

令和3年（行コ）第136号東海第二原子力発電所運転差止等請求事件控訴事件

日本原電のシミュレーション過小評価と 茨城県避難計画の実効性欠如に関する補充意見書

令和6年8月20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 

目次

- 第1 本意見書記述に至る経緯
 - 第2 防災の考え方の基本について
 - 第3 被ばくの形態と基本
 - 第4 具体的な基準と防護措置
 - 第5 空間放射線量率の測定について
 - 第6 茨城県のシミュレーションの要請不適切かつ不合理であること
 - 第7 柏崎刈羽6号機のシミュレーション結果との比較
 - 第8 原電のシミュレーションが無意味であること
 - 第9 放出想定について
 - 第10 計算上の基礎数値に疑点があること
 - 第11 一審原告による現実的なシミュレーション
 - 第12 被ばく量に関する評価
 - 第13 避難避難退域時検査場所の開設・運営が困難となること
 - 第14 県の避難・移転対象人数の算定根拠が不明であること
 - 第15 結語
-
- 補論Ⅰ シミュレーション手法についての概説
 - 補論Ⅱ グラウンドシャイン実効線量換算係数の誤り
 - 補論Ⅲ 上岡の経歴

第1 本意見書記述に至る経緯

一審原告は控訴審準備書面（9）において、一審被告シミュレーションは過小な想定であり、それをもとにした茨城県による避難計画の実効性の検証は法（災害対策基本法およびその体系下にある原子力災害対策特別措置法）の趣旨に反すると指摘している。その経緯として、茨城県は2022年中に一審被告（日本原子力発電株式会社、以下「原電」）に対して避難計画策定の根拠となる放射性物質拡散シミュレーションを依頼し、一審被告は2022年12月に茨城県に対して報告書を提出した。（甲G354）次に県は同報告書に対する検証を「令和4年度空間放射線量率等評価結果に係る検証委員会（以下「検証委員会」）」に委嘱し、2023年3月に茨城県にその検証報告書が提出された。（甲G355）また茨城県は一審被告のシミュレーションをもとに「最大17万人が避難等の対象となること」を県民に広報した。（甲G360）これに対して一審原告から、原電のシミュレーションが過小な想定すなわち、福島第一原発事故の際に放出された放射性物質の推定量、あるいは同種の他のシミュレーションと比して桁ちがいに小さな放出量が想定され、またその推定根拠が明らかでないことが指摘されている。また茨城県は原電が提示した単一のシミュレーション結果のみに依拠して結果の妥当性・客観性を確認していないこと、移転対象人数の算定根拠が不明なこと等を指摘している。さらに「検証委員会」の一連の議事録¹（甲G367の1ないし甲G367の4）を参照するに、委員から多くの疑問点が指摘されている。本意見書ではこうした経緯から、原電のシミュレーションおよび、それに基づいた茨城県による実効性の検証と称する評価について専門的見地から検討を加えるとともに、改めてより現実的なシミュレーションを行った。その結果、原電のシミュレーションは避難計画のみならず緊急時対応全体の実効性評価に対して意味を持たず、茨城県の避難計画と緊急時対応が根本的に破綻しているため緊急事態に際して住民の防護が機能せず、一審原告のいう人格権侵害の可能性が高いことを指摘する。

第2 防災の考え方の基本について

本件は「災害対策基本法」に立脚する「防災」の枠組みであって、災害が発生することを前提とした議論である。これは単に原子炉設置・運転の努力目標的なものではなく、我が国の原子力行政において、原子炉の設置・運転と防災とは独立に考えなければならないことが原子力規制委委員会の見解等からも確認

¹第1回「令和4年度空間放射線量率等評価結果に係る検証委員会」議事録, 2023年1月26日

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/10_1gizi.pdf

第2回「令和4年度空間放射線量率等評価結果に係る検証委員会」議事録, 2023年1月27日

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/10_2gizi.pdf

第3回「令和4年度空間放射線量率等評価結果に係る検証委員会」議事録, 2023年2月16日

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/10_3gizi.pdf

第4回「令和4年度空間放射線量率等評価結果に係る検証委員会」議事録, 2023年3月10日

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/10_4gizi.pdf

されている。第 204 回国会原子力問題調査特別委員会第 3 号（令和 3 年 4 月 8 日）において更田豊志政府特別補佐人（原子力規制委員会委員長・当時）は、議員の「新規制基準の審査と避難計画との関係性をどう見ているのか」との質問に対して「まず、原子炉等規制法に基づく審査に関しては、先生の御質問の中にありましたけれども、深層防護でいえば第一層から第四層、要するに、事故を防ぐ、それから万一事故が起きた場合でもその影響を緩和するという、いわゆるプラント側のものについて審査を行っております。しかしながら、どれだけ対策を尽くしたとしても事故は起きるものとして考えるというのが、防災に対する備えとしての基本であります。[中略]これが一緒くたになってしまうと、プラントに安全対策を十分に尽くしたので、防災計画はこのぐらいでいいだろうという考えに陥ってしまう危険もあります。また、防災計画というのは地域の実情に応じて策定されるべきものでありますので、プラントに対する安全性を見るという責任と、それから防災対策をしっかり策定するという責任というのは独立して考えるべきという性格を持っているものというふうに認識をしております²⁾」と答弁している。（甲 G 1 9 5 号証）この件に関し、原子力規制委員会に対して弁護士法第 23 条の 2 に基づく照会³⁾を行った結果、同委員長の発言は同委員会を代表する立場に基づいて行ったとの回答があった⁴⁾。（甲 G 3 6 8 号証）司法判断としても東海第二原子力発電所運転差止請求事件⁵⁾において水戸地裁判決（平成 24 年（行ウ）第 15 号東海第二原子力発電所運転差止請求事件に対する水戸地裁判決（令和 3 年 3 月 18 日））において、第 5 層については「現行法による原子力災害対策をもってすれば [中略] 実効的な避難計画を策定し深層防護の第 5 の防護レベルの措置を担保することができるかについては疑問があるといわなければならない⁶⁾」として運転差止めの請求を認めていることから確認される。

福島第一原発事故以前、『原子力安全白書』1991 年 3 月⁷⁾（甲 G 3 6 9 号証）において、重大な炉心損傷事象発生の確率は 10 のマイナス 5 乗、すなわち 10 万年に 1 回だと評価されている。その根拠として「我が国のプラントに対する PSA [注・Probabilistic Safety Assessment: 確率論的安全性評価] の結果において良好な解析結果が得られているのは、主に我が国の外部電源と非常用ディーゼル発電の信頼性が高いことと起因事象の発生が少ないという実績に原因している。以上のようにレベル 1PSA の結果は、工学的知見からはシビアアクシデントは起こりえないと判断するに十分な程小さいものであり、現行の安全確保対策の妥当性を裏付けるものと考えられる」としている。ところが現実の福島第一原発事故では、信頼性が高いはずの外部電源と非常用ディーゼル発電が真っ先に機能を失って放射性物質の大量放出に至り、10 万

²⁾第 204 回国会原子力問題調査特別委員会第 3 号（令和 3 年 4 月 8 日）議事録

https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_kaigiroku.nsf/html/kaigiroku/026520420210408003.htm

³⁾仙台弁護士会「弁護士法第 23 条の 2 に基づく照会申出書」令和 4 年 3 月 16 日

⁴⁾原規法発第 2206241 号・原子力規制委員会委員長更田豊志「弁護士法第 23 条の 2 に基づく照会について（回答）」、令和 4 年 6 月 24 日

⁵⁾水戸地裁判決（平成 24 年（行ウ）第 15 号東海第二原子力発電所運転差止請求事件

⁶⁾同判決（令和 3 年 3 月 18 日）

https://www.courts.go.jp/app/files/hanrei_jp/255/090255_hanrei.pdf

⁷⁾原子力安全委員会『原子力安全白書（平成 2 年版）』1991 年 3 月, p.227

年に1回どころか、わが国における商用原子力発電の開始から数十年にして世界最大級の事故を惹起した。福島第一原発事故以後に策定された新規規制基準において従前よりは安全対策が付加されたとはいえ、原電が依拠する「MAAP」は福島第一原発事故以前から使用されている確率論的安全性評価に依拠することになりはならず机上の推論にとどまる。原電は「シミュレーションII」について「工学的には考えにくい」と説明しているが（「東海第二発電所拡散シミュレーションの実施結果について⁸」p.9）（甲G354）、現実の福島第一原発事故も前述のように「工学的知見からはシビアアクシデントは起こりえない」と評価されていたのであって、原電の「工学的には考えにくい」との説明もなんら実証されたものではない。

第3 被ばくの形態と基本

すでに周知の事実であるが（甲G364号証等）、被ばくと防護措置について、また「原子力災害対策指針⁹（以下「指針」）R5年改定版」（甲G316号証）に規定された避難あるいは一時移転について概括する。原子力防災は自然災害等を対象とした防災とは異なり「被ばくの防止」が目的である。ここで原子力緊急事態（原子炉等から環境中に異常な水準で放射性物質が放出された場合）における被ばくは、①「外部被ばく」と②「内部被ばく」に大別される。①の外部被ばくとは、体外にある放射線源から放射線を受けることである。また②の内部被ばくとは放射性物質を吸入あるいは経口摂取等により体内に取り込み、体内にある放射線源から放射線を受けることである。さらに「外部被ばく」は、空中を通過するプルーム（汚染大気塊）に含まれる放射性核種からの放射（「クラウドシャイン」という）と、地表に降着した放射性核種からの放射（「グラウンドシャイン」という）による被ばく量の合計から成る。また「内部被ばく」は、空中を通過するプルーム（汚染大気塊）に含まれる放射性核種が呼吸を通じて体内に摂取される場合の被ばく量である。「外部被ばく」は計測器による「空間放射線量率（一般に $\mu\text{Sv}/\text{時}$ で表示・「率」とは毎時の意味）」により評価可能であるが、「内部被ばく」についてはこれを計測器等によりリアルタイムで直接測定することはできず別の手段によらざるをえない。一方でプルーム（汚染大気塊）に含まれる放射性核種の形態には大別してガス状と粒子状がある。ガス形態の核種（キセノン、クリプトン等の「希ガス」と呼ばれる核種）は空中を通過するが地表に降着しないので、これらの被ばくはプルームからの放射のみである。一方でガス形態以外の核種は空中を通過中に放射線を発生してクラウドシャインを発生するとともに、かつその一部が地表にも降着してそこからグラウンドシャインを発生する。また屋内に退避した場合、吸入被ばく・クラウドシャイン・グラウンドシャインともあるていど低減されるが、その比率は状況により異なる。以上の概念を図1に示す。

⁸日本原子力発電株式会社「東海第二発電所拡散シミュレーションの実施結果について」2022年12月23日

<https://www.pref.ibaraki.jp/bousaiki/genshi/kikaku/documents/06simulationkekka.pdf>

⁹原子力規制委員会「原子力災害対策指針」

<https://www.nra.go.jp/data/000359967.pdf>

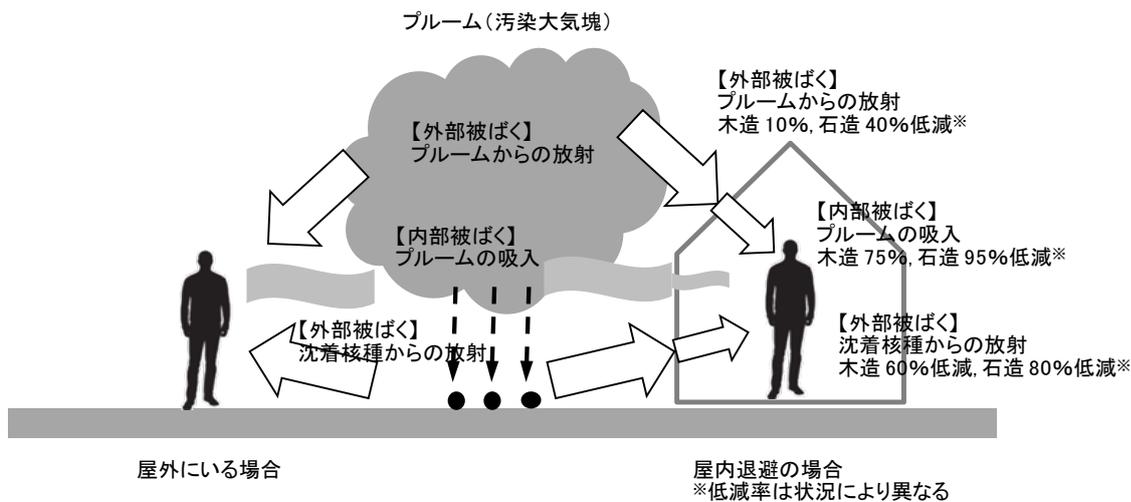


図1 放出された放射性核種による被ばく概念

第4 具体的な防護措置と基準

「指針」によれば、住民の被ばくを避けるための防護措置を実施すべき範囲として「5km 圏 (PAZ)」と「5～30km 圏 (UPZ)」に区分され、各自治体はこれに基づいて「原子力災害広域避難計画」を策定する。まず「5km 圏 (PAZ)」では原発の緊急事態が宣言され一定の条件に達したとき、放射性物質の放出前に事前避難や安定ヨウ素服用などの防護措置を実施する。また「5～30km 圏 (UPZ)」では屋内退避を原則とし、その後に放射性物質が放出されたらモニタリング（空間放射線量率の測定）により一定の条件に達した地域を限って避難あるいは一時移転すると記載されている。これは「5～30km 圏 (UPZ)」の避難行動は運用上の介入レベル（Operational Intervention Level、以下「OIL」）として示され、避難行動に関しては2つに分かれる。地上1mで計測した空間放射線量率が $500\mu\text{Sv}/\text{時}$ を超えたときは「OIL1」に該当し、数時間内を目途に区域を特定し、避難等を実施する。同じく $20\mu\text{Sv}/\text{時}$ を超えたときは「OIL2」に該当し、1日以内を目途に区域を特定し、地域生産物の摂取を制限するとともに、1週間程度内に一時移転を実施することが「指針」に記載されている。なお「避難」と「一時移転」の定義については「指針」に明記がないが、住民にとっては居住地から移動しなければならない行動として同じである。具体的な基準と防護措置については、「指針」により「OIL」と、それに対応した防護措置（避難あるいは一時移転、飲食物の摂取制限、安定ヨウ素剤の服用等）が記述されている。避難あるいは一時移転に関する「OIL」は「OIL1」と「OIL2」である。「空間放射線量率」で判断され、一般に「 μSv （マイクロシーベルト）/時」の単位で表示される。

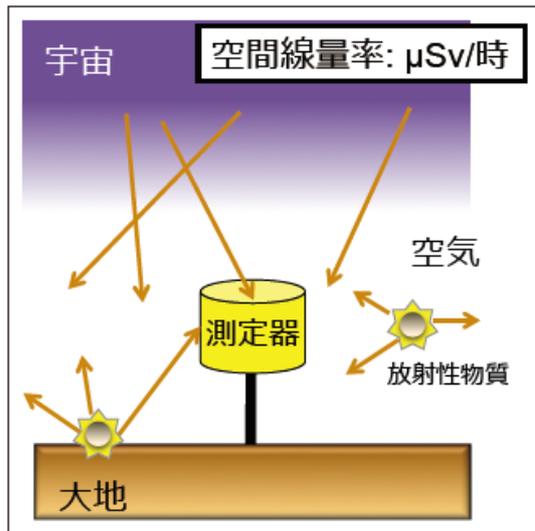
「OIL1」とは「 $500\mu\text{Sv}/\text{時}$ 」で、防護措置は「数時間内を目途に区域を特定し、避難等を実施。（移動が困難な者の一時屋内退避を含む）」また「OIL2」は地上1mで計測した場合の空間放射線量率で「 $20\mu\text{Sv}/\text{時}$ 」で、防護措置は「1日以内を目途に区域を特定し、地域生産物の摂取を制限するとともに、1週間

程度内に一時移転を実施。(p.45)」と「指針」に記述されている。さらにこれに関して注釈があり「本値は地上1mで計測した場合の空間放射線量率である。実際の適用に当たっては、空間放射線量率計測機器の設置場所における線量率と地上1mでの線量率との差異を考慮して、判断基準の値を補正する必要がある。OIL1については緊急時モニタリングにより得られた空間放射線量率(1時間値)がOIL1の基準値を超えた場合、OIL2については、空間放射線量率の時間的・空間的な変化を参照しつつ、緊急時モニタリングにより得られた空間放射線量率(1時間値)がOIL2の基準値を超えたときから起算しておおむね1日が経過した時点の空間放射線量率(1時間値)がOIL2の基準値を超えた場合に、防護措置の実施が必要であると判断する。」としている。なお「30km圏(UPZ)」とはあくまで目安であって、放射性物質の拡散が物理的にそこで留まるわけではない。「指針」(2013年6月全部改定版:甲G370号証)では「原子力災害対策重点区域」として「PAZ」と「UPZ」の他に「PPA」との定義があり「UPZ外においても、ブルーム通過時には放射性ヨウ素の吸入による甲状腺被ばく等の影響もあることが想定される。つまり、UPZの目安である30kmの範囲外であっても、その周辺を中心に防護措置が必要となる場合がある。」との記載があり今後の検討課題とされていた。しかし現行の「指針」最新版ではUPZ外の記述が削除されている。一方で「防護措置の実施フロー」にはUPZ外の防護措置も図示されており、不明確な部分が残っている状態である。

第5 空間放射線量率の測定について

ここで防護措置の基準となる「空間放射線量率($\mu\text{Sv}/\text{時}$)」の測定について確認する。図2は環境省の資料よりその概念を示したものであるが¹⁰(甲G371号証)空間放射線量率の測定機器は、平常時にせよ緊急時にせよ、空中・地上などあらゆる方向からの γ 線の線量率の合計を測定する計測器であって、測定値のうちいずれの割合が「クラウドシャイン(通過するブルームからの放射)」か「グラウンドシャイン(地表からの放射)」かを識別する機能はない。前述の運用上の介入レベル「OIL」の判断に際して「500 $\mu\text{Sv}/\text{時}$ 」あるいは「20 $\mu\text{Sv}/\text{時}$ 」の値は、ブルームと地表の線量率の合計として測定される値である。なお同資料右の円筒状機器の写真は空間放射線量率計のみを備えた簡易的な測定局の例であり、他に高精度の空間放射線量率計・空气中放射能濃度測定装置(α 線・ β 線)・気象観測装置等も併設した建屋型式の測定局も存在するが、いずれにしても「OIL」の判断に用いられるのは「空間放射線量率($\mu\text{Sv}/\text{時}$)」であってブルームと地表を識別する機能はないから、いずれにしても「OIL」の判断に際して「クラウドシャイン」と「グラウンドシャイン」を分けて評価することはありえない。

¹⁰環境省「放射線による健康影響等に関するポータルサイト④空間放射線量率の測定方法」
https://www.env.go.jp/chemi/rhm/portal/digest/dwelling/detail_004.html



空間線量率は空間のγ(ガンマ)線を測定
1時間当たりのマイクロシーベルト(μSv/時)で表示



実際の測定器(モニタリングポスト)の様子

図2 空間放射線量率の測定原理(環境省資料)

第6 茨城県のシミュレーションの要請が不適切かつ不合理であること

県では「避難計画の実効性検証」と目的を掲げている。しかし「何が達成されれば実効性があるのか」について具体的な目標や方針を示しておらず、どのように実効性を検証するのか不明である。第一に、原子力防災に限らずいかなる防災であっても、その基本的な考え方は、災害の想定が先あってそれに対して各種対策を策定するものである。この点、県では「国の新規制基準に基づき新たに設置する安全対策が十分に機能せず、東海第二発電所から30km周辺まで避難・一時移転の対象となる区域が生じ、かつその区域が最大となると見込まれる事故・災害を想定すること」として拡散シミュレーションを原電に要請した。これでは、対策の範囲・規模を先に設定あるいは限定してそれに合わせた災害の想定を行うことになり、この時点でそもそも本末転倒であり不適切な指示である。第二に、災害対策基本法およびその体系下にある原子力災害対策特別措置法(以下「原災策」)に規定されているとおり、原子力防災の本来の目的は「原子力災害から国民の生命、身体及び財産を保護すること(同法第一条)」であって、原子力防災における実効性とは、最終的には住民の被ばくを避ける、ないしは最小限にとどめることが目的であることは自明であるところ、茨城県の要請にはそのような観点ないしは方針が全く欠如している。第三に、こうした不適切かつ曖昧な指示の結果として、原電による恣意的な解釈あるいは誤認が付加された結果、シミュレーションの結果は防護措置の適否を評価するには意味のないものとなっている。原電は県の依頼に対する「受け止め」として報告書の位置づけすなわちシミュレーションの目的を説明している。(第3回検証委員会日本原子力発電株式会社説明資料¹¹p.4-5 甲G366の3号証)。同資料p.5では茨城県の「避難計

¹¹第3回検証委員会日本原子力発電株式会社説明資料

画の実効性を検証する」との部分に対して、茨城県令和4年予算特別委員会での答弁（甲G372号証）を引用し「30km 周辺まで避難等の対象となる最大の区域を想定したうえで、避難・一時移転を行う際に必要な資機材等を確認」を注釈として付加し、あたかも実効性とは資機材の確認であるかのような注釈を付加している。さらに「上記目的のため、原子力災害対策指針（以下、指針という）の考え方にに基づき、OILの初期設定値をもとに避難・一時移転の範囲の評価を実施」としている。（甲G366の3号証 p.5）

このような混乱は必ずしも原電の責任のみに帰することはできず茨城県の指示の不適切に起因するところが大ではあるが、いずれにしてもこのような枠組みで行われたシミュレーションの結果は原子力防災の本来の目的である「原子力災害から国民の生命、身体及び財産を保護する」趣旨とは全く乖離したものである。これを具体的に言いかえれば、原電は報告書において空間放射線量率（ $\mu\text{Sv}/\text{時}$ ）の結果のみを示しているが、これは避難あるいは一時移転の指標として用いられるに過ぎず、住民の被ばくが回避あるいは最小化されるという判断にはならない。そもそも原電が公開する空間放射線量率（ $\mu\text{Sv}/\text{時}$ ）を導出するためには、その計算過程で大気中の放射性核種濃度（ Bq/m^3 ）や地表汚染密度（ Bq/m^2 ）が使用されるのであるから、それを用いて内部被ばく量（汚染大気の吸入による体内の被ばく）および外部被ばく量（空中や地表からの放射で体表面に受ける被ばく）を評価することは可能である。この点、本意見書第1項で引用するように、原電も被ばくの評価は可能であるとしている。県がその提示を要請していないことは疎漏・懈怠であって、原子力防災の責務を放棄しているというべきである。またシミュレーションの結果は気象条件にも大きく依存するところ、第2回「検証委員会」議事録では委員が気象条件の選定について質問したのに対して、原電は「ありがとうございます。実はこういう〔注・気象条件の選定のこと〕相談ができずに我々も検証に臨んでいるもので、報告書に入れる入れないも含めてご意見参考にさせていただきます（同議事録 p.46）¹²」（甲G367の2号証）と述べており、そもそも茨城県が避難計画の実効性を検証するための条件を精査することなく、単に「30km 周辺まで避難等の対象となる最大の区域を想定」などという曖昧な指示で原電にシミュレーションを依頼したために、結果として原電による恣意的な解釈あるいは誤認を招いたため必要な情報が得られていない。いずれにしても原電が実施したシミュレーションは著しく過小評価で不適切であることは明らかであり、以下論述する。

第7 柏崎刈羽6号機のシミュレーション結果との比較

一審原告は茨城県が原電の提示した単一のシミュレーション結果のみに依拠して結果の妥当性・客観性を確認していないことを批判しているが、具体的にこの点について検討する。シミュレーションの結果には、放出源情報すなわち「いつ・どのような核種が・どれだけ出てくるかについての設定（「ソースターム」

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/09_3gendensiryoku.pdf

¹²第2回「令和4年度空間放射線量率等評価結果に係る検証委員会」議事録, 2023年1月27日

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/10_2gizi.pdf

ともいう) が大きな影響を及ぼす。比較の例として新潟県では、東京電力の柏崎刈羽原子力発電所 6 号機 (以下「柏崎刈羽 6 号機」) を対象に、4 つの事故ケースを想定して放射性物質の拡散シミュレーションを実施し「新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会」において報告した¹³。(甲 G 3 5 8) 柏崎刈羽 6 号機は改良型沸騰水型軽水炉 (ABWR) で定格電気出力は 135.6 万 kW (1996 年 11 月年運転開始) である。これに対して東海第二原発は沸騰水型軽水炉 (BWR) で定格電気出力は 110 万 kW (1978 年 11 月年運転開始) であり、そもそも形式として柏崎刈羽 6 号機より一世代古いとともに運転開始後の経過年数が 20 年近く多い。柏崎刈羽 6 号機については、福島第一原発事故後に安全対策を強化した前提で 4 ケースが報告されている。このうち過酷度の高いケース 3 とケース 4 を概説すると、ケース 3 は「全く注水できず冷却機能が全て使用不能、圧力容器は破損するが格納容器は破損なし、フィルタベント有効」である。またケース 4 は「参考ケース」と注記されているが、ケース 3 に加えて「格納容器も破損、フィルタベント無効」である。一方、原電では今回の避難範囲検討に用いた想定として原電は第 2 回「令和 4 年度空間放射線量率等評価結果に係る検証委員会」議事録において「考え方としては、30km 周辺までその避難・一時移転の対象となる区域が生じることを前提条件として、R-Cubic 評価用の放出率トレンドを作成したということになります (第 2 回「検証委員会」議事録 p.3¹⁴) (甲 G 3 6 7 の 2 号証)」と説明している。ここで「R-Cubic」というのは、原子力安全システム研究所で開発され本件で原電が放射性物質拡散シミュレーションに用いた公衆防護措置範囲迅速予測システム計算コードの名称である¹⁵。(甲 G 3 7 3 号証) 概略で事故規模を比較するために代表核種として I-131 と Cs-137 について放出量を示せば次の表 1 のようになっている。以上より原電のシミュレーション II すなわち今回の避難・一時移転の範囲検討に使用した放出規模は、柏崎刈羽 6 号機のケース 3 よりも大、またケース 4 よりも小というレベルである。

表 1 柏崎刈羽 6 号機と原電の放出想定と比較

放出想定		柏崎刈羽 6 号機				原電	
核種	単位	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	シミュレーション I	シミュレーション II (今回範囲推定に使用)
I-131	Bq	1.39×10^{11}	8.35×10^{11}	8.71×10^{11}	4.68×10^{17}	資料なし	2.6×10^{15}
Cs-137	Bq	2.19×10^{09}	4.69×10^{10}	4.70×10^{10}	7.07×10^{15}	2.2×10^{12}	4.3×10^{14}

¹³新潟県「放射性物質拡散シミュレーション結果」

平成 27 年度第 3 回新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会 (平成 27 年 12 月 16 日開催
<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/genshiryoku/1356829346997.html>

¹⁴前出第 2 回「検証委員会」議事録

¹⁵吉田至孝・楠木貴世志・柳千裕・岩崎良人・山本泰功・川崎郁夫・木下郁男

「原子力災害時事象進展予測技術の開発—これまでの開発状況と今後の課題—」"INSS JOURNAL" Vol.21, p.223, 2014, RV-1

https://www.inss.co.jp/wp-content/uploads/2017/03/2014_21J223_237.pdf

すなわち柏崎刈羽6号機のケース3を参照すると、原電のシミュレーションに使用された値は、I-131やCs-137の放出量にして柏崎刈羽6号機のケース3よりはるかに大きいのであるから、気象条件や計算方法等による差異はあるにしても、東海第二の避難・一時移転範囲は少なくとも柏崎刈羽6号機のケース3を相当に超える規模となるはずである。図3・図4に柏崎刈羽6号機の新潟県のシミュレーションのケース3の避難・一時移転、すなわち500 μ Sv/時(OIL1)と20 μ Sv/時(OIL2)の範囲を示す。なお図が複雑であるため「A」ないし「B」の記号は説明のために筆者(上岡)が付加したものである。同検討では気象条件もいくつかのケースで試算されているが、原電のシミュレーションの条件に類似すると思われる「北東・中風」について示す。同図では赤太線が500 μ Sv/時、赤破線が20 μ Sv/時である。なおこのシミュレーションは放出後の時間経過ごとに結果が示されているので、代表として放出から間もない「4時間後」と、あるていど時間が経過した「12時間後」を示す。なお柏崎刈羽6号機一連のシミュレーションは「SPEEDI」を用いている。(後述補論II参照)(※柏崎刈羽6号機の図はGy(グレイ)表示であるが γ 線についてはGyとSv(シーベルト)は等価となる)

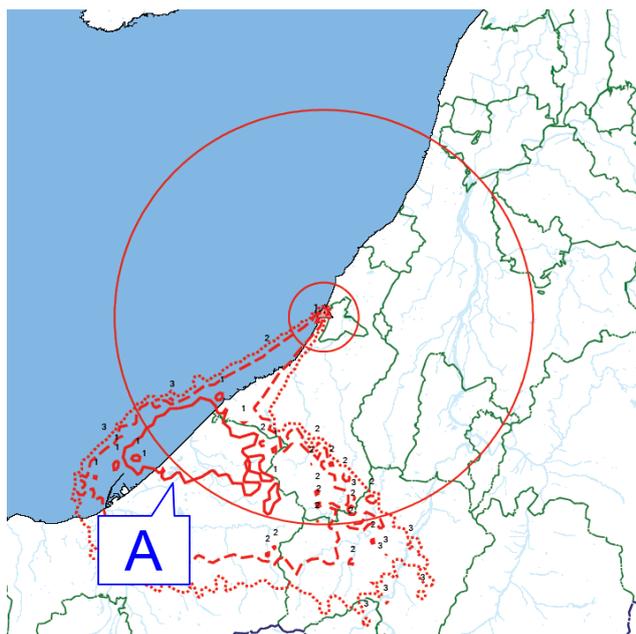


図3 柏崎刈羽6号機 ケース3
北東・中風 4時間後

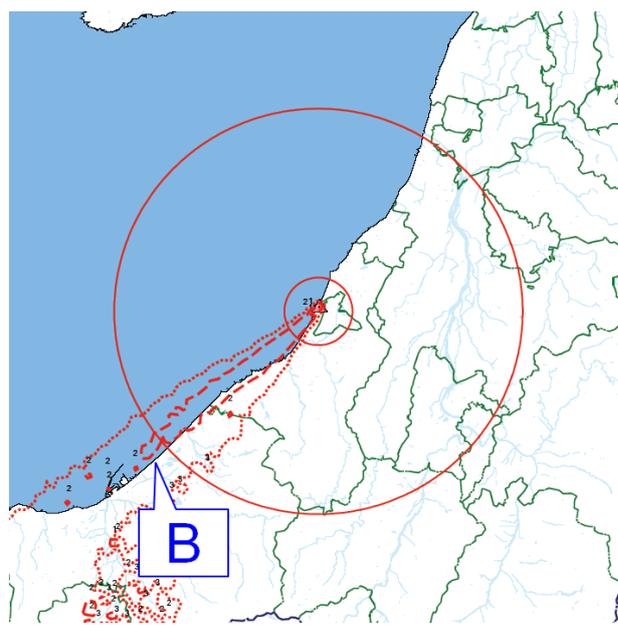


図4 柏崎刈羽6号機 ケース3
北東・中風 12時間後

この結果を参照すると、たとえば柏崎刈羽6号機のケース3の4時間後(図3)では、500 μ Sv/時すなわち緊急性が高い「数時間内を目途に区域を特定し避難等を実施」に該当する範囲が30kmを越えて出現(同図「A」)している。またケース3の12時間後(図4)では20 μ Sv/時すなわち「1週間程度内に一時移転を実施」に該当する範囲が30kmを越えて出現(同図「B」)している。表1で比較するように、原電のシミュレーションII(今回範囲推定に使用)よりもはるかに放出想定が低い柏崎刈羽6号機のケー

ス3でさえ、このような避難あるいは一時移転範囲が生じている。これは原電のシミュレーションIIにおいて一時移転範囲が30kmを超えないとの結果と比較すると全く説明のつかない結果である。

第8 原電のシミュレーションが無意味であること

茨城県の要請が「東海第二発電所から30km周辺まで避難・一時移転の対象となる区域が生じ、かつその区域が最大となると見込まれる事故・災害を想定」という不自然な条件を設けている点は前述のとおりである。しかし前項で指摘したように、柏崎刈羽6号機の新潟県のシミュレーションを参照すると、前出のように原電の放出規模よりはるかに小さいケース3においてさえ、緊急性が高い避難範囲(OIL1)が30kmをはるかに越えて出現している。これに対して原電のシミュレーションではOIL1よりもレベルの低い一時移転(OIL2)さえ30kmを超えないという不自然な結果が報告されているが、なぜそのような差異がもたらされたのかを指摘する。

第5項に記載したように、OILの判断に用いられる空間放射線量率の測定値は「クラウドシャイン」と「グラウンドシャイン」の合計であって両者は識別できない。ところが原電のシミュレーションでは「クラウドシャイン」について不可解な説明がなされている。第1回「検証委員会」議事録では、原電が「希ガスの放出については評価してはいますが、今回、拡散シミュレーションの対象の中に入っていないです。それは地表沈着した核種からの空間放射線量率を評価するために、粒子状の核種のみを対象としています。(同議事録¹⁶p.34)(甲G367の1号証)」との発言がある。また第2回「検証委員会」議事録において、原電は「その点に関しては今回、そもそも何のために評価するのかということになってくるのですけれども、今回避難計画の検証用ということで、拡散シミュレーションを実施してございますが、評価の目的としては、UPZですね、5kmから30kmは放出された緊急時モニタリングの結果を踏まえて、その場にとどまるか屋内退避続けるか、避難・一時移転をするかっていうのが決まるのですけれども、それを判断する、要はどこが避難・一時移転に相当するのかということの評価してございます。その時に指針の考え方では、地表沈着した放射性物質からの空間放射線量率が基準となっています。なので、今回はプルームを除外して、地表沈着した核種を対象に評価をしていると。被ばく量については今回は評価をしておりませんので、空間放射線量率の観点で評価しているということです。(同議事録¹⁷p.9)(甲G367の2号証)」

これより、原電のシミュレーションではプルームすなわちクラウドシャインを考慮していないことが明らかである。しかし実際の避難・一時移転の判断はシミュレーションではなくモニタリングの計測器によ

¹⁶第1回「令和4年度空間放射線量率等評価結果に係る検証委員会」議事録, 2023年1月26日
https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/10_1gizi.pdf

¹⁷第2回「令和4年度空間放射線量率等評価結果に係る検証委員会」議事録, 2023年1月27日
https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/10_2gizi.pdf

るのであるから、前述のように計測器ではクラウドシャインとグラウンドシャインの合計でしか測定値が得られない以上、クラウドシャインを考慮していない原電のシミュレーション結果を避難・一時移転の判断に用いることは無意味である。また原電は前述の議事録で「指針の考え方では、地表沈着した放射性物質からの空間放射線量率が基準」とも述べているが、この点についてもモニタリングではクラウドシャインとグラウンドシャインの合計でしか測定値が得られない以上、「指針」においてもクラウドシャインを除外して判断するとの記述は見いだせない。

原電のこうした誤認ないし恣意的解釈は、シミュレーションに際して茨城県の要請がもともと不合理であることにも起因しているが、いずれにしても原電のシミュレーション結果が避難計画の実効性を評価するに際して無意味であることは明らかである。参考までに、放出源情報や気象条件など諸条件を同じとしつつ、プルーム考慮の「有・無」のみを変えた場合に、結果にどのような影響を及ぼすかについて、一審原告側でシミュレーションして相対的に比較した結果を図5（プルーム無し）と図6（プルーム有り）に示す。なおこのシミュレーションは、原子力規制庁が「事前対策において備えておくことが合理的であると考えられる事故」（第11項参照）として示している放出源情報により、例として2024年5月22日の東海第二地域周辺の現実の気象条件を用いて同じ条件によりシミュレーションを行ったものである。放出から同じく4時間後の時点で、図5のプルームを考慮しない場合では一時移転の基準となる $20\mu\text{Sv}/\text{時}$ すなわち「OIL2」（図の黄色）が原発近傍に出現するのみであるが、図6のプルームを考慮した場合は $500\mu\text{Sv}/\text{時}$ すなわち緊急性の高い「OIL1」（図の赤色）が水戸市まで達し、さらに $20\mu\text{Sv}/\text{時}$ すなわち「OIL2」（図の黄色）でも水戸市も超えて茨城町にも達している。

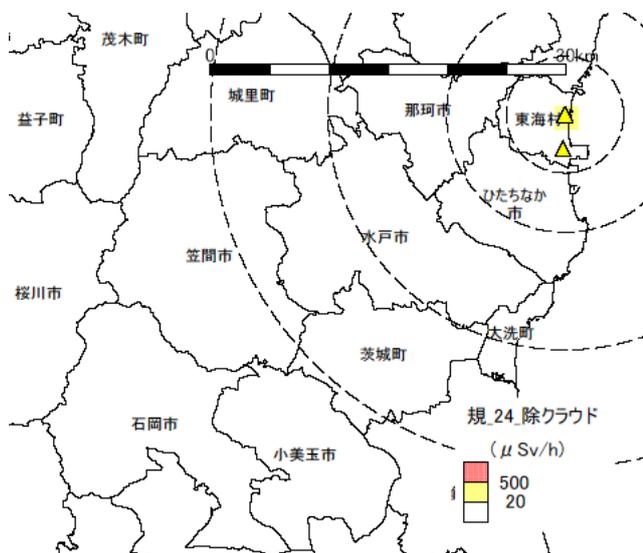


図5 プルームを考慮しない場合
放出開始から4時間後

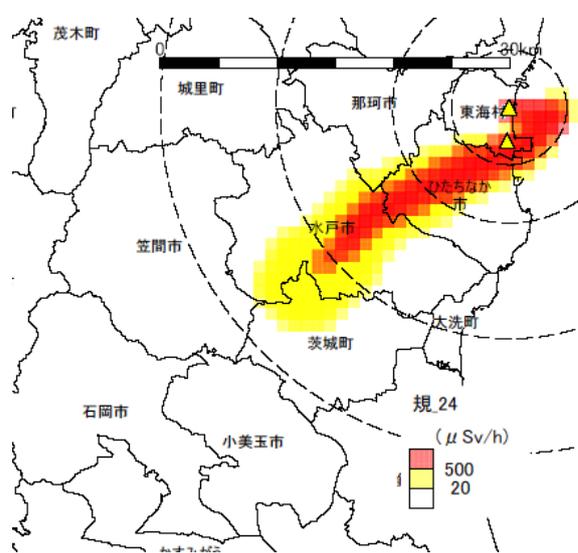


図6 左図と同条件でプルーム考慮の場合
放出開始から同じく4時間後

これに関して原電は、第2回「検証委員会」議事録において「その時に指針の考え方では、地表沈着した放射性物質からの空間線量率が基準となっています。なので、今回はプルームを除外して、地表沈着し

た核種を対象に評価している。(同議事録¹⁸p.9) (甲 G 3 6 7 の 2 号証)」と述べている。この認識は、破損した原発からの放射性核種の放出すなわちプルームの放出は最初の一回で終わり、そのプルームからの放出を除外したうえ、その後は地表に沈着した放射性物質からの放出のみに限定されると想定していることが推認される。しかし原電は、今回のシミュレーションに使用した「シミュレーションⅡ」では「フィルタ付きベントも使用できず格納容器が破損」と設定しているのであるから、放射性核種の放出が最初の一回で収束する前提は全く成立しない。一方で福島第一原発事故を参照するに、たとえば杉本純氏は福島第一原発事故における放射性核種放出の時間的経過の推定値を図 7 のように報告している¹⁹。(甲 G 3 7 4 号証) 特に事故発生から数日間は断続的な大量放出があり、プルームの放出が反復・継続している。すなわち格納容器の破損に至った以上、量的な増減はあるにしても原発からの放射性核種の放出すなわちプルームの放出が反復・継続する可能性が高く、その点からもプルームを除外する考え方は妥当ではない。

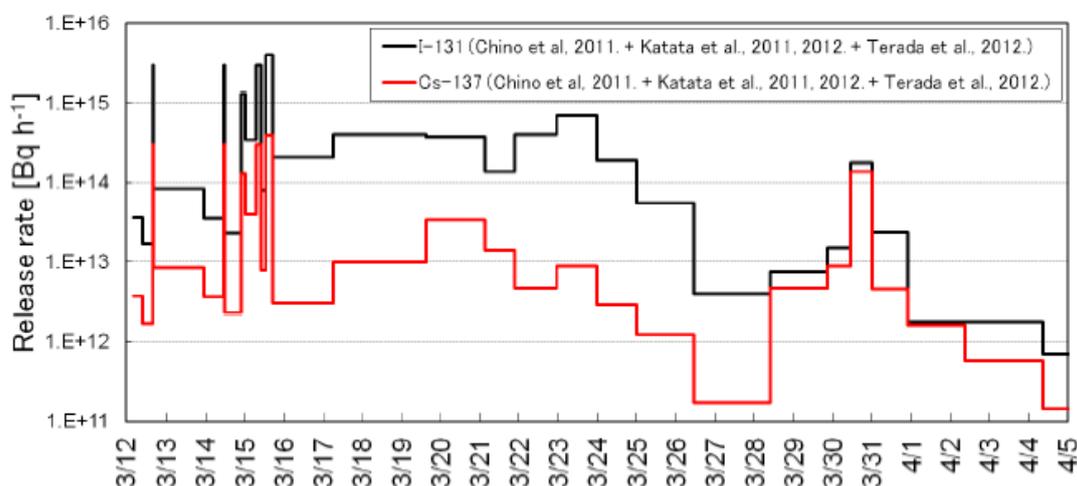


図 7 福島第一原発事故における放射性核種放出の時間的経過

第9 放出想定について

シミュレーションの結果には放出源情報すなわち「いつ・どのような核種が・どれだけ出てくるか(放出量)の設定が大きな影響を及ぼす。大まかにいえば、同じシミュレーションモデルで同じ気象条件を用いて試算した場合、避難・移転の条件が出現する地理的範囲は放出量に比例して増減する。ここで放出源情報の工学的背景(どこが・どのように機能喪失するか等)の妥当性については甲 G 3 5 7 の 1 p.30~38 に記載されているので省略するが、原電報告書と、他のいくつかの放出源情報の検討例を表 2 に示す。類

¹⁸第 2 回「令和 4 年度空間放射線量率等評価結果に係る検証委員会」議事録, 2023 年 1 月 27 日

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaiki/genshi/kikaku/documents/10_2gizi.pdf

¹⁹杉本純「ソースタム推定に関する考察」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

似の比較表は一審原告の控訴審準備書面（９）にも示されているが、議論の整理のためここで新たな情報も加えて改めて掲載する。

表２ 各種の放出源情報の比較

		①原電報告書シミュレーションⅡ（今回検討に使用）	②東電柏崎ケース３（全く注水できない場合）	③福島事故での保安院推定（２号機）	④規制庁「総点検版」のうち２号機	⑤規制庁新規制基準適合
取り扱い核種と放出量 [Bq]	KR-85	※ 1	6.25E+16			3.98E+16
	KR-87	※ 1	4.88E+16			1.95E+15
	KR-88	※ 1	4.46E+17			9.93E+16
	SR-90	※ 1		4.80E+13		1.18E+13
	Y-90	※ 1				4.95E+11
	I-131	2.60E+15	8.71E+11	1.40E+17	1.62E+18	7.29E+14
	I-133	※ 1	1.50E+12	1.40E+12		1.05E+15
	I-135	3.90E+14	9.07E+11	1.30E+12		4.29E+14
	XE-133	※ 1	7.90E+18	3.50E+18	1.17E+19	5.15E+18
	XE-135	※ 1	3.10E+18			6.61E+17
	TE-132	3.70E+13		4.20E+11	1.99E+17	4.17E+14
	CS-134	※ 1	5.78E+10	1.60E+16		1.61E+14
	CS-137	4.30E+14	4.70E+10	1.40E+16	3.54E+16	1.00E+14
	BA-140			1.10E+15	5.45E+15	2.26E+14
放出継続時間	hr	「数時間」と記載	72	3	10	5
放出高さ	m	0	31.8	50	0	50

①は、原電の第 1 回「検証委員会」説明資料²⁰p.73（甲 G 3 6 6 の 1 号証）に記載された値である²¹が、※1 と表記しているのは、原電の資料には「主要核種」として Cs-137、I-131、I-135、Te-132 の 4 種のみが記載されている一方で、その他の核種について具体的な数値の記載がなく不明なためである。同資料 p.71 では「MAAP 解析」として希ガスが短時間のうちにほぼ全量放出される図がある一方で、同資料 p.73 の「主要核種の放出量」では Kr-88 と Xe-133 が記載されていないほか、「主要核種」以外の核種の内訳も不明である。

さらに同資料 p.70 には「国の審査及び今回評価に用いている炉内蓄積量」と題する表があり核種グループごとの炉内蓄積量が表示されている。また同資料 p.64 に「【MAAP 評価結果】今回事故の放出割合（7 日間積算）」と題する表があり、同資料 p.71 に「核種グループと核種の関係（審査資料から抜粋）」と題する表がある。また同資料 p.71 には図として「MAAP 解析結果（環境への放出割合の推移）」と題する表が

²⁰第 1 回検証委員会日本原子力発電株式会社説明資料 [2]

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaiki/genshi/kikaku/documents/09_1_2gendensiryoku.pdf

²¹日本原子力発電株式会社「今回評価の概要」2023 年 1 月 26 日

ある。また原電の説明では、第2回「検証委員会」議事録において委員の質問に対して「セシウム137以外の核種も考慮しています。54核種を対象に評価をしているということです。(同議事録²²p.5)(甲G367の2号証)」としている。なお「54核種」というのは、第2回「検証委員会」説明資料²³の資料2-1p.13「核種別グランドシャイン実効線量換算係数」に表示されている核種のことである(甲G366の2号証)(本意見書第9項参照)。これらを組み合わせることにより放出源情報(ソースターム)を設定していると推察されるものの、最終的に原電がどのような放出源情報(ソースターム)を用いたのか原電の資料には前述のように具体的な値として示されていない。

②は新潟県の「新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会」において東京電力が行った拡散シミュレーションのケース3(全く注水できない場合・ただしフィルタベント有効)での放出想定である。(甲G358)このケースでは希ガスは放出想定に含まれている。③は、福島第一原発事故の後に旧原子力安全・保安院がIAEA向け報告のため推定した放出量である²⁴。(甲G375号証)なお同事故時の放出量の推定には報告者によりいくつか異なった数値がみられるが、そのうちの一例である。

④は、福島第一原発事故後の経験を受けて、原子力規制委員会が緊急時対策を講ずるべき範囲を検討するために設定した放出量のうち、最も放出量が大きいと推定された同2号機の数値である²⁵。これが現在のPAZ(概ね5km)・UPZ(概ね5～30km)の距離設定の根拠とされている。(その一部は甲G357の3に表示)⑤は、原子力規制庁が緊急時防護措置(屋内退避あるいは避難・一時移転)のめやすとする放出条件²⁶を検討した報告における放出源情報である。これは新規制基準の適合性審査を経た設備に対して「事前対策において備えておくことが合理的であると考えられる事故」とされている。なお各ケースとも表下段の「放出継続時間」とは、放射性核種がどれだけの時間にわたって放出されたかの数値である。これは同量の放射性核種が放出されたとしても、それが一瞬に放出されたのか長時間にわたり放出されたか等の相違により後段のシミュレーション結果に影響を及ぼすためである。また「放出高さ」とは、汚染大気塊がどの高さから放出されたかの数値である。たとえば福島第一原発事故の建屋爆発の際に、同1号機では水平方向の扁平状に、また同3号機では垂直方向のキノコ雲状に爆煙が発生しているが、その高さや形状により同様にシミュレーション結果に影響を及ぼすためである。

²²前出第2回検証委員会議事録

²³第2回検証委員会日本原子力発電株式会社説明資料(資料2-1)

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaiki/genshi/kikaku/documents/09_2gendensiryoku.pdf

²⁴旧原子力安全・保安院「東京電力福島第一原子力発電所の事故に係わる1号機、2号機及び3号機の炉心の状態に関する評価について」2011年6月6日

<https://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/6017222>

²⁵原子力規制庁「拡散シミュレーションの試算結果(総点検版)」2012年12月

<https://www.nra.go.jp/data/000024448.pdf>

²⁶原子力規制庁「原子力災害時の事前対策における参考レベルについて(第4回)」平成30年9月12日

<https://www.da.nra.go.jp/file/NR000056048/000245214.pdf>

第10 計算上の基礎数値に疑点があること

モデルによる差異は措くとして、一審被告のシミュレーションには基本的な疑点がある。一審原告の控訴準備書面(9)で参照する甲G357の3でも指摘されているが、第2回「検証委員会」説明資料²⁷の資料2-1p.13で示されている核種別グラウンドシャイン実効線量換算係数に疑問がある。この「グラウンドシャイン実効線量換算係数」とは、地表等に沈着した各々の放射性核種の地表汚染密度(Bq/m²)が空間放射線量率(Sv/s)に換算してどれだけに対応するかの係数(比例係数)である。代表的な核種について原電の報告書に提示されている数値を表3の①に示すが、Cs-137だけ桁ちがいに小さな値となっている。Cs-137はU-235(ウラン235)等の核分裂によって生成するセシウム同位体であり、事故時には原子炉から放出される。一方で表3の②はIAEAの「放射線緊急事態時の評価および対応のための一般的手順²⁸(IAEA-TECDOC-1162)」(甲G377号証)によるグラウンドシャイン実効線量換算係数である。原電報告書では、主な出典として「原子力安全審査指針, ICRP pub.38, ICRP pub.72, Federal Guidance Report No.12 Eckerman & Ryman(1993)」と記載されている。これらの係数は報告者・報告時期によって若干の差異があるものの有効数字の小数点以下が異なる程度の差であり桁ちがいということはない。しかしCs-137だけが桁ちがい(約3桁の差)となっており、この値がシミュレーションでそのまま使用されているとすれば、グラウンドシャインの部分で過小評価の可能性もある。この理由は原電が第2回「検証委員会」説明資料²⁹の資料2-1 p.12において「放出後の放射性崩壊により生成した核種の影響は考慮しない」と設定していることと関連すると考えられるが、内容は煩雑になるため補論IIで補足する。

表3 グラウンドシャイン実効線量換算係数

		原電資料	IAEA-TECDOC-1162
核種	半減期	(Sv/s)/(Bq/m ²)	(Sv/s)/(Bq/m ²)
I-131	8.06 日	3.76E-16	3.61E-16
I-132	2.28 時間	2.21E-15	2.17E-15
I-133	20.8 時間	5.97E-16	5.83E-16
I-134	52.6 分	2.53E-15	2.47E-15
I-135	6.61 時間	1.46E-15	1.50E-15
Cs-134	2.06 年	1.52E-15	1.50E-15

²⁷第2回検証委員会日本原子力発電株式会社説明資料(資料2-1)

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/09_2gendensiryous.pdf

²⁸放射線医学総合研究所緊急被ばく医療研究センター訳「放射線緊急事態時の評価および対応のための一般的手順(IAEA-TECDOC-1162)」

https://repo.qst.go.jp/record/73697/files/nirs_m_183.pdf

²⁹第2回検証委員会日本原子力発電株式会社説明資料(資料2-1)

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/genshi/kikaku/documents/09_2gendensiryous.pdf

Cs-136	13.1 日	2.09E-15	2.06E-15
Cs-137	30 年	2.85E-19	5.83E-16

第11 本意見書における現実的なシミュレーション

これまで述べたように原電のシミュレーションは、①プルーム（クラウドシャイン）を考慮していないこと（第8項参照）および②放出源情報が過小想定であること（第9項参照）、③基礎数値（グラウンドシャイン実効線量換算係数）に誤りがあること（第10項参照）など、各々の相乗効果によって著しい過小評価となっており、避難・一時移転範囲の検討には無意味であることを示した。そこで一審原告は避難計画の実効性の検証にあたり、より現実的と考えられる条件でシミュレーションを見直した。①の点については、緊急時対応の趣旨に照らしてプルームを考慮することが当然である。また②の放出源情報については、原子力規制庁が新規制基準に適合した設備に対して「事前対策において備えておくことが合理的であるとされる事故」としてモデル数値を示している以上（本意見書表2⑤）、これを適用することが合理的と考えられるのでこの値を用いた。③のグラウンドシャイン実効線量換算係数については一般的に使用されているIAEA-TECDOC-1162の数値（前出）を使用した。

また気象条件については、原電がどのような気象条件を適用しているかは概略の口頭説明にとどまり数値データが不明なため具体的に照合できないが、本意見書では現実的な検討のために特定の日（2024年5月22日）の東海第二地域周辺の現実の気象条件を用いてその日の0時に放出が始まったと仮定して試算例を示す。これらの条件に基づき、放射性物質の放出開始から1時間後・2時間後・4時間後（図6と同じ状態である）・8時間後について、それぞれ500 μ Sv/時すなわち1日内の避難が必要な「OIL1」（図では赤色で表示）と、20 μ Sv/時すなわち1週間内の一時移転が必要な「OIL2」（図では黄色で表示）を図8Aから図8Dに示した。すなわち放出開始から1～2時間後では当日の気象条件より汚染範囲はいったん海上に向かうが、その後の風向・風速の変化により水戸市など内陸部に汚染範囲が到来する。4時間後では「OIL1」が水戸市まで達し、さらに8時間後では「OIL1」が30kmをはるかに超えて発生する。これは避難対象人口が飛躍的に増加する影響とともに、30km圏外に設けられる予定の避難退域時検査場所（スクリーニングポイント）が一時移転が必要な「OIL2」に該当する可能性があり避難計画が根底から覆ることを示している。なお付言すれば、汚染範囲が海上に向かう状況ではOILには影響しないが海洋汚染が発生することになる。

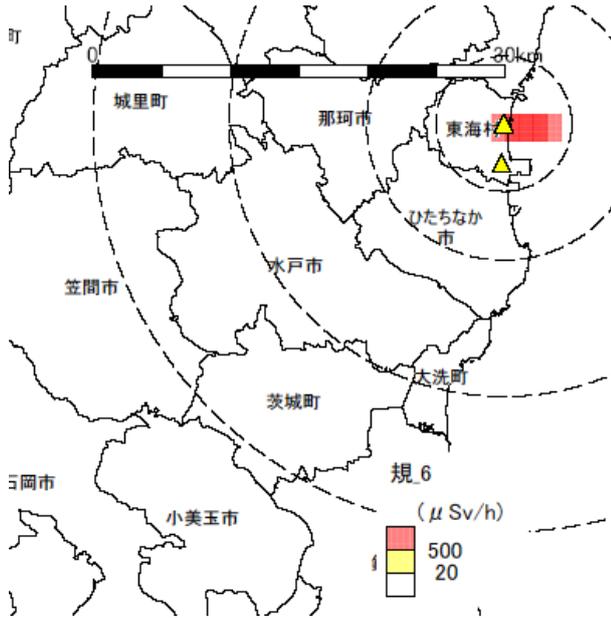


図 8A 放出開始から 1 時間後

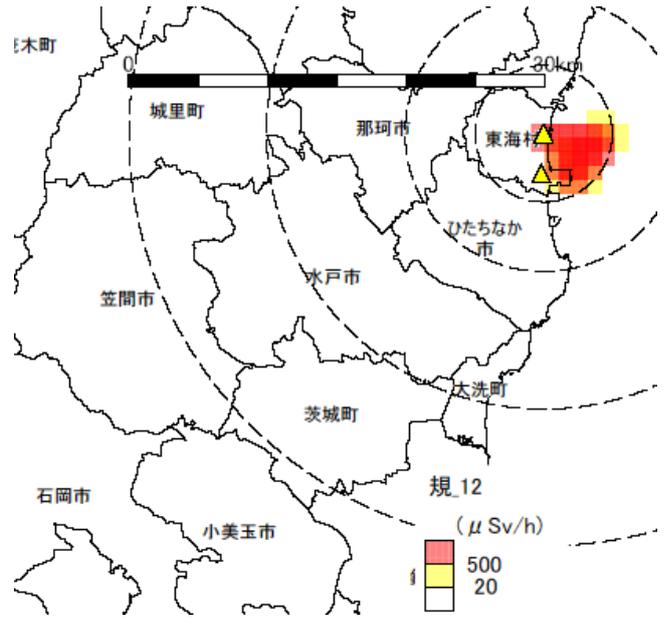


図 8B 放出開始から 2 時間後

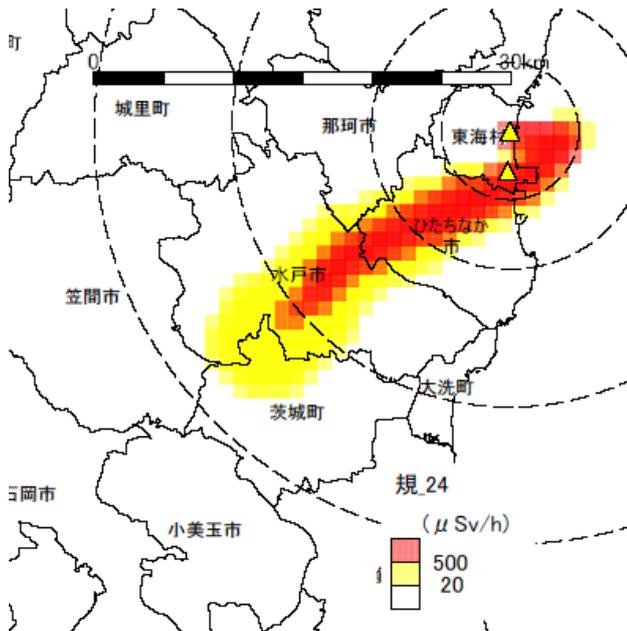


図 8C 放出開始から 4 時間後

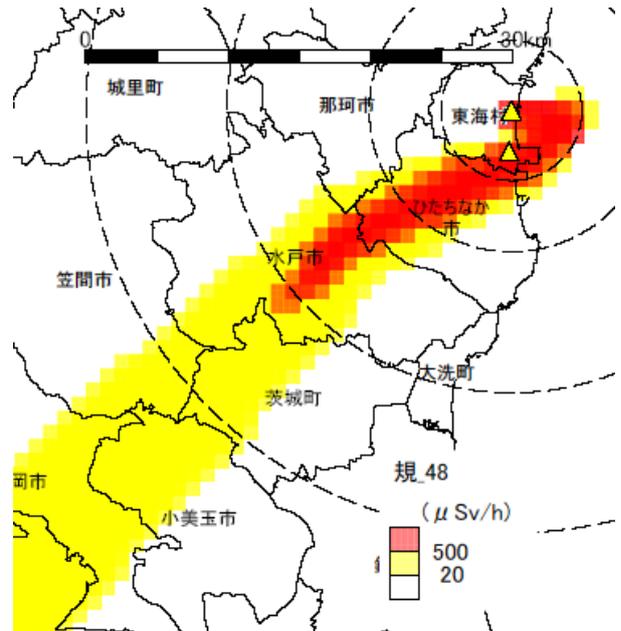


図 8D 放出開始から 8 時間後

また参考までに図 9 は、実際の避難の観点から、避難ルートが海沿いのルートに限定される北方向（日立市方向）が避難上のネックになると考えられるところから、汚染範囲が北方向に向かう気象条件の日（2024 年 5 月 6 日）の実際の気象条件を用いて同様にシミュレーションを行った結果である。避難ルート上が高線量の区域に該当するとともに、30km 圏外に設けられる予定の避難退域時検査場所（スクリーニングポイント）がさらに一時移転が必要な「OIL2」に該当し、さらには避難先として想定している福島県の市町村まで「OIL2」に該当する可能性もあり、やはり避難計画が根底から覆ることを示している。

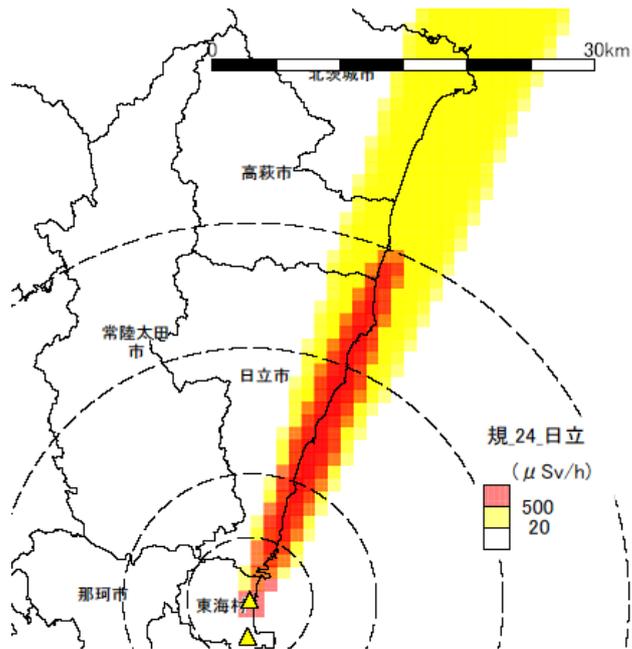


図9 北方向（日立市方向）放出開始から4時間後

第12 被ばく量に関する評価

放射線防護の本来の目的は「被ばくの回避」であって、避難あるいは一時移転はその一手段に過ぎず、その他の対策も併用されなければならない。すなわち避難計画の実効性評価にあたっては被ばく量に関する検討が不可欠である。原電は被ばく量の評価について前出の第2回「検証委員会」議事録において「被ばく量については今回は評価をしておりませんので(同議事録³⁰p.9)(甲G367の2号証)」という一方、同議事録で委員の質問(「R-Cubic」の機能について)に対して「はい、可能です。内部被ばくも評価します」「はいそうです。プルームによる内部被ばく、呼吸摂取による内部被ばく。(同議事録³¹p.25)(甲G367の2号証)」と回答しているから、シミュレーションに用いられた「R-Cubic」に被ばく評価の機能はあるが今回はその結果を公開していない。また開発者による解説によれば「予測項目は、実効線量、小児甲状腺等価線量、地表沈着濃度、地表空気カーマ率である。実効線量は、浮遊放射能からの放射線(プルームシャイン線)、地表に沈着した放射能からの放射線(グランドシャイン線)、吸入による内部被ばくが含まれる³²」(甲G373号証)としているから、クラウドシャイン(ここではプルームシャインと表記)の評価はもとより、被ばく評価の機能を備えていることは明らかである。いずれにしても、OILの評価となる空間放射線量率($\mu\text{Sv}/\text{時}$)を求めるにせよ、被ばく量(mSv等)を求めるにせよ、計算コード

³⁰前出第2回検証委員会議事録

³¹前出第2回検証委員会議事録

³²吉田至孝・楠木貴世志・柳千裕・岩崎良人・山本泰功・川崎郁夫・木下郁男「原子力災害時事象進展予測技術の開発—これまでの開発状況と今後の課題—」"INSS JOURNAL" Vol.21, p.223, 2014, RV-1
https://www.inss.co.jp/wp-content/uploads/2017/03/2014_21J223_237.pdf

上では放射性核種の空気中濃度 (Bq/m³) と地表沈着密度 (Bq/m²) を介して計算するのであるから、空間放射線量率は評価するが被ばく量は評価しないなどという計算内容はありません。そこで本意見書では前項と同じく現実的な条件に基づいて被ばく量も評価し、その結果を図 10 と図 11 に示す。図 10 は吸入による甲状腺等価線量 (ここでは 72 時間累積値)、図 11 は外部被ばくによる実効線量 (同) である。図の単位は「Sv」で表示しているが、慣用的に用いられる「mSv」に換算すれば、図 10 の甲状腺等価線量の 0.5Sv は「500mSv (赤)」、0.1Sv は「100mSv (橙)」、0.05 Sv は「50mSv (黄)」である。同じく図 11 の外部被ばくによる実効線量の 0.10Sv は「100mSv (赤)」、0.05Sv は「50mSv (橙)」である。特に甲状腺等価線量に関しては、IAEA の「安定ヨウ素剤服用に関する判断基準」である 0.05Sv (50mSv/週) を超える範囲が 30km をはるかに越えて出現すると推定され、ここでも茨城県の緊急時対策が根底から覆る可能性を示している。

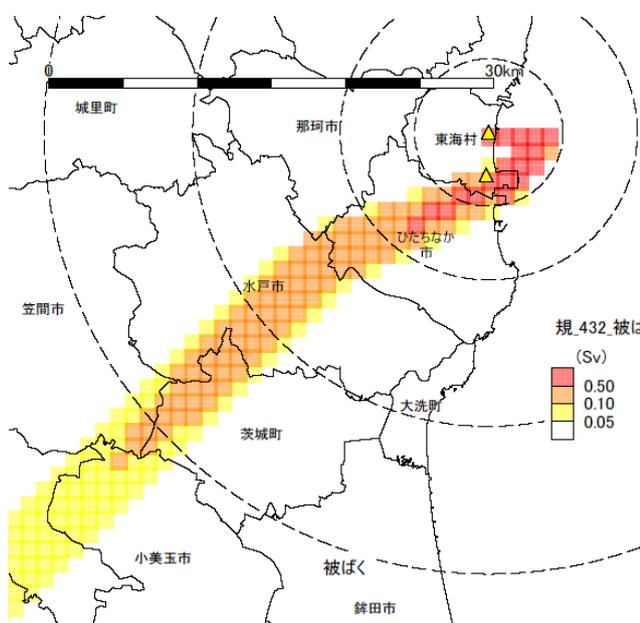


図 10 吸入による甲状腺等価線量 (72 時間)

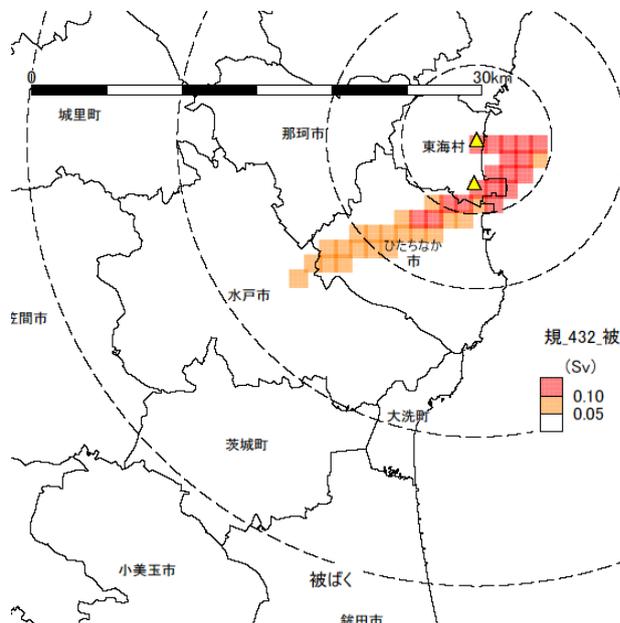


図 11 外部被ばくによる実効線量 (72 時間)

第 13 避難避難退域時検査場所の開設・運営が困難となること

UPZ からの避難あるいは一時移転は放射性物質の放出後となるため、避難者・車両等は何らかの被ばくをしていることが前提となる。このため避難・一時移転者の被ばくを防ぐため、および避難先に汚染を持ち込みことを防ぐため、避難退域時検査 (スクリーニング) が必要となる。現在は原子力規制庁の手順で簡易測定として 40,000cpm (計数率・count per minute) が「OIL4」に対応して基準が定められている³³。

³³内閣府・原子力規制庁「原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル」令和 4 年 9 月 28 日, p.8

ると、「拡散シミュレーション結果で表示された、空間放射線量率が毎時 20 マイクロシーベルトを超えた区域内に存する、避難や一時移転を判断するためのモニタリングポストに紐づけられている各避難単位に一時移転指示が出されるものとし、その人口を合計した（各避難単位の人口は 2020 年国勢調査結果に基づく。）」と記載している。この「避難単位」とは、市町村の中を小学校区あるいは行政区等の範囲に区分し、避難あるいは一時移転対象となる単位）を示すものである。なお一審被告の報告書は「避難または一時移転が必要となる範囲」を物理的に示したのみであり「最大で 17 万人」との数値はそこには記載されていない。「最大で 17 万人」とは茨城県の独自推計によるもので、甲 G 3 6 2 によれば UPZ（5～30km）の那珂市・ひたちなか市のうち移転対象となる人数および、放射性物質の放出前に予防移転する PAZ（5km）の人数を加えたものである。図 12 における赤色・青色のメッシュは一審被告のシミュレーションにおいて「風下南西方向・気象条件②」として示される「OIL1」と「OIL2」の範囲である。なおメッシュのサイズは 1.6km であると原電の説明資料にある（第 2 回「検証委員会」説明資料の 2-1 p.7）。これに対して緑色のメッシュは、各々の地点（500m 単位）の人口を記号の大きさとして重ねて示したものである（同じく 2020 年国勢調査結果に基づく）。また参考までに黄△はモニタリングポストの位置である。すると、一時移転範囲に該当するメッシュが図 13 のように水戸市の人口密集地域にかかっているにもかかわらず甲 G 3 6 2 では水戸市の人口が計上されておらず、具体的に茨城県がどのような方法で避難人数を集計したのか明らかでない。

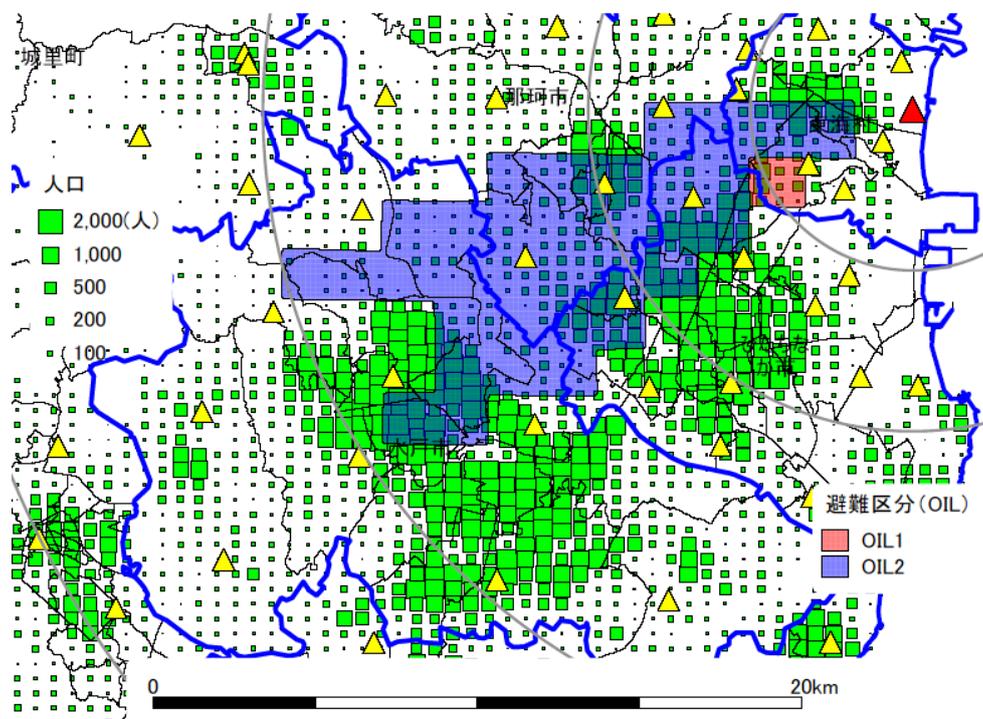


図 13 原電報告書の「風下南西方向・気象条件②」の一時移転範囲と避難区・人口

第15 結語

本意見書では、①一審被告に対する茨城県のシミュレーション要請は、緊急時対策の範囲を先に決めて災害想定を逆算するという本末転倒の方向であり防災の基本原則に反すること（第6項）、②一審被告のシミュレーションはいくつかの要因により著しい過小評価となっており、これに起因して緊急時対策の範囲も著しく過小評価されていること（第7項～第9項）、③一審被告のシミュレーションの計算で使用する数値に基本的な誤りがあること（第10項）を指摘した。一方で一審原告はより現実的な条件に基づいてシミュレーションをやり直したところ、一時移転対象範囲が30kmを大きく超えて出現することが推定された（第11項）。さらに放射線防護の本来の目的である「被ばくの回避」の観点から甲状腺等価線量（吸入被ばく）と実効線量（外部被ばく）を推定したところ、国際的基準をはるかに超える被ばくが30kmを大きく超えて出現することを指摘した（第12項）。また避難退域時検査場所のバックグラウンド濃度が上昇しその運営ができなくなる可能性を指摘した（第13項）。加えて原電のシミュレーションに基づくとされる茨城県の一時的移転対象人数の算定根拠も不明であることを指摘した（第14項）。すなわち原子力災害対策特別措置法の趣旨に則る避難・一時移転等の実効性はなんら検証されておらず、また現実的なシミュレーション結果を参照すれば茨城県の避難計画が根底から破綻していることが明らかとなった。

補論 I シミュレーション手法についての概説

原子力発電所その他核施設から放出された放射性物質の拡散をシミュレーションする方法や試算例はこれまで多数報告されている。具体的なシミュレーション手法の内容については多数の数式等を伴うので本意見書には記載しないが、概説すると①ガウス・ブルームモデル、②流跡線パフモデル、③移流・拡散・沈降モデルの三種類に分類される。シミュレーションは、事前検討・緊急時の防護対策支援・事後の被ばく評価などいくつか異なる目的があり、それに応じてモデルが使い分けられる。①は商用原子力発電の発祥いらい使用されてきた方法であるが、無限平面・一定気象条件を仮定し、地形や気象条件（風向・風速・降雨など）の時間的変動の影響を扱えないなど簡略的なモデルである。福島第一原発事故後に原子力規制庁が緊急時防護対策を実施すべき範囲（PAZ・UPZ）を検討した際には①の方式のMACCS2が用いられている³⁵。②の適用例は、日本原子力研究開発機構の「確率論的事故影響評価コード：OSCAAR³⁶」がある。また本件で原電が採用しているR-Cubicもこのタイプである。②は地形や気象条件の時間的変動の影響を扱える。②の流跡線パフモデルの概念は、第2回「検証委員会」説明資料-資料2-1「システム・解

³⁵原子力規制庁「拡散シミュレーションの試算結果（総点検版）」2012年12月

<https://www.nra.go.jp/data/000024448.pdf>

³⁶日本原子力研究開発機構「原子力災害で環境に放出される放射性物質による被ばく線量を評価—確率論的事故影響評価コード「OSCAAR」の公開—」

<https://www.jaea.go.jp/02/press2020/p20042301/>

析コードの信頼性 p.9」より引用すれば図 14 のとおりである³⁷。(甲 G 3 6 6 の 2 号証)

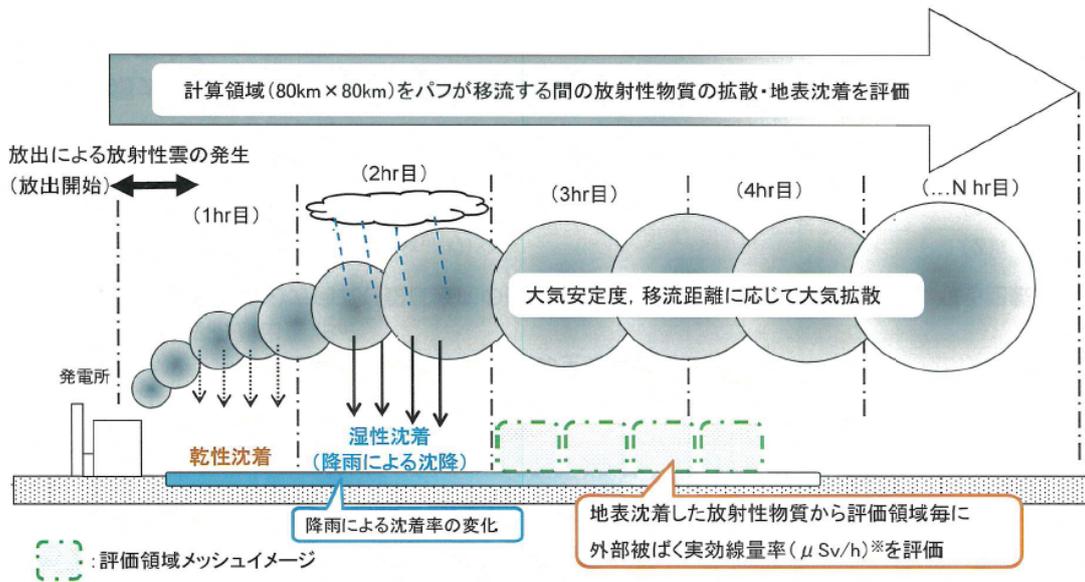


図 14 流跡線パフモデルの概念

③は精密な方法であり、福島第一原発事故で注目された「SPEEDI」や、その拡大版「WSPEEDI」、東京電力が使用する「DYANA」はこれに該当し、その他に国内外の多くのモデル（計算コード）がある。第 7 項で例示した柏崎刈羽 6 号機のシミュレーションは「SPEEDI」を使用している。ただし③を実行するには膨大なデータの準備と高性能コンピュータを必要とする。一方で事故時における放射線防護の観点では、パソコン程度の設備で迅速にシミュレーションあるいはケーススタディが実効できる手法が望まれる場合もあり、③の方式と並行して現時点でも②の方式は実務的に用いられている。本意見書のシミュレーションは一審被告が用いている R-Cubic の計算手法と同じ②の流跡線パフモデルを使用して行った。

補論Ⅱ グラウンドシャイン実効線量換算係数の誤り

本文第 10 項の表 2 でも指摘したとおり、原電が今回の計算に使用した Cs-137 のグラウンドシャイン実効線量換算係数すなわち Cs-137 の地表汚染密度(Bq/m²)が人体に対する空間放射線量率(Sv/s)のどれだけに相当するかの換算係数に疑問がある。原電は ICRP の「Federal Guidance Report No.12 Eckerman & Ryman(1993)³⁸」(以下「EPA 資料」)を使用していることが第 2 回「検証委員会」説明資料 2-1 (前出)の

³⁷日本原子力発電株式会社「第三者検証委員会（第 2 回）システム・解析コードの信頼性」2023 年 1 月 27 日

³⁸Keith F. Eckerman and Jeffrey C. Ryman “FEDERAL GUIDANCE REPORT NO.12 EXTERNAL EXPOSURE TO RADIONUCLIDES IN AIR, WATER, AND SOIL” (EPA-402-R-93-081), September 1993

<https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-05/documents/402-r-93-081.pdf>

p.13に記載されており、ICRPのp.101に記載されている数値はCs-137について $2.85E-19$ ($=2.85 \times 10$ のマイナス19乗) [単位は (Sv/s)/(Bq/m²)] (甲G378号証) であって原電の資料と同じである。

一方、IAEAの「放射線緊急事態時の評価および対応のための一般的手順 (IAEA-TECDOC-1162) (前出甲G377号証)のp.98に「表E3. 土壌汚染からの被ばくに対する換算係数」として「Cs-137+Ba-137m」との表記で $2.1E-06$ ($=2.1 \times 10$ のマイナス6乗) [単位は m(Sv/hr)/(kBq/m²)] と記載されている。表記単位が異なるのでこれをICRPの単位に換算すると $5.83E-16$ ($=5.83 \times 10$ のマイナス16乗) [単位は (Sv/s)/(Bq/m²)] となる。改めて比較すると下記表3のとおりであり、Cs-137について3桁以上過小な値が表記されている。

表4 グラウンドシャイン実効線量換算係数

		原電資料 EPA資料	IAEA-TECDOC-11 62
核種	半減期	(Sv/s)/(Bq/m ²)	(Sv/s)/(Bq/m ²)
Cs-137	30年	$2.85E-19$	$5.83E-16$

すなわち原電の使用する換算係数はIAEAと比較して3桁小さい数値となっているが、これは次の図14のメカニズムによると考えられる。Cs-137から放出され実効線量に關与する γ 線は、実際にはCs-137の原子核ではなく、95%がBa-137m (Ba-137の原子核が励起状態) に転換して放出される。すなわち名目上はCs-137からの放出であるが実効線量としてはBa-137mからの γ 線として考慮しなければならない。IAEAで「Cs-137+Ba-137m」と表記しているのはこのためである。

すなわち原電が引用しているEPA資料の表を用いてCs-137について実効線量の評価に用いるには、Cs-137とBa-137mの係数を加えなければならない。もっともCs-137の数値が3桁小さいため加えてもほとんどBa-137mの係数と同程度の数値となる。現に原電が引用するEPA資料でも、Ba-137mについては $5.86E-16$ ($=5.86 \times 10$ のマイナス16乗) [単位は (Sv/s)/(Bq/m²)] と記載されておりIAEAとほぼ同じ数値である。

原電は第2回「検証委員会」説明資料³⁹の資料2-1 p.12において「放出後の放射性崩壊により生成した核種の影響は考慮しない」と説明しているが、Cs-137の放出に対してそれに続く放射性崩壊により生成する核種すなわちBa-137mを考慮していないとすれば基本的な誤認であり、Cs-137のグラウンドシャインについて3桁以上過小な値を用いている。これは原電の誤認であるとともに、かかる基本的な点を指摘できなかった検証委員会の懈怠も指摘されなければならない。

³⁹第2回検証委員会日本原子力発電株式会社説明資料

https://www.pref.ibaraki.jp/bousaiki/genshi/kikaku/documents/09_2gendensiryoku.pdf

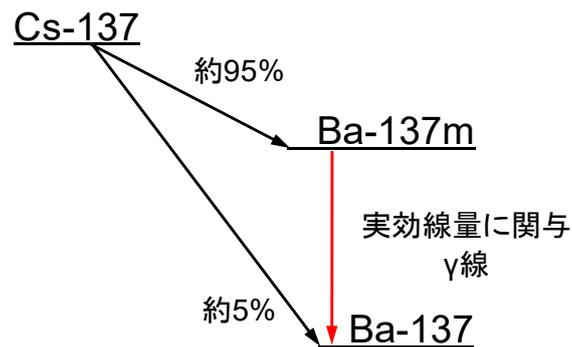


図 14 Cs-137 と Ba-137m の関連

補論Ⅲ 上岡の経歴

本意見書の執筆にあたり筆者が関連する専門的知見を有していることを示す。原子力災害時の緊急時対応には、①原子力プラントの構造や運転、②放射性物質の拡散シミュレーション、③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。①と②に関して、筆者は民間企業に 23 年間に在職し化学プラントの設計や安全性評価に従事し、現場では発電装置の運転にも携わった経験がある。ここで原子力プラントとは、熱を発生する部分が核反応によることが特徴である一方、その他の発電プラント部分は火力発電その他の汎用的な工業装置と共通の要素（伝熱、流体輸送、制御等）によって構成されるのであり、筆者の知見は原子力プラントでも共通である。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。筆者はこれらの業務に関連して技術士法⁴⁰に基づく技術士（化学部門・化学装置および設備）の資格を 1992 年に取得している。また③に関して、緊急時対応の検討で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 年まで会長を務めるなど、以前から交通の知見を蓄積している。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 年には新潟県が設置した「新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会⁴¹」委員を務めている。

⁴⁰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>

⁴¹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>