甲全第252号証

令和6年5月27日

ＵＮＳＣＥＡＲの信頼性が乏しいことについて
（意見書）

上岡　直見

意見書（UNSCEARの信頼性が乏しいことについて）

2024 年 5 月 14 日

環境経済研究所／新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会元委員　上岡直見

はじめに

被告は、本件事故によって原告らは甲状腺に有意な放射線被ばくを受けていない可能性があり、被ばくを受けているとしてもその被ばく量は極めて限定的と主張する。（被告準備書面（１）p.31～32 等）被ばくレベルと甲状腺がん罹患の関係は別の立証によるとして、本検討書は、主に被告準備書面（５）に対して、被告が主張する被ばく（主として放射性ヨウ素）の推定量は過小評価であって、甲状腺がん罹患の放射線起因性を否定する根拠とはならないことを示す。

第一に、放射性核種の大気中濃度の推定に際して、一般的に使用されるシミュレーション手法（被告らが ATDM と称する手法もその一つ）を用いているが、その不確実性が大きいことは多くの研究者によって指摘されており、現に福島第一原発事故の同一の現象に対して国内外で多数の異なった結果が報告されている。しかし被告が根拠とする UNSCEAR2020/2021[1]（乙全 4 に同じ）では、多くの報告の中から Terada[2020]（甲全 134-1 に同じ）の報告のみに依拠した理由について合理的な説明をしていないし、他の報告と比較検討した評価も示していない。第二に、UNSCEAR2020/2021 に記述される「バルク沈着速度」は、Terada[2020]にも記述されていない独自解釈であり、このため放射性ヨウ素の大気中濃度が過小評価される結果をもたらしている。またバルク沈着速度は一定の範囲内の物理的数値であるはずのところ、被告みずから柏崎刈羽原子力発電所の適合性審査申請に用いた沈着速度と桁ちがいに乖離しており不自然な点が多い。第三に、屋内退避による被ばく低減効果について UNSCEAR2020/2021 は統計的推定に基づいて試算を行っているが、東日本大震災における家屋破損状況を考慮すれば過小評価となっている可能性が高い。UNSCEAR2020/2021 の被ばく量推計では、他にも過小評価を示唆する要因が多々指摘されているが、本意見書は上記三項目について述べる。

（１）基本的な考え方

どのようなシミュレーションであっても、それが実験や観測によって得られた結果との整合性が認められないかぎりは科学的な裏付けがあったとはいえない。後述するように放射性物質の拡散シミュレーションは多数の要因を数式化して組み合わせた計算過程であるが、数式自体が理論

[1] 原子放射線の影響に関する国連科学委員会「電離放射線の線源、影響およびリスク」UNSCEAR 2020 年/2021 年国連総会報告書 第 II 巻科学的附属書 B（乙全 4 に同じ）

的に構成されたものであったとしても、不適切なデータを入力すれば不適切な結果が算出されるにすぎず、実験や観測によって検証されなければ信頼に足る結果とは言えない。被告は準備書面（5）においてUNSCEAR2020/2021を引用し、p.9～p.10において報告書の作成過程を記述しているが、これはその手順を述べているに過ぎず、内容の正当性とは何の関係もない。

また検証に関しても本件特有の制約がある。放射性核種は時間と共に崩壊し、^{131}Iについては半減期が約8日であるから、たとえば1か月後には発生時の約6%程度に減少してしまうため、プルーム到来時に^{131}Iの大気中濃度がどれほどであったかは事後の測定によって知ることができない。リアルタイムで^{131}Iの大気中濃度を測定したデータとの照合が望まれるが、それは極めて限定的にしか残っていない。一方で事故時に同時に放出される^{137}Cs（セシウム137）の半減期は約11,000日であるため地上に降着した^{137}Csは月単位の時間経過後でもほぼそのまま残存している。このため^{137}Csの測定値を介して間接的に（^{131}Iと^{137}Csの比率を仮定するなど）^{131}Iの大気中濃度を測定する方法をとらざるをえないが、直接的な測定に比べて不確定要素が介在する。

UNSCEAR2020/2021 は Terada[2020][2]に依拠しているが、同種のシミュレーションは国内外で多数実施されていて、それらは後述する日本学術会議の放射性物質放出シミュレーションの比較プロジェクト[3]にみられるように、いずれも相互に一致しない結果を示している。このようにシミュレーションは試行錯誤の段階にあることは多くの研究者が広く認めているところであって、これはいずれが正しいか誤りかという議論以前に、Terada[2020]がシミュレーションの一例にすぎないことを示している。被告は「多数の専門研究者による検討、討議というプロセスを経た上で（p.10）」などというわりには、前述のようにUNSCEAR2020/2021がTerada[2020]のみに依拠したことについて合理的な理由を述べていないし、あるいは他の報告と比較検討した評価も示していない。しかもこの「バルク沈着速度」とは、Terada[2020]にも記述されていないUNSCEAR2020/2021による独自解釈であり、このため放射性ヨウ素の大気中濃度が過小評価される結果をもたらしている。UNSCEAR2020/2021の結果が妥当だとして被告が引用するいくつかの書証は被告の説明と矛盾している。この「バルク沈着速度」を用いた大気中濃度の推計値に過小評価の疑義があることはすでに黒川第1～4意見書で指摘されているところであるが、その他の要因においてもUNSCEAR2020/2021の評価結果には過小評価の可能性がみられることについて順次説明する。

---

[2] Hiroaki Terada, Haruyasu Nagai, Katsunori Tsuduki, Akiko Furuno, Masanao Kadowaki, Toyokazu Kakefuda,"Refinement of source term and atmospheric dispersion simulations of radionuclides during the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident" 2020, Journal of Environmental Radioactivity, （213） 2020.

[3]日本学術会議総合工学委員会原子力事故対応委員分科会「東京電力福島第一原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性物質の輸送沈着過程に関するモデル計算結果の比較」, 2014 https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h140902-j1.pdf

（２）シミュレーションモデルの基本

被告準備書面（５）によれば、ATDM（Atmospheric Transport, Dispersion and Deposition Modelling）の評価について次のように述べている（p.23）。

> すなわち、 ATDM では、気象庁の数値予報データ等を初期条件とし、地球の球面効果および地形の影響を考慮した運動量 3 成分、熱エネルギー、水蒸気量、雲水量（液体、固体）等についての方程式を数値的に解くことにより、大気拡散計算に必要となる風速 3 成分、乱流量、降水量等の気象要素を計算する。そして、放出源条件と気象場計算で求めた気象要素を基に、放射性物質の大気中での移流・拡散を計算し、大気中濃度および地表面沈着量を出力する。このうち地表面の沈着については、乱流による乾性沈着と降雨による湿性沈着を考慮し、湿性沈着では、3 次元気象モデルが計算する 3 次元の降雨、雲量分布を考慮する。これらのモデルは、チェルノブイリ事故解析や欧州広域拡散実験における実時間予測および事後解析による性能評価により、予測精度が検証されている（乙全 126）

この部分は ATDM の計算手法の概説であって被告の主張ではないが、文面だけではわかりにくいのでその概念を図示すれば図 1 のとおりである。福島第一原発事故で知られるようになった「SPEEDI（緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム: System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information)」もこの計算手法に基づくシミュレーションの一種である。このほか付表 2 にみられるように、東京電力では DIANA、IRSN（フランス放射線防護原子力安全研究所）では ECMWT というように多数の異なったモデルが用いられている。なお被告準備書面（５）では ATDM について

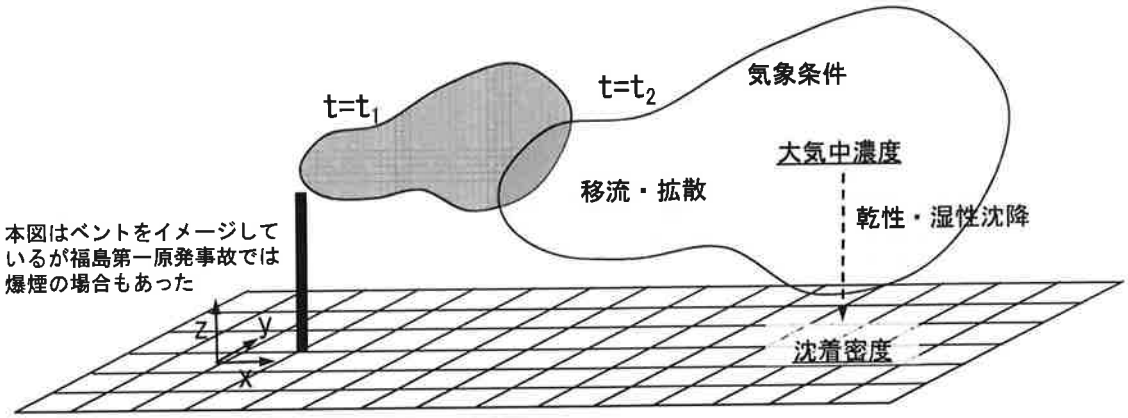


図 1　ATDM のイメージ

そこで、ある時間及び場所における大気中の放射性核種の種類、化学型、濃度を推定する科学的な手法が必要となるが、その手法として、JAEA（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構）の研究者グループによって開発されたのが、ATDM（大気輸送・拡散・沈着モデル＝Atmospheric Transport Dispersion and Deposition Model）である。

としているが（p.12)、大気輸送・拡散・沈着モデルは計算手法の一般名称であってJAEAに固有の計算手法ではない。ATDMは前述被告書面（５）でいうように多数の数式を組み合わせたモデルであるが、それだけに計算にあたって設定する条件が多岐にわたり、各々の設定条件のうち最も信頼性が低い部分によって全体の精度が制約されてしまうので、複雑な計算を実行したからといってその結果が現実を正しく再現するとは限らない。被告が「多数の科学的情報や研究結果を踏まえて、多数の客観的なエビデンスを総合的に考慮した」ことを以て結果に疑問がないなどというのは、被告が拡散シミュレーションの内容やその使い方についてよく理解していないことを示唆している。

この結果、（１）で指摘したようにかりに同じ現象に対しても使用モデルによって異なった結果が導出され、そのいずれが妥当であるかという統一された基準による評価もない。被告が準備書面（５）でみずから引用する乙全126とは、永井晴康氏（日本原子力開発機構、所属は文献公開当時である・以下同じ）の「被ばく線量評価のための大気拡散シミュレーション―福島第一原子力発電所事故初期段階における大気中放射性物質濃度分布の再構築」という文献である[4]。同文献の結論は「この解析結果は、放出源情報およびモデル計算の不確実性が含まれており、線量推計の概算値を得るためには利用可能であるが、十分に精度が高いとは言えない。今後さらなるモデル改良と放出源情報の精査を行い、精度の高い解析を進める必要がある（同p.33)」としている。

すなわち「予測精度が検証されている（乙全126)」という意味は、ATDMの考え方を用いた複数のシミュレーション例を比較検討した結果、不確実性が大きいことについて問題提起をしているのであって、UNSCEAR2020/2021が客観的に正しいかどうかとは何の関係もない。同文献を引用して被告がUNSCEAR2020/2021の正当性を主張することは、被告がシミュレーションモデルの機能や制約について理解していないか、もしくは意図的にミスリードするものである。

（３）シミュレーションモデルの不確実性

大気輸送・拡散・沈着モデルの計算内容は名称のように「輸送」「拡散」「沈着」の三部に分かれるが、各々について多くの異なった計算手法が提案されており、その組み合わせにより同じ現象に対しても異なった結果が算出される。拡散予測モデルの不確実性を与える要因は大別して

[4]永井晴康「被ばく線量評価のための大気拡散シミュレーション―福島第一原子力発電所事故初期段階における大気中放射性物質濃度分布の再構築」『日本原子力学会誌』Vol.55, No.12, 2013, p.715（乙全126に同じ）

2 つあり、第一は気象データや発生源情報などの外的要因であり、第二はモデル内部に使用されている格子間隔、拡散係数、沈着過程などの内的要因である[5]。

Katata[2015]（甲全 256 の 1 およびその和訳 256 の 2）の Table1（p.1031）にも例示されているように、主な設定条件だけでも「拡散計算のタイプ」「取扱い核種」「化学形態のタイプ」「粒子の粒径分布の考慮の有無」「乾性沈着の推計方法」「湿性沈着の推計方法」「霧（降水に至らない）の考慮の有無」「降雪の考慮の有無」「雲の凝結核の考慮の有無」「発生源情報の推計」といった多岐にわたる設定があり、その取捨選択は報告者によって様々である。Terada[2020]では移流部分に"WRF"、拡散部分に"GEARN"というモデルを使用していると記述されているが、それも一例であり学問的・国際的にいずれのモデルが妥当か等の合意がなされているわけではない。

照合すべき実測データが多岐にわたるため、すべての要因について実測と整合させることは困難であが、同じ条件に対して複数のシミュレーションモデルを実行したときに、相互にどれだけ合致するか、違っていればその原因は何か等の検証は試みられている[6]。たとえば図 2 は、日本学術会議総合工学委員会原子力事故対応委員分科会が実施した各種モデル計算の結果比較プロジェクトにおいて、2011 年 4 月 1 日 0 時（世界標準時）までの ^{137}Cs 積算沈着量の分布の推計結果に関する多数の国内外の報告（略号で示す）について比較一覧する図である[7]。（甲全 253, p.41）左上の MEXT とは文部科学省による航空機観測である。MEXT の航空機観測は実測値であるからこれを正しいとして、各々の研究機関の結果が相互に一致していれば再現性・信頼性が高いと評価できるが、実際に発生した現象は同一であるにもかかわらず、シミュレーションモデルの結果は図 2 に示すようにばらつきが大きく実測と一致したものはない。

---

[5]近藤裕昭ほか「放射性物質拡散・予測モデルの不確実性の低減と活用」『日本原子力学会誌』Vol.63, No.4, 2021, p.319

[6]近藤裕昭ほか（日本気象協会学術委員会放射能汚染に関する対策部会）「放射性物質拡散予測モデルの不確実性の低減と活用」『日本原子力学会誌』Vo.53, No.4, 2021, p.318

[7]日本学術会議（前出）

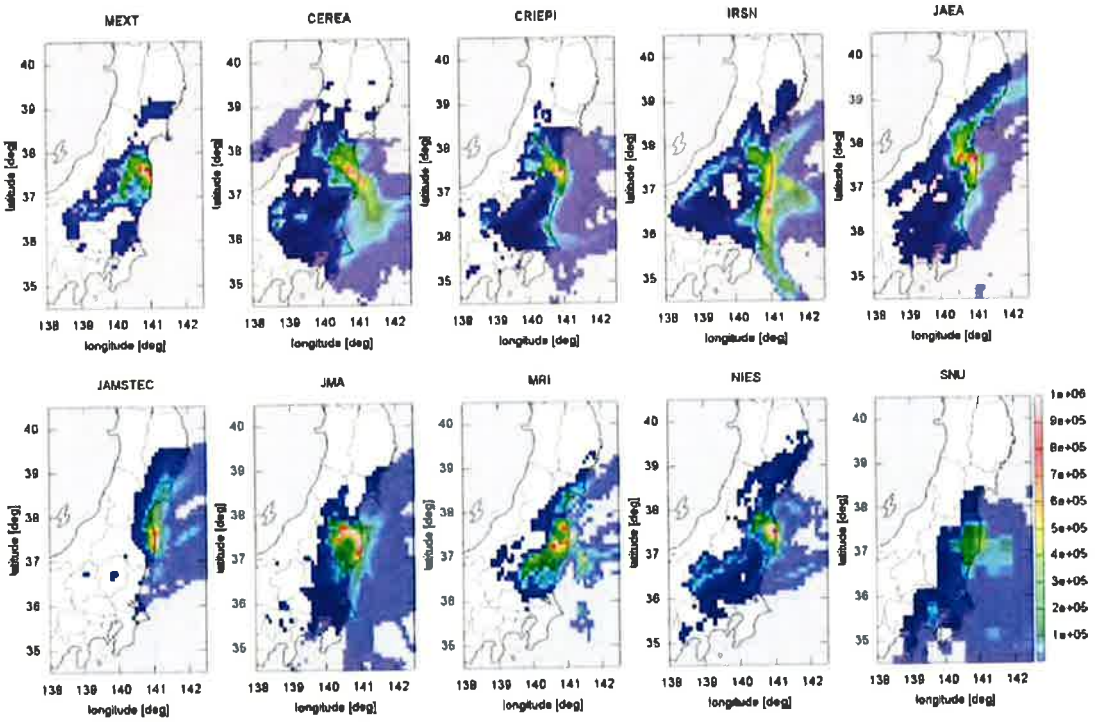
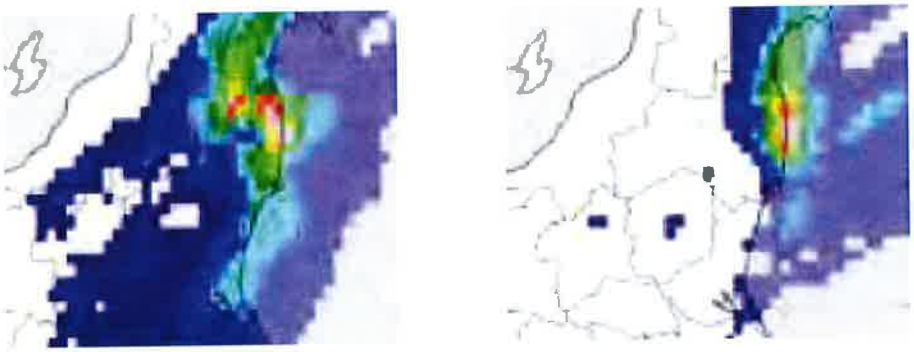


図 2　同じ現象に対するモデルによる結果の相違

たとえばこのうち「JAEA（日本原子力研究開発機構）」と「JAMSTEC（海洋研究開発機構）」について福島県周辺を拡大したものが図 3 である。JAEA では福島県中通りないし会津地方から新潟県まで青色（およそ 1×10^{5}Bq/m^{2}）の ^{137}Cs 沈着がみられるが、JAMSTEC ではほとんど沈着がみられない評価となっている。こうした背景からも、UNSCEAR2020/2021 が Terada[2020] のみに依拠し他の報告との比較検討をしていないことは疑問である。



JAEA　　JAMSTEC

図 3　JAEA と JAMSTEC の比較

この関係は本件訴訟で争点となる ^{131}I についても同じである。UNSCEAR2020/2021 が「多数の科学的情報や研究結果を踏まえて」というのであれば、前述の国内外の多数のシミュレーション結果について福島市紅葉山等あるいはその他の多数の地点において、プルームの到来・離脱を

示す大気中濃度の時間変化等について相互に近似した結果が得られているかどうか確認すべきであるが、そのような記述はみられず、単に Terada[2020]のみに依拠したことを以て「専門性・中立性・信頼性に疑問はない」と主張するが、これは原告らの甲状腺がん罹患の被ばく起因性を否定する根拠として薄弱というべきである。

（4）ソースターム（発生源情報）の不確実性とその原因

その１　ソースタームの意味

ATDM であれその他の手法であれ、計算の出発点となるソースターム（発生源情報）すなわち、「どのような核種が・いつ・どれだけ・どのような科学的形態」で放出されたかという情報がなければ計算できない。地形や気象については実測値が得られる一方で、ソースタームの実測値は存在しない。このため、緊急時防護対策の支援を目的に開発されていた「SPEEDI（前述）」は、計算機能としては稼働可能であったもののソースタームが不明のためリアルタイムの避難支援情報としては利用できなかったとされる。ただし後述するが単位放出量[Bq/s 等]を用いた計算は可能であり、目的によっては利用できる。Terada[2020]で使用するソースタームは IAEA に掲載されている付表 1 である。3 月 12 日 15:00 の 100×100×100[m]とは 1 号機の爆煙が塊状に発生した状態、また 3 月 14 日 11:00 の 100×100×300[m]とは 3 号機の爆煙がキノコ雲状に発生した状態を表現している。また同表に「放出継続時間」の項があるが、これは同じ量の核種でも、それが一挙に出たのか長時間にわたって継続的に出たのかによって ATDM の結果に影響を及ぼすからである。しかしこの段階から不確定要素が多数介在し、その後の展開でも不確定要素が累積するので、真の値を得ることは困難であり、報告によってさまざまな結果をもたらす。

その２　ソースタームの推定と不確実性

そのソースターム推定にも付表 2 のようにさまざまな報告があり[8]、いずれが正しいという客観的な基準はない。^{131}I の放出量でも報告者によって最小 90～最大 700PBq と 1 桁近い差がある。個別の[]内の出典は煩雑なので省略する。なお原告準備書面（2）p.5 でも指摘しているように、被告東京電力自身の推計（No.1）では ^{131}I の総放出量の推定を 500PBq としている。この際の東電自身が用いた推計システムは DIANA（自社開発）と表示されている。これに対して UNSCEAR2020/2021 は ^{131}I の総放出量を約 120PBq としている。

具体的に、ソースターム推定方法には大別して①Forward modelling と②Reverse modelling の

---

[8] IAEA "The Fukushima Daiichi Accident Technical Volume 1 Description And Context Of The Accident", 2015, p.151-152.（甲全 254 の 1 およびその和訳 254 の 2）
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/AdditionalVolumes/P1710/Pub1710-TV1-Web.pdf

2種類がある。①の Forward modelling とは、事故の進展シナリオを設定して「この防護機能が失われればこれだけ放出が起きるはず」というさまざまなシナリオに基づいて放出量を推定する。このモデルの代表例は、各発電事業者において原子炉の確率論的リスク評価でもしばしば用いられる MAAP[9]である。ただしこの方法を用いるにしても、いつ・どこが・どれだけ壊れたかという直接的な観察結果は存在しないために、何らかの疑似的なモデルで置きかえた間接的な推定によらざるをえない。

一方で②の Reverse modelling とは、シミュレーションモデルと実測値を照合して「ある時点・地点で、ある実測値が観測されたとすれば、放出源からいつ・どれだけ放出されたはずだ」という逆推定（Reverse）を行う解析である。この詳細は Katata[2015]にも述べられている（p.1038～1044)。また Terada[2020]のベイズ推定というのは統計的手法の一種であり、どの観測（シミュレーション結果）がどの放出に該当する可能性が最も高いかを逆推定する方法である。ベイズ推定によってソースターム推定の確実性の向上を試みたものであり、これが Terada[2020]が掲題する「Refinement」の意味である。

このようにさまざまな手法が用いられるのであるが、付表2のようにソースターム推定からして Forward と Reverse が入り混じった上に、使用される気象モデル、拡散・沈着モデルもさまざまである。UNSCEAR2020/2021 も「大きな不確定性を持つソースターム」としている[10]。別の検討によれば、Hirao et al.[2013]は各放出時間において ^{131}I と ^{137}Cs の放出量は1桁（10倍）程度の不確かさがあると指摘している[11]。

参考までに Chernobyl 事故については付表2末尾のように 1760PBq（IAEA による推定）と評価されている。被告は準備書面（1）において、Chernobyl 事故と本件を対置して「その放射性物質の放出量やその後の防護措置の内容等全く事情を異にしており」というが、前述のように一般に放出量において 10 倍程度の不確かさが避けられない中で、福島第一原発事故における 500PBq（東電推定）と Chernobyl 事故の 1760PBq を対置して「全く事情を異に」などという解釈は合理的ではない。

（5）シミュレーションモデルと実測の照合

このように多くの仮定を設けた計算であるから、その結果の妥当性は慎重に検討しなければならない。いま本件で争点となっている数値は、最終的には Sv（実用的には mSv 表示等）として

---

[9] 東京電力「MAAP コードの概要」
https://www.tepco.co.jp/decommission/information/accident_unconfirmed/pdf/221110j0105.pdf

[10] Attachment A-9, para.14

[11] Hirao S, Ymazawa H, Nagae T., Estimation of release rate of iodine-131 and cesium-137 from the Fukushima Daiichi nuclear power plant, Journal of Nuclear Science and Technology 2013; 50（2）: 139-47.

被ばくによる生物学的影響の尺度の問題である。甲状腺被ばくの場合は主として ^{131}I の吸入によるものであって、原告らが当時吸入した大気中の ^{131}I 濃度（Bq/m^3）と直接的に関連する。しかし福島第一原発事故当時の ^{131}I 大気中濃度については限られた実測データしか残っていない。

シミュレーション結果と実測値の照合はいくつか報告例があるが、福島第一原発事故では大規模な放射性物質の放出が実際に起きたことから、シミュレーションとの照合がはからずも行われることとなった。しかし同じ条件設定で計算しても前述の日本学術会議報告のようにモデルや報告者により結果がかなり異なる。事故後の 2011 年 5 月までは福島第一原発から約 100km の範囲の ^{137}Cs の地上への沈着量分布と東海村における 1 地点の ^{137}Cs の濃度の時間変化のデータしか利用できなかった。

その後、もともと放射線監視のための施設ではない大気環境常時監視局で浮遊粒子状物質の測定済みフィルターテープが回収されて ^{137}Cs 濃度の分析がなされ[12]、関東地方および東北地方の 99 地点の 2011 年 3 月 12 日から 23 日までの間の大気中の ^{137}Cs の 1 時間ごとの濃度データが取得できた。ただし ^{131}I については黒川第 3 意見書にあるように、直接の実測データは福島県ではなく千葉県にある日本分析センターの数値しか知られていない。（データは乙全 103 に同じ）

シミュレーションと実測値の合致度を示すために表 1 のように FA2, FA5, FA10 等の指標が用いられる。FA2 とは、上下 1/2～2 倍の範囲に何％入っているかという的中率である。Katata[2015] では 1/2～2 倍の範囲（Total 欄）に 12.9%が入っていた（換言すれば 12.9%しか入っていない）が、Terada[2020]では計算過程の改良の結果、それが 22.7%に向上したことを示している。この範囲を FA10 すなわち対数で上下 1 オーダーまで広げると（すなわち上下 100 倍まで取ると）、Katata[2015]では 35.9%が、Terada[2020]では 47.3%まで改良されたとしている。

しかし言いかえれば誤差範囲を上下 100 倍まで許容しても半分以下しか入らないことも意味している。また図 3 は Terada[2020]中の Fig.8 の再掲であり、実測値と推計値の合致状況を図示化したものであるが、同様にばらつきが大きいことが示される。いずれにしてもこのような背景のもとでは、UNSCEAR2020/2021 の報告は実際の大気中濃度をよく再現しているとするとは認めがたく、甲状腺がん罹患の放射線起因性を否定する根拠とはいえない。

表 1　シミュレーション結果と実測値の合致度

Region and period	Calculation	FA2 (%)	FA5 (%)	FA10 (%)	相関係数
FDNPS: Fukushima Daiichi Nuclear Power Station					
(1) North of FDNPS, 12 to 14 March	Katata et al. (2015)	12.5	25.0	25.0	0.54
	This study	43.8	62.5	62.5	0.75
(2) Kanto, 15 to 16 March	Katata et al. (2015)	9.1	17.5	25.9	0.57
	This study	28.0	52.4	60.8	0.65
(3) Fukushima, 15 to 16 March	Katata et al. (2015)	15.2	39.4	48.5	0.75
	This study	21.2	33.3	54.5	0.78
(4) North of FDNPS, 18 to 19 March	Katata et al. (2015)	6.7	6.7	6.7	0.15
	This study	33.3	46.7	53.3	0.49

[12] 大浦泰嗣・鶴田治雄・海老原充・大原利眞・中島映至「浮遊粒子状物質自動測定機で使用されたテープろ紙を利用する大気中放射セシウムの定量」『分析化学』Vol.69, No.1・2, 2020, p.1

(5) Southern Tohoku, 20 to 21 March	Katata et al. (2015)	9.8	28.3	34.8	0.49
	This study	7.6	18.5	22.8	0.47
(6) Kanto, 20 to 21 March	Katata et al. (2015)	18.3	41.8	46.4	0.48
	This study	23.5	39.2	45.8	0.51
Total	Katata et al. (2015)	12.9	29.4	35.9	0.54
	This study	22.7	39.7	47.3	0.60

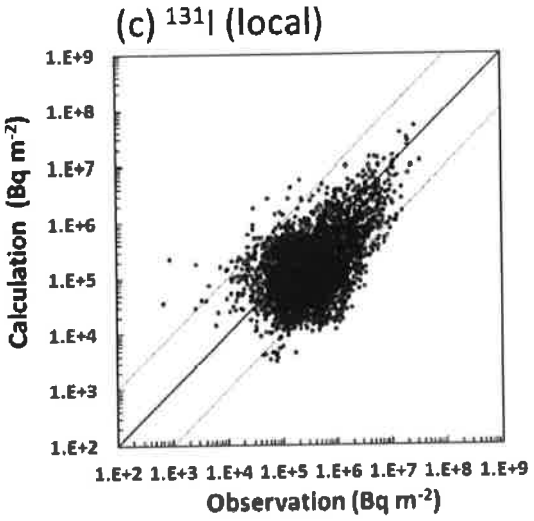


図 3　Terada[2020] Fig.8

（６）バルク沈着速度について

その１　乾性沈着と湿性沈着

UNSCEAR は「バルク沈着速度」という概念を導入し、これを通じて原告らの被ばく量を推定している。先に「沈着速度」について概説すると、図 1 の ATDM のイメージ図で示すように、また被告準備書面（５）p.20 以降にも述べられているように、汚染大気中の放射性核種のうちどれだけが地表に沈着するかのパラメータである。今回争点となっている放射性ヨウ素の大気中濃度に関して、大気中の放射性核種濃度の実測値が限られているために、原告らが吸入したであろう大気中の放射性ヨウ素の濃度の推定にかかわる指標である。「沈着速度」とは直接的な計測手段（計測器）があるのではなく、気象条件等の他の観測可能な数値から誘導的に得られる数値である。沈着速度そのものをモニタリングポストのように連続的・自動的に測定する手段は存在しない。この「沈着速度」とは、本来は ATDM の計算を実行するために先に設定するパラメータであって、ATDM の結果から逆算する数値ではない。現に被告は準備書面（５）において「地表に降下する過程は複雑なものであるが、気象状況等の客観的要素は変わらないから、数値計算によって詳細にシミュレーションすることができる」としている（p.18）。

「沈着」には乾性沈着（降水なし）と湿性沈着（降水あり）のケースがあり、シミュレーションでは、乾性沈着を支配する「乾性沈着速度（一般に mm/s 等）」と、「湿性沈着を支配する洗浄

係数(一般に 1/s 等)」を分けて別のメカニズムでモデルを構築することが多い。乾性沈着速度は、降水なしの条件で大気中の放射性核種等が地表に沈着する速度として定義され、大気中の放射性核種積分濃度[Bq・s/m^3]と地表沈着密度[Bq/m^2]の比として通常は[mm/s]等で表される。一方で洗浄係数は、降水ありの条件で、大気中に含まれる放射性核種の量に対して単位時間あたり除去される比率で、通常は[1/s]で表される。「乾性沈着速度」と「洗浄係数」は理論的に別のメカニズムなので本来は相互に換算することはできない。

乾性沈着速度・洗浄係数とも理論的には対象核種、物理・化学形態、気象条件等の多くの要因により左右される。一例として[Katata, 2015]は、乾性沈着率について Figure A1 で昼夜別に風速の関数として核種ごとに示しているが、ガス状ヨウ素、ヨウ素化合物、ヨウ素粒子についておよそ 0.5cm/s[5mm/s]を超えないものである。湿性沈着については「洗浄係数」として表示されており単位が異なるため直接の比較はできないが、前出[Katata]ではガス状ヨウ素、粒子について10^{-6}～10^{-4}（単位は[1/s]）の範囲としている。参考までに既存の報告例における乾性沈着係数・洗浄係数の例を表 2 に示すが、前出[Katata]と矛盾しないものである。

表 2　沈着係数・洗浄係数の例

評価例	降水なし・乾性沈着係数 [m/s]	降水あり・洗浄係数 [1/s]
嶋田他[13] ただし係数の出典は Terada[2012][14]としている	I に対して 3.0×10^{-3} Te～Cs に対して 1.0×10^{-3} 希ガスは 0	降水量 F[mm/h]の関数として $\Lambda = a\times F^b$ $a=5.0\times10^{-5}$, b＝0.8、希ガスは 0
米国原子力規制庁[15]	無機ヨウ素 5.0×10^{-3} その他粒子状 2.0×10^{-3}	
日本原子力学会[16]	3.0×10^{-3}	$9.5\times10\text{-}5\times P_r^{0.8}$ Pr は降雨強度[mm/h]
東海第二拡散シミュレーシ	すべての粒子状物質に対し	[1/h]で表示

[13]嶋田和真・佐々木利久・飯島正史・宗像雅広「東京電力福島第一原子力発電所事故時におけるオフサイトの防災業務関係者の外部被ばく線量評価」『日本原子力研究開発機構 JAEA-Research 2018-012』, 2019 年 2 月 p.9

[14] Terada H, Katata G, Chino M, et al., Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the FukushimaDai-ichi Nuclear Power Plant accident, PartII：verification of the source term and analysis of reglOnal－scale atmospheric dispersion, Journal of Environmental Radioactivity 2012 112(0): 141-54

[15] Reactor Safety Study An Assessment of Accident Risks in U.S.Commercial Nuclear Power Plants(Appendix Vl), United States Nuclear Regulatory Commission, October 1975

[16] 原子力発電所の確率論的リスク評価に関する実施基準(レベル 3 PRA 編), 2018 (AESJ-SC-P010:2018)

ョンで日本原子力発電が提示[17]	て 3.0×10^{-3}	軽度の降雨(0.7mm/h) 0.79 中度の降雨(3.8mm/h) 2.2 激しい降雨(8.5mm/h) 4.0
永井他[18]（WSPEEDI 対象）	I 3.0×10^{-3} Cs 1.0×10^{-3} ただし森林への沈着は 5 倍とするとしている	降水量 F[mm/h]の関数として $\Lambda = a\times F^{b}$ $a=5.0\times10^{-5}$, b＝0.8、希ガスは 0

その２　バルク沈着速度

ここで前述のように、「沈着速度」と「洗浄係数」とは性格が異なる数値なので本来は相互に換算できないのであるが、被告準備書面（5）では「ここで、UNSCEAR2020/2021 は、ATDM のうち地表沈着シミュレーションから得られる沈着速度を、「バルク沈着速度」と呼んでいる（甲全 135 の 3・13 頁・14 頁)。このバルク沈着速度とは、湿性沈着と乾性沈着を包含した沈着の速度を表している」としている。すなわちメカニズムが異なるために本来は別のモデルで扱うべき現象を一括して疑似的な係数としてまとめたものと解される。被告が準備書面（５）でみずから引用する乙全 123 では次のように指摘している。

> 乾性沈着量が少ない地域あるいは乾性沈着量がそう重要とは考えられていなかった時期には、湿性沈着も乾性沈着も含めたバルク法による全沈着量での評価でも良かったが、生態系への影響や都市部での文化財などへの影響ならびに発生源対策などを考慮した場合、湿性沈着量と乾性沈着量をそれぞれ個別に、正確に評価することが望まれるようになってきた。（p.61）

複雑な過程をいくつか包括した便宜上の係数として取り扱う手法は、実務的・工学的には便法として行われることはあるが、前述の乙全 123 では、乾性と湿性を区別せず包括的に取り扱うバルク法は古い、ないしは便宜的な考え方であって、近年は乾性と湿性を分けて取り扱うことが望まれると述べているのである。本件に関しては、ATDM を使用した Terada[2020]の結果を利用しながら、沈着部分では乙全 123 のように最近では推奨されないとされるバルク法という理論的に不明瞭な方法ないしは便法を混在させたために、結果として最も精度の低いバルク法の部分で結果の信頼性が低下してしまうという不合理な結果を招いている。

被告準備書面（５）p.20 イでは「上記のとおり、UNSCEAR は、避難対象地域外の放射性物

---

[17] 「第 2 回検証委員会日本原子力発電株式会社説明資料」2023 年 1 月 27 日,p.13
https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/09_2gendensiryou.pdf

[18] 永井晴康・茅野政道・寺田宏明・堅田元喜・中山浩成・太田雅和「大気拡散プロセスの解析」［JAEA 公開ワークショップ 福島第一原子力発電所事故による環境放出と拡散プロセスの再構築］2012 年 3 月 6 日発表資料

質の大気中濃度については、ATDMによる①～③の推定過程のうち、①および②の大気拡散シミュレーションは不確かさが大きいとしても、③の地表沈着シミュレーションについては正確に行えていることに着目し、かかる地表沈着シミュレーションから地表への沈着速度を推定し、それを用いて沈着密度の実測値を割り戻すことで大気中濃度を推定したものである」「ここで、UNSCEARは、ATDMのうち地表沈着速度シミュレーションから得られる沈着速度を、「バルク沈着速度」と呼んでいる。このバルク沈着速度とは、湿性沈着と乾性沈着を包括した沈着の速度を表している」と述べている。

なお被告準備書面（５）p.17において「黒川意見書ではこの方法をもって「Scaling法」と呼んでいる」と記述しているが、同書面p.26では被告みずから「沈着量スケーリング」との用語を用いており、両者は内容的に同じものである。ここで③（地表沈着）は、①および②（大気拡散シミュレーション）の結果を用いて算出する数値であるから、①および②（大気拡散シミュレーション）に不確かさが大きいというのであれば、計算方法がいずれであれ、③（地表沈着）の不確かさが改善されることはなく、被告の説明は不合理である。

前述のように被告は「地表に降下する過程は複雑なものであるが、気象状況等の客観的要素は変わらないから、数値計算によって詳細にシミュレーションすることができる（被告準備書面（5）p.18)」としており、計算によって沈着速度が先決的に求まるのであるから「バルク沈着速度」などという過程を導入する必要はない。一方で「沈着密度については豊富な実測データが得られている（p.17)」ともいうのであるから、当該地点の放射性核種の大気中濃度を求めるには、その時の気象条件に応じて算出可能な乾性あるいは湿性沈着速度を使用すれば大気中濃度を直接求めることができるはずである。

さらに被告準備書面（５）p.22においては「UNSCEAR2020/2021年福島報告書が用いているバルク沈着速度は、ATDMの各推定過程のうち地表沈着シミュレーションについては正確に行うことができていることを前提としている」というが、もし地表沈着シミュレーションが正確に行われていることが前提ならば「湿性沈着と乾性沈着を包含した沈着の速度（前述）」とする「バルク沈着速度」などを導入する必要はないのであり、前述の理由とも併せて被告の主張は首尾一貫しない。

なお原告準備書面（11）p.11で^{131}Iと^{137}Csの沈着速度について「福島第一原発事故では、その実測値は豊富とはいえないが、実測値がある」と記述している。ここでいう「実測値」とは、沈着密度と大気中積分濃度は計測手段から決定することができるので、両者の実測値があれば、それより導出された沈着速度（沈着密度÷大気中積分濃度）は「実測値として取り扱うことができる」という意味である。ただしこの条件が揃っているのは、現在知られるかぎり日本分析センターのデータのみではないかということを原告準備書面（11）p.11では述べている。なおそのデータとは乙全103で示されているものと同じである。

被告が引用する乙全127のp.3では「SPEEDIなど大気モデルによる放射性物質の沈着は一般に乾性沈着速度が1～3mm/sに固定で、湿性沈着速度は放射性物質濃度の鉛直積分値をLとすると湿性沈着速度は$L\times1.2\times10^{-4}\times P^{0.5}$で計算されており、今回のような時間雨量（P）3mm/h程

度の降水ではあまり乾性沈着と比べて大きいものではなく」としている。なお同書証の写しでは画像不鮮明のため P の乗数は「05」と読めるが、原文を確認すると「0.5」である。[注: P とは降雨強度のこと、一般にいう雨量で通常は mm/h で表される。同 p.4 では「0.3m/s[注: 300mm/s]と前述のモデル[注: SPEEDI のこと]で用いている沈着速度よりはるかに大きい値となる。」として、前述のように理論的には 3mm/h 程度の降水では乾性沈着と大差ないと推定されるのに対して、理由の解明はないものの数百 mm/s に達するバルク沈着速度が逆算されたことに疑問を呈しているのであって、UNSCEAR2020/2021 にいうバルク沈着速度の推定を補強する根拠ではない。

また被告が引用する乙全 127・乙全 128・乙全 129 では、大気中積算濃度と地表沈着量から逆算した沈着係数を例示しているが、これらの報告は「月～年単位の平均」を評価した報告である。これは年間を通じてオーダーが異なるほどの変動を示さない酸性雨等の大気汚染対策現象を対象としているためであるが、放射性プルームの現象は、平常時（放出収束期）は ^{131}I の大気中濃度にして 10^{-3}[Bq/m^3]から最大期は 10^{1}[Bq/m^3]まで時間単位で変動する現象であって、本件で論点となっている時間単位の短期的な放射性物質摂取量（大気中濃度）を問題とする議論に際して「月～年単位の平均」と比較することは、数値の大小を別にしても意味がない。

その３　被告が他所で使用する沈着速度との著しい矛盾

被告はバルク沈着速度が数 100mm/s は不自然ではないという一方、被告自身での検討には、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針（旧原子力委員会）」の引用として全く異なる数値を使用している。被告が所有する柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉の新規制基準適合性審査書類においては次のように記載している[19]。（甲全 258）なお[ ]内は単位を揃えるための筆者補足である。

> 2－6　地表面への沈着速度の設定について
>
> 中央制御室の居住性評価において，地表面への沈着速度として，乾性沈着速度 0.3cm/s[3mm/s]の 4 倍である 1.2cm/s[12mm/s]を用いている。
>
> 「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」（昭和 51 年 9 月 28 日　原子力委員会決定，一部改訂　平成 13 年 3 月 29 日）の解説において，葉菜上の放射性よう素の沈着率を考慮するときに，「降水時における沈着率は，乾燥時の 2～3 倍大きい値となる」と示されている。これを踏まえ，湿性沈着を考慮した　沈着速度は，乾性沈着による沈着も含めて乾性沈着速度

[19]東京電力株式会社「柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉中央制御室の居住性に係る被ばく評価について」平成 27（2015）年 6 月，添 2-6-1
https://www.tepco.co.jp/about/power_station/disaster_prevention/pdf/nuclear_power_150611_02.pdf

・の 4 倍と設定した。

同資料は中央制御室の居住性評価を対象としているが、「地表面への沈着」は同一の物理現象であって原子炉からの距離によって変化する数値ではないから本件でも同様である。現に北海道電力株式会社「泊発電所 3 号炉設置許可基準規則等への適合（甲全 259）では[20]

緊急時対策所指揮所及び緊急時対策所待機所の居住性に係る被ばく評価では，地表面への沈着速度を乾性沈着速度の 4 倍と想定しており、乾性沈着速度として 0.3cm/s[3mm/s]を用いている。乾性沈着速度の設定の考え方を以下に示す。
乾性の沈着速度 0.3cm/s は NUREG/CR-4551※1 に基づいて設定している。NUREG/CR-4551 では郊外を対象とし，郊外とは道路，芝生及び木・潅木の葉で構成されるとしている。原子力発電所内も同様の構成であるため，郊外における沈着速度が適用できると考えられる。

として、むしろ発電所外で採用される数値を発電所内にも適用したとしている。これらは物理現象としては同一であるから、湿性沈着速度でもおよそ 10mm/s 前後の近辺にあるという点で見解は一致している。このように被告そのほか原子炉・核燃料の設置・運用者みずから「バルク沈着速度」に相当する包括的な値として 10mm/s 前後の値を採用し、それでも保守的（安全側）な数値であるとして新規制基準の審査書類にさえ記載しているのに、本件では桁ちがいの数 100mm/s も不自然ではないなどと主張することは自己矛盾を呈しており、大気中濃度の恣意的な過小評価をミスリードする意図との疑念を抱かざるをえない。

（7）屋内滞在による被ばく低減

UNSCEAR2020/2021 は「室内にいることによる被ばくの低減について、委員会は、日本の住宅から実験的に導出された新しいデータを用いた[Hirouchi et al., 2018[21]]。なお同報告の「低減係数[22]」は[家屋内の時間積分濃度]/[家屋外の時間積分濃度]とされているから、0 が完全遮断、1 が低減効果なしであり「低減の度合い」の比率ではないので注意されたい。ここで測定された低減係数は、0.1 未満から約 1 の範囲であった。また[Ohba et al., 2020]は築年度によって建築基準

[20]北海道電力株式会社「泊発電所 3 号炉設置許可基準規則等への適合状況について（重大事故等対処設備）」「資料 1-2-40」と題するもの　令和 5（2023）年 8 月, p.232
https://www.hepco.co.jp/energy/atomic/safety_improve/info/pdf/examination_meeting_1177_69.pdf

[21] Hirouchi, J., Takahara, S., Komagamine, H. & Munakata, M. Investigation of reduction factor of internal exposure for sheltering in Japan. ASRAM2018, Proceedings 1–8 （2018）

[22] 「低減係数」「削減係数」の用語が混在しているが同じものである。

が変更（①1980 以前、②1980～1992、③1992 以降）されていることを考慮し自然換気率と浸透率を各々設定するとともに、日本の住宅土地統計[23]より築年度の分布を考慮して計算している。

かかる計算手法は考え方としては妥当であるが、福島第一原発事故後の地域の家屋実態を反映していない。図 6 は気象庁の記録[24]より、3 月 11 日 14 時 46 分の「東北地方太平洋沖地震」により福島県内で観測された震度を示す。同時に住宅土地統計の構造別・築年別の福島県内の市別に耐震性高（1991 年以降築造の鉄筋鉄骨造住宅）と耐震性低（その他のもの）の構成比を示す。同地震により福島県内では浜通りはもとより会津地域までも震度 5 強以上の地震動に遭遇している。

福島県「東日本大震災による福島県の被害状況[25]」では「半壊・一部破損も含め被害棟数が最も多いのは県中地区で「全壊・半壊・一部破損」の合計の被害棟数は 91,109 棟と県内全体の 38.4%を占めた。次いで多いのはいわき地区の 63,569 棟であり、いわき地区と県中地区の合計が 154,678 棟と県内全体の 65.2%に上った。」としている。公共施設等の避難所に移動した場合でも、コンクリート造の建物ですら損傷し、放射線遮へい機能は損なわれていた可能性がある。

ここで「気象庁震度階級関連解説表[26]」を参照すると、耐震性の違いによって表 2 のように損傷の程度が推定されている。「耐震」とは人命を損なうような躯体の倒壊を免れるという意味であって、表 3 にみられるように壁・梁・柱などのひび割れ・亀裂を免れるものではない。図 6 の震度分布と同表を対比すれば、耐震性の低い建物では、震度 5 強以上に遭遇すれば壁などのひび割れ・亀裂が発生する。すなわち被ばくの観点でいえば遮へい・密閉機能が損なわれていた可能性を示す。[Hirouchi et al., 2018[27]]の報告は実験データではあるが損傷家屋ではないため、低減係数は過小評価（低減効果が少ない）されている可能性がある。

---

[23] 総務省統計局「住宅・土地統計調査・住宅及び世帯に関する基本集計」各年版、なお同統計には町村部のデータがないため構造別・築年別のデータは市部のみである。

[24]気象庁「地震月報カタログ編」
https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/shindo.html

[25]福島県「東日本大震災による福島県の被害状況」
https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/425954.pdf

[26] 気象庁「震度階級関連解説表」
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/shindo/kaisetsu.html

[27] Hirouchi, J., Takahara, S., Komagamine, H. & Munakata, M. Investigation of reduction factor of internal exposure for sheltering in Japan. ASRAM2018, Proceedings 1–8 （2018）

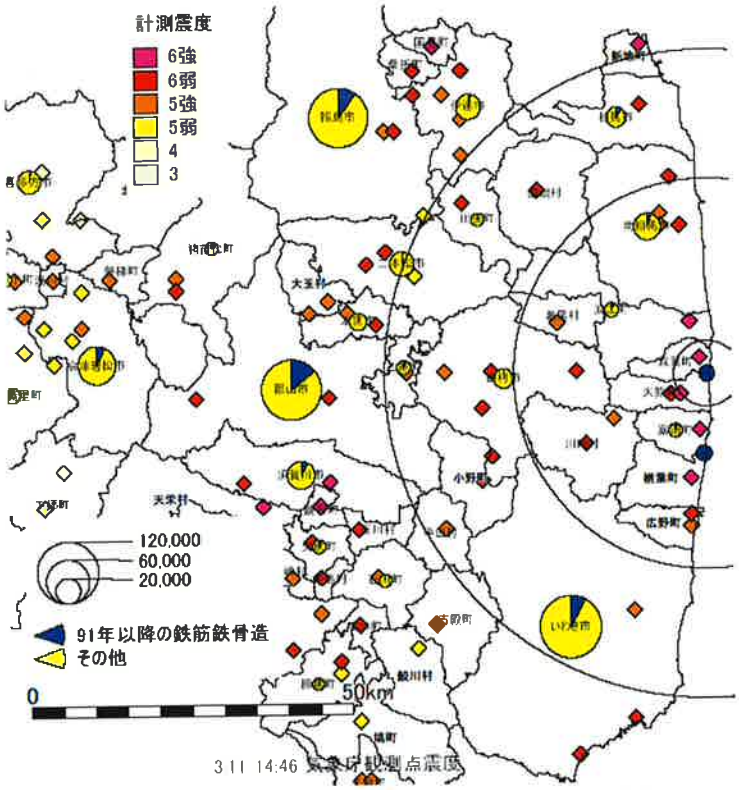


図４　福島県内の震度分布と家屋耐震性の状況

表３　耐震性の高低による建物被害の例

	耐震性が高い	耐震性が低い
木造建物		
5 弱	—	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。
5 強	—	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。
6 弱	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。壁などに大きなひび割れ・亀裂が入ることがある。瓦が落下したり、建物が傾いたりすることがある。倒れるものもある。
6 強	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などに大きなひび割れ・亀裂が入るものが多くなる。傾くものや、倒れるものが多くなる。
7	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。まれに傾くことがある。	傾くものや、倒れるものがさらに多くなる。
鉄筋コンクリート造建物		
5 強	—	壁、梁、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。
6 弱	壁、梁、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。	壁、梁、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。
6 強	壁、梁、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。	壁、梁、柱などの部材に、斜めや X 状のひび割れ・亀裂がみられることがある。1 階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものがある。

7	壁、梁、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂がさらに多くなる。1 階あるいは中間階が変形し、まれに傾くものがある。	壁、梁、柱などの部材に、斜めや X 状のひび割れ・亀裂が多くなる。1 階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものが多くなる。

また図 5 は福島市・郡山市等と同じくいわゆる「中通り」に属する須賀川市の市庁舎の損傷状況の例である[28]。市庁舎は鉄筋鉄骨造の建物で倒壊はしていないものの窓の損傷など放射線遮へい・外気遮断の観点からみれば著しい機能低下が推定され、ほぼ露天と変わらない。鉄筋鉄骨造の建物でさえこの状況であるから、図 4 にみられるように耐震性の低い家屋が大半を占める中通り地域では、放射線遮へい・密閉の観点からみて機能低下が生じたことは明らかであり、通常状態が前提である統計上の家屋を想定して低減係数を推定すれば、被ばくの過小評価をもたらしている可能性が高い。

図 5　「中通り」における建築物損傷の例

（8）まとめ

以上を総括すれば、第一に、被告が依拠する UNSCEAR2020/2021 は、大気汚染物質の拡散シミュレーションに一般的に使用される手法（被告らが ATDM と称する手法）を用いているが、大きな不確実性が伴うことが多数の研究者によって指摘されているところ、Terada[2020]のみに依拠してその他の報告を採用しない理由について合理的な説明をしていないことを指摘した。第二に、UNSCEAR2020/2021 に記述される「バルク沈着速度」は、Terada[2020]には記述されて

[28] 須賀川市公式ウェブサイト「すかがわ 10 年のあゆみ」
https://www.city.sukagawa.fukushima.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/009/557/sinnsaihukkoua-kaibu.pdf

いないUNSCEAR2020/2021による独自解釈であって放射性ヨウ素の大気中濃度が過小評価される結果をもたらしており、かつその値は被告みずから柏崎刈羽原子力発電所の適合性審査申請に用いた沈着速度とも桁ちがいに乖離した数値であるなど不自然であることを指摘した。第三に、屋内退避による被ばく低減効果について、UNSCEAR2020/2021は一定の仮定を設けて統計的推定を行っているが、その推計過程で過小評価の要因が見いだされることを指摘した。UNSCEAR2020/2021の被ばく量推計では、他にも「食事経由ヨウ素摂取による甲状腺ヨウ素取り込み率の過小評価」「経口摂取による初期被ばく量の無視」「甲状腺簡易直接計測の疑問」など過小評価を示唆する要因が多々指摘されているが、それらとも併せて被告の主張を検討すれば、甲状腺がん罹患の放射線起因性を否定する根拠として薄弱であることが明らかである。

補足　執筆者の経歴等

原子力災害時の緊急時対応には「原子力プラントの構造や運転」「放射性物質の拡散シミュレーション」「避難（移動交通）」の複数の分野を関連づけた知見が必要である。筆者は民間企業に23年間在職し化学プラントの設計や安全性評価に従事した。原子力プラントといっても原子炉以外の大部分は核反応が関与しない汎用的なプラント装置（伝熱、流体輸送、制御等）によって構成されるのであり、現に福島第一原発事故は周辺装置の機能喪失により炉心溶融に発展した[29]。このため化学プラントの知見は原子力でも共通である。またプラントの安全性評価には大気汚染物質等の拡散の検討も含まれるが、放射性物質の拡散シミュレーションも工学的に全く共通である。筆者はこれら化学プラントの業務に関連して技術士法[30]に基づく技術士（化学部門）の資格を1992年に取得した。一方で緊急時対応に関しては交通の知見が必要であるが、筆者は「交通権学会」において2014年～2016年まで会長を務めた。こうした経緯から、新潟県防災局の委嘱を受け2017年から2022年まで「新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会」委員を務めた[31]。参考までに関連の著作物を例示する[32]。

---

[29] 福島第一原発事故は、電源喪失以前に地震動で原子炉構造物の破損があったとの見解もある。ただしスクラムには成功しているので核分裂反応は停止しており、それ以降は崩壊熱除去機能の不全であるから、やはり要因は冷却系統等の周辺装置にある。

[30] 同法第二条で、技術士とは「科学技術（人文科学のみに係るものを除く。以下同じ。）に関する高等の専門的応用能力を必要とする事項についての計画、研究、設計、分析、試験、評価又はこれらに関する指導の業務（他の法律においてその業務を行うことが制限されている業務を除く。）を行う者」と規定されている。
https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=358AC0000000025

[31] 新潟県「原子力災害時の避難方法に関する検証委員会」
https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/genshiryoku/1356877582245.html

[32] 化学工学会編『改訂六版化学工学便覧（分担執筆）』丸善, 1999年, p.562～等、『原発避難計画の検証』合同出版, 2014年、『原発避難はできるか』緑風出版, 2020年、『原子力防災の虚構』緑風出版, 2024年

付表 1　Terada[2020]で採用しているソースターム（抜粋）

		放出継続時間	Cs137[Bq]	I131[Bq]	放出高さ[m]
3 月 12 日	5:00	4	3.88E+12	4.05E+13	20
3 月 12 日	9:00	1	4.20E+12	4.50E+13	20
3 月 12 日	10:00	4	2.70E+12	2.96E+13	20
3 月 12 日	14:00	1	7.20E+13	5.70E+15	120
3 月 12 日	15:00	1	2.70E+14	4.20E+15	100×100×100
3 月 12 日	16:00	6	1.40E+13	1.19E+14	120
		（中略）			
3 月 14 日	3:00	4	4.40E+12	5.49E+13	120
3 月 14 日	7:00	4	3.50E+12	4.43E+13	120
3 月 14 日	11:00	1	1.86E+14	2.30E+15	100×100×300
3 月 14 日	12:00	6	1.80E+12	2.33E+13	20
3 月 14 日	18:00	1	1.10E+12	1.44E+13	20
		（中略）			
3 月 25 日	11:00	35	2.20E+12	1.26E+14	20
3 月 26 日	10:00	47	6.91E+11	6.46E+13	20
3 月 28 日	21:00	35	3.00E+12	1.21E+13	20
3 月 29 日	11:00	14	5.87E+12	4.26E+13	20
3 月 30 日	0:00	13	4.32E+13	2.66E+14	20
3 月 31 日	22:00	22	2.70E+12	7.95E+13	20
3 月 31 日	0:00	2	8.91E+11	5.30E+12	20

付表 2　さまざまなソースターム推定の一覧

SUMMARY OF DIFFERENT ESTIMATES FOR THE ATMOSPHERIC SOUACE TERM IN 2011 IN PBq						
	^{137}Cs	^{131}I	^{133}Xe	Release duration	Method used	Models or code used
1 TEPCO,2012 [6,100]	10	500	$0.5x10^3$	12.03-31.03	Reverse modelling	Weather data (measurementson site and AMEDAS) /DIANA
2 1RSN-1,2011 (Emergency Response) [101]	10	90	$2x10^3$	11,03-22.03	Estimate of reactor state, analysis of information	Available operational data about the accident progression and reactorstate
3 1RSN-2,2012 [101-103]	20-21	190 -197	$5.9x10^3$	11.03 -27.03	Forward+reverse modelling	ECMWT+ ARPEGE+local observations/ C3X (ldX+pX) / ASTRID
4 1RSN-3,2013 [104]	15.5	105.6	$12x10^3$	11.03 -27,03	Reverse modelling	ECMWF/ C3X (ldX)
5 CEREA,2012 [105,106]	12-19, uncertainty 15-20%	190 -380, uncertainty 5-10%	-	11.03 -27.03	Reverse modelling	ECMWf,WRf/ Polair3D (polyphemus platform)
6 JAEA-1,2011 (Chino et al.) [107]	13	150	-	12.03 -05.04	Reverse modelling	SPEEDI (PHYSIC/ PRAWDA21) WSPEEDI-II (MM5/GEARN)
7 JAEA-2/NSC, 2012 (Katata	11	130	-	12.03 -05.04	Reverse modelling, refinement of	WSPEEDI-II (MM5/GEARN) +JMA data (WRF)

et al.) [2,108,109]					JAEA-I source term	
8 JAEA-3,2012 (Terada et al.) [110]	8.8	124	-	12.03 -30.04	Reverse modelling, refinement of JAEA-2 source term	WSPEEDI-II (MM5/GEARN) 1 JMA data (WRF)
9 JAEA-4,2013 (Kobayashi et al.) [111]	13	200	-	12,03-3 0.04	Reverse modelling	Same as JAEA-3-SEA-GEARN
10 NILU,2012[11 2]	37, uncerta inty 20-53	-	15x10^3, uncertai nty (12-18) x10^3	11,03-0 5.04	Reverse modelling	ECMWF+NCEf GFS/ FLEXPART
11 IBRAE,2012 [87,113,114]	30	188	0.4x10^3	15.03	Forward+ reverse modelling (iterations)	SOCRAT/ ARW-WRF/ NOSTRADAMUS
12 SECNRS,2011 [115]	35	700		11.03 -17.03	Estimate of Fuel inventory, reactor state, analysis of information	SCALE6 (ORIGEN-ARP) / WASH-1400/ NUREG-1150
13 NISA,2011 [2.116]	15	160	11x10^3	11.03 -15,03	Forward modelling	MELCOR
14 JNES,2012[11 7]	7.3-13	250 -340	9x10^3	11.03 -17.03	Forward modelling	MELCOR
15 ZAMG,2011 [118]	30	400	-	11.03 -15.03	Reverse modelling	ECMWf/ FLEXPART
16 NIES,2011[11 9]	9,9 (100% -particu late, 1 μ m)	142 (80 % - gaseous form)	-	11.03 -30.03	Rcverse modelling	Models-3 CMAQ/ WRF+JMA data
17 CEA,2012[120]	10	400	6.0x10^3	12.03 -01.05	Reverse modclling	MM5,WRf, NCEP GFS/ FLEXPART
18 SNL,2013[115]	10	276	7.9x10^3	11.03 -15.03	Forward modelling	Fractional releases, ORIGEN core inventories
19 ENEA,2014 [121]	21	199	5.56 x10^3	11.03 -16.03	Forward modelling	RASCAL 4.2
20 UNSCEAR,201 4 [122]	8.8	124 (50 % - gaseous form)	7.3x10^3	Same as in JAEA-3	Reverse modelling	Same as in JAEA-3
Chernobyl source term, IAEA, 2006	85	1760	6.5x10^3			