

～ 日本の半導体復興に向けて ～

兵庫県立大学高度産業科学技術研究所 学長特別補佐 渡邊 健夫

- (2) 京大赤外自由電子レーザー施設の現状と将来展望
京都大学エネルギー理工学研究所 副所長 大垣 英明

11:40-12:40 昼休憩

テーマ2「最先端研究報告（学生、若手研究者による）」

- (3) 北陸冬季雷で発生する大気中での電子加速と光核反応
大阪大学大学院工学研究科 助教 和田 有希
- (4) 放射線生体影響の数理モデルによる研究
大阪大学大学院工学研究科 D3 衣川 哲弘
- (5) 低速原子散乱分光法を用いた絶縁性材料の表面構造解析
大阪公立大学国際基幹教育機構 講師 譚 賡
- (6) 太陽電池素子技術を応用した1F廃炉用センサの開発
京都大学複合原子力科学研究所 助教 奥野 泰希

14:40-15:00 休憩

テーマ3「新たな研究開発の動き」

- (7) もんじゅサイトの新試験研究炉 ～現状と福井大学の役割～
福井大学附属国際原子力工学研究所 所長 宇埜 正美
- (8) 医療におけるRIの利用と製造供給—大阪大学のアルファ線核医学治療法開発を中心に—
大阪青山大学 学長 篠原厚
- (9) 三菱重工の革新軽水炉・将来炉に向けた取り組み
三菱重工株式会社原子力セグメント原子力技術部 次長 西谷 順一

17:15 閉会挨拶 大阪公立大学研究推進機構 教授 古田 雅一

UNSCEAR 2017 Report の翻訳と刊行について（経過と内容など） （公財）体質研究会 中村清一

1. はじめに

2011（平成23）年3月に発生した東電・福島第一原発の事故により広範な地域で高い放射線が観測され、低線量被ばくの健康影響が問題とされた。その結果、低線量被ばくの健康影響としての高自然放射線地域住民の健康調査が注目され、2011年5月の第58回原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）において「低線量放射線の健康影響に関する疫学研究」が検討課題として採択された。その後の国連科学委員会には「高自然放射線地域住民の健康調査」に関係する秋葉澄伯先生はじめ国内のUNSCEAR関係者が毎回、参加・報告した。これらの報告をもとにした議論を経て、2017年5月29日から6月2日にかけて開催された第64回UNSCEAR委員会では審議結果がまとめられ、2018年4月「UNSCEAR 2017 Report」が発表・公表された。

公表された報告書は、総会への報告（総論）と2つの科学的附属書 ANNEX-A と B から構成されている。

これらの報告書のうち、附属書-Bには我々のかかわった調査・研究の結果が取り上げられており、また、低線量放射線被ばくの健康影響に関する多くの情報を含んでいることから、国内にもこれらの情報を届けることが有用であると考え、附属書-Bを翻訳・刊行する事を企画した。

ここでは、2018年4月に公表された「UNSCEAR 2017 Report」の内容と附属書-Bの翻訳・刊行の経過について紹介する。

2. UNSCEAR（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）について

2-1. 沿革・目的: UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) は国際連合傘下の科学委員会であり、1955年に国連総会決議に基づいて設置された。国連における

UNSCEAR の役割は、環境における電離放射線と放射能の観測されたレベルに関する報告、そして人とその環境に対する電離放射線の影響に関する報告等々を評価し、これを国連総会に報告することである。設立当初、日本を含め 15 カ国だった加盟国は、2022 年 6 月時点では 31 カ国となっており、UNSCEAR は加盟国を代表する科学者からなる委員で構成され、年に一回の会合を開催している。

2-2. 活動内容：発足当時 UNSCEAR は、当時の世界情勢を反映して核実験による放射性降下物からの線量評価に重点を置いていた。その後、大気圏内核実験の縮小に伴い、活動の対象は原子力の平和利用に付随する諸問題に拡大され、環境における放射線源に関する調査データ、医療被ばく、職業人被ばく、公衆被ばくに関する調査データ、放射線の人の健康ならびに環境への影響などについて、データを収集・検討し、国連加盟各国に報告書の形で提供している。その結果、UNSCEAR の報告書は信頼性の高い、有用なデータベースとして、放射線リスク評価と防護基準の基礎となっている。

2-3. 我が国の関係した主な活動：

広島・長崎で長年にわたって実施されてきた原爆被ばく者を対象にした調査研究は、UNSCEAR の放射線健康リスクに関する情報源として重要な役割を果たしてきた。今後も我が国から詳細な情報が提供される見込みで、被ばく国・日本にしかできない貢献として期待されている。

現在、UNSCEAR が精力的に取り組んでいるのが東電・福島第一原発に関する報告書の作成である。各国の専門家が結集し、事故関連の各種データ収集、放射性物質の放出と拡散状況、住民の被ばく線量とリスク評価、作業員の被ばく線量と健康影響などをテーマに、検討作業を進めている。

その結果、UNSCEAR は、2014 年 4 月に東京電力福島第一原子力発電所の事故による放射線の影響を評価した「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」を刊行した。また、刊行後の新たな科学的知見を踏まえて、同報告書の評価結果を検討し、2015 年、2016 年、および 2017 年に白書を公開している。

日本が果たしている役割は、福島第一原発事故に関する報告書に限らず、文部科学省や原子力安全委員会事務局などの支援の下に、18 人の委員と 100 人近いコメンテーターで「UNSCEAR 国内対応委員会」を組織して報告書を精査するなど、UNSCEAR に対して必要な情報の提供などによる支援を行っている。

3. UNSCEAR 2017 報告書 概要

UNSCEAR 2017 Report は“SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2017 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes,”とのタイトルで 2018 年 4 月に公表・発表された。

公表された報告書は、総会への報告(総論)(約 18 頁)と 2 つの科学的附属書 ANNEX-A (約 45 頁)と B (約 110 頁)から構成されている。科学的附属書は、UNSCEAR の総会への 2017 年報告書の科学的根拠となるものであり、**附属書 A** は、放射線被ばくに関する疫学研究の長所と限界に焦点を当て、委員会の評価の質を確保するための原則と基準を示している。**附属書 B** は、高自然放射線地域などの環境源からの低線量率放射線被ばくによるがんリスクに関する疫学研究が紹介されている。

3-1. UNSCEAR 総会への報告：

UNSCEAR 総会への科学委員会報告は 2017 年 5 月 29 日から 6 月 2 日まで、ウィーンで開催された第 64 回 UNSCEAR 委員会の審議内容を報告するものであり、I. はじめに、II. 第 64 回国連原子放射線の影響に関する科学委員会の審議内容、III. 科学的報告書の三章で構成されている。

I. はじめにでは、電離放射線への被ばくは、自然発生的なもの(宇宙からの放射線や地球上の岩石から発生するラドンガスなど)と、人工的なもの(医療診断・治療行為、核兵器実験に起因する放射性物質、原子力発電を含むエネルギー生成、チェルノブイリや東電の事故などによるもの、人工的または自然発生的な放射線源への被ばくが増加する可能性のある職場など)から生じる電離放射線があることや、放射線の健康影響、リスクに関する知識を高めるための活動などが記載されている。

II. では、**委員会の審議内容**では現在の作業計画として、2011 年の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に関する報告を取り上げ、2013 年の報告書以降の進展として、一般的に線量は低く、したがって関連するリスクも低いと予想されるとして、福島県におけるがんの発生率が、事故による放射線被ばくに起因するとは考えられないと結論づけている。

科学的報告書として、2 つの**附属書**が示されている。一つは、放射線被ばくの疫学研究の評価の質を確保するための原則と基準について議論し、多くの研究から得られた知見を放射線影響の評価に統合するため、評価の一貫性、透明性、客観性をさらに高めることを目指すとともに、様々な研究の質に着目

し、その長所と限界を評価するとしている。もう一つは、環境源からの低線量率放射線によるがんリスクの疫学的研究について、統計的検出力が限られていることに加え、交絡因子や被ばく評価の不確かさなどの他の面での限界により、かなりの不確かさがある。環境源からの低線量率被ばくの研究が、放射線誘発がんのリスクの解明に貢献できる可能性がある。しかし、統計的検出力の低さ、線量の不確かさ、交絡因子の不完全さなど、研究の限界を克服するためには改善が必要であり、低線量および低線量率の健康影響の推定に寄与する疫学的、生物学的、統計学的分析を引き続き検討するとしている。

3-2. 附属書-A 放射線被ばくに関する疫学研究の評価の質を確保するための原則と基準(ANNEX-A Principles and Criteria for Ensuring The Quality of The Committee's Reviews of Epidemiological Studies of Radiation Exposure) :

附属書-A は、1. 疫学研究のタイプの概要、2. 疫学研究の質に影響を与える主な特徴、3. 研究結果の統合プロセス、4. 結論 からなっており、放射線被ばくに関する疫学研究の長所と限界に焦点を当て、委員会の評価の質を確保するための原則と基準を示している。

これらを要約すると、

1. 放射線疫学研究から得られた結果は、原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) の科学的評価の重要な一部を構成している。しかし、放射線疫学研究の多くは、低線量、低線量率での被ばくを扱っているため、被ばくと結果の関連性を評価することが困難になっている。個々の研究から得られた結果の評価では、評価基準として、関連性、妥当性、精度が挙げられる。

2. 委員会の報告書は証拠の要約であり、現在の科学的知識をバランスよく網羅的に評価し、証拠に基づく結論を提供するために、包括的かつ体系的であることを目指している。

3. 全体として、委員会は、可能な限り質重視の系統的な評価基準で評価を行うことを目的としている。研究の質に焦点を当て、放射線疫学研究の長所と限界を明確に評価することは、委員会の特徴であるが、ここに概説したような系統的な方法で品質基準を用いることは、疫学データに基づき解釈されている UNSCEAR 報告書には必ずしも適用されていない。

4. まとめると、委員会の評価・査定のための情報収集、分析、解釈に対して高い透明性と体系的なアプローチをとることが、報告書に必要な高い科学的水準を維持することにつながるとしている。

3-3. 附属書 B 環境由来の低線量率放射線によるがんリスクの疫学研究

(ANNEX-B Epidemiological Studies Of Cancer Risk Due To Low-dose-rate Radiation From Environmental Sources) :

2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所事故の影響で、低線量・低線量率の放射線被ばくによる一般集団のがんやその他の健康影響のリスクに対する関心が高まっている。

附属書-B には高自然放射線地域などの環境源からの低線量率放射線被ばくによるがんリスクに関する疫学研究など、低線量放射線被ばくの健康影響に関する多くの情報を含んでいることから、日本国内にもこれらの情報を届けることが有用であると考えた。そこで、附属書-B に記載されている、中国およびインドの高自然放射線地域の調査に関わった研究者を中心に「UNSCEAR 2017 Report」の“附属書-B”を翻訳・刊行する事を企画した。

ここでは、附属書-B 邦訳版の概要を以下に紹介する。

・附属書-B 構成(目次) :

I. 緒言 (背景と目的、対象範囲と研究の選択)

II. 人間活動に伴う環境被ばくに関する研究 (テチャ川研究、台湾 ⁶⁰Co 汚染研究)

III. 自然放射線への環境被ばくに関する研究 (インド・ケララ、中国・陽江市、その他)

IV. 自然バックグラウンド放射線と小児白血病に関する研究 (自然放射線、人間活動由来放射線)

V. 生物学的線量測定

VI. 選択した研究の比較評価 (高自然放射線地域の研究、小児白血病研究)

VII. 将来の研究ニーズ

VIII. 結論

附属書 B 概要

I. 緒言

本科学委員会は、線量・線量率効果係数の妥当性を低線量・低線量率被ばくによるがんリスクの疫学研究の科学的評価の観点から議論した。

・0.1mGy/h 未満の低 LET 放射線において線量率の違いががんリスクに及ぼす影響についてはまだ明

らかになっていない。従って、低線量率の放射線を長期間にわたって被ばくし、累積線量が数百ミリグレイ (mGy) に達するこれらの集団を対象とした疫学調査は、低線量率放射線被ばくによる健康影響を研究する機会を提供している。

・本科学委員会は 2016 年までに公表された個人線量評価による定量的リスク研究（エコロジカル研究、甲状腺研究は除く）について、がんのタイプ別に線量と線量率の影響を評価しており、さらに、低線量と低線量率の健康影響の推定に寄与する疫学的・生物学的・統計学的解析を進めるとしている。

II. 人間活動に伴う環境被ばくに関する研究

A. ロシア連邦・テチャ川のコホート研究：がんの罹患と死亡の両方に関するデータを含んでおり、線量の幅が広いこと、追跡期間が長いことが特徴である。交絡因子に関する情報は乏しい。

B. 中国・台湾における ^{60}Co 汚染建物の居住者の研究：この研究は方法論的限界と小規模な研究であるにもかかわらず、個々の線量推定値を使用しており、定量的なリスク推定値を提供できるため、附属書に採用された。

III. 自然放射線への環境被ばくに関する研究

A. インド、ケララ州カルナガパリでの研究：がん登録による罹患情報を利用。ただし喫煙調整の詳細が示されていない。累積平均被ばく線量 161mGy。本研究で得られた知見は合理的に頑健であるが、信頼区間が広い。

B. 中国・広東省陽江市での研究：がんリスクの増加は示さないが、対象者数が少なく、累積線量が小さい。また、個人レベルの交絡因子データを欠如している。移住は少ないが内部被ばくの影響が大きい。全がん死亡者のかなりの割合が肝臓がんと鼻咽頭がんによるものであり、いずれもウイルス感染に関連するとされる。

C. その他の研究：1. ブラジル・グアラパリ、2. イラン・ラムサール の調査。

IV. 自然バックグラウンド放射線と小児白血病に関する研究

A. 自然放射線被ばくに関する研究：英国・小児がんの歴史的、記録的ケースコントロール研究、スイス・症例特定の品質は高いが、症例数少なく、医療被ばくも収集されていない。その他、フィンランド、フランスの研究。

B. 人為的な発生源からの環境被ばくに関する研究：チェルノブイリ事故後のベラルーシ、ロシア、ウクライナで事故時に 6 歳以下（胎児含む）の小児の症例対照研究。UNSCEAR は事故に起因する放射線に子供の頃に被ばくした人々に白血病リスクの増加を示唆する証拠は見られないとしている。

V. 生物学的線量測定

不安定型染色体異常と安定型染色体異常は同程度の割合で検出された。しかし、陽江とカルナガパリ住民では、不安定型異常が過剰であるにもかかわらず、がん死亡率（中国）とがん罹患率（インド）の増加は観察されていない。

VI. 選択した研究の比較評価

A. 環境放射線量が高い地域での研究：テチャ、中国、インドの各研究のレビュー。

・テチャ川の固形がん ERR は LSS（生涯研究）と近いが信頼区間が広く、解釈には注意が必要。

・ケララの研究は、さらに継続することにより、精度を向上させ、リスクの大きさに対する効果の修正や線量率の影響についての洞察を得る可能性がある。

B. 小児白血病の研究：放射線被ばくは調査対象者の家庭での直接測定によるか、地域の平均値を用いて推定される。地域単位の線量推定値を用いた研究では、サンプルサイズを大きくすることで統計的検出力を高めることができるが、個人線量の推定に伴う不確実性がある。

C. 急性被ばく研究との比較：高線量率放射線研究から得られたがんリスク推定値を低線量率放射線研究の結果と比較することは有意義である。しかし、方法論の違いや研究の不確実性のために、リスク推定値の有効な比較は困難である。各研究でがんパターンが異なることに注意が必要。

VII. 将来の研究ニーズ

・インドがん罹患率データおよび行動リスク因子に関する調査を継続的に追跡することにより、自然放射線による低線量率放射線によるがんリスクの推定値が改善される可能性がある。

・小児白血病は相対リスク係数が高い。また、確立された主要な危険因子が少なく、成人と比較して被ばくの範囲が限られていることから、交絡因子の問題は他のがんよりも少ないと考えられる。

今後の解析では白血病などの個々のがん種に焦点を当てるべき。

・重要な課題として、線量評価品質、包括的がん登録、死亡と移住追跡、放射線以外のリスク要因調整、

不確実性の扱い手法の改善(線量不確かさ、残留交絡因子)がある。

VIII. 結論

テチャ、インドの研究は信頼区間が大きく、それゆえ整合性をはかることが必要。テチャは内部被ばくがあり、さらに初期線量率が高い。強みは、線量の幅が広いこと、フォローアップ期間が長いこと、がんの罹患と死亡の両方に関するデータであることである。しかし、外部被ばくと内部被ばくの両方の影響を受けており、時間の経過とともに変化しているため、線量推定値の不確実性が大きい。さらに、交絡因子に関する情報が乏しい。結論として、低線量率放射線被ばくに関する研究は、直接的な証拠として貴重で、放射線誘発がんリスクの理解に貢献する可能性があるが、線量評価、がん診断、交絡因子特定の改善が望まれる。

4. あとがき

2018年4月に公表された報告書「UNSCEAR 2017 Report」は、総会への報告(総論)と2つの科学的附属書から構成されており、そのうち、附属書Bは我々のかかわった「高自然放射線地域住民の健康調査」が取り上げられていることから、「UNSCEAR 2017 Report」の“附属書-B”を翻訳・刊行する事を企画した。

ここでは、附属書-Bの翻訳・刊行の経過を記す。

・翻訳・刊行についての経過:

2021年

- ・5月20日 UNSCEAR2017報告書の日本語版の刊行を企画。
- ・7月22日 UNSCEAR事務局宛て UNSCEAR-2017 Report ANNEX Bの日本語版発行許可申請提出。
- ・9月11日 UNSCEARより許可通知と契約書が届き、契約書に署名送信。契約成立。
- ・9月24日 契約成立を受け、翻訳・刊行委員会を立ち上げた。
- ・9月28日 第一回検討会(作業内容と行程の打ち合わせ。年内にZoom会議を4回開催)。

2022年

- ・1月13日 翻訳版の最終チェック。
- ・1月14日 ANNEX-B 翻訳版を UNSCEAR に送付し、出版許可の要請を行った。
- ・2月15日 UNSCEARより発行許可の連絡があった。
- ・2月15日 印刷発注 ・2月21日 翻訳版刊行。
- ・2月21日 翻訳版を UNSCEAR宛発送(翻訳版及びPDF版を国内関係者に発送・発信)。

・翻訳・刊行委員会について:

・契約成立を受け、09月26日 UNSCEARの活動や高自然放射線地域の調査・研究にかかわった研究者を中心に翻訳・刊行委員会を立ち上げた。委員会では年内の翻訳版完成を目指し、作業内容と行程の打ち合わせを行った(Zoom会議)。

- ・UNSCEAR 2017Report ANNEXB 翻訳委員会(敬称略): ・チーム総括: 遠藤啓吾、秋葉澄伯
- ・委員: 大野和子、児玉靖司、郡山千早、床次眞司、中村清一、細田正洋、細野真

各委員には分担部分の仮訳版を送り、内容や用語のチェック・点検などを依頼した。すなわち、仮訳版の中での述語や地名などの統一、専門用語では、分野別に検討を行った。点検は分担部分を変え2度行った。また、作業内容と進行についての意見交換会議を年内に4回開催した。また、チェック内容は各委員より、秋葉、中村宛送信され、意見・報告を翻訳版に反映させた。また、UNSCEAR委員会に関係している三枝新、佐々木道也には作業について助言をお願いした。

・翻訳版に対する UNSCEAR の反応:

・2022年1月14日、翻訳版の最終チェック後 ANNEX-B 翻訳版を UNSCEAR に送付し、出版許可の要請を行った。その後、発行許可の催促を行った(2月中の返信11回)。

・その結果、提出した翻訳版に対して、UNSCEARより、以下のような問題点の指摘があった(2月4日)。

“①表紙とタイトルページから国連エンブレムを取り除く。表紙には、日本語版出版社としての名前とロゴを表示。②コピーライトページと裏表紙から原版の販売情報(ISBN、販売番号、バーコード)を削除。③表紙またはコピーライトページに、“この版は国連のために、国連に代わって発行されました”と表示。④“本資料は、UNSCEAR2017報告書翻訳出版委員会が日本の読者の理解を助けるために作成した非公式文書であり、国連及び同委員会はその正確性について何ら保証するものではありません。”この免責事項をご自身に適用されるのであれば異存はありませんが、国連と同じ文章で行わ

れるべきものではありません。以上のように変更し、修正後の表紙、コピーライト、タイトルページを提出下さい。”

2月5日、UNSCEARの指摘に従い、字句あるいは表現の訂正を行い返信した。

2月15日 UNSCEARより発行許可の連絡があり、早速、印刷発注、2月21日、翻訳版刊行。

2月21日 翻訳版を契約に従い UNSCEAR宛発送した。(翻訳版及びPDF版を国内関係者に発送・発信)。

・なお、2月21日、UNSCEAR報告の日本語版の完成に合わせて翻訳版をベースにしたZoomによる検討会を関係者の参加のもとに開催した。

ONSA よりのご連絡

「附属書-Bの翻訳版」は、無料でPDF版を配布しております。ご希望の方はONSAへ、送付先のメールアドレスを記載のうえお申し込みください：onsa-ofc@nifty.com

第77回放射線科学研究会のご案内 (2022年11月4日)

プログラム

1. 様々な放射線と放射線源を用いた非破壊検査 (50分)

元大阪府立大学 研究推進機構 放射線研究センター 教授 谷口良一

放射線非破壊検査に用いた放射線の歴史的な展望を行うとともに今後の展開を占ってみたい。放射線透過画像を用いた検査は百年前のX線の発見から始まったものであるが、その後、 γ 線、中性子などの画像検査が登場している。ことに最近ではミュオンやニュートリノなどの透過画像も話題となっている。非破壊検査の分野では、技術的な発展とその流れを中心に解説している例が多いが、今回は放射線非破壊検査の物理的な側面に注目し、新しい放射線検査技術の発展の方向と可能性について言及するとともに、これらに共通した問題である放射線源について議論したい。

2. シングルショット中性子分析 (50分)

大阪大学 レーザー科学研究所 教授 余語覚文

レーザー駆動中性子源は、高強度レーザーパルスが薄膜の1次ターゲットに集光して、プラズマの作る瞬間的な電場でMeVエネルギーイオン(陽子・重陽子)を発生し、それを2次ターゲット(ベリリウム等)に照射して、短パルスの高速中性子を発生する。コンパクトな線源サイズや短時間パルス性能が挙げられる。これらの特性を実験的に検証し、レーザー駆動中性子源を新しい線源として確立することを目指している。本講演では特に、1パルスのレーザーで発生する1パルスの中性子で1計測を完了する「シングルショット中性子分析」を目指し、ラジオグラフィ計測や中性子共鳴吸収による元素分析を実施したので報告する。

(休憩)

3. 陽電子消滅法を用いた金属材料中の原子空孔の非破壊評価 (50分)

京都大学 複合原子力科学研究所 助教 藪内敦

物質中に原子数比で1/10000の濃度の空孔があると、物質に入射した陽電子はほぼ全て空孔に捕獲され消滅し、ガンマ線を放出する。したがって陽電子は空孔の情報を10000倍に増幅して外部に伝えてくれるプローブであると言える。本講演では原子空孔の非破壊評価手法である陽電子消滅法の計測原理について簡単に説明した後、金属材料を中心に空孔を計測する意義および陽電子消滅法の適用事例について紹介する。

4. 産業分野における放射線非破壊検査 (50分)

非破壊検査株式会社 技術本部 安全工学研究所 合田吉克