員会は日本の人々への同情と連帯を表明するとともに、非常な自然災害とそのもたらした災厄からの早期の回復を念じるものである。また、放射線のもたらした災厄の評価をしている日本の科学者に、本委員会が協力する用意があることをお伝えするものである。委員会は、これまで事故による放出による被ばく評価にかかわる科学的手段に深い経験をもっている。そして、ごく最近には、低線量・低線量率被ばくの健康影響についての科学的知見についての報告を刊行した。これらは、事故に起因する放射線レベルと影響についての評価の基盤をなすものである。委員会は、日本における緊急時状況は今も続いており、それゆえ科学委員会がまとめる報告は、現時点での情報と事故影響に基づくもので、まだ不完全であると認識している。加えて、すでにある膨大な情報に加えて、環境関連データはこれからも集まり続けると理解している。そしてこれらのデータは、今後その解析に何ヶ月もかかるものと思われる。そうではあっても委員会は関連データと情報の収集・整理の開始を勧告する。

このような報告は、被ばくとその影響について、科学的な評価を行うことのみを目的とする。本報告は、政策についての言及や、原子力の安全性、放射線防護、環境防護、緊急時措置とそれへの対応、さらには公衆の健康防護施策などについてのレッスンを示すものではない。そして混乱と理解間違いを避けるためには、日本政府により取られた施策と調和を保つことが、重要である。

委員会は、十分な情報が入手して、事故による被ばくのレベルと放射線影響についての全面的な評価を行うことを決定した。そして、2012年5月の第59回会合において予備的な報告を、そして2013年の第60回会合において、報告の完成を予定している。報告書では、方法論を明らかにして、日本内外の異なる集団にたいする線量を評価する。これには、公的なルートや科学雑誌等に刊行された論文、さらに信頼性がある情報源などから入手できるデータと情報に用いる。この作業は、これに短期間で対応する意志のある団体の協力に全面的に依存している。この報告については、委員会は、まず2012年初頭段階での中間報告で確信を持ちうる問題について論じる。そして、2013年の第60回国連科学委員会での主報告は、とりわけしっかり書かれ、またデータにしっかり裏打ちされたものでなければならない。本報告の読者は、政治家や官僚の他に、科学ジャーナリストである。また報告の付属書には、科学者のための詳細な情報が採録されている。そして事故が終焉して数年の後は、さらに完全に権威をもった報告が必要となるであろう。

チェルノブイルの経験から、住民・公衆の間での苦悩、心痛、事故の長期的な影響についての懸念などが予想される。独自の権威ある組織として、環境放射性核種による長期放射線曝露の評価を、国連科学委員会が行うことが非常に重要である。そして委員会として、良い情報基盤を供与することで、公衆と為政者の放射線とその影響についての理解を深めることに寄与することができる。津波からの物理的な回復が完了した後も、環境にとどまっている長半減期の放射性物質が懸念となり続けるであろう。そのため、世界のコミュニティーは、来るべき年月の間、調和を取りながら対応することが重要である。

品質管理が十分なデータを供与することは、委員会での評価にとって重要である。日本の全ての団体と、国連関連の国際団体との協力、とりわけIAEA、CTBTO、WMO、WHO、などとの協力が大切で、報告の結果と方法論をこれらの団体が独自に評価することで、日本、太平洋諸国、そして世界の状況を踏まえた寄与ができる。

国連科学委員会では、予備的な計画についての発足会合が2011年6月30日7月1日にわたって行われた。この会合には、国連科学委員会メンバーの10カ国とオブザーバー3カ国から34名の参加を得た。会合の主要な目的は、日本の窓口組織（放医研、原子力安全委員会、ウイーン日本代表部）との共同で作られた作業案についての合意を得ること、および、評価の材料となるデータを得る道を探ることであった。この作業は、以下の4グループで構成される。

- グループA：データ集積、選別、品質評価、文書化
- グループB：放射性核種の放出と拡散
- グループC：線量とリスク評価、(a)ヒト、(b)環境生物
- グループD：作業者の線量と健康影響

日本は、すでにこれらのグループについて、専門家を推薦し、他の国もそれぞれの予想される専門家を推薦することで、関心を表明した。本作業の全体管理は、ウォルフガング・ヴァイス (BfS) と米倉義晴 (NIRS)、それに国連科学委員会秘書が行う。

BfSにより作られた必要データリストは、上記会合で議論され、現段階でのドラフトは、2011年7月末に公開された。日本代表団は、データの利用可能性と、2001年9月段階のリストにあるパラメータについて評価することへの対応を求められた。代表団によれば、日本では異なるデータ源が利用可能である。3つの公的なデータ源は、以下のごとくである。

1. 日本政府
2. 福島県
3. 大学ネットワーク（ただし前もって査読が必要）

これらにくわえて、東京電力とそのパートナーにより非常に多くの測定がなされており、これらも査読に通ったものは考慮されるべきである。

国連科学委員会の評価は、品質の良いデータといろいろなところから刊行された評価を得て、2011年の末にようやく開始できるであろう。重複をさけ、評価に必要な情報を請求することで日本側の同僚たちの加重を少なくすることが重要である。