

玄海原子力発電所の避難計画に関する意見書

令和3年9月30日

東京都千代田区一番町 9-7 一番町村上ビル 6F 環境経済研究所 上岡直見

目次

I はじめに～本意見書の位置づけ	... 3
II 避難計画が具備すべき要件	... 4
III もし玄海が福島だったら	... 5
IV 原子力防災の枠組みと欠陥	... 8
○原子力防災の枠組みの欠陥	... 8
○原子力災害対策指針と防護措置	... 10
○避難と被ばくに関する不整合	... 12
○「30km」は安全距離ではない	... 18
○他の防災法制との矛盾	... 20
○「原子力災害対策指針」の方針転換	... 21
○再稼働の手続きと避難計画の関連	... 22
V 玄海原発と周辺の概況	
○玄海原発周辺の危険要因等	... 25
○玄海原発周辺の住民の居住・就業者・道路状況等	... 27
○玄海原発周辺の車両等の状況	... 30
VI 避難計画の概要	... 32
VII 避難の困難性	... 34
○避難の困難性について	... 34
○避難の各段階における困難性	... 34
○避難に必要な情報の発信について	... 36
○住民側からの情報の取得	... 41
○避難準備について	... 45
○ヨウ素剤配布の非現実性	... 46

○屋内退避の困難性	... 47
○屋内退避による被ばく	... 53
○避難経路の通行支障	... 54
○避難経路での渋滞	... 57
○避難退域時検査場所における問題	... 60
○燃料の制約	... 61
○「段階的避難」の非現実性	... 65
○避難時間シミュレーションの制約と不確実性	... 66
○避難時間シミュレーションの検討	... 67
○避難時間シミュレーションの問題点	... 70
○避難退域時検査場所・避難所等の危険性	... 72
○要支援者と集団輸送体制	... 74
○受入市町村の負担	... 79
○人的リソースの不足	... 80
○緊急時防護業務従事者の被ばく	... 82
○総合的な被ばく	... 83
○集団線量の評価	... 84
VIII 避難後の生活支障・精神的被害	... 86
付属資料 1 拡散シミュレーションに関する解説	... 90
1. はじめに	... 90
2. 被ばくの要因と形態	... 90
3. 拡散シミュレーションの概要	... 92
4. 避難における拡散シミュレーションの利用と制約	... 100
5. 屋内退避に関する規制庁試算	... 104
6. 規制庁の拡散シミュレーションに対する評価	... 108
7. 「指針」との整合性	... 112
付属資料 2 再稼働手続きの流れ	... 116
付属資料 3 加圧水型に対する事故パターンの想定	... 117
付属資料 4 確率論的評価	... 119
付属資料 5 試算の前提条件の変遷	... 122
付属資料 6 「原子力災害対策指針」の変遷	... 123

I はじめに～本意見書の位置づけ

本意見書は、九州電力株式会社が佐賀県玄海町に設置・運用する玄海原子力発電所（以下「玄海原発」）に対する一連の国・地方公共団体・電力事業者の原子力防災に対して、主に避難に関する観点から論じる。なお本稿での法令・規則・規則等の略称は「災害対策基本（災対法）」、「原子力災害対策特別措置法（原災法）」、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（炉規法）」、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（放射線障害防止法）」、「原子力災害対策指針（指針）」、「実用発電用原子炉に係る新規規制基準（新規規制基準）」とする。

原子力防災の基本となる「原災法」は「災対法」の体系下に位置付けられているとおり、災害の直接的な発生源としては原子力であるが、地震・津波と同じ「防災」の基本原則で「起きたものとして」という前提が不可欠である。これは原子力規制委員会みずから「実用発電用原子炉に係る新規規制基準の考え方について¹」において、深層防護の第1～4層は「炉規法」等において原子炉設置者に対する規制対象となっているのに対して、第5層は「災対法」「原災法」の体系下にあるから規制対象ではないと説明している。したがって第1～4層に対する評価が何であれ、第5層についてはその原因となる事象が「起きないものとして」ないしは「想定レベルを限定して」という立論はありえない。この点、日本原子力発電所（原電）を被告として東海第二原子力発電所の運転差止めを求める訴訟²において、水戸地裁は第1～4層すなわち技術的な適合性審査や安全性については原電の主張を概ね妥当と認めて原告の主張を退ける一方、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のといえるかについては疑問があるといわなければならない³」として運転差止めの請求を認めおり、前述の考え方と整合的である。

一方で「原災法」第1条に「原子力災害の特殊性にかんがみ」とあるとおり、自然災害と大きく異なる点がある。自然災害ではその物理的な破壊力から国民の生命・身体・財産を災害から保護することが第一の目的になるのに対して、原子力災害における「国民の生命・身体・財産を災害から保護する」とは、通常人間は知覚できない放射線の被ばくを回避することが「国民の生命・身体」の保護にあたる。避難に関する諸施策についてもこの原則に立たなければならない。本意見書は以上の観点から、玄海原発に対する一連の国・地方公共団体・電力事業者の原子力防災に対して、主に避難計画に関する観点から検討し、その実効性を評価するものである。

¹ 「実用発電用原子炉に係る新規規制基準の考え方について」2018年12月版
<https://www.nsr.go.jp/data/000155788.pdf>

² 「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」

³ 同判決全文

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

II 避難計画が具備すべき要件

「災対法」「原災法」の趣旨からして、避難に関する施策たとえば避難計画の立案等は地方公共団体（県・市町村）の責務とされるのであるが、前述のとおり「原子力災害の特殊性」を考慮すれば自然災害と比較して大きな相違がある。たとえば放射性物質の拡散状況によっては避難対象者が市町村全域にわたる場合があること、物理的な移動距離が長くなるため避難者自ら運転するか否かによらず車両での移動が不可欠となり、これに伴い大量の車両の交通が発生すること、放射性物質の汚染状況によっては年単位にわたり帰還が困難となる場合もあること等である。「原災法」の構成にもあるとおり、原子力防災は「事前対策」「緊急時対応」「事後対策」の三側面がある。避難の問題についても、一般に避難といえば物理的に原子力施設から遠ざかることを意味するが、これは「緊急時対応」であって狭義の避難に過ぎず、その他の多様な各側面からも検討しなければならない。

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震を発端とする東京電力福島第一原子力発電所からの放射性物質放出事故（以下「福島原発事故」）に関して、後日設けられた「東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（以下「政府事故調）」では、福島原発事故に際して住民が被ばくを余儀なくさせられた一連の事象を整理し、避難計画がどのような内容を具備すべきか次のように指摘している⁴。

「その方法として、立ち位置を被害を受ける側に置いた「被害者の視点からの欠陥分析」と言うべき方法を提案したい。これは、規制関係機関や地方自治体の防災担当者が災害問題の専門家の協力を得て、「もしそこに住んでいるのが自分や家族だったら」という思いを込めて、最悪の事態が生じた場合、自分に何が降りかかってくるかを徹底的に分析する、という方法である。具体的に言うなら、避難計画の前提として、どのような規模の原発事故を想定しているのか、想定 of 事態が生じた時、情報を速やかに正しく伝えてくれる通信ルートは確保されているのか、放射性物質はどれだけの範囲にどのように飛散してくるのか、自分のいる地域の放射線量はどれくらいであって果たして安全なのか、避難地域はどのように決められているのか、避難の方向、移動手段、避難先は万全か、入院患者・在宅の老人・障害者などは速やかに避難できるのか、避難はどれくらいの期間になるのか、放射性物質による環境汚染によって居住条件や生活、農業・畜産業・漁業・林業・各種商工業、子どもの保育・教育等にどのような影響が出るのか、その対策はあらかじめ立てられているのかといった数々の重要な問題を、徹底的に点検することによって、対策の不備や欠陥を浮かび上がらせるのである」すなわち避難計画が具備すべき条件とは、単に原発

⁴東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（政府事故調）「最終報告・VI総括と提言」2012年7月23日, p.415～

<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/post-2.html>

から遠ざかる物理的な手段の検討にとどまらず、「事前対策」「緊急時対応」「事後対策」も考察した内容を求めているのである。

Ⅲ もし玄海が福島だったら

避難に関する検討に際しては事故の進展シナリオ、すなわちどのような放射性物質（核種）が、いつ、どれだけ放出されるかについての知見が重要である。参照すべき事例としては、福島原発事故に際して現実にはどれだけ放射性物質が放出されたかの推定値である。報告者によって結果にばらつきがあるが、セシウム 137 にして $1\sim 3.7\times 10^{16}\text{Bq}$ （ベクレル）と推定されている⁵。これは 1～3 号機の炉心に内蔵されていたセシウム 137 の量に対する比率としてみれば約 0.5～2%にあたる。使用中（照射済）の核燃料には主なものだけでも数十種類の放射性物質が存在し、それらのうちどの割合が環境中に出てくるかは事故の状況と物質の性質（ガス状か粒子状か等）により異なるのですべての核種について一律 0.5～2%ではない。しかし概略としても炉内に内蔵されていた主な放射性物質のうちただか 1%前後が放出されただけで、周辺の市町村の全域で避難を強いられ、事故後 10 年経っても住民が帰還できない地域が残るほどの被害が発生した。

放射性物質の拡散はその時の気象条件に大きく左右され、事故時の気象条件等を予め想定しておくことはできないが、緊急事態は陸上の気象条件に関係なく発生するから楽観的な条件の下で対策を検討すべきではない。図 1 は福島原発事故の後に政府が指定した 2011 年 4 月時点での避難範囲の区分（①警戒区域：法的に立入りが禁止される、②緊急時避難準備区域、③計画的避難区域⁶）を玄海原発の位置にあてはめたもの、すなわち「もし玄海が福島だったら」という観点で作成した想定図である。おおむね警戒区域に該当した地域では現在も帰還できない地域が残っている。前述のように炉心に内蔵されていた放射性物質のただか 1%前後が放出されただけで、このような重大事態に至ったことから考えれば、事故の進展によっては大量の放射性物質の放出が生じ、当時よりもさらに広範囲の避難が必要（おおむね放出量に比例して避難範囲が拡大する）となった可能性もある。

⁵ 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会『国会事故調報告書（参考資料）』p.97（CD-ROM 版），2012 年 9 月

⁶ 福島県ウェブサイト「避難区域の変遷について」

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/cat01-more.html>

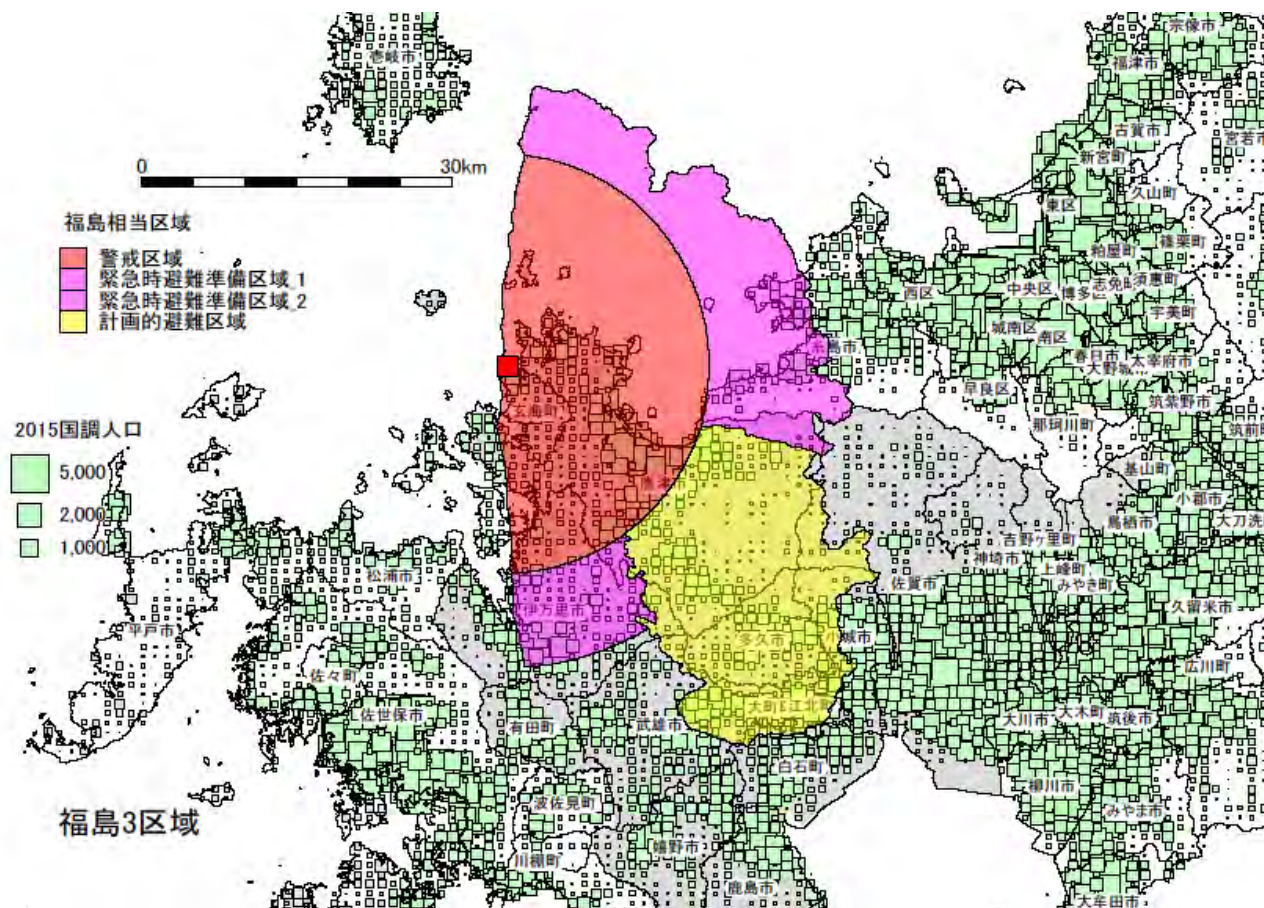


図1 福島原発事故の避難範囲を玄海にあてはめた図

また図2の着色エリアは、セシウム 134+セシウム 137の地表沈着量⁷を玄海原発に当てはめた状態である。放射線障害防止法⁸に基づく放射線管理区域の基準の一つとして表面汚染密度(α線を放出する放射性同位元素について4Bq/cm²(40,000Bq/m²)、α線を放出しない放射性同位元素について40Bq/cm²(400,000Bq/m²)とされている。管理区域では一般人の立入りは禁止され、内部での飲食禁止など特殊な管理が求められる。福島事故と同じ放出があった場合、セシウムのみで400,000Bq/m²と仮定しても、避難元の市町はもとより避難先の市町においても放射線管理区域に相当する汚染が出現し、現状の避難計画と照合すれば計画そのものが破綻する。

⁷日本原子力研究開発機構「放射性物質の分布状況等調査による航空機モニタリング」で2011年4月29日に補正した数値

<https://emdb.jaea.go.jp/emdb/portals/b1020201/>

⁸「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」

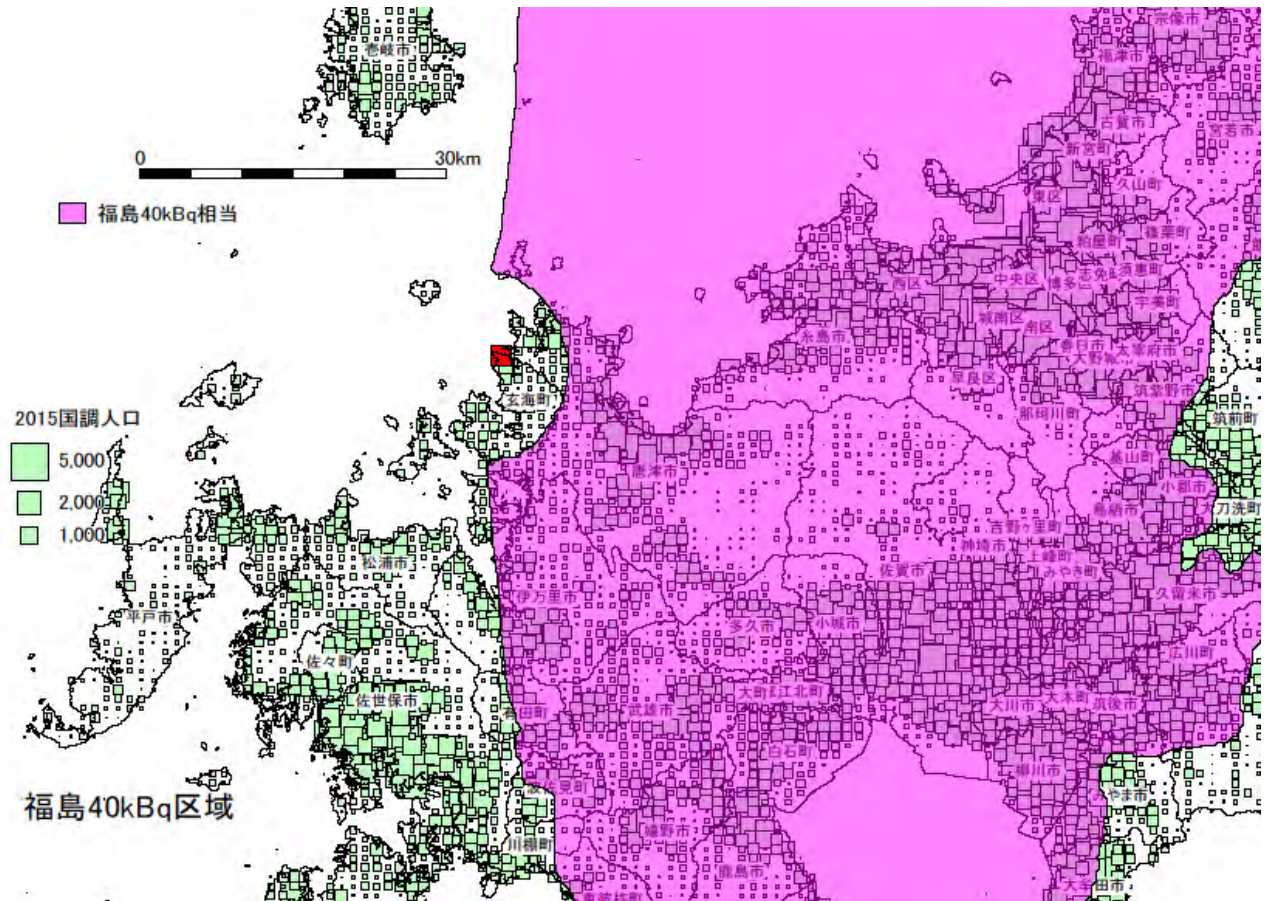


図2 福島原発事故の放射性セシウム地表沈着量を玄海にあてはめた図

福島原発事故当時は PAZ・UPZ という区分はなく、事態の進展につれて国から 3km 避難指示・10km 避難指示・20km 避難指示というように次々と避難指示範囲が拡大された。しかしこれらの指示は国・県から周辺自治体に直接伝達されず、周辺自治体では辛うじてテレビ報道を通じて知るといった実態であった。また防護措置の司令塔となるべきオフサイトセンターの機能停止など一連の経過は「国会事故調」報告書⁹等に記載されているが、現地の周辺自治体における状況を再確認する。これらは原発から 5～15km 程度、すなわち現在の UPZ にあたる範囲である。

事故前の平常時の空間線量率が $0.07 \mu\text{Gy/h}$ 前後のところ、双葉町上羽鳥モニタリングポスト（福島第一原発から 5.9km）では最大 $1,500 \mu\text{Gy/h}$ を超える、すなわち数十分その場に滞在すれば一般公衆に対する年間被ばく許容限度の 1mSv を超えるという異常な値を観測している¹⁰。また図3は福島第一原発周辺の双葉町・浪江町・楡葉町において、各モニタリングポストで観測さ

⁹ 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会『国会事故調報告書』徳間書店、2012年9月

¹⁰ 福島県原子力センター「平成23年3月の空間線量率測定結果（福島県モニタリングポストから回収されたデータ）」

http://www.atom-moc.pref.fukushima.jp/old/monitoring/monitoring201103/201103_mpdata.html

れた空間線量率の経時的变化を示すものである（空間線量率 1Gy/時を 1Sv/時とみなして Sv 単位で表示）。しかし後述のように国や県から避難指示その他の防護措置が伝達されることなく、空間線量率が最も高い時期には住民が動けなかった。

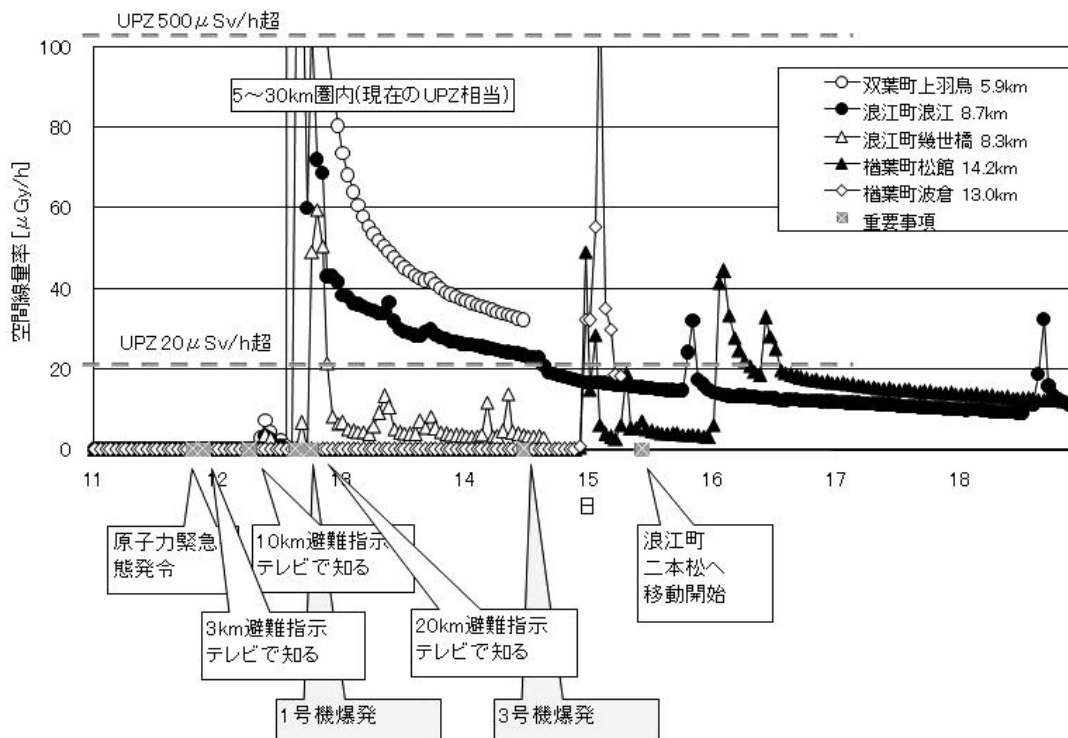


図 3 周辺自治体における空間線量率の経時的变化

IV 原子力防災の枠組みと欠陥

○原子力防災の枠組みの欠陥

議論の前提として避難計画の背景となる制度的枠組みについて整理する。福島原発事故前には、緊急事態に放射性物質の放出がありうるとしても市町村の全域が避難対象となるような事態を想定する必要はないと認識されていた¹¹。このため緊急時に対策を講ずるべき範囲として当時は「EEZ」と呼称され原発から 8~10km とされていた。しかし福島事故を経て、より深刻な条件を想定する必要性が認識され 2012 年 10 月に「指針」が策定された。一方で国の防災基本計画（原子力災害対策編）においても、当該地域に係る地方公共団体は広域避難（30km 圏外へ）計画を

¹¹（『国会事故調報告書』2012 年 9 月）

策定することとされた。これは、道府県は災害対策基本法¹²（以下「災対法」）4条1項及び原子力災害対策特別措置法¹³（以下「原災法」）5条により、あるいは原災法28条1項の規定によって読み替えて適用する災害対策基本法40条により、市町村は災対法5条1項及び原災法5条により、あるいは原災法28条1項の規定によって読み替える災対法42条により、当該地域及び当該住民の生命、身体及び財産を原子力災害から保護するため、道府県・市町村は「防災基本計画」及び「原子力災害対策指針¹⁴」に基づく地域防災計画を作成することが求められるからである¹⁵。これが一般に「原子力発電所から概ね30km圏の自治体において避難計画の策定が義務付け」と認識されている理由である。

「災対法」と「原災法」に基づき、都道府県は都道府県防災会議を設置し「都道府県地域防災計画（原子力災害対策編）」を策定する。また市町村は都道府県の計画と整合的な形で「市町村地域防災計画（原子力災害対策編）」を策定する。都道府県・市町村の「地域防災計画（原子力災害対策編）」を策定するにあたり、原災法に基づき原子力規制委員会は「指針」を提供することとされている。これと並行して内閣府・消防庁連名で「地域防災計画（原子力災害対策編）作成マニュアル（市町村分）¹⁶」が提供されている。またその解説資料的な位置づけとして、原子力規制庁は「〈原子力災害対策指針・補足参考資料〉地域防災計画（原子力災害対策編）作成等にあたって考慮すべき事項について¹⁷」を同時に公表している。

しかし「指針」は防災に関して地方公共団体の責務に関わる内容を記述していながら、原子力発電所の再稼働（あるいは新規稼働）の適否を評価する「実用発電用原子炉に係る新規制基準（以下「新規制基準」という¹⁸）とは関連を有さず、県・市町村の原子力防災計画・避難計画等の実効性の評価等は新規制基準に対する適合の要件とされていない。規制委員会は基準に適合しているかどうかを審査するだけで、安全という判定はしないし稼働の判断もしないとしている。また避難計画は県・市町村が策定するものであり規制委員会は援助するだけであるとしている。すな

¹² 「災害対策基本法」

https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=336AC0000000223

¹³ 「原子力災害対策特別措置法」

https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=411AC0000000156

¹⁴ 原子力規制委員会「原子力災害対策指針」（最新は2019年7月3日改訂）

<https://www.nsr.go.jp/data/000024441.pdf>

¹⁵ 内閣府ホームページ http://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/keikaku/keikaku.html

¹⁶ 内閣府「地域防災計画（原子力災害対策編）作成マニュアル」

http://www.fdma.go.jp/disaster/chiikibousai_genshiryoku/manual_shichoson.pdf

¹⁷ 原子力規制庁「地域防災計画（原子力災害対策編）作成等にあたって考慮すべき事項について」

<http://www.nsr.go.jp/data/000047200.pdf>

¹⁸ 「原子炉等規制法」の改正と並行して「実用発電用原子炉に係る新規制基準」が2013年7月8日施行された。

わち地方公共団体は原子力防災に関する責務を負うにもかかわらず、30km 圏はもとより原発が直接立地する市町村でさえも、安全性を評価する新規規制基準に関しては関与の枠組みも手段もない片務的な状態に置かれている。既存の原子力発電所に関しては法的強制力のない情報提供等に関する「安全協定」を締結するにとどまっている。すなわち現行の法的な枠組みでは、地方公共団体の避難計画の策定に際して、どのような事態に対してどのような対策を講ずればよいのかという基本的な条件設定の初期段階からすでに矛盾を呈していることになる。これでは「災対法」「原災法」に定めるところの「住民の生命、身体及び財産の保護」に必要な措置を講ずることができず、制度上の重大な欠陥というべきである。また前述のとおり「指針」は原災法の下で制定されるものであって、同法の第四～第五条において「予防対策」「緊急事態応急対策」「事後対策」の三側面について必要な措置を講ずることと規定しているにもかかわらず、「指針」は「緊急時対応」の、しかもその一部を記述しているのみで、その他については言及していない。すなわち「指針」は同法の要件を満たしておらずきわめて不十分な内容である。

○原子力災害対策指針と防護措置

「指針」では図4のように防護措置と関連づけられている。PAZでは放射性物質放出前に避難・安定ヨウ素剤服用を実施する。UPZでは屋内退避を実施し、状況に応じて安定ヨウ素剤服用を実施する。放射性物質放出後に緊急時モニタリングにより汚染範囲を特定し、避難または一時移転を実施する。ただし住民の行動としては避難も一時移転も同様となる。OILの詳細については表1に示す。なおPAZは放射性物質放出前に避難するとされているが、事故の進展によってはPAZの避難完了前に放射性物質が放出される可能性があり、内閣府「原子力災害を想定した避難時間推計 基本的な考え方と手順ガイダンス¹⁹」ではそのケースが指摘されている。

¹⁹内閣府「原子力災害を想定した避難時間 推計基本的な考え方と手順ガイダンス」2016年4月
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_ete_guidance.pdf

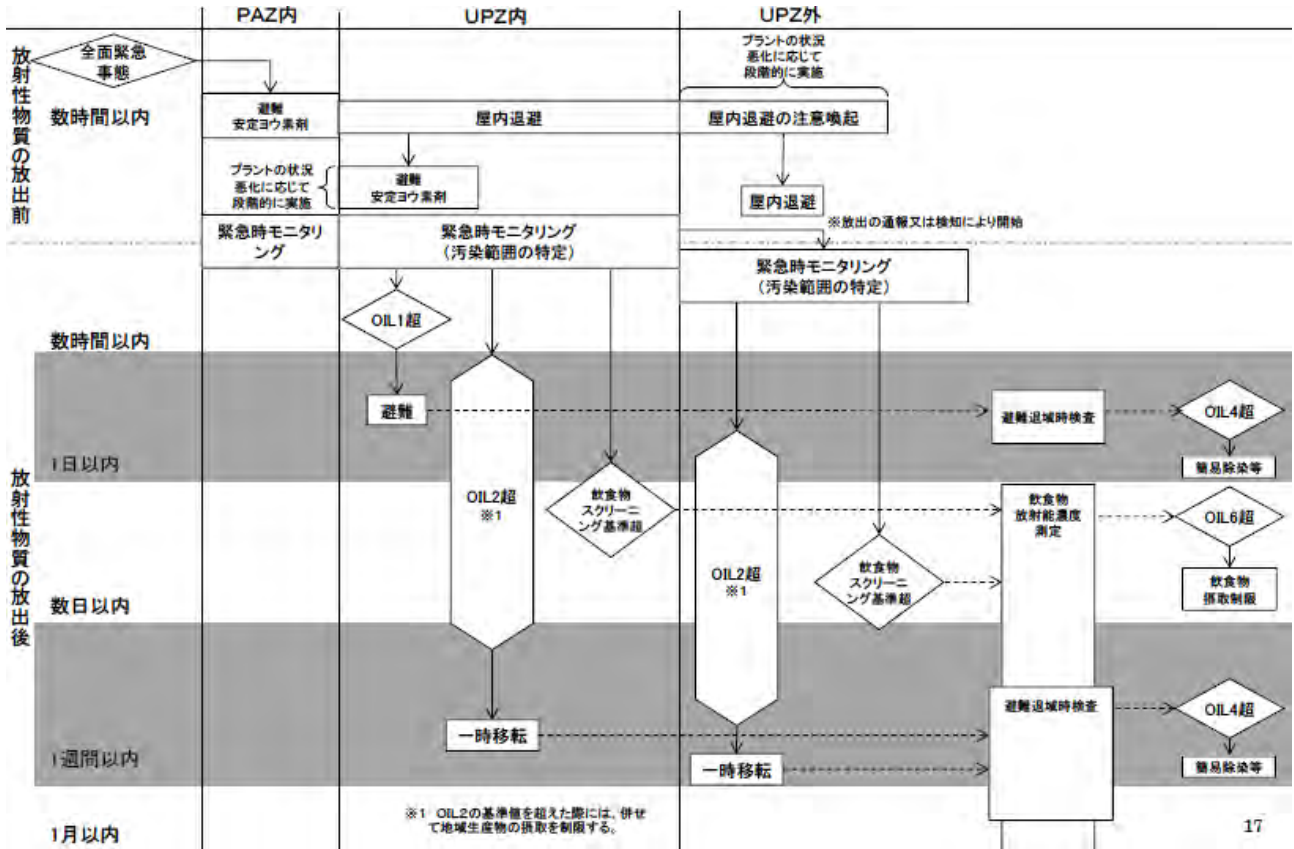


図4 「指針」に記載された防護措置の流れ

表1 原子力災害対策指針による防護措置

	基準の種類	基準の概要	初期設定値	防護措置の概要
緊急防護措置	OIL1	地表面からの放射線、再浮遊した放射性物質の吸入、不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため、住民等を数時間内に避難や屋内退避等させるための基準	500 μ Sv/h (地上 1m)	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)
	OIL4	不注意な経口摂取、皮膚汚染からの外部被ばくを防止するため、除染を講ずるための基準	β 線 40,000cpm (皮膚から数 cm) 120Bq/cm ² 相当※ β 線 13,000cpm※ (皮膚から数 cm) 40Bq/cm ² 相当※※	避難又は一時移転の基準に基づいて避難等した避難者等に避難退域時検査を実施して、基準を超える際は迅速に簡易除染等を実施。

早期防護措置	OIL2	地表面からの放射線、再浮遊した放射性物質の吸入、不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため、地域生産物※摂取を制限するとともに、住民等を1週間程度内に一時移転させるための基準	20 μ Sv/h (地上 1m) 40Bq/cm ² 相当**	1 日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。
--------	------	---	---	---

※1 か月後、核種などが確定した場合

**特定の条件で計測した場合

○避難と被ばくに関する不整合

一方、避難と被ばくに関してはいくつかの不整合が指摘される。「指針」では前述表 1 のように記述されているものの、一般公衆および放射線業務従事者の被ばく限度は表 2 のようにさまざまな基準が混在し、原子力防災計画に混乱を来している。⑤の ICRP（国際放射線防護委員会）2007 年勧告による 1mSv/年が一般に公衆被ばく限度と認識されているが、政府は「一般公衆の被ばく限度の規制は設けられていない」と答弁している²⁰。また環境省の解説資料でも「ICRP 勧告であり法的規定はない」としている²¹。明文化された規定があるのは炉規法および放射線障害防止法の事業所境界値のみである。また規制庁の屋内退避に関する検討では④の IAEA（国際原子力機関）「緊急防護措置実施の判断基準」による 100mSv/週および、⑨IAEA（国際原子力機関）「安定ヨウ素剤服用の判断基準」50mSv/週が引用されているが、これらも法定とはされていない。また ICRP の勧告では、事故後の「現存時被ばく状況」について 1～20mSv/年とした上で下方から参考レベルを選び、それを 1 mSv/年に向けて下げるべきとしているのにもかかわらず、実際は、避難指示の指定も解除も上限の 20mSv/年を採用したままである。

表 2 被ばく線量・線量率に関する各種基準

①原子力災害対策指針 UPZ の避難等実施基準 (OIL1)	500 μ Sv/h
②原子力災害対策指針 UPZ の一時移転実施基準 (OIL2)	20 μ Sv/h

²⁰ 国会質問主意書答弁「参議院議員山本太郎君提出放射線被ばく防護に関する質問に対する答弁書」

内閣参質第 185 第 21 号, 2013 年 10 月 29 日

²¹ 環境省「国際放射線防護委員会 (ICRP) 勧告と国内法令の比較」

<http://www.env.go.jp/chemi/rhm/h30kisoshiryo/h30kiso-04-02-01.html>

③原子力災害対策指針 UPZ の飲食物スクリーニング実施基準	0.5 μ Sv/h
④IAEA 緊急防護措置実施の判断基準	100mSv/週
⑤ICRP 2007 年勧告 一般公衆の「線量限度」「計画被ばく状況」に分類	1mSv/年
⑥ICRP 2007 年勧告 放射線業務従事者の「線量限度」「計画被ばく状況」に分類	100Sv/5 年 かつ 50mSv/年
⑦ICRP 2007 年勧告「参考レベル」 「現存被ばく状況」に分類	1～20mSv/年 のうち低線量域 長期目標は 1mSv/年
⑧ICRP 2007 年勧告「参考レベル」 「緊急時被ばく状況」に分類	20～100mSv/年
⑨IAEA（国際原子力機関） 安定ヨウ素剤服用の判断基準	50mSv/週
⑩IAEA（国際原子力機関） 安定ヨウ素剤服用の判断基準（50mSv/週）を 3 日間に換算 （ $50 \times 3 / 7 = 21.4 \div 20$ ）	20mSv/3 日
⑪原子炉等規制法 女性放射線業務従事者の線量限度・避難には関係なし	5mSv/3 ヶ月

①OIL1 と一般公衆の年間被ばく限度

「指針」OIL1 では $500 \mu\text{Sv/h}$ が観測されたとき「数時間内を目途に区域を特定し、避難等を実施」とあるが、 $500 \mu\text{Sv/h} \times 2\text{hr}$ で 1mSv （一般公衆の年間被ばく限度）に達する。

②OIL2 と一般公衆の年間被ばく限度

「指針」OIL2 では $20 \mu\text{Sv/h}$ が観測されたとき「1 週間程度内に一時移転を実施」とあるが、 $20 \mu\text{Sv/h} \times 24\text{hr} \times 7$ 日では 3.36mSv に達する。このうち全時間が遮へいなし（露天）ではないが、遮へい率 0.5 としても 1mSv （一般公衆の年間被ばく限度）を超える。OIL1, OIL2 が問題となるのは屋内退避後であるので、線量源は半減期が週単位以上の核種のグラウンドシャインと考えられる。典型は ^{137}Cs である。

③移動時の被ばく

自動車で移動する場合、車両は鉄とガラスで覆われた箱とみて遮へい効果があると考えられる一方で、気密ではないため完全な遮へい効果は期待できない。一般的な車両の遮へい係数は 0.8 とする評価²²もある一方で、浮遊放射性物質に対する自動車乗車中の遮へいは屋外と同じ（遮へ

²²経済産業省原子力被災者生活支援チーム「県道 35 号・国道 288 号における帰還困難区域の線量調査結果について」2019 年 8 月

い効果なし)としている資料もある²³。集団避難(バス等)は自動車が利用できない人と考えられるので避難所あるいは集合場所までの移動は露天にならざるをえない。

④屋内退避の妥当性

原子力規制委員会は「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について(案)を公表している²⁴。この資料は「指針」や内閣府の解説でも屋内退避を推奨すべき根拠として引用されている。また規制庁は「原子力災害時の事前対策における参考レベルについて²⁵」を提示している。この中で「防護措置あり(コンクリート構造物に屋内退避)」の被ばく線量(全身・実効線量)として図5を示している。なお規制庁の拡散計算には日本原子力研究開発機構で開発された「変動流跡線パフモデル」を使用した「OSCAAR²⁶」を使用したとしている。(SPEEDIやDIANAのような三次元移流拡散モデルは使用していない)

https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/hinanshiji/pdf/190826_sannkousiryoku3r.pdf

²³ 宮城県地域防災計画原子力災害対策編付属資料 3-7-3

<https://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/238493.pdf>

²⁴原子力規制委員会「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について(案)(2014年5月28日)

<https://www.nsr.go.jp/data/000047953.pdf>

²⁵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)資料6」(平成30年9月12日)のうち参考資料2と題するもの

<https://www.nsr.go.jp/data/000245214.pdf>

²⁶日本原子力研究開発機構安全研究センター「OSCAAR コードパッケージの使用マニュアル」2020年3月

<https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Testing-2020-001.pdf>

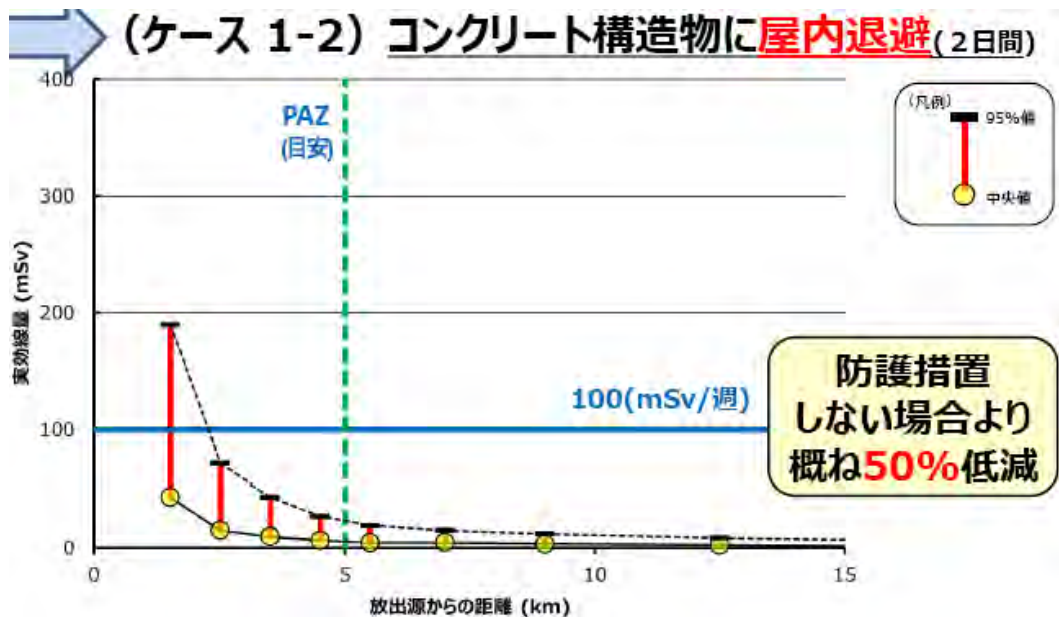


図5 原子力災害時の事前対策における参考レベル

ただし放出規模は Cs137 の放出量にして福島事故の約 100 分の 1 である。95%値とは、年間の気象データからサンプリングされた気象条件に対して得られた結果を昇順に並べたもののうち極端な 5%を除いたものを代表値として表示している。図は数値で表示されていないので正確な値は読み取れないが UPZ においても 2 日間屋内退避で 1mSv を明らかに超える。100mSv/週のラインは IAEA の緊急防護措置実施の判断基準である。なお規制庁担当官は「確かに 100TBq という放出を前提に試算をしていた。それはそれで一つの条件という形で計算をしているだけで、指針の防災対策は 100TBq を上限に考えているということはない」と説明している²⁷。

⑤玄海原発を事例とした不整合の検討

玄海原発に対して緊急時防護措置がどの程度の範囲まで波及するか推定した。概略検討としてブルームモデル（風軸方向のみの拡散を考慮・1km メッシュ単位）を使用した²⁸。気象条件により結果が異なるが北西の風・風速 2m/s・大気安定度 D と仮定した。このモデルは地形の影響や局所風速風向分布や降水を考慮しない簡略モデルのため三次元移流拡散モデルを使用すれば結果は異なる可能性があるが、規制庁試算（パフモデル）と同条件で試算してオーダー的に一致することを確認している（付属資料 1 参照）。事故想定としては WASH1400 における PWR5 のケースすなわち炉内に保有されているセシウム類の放射性物質のうち約 1%が放出されるレベルの事故である（付属資料 3 参照）。これは炉型式は異なるものの福島原発事故に相当するレベルであ

²⁷国会質問主意書答弁「衆議院議員阿部知子君提出住民の視点から考えた避難計画に必要な情報に関する質問主意書に対する答弁書」（令和 3 年 6 月 2 日）に関する担当官ヒアリング

²⁸ 細部の条件設定はいくつかあるが煩雑なので省略。必要なら別途説明する。

る。この試算結果より推定されることは、図 6 のように 30km 圏外までも OIL1（数時間内を目途に区域を特定し、避難等を実施）が発生し、あるいは想定されている避難先でも OIL2（1 週間程度内に一時移転を実施）が発生して避難先がまた避難対象になる事態が予想されることである。また図 7 のように 30km 圏内でも IAEA 緊急防護措置（100mSv/7 日）に該当する地域が発生する。これでは現在の避難計画が根本的に破綻を来すこととなる。図 8 は同気象条件で規制庁の想定するソースタームにより試算したが、やはり OIL1,OIL2 が出現するとともに避難先がまた避難対象になる事態が発生し、避難計画が根本的に成立しなくなる。

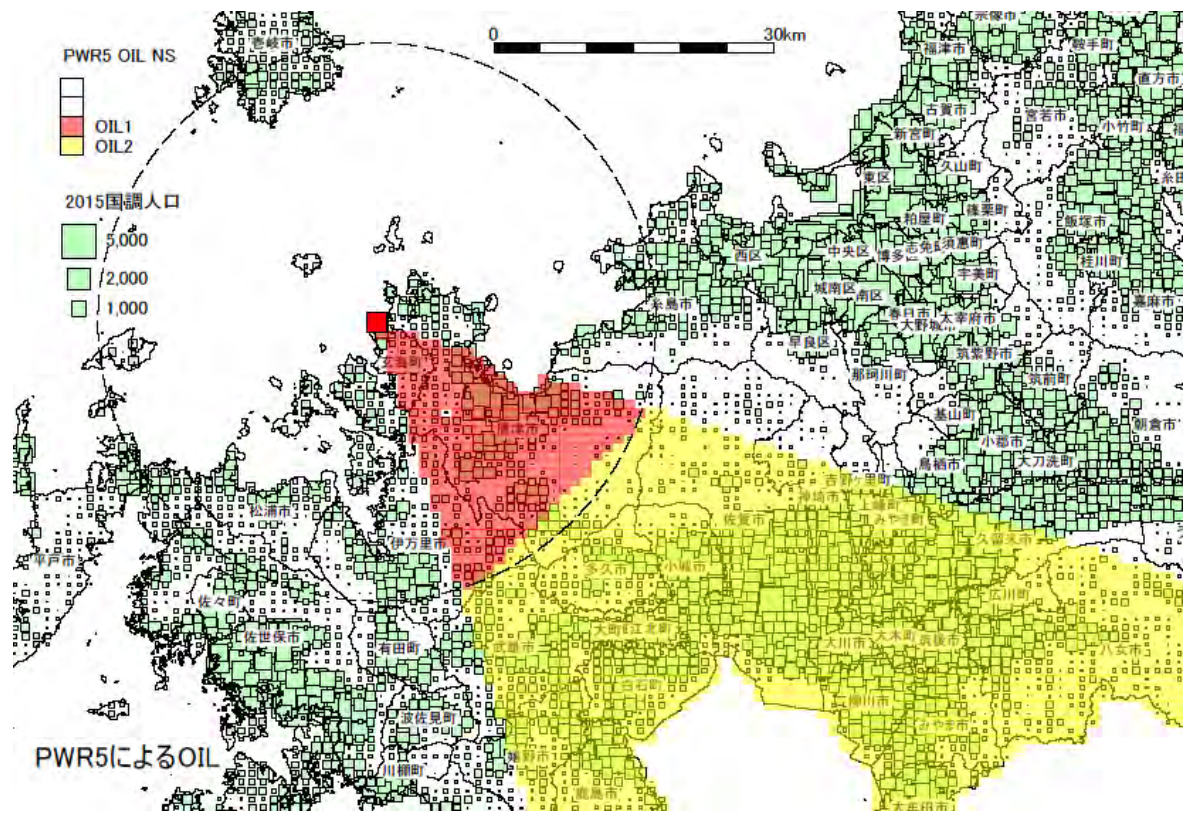


図 6 PWR5 による OIL の出現推定

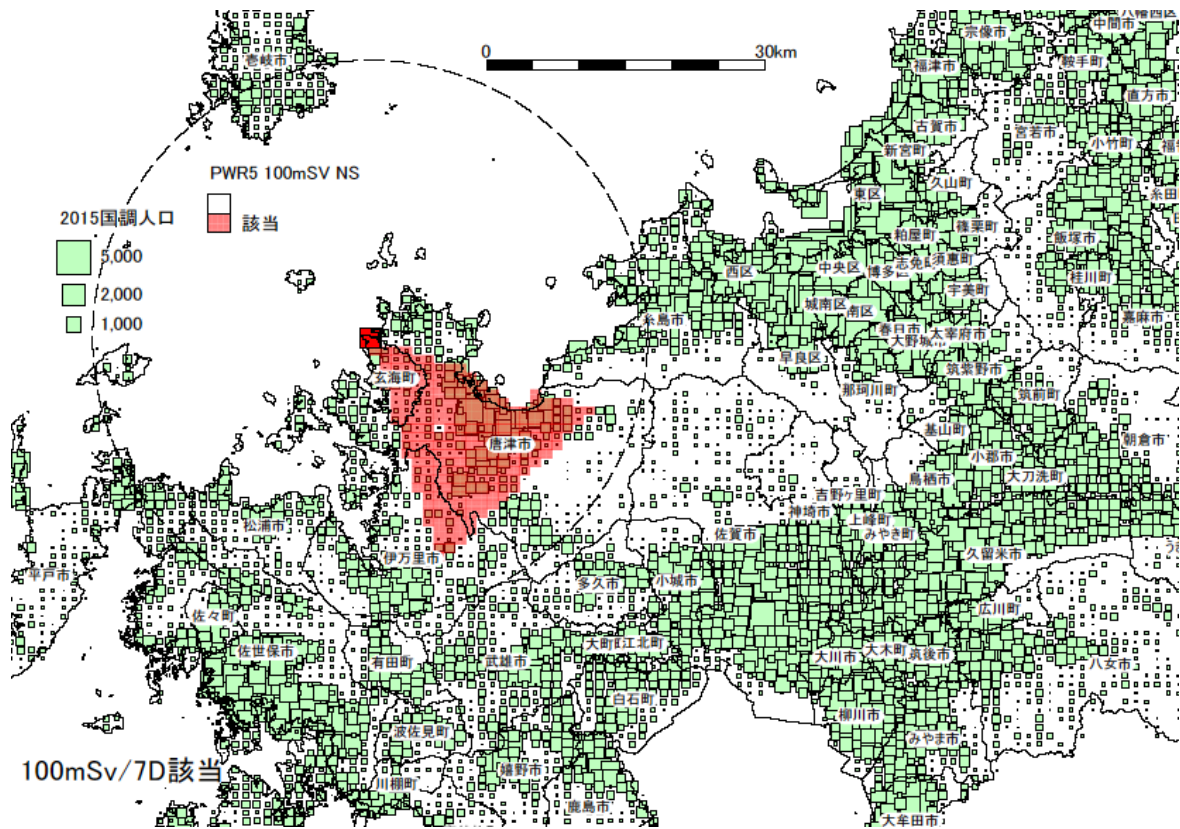


図7 PWR5 による 100mSv/週の出現推定

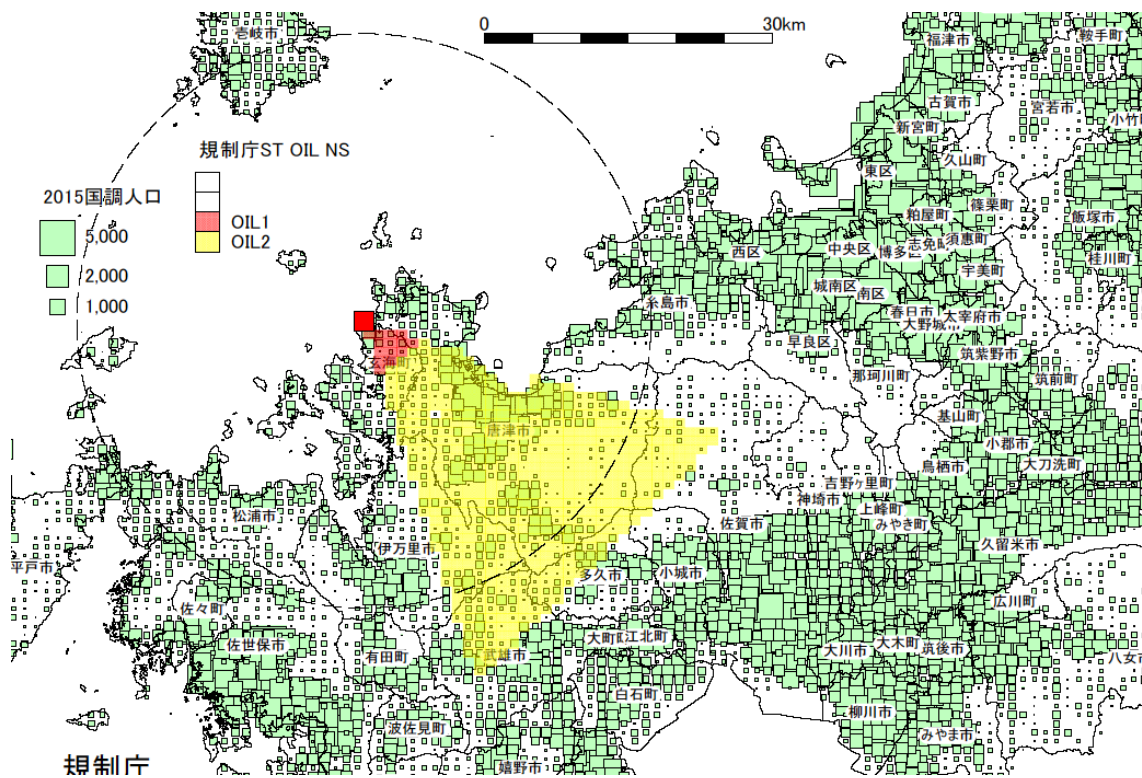


図8 規制庁ソースタームによる OIL の出現推定

前述の試算は北西の風を仮定したが、気象庁統計データ²⁹によれば、唐津観測点において過去10年間の集計で年間の日最多出現風向は16方位のうち南（36%）である。次いで北が22%となっており出現の可能性は高い。参考までに日最多出現風向の北として同じ条件により計算すると、図9のように避難先として想定されている市町でも図6と同様にOIL2に該当する地域が出現する。すなわち避難先がまた避難対象になる事態が発生し、避難計画が根本的に成立しなくなる。

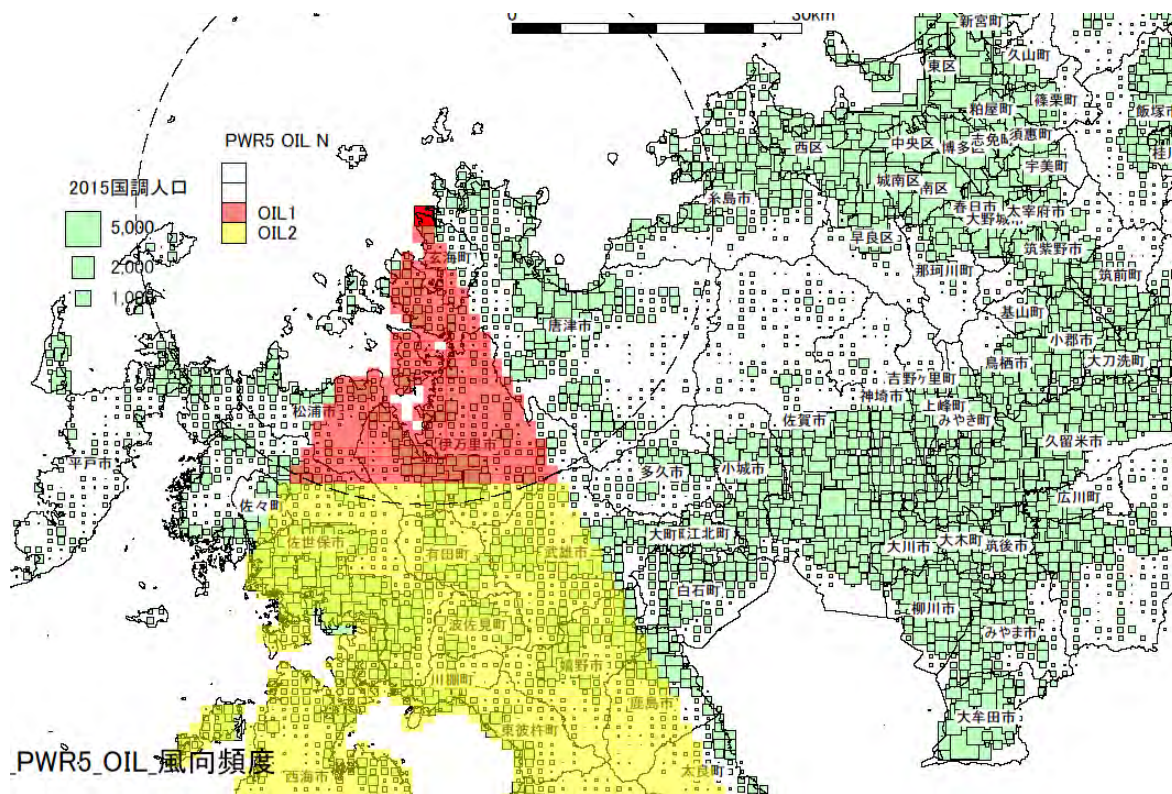


図9 PWR5による最多風向でのOILの出現推定

○「30km」は安全距離ではない

「指針」の策定いらい、緊急時防護措置を講ずるべき範囲として「30km」の数字が定説のように引用されてきたが、それは書類上で対策を講ずるべき範囲を30kmと決めただけであって「放射線の影響が30kmで収まる」こととは関係がない。防護措置を講ずる範囲として「30km」の数値が繰り返し引用されるため、30km圏外に脱出すれば安全であるかのような印象が形成されているように見受けられる。しかし30km離隔すれば安全という根拠は、実際のところ国や規制委員会からは何も説明されていない。

²⁹気象庁ウェブサイト「過去の気象データ・ダウンロード」

<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>

「指針」ではまず p.7～8 において「PAZ」「UPZ」の用語が記述されているが、ここでは具体的な距離の根拠には言及がない。距離の根拠が記述されるのは同指針 p.51～52 (i) (イ) (ロ) である。いずれも IAEA の国際基準における設定を根拠として PAZ は「原子力施設から概ね半径 5km を目安」、UPZ は「原子力施設から概ね半径 30km を目安」と記述されている。ただし「なお、この目安については、主として参照する事故の規模等を踏まえ、迅速で実効的な防護措置を講ずることができるよう検討した上で、継続的に改善していく必要がある」と付記されている。すなわち最初から「5km」あるいは「30km」ありきとして記述されており、各地の原発の周辺に多数の住民が存在する日本の国情を反映した決め方ではない。

「基本的考え方としては、国際放射線防護委員会等の勧告、特に Publication109, 111 や国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency。以下「IAEA」という。) の GS-R-2 等の原則にのっとり、住民等の被ばく線量を最小限に抑えると同時に、被ばくを直接の要因としない健康等への影響も抑えることが必要である」と述べており、IAEA をそのまま適用している。しかしここでも数値的検討に基づいて 30km が妥当であるという評価とは関連付けられていない。

それでは「30km」でよいとする数値的根拠はどこに見出されるのであろうか。これに関する国や規制委員会の考え方を示した解説³⁰によると、30km 離隔すれば被ばくをさけられるという基準ではなく、緊急時に原子力施設から放射性物質が放出された場合でも、住民の被ばくが一定値以内に収まるから許容するというものである。一定の仮定 (資料の時点では福島原発事故の実績等に基づく) に基づいて拡散シミュレーションを実施した結果、UPZ については外部・内部の被ばく経路の合計で「7 日間滞在した場合に 100mSv」に達する距離を各発電所ごとに求めている。この距離は当然ながら各発電所ごとの条件によって異なるが、各発電所の結果を一覧したところ 30km まで取ればほとんどのサイトについてその距離が 30km に収まる (ただし原子炉基数が多く出力の合計が大きい柏崎原発については一部 30km をはみ出す区域が存在した) として、いわば逆算により 30km に根拠を与えた数値である。なお各サイトごとの最終試算値は「総点検版³¹」という資料に示されている。なおここでいう拡散シミュレーションは、SPEEDI のように緊急時の現場の状況に応じて即応的なガイドラインを提供する目的ではない。事故が起きた時点でどのような気象条件であるかは予め決めておけないから、各発電所の立地区域における統計的な気象条件³²をもとにしている。また同資料でも地形を考慮していない、すべての気象条件をカバーし

³⁰ 原子力規制委員会 2012 年度第 7 回会合, 2012 年 10 月 24 日

<https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/kisei/h24fy/20121024.html>

原子力規制庁「放射性物質の拡散シミュレーションの試算結果について」2012 年 10 月資料 3-1 <https://www.nsr.go.jp/data/000047109.pdf>

³¹ 原子力規制委員会 2012 年度第 17 回会合, 2012 年 12 月 13 日

<http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/kisei/h24fy/20121213.html>

資料 1-2 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

<http://www.nsr.go.jp/data/000047210.pdf>

³² 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」原子力安全委員会決定、1982 年 1 月 28 日

ていない等みずからその機能の限界を認めている。

改めて「原災法」の趣旨と照合すると、「原災法」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」とあるにもかかわらず、「指針」は緊急時には法定限度をはるかに超える被ばくは仕方がないとの前提の下で、また「7日間で100mSv」が国民の生命、身体に悪影響を及ぼさないという根拠もなく、可能な範囲で少なくという意味に過ぎない。このことから現在の「指針」は「原災法」の趣旨に整合的でないというべきである。すなわち5～30km圏（UPZ）については、県・市町村が避難計画を策定するにしても住民が被ばくすることを前提とせざるをえず「原災法」でいう「国民の生命、身体及び財産の保護」の趣旨にも反している。

概略のシミュレーションとして、玄海原発（1,2号機・加圧水型・定格電気出力89万kW）において、①WASH1400が想定するPWR5（Cs137にして炉心保有量の1%程度が放出されるケース）および、②規制庁がUPZにおいて屋内退避を推奨する根拠としているソースタームを想定し、前述の規制庁試算に近くなるような気象条件により試算したところ、かりに風向が北西であった場合、図15のOILによる判定（500および20 μ Sv/hの空間線量率の出現）および図16のように、かりにIAEAの許容値（7日間で100mSv）を採用するとしても、30kmを大きく超える範囲で避難等の防護措置が必要になることが予想される。県の避難計画ではPAZ・UPZから主に県南部に避難する想定であるが、避難先がまた避難範囲に該当する可能性がある。

一方で規制庁ソースタームでは、たしかに原発のごく近傍を除いては7日間で100mSvを超える地点はみられなかったものの、防護措置すなわちOIL1,2に基づく避難が発生することは同じであり、かつ30km圏外で避難先として想定されている垂水市・指宿市までもOIL2（1週間以内を目途に避難）の条件に該当し、避難計画が根本的に成り立たないことが予測される。なお一連のシミュレーションの詳細については付属資料Iで解説する。

○他の防災法制との矛盾

そもそも「指針」は「原子力災害対策特別措置法」に則って策定されたものであり、その他各種の災害対策関連の法令と同様に「国民の生命、身体及び財産の保護」を目的に掲げている（第1章第1条）。一方で他の防災対策との矛盾も指摘される。一例であるが2011年12月に「津波防災地域づくりに関する法律³³」が制定され、全く同様に「国民の生命、身体及び財産の保護」を目的に掲げている³⁴。同法に基づく「基本方針」について国土交通省の解説³⁵によると、特徴的

³³「津波防災地域づくりに関する法律」

https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=423AC0000000123

³⁴国土交通省「津波防災地域づくりに関する法律について」

<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/tsunamibousai.html>

³⁵国土交通省「津波防災地域づくりを総合的に推進するための基本的指針の概要」

な内容として基本事項では「最大クラスの津波が発生した際もなんとしても人命を守る」「ハード・ソフトの施策を総動員させる多重防御」等の基本方針が記述されている。

また津波浸水想定の設定について指針としては「都道府県知事が、最大クラスの津波を想定し、悪条件下を前提に浸水の区域及び水深を設定」「津波浸水シミュレーションに必要な断層モデルは中央防災会議等の検討結果を参考に国が提示」としている。すなわち基本的な姿勢として「悪条件下で最大想定」「シミュレーションは国が主導する」ことが示されている。しかるにこれを原子力防災と対比すると、原子力防災では最大想定を意図的に避けて、想定される事故パターンとしては最大とは言えない福島事故さえ参照せず、後述のように放射性物質の放出量でみた場合に福島事故の約 100 分の 1 に下げるという楽観的な想定を設けていること、複合災害など悪条件下での避難はつけ足し程度の位置づけであること、シミュレーションについては放射性物質拡散シミュレーションの利用を放棄して「起きてみなければわからない」という姿勢への転換など³⁶、同じ目的を掲げながら津波対策に比べると異質である。これは国の責務において政策の整合性という点から矛盾があるというべきである。

○「原子力災害対策指針」の方針転換

前述のように「30km」は必ずしも安全と結びついていないのであるが、策定いらい現在まで 14 回の改正³⁷が行われた過程で、「指針」の内容そのものが後退している。策定時には放射性物質の放出量は福島原発事故と同等との前提で試算していたのに対して、2014 年 5 月の改訂では、5km (PAZ) 圏の事前（放射性物質の放出前）避難は従来どおりであるが、5～30km 圏 (UPZ) については「リスクに応じた合理的な準備や対応を行うための参考」として避難ではなく屋内退避を主とする方向に転換がなされた。

なお 5km (PAZ) 圏については、放射性物質の放出前の避難となっているが、事故の進展が急速であれば PAZ 圏避難中に放射性物質の放出がありうる。また移動が困難な要配慮者やその介助者等は放射線防護施設に屋内退避した後、移動の準備が整った時点で避難するとされているが、この場合も放射性物質の放出後の移動となる。また PAZ 圏は放射性物質の放出前の避難とされて

<http://www.mlit.go.jp/common/000188826.pdf>

³⁶原子力規制委員会「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）（2014 年 5 月 28 日）

<https://www.nsr.go.jp/data/000047953.pdf>

では放射性物質の放出量の前提を福島事故の 100 分の 1 に設定する等の過少評価がみられる。また「原子力災害対策指針」第 4 次改訂（2015 年 4 月 22 日）では SPEEDI（緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム）等の予測システムを避難の参考情報とすることを削除し、モニタリングにより空間放射線量率が基準値を超えた場合に防護措置の実施とするように緩和している。

³⁷本意見書作成時点では 2019 年 7 月 3 日第 14 改訂。

<https://www.nsr.go.jp/data/000024441.pdf>

いるために避難退域時検査場所の通過を要しないことになっているが、前述のように PAZ 圏でも放射性物質の放出後の移動がありうる。これらのケースに関して「指針」では言及がなく内容に不備があると言うべきである。

資料として屋内退避が妥当とする試算が提出されているが、その試算にあたり放射性物質の放出量を福島原発事故の 100 分の 1 とするなど前提を桁ちがいに低く変更してしている。2012 年の試算が福原発島事故の実績を反映した前提であったのに対して、2014 年 5 月の試算は、今後稼働される原発は、新規制基準への適合性審査において「容器破損モードに対して Cs137 の放出量が 100TBq を下回る」ことが確認されているとしてそれを条件とするように変えたためである。

この「Cs-137 で 100TBq (テラベクレル)」とは福島事故の推定放出量の約 100 分の 1 であるが、何ら技術的な検証はされておらず、それに収まるように基準を決めたからそれを前提とする文章上で記述しているだけで何ら実効性は確認されていない。なお前提条件の変遷を付属資料 5 に、「指針」の変遷や関連事項を付属資料 6 に示す。こうした変遷の背景は公開されていないが、先決的に 30km と決めてしまった結果、各原発について具体的に避難時間シミュレーションが進展するにつれ、5km 圏の PAZ はまだしも 30km 圏の UPZ に所在する多数の住民の迅速な避難は困難という結果が露呈したため UPZ は屋内退避を前提とせざるをえなくなったものと推定される。しかも前述のように UPZ とされる 30km は安全距離ではなく、福島事故の推定放出量の約 100 分の 1 に下げた前提でも、30km 以遠でも緊急防護措置が必要な条件に該当する地域が出現することが予想される。また「指針」では 2015 年 4 月の改正で、避難の要否は拡散予測シミュレーション (SPEEDI 等) を利用せず、モニタリングに基づき区域を特定して避難の要否を判断することに変更されている。しかし拡散予測の専門家は、シミュレーションには不確実性があることを理解した上で予測機能を活用すべきであり、SPEEDI の使用を放棄したことは国の施策としては福島事故の時点より後退であると指摘している³⁸。

○再稼働の手続きと避難計画の関連

避難計画の実効性と、再稼働が制度的に関連していないことは以前から問題となっている。一般に「合格」とか「地元が再稼働に同意」といった表現で報道されるが、いったいどのような根拠で判断されるのか、法律的根拠がいずれに求められるのかはきわめて曖昧である。むしろ制度設計がもともと意図的に誰も責任を負わない曖昧な仕組みとして構成されているようにも思われる。一般に「地元が再稼働に同意」とされる経緯は、大別して「安全協定」「防災対策」「再稼働」の三つの部分から成る。なお一連の流れを付属資料 2 に図示する。

第一の「安全協定」はいわゆる「紳士協定」であり、当事者は地方公共団体と発電事業者であ

³⁸原子力災害時の避難方法に関する検証委員会「第 14 回新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会議事録」2020 年 11 月 16 日, p.36

る。国は直接には関与しない。事業者は原子炉の設備を設置・変更しようとするときは事前に地方公共団体（道府県・市町村）と協議することとされている。この段階では「安全性検討会」で主に原発の設備的な安全性（ハード面）について検討されるが、地方公共団体に原発の技術的な専門家はおらず、会議は関連分野（地震・津波・原子炉・建屋・放射線など）の理工学系の研究者で構成される。この検討を受けて地方公共団体は発電事業者に回答あるいは意見を伝達する。

第二の「防災対策」は「災害対策基本法（災対法）」「原子力災害対策特別措置法（原災法）」に基づく手順であり、各原発周辺の自治体は緊急時対応を策定する義務がある。地域防災計画原子力災害対策編は自治体ごとに策定されるが、国が関与して自治体の地域防災計画・避難計画の充実化を支援する目的で各原発ごとに「〇〇地域原子力防災協議会・作業部会（全国 13 地域）」が開催される³⁹。協議会の構成員は国（内閣府・原子力規制庁・経済産業省のほか警察・消防・自衛隊など）、関連自治体および発電事業者である。続いて「原子力防災会議幹事会」を経て、首相および全閣僚が参加する「原子力防災会議」で報告される⁴⁰。「幹事会」以降は内容に関する議論はなく「何々地域の緊急時対策について、具体的かつ合理的であるとの報告を受け了承した」との形式が踏襲されるだけである。避難計画のいわゆる「実効性」を検討するのはこの段階であるはずだが実質的な議論はされていない。

「原子力防災会議」でも最後の部分だけが報道公開され、首相の「〇〇地区の避難計画の実効性を確認した」等との発言が伝えられるのはこの段階である。なお正確には実効性という文言は使用されていない。すなわち計画は「具体的かつ合理的」であるかもしれないが、それが現実に実行可能かという担保は全く検討されていない。いわゆる「建前」のみを列挙した内容である。いずれにせよこの第二のステップは、原発の再稼働（新規稼働）に関する自治体の同意とは無関係である。

第三の「再稼働」は「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（炉規法）」に基づく手順であり、電力事業者が新規規制基準に対する適合性審査を申請し、原子力規制委員会がそれを審査する過程である。この審査書の公表がいわゆる「合格」と通称される段階であるが、他に「工事認可」「保安規定認可」の手続きがある。このステップは原発や関連設備に関する技術的な検討であり、避難計画との関連性はない。これらの三つの部分は各々別の過程であり緊急時対応、ことに避難計画の実効性が担保されなければ再稼働（新規稼働）を認めないという制度的なチェック機能はどこにも存在しない。なお再稼働に関する手続きの流れを付属資料 に示す。

一方で規制委員会は、基準に適合しているかを審査するのみであって、再稼働をするかしないかには関与しないことを従前から言明している⁴¹。最近も規制委員会委員長は「どんなに備えて

³⁹内閣府「地域防災計画・避難計画策定支援」

https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/keikaku/keikaku.html

⁴⁰ http://www.kantei.go.jp/jp/singi/genshiryoku_bousai/

⁴¹原子力規制委員会記者会見録（2014年7月16日）

<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11036037/www.nsr.go.jp/data/000068796.pdf>

も事故はあるものとして考える」「規制当局に安全ですよと言ってほしい人たちがいることは承知しているが、安全であるというようなことは絶対に申し上げない」と述べている⁴²。すなわち玄海原発が稼働すれば避難が必要となる原子力緊急事態が発生する可能性が避けられない。しかし避難計画は県・市町の責務とされている一方で適合性審査の対象ではなく再稼働の条件ともされていない。

⁴²原子力規制委員会記者会見録（2019年11月3日）
<https://www.nsr.go.jp/data/000290716.pdf>

V 玄海原発と周辺の概況

○玄海原発周辺の危険要因等

図 10 は気象庁の資料⁴³より 1923 年以降現在の九州周辺での地震発生状況（マグニチュード段階別）・活火山・活断層を示す。本意見書では地震・噴火・津波に関する原発の技術的な損傷可能性は取り上げないが、日本における原子力災害は自然災害と複合して発生する可能性が高いところから、自然災害は避難の観点でも重大な影響を及ぼす。地質学上ではごく短期間に過ぎない過去 100 年でこれだけの地震が発生しているのであるから、避難の検討では地震による影響を考慮しなければならない。

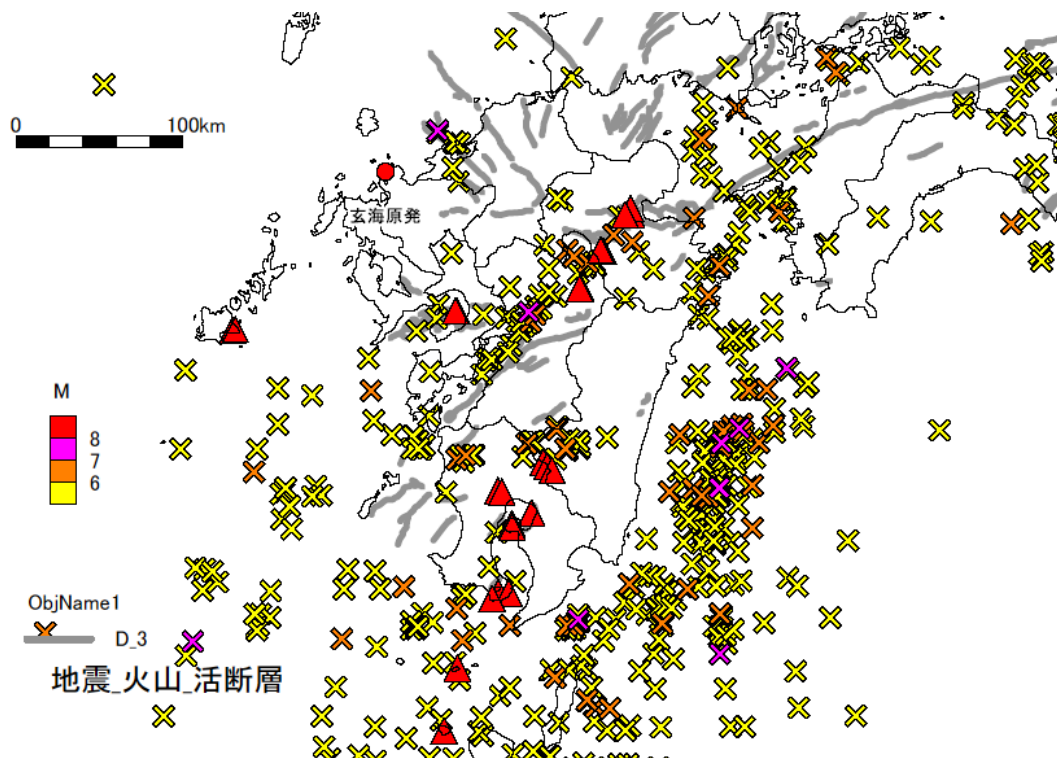


図 10 玄海原発周辺の地震（過去 100 年）・活火山・活断層

図 11 は玄海原発周辺の活断層・土砂災害危険箇所・土砂災害警戒区域自然（気象）災害の危険要因を示す。活断層については産業技術総合研究所の資料⁴⁴より玄海原発周辺で発見されてい

⁴³気象庁震源データ

<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>

⁴⁴産業技術総合研究所活断層データベース

<https://gbank.gsj.jp/activefault/search>

る活断層の分布を示す。東日本大震災に際しては、直接の震源であった海溝型地震の東北地方太平洋沖地震に誘発されたとみられる内陸型地震がその当日あるいは翌日以降に発生した例もある。誘発地震に関しては、東北地方太平洋沖地震では何百 km も離れた日本の内陸各地に誘発地震を起こしている。翌日の朝に起きた長野・新潟県境の栄村の地震（M6.7）や、富士山直下で起きた地震（M6.4）では震央付近で震度 6 強を記録している。これらは既知の活断層ではなく国内にはまだ知られていない活断層が何千もあり、現在の地震学の知識では、どこにどんな誘発地震が起きるかは予測不能であるという⁴⁵。海溝型地震とそれに起因する津波によって玄海原発の緊急事態が発生したとき、内陸型地震の被害によって避難に際して予定された経路の一部または全部が利用できない可能性もある。

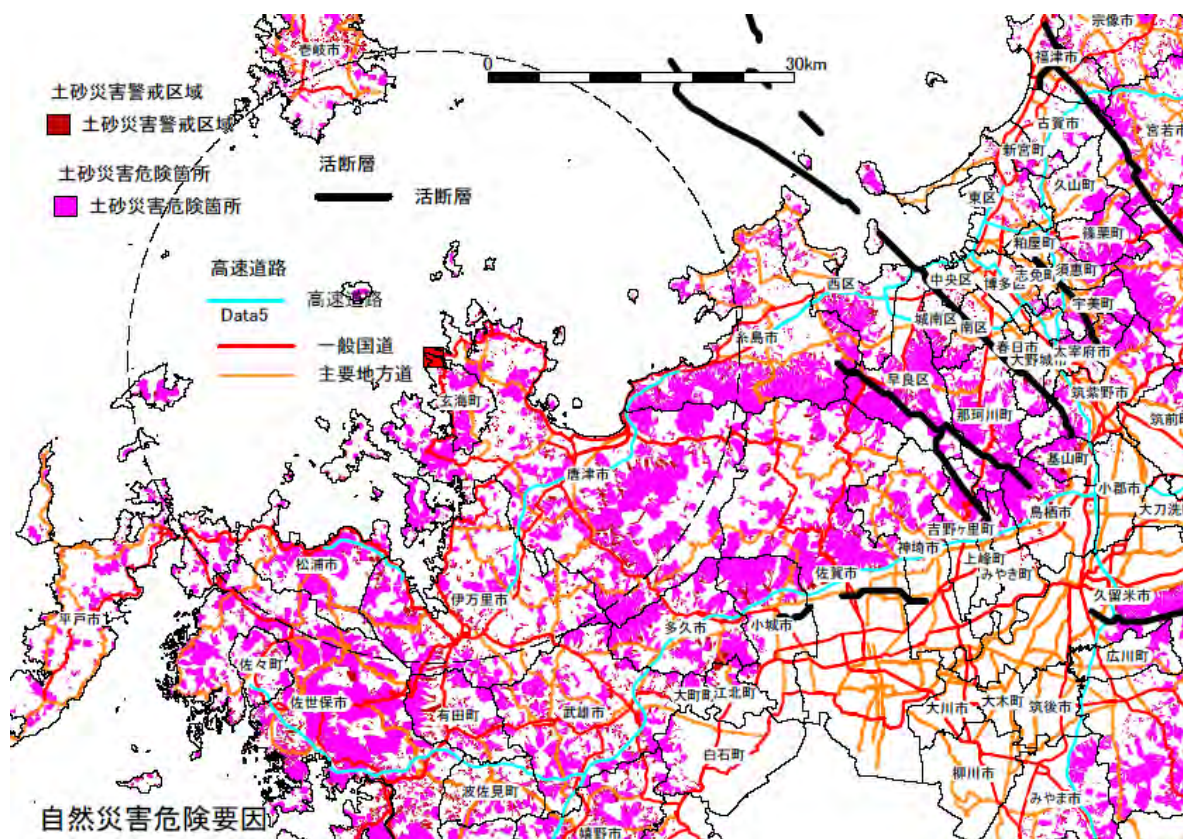


図 11 玄海原発周辺の自然災害危険要因

福島原発事故の直接の起因となった「平成 23 年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）」以後、甚大な被害を生じた地震としては、「平成 28 年熊本地震」（2016 年 4 月 14 日）、「北海道胆振東部地震」（2018 年 9 月 6 日）などがある。福島原発事故では、津波の被害が甚大であったため原因の究明や対策に関しても津波に関心が偏った傾向があるが、前述の地震はいずれも内陸型であ

⁴⁵島村英紀『夕刊フジ』 2016 年 4 月 29 日（金曜）。5 面。コラムその 149 「警戒せよ！生死を分ける地震の基礎知識」

<http://shima3.fc2web.com/yuukanfuji-column149.htm>

る。国内に活断層が無数に存在し、かつ知られていない起震断層も存在すると考えられることから日本のいずれの地域でも発生する可能性がある。熊本地震に関連してこれまでに得られた知見は次のような点である。第一に、活断層は全て把握されているわけではなく未知の活断層が存在すること、たとえば前述の東北地方太平洋沖地震に引き続いて同日深夜に発生した長野県・静岡県の内陸形地震でも活断層の存在は知られていなかった。第二に活動度が低いと評価されている活断層でも強い地震が発生する可能性があること、第三に活断層が動いた場合の動き方や被害の想定は困難であること、第四に本震と思われたものが実は前震であってより被害の大きい地震が後に続くなど改めて予測の困難性が指摘されたこと、第五に断層に沿った地域で家屋の倒壊が多数発生したこと等である。報道されたように、熊本地方では地震の影響だけでも生活必需品とりわけ水や食料の途絶など住民に多大な困窮を生じたが、これに「放射線」による移動の制約が加わればほとんど対処不能な混乱が生じることは容易に予想される。

○玄海原発周辺の住民の居住・就業者・道路状況等

緊急時防護措置を講ずるべき範囲として PAZ はおおむね 5km 圏内・UPZ はおおむね 30km 圏内とされているが、内閣府「玄海地域の緊急時対応⁴⁶」では表 3 のように設定されている。なお参考までに UPZ については区域を特定して避難するとされていることに対応し方位ごとの人口を表 4 に示す。また玄海原発周辺の住民の居住状況、道路状況を図 12 に示す。なお交通手段として鉄道については大規模な自然災害あるいは原子力緊急事態が発出された状況で、鉄道が通常どおり運行される可能性は乏しいと思われるので避難手段としては考慮しない。

表 3 PAZ/UPZ の概況

		PAZ		UPZ		合計	
		人	世帯	人	世帯	人	世帯
佐賀県	玄海町	3,328	1,282	2,026	690	5,354	1,972
	唐津市	4,057	1,648	115,284	49,452	119,341	51,100
	伊万里市			53,734	23,544	53,734	23,544
小計		7,385	2,930	171,044	73,686	178,429	76,616
長崎県	松浦市			21,922	10,086	21,922	10,086
	佐世保市			9,339	3,671	9,339	3,671
	平戸市			10,188	4,664	10,188	4,664
	壱岐市			14,292	6,331	14,292	6,331
小計			55,741	24,752	55,741	24,752	
福岡県	糸島市			14,793	6,293	14,793	6,293
小計			14,793	6,293	14,793	6,293	
合計		7,385	2,930	241,578	104,731	248,963	107,661

⁴⁶ 内閣府「玄海地域の緊急時対応（全体版）」平成 30 年 3 月 26 日

https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/kyougikai/02_sendai.html

表 4 玄海原発周辺地域の 16 方位別の人口・従業者人口⁴⁷

	国勢調査 人口	従業者人口	国勢調査 人口	従業者人口
PAZ				
	5,903	3,500		
16 方位	UPZ		参考 50km	
N (壱岐)	430	115	881	105
NNE (壱岐)	20	4		
NE (壱岐)	533	95		
ENE	6,867	1,843	26,519	10,551
E	14,307	2,900	508,904	138,219
ESE	56,481	26,017	50,297	22,129
SE	41,751	12,361	113,041	40,057
SSE	15,837	4,307	77,564	31,094
S	46,913	23,398	119,988	48,285
SSW	19,946	7,157	172,859	63,624
SW	13,593	4,700	18,040	5,598
WSW	122	16	15,301	5,540
W	1,029	308	16	1
WNW				
NW (壱岐)	347	44		
NNW (壱岐)	10,138	4,480	15,071	4,326

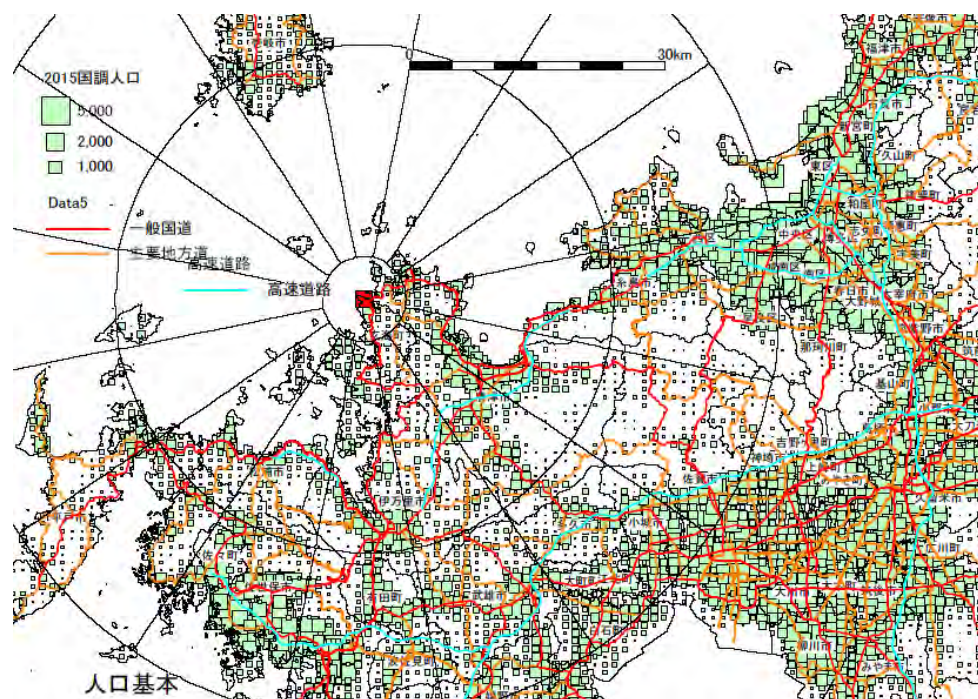


図 12 原発周辺の概況 (人口・交通路)

⁴⁷ 内閣府集計とは若干異なる。

また常住人口のほかに、PAZ 圏内・UPZ 圏内には就業者が存在する⁴⁸。この状況を図 13 および表 4 に示す。これらの従業者人口には、圏内市町の居住者と市町外からの通勤者が混在して集計されているため単純な合計ではないが、原子力緊急事態がいつ発生するかを予め知ることができない以上、事業所からの避難者も相当数に上ることを想定しなければならない。また原発関係者の滞在もあり、原子力緊急事態に際しては原発関係者であっても緊急要員以外の退避が発生する等、交通負荷の観点から問題となる可能性がある。

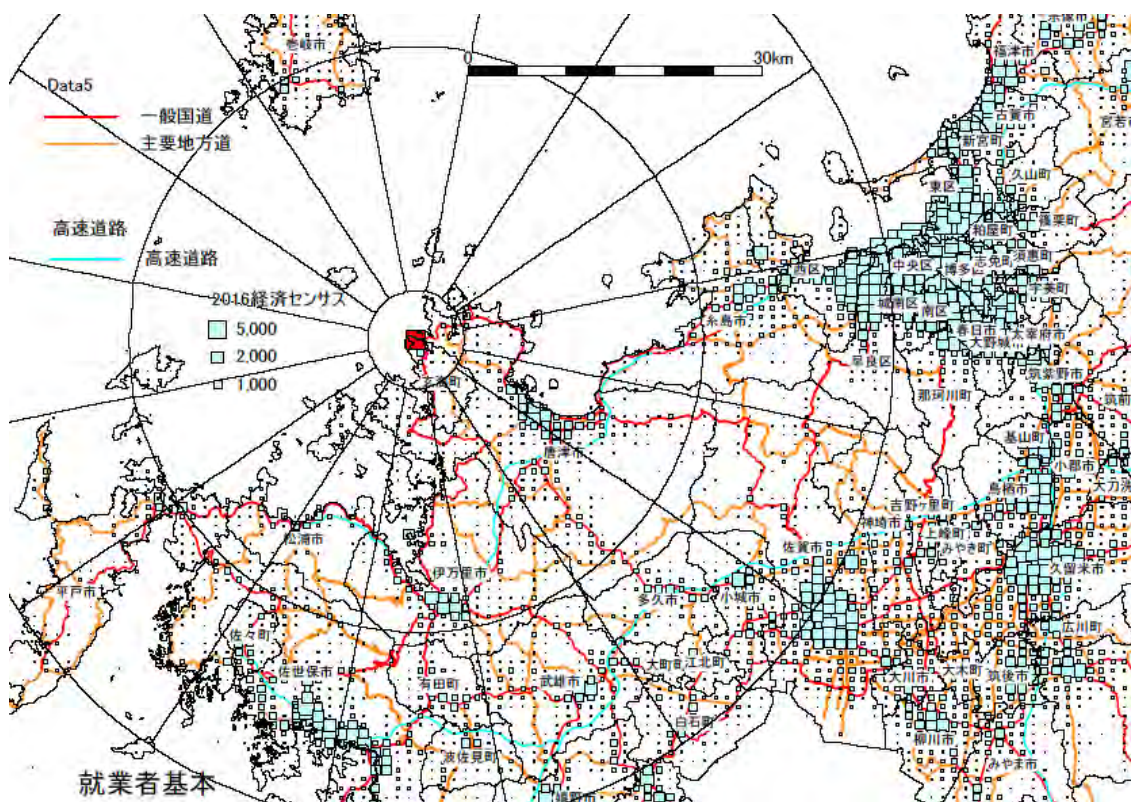


図 13 原発周辺の概況（産業従事者）

また表 5 は PAZ 圏内・UPZ 圏内関連市町について、単独の移動あるいは自動車での移動が困難で支援が必要となる確率が高い乳幼児・児童生徒・高齢人口・妊婦及び新生児等の推定数（要支援者）を示す⁴⁹。自力での移動が困難であり、また避難後の生活にも困難を来す。内閣府は 2006 年に「災害時要援護者の避難支援ガイドライン⁵⁰」を作成したが、東日本大震災に際して高

⁴⁸ 総務省「地図で見る統計」経済センサス基礎調査

<https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=1&type=1&toukeiCode=00200552>

⁴⁹ 総務省「統計でみる市区町のすがた」

<https://www.stat.go.jp/data/s-sugata/index.html>

⁵⁰内閣府「災害時要援護者の避難支援ガイドラインについて」2006 年 3 月

齢者や障害者の死亡率が被災住民全体の死亡率の約二倍に達するなど、まだ実効性は十分ではない。2013年に災害対策基本法の改正と合わせてガイドラインが改訂⁵¹された。法律では「高齢者、障害者、乳幼児その他特に配慮を要する者」を「要配慮者」と定義し、そのうち「自ら避難することが困難な者であって、その円滑かつ迅速な避難の確保を図るため特に支援を要するもの」を「避難行動要支援者」としている。市町村が実施すべき内容が拡大され「避難行動要支援者名簿（以前の「要支援者」から名称変更）」の作成が市町村の義務とされることとなった。「特に支援を要する」とは下記のような対象者である。

- 自分の身に危険が差し迫った場合、それを察知する能力がない、または困難な者
- 自分の身に危険が差し迫った場合、それを察知しても適切な行動をとることができない、または困難な者
- 危険を知らせる情報を受け取ることができない、または困難な者
- 危険を知らせる情報を受け取ることができても、それに対して適切な行動をとることができない、または困難な者

表 5 要支援者に関する数値

	外国人	妊婦数 ※	高齢夫 婦世 帯数	高齢単 身世 帯数	保育所 在所児 数	幼 稚 園在園 者数	小学校 児童数	中学校 生徒数	高等学 校生 徒数
糸島市	556	732	4,525	3,052	153	827	5,688	2,839	1,490
唐津市	463	1,050	4,906	5,484	272	297	7,180	4,194	3,472
伊万里市	368	486	2,126	2,159	85	187	3,182	1,642	1,825
玄海町	4	49	150	133	4	0	348	179	277
佐世保市	1,318	2,234	13,213	14,346	653	3,166	13,746	7,154	7,332
平戸市	95	219	1,820	2,150	49	82	1,523	869	883
松浦市	82	164	1,131	1,345	25	0	1,218	688	290
杵岐市	56	203	1,431	1,629	42	309	1,576	840	761
		※妊婦数は統計がないため新生児数と概略同じとみなした							

○玄海原発周辺の車両等の状況

表 6～7 は国土交通省統計より PAZ・UPZ 圏内関連市町・県の自動車保有台数⁵²を示す。なお乗合用は一般にいうバス、乗用のうち営業用は一般にいうタクシー（ハイヤー）である。

<http://www.bousai.go.jp/taisaku/youengo/0608/index.html>

⁵¹内閣府「避難行動要支援者の避難行動支援に関する取組指針」2013年8月

<http://www.bousai.go.jp/taisaku/hisaisyagyousei/youengosya/h25/pdf/hinansien-honbun.pdf>

⁵²国土交通省九州運輸局統計情報「市郡別保有車両数」

<https://www.tb.mlit.go.jp/kyushu/toukei/body2.htm>

表 6 PAZ・UPZ 圏内関連市町の自動車保有台数

	区分	貨物計	乗合計	乗用計	特種 (殊)計	小型二 輪	計
糸島市	自家用	2,963	100	26265	536	1332	31,196
	事業用	424	85	193	262	0	964
	計	3387	185	26458	798	1332	32,160
佐世保市	自家用	7271	365	66543	2401	3467	80,047
	事業用	1039	262	571	529	0	2,401
	計	8310	627	67114	2930	3467	82,448
平戸市	自家用	990	49	7251	447	221	8,958
	事業用	79	53	39	55	0	226
	計	1069	102	7290	502	221	9,184
松浦市	自家用	858	29	6249	274	283	7,693
	事業用	138	20	24	142	0	324
	計	996	49	6273	416	283	8,017
唐津市	自家用	4880	174	32861	1303	1991	41,209
	事業用	663	173	185	304	0	1,325
	計	5543	347	33046	1607	1991	42,534
伊万里市	自家用	2213	111	16971	655	869	20,819
	事業用	802	96	60	212	0	1,170
	計	3015	207	17031	867	869	21,989
玄海町	自家用	440	25	1722	93	135	2,415
	事業用	13	21	36	14	0	84
	計	453	46	1758	107	135	2,499
壱岐市	本土側への自動車避難はないとして省略						

表 7 関連県の自動車保有状況

区分		貨物計	乗合計	乗用計	特種(殊) 計	小型二輪	合計
佐賀県	自家用	38,067	1,224	261,033	9,468	13,552	323,344
	事業用	8,870	730	1,104	2,747	0	13,451
	計	46,937	1,954	262,137	12,215	13,552	336,795
長崎県	自家用	41,877	2,055	334,606	14,169	17,252	409,959
	事業用	6,535	2,146	2,789	3,276	0	14,746
	計	48,412	4,201	337,395	17,445	17,252	424,705
福岡県	自家用	202,860	5,345	1,587,962	44,816	76,681	1,917,664
	事業用	53,824	4,693	10,837	13,823	11	83,188
	計	256,684	10,038	1,598,799	58,639	76,692	2,000,852

VI 避難計画の概要

PAZ は放射性物質放出前に避難を実施し、UPZ は原則として屋内退避を実施し、その後モニタリングにより OIL1 あるいは OIL2 に該当した場合に避難あるいは一時移転を実施する。UPZ は避難所に向かう経路上で避難退域時検査場所に立寄り、モニタリングあるいは簡易除染を実施する。県の避難計画⁵³および玄海地域の緊急時対応⁵⁴では、各市町の地域（避難区）別の避難先は表 8 のように計画されている。また想定されている避難ルート等も同資料に示されている。

表 8 避難区域・避難退域時検査場所・避難先の総括表

	避難元		避難退域時検査場所候補	避難先	避難者数	施設数
PAZ						
佐賀県	玄海町		PAZ は放射性物質放出前退避	小城市	3,910	8
	唐津市			江北町	2,134	4
				白石町	2,740	7
UPZ						
佐賀県	玄海町		多久市陸上競技場	小城市	2,365	
	唐津市		多久市陸上競技場	江北町	1,863	
			佐賀県立森林公園	白石町	7,249	
			佐賀競馬佐賀場外発売所	多久市	5,732	
			佐賀市富士支所	大町町	2,912	
			基山総合公園	佐賀市	50,957	
			杵藤クリーンセンター	小城市	7,586	
			旧北方庁舎職員駐車場	神埼市	8,835	
				上峰町	3,098	
				鳥栖市	11,833	
				基山町	4,057	
			みやき町	10,124		
			吉野ヶ里町	3,952		
	伊万里市		杵藤クリーンセンター	武雄市	20,493	
			旧北方庁舎職員駐車場	鹿島市	10,707	
有田中央運動公園		嬉野市	11,076			
歴史と文化の森公園隣接駐車場		有田町	8,675			
旧山内庁舎		太良町	7,723			
	白岩運動公園競技場					
	蟻尾山公園					

⁵³鹿児島県危機管理局原子力安全対策課「避難計画の概要」平成 28 年 12 月 28 日

https://www.pref.kagoshima.jp/aj02/documents/56705_20170118102315-1.pdf

⁵⁴内閣府「玄海地域の緊急時対応（全体版）」平成 30 年 3 月 26 日

https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/kyougikai/02_sendai.html

長崎県	松浦市		波佐見町体育センター	東彼杵町	20,009	
			川棚町勤労者体育センター	川棚町	9,213	
			彼杵児童体育館	波佐見町	5,580	
			千綿児童体育館			
	佐世保市		三河内地区公民館	佐世保市 UPZ 外	13550	
			広田地区公民館			
	平戸市		佐世保市総合グラウンド体育館	佐世保市 UPZ 外	9070	
平戸文化センター		平戸市 UPZ 外	5055			
壱岐市	勝本町ふれあいセンターかざはや	壱岐市 UPZ 外	21916			
	壱岐島開発総合センター					
福岡県	糸島市	引津・可也・姫島	福岡女子高校体育館他 10	福岡市	10215	
			メイトム宗像市民活動交流館	宗像市	330	
			古賀市民体育館	古賀市	400	
			福津市中高公民館他 2	福津市	400	
			新宮町民体育館	新宮町	200	
			久山町勤労青少年ホーム	久山町	100	
		一貴山・深江	勤労青少年ホーム	筑紫野市	700	
			一貴山	篠栗町町民体育館	篠栗町	200
		シーメイト		志免町	300	
		福吉	城南高校体育館他 9	福岡市	(福岡)	
		深江	筑紫丘高校体育館他 3	福岡市	(福岡)	
			宇美南町民センター	宇美町	300	
			須恵町地域活性化センター	須恵町	200	
			春日市総合スポーツセンター	春日市	701	
			大野城市総合体育館	大野城市	600	
			太宰府市総合福祉センター	太宰府市	500	
			那珂川市総合体育館	那珂川市	687	
粕屋町生涯学習センター	粕屋町	300				

VII 避難の困難性

○避難の困難性について

原子力災害における避難とは、風水害等と異なり放射線による被ばくを避けるために行う行動であるから「いかに被ばくを避ける（最小限）」かという観点で評価しなければならない。2015年以降、「指針」の方針転換があり UPZ（概ね 5～30km 圏）では、まず屋内退避を原則として空間線量率のモニタリングにより避難を判断することとなった。このため UPZ における避難はどのような放射性物質（核種）が、いつどれだけ放出されるか、すなわち事故の進展シナリオに強く依存することになる。現在の避難計画の下で避難が実施された場合、原発から 30km 圏の住民登録者だけでも約 20 万人に及ぶ住民が、避難先まで現実的な時間内に到達できるのかという点がまず問題となる。原子力災害における避難では、風水害等と異なり避難のための移動距離が少なくとも数 10km ないし 100km 以上に及ぶため、徒歩での移動は不可能であり、多数の自動車が一斉に移動することによる問題が生ずる。30km 圏（UPZ）の避難はいずれにしても放射性物質の放出後に行われるから放射線の影響下で移動することになる。

自力で移動できない、あるいは自動車を使用できない避難行動要支援者（高齢者・障がい者・学校の児童生徒・免許不保持者等）とバスなどによる集団輸送への対応の困難性もある。この場合、要支援者本人だけでなくそれを支援・介助する要員の問題も同時に検討しなければならない。放射性物質が放出され周辺住民が避難あるいは一時移転に至った場合、期間の長短は予測しがたいものの住民が居住地を離れて避難生活を送ることにより生ずる問題とともに、地域の生産者・消費者が存在しなくなり経済的・社会的活動が停止して多大な損失が生ずる。

○避難の各段階における困難性

県の避難時間シミュレーション等では自動車の移動時間しか考慮されていないが、実際にはそれ以外に多くの時間を必要とし、また避難（あるいは屋内退避）の指示があったからといって現実の住民は容易にその通り行動できるわけではない。原子力緊急事態における避難とは、被ばくを避けるために移動する行動であるが、原子力緊急事態の発生から最終避難所に到達するまでの間を概ね時系列で表示すれば表 9 に示すように多くの難題があり、各々の状況においてどのような問題があるかを検討する必要がある。

表 9 避難の各段階における問題点概要

避難の各段階	予想される問題点
避難に必要な情報の取得につ	事業者（発電所）から適時・適切な情報が提供されるか。

いて	それを住民に迅速に周知する方法はあるか。
避難準備について	福島原発事故の経験より避難は長期に及ぶことが認識される中、避難準備にどのくらい時間が必要か。
ヨウ素剤配布・服用の困難性	事前配布（PAZ）の場合、いつ服用すべきかどのように住民伝達されるのか。緊急配布（UPZ）の場合、多数の対象者に現実に配布できるのか。
屋内退避の困難性	事故の進展によっては、いつプルームの放出が収まるかは不明であるが、いつ動き出せばよいかを誰がどのように判断し、住民に周知するのか。
一時集合場所（集団避難）	自家用車が使用できない避難者はいったん一時集合場所に向かうことになるが、そこまでどのように到達できるのか。
バス（集団避難）	バスの車両・乗務員が適時・適切に手配できるのか。
自宅から一時集合場所	自家用車が使用できないのであるから徒歩等によるが、その間は露天を移動することになり、その場合の被ばくはどうなるか
自宅から避難ルートまで(地域内道路)	複合災害の場合、道路の物理的損傷、電柱や家屋の倒壊等でそもそも避難ルートまで到達できない。
児童・生徒引渡し	原則として保護者に引き渡すとされているが、保護者は仕事等により迅速に迎えに来られる位置に所在しているとは限らない。集団輸送で対処する児童・生徒が一部残存することは避けられない。
避難経路の通行支障	過去の災害の例では多数の箇所道路の通行支障が発生している。
避難経路での渋滞	渋滞が発生することは明らかであり多大な時間がかかる。また複合災害の場合、経路そのものが被災して通行に支障が生ずる可能性がある。経路上での食糧・水・トイレ等の問題が考慮されていない。
避難退域時検査場所における問題	検査そのものに多大な時間がかかるとともに待機場所等も不足している。食糧・水・トイレ等の問題が考慮されていない。
燃料の制約	楽観的な仮定を設けても地域で供給可能な燃料は所要量の半分程度しかない。複合災害時には給油所自体が機能しない可能性。
「段階的避難」の非現実性	緊急事態が宣言されれば、現実に段階的避難は期待できない。
避難退域時検査場所や避難所自体の危険性	避難退域時検査場所・避難所自体が自然災害時の危険箇所にあるなど、緊急時に機能しない可能性がある。放射線防護施設でない場合がある。避難所の環境が劣悪であることが予想され二次被害の可能性もある。
避難時間シミュレーションの制約と不確実性	避難時間シミュレーションは時間については推計しているが被ばくとの関連性は検討されていない。またシミ

	ユレーション自体に多くの制約があり、避難時間そのものに信頼性はない。ケース間での相対的な影響比較に留まる。
要支援者と集団輸送体制の問題点	自力で避難できない災害時要支援者の移動には多大な時間を要する。車両・要員とも絶対的に不足している。
人的リソースの不足	避難所設営・誘導・バス添乗等に必要な自治体職員の数は絶対的に不足している。ことに複合災害時は対応不可能。
受入市町村の負担	ケースによっては受入市町村の通常人口の 7～8 割の避難者を受入れなければならないケースがある。大規模災害時には受入市町村でも被害が生じていることも考えられ、受入市町村側に多大な負担を与える。
総合的な被ばく量(最終避難所での滞在を除く)	ひとたび避難または一時移転が必要となる事態が発生すれば、避難あるいは一時移転したとしても被ばくは一般公衆の許容限度に収まらないことが推定される。

○避難に必要な情報の発信について

実際の原子力緊急事態に際して避難計画や安定ヨウ素剤配布計画が機能するためには、その前提として適時・適切な情報提供がなされなければならない。鹿児島県の原子力防災計画では、概ね 5km 圏内の PAZ（予防的防護措置を準備する区域）および概ね 30km 圏内の UPZ（緊急時防護措置を準備する区域）とも、原発の状態すなわち事故の進展や、放射線モニタリングの測定に基づいて避難行動やヨウ素剤配布を判断することになる。ここで司令塔となるべきオフサイトセンター（緊急事態応急対策拠点施設）であるが、東日本大震災では、オフサイトセンターが津波により建物・要員とも瞬時に機能を失った地域があり、原子力緊急事態に際して対処は全く不可能であった。福島原発事故の経過を考慮すると、避難に必要な情報が県・市町に対して適切に提供されるとは思われない。福島事故の初期、現場がどのような状況であったかは東京電力テレビ会議の記録から知ることができるが、福島第一原発の現場でさえ事故の状況が把握できず「我々もテレビでしか分からない」等の発話が記録されている。従ってその後の見通しを国や県・市町村に伝えられる状況ではなかった。表 12 は 3 号機が爆発した後の状況である⁵⁵。

表 12 福島 3 号機爆発時のテレビ会議記録

※3月14日 11時01分45秒より（聞き取り不能部分は「＝」）

本店保安班 えっと、保安班からです。一応、被ばく評価については、今の風向きで先に評価したソースターム（註・外部に放出される放射性物質の種類と量）で評価を

⁵⁵ 福島原発事故記録チーム編『福島原発事故 東電テレビ会議 49 時間の記録』岩波書店,p. 264～266, 2013 年 9 月。

します。実際のソースタームでどれだけ出たかは、観測地と比べて後でフィッティングさせますので、それはちょっとお時間かかりますけども、とりあえず仮想事故の40%の炉心損傷のモードで出します。40%、100%でいいんですね？

1F 吉田所長 《電話》あつ、すみません、吉田でございます。一番=と思われま。はい。はい。はい。=だと思えますけど。=あ、すみません、いまですね、2度目の爆発が起きました。

本店高橋フェロー 《ピー音》君、避難の要否の話になるから早く線量のやつ、ちょっと...

本店 いまは、風はですね、南西方向です。

本店 西南西 7m。

本店 海側に行っているはずなんですけど。海側に大きく.....。

本店高橋フェロー それ発信できるように早く準備して。

本店 あとは実際の風、2F なんですよ。1F の風向きが=なんとか見えませんか。煙の方向とか何とかで。

1F 吉田所長 《電話》今度はですね、震動がなくてかなり高く爆発しております。これは私どもも分かりません。煙の中でですね、見えないんです。パラメータどうなってる？ 各号機の。3号、変化ない？ 1発目の直後は変化ないですけど。はい？ 3号機だと思われま。これは我々もテレビでしか分からないんですね。はい、分かりました。はい。

本店高橋フェロー 《清水社長に向かって》事務所がちょっと離れてるんですね。

1F 保安班 保安班から連絡します。この部屋の環境ですが、50 μ Sv で、変化ありません。中性子は検出限界値以下に戻りました。以上です。

2F 増田所長 すみません、北東に風が流れていっています。北東です、すみません、間違えました。2F です。



図 14 3 号機爆発の画像⁵⁶

ここで情報伝達に関して注目されるポイントがいくつかある。本店保安班とされる発話で「とりあえず仮想事故の 40%の炉心損傷のモードで出します。40%、100%でいいんですね？」の部分である。今後の被ばく予測のシミュレーションに際しては、最初の設定条件として炉心や格納容器の損傷の状況に応じて、どの種類の放射性物質が、どれだけ出てくるかを推定することが不可欠となる。それにより放出される放射性物質の種類や量が変わることになり、さらにその結果は退避を必要とする距離に影響する。

しかし現場でさえ炉心の状況がわからないために「40%か、いや 100%か」などと担当者のその場の思いつきだけで条件を仮定せざるをえない状況であった。その設定によってシミュレーションを実施したとすれば退避を必要とする距離や予想される線量が大きく変動する。避難する側の市町村から見れば「避難対象地域になるのかならないのか」「いつ動き出せばよいのか（あるいは屋内退避か）」「どのような防護措置が必要かなど」具体的な内容が次々と変転することになり、避難対象となる自治体ではどうも対応できない混乱に陥る。そのような混乱に対処しているよりも周辺の自治体では早急に全域避難を決断するであろう。

東電本店の発話でも「避難の要否の話になるから早く線量云々」「それ発信できるように早く準備して」等と、住民の避難対策に必要な情報を伝達しようと試みていた意図はうかがえる。しか

⁵⁶ 日本テレビニュース映像, 2021 年 1 月 27 日 (3 号機爆発の映像を画像処理により鮮明化したもの)

<https://www.youtube.com/watch?v=YKejlq5a3go&t=27s>

し現場でも実態が把握できない上に、室内でも放射線量率上昇や中性子の発生を観測するなど、現場関係者に生命の危険・行動能力の障害が発現しかねない危険に晒されている混乱状態であった。「我々もテレビでしかわからない」という発話（吉田所長）や、風向を「南西」すなわち海側と報告（本店）していたところ直後に「北東」の誤りと全く逆に訂正（第二原発関係者）しているなど、発電所外に対して避難の支援となるような情報が全く整理できていない。

一方で東京電力は2011年3月11日の地震発生から約2時間30分後に、原子炉水位が下がっていた1号機の核燃料が約1時間後には露出すると予測していながら、法律で義務付けられた報告を国や福島県にしていなかったことが2016年4月になって報告される⁵⁷等、情報を把握しながら伝達がなされていなかった経緯も発覚している。後日の解析では同日18時頃に炉心の露出が始まり、同日19時頃から炉心の損傷（溶融）が始まったと推定されている。

こうした点からみても住民の避難その他防護措置に必要な情報の伝達に関しては重大な懸念が残ったままである。また東京電力柏崎刈羽原子力発電所では、2019年6月19日に発生した山形県沖地震に関連して、原子炉は停止中であるものの立地自治体にファクスで誤報を送達するトラブルが発生している⁵⁸。福島原発事故を経て情報伝達体制の改善や訓練が行われているとしながらもこのような初動段階のトラブルが発生するようでは、玄海は事業者が異なるとはいえ事業者からの適時・適切な情報提供が行われるのかきわめて疑問である。

自然災害でも原子力災害でも、道府県・市町村の首長や職員が実施すべき業務には共通した部分（情報の伝達・避難誘導・避難所の開設と運営・安否確認など）が多い。それぞれ別の体系として構築するよりも「原災法」を「災対法」の枠組みの中に設けたことは合理的であろう。しかし原子力災害の特徴として、自然災害にはない複雑な要因が加わる一方で、情報の流れが整理されていない。

まず「原子力緊急事態」の宣言は、事業者からの通報を受けて原子力規制委員会が内閣総理大臣に対して報告と案の提出を行い、これに基づいて内閣総理大臣が発出する（「原災法」第15条）。同時に内閣総理大臣は緊急事態応急対策を実施すべき区域を公示する。ただし住民に対する実際の避難住民に対する避難（あるいは状況により屋内退避）の指示や、避難場所の指定等は市町村長の責務（「原災法」第十五条および「災対法」読み替え第六十条）であって、国や道府県が住民に直接指示する枠組みはない。

一方で内閣府の資料⁵⁹によると「Q & A」のうち「避難指示は、どのように伝えられるのですか」によると「国の原子力災害対策本部から緊急事態宣言を発し、住民の避難について指示を行

⁵⁷ 『東京新聞』2016年4月15日 朝刊

⁵⁸ 東京電力ホールディングス「山形県沖地震時における通報連絡用紙の誤記に関する原因と改善策について」

https://www.tepco.co.jp/press/release/2019/1516131_8709.html

⁵⁹ 内閣府原子力防災「よくある御質問」

https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/faq/faq.html

う。避難指示は、国から関係道府県・市町村に伝達される。関係道府県・市町村は、防災行政無線、広報車などで住民に伝達する。また国はマスメディア、インターネットを通じて伝達する」とあり、図 15 のような「情報イメージ」とする流れが示されている。法的には避難（あるいは状況により屋内退避）の指示や避難場所の指定等は市町村長の責務であるが、国からも、道府県からも住民に避難指示が伝えられるかのようなルートが記述されている。その手段もインターネット、マスメディア、広報車や防災行政無線などさまざまである。住民の立場からみれば、国から直接インターネットで指示が来るかもしれないし、市町村の広報車や防災行政無線で指示が来るかもしれない。道府県の災害対策本部からインターネットで指示が来るというルートも例示されている。それらの時間的順序は、その時の状況によって不定である。

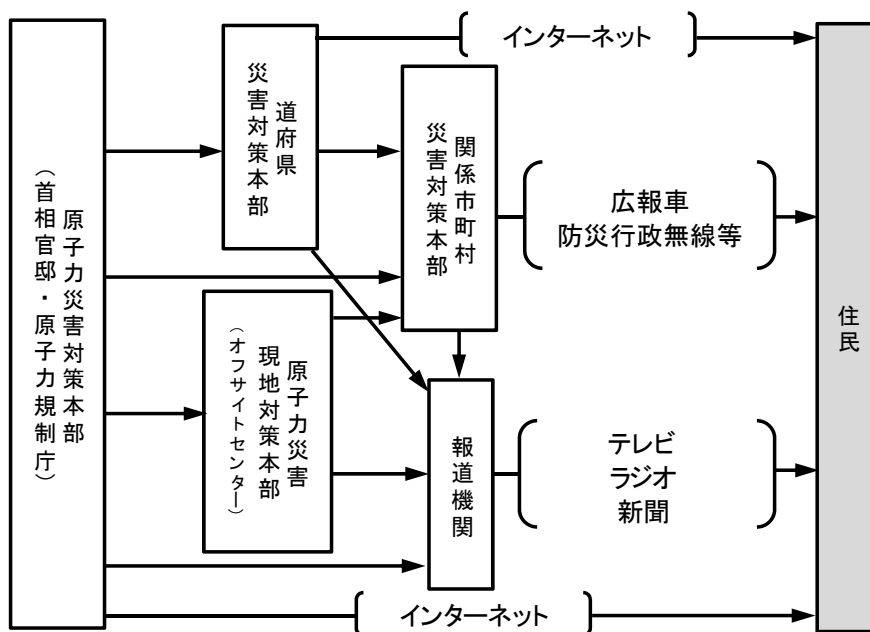


図 15 避難指示の情報のイメージ

訓練時にエリアメールで配信されたある市の防災担当課からのメッセージの例を次に示す。この市は PAZ と UPZ が混在しているのでそれぞれ避難行動が異なる。「こちらは〇〇市です。原子力発電所の事故は全面緊急事態となりました。現在、放射性物質は外部へ漏れていません。発電所から 5km 圏内の PAZ の方は避難及び安定ヨウ素剤服用の指示が出ましたので、安定ヨウ素剤を服用し、自家用車等で避難を開始して下さい。自家用車で避難ができない方はバス避難集合場所に集合して下さい。その他の市内全ての地区の方は屋内退避を開始して下さい」という文章である。しかし「全面緊急事態となったが、放射性物質は漏れていない」なる文章は住民の立場ではどのように理解されるだろうか。また市内で PAZ 区域は「自家用車等で避難を開始して下さい」というが、このメッセージだけで数 10～100km も離れた避難先に向かって躊躇なく動き出せるだろうか。受入れ先の避難所が開設されているのかも不明であるし、避難退域時検査につい

ても何も情報が提供されていない。また原子力災害ではないが、広島県府中市への避難指示メールが東京都府中市の一部住民に誤って届くなど⁶⁰、インターネットによる情報提供はまだ不安定な要素が除去できない。

このエリアメールでは UPZ に対しては屋内退避の指示しかないが、放射性物質の放出があれば、その後の緊急時モニタリングの結果により「区域を特定して」避難指示あるいは一時移転指示が発出される。これは緊急時モニタリングの結果に基づいて国（原子力規制庁）が対象となる区域を道府県・市町村に指示し、実際の避難指示は市町村長が発出する。法的な手順でいえば、国（規制委員会）から住民に対して直接避難指示が発出されることはないが、図では国から直接インターネットで伝達されるかのようなルートも記述されており、きわめて曖昧かつ無責任である。また安定ヨウ素剤の服用については、原子力規制委員会がその必要性を「判断」し、道府県・市町村が服用指示を発出するとされている。PAZ に対しては薬剤は事前配布で服用指示の伝達、UPZ に対しては緊急時配布と服用指示とされているが、限られた道府県・市町村の職員で、かつ放射性物質放出後の状況下でどのように配布できるのか困難が多い。

○住民側からの情報の取得

一方で福島事故の記録では、情報を受け取る地方公共団体の側でも、地震・津波との複合災害であったため、それらに関する多数のファクスが集中し、原発に関する情報も送信されていたにもかかわらず多数の FAX の中に埋没していたことが事後に発見されたとの報告もある⁶¹。図 16～18 は福島原発事故において「事故の発生を知った住民の割合」「避難指示を知った住民の割合の時間経過」「避難した住民の割合」の時間経過（ただし実際に避難した人に対する調査）である⁶²。2011 年 3 月 15 日 16 時 45 分の「15 条通報」を事故発生の起点とすると、事故発生から約 13 時間近く経過した 10km 圏避難指示の時点でも全体として 2 割程度の住民しか情報を知らなかった。また避難指示は事故発生から約 13 時間後に 10km 圏避難指示、約 26 時間後に 20km 圏避難指示が発出されているが、町村により周知度に差がある。避難計画は情報が適時・適切に住民に伝達されていることを前提としているが、その前提が達成されていなければ実効性はない。

⁶⁰ 2021 年 7 月 8 日『毎日新聞』「広島県府中市への避難指示メール、東京都府中市の一部住民に誤って届く」

⁶¹ 今井照・自治総研編『原発事故 自治体からの証言』（ちくま新書 No.1554）,筑摩書房,2021 年,p.62

⁶² 東京電力福島原子力発電所事故調査員会『国会事故調報告書（参考資料）』p.114～116（CD-ROM 版）, 2012 年 9 月

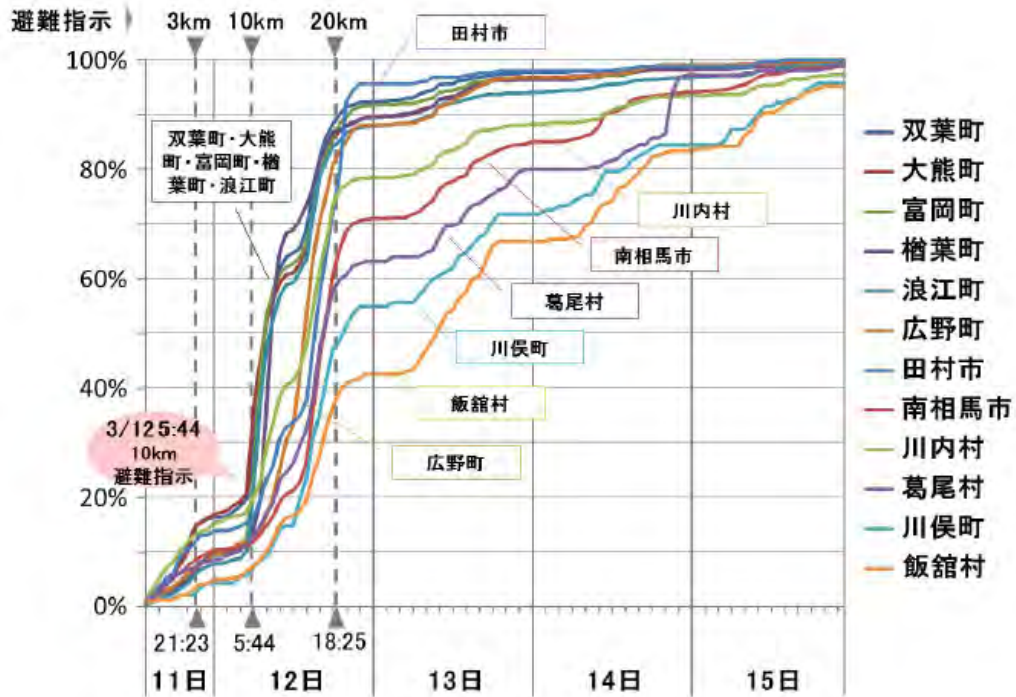


図 16 事故の発生を知った住民の割合の時間経過

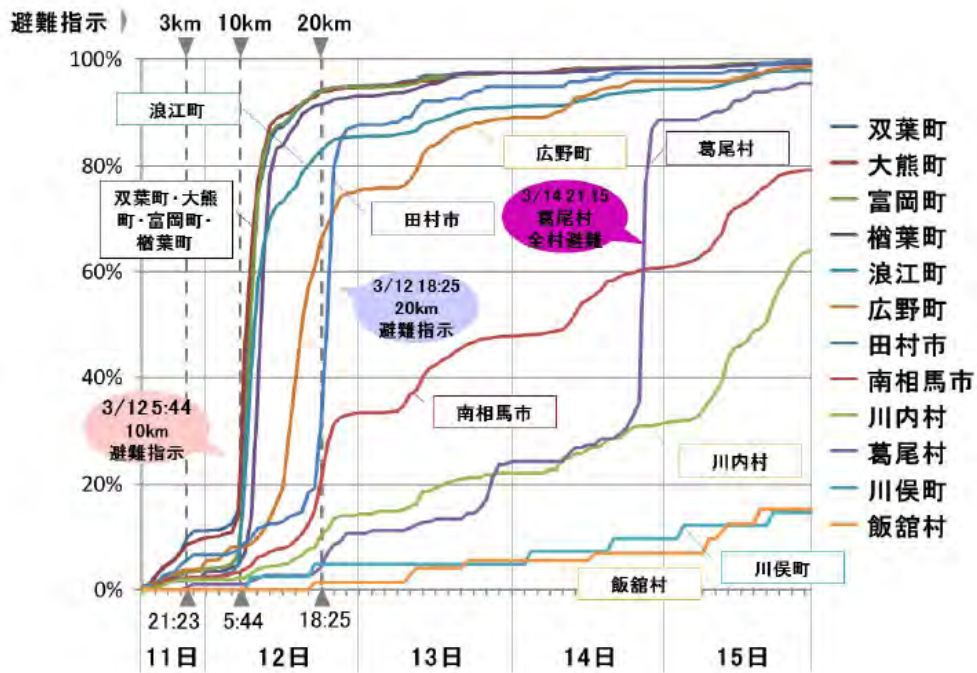


図 17 避難指示を知った住民の割合の時間経過

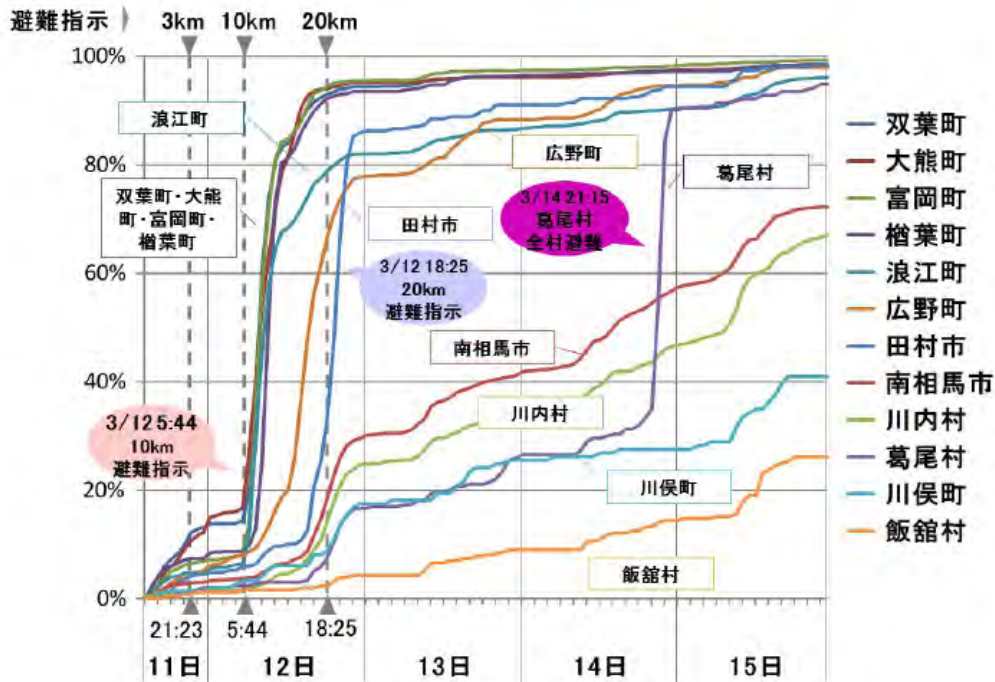


図 18 避難指示を知った住民の割合の時間経過

自治体の住民が安全に避難するためには、実際に動き出す以前に「事故の正確な現状と今後の見通し」「いつ・どこへ・どの経路で移動すべきか（あるいは屋内退避すべきか）」等の具体的な情報が必要である。また防護措置の司令塔となるべきオフサイトセンターが機能するには原発からの正確な情報提供が前提である。しかし緊急事態に際してこのような情報の取得は期待できるのかは疑わしい。福島原発事故の経過を考慮すると、避難に必要な情報が県・市町村に対して適切に提供されるとは思われない。

また緊急時モニタリング体制も問題である。「指針」では（1）原発から 5km 以内（PAZ）においては全面緊急事態が通告された場合には、放射性物質放出前に数時間以内に全住民が退避する、（2）原発から 30km 以内（UPZ）においては屋内退避を原則として、緊急時モニタリングにより $500 \mu\text{Sv/h}$ （OIL1）に該当した場合は数時間内を目途に区域を特定し避難等を実施（ただし移動が困難な者は一時屋内退避）、同じく $20 \mu\text{Sv/h}$ （OIL2）に該当した場合は 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するとの防護措置を実施することとしている。なお UPZ 外であっても $20 \mu\text{Sv/h}$ （OIL2）に該当した場合は区域を特定・地域生産物の摂取制限・一時移転に関しては同じである。しかし現時点では県の地域防災計画（原子力災害対策計画編）を参照しても、項目の列挙と「努めるものとする」「配慮するものとする」等の抽象的な項目の列挙のみで実効性は期待できない。参考までに図 19 は現時点で公開されているモニタリングポストを示す。

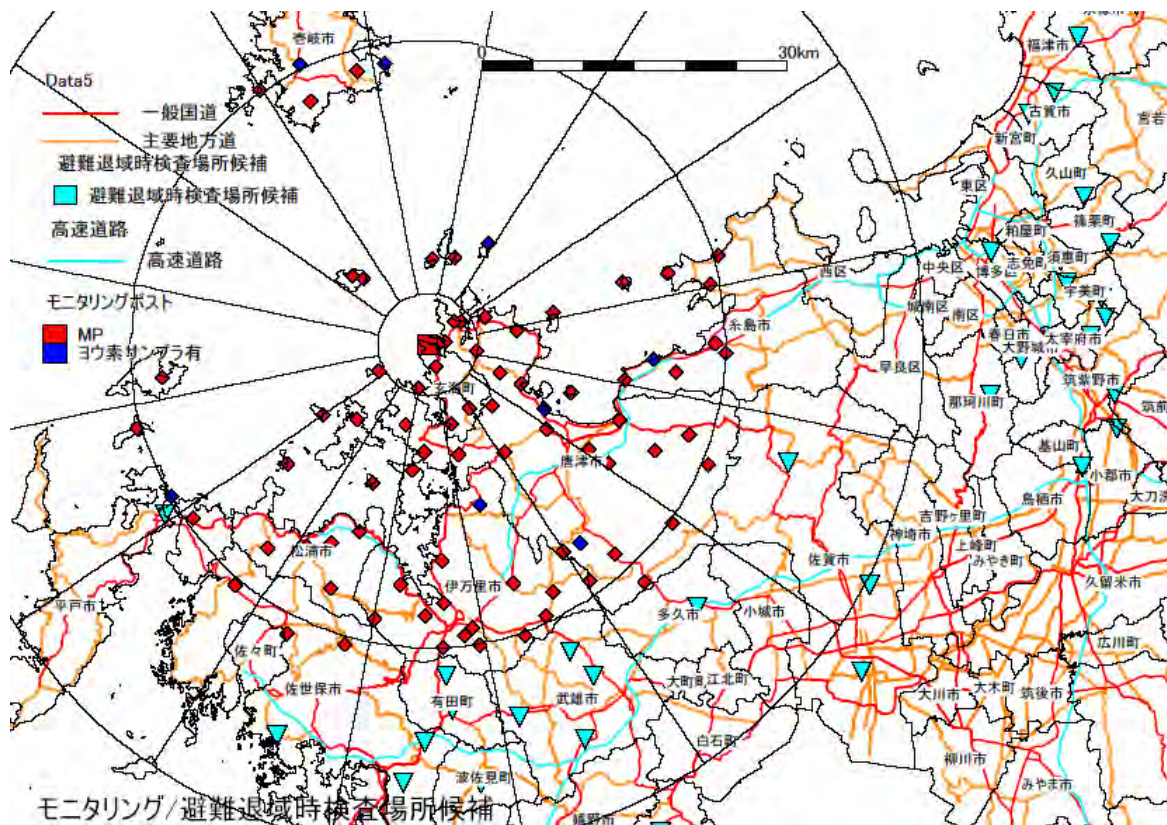


図 19 退域時検査の想定場所とモニタリングポスト

モニタリングカー等の移動計測手段を配置するにしても、道路の物理的損傷や通行支障が発生したり、避難車両の渋滞に巻き込まれる等の場合は移動が困難であり、必要なモニタリングができないことも考えられる。また図 20 はある地点の風向・風速の時間的変化を示した例である。数時間のうちに風向が逆転する状況が観測されている。かりにある気象状況（風向）をもとに避難を開始した後、時間経過とともに気象状況が様々に変化するとしたとしても、一旦避難経路に入ってしまったらそれに応じてその都度避難方向を変更することは不可能であり、成り行きで被ばくせざるをえない結果に陥る。

仮に SPEEDI その他の三次元移流拡散方程式モデルによるシミュレーションの結果が提供されたとしても、それに基づいて避難方向を随時変更する等の対応は、実際の避難交通の場面では不可能と思われる。多数の車両が一斉に移動する現実の避難交通は長時間を要し、ひとたびある方向に動き出せば状況が変わったからといって避難方向（目的地）の変更は容易ではない。また気象状況が長時間にわたり一定していればよいが、図のように数時間のうちに風向が逆転することもある。精緻な計算を行おうとすればそれだけ多くの入力データを必要とするディレンマもあり、必ずしも精緻なモデルを用意しても避難のガイドラインとして役立つとはいえない面がある。

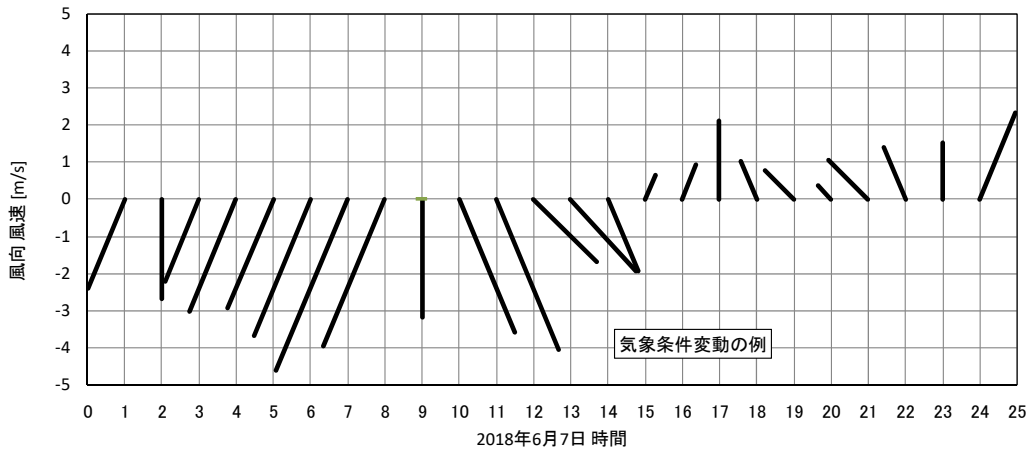


図 20 気象条件変動の例

○避難準備について

福島原発事故では、どのような避難形態・避難期間になるのか予想する情報が皆無のまま避難指示が発出され、なかには短期間で戻れると想定して着のみ着のまま避難したものの、長期間もしくは永久に戻れないケースも発生した。このため福島原発事故以後には、長期間の避難を想定して準備することが通念になっていると思われる。福島原発事故以後に、島根原発から4～7kmの周辺住民を対象にアンケートを行った結果を図21に示す⁶³。原発から20km圏外（調査時点の設定）へ避難すると想定して準備にどのくらいの時間がかかると想定するかを質問したところ、1時間以内と答えた人が39%の一方で、3時間以上かかると答えた人が23%にのぼるなどばらつきがみられ、時間がかかる結果となっている。また図22は避難準備に要する時間別にみた持ち出す荷物の量（旅行かばんまたは段ボール箱に換算したもの）を質問した結果である。これを見ると準備に要する時間が長い住民は持ち出す荷物の量が多いことがわかる。このことから報告では、原発事故では長期的な避難を想定した住民は、日頃から非常用持出品を準備していても避難準備時間が短くなるとはいえないと指摘している。なお調査では旅行かばんまたは段ボール箱に換算して0～3個としているが、2個以上の携行は自家用車による避難ならば可能であるとしても、バス避難では制約が大きい（一人では運ぶことができない、一時集合場所までは徒歩によらざるをえないなど）。むしろ自家用車が使えずバス避難によらざるをえない避難者ほど、高齢・障害など日常生活に制約を有する人が多いと考えられ、着のみ着のままでは避難生活に耐えられないと予想されるため携行品を多く持つ必要があると考えられるが、バス避難では荷物が携行できない困難も考慮する必要がある。

⁶³岩佐卓弥・浅田純作・荒尾慎司・山根啓典・野崎康秀・片田敏孝「住民意識調査を利用した島根原発事故時の避難シミュレーション」土木学会第67回年次学術講演会（2012年9月）

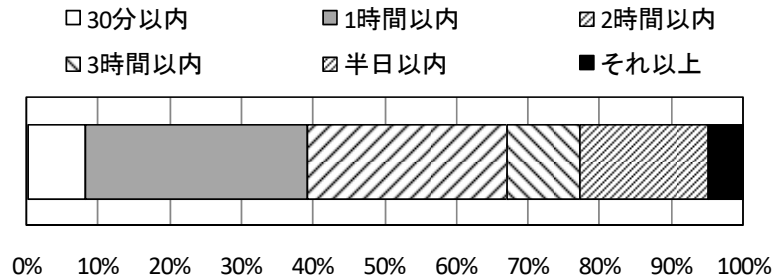


図 21 避難準備に要する時間の想定

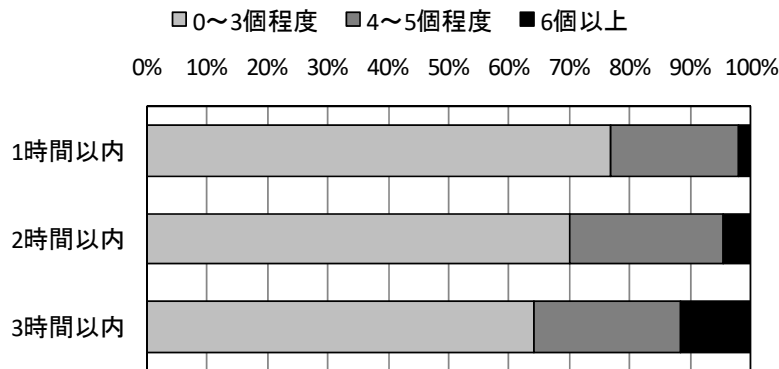


図 22 避難準備に要する時間別にみた持ち出す荷物の量

○ヨウ素剤配布の非現実性

防護措置の一つとして「ヨウ素剤の服用」がある。ヨウ素剤は、放射性ヨウ素が呼吸や飲食物を通じて人体に取り込まれる前にヨウ素剤を服用することによって甲状腺への放射性ヨウ素の蓄積を防止する。ただし適切な時期に服用しないと効果が乏しい。またヨウ素剤は放射性ヨウ素以外の核種には効果がない。ヨウ素剤の配布・服用の方法について原子力規制委員会では「安定ヨウ素剤の配布・服用に関する解説書⁶⁴」を公表しているが、避難実態との整合性がない。基本的に PAZ 圏では住民に事前配布し市町村の指示により服用し、PAZ 圏外では避難や屋内退避の際に市町村から配布するとなっているが、その中でも多くの枝分かれたパターンがある。

たとえば PAZ 圏外で屋内退避指示となった場合において服用が必要となれば、事前配布をしていないのであるから「備蓄場所から各戸に防災車等で配布により配布ができるようにすることが望ましい」と解説書には記載されている。しかしヨウ素剤の服用には「時間」単位での即応体制が求められる。福島での避難実態にみられるように、避難所へ行くまでに町内渋滞で数時間もかかったり、災害時要援護者の移動に市町村の保有車両を動員しなければならなかったり等の制約

⁶⁴原子力規制委員会「安定ヨウ素剤の配布・服用に関する解説書」

http://www.nsr.go.jp/activity/bousai/iodine_tablet/

の下で、配布すべき世帯数・市町村職員の数・防災車の台数等を考慮した場合、現実の災害時に実行可能とは思われない。

○屋内退避の困難性

UPZ 圏では屋内退避を原則とすることになっている。放射性物質の放出後では、屋内にいれば露天より被ばく量を軽減することができるが、プルームに対する低減係数は木造家屋で 0.9、石造り建物で 0.6 とされている。すなわち 1~4 割ていどの遮蔽効果はあるものの放射性物質放出後に一定時間滞在すれば被ばくすることは同じである。しかし強い地震に起因して原子力緊急事態が発生した場合、熊本地震等の経験を参照すると、地震に起因する家屋の倒壊・損傷のために自宅での屋内退避が可能という前提を適用することはできない。屋内退避ができない場合は地域の公共施設等の避難所に移動することになるが、コンクリート造の建物も損傷し、放射線遮へい機能は著しく損なわれる可能性がある。ここでは単純な「気象庁震度階級関連解説表⁶⁵」を参照する。気象庁震度階級では「木造か非木造か」「築年が 1981 年（新耐震基準導入）以前か以降か」で表 10 のように損傷の程度が推定されている。

表 10 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	壁、梁、柱などの部材に、斜めや X 状の

⁶⁵ 気象庁「震度階級関連解説表」

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/kaisetsu.html>

	れ・亀裂が多くなる。	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、倒れるものが多い。

図 23 は熊本地震における家屋の損傷を示す⁶⁶。これは屋内退避を困難とするだけでなく、狭い道路(街路)でこのような倒壊が起きれば、地域から避難経路まで出られない事態も考えられる。そもそも屋内退避は、避難のため屋外に出て行動するよりも屋内退避のほうが被ばくを低減できるという前提に基づいている。しかし図 24 のように家屋の基本的な構造の倒壊に至らないまでも、瓦が落下してブルーシートで仮処理しているような状態⁶⁷では遮へい効果が大きく損なわれる。これは特に降雨時に問題となる。地震に起因した原子力緊急事態であれば、熊本地震からの教訓としては「屋内退避」は成立しないなど、改めて問題点が摘示されることとなった。一方、住宅土地統計⁶⁸より PAZ・UPZ 圏内市町の住宅状況は表 11 のようになっている。耐震性「低」とみなされる住宅がかなり残存している。自宅で屋内退避できない場合に公共施設に移動するにしても、熊本地震では図 25 のように地震で損傷を受けて避難に適さないケースもみられ、屋内退避の困難性が指摘される。

表 11 PAZ・UPZ 圏内市町の住宅状況

		木造	木造(防火木造を除く)	防火木造	非木造	鉄筋・鉄骨コンクリート造	鉄骨造	その他
糸島市	総数	26580	15190	11380	9680	8410	1250	10
	1970年以前	3510	3120	390	120	90	30	-
	1971～1980年	4500	3480	1020	20	20	-	10
	1981～1990年	4670	2890	1780	710	640	70	-
	1991～2000年	5810	2290	3530	3370	2840	530	-
	2001～2010年	4330	1740	2590	4250	3940	310	-
	2011～2015年	1700	530	1180	490	410	80	-
2016～2018年9月	960	400	560	360	190	170	-	
唐津	総数	32200	21000	11200	10520	5900	4480	140

⁶⁶熊本県知事公室危機管理防災課「熊本地震デジタルアーカイブ」平成 28 年熊本地震公共土木施設の被災状況について(速報版)

<https://www.kumamoto-archive.jp/post/58-99991jl0002xop>

⁶⁷ GoogleEarth より。撮影は 2016 年 4 月)

⁶⁸ 「住宅・土地統計調査」2018 年度「住宅及び世帯に関する基本集計」

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00200522&tstat=000001127155>

市	1970年以前	7740	6800	940	250	160	90	-
	1971～1980年	5750	4720	1040	1870	1560	220	80
	1981～1990年	5630	3280	2350	1310	730	540	50
	1991～2000年	4560	2390	2170	2240	1140	1090	-
	2001～2010年	4540	2240	2300	2570	1560	1010	-
	2011～2015年	2250	710	1540	1050	190	860	-
	2016～2018年9月	830	330	500	630	280	340	10
伊万里市	総数	15170	10780	4400	4280	2930	1230	120
	1970年以前	3200	2820	380	130	30	20	70
	1971～1980年	2630	2140	490	1190	1070	80	50
	1981～1990年	2580	1970	610	550	350	190	-
	1991～2000年	2680	1600	1080	1210	780	430	-
	2001～2010年	2060	1090	970	570	340	230	-
	2011～2015年	1010	500	510	420	190	230	-
2016～2018年9月	340	190	150	90	90	-	-	
佐世保市	総数	63550	41190	22360	42030	29510	11510	1010
	1970年以前	12770	10500	2280	1630	1000	200	430
	1971～1980年	11570	8630	2940	4500	3500	800	200
	1981～1990年	9630	6090	3540	7310	5520	1680	110
	1991～2000年	11030	6100	4930	7950	5970	1950	20
	2001～2010年	6370	3170	3200	7770	5370	2310	90
	2011～2015年	4100	1670	2430	4040	2070	1830	140
2016～2018年9月	1740	850	890	3740	2430	1310	-	
平戸市	総数	10600	8880	1730	1640	1160	300	180
	1970年以前	3470	3240	240	230	120	90	20
	1971～1980年	2040	1710	340	190	120	40	30
	1981～1990年	1770	1620	150	300	240	40	10
	1991～2000年	1670	1240	430	420	310	60	50
	2001～2010年	880	580	300	300	260	20	30
	2011～2015年	360	210	150	150	70	30	40
2016～2018年9月	270	180	90	40	30	20	-	
松浦市	総数	6890	5950	940	1490	1270	200	20
	1970年以前	1900	1760	140	120	120	-	-
	1971～1980年	940	880	60	210	190	0	10
	1981～1990年	980	800	180	250	240	10	-
	1991～2000年	1320	1130	200	410	370	30	10
	2001～2010年	790	680	110	290	220	70	-
	2011～2015年	370	280	90	60	10	60	-
2016～2018年9月	160	90	70	20	20	-	-	
壱岐市	総数	8300	6970	1330	1050	1030	20	10
	1970年以前	2460	2190	270	70	70	-	-
	1971～1980年	1830	1630	200	270	250	10	10
	1981～1990年	1190	1010	180	190	190	10	-
	1991～2000年	980	840	150	340	340	-	0
	2001～2010年	1120	780	340	80	80	-	-
	2011～2015年	390	290	100	60	60	-	-
2016～2018年9月	160	110	50	-	-	-	-	



図 23 西原村の状況



図 24 益城町のブルーシート状況



図 25 公共施設の損傷事例

福島原発事故以後に、島根原発から 4～7km の周辺住民を対象にアンケートを行った結果が報告されている⁶⁹。図 26 は、原発において事故が発生し屋内退避指示が出されたものとして、住民が現在家にある食料と飲料だけで外出せずに過ごせる最大の日数すなわち屋内退避に限界を感じ

⁶⁹岩佐卓弥・浅田純作・荒尾慎司・山根啓典・野崎康秀・片田敏孝「住民意識調査を利用した島根原発事故時の避難シミュレーション」土木学会第 67 回年次学術講演会（2012 年 9 月）

る日数を回答した結果である。1週間以内に限界を迎える住民が8割程度占めている。なおこの限界日数は季節（気温）やライフラインの途絶状況により左右されると考えられるが調査ではその条件は設定されていない。本来屋内退避は、放射性物質の放出後にプルーム（気体状）が通過する時期に屋内に留まることによって、屋外で行動するよりも相対的に被ばくを減らせるという前提で行う行動である。しかし事故の進展によっては、いつプルームの放出が収まるかは不明である。放射性物質の放出後に OIL1 または 2 に該当すればいずれにしても避難または一時移転を実施しなければならないが、屋内退避のちいつ動き出せばよいかを誰がどのように判断し、住民に周知するのか、具体的に何も情報が提供されていない。

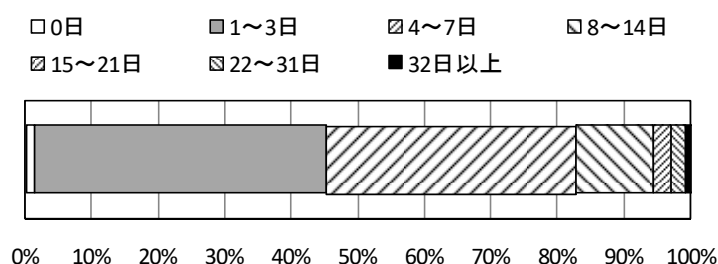


図 26 屋内退避に限界を感じる日数

屋内退避そのものに倒壊等の危険性が考えられるとともに、水道・電気・ガス等ライフラインの途絶が起こりうる。経験的にも明らかなように、気象庁震度階級関連解説表でも「震度5弱程度以上の揺れがあった地域では、断水、停電が発生することがある」「震度6強程度以上の揺れとなる地震があった場合には、広い地域で、ガス、水道、電気の供給が停止することがある」と記載されている。また道路の寸断等が発生しても放射性物質が放出された後の復旧作業は困難であり、外部からの救援・補給は困難となる。建物に多少の放射線遮蔽機能あるいは防護機能があったとしても、屋内退避が数日以上に亘れば、水・食料の途絶など屋内退避自体が危険を生じる。図27は熊本地震の際に水道施設（本管）が損傷した箇所を示す⁷⁰。この他配水管損傷が多数発生したが図では省略する。また図28は福島事例でセシウムの地表沈着が400kBq/m²超のエリアと、浄水場の存在を示したものである。飲料水については浄水場の施設が無事であっても、放射性ヨウ素300Bq/kg、放射性セシウム200Bq/kgが飲食物の摂取制限となる⁷¹ため、放射性物質の降下があれば給水の継続はできなくなる。

⁷⁰熊本市上下水道局「熊本地震からの復興記録誌」2018年3月

<https://www.kumamoto-waterworks.jp/wp-content/uploads/2018/03/91463c5df3641f9a37df4bd88facc6e1-2.pdf>

⁷¹原子力規制庁「包括的判断基準（GC）及び運用上の介入レベル（OIL）について」2018年4月

<https://www.nsr.go.jp/data/000226743.pdf>

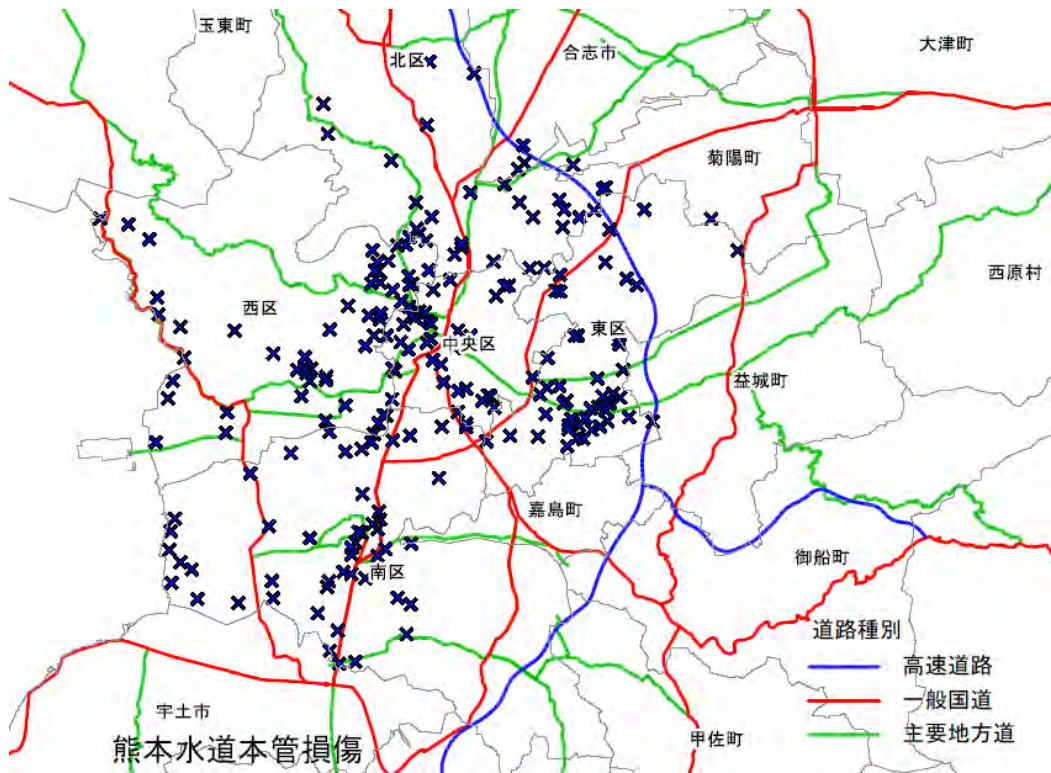


図 27 熊本地震で水道（本管）が損傷した箇所

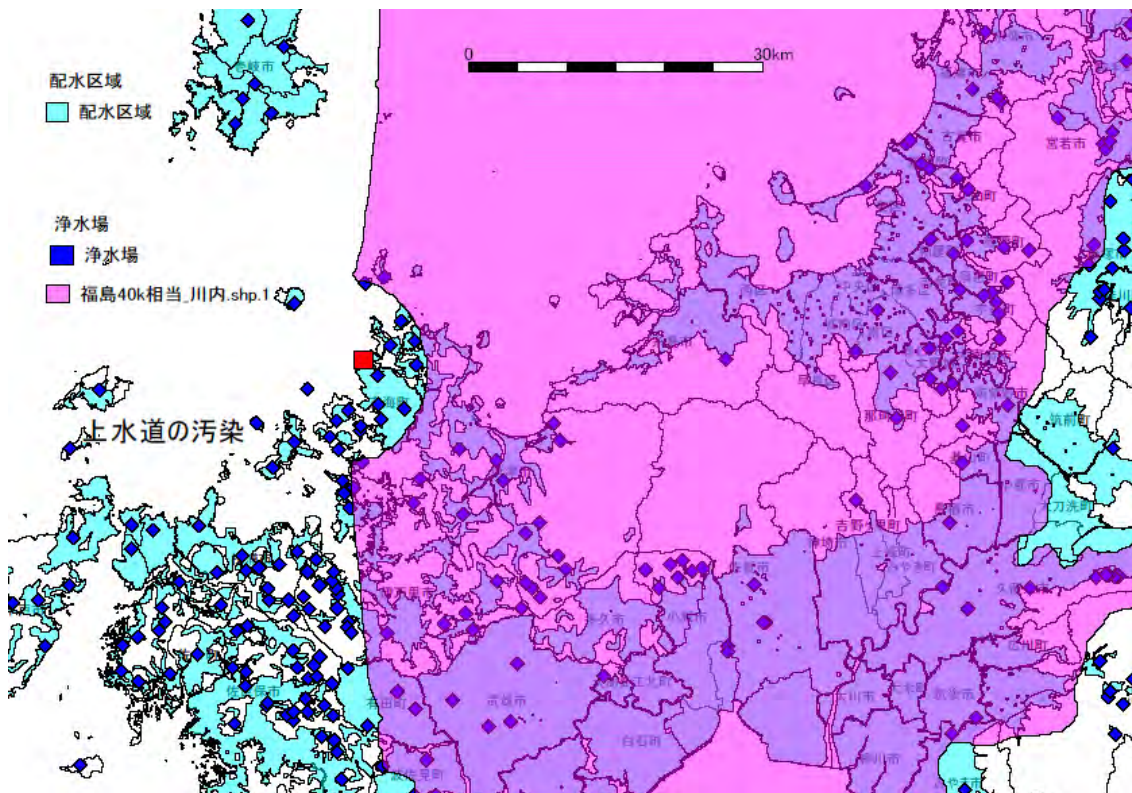


図 28 福島の事例でセシウムの地表沈着が 400kBq/m² 超のエリアと浄水場の存在

そのほか屋内退避に関して考えられる課題を次の表 12 に示す。

表 12 その他屋内退避の困難性

情報提供	屋内退避中の住民に、見通しなどの重要情報を誰がどう伝えるか 屋内退避が求められる理由と実施方法の十分な周知
複合（地震等）災害	一定以上の地震直後、被害の大きい地域で屋内退避は不可能 ライフラインの被害が想定され、復旧も見通せない 長期化すれば備蓄が尽きる可能性
支援物資の提供	屋内退避中の住民に物資を届ける人員、輸送手段をどうするか 医療、福祉施設職員の被ばくをどれだけ許容するか明確化が必要
安否確認	対象住民が多く、安否や実際の動向を確認できるか
自主避難者	自主的に避難する住民も相当数いる前提で対応必要

○屋内退避による被ばく

原子力災害対策指針では、UPZ は緊急事態に際して屋内退避を原則とするとしている一方で、屋内退避を解除する条件やその時期の伝達方法については記述がない。コンクリート造家屋は木造家屋に比べて放射線の遮蔽効果はあるが、一般住宅はコンクリート造でも完全な気密ではなく陽圧装置もない。特に表 11 のように玄海原発の周辺では経年の高い木造住宅も多い。また図 24 のように、建物が倒壊しないまでも地震で瓦の落下等が発生するとさらに遮蔽効果は低下する。このため時間経過とともに高濃度のプルーム（汚染大気）が次第に侵入し室内の放射性物質の濃度（ガス状・浮遊粒子状で Bq/m³ で表される）は高くなってゆく。次にプルームが去った後も屋内退避を続けると侵入したプルームが屋内に残留したままになる。このためプルームが通過した後、室内濃度より外部大気の濃度が低くなれば、換気をすることにより室内濃度を早く下げることができる。気体の放射性物質については、屋内退避を長時間続けると、建物の密閉性がいずれであれ、図 29～30 のように最終的な被ばく量は露天で被曝するのと同じになると考えられる⁷²。しかしいつ換気をすればよいのか（濃度を知ることができるのか）、換気中に再度プルームが到来しないことをどうやって知ることか等について議論がなされていないとの指摘がある⁷³。

⁷²廣内淳「屋内退避による被ばく低減効果の評価」日本原子力研究開発機構・平成 29 年度安全研究センター報告会, 2017 年 11 月 29 日, p.20

https://www.jaea.go.jp/04/anzen/archives_seikahoukoku/h29/pre4_Hirouchi.pdf

⁷³山澤弘実「屋内退避に期待する効果とそのため要件」第 6 回新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会・委員提出資料, 2019 年 6 月 4 日, p.7, p.12

<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/147683.pdf>

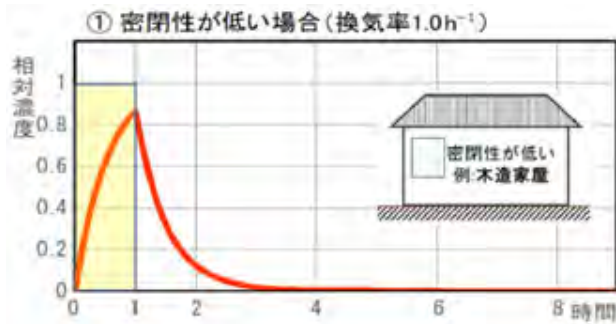


図 29 密閉性が低い場合

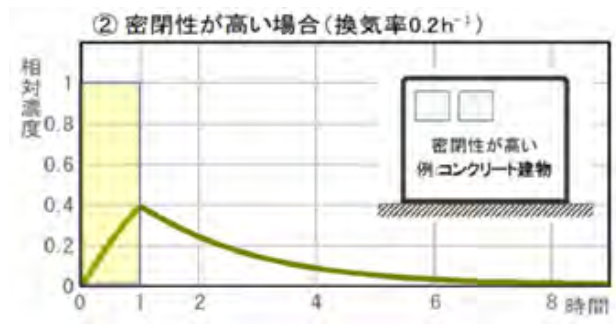


図 30 密閉性が高い場合

○避難経路の通行支障

原子力緊急事態は、武装勢力侵入や航空機衝突など人為的なものを除けば、主に地震・津波など大規模自然災害に起因して発生する可能性が高い。風水害では原子力緊急事態に派生する可能性は低い。地震・津波は原発自体に物理的な破壊力を及ぼすと同時に、実際に避難が必要になった場合に道路の損傷によって予定された避難経路が通行できなくなる。ことに自動車での移動では、自宅から避難受付ステーションあるいは最終避難所までのルートのうち一箇所でも、段差など自動車の通行が不能な箇所が存在すれば、大幅な迂回を余儀なくさせられ、さらにはルートそのものが利用できない事態が生じる。図 31 は地震ハザードステーションの資料⁷⁴より、玄海原発周辺で今後 30 年以内に 3% の確率で発生すると予測される地震動の予測の一例および避難経路となる主な道路を示したものである。玄海原発周辺では予測震度が比較的低い。むしろ避難経路上あるいは避難先で震度 6 強以上の地震動が予測されている区域があり、避難経路あるいは避難先が利用できない可能性もある。なお図 32 は熊本地震において発生した道路支障箇所である。

⁷⁴ 国立研究開発法人防災科学研究所「地震ハザードステーション」確率論的地震動予測地図
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/download>

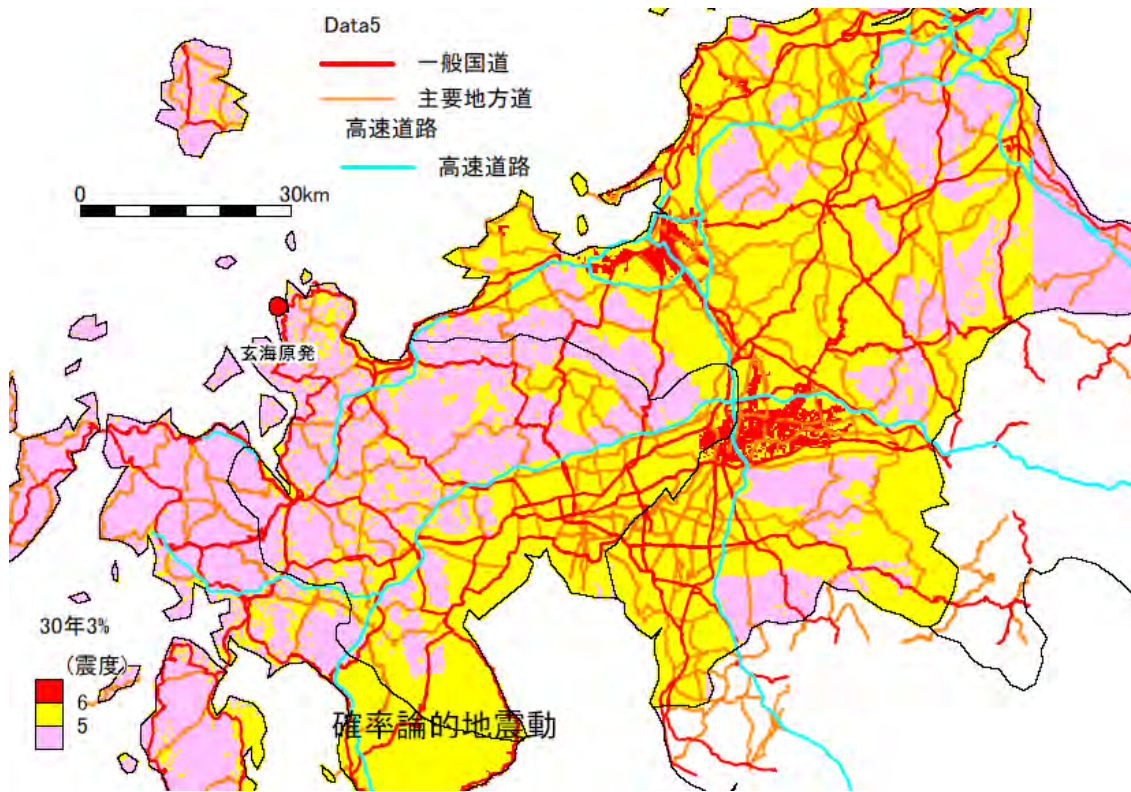


図 31 今後予想される地震動

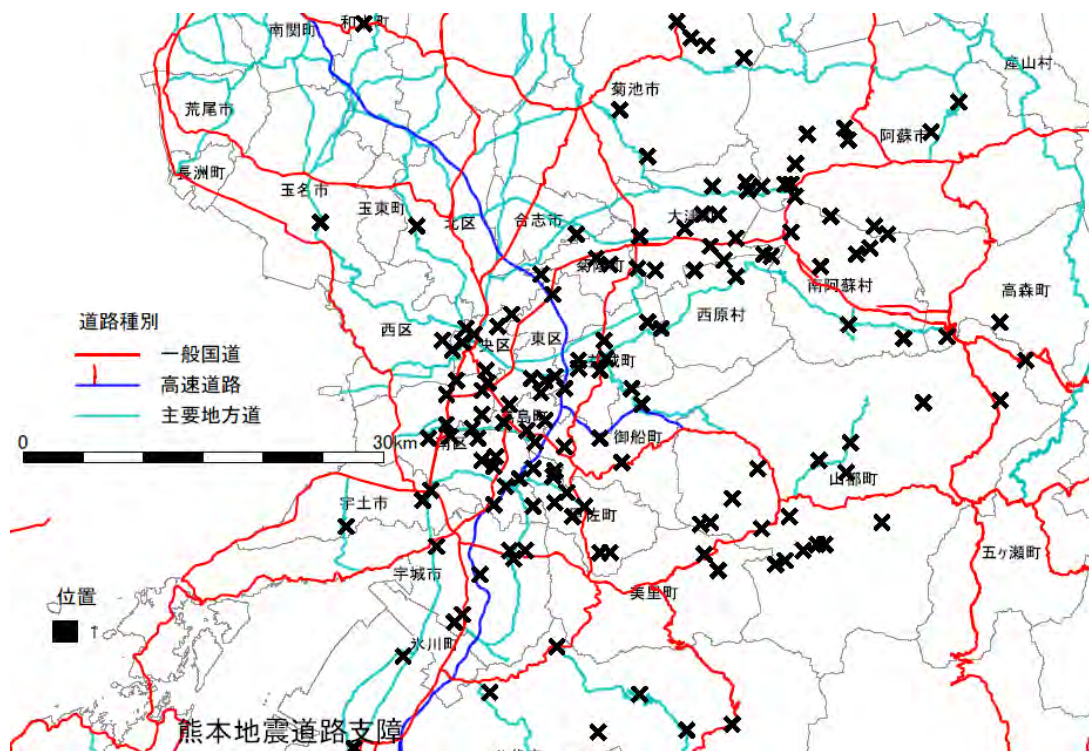


図 32 熊本地震の道路被害

鹿児島県および各市町の避難計画・内閣府緊急時対応では避難ルートが設定され、さらにいず

れかのルートが使用できない場合の代替ルートが設定されている。しかし熊本地震では地域内の小街路・生活道路にも多くの損傷が報告されているところから、自宅からそもそも避難ルートにすら出られない状況が起こりうる。図 33～35 は熊本地震における地域内の道路の損傷状況を示す⁷⁵。また同じ損傷状況に対しても、バス等の大型車はその重量や大きさの点から乗用車よりさらに通行に制約が生じる。また道路の啓開（仮復旧）は主要道路を優先して行われるであろうから、このような集落内の生活道路は啓開（仮復旧）するにしても優先順位が低く、避難しようとしても地域に閉じ込められる可能性がある。また道路の構造的な破壊の他に、複合災害時には電柱の倒壊・沿道の建築物の倒壊などが起こりうる。このような支障が一か所でも発生すれば自動車による通行は不可能となる。他に風水害等の複合災害が発生する可能性もある。図 36 は避難経路となる主な道路と洪水浸水想定区域・河川を示す⁷⁶。道路と河川が交差する場所は必ず橋梁があるが、たとえ小さな河川でも、落橋に至らないまでも損傷・段差が発生すればそこで自動車は通行できなくなる。



図 33 御船町の道路支障箇所



図 34 西原村の道路支障箇所

⁷⁵熊本県知事公室危機管理防災課「熊本地震デジタルアーカイブ」
平成 28 年熊本地震公共土木施設の被災状況について（速報版）

<https://www.kumamoto-archive.jp/post/58-99991jl0002xop>

⁷⁶ 国土交通省国土数値情報

<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>



図 35 阿蘇市の道路支障箇所

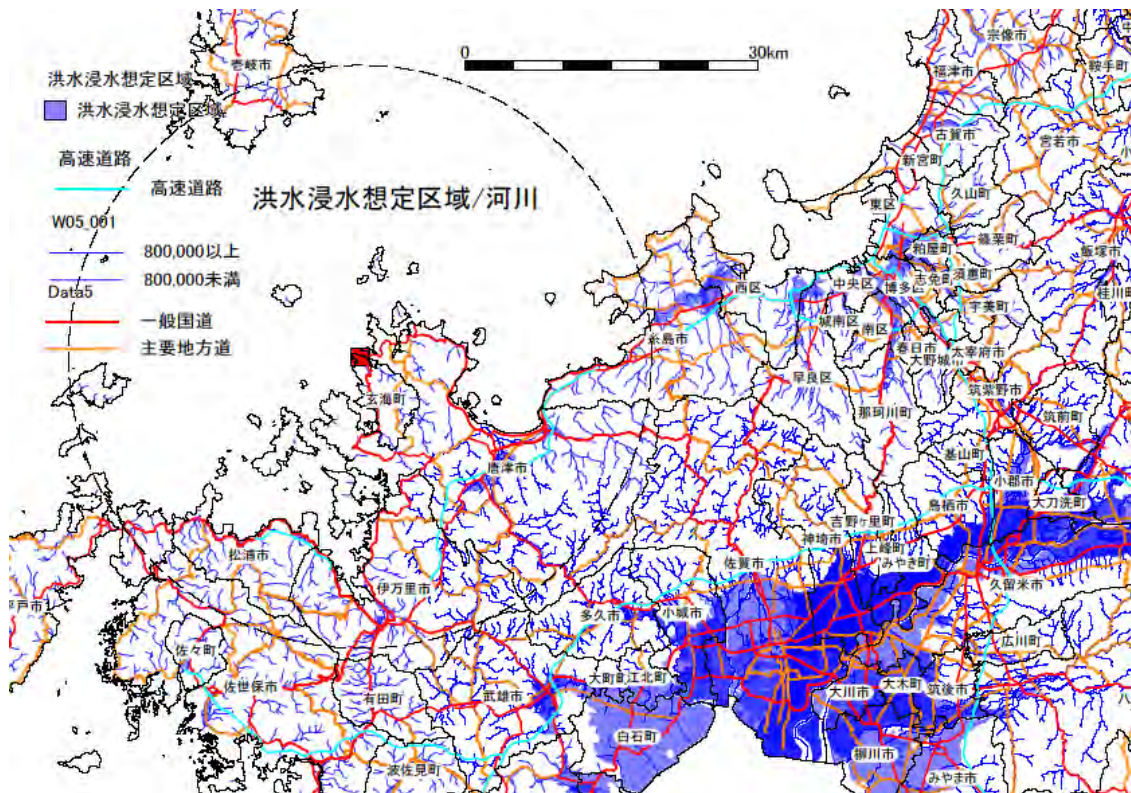


図 36 洪水浸水想定区域・河川

○避難経路での渋滞

福島原発事故では避難指示の範囲が 3km・10km・30km と漸進的に拡大されたが、これは結果

的に屋内退避を併用しつつ段階的な避難が実施された状態に相当する⁷⁷。しかし地震翌日の2011年3月12日朝には、すでに原発周辺の自治体から福島県内陸部（福島市・郡山市など）へ向かう道路にすき間なく車が詰まっている様子が観察されている。例えば県道小野富岡線（県道36号）の富岡町夜ノ森地区の2011年3月12日9時の衛星写真⁷⁸を図37に示す。この区間は道路交通センサスによると通常時はピーク時でも1分間に数台程度の交通量のところ、地域の車両が一斉に動き出すとこのような異常な車列が出現する。この付近の平常時の交通量はピーク時でも1時間に10台程度、すなわち道路上にほとんど自動車が見られない状態であるが、今や地方都市や農村部では自動車の保有率が「一人に一台」に近くまっており、地域の自動車が一斉に動き出すとこのように渋滞が発生する。

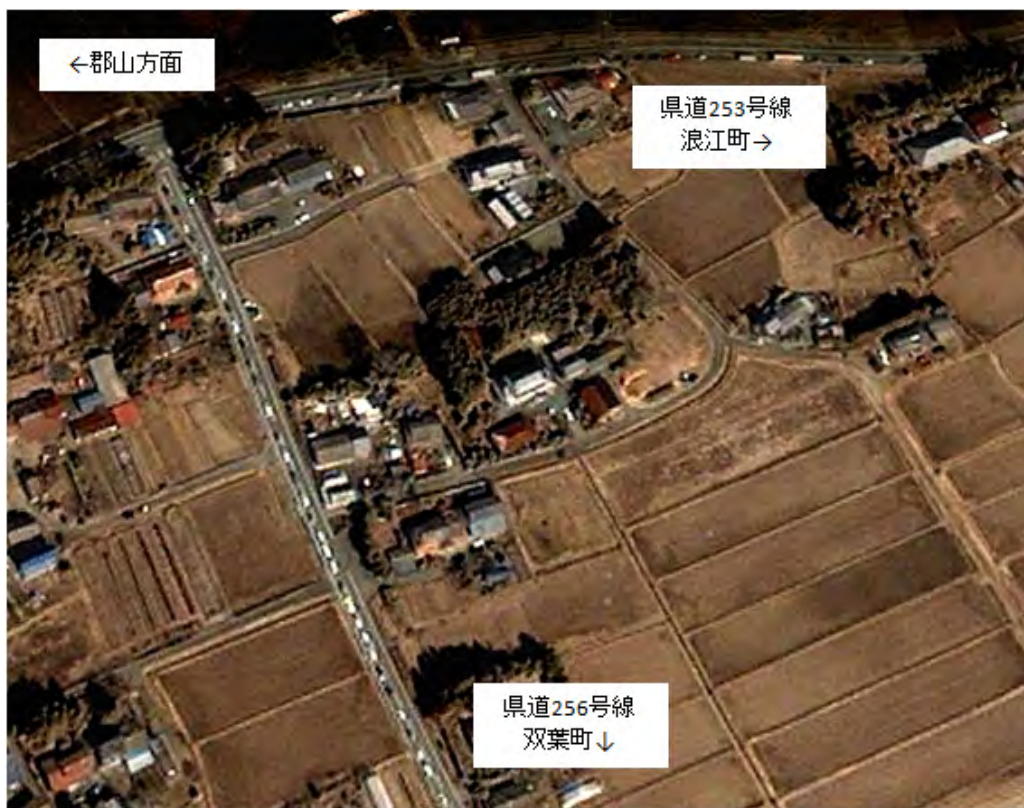


図37 避難車両の車列（福島県）

かりに地震・津波等による道路支障がないとしても実際の移動には多大な困難が予想される。広域避難計画では県内の各市区町村に向かうことになっているが、移動距離は数十 km から最大

⁷⁷ （旧）原子力安全委員会施設等防災専門部会（第23回会合）資料「原子力発電所に係る防災対策を重点的に充実すべき地域に関する考え方」2011年11月1日, p.14。

<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9483636/www.nsr.go.jp/archive/nsc/senmon/shidai/sisetubo/sisetubo023/siryu1.pdf>

⁷⁸ GoogleEarthより。撮影は12日9時00分頃)

は 100km 以上にも及ぶため、他の自然災害と異なり自動車の使用が不可欠となる。すなわち 30km 圏内の全域が同時に移動するのではないにしても、平常時と異なる多数の自動車が特定の道路に集中して走行するため渋滞が予想される。

一般に「渋滞」とは多くの自動車が道路上に滞留して進行できない状態として知られているが、交通密度と走行速度の関係（「K～V 式」という）は工学的に関係式が知られており、たとえば図 38 は各原発サイトの避難時間シミュレーションを受託している業者の一つである三菱重工業が用いている K～V 式⁷⁹である。1km あたり約 90 台の交通密度に達すると徒歩より遅い速度となり、さらに 110 台の交通密度を当てはめれば走行速度 2km/時以下となる。

しかもこの数値は信号や交差点の影響を考えない単一路における理論的な相関式であって、現実の道路上には交差点が存在し、さらに事故や燃料切れ放置など円滑な走行を妨げる要因が介在すれば走行速度はさらに低下する。福島原発事故に際しては、渋滞で動かない車列で焦燥に耐えられず車両を捨てて歩きだす人や燃料切れによる放置と思われる車両も観察された⁸⁰。なおこの台数は乗用車相当であり、大型車は 1 台で乗用車 1.5～2 台分の長さを占めるためさらに厳しい状況となる。

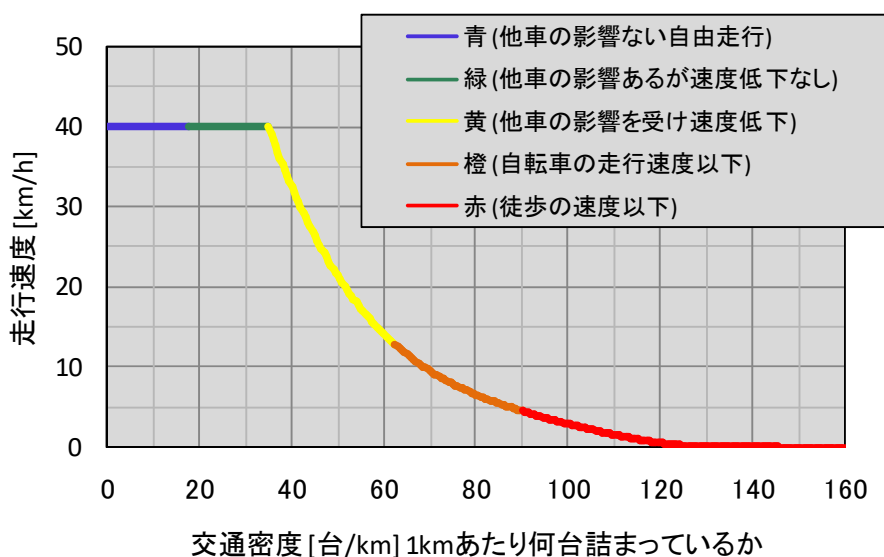


図 38 K～V 式（交通密度と走行速度）の一例

2019 年 9 月 9 日から台風 15 号の影響により首都圏の広範囲で停電が発生した。これは台風が原因であったが、大規模な自然災害では広範囲で停電が発生することが予想される。停電は避難

⁷⁹ 三菱重工業株式会社「女川原子力発電所に係る緊急時防護措置区域の避難時間推計業務」報告書・添付資料 I 「交通密度と仮想避難場所到達時間割合の変化」2013 年 9 月 30 日、及びその他の推計業務でも同様の K～V 式が用いられている。

⁸⁰ 相川祐里奈『避難弱者』東洋経済新報社、2013 年 8 月、p.23

に関してさまざまな影響を及ぼすが、影響の一つに道路交差点の信号消灯が挙げられる。このため各地の防災訓練では警察官を派遣して手信号・発電機による信号機復旧訓練が行われた例もある。しかし前述の台風 15 号による広域停電では、対象地域内のほとんどの道路交差点の信号機が消灯したにもかかわらず、大部分の道路交差点に警察官の派遣がなく放置状態であったことが報告されている。一方、後述する⁸¹「原子力災害時における避難経路調査業務委託報告書」（2020年3月）では、「警察や道路管理者等による適切な誘導方法」「信号制御」「効果的な迂回ルート」により避難時間の短縮が可能としている。しかしこれは逆に警察官の適切な誘導がなければ避難時間が延びることを示唆しているが、佐賀県の広域避難計画や避難時間シミュレーションでは言及がない。

○避難退域時検査場所における問題

また避難退域時検査（スクリーニング）や必要に応じて除染が必要になる。避難経路の途中で退域検査場を設けてそこに立ち寄る必要があり、避難経路から退域検査場までの迂回やスクリーニングそのものの所要時間が加わるため全体の避難時間はさらに伸びることになる。また退域検査場への出入り自体が渋滞の要因にもなる。内閣府の避難時間推計ガイダンス⁸²には退域検査ポイントの検査レーンとして図 39 のようなスペースが想定されている。内閣府避難時間推計ガイダンスによれば退域検査レーンの処理能力は乗用車の場合 1 台あたり 3 分と想定しているがこれはきわめて楽観的な仮定であろう。玄海原発で試算すると、かりに各セクターあたり 2 箇所の避難退域時検査場所が設置可能として、各検査場所あたり検査レーン設置数を 5 レーンとすると、前述の処理能力を 1 台あたり 3 分としても、表 13 のようにセクター別に最大 300 時間以上という非現実的な時間を要する。さらに避難退域時検査場所では、検査レーンの他に待機車両の駐車場や、簡易除染を行ってもなお OIL4 を下回らない車両等の一時保管場所等が必要となる。さらに許容値⁸³を超えた避難者の除染・衣服廃棄・着替え等を行う時間等を加えれば非現実的な長時間を要する。ただし簡易除染の時間や、簡易除染でも基準（OIL4）を下回らない人や車両の対応時間等を考慮すればさらに時間がかかる。

⁸¹構造計画研究所「原子力災害時における避難経路調査業務委託報告書」2020年3月（情報公開請求により取得したもの）

⁸²内閣府原子力防災担当「原子力災害を想定した避難時間推計 基本的な考え方と手順ガイダンス」2016年4月

https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_ete_guidance.pdf

⁸³前出「原子力災害対策指針」では皮膚から数 cm での検出器の計数率（表面）が B 線で 40,000 cpm を超える場合には簡易除染等を必要とする。

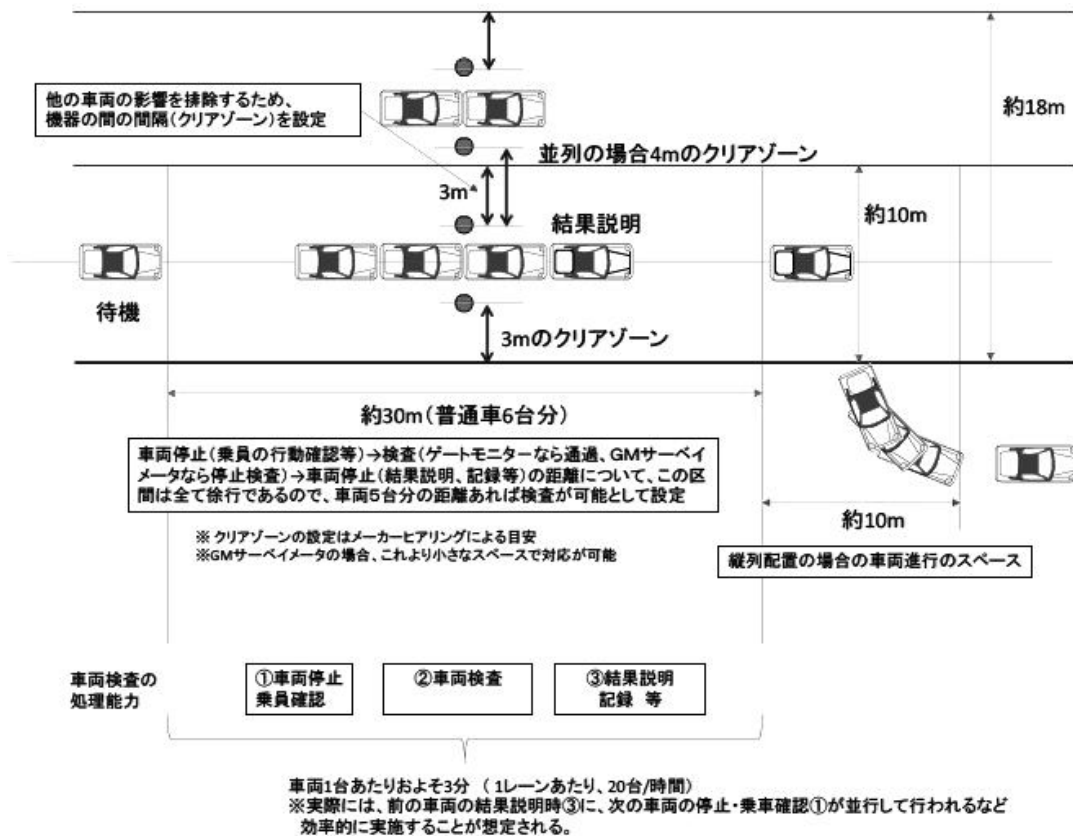


図 39 退域検査レーンの所要スペースのイメージ

表 13 セクター別の避難退域時検査所要時間

セクター ※	推定検査台数	推定所要時間 (hr)
ESE	32,999	330
SE	21,645	216
SSE	8,058	20
S	28,124	56
SSW	10,841	108
※島嶼部は考慮せず		

○燃料の制約

燃料制約の面では二つの側面がある。第一は個々の車両において目的地に到達するには燃料(車両にはガソリン車と軽油車があるが一括して「ガソリン」という)が不足するとともに途中で容易に給油もできない点である。第二は避難経路の沿道の給油所(ガソリンスタンド)は日常の営業に必要な備蓄を有しているのみであって大量の避難車両に供給する燃料は備蓄されていない点である。第一の点について、まず自動車の移動速度が低下する(いわゆる渋滞)ほど距離あたりの燃料消費率が増加する関係はよく知られているとおりである。自動車の走行速度と燃料消費率

を整理した研究によると、時速 60km 前後で円滑に走行している状態に対して、時速 10km 以下の低速走行になると距離あたりの燃料消費率が急増し数倍あるいはそれ以上になると推定されている。極度の渋滞で想定されるような人の歩行速度にも達しない低速での自動車の燃料消費率の研究や実測データはあまり多くないが、関連の研究としては大口敬らによる例がある⁸⁴。図 40 に速度と燃料消費率の関係を示す。

条件によっても異なるがその中から代表的な数値を取ると、乗用車について平均速度が時速 5km のとき 1km あたりのガソリン消費量が 0.3 リットル、時速 3km のとき同じく 0.5 リットル等と推定される。この数値は通常の乾燥路における値でエアコンを考慮していないが、カーエアコンを使用した場合や、玄海原発では可能性は低いと思われるものの路面の降雪、スノータイヤ使用等の条件では燃料消費量はさらに増加する⁸⁵。一方で福島事故は 3 月に発生したが、東北の 3 月でも避難中の車内は暑くなり冷房の必要性を感じた（実際は燃料消費を怖れて我慢）との体験談もある⁸⁶。暖房はエンジンの廃熱を利用するため追加的な燃料消費はほとんどないが、冷房は走行とは別に冷房装置を駆動するエネルギーが必要となるため燃料消費が増加する。燃料の供給に制約がある状況では寒冷期だけでなく暑熱期もまた危険である。暑熱期にはエアコンを使用せず長時間車内にとどまることはできない。エアコンによる増加分は外気温やエアコンの設定等によりかなり異なるが、エアコン不使用時に対して 5~20%増加⁸⁷あるいは 4~14%増加⁸⁸という報告があり、一般にエアコン不使用時に対して 1 割ていどの増加と考えられる。

⁸⁴ 大口敬・片倉正彦・谷口正明「都市部道路交通における自動車の二酸化炭素排出量推計モデル」『土木学会論文集』No.695/IV-54, 2002 年, p.125

⁸⁵ 丸山記美雄・三浦豪・熊谷政行「路面の雪氷が車両の走行性に及ぼす影響に関する実験的検討」寒地土木研究所平成 23 年度技術研究発表会報告

⁸⁶ 北村俊郎「特別寄稿 原発事故の避難体験記」福島原発事故独立検証委員会「調査・検証報告書」2012 年 3 月, p.211

⁸⁷ 松浦賢「実走行燃費の特性」『JAMAGAZINE』（一社）日本自動車工業会, 2013 年 6 月, p.6

⁸⁸ （一財）省エネルギーセンターホームページ「エコドライブ技術情報」

http://www.eccj.or.jp/recoo/annai/page_annai03.html

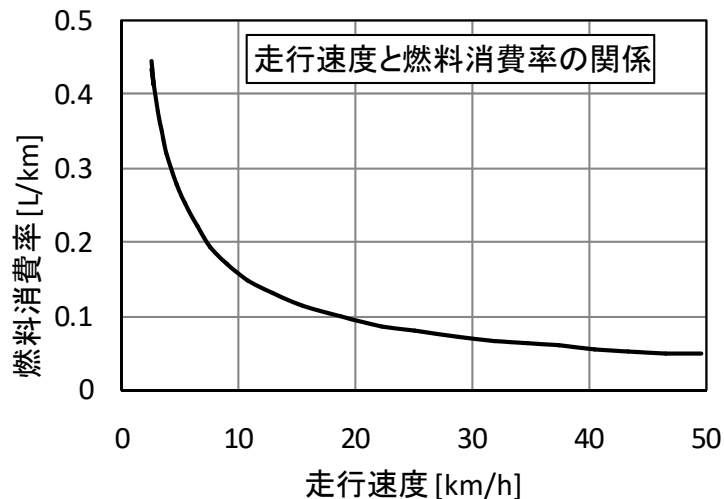


図 40 渋滞時の燃料消費率

表 14 はセクターごとに「避難元」→最寄りの「避難退域時検査場所」→最寄りの「避難先」の移動を想定したガソリン所要量の推定を示す。しかし複合災害などの状況により避難先が変更されたり迂回が必要となる場合もあるので、この表は最低限の距離と考えるべきであろう。一方でこのガソリン所要量に対して給油が可能かを検討する。ただし一般の給油所は災害時に停電すれば機能しない。現行の避難計画の考え方では 30km 圏一斉ではなく指定された区域ごとの移動であるが、事故の進展によっては順次避難区域が拡大する一方で、放射性物質の放出後では外部からの補給はできないから、いずれガソリンが枯渇することになる。

一方で経済産業省は自家発電設備を備えた「住民拠点サービスステーション」の整備を推進している⁸⁹。これについても設備の破損等により必ずしも利用できるとは限らないが、想定として住民拠点 SS は利用できるものとして検討する。図 39 に住民拠点 SS の配置を示す。1 箇所あたりの平均ガソリン保有量を 20kL (キロリットル) 前後⁹⁰とすると、セクターごとの予想所要量と予想備蓄量を比較すると、SSE セクターを除き必要量の 1 割程度しか供給できないセクターもある。各自の車両に残存しているガソリンを考慮しても避難は燃料の制約から困難と思われる。いったん避難経路の車列に入ってしまった後は、途中で給油のために抜けて再度合流する等の行動は現実的でない。この点から考えても自動車による避難は非現実的な時間を要するだけでなく燃料の制約からも不可能と思われる。さらに通常の給油所は停電時には機能しないので大規模災害時には利用できない可能性がある。他の原発の広域避難計画では緊急事態に備えて各自が常に自動車に燃料を補給することを呼びかけている事例があるが、およそ非現実的というべきである。

⁸⁹ 経済産業省資源エネルギー庁「住民拠点サービスステーションについて」

https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/distribution/juminkyotenss/

⁹⁰ 給油所の地下タンクの容量は個々に異なるが 10kL から最大 50kL である。また常に満杯ではないので平均して 20kL とした。

表 14 燃料供給状況

セクター	SS 数	備蓄量 kL	ガソリン 所要量 kL	充足率
ENE	0	0	95	0
E	1	20	120	17
ESE	12	240	544	44
SE	8	160	288	56
SSE	5	100	82	121
S	8	160	186	86
SSW	3	60	246	24
SW	1	20	188	11
全体	38	760	1751	43

平時から自家用車等の燃料について避難を実施できる程度の残量を確保するよう心掛けると呼びかけている県もあるが、およそ非現実的と言うべきである。なお消防法により個人（無届）での 40 リットル以上のガソリンの備蓄は禁止されている。なお現状の住民拠点サービスステーションの配置を図 41 に示す。前述のように退域検査ポイントや避難受付ステーションでの待機時間が長時間に及ぶ場合、夏期ではエアコン（冷房）・冬期ではヒーターを使用せざるをえず、燃料が追加的に必要である。待機中にガソリンを消耗した場合、個々の車両にガソリンを補給する方法はないから、避難退域時検査場所で立往生する車両が多数発生する可能性もある。

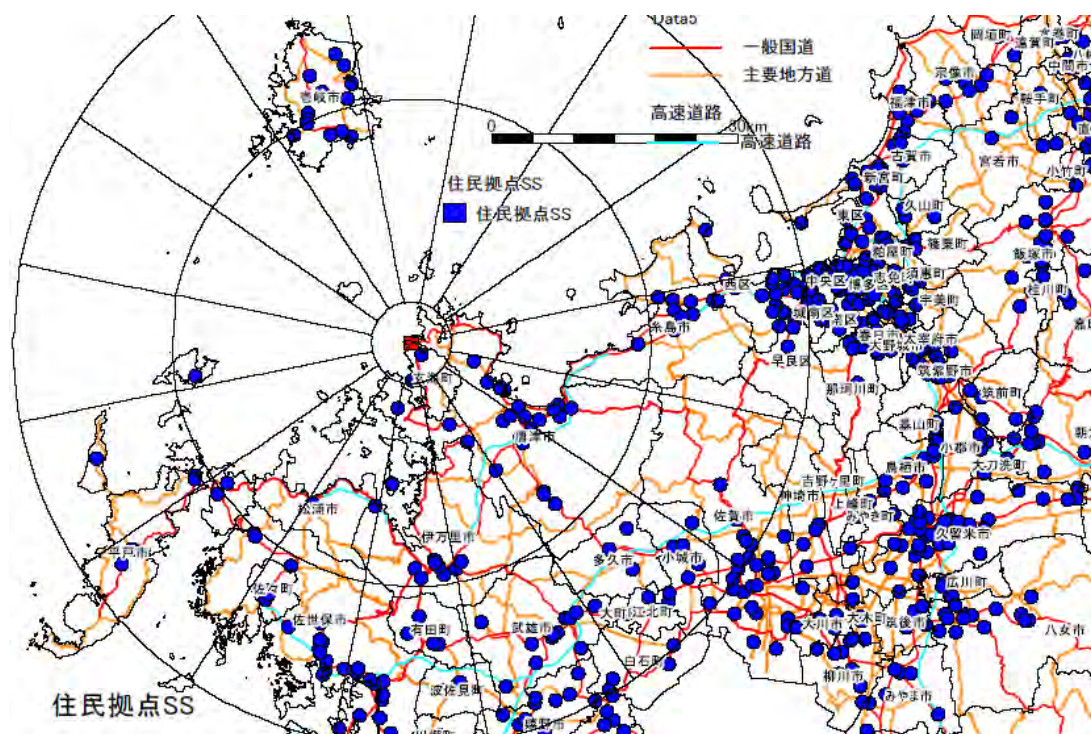


図 41 給油所（住民拠点 SS）の配置

○「段階的避難」の非現実性

段階的避難とは、当該原発を中心として PAZ（概ね 5km 圏内）と UPZ（概ね 5～30km 圏内）についてみた場合、より緊急性の高い PAZ の住民等の避難を円滑に行うため、これより外側の UPZ の住民等は PAZ の住民等を優先して通行させるように協力、すなわち動かずに待つことを要請する方策である。ただし前述の原子力災害時における防護対策の基本を定めた「指針」には PAZ と UPZ の間の段階的避難についての明記はない。具体的に段階的避難が望ましい旨が記述されているのは前述の「地域防災計画（原子力災害対策編）作成等にあって考慮すべき事項について」である。

同資料には段階的「原子力災害対策重点区域における段階的避難の円滑な実施」として「道府県及び市町村は、避難等の防護措置が、原子力施設に近接した地域から段階的に行われる仕組みに従って、避難計画などを作成する」とある。原発に近いところほど危険性が高いから優先的に逃げるという考え方は一見すると妥当であるが、続いて「PAZ 圏内の住民等に対して避難指示が出された際には、UPZ 圏を含む市町村は、同時期に避難を開始して避難経路の交通渋滞を招くことを避けるなど、PAZ 圏内の住民等が円滑に避難できるよう配慮すべきことについて、UPZ 圏内の住民等に対し、あらかじめ理解を求める」との記述がある。これを平易な言葉に直すと「PAZ の住民等の避難を妨げないように、その外側の UPZ 圏内の住民等は動かずに待て」という意味である。またこれは「指針」で UPZ は屋内退避を原則とするとの方針とも同じである。各立地都道府県で実施された避難時間シミュレーションにもこの考え方が取り入れられている。

しかし現実にそのようなことが可能とは思われない。実際に「全面緊急事態」が発令されたとして、UPZ あるいはそれより外に住んでいる住民等の立場を考えた場合に、PAZ の住民等が自家用車・タクシー・バスを連ねて一斉に脱出してくるのを目撃したとき「原発により近い人を先に逃がすためだから被ばくしても仕方がない」として屋内退避を続けることは現実問題として考えにくい。

実際の福島事故における事後に推定された放出状況は次の図 42 のとおりである⁹¹。一週間以上経過してもなお時折り突発的な放出がみられる。放出状況を予測して避難の参考とすることは全く不可能な状況であった。過酷事故では、事態の深刻度が高いほど以後のシナリオに関する不確実性が増す（次に何が起きるかわからない）ため、避難に必要な情報の提供はいつそう困難となるであろう。前述のように現在の「指針」は UPZ においては屋内退避を原則としてその後のモニタリングにより避難行動を決めるとなっているが、これは人為的に制御可能なベント程度の予測可能なシナリオを前提としたものであり、福島事故の教訓が全く反映されていない。

⁹¹東京電力「福島第一原子力発電所事故における放射性物質の大気中への放出量の推定について」のデータを図化表示

http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120524j0105.pdf

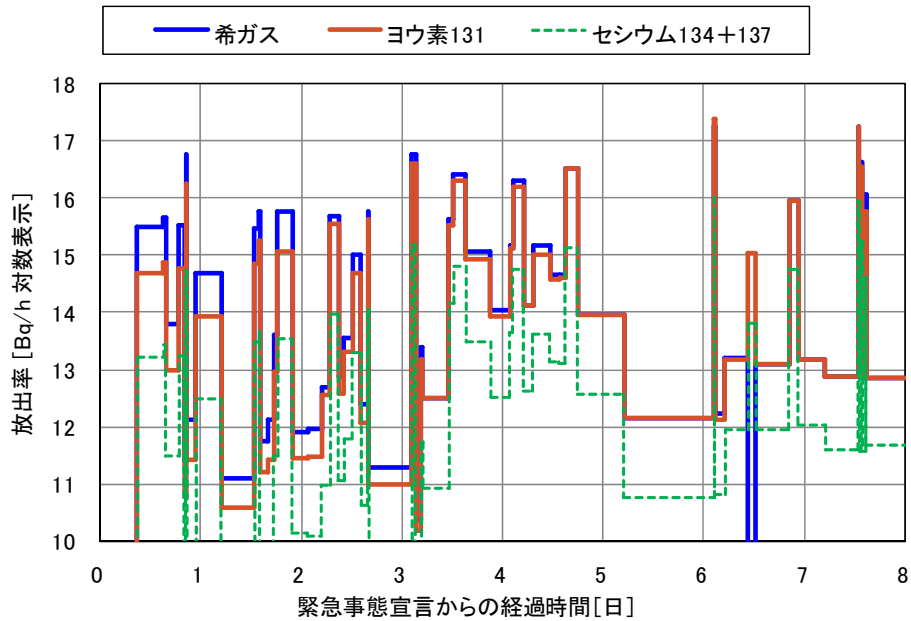


図 42 福島事故でのソースターム（事後の推定）

「考慮すべき事項」では屋内退避と段階的避難を併用すれば円滑な避難が実現できる想定しているが、現実には考えにくい。さらには住民の実感としても避難の実効性あるいは段階的避難の実現は困難と受け取られている。福井県の関西電力高浜発電所の再稼働に関して実施されたアンケート調査⁹²では「あなたが住んでいる自治体の避難計画で、住民は安全に避難できると思いますか」「あなたは「段階的避難」について知っていますか」「この「段階的避難」について、対象となる住民は計画通りに避難できると思いますか」との各設問に対して、高浜町及び周辺市町では計画通りできないと思うとの回答のほうが大きく上回っている。

○避難時間シミュレーションの制約と不確実性

2012年10月の「指針」の初版策定時においては、避難時間推計の手順について明記はないもののUPZすなわちおおむね30km同心円内の一斉避難が想定されていた。玄海原発においても過去に避難時間推計シミュレーションが実施されているが⁹³、この時点では30km圏の一斉避難が想定されていた。しかし2015年4月の指針改訂において、UPZは屋内退避を前提として空間線量率のモニタリングに基づいてOIL1および2の条件に該当する区域を規制委員会が判断して避難区域とすることに変更された。

⁹² NHK 放送文化研究所世論調査報告書「高浜原発の再稼働に関する調査（2015年10月）単純集計表」より。

http://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/pdf/20151017_1.pdf

⁹³三菱重工業株式会社「浜岡原子力発電所に係る緊急時防護措置区域の避難時間推計業務」報告書、2013年9月30日

内閣府「原子力災害を想定した避難時間推計 基本的な考え方と手順ガイダンス⁹⁴」によると、図 43 のように避難区域のイメージとして概ね 45 度の扇型範囲が想定されている。これは各種の検討から、放射性物質の放出方向軸に対して概ね 45 度の扇型範囲（セクター）の外では被ばくがごく小さくなるとされているためである。しかし前述の図 31 で示すように気象状況（風向・風速・降水）は数時間のうちにも大きく変化する可能性もあり、セクター単位での避難区域の設定が妥当であるかは不明である。後述するように避難時間が長時間にわたれば、事故の進展によっては結局のところ全方位が汚染され 30km 圏内全体避難が必要になる可能性が高い。もっとも避難区域（避難方位）を限定したとしても、避難時間の観点からは一斉避難に比べて特段の優位性はないものと考えられる。というのは全国いずれの原発においても、避難区域の車両がその区域からおおむね最短距離で原発から離れるように半径方向の幹線道路に沿って放射状に移動するであろうから、その一部のセクター（例えば 45 度の扇型で全体の 8 分の 1）を抜き出してみれば、移動すべき車両数が 8 分の 1 になればそれらが利用する道路容量もおおむね 8 分の 1 となるのであるから、車両数に対する相対的な道路容量の関係は UPZ 圏一斉避難と大きくは変わらないといえる。

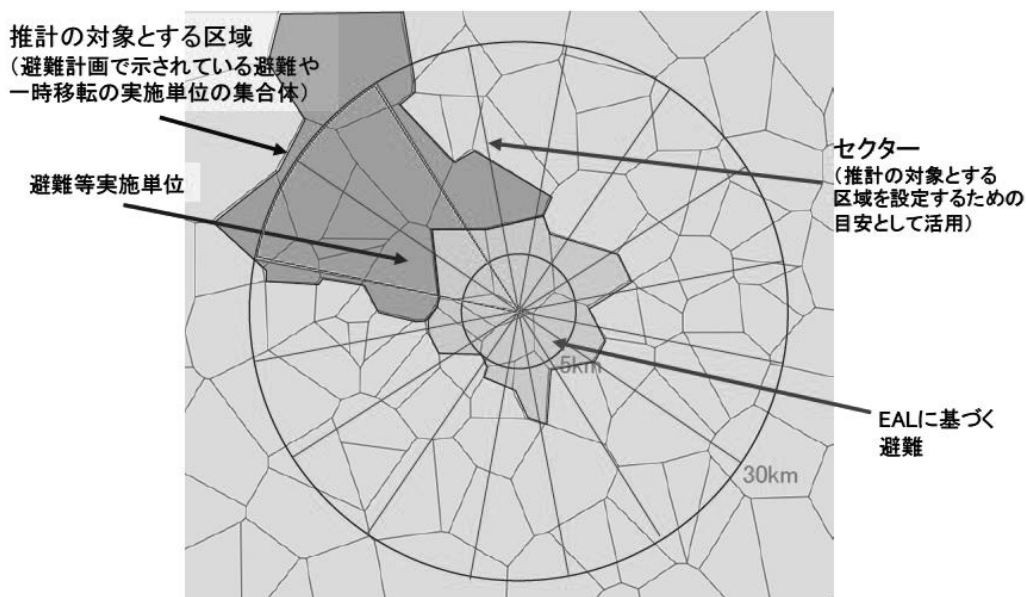


図 43 内閣府ガイダンスによる避難区域のイメージ（特定の地域ではない）

○避難時間シミュレーションの検討

玄海原発に関して 2014 年 3 月に佐賀・長崎・福岡 3 県合同の避難時間シミュレーション⁹⁵（「旧

⁹⁴内閣府「原子力災害を想定した避難時間推計基本的な考え方と手順ガイダンス」2016 年 4 月
https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_ete_guidance.pdf

⁹⁵三菱重工業株式会社「平成 25 年度 緊急時に防護措置を準備する区域に係る避難時間推計業務」

推計」という)を行っている。その後2019年3月に別のシミュレーションシステムにより再度推計を行っている⁹⁶。(「新推計」という)ただし新推計は佐賀県のみが対象で他2県には言及がない。新推計は主に「警察や道路管理者等による適切な誘導方法」「信号制御」「効果的な迂回ルート」等の施策により、避難時間がどれだけ短縮できるかを検討している。いずれのシミュレーションでも主にPAZを対象としており、放射性物質の放出前にPAZから退避できるかが主な観点となっている。この問題については後述する。

表 15 旧推計の結果 (抜粋)

	5km 圏内住民避難時間		5～30km 圏内の住民避難時間 (30km 圏外への避難時間)		
	5km 圏外への 避難時間	5km 圏外への 避難時間	5～10km 圏 住民	10～20km 圏 住民	20～30km 圏 住民
基本ケース	1:25	9:15	14:05	14:10	6:55
基本ケースの設定 ・自家用車利用率 100% ・2段階避難(5km 圏内の住民が避難し、その後5～30km 圏内の全住民が避難する) ・5～30km 圏内の住民の自主避難率 40%(約7万3000人が避難指示前に避難)					
国道203号 通行止	6:00	15:20	19:25	19:30	12:05
観光ピーク 影響	4:45	11:25	13:25	13:35	7:00

表 16 新推計の結果 (抜粋)

シ ナ リ オ	PAZ/ UPZ	基本/ 施策	昼間 /夜 間	陰 の 避 難 率	避難時間推計					
					PAZ 離脱		UPZ 離脱		個人の 平均避難時間	
					90%	100%	90%	100%	PAZ 離脱	UPZ 離脱
1	PAZ	基本	昼間	0	8:50	10:50	13:50	14:50	2:20	7:30
2	PAZ	基本	昼間	40	16:20	18:10	22:00	23:30	4:30	14:00
3	PAZ	基本	昼間	100	22:40	24:40	28:00	29:30	6:10	18:40
4	PAZ	基本	夜間	0	2:20	3:10	6:20	7:10	0:30	3:10
5	PAZ	基本	夜間	40	7:10	8:10	11:30	12:00	1:20	7:30
6	PAZ	基本	夜間	100	12:40	15:10	18:30	19:10	3:20	13:30
7	PAZ	施策	昼間	0	3:00	4:10	6:30	7:40	0:40	3:40
8	PAZ	施策	昼間	40	8:20	9:40	12:00	13:00	2:10	7:30
9	PAZ	施策	昼間	100	12:00	13:10	14:30	15:20	3:20	9:30
10	PAZ	施策	夜間	8	1:10	1:30	3:10	3:40	0:10	1:40
11	PAZ	施策	夜間	40	1:20	4:40	8:10	8:50	0:20	5:10
12	PAZ	施策	夜間	100	8:10	9:00	13:20	13:40	1:30	8:20

報告書, 2014年3月

⁹⁶構造計画研究所「原子力災害時における避難経路調査業務委託報告書」2020年3月(情報公開請求により取得したもの)

13	UPZ	基本	-	-	-	-	26:50	39:00	-	3:50
14	UPZ	施策	-	-	-	-	9:00	18:10	-	3:20
15	UPZ	一方向	-	-	-	-	20:00	24:20	-	2:40

表 17 新推計の施策効果（抜粋）新推計 p.66

	ETE%	基本 シナリオ	施策 シナリオ	施策の効果
PAZ の全住民の避難指示発出から PAZ 離脱までの避難時間	90%	8:50	3:00	5:50 減
	100%	10:50	4:10	6:40 減
PAZ の全住民の避難指示発出から UPZ 離脱までの避難時間	90%	14:50	6:30	7:20 減
	100%	14:50	7:40	7:20 減
PAZ の全住民の PAZ 離脱までの平均避難時間		2:20	0:40	1:40 減
PAZ の全住民の UPZ 離脱までの平均避難時間		7:30	3:40	3:50 減

ただしここでいう基本シナリオとは、2014年3月とは受託業者・シミュレーションモデルが異なるため別のベースであり、比較の対象ではない。ところで鹿児島県（川内原発）では、同じく2014年3月に避難時間シミュレーション⁹⁷を行った後、2019年に「指針」の改訂を反映してセクター別の避難時間推計を再度行っている⁹⁸。この受託業者（構造計画研究所）は佐賀県の新推計と同じで、シミュレーションモデルも同じものを使用しているが、「UPZ 離脱時間→検査場所到着時間→避難所到着時間」を考慮し（ただし検査場所の通過時間は加算していない）、複合災害に関してもより厳しい条件を設けている。

これは鹿児島県旧推計に対して、専門委員会から「安定ヨウ素剤の受取や避難退域時検査に関わる時間ロスや交通渋滞等の影響」「行動に制約がある避難者でも問題なく避難できるよう避難時間短縮の取組み」「指示に基づかない避難が90%になると、例えば500 μ Svでは1日以内に避難することが不可能にならないか」等の指摘があり、鹿児島県新推計ではこれらの一部を反映した。旧推計での推計結果は30km圏離脱時間であったが、同新推計では「UPZ 離脱時間→検査場所到着時間→避難所到着時間」の各段階での推計が示されている⁹⁹。旧推計はユーデック（Aimsun ETE・市販システム）を採用していたが、鹿児島県新推計は構造計画研究所（Vissim・市販システム）を採用している。また前提の上で大きな相違は、鹿児島県旧推計ではUPZは全方向一斉退避を想定していたのに対して、同新推計では現在の「指針」に従って方位別の退避を想定していることである。

鹿児島県新推計のUPZ基本ケースと概ね対応すると思われる鹿児島県旧推計の退避（90%退避）No.3で22時間のところ、鹿児島県新推計では2～5日（90%退避）となっており、UPZ離

⁹⁷鹿児島県「川内原子力発電所の原子力災害に係る広域避難時間推計業務報告書」2014年3月

⁹⁸構造計画研究所「鹿児島県避難時間推計調査等業務委託 業務報告書」2020年3月28日（情報公開請求により取得したもの）

⁹⁹ 新推計, p.403

脱時間だけでも桁違いの時間を要している。また自然災害との複合を考慮したケースでは¹⁰⁰12日以上（避難所到着時間）と推計される場合もあり、現実的な各種の制約を考慮するほど多大な時間を要することがわかる。

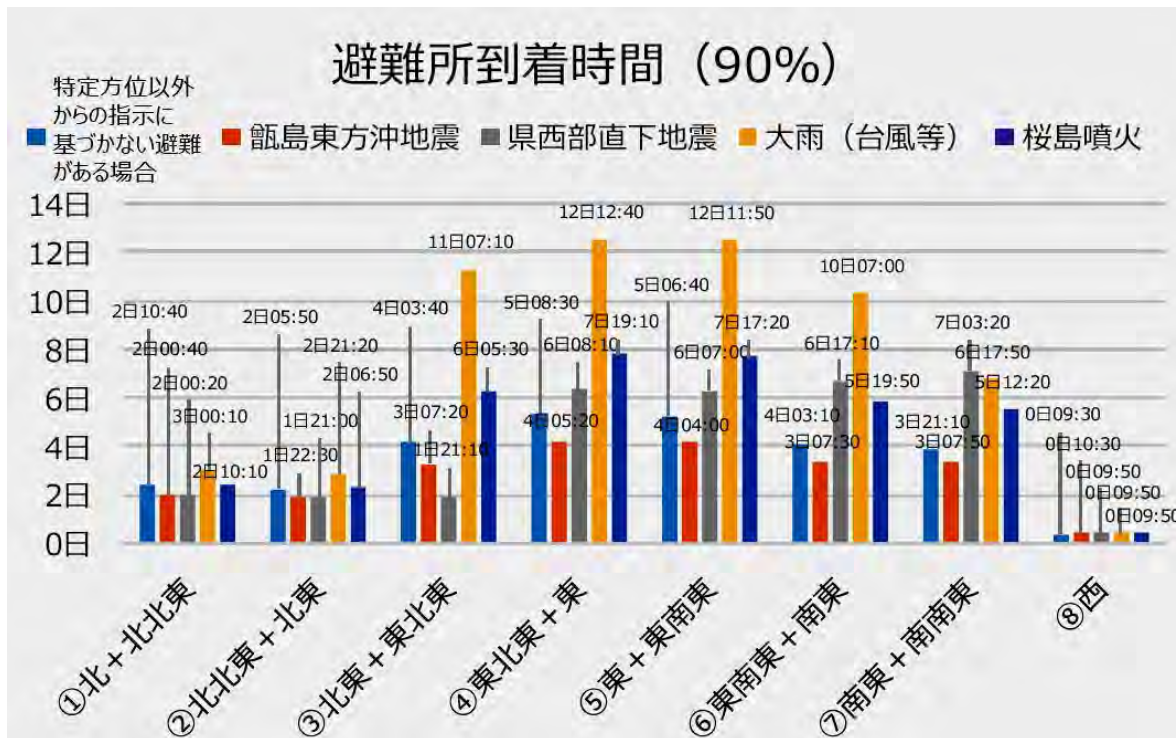


図 44 自然災害を考慮した避難所到着時間

この他、各都道府県でも避難時間シミュレーションが実施されているが、各々の結果はあくまで移動時間の試算であり被ばくを避けるという観点では検証されていない。鹿児島県のシミュレーションでは、避難完了時間とは90%の住民が避難した時点と定義しているが、逆にいえば10%の住民が残留していることになるから、市町村の職員あるいはそれを代行する消防団員や自治会役員などが個別確認に回らざるをえない。東海村JCO事故に際しては、避難要請の範囲350m・住民265名の避難に対して、個別確認に時間がかかり全員の退避確認は事故発生から10時間を要している¹⁰¹。これが30km圏となればどれほど時間がかかるのか想像もつかない。

○避難時間シミュレーションの問題点

原子力規制庁では避難時間シミュレーションに関する国内外の動向や問題点をまとめている

¹⁰⁰ 同 p.693

¹⁰¹ 原子力安全委員会 ウラン加工工場臨界事故調査委員会「ウラン加工工場臨界事故調査委員会報告」1999年12月, p. II-1, II-5

102。避難時間シミュレーションは、避難計画を策定する際の参考にはなるが結果の解釈には注意が必要である。第一に、シミュレーションの選定モデルや担当者により様々な結果になりうるため客観性がない。しかも政府・規制委員会・電力事業者もその妥当性について評価をしていない。二に、試算結果と実績の比較・検証ができないもしくは不可能である。通常この種のシミュレーションは道路計画等に用いられ、たとえば新規道路の開通の前後で渋滞の変化など実績を比較・検証できるが、原発避難のように地域の車両が一斉に動き出す状況は現実に検証ができない。第三に、設定する条件が多すぎて、それらの組み合わせとして多数のケーススタディを実施したところでいずれが妥当なのか判断できない。多数のケースを試算し最短から最長まで所要時間の試算結果が示されているが、このような結果を示されても現場の自治体の担当者は困惑するばかりであろう。さらに交差点・分岐点があった場合にどの経路を選択するかについて、あたかも全てのドライバーが上空から俯瞰して予め完全な情報を知って安全（リスク最小）なルートを選択するような仮定で計算される場合もある。通行止めや遭遇して引き返す等は考慮できない。第四に、これまで行われた多くの避難時間シミュレーションでは自家用車のみを対象としており、バス等を使用する集団輸送については考慮されていない。第五に、シミュレーションはあくまで車両の移動時間であり、それ以前の避難準備時間や集合場所に参集する等の時間は考慮されていない。原発周辺の住民に対して 20km 圏外に避難するために必要と思われる準備時間を質問したアンケートの結果である¹⁰³。いったん原発の緊急事態に遭遇したならば長期間あるいは永久に戻れない場合もありうると思った際に、携行物の準備など短時間で避難を開始することは現実には困難であろう。同調査でも避難を開始するまでに 1 時間以内との回答は 31%にとどまる一方で、半日あるいはそれ以上と予想する割合が 4 分の 1 に達している。避難時間推計はコンピュータ上のシミュレーションである以上、条件を種々に設定して試算すれば机上ではさまざまな結果が得られるが、変動要因が多すぎていずれが妥当であるかの評価基準もなく、広域避難計画の基準としていずれを適用すべきかの判断もつかない。一方で原発周辺の市町村にとって、場所によっては数十ケースにも及ぶ試算結果を提示されても具体的に活用の方策がない。要するに避難時間シミュレーションは住民等の安全な避難を検討する資料としては、ケースごとの相対的な比較ていどの参考にはなるが避難計画の実効性を高める効果は乏しい。参考までに表 21 は各地域のシミュレーション受託業者と使用システムの一覧である。

表 21 シミュレーション受託業者の一覧

地域	受託業者	シミュレーションシステム
----	------	--------------

102 三菱重工（株）「平成 26 年度国内外の避難時間推計に係る動向調査技術資料（本編）」2015 年 3 月

<https://www2.nsr.go.jp/data/000249024.pdf>

103 岩佐卓弥ほか「島根原発事故時の交通シミュレーションを利用した避難誘導の検討」2012 年度第 64 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, 2012 年 6 月。

泊	ユーデック	Aimsun ETE（市販システム）
東通	構造計画研究所	Vissim（市販システム）
女川	三菱重工	ES-M（自社開発システム）
福島第一・第二	ユーデック	Aimsun ETE（市販システム）
東海第二	ユーデック	Aimsun ETE（市販システム）
柏崎刈羽	三菱重工	ES-M（自社開発システム）
浜岡	三菱重工	ES-M（自社開発システム）
志賀	ユーデック	Aimsun ETE（市販システム）
福井地区	構造計画研究所	Vissim（市販システム）
島根	三菱重工	ES-M（自社開発システム）
伊方	ユーデック	Aimsun ETE（市販システム）
玄海（2014年）	三菱重工	ES-M（自社開発システム）
玄海（2019年）	構造計画研究所	Vissim（市販システム）
川内（2014年）	ユーデック	Aimsun ETE（市販システム）
川内（2019年）	構造計画研究所	Vissim（市販システム）

○避難退域時検査場所・避難所等の危険性

避難時に必要な一時集合場所・退域検査場所候補箇所・避難受付ステーション・最終避難施設等の避難関連施設の危険性には二つの側面がある。第一はこれら避難関連施設自体が土砂災害や浸水等により被災する可能性である。図 45 は避難時に必要な一時集合場所・退域検査場所候補箇所・避難受付ステーション・最終避難施設等の位置と、確率論的地震動の予測値・土砂災害危険箇所・土砂災害警戒区域・浸水予想区域の状況を示す。避難時に必要な施設の多くが自然災害の際には危険区域に所在しており、複合災害時には機能しない、もしくはその利用がかえって危険を増す可能性もある。

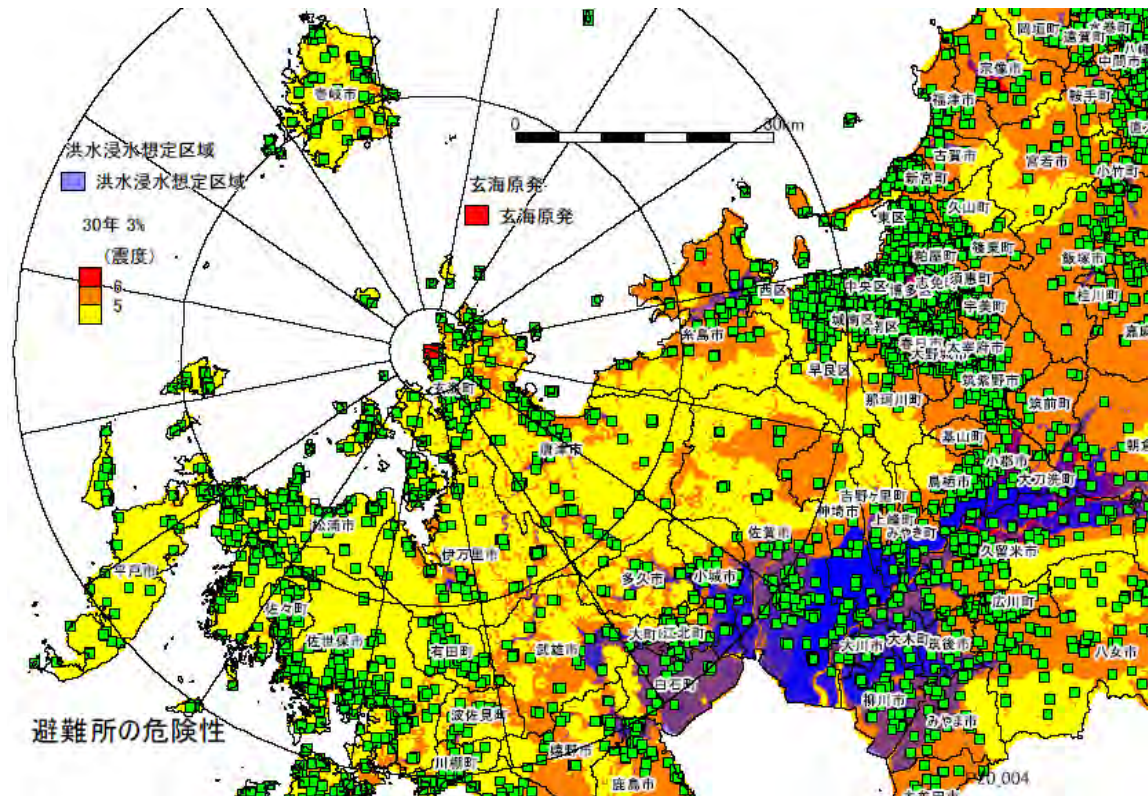


図 45 避難所自体の危険要因

第二は避難所の生活環境が劣悪（冷暖房の不備、トイレ不足や不衛生、狭いスペースに密集した就寝、要介助者に対する対応の不足など）であり、二次被害（災害関連死や健康被害）を招きかねない。「平成 28 年熊本地震」（2016 年 4 月）では、211 人（2018 年 4 月現在）が「災害関連死」と認定され、建物の倒壊など地震の直接死者の 50 人に対してその 4 倍に達している。日本の避難所の環境は劣悪であり、国連の難民キャンプの水準を下回ることは以前から指摘されてきた。避難所の国際基準である「スフィア基準」が紹介されている¹⁰⁴。「スフィア基準¹⁰⁵」とは、被災者が安定した状況で尊厳を保って生存かつ回復するために提供されるべき最低の基準を述べたものである。たとえば避難所の 1 人あたりの面積は 3.3 m²となっている。熊本地震の際には避難所やその周辺で性被害が多発していたとの報告もある¹⁰⁶。日本では慣習的に床に直接寝ることに抵抗感が少ない等の背景はあるが、「平成 30 年 7 月豪雨」（2018 年 7 月）の避難所で指摘されたように猛暑の下にエアコンもなく体育館に密集して寝るという状態は危険である。

¹⁰⁴ NHK News Web 「避難所の女性トイレは男性の 3 倍必要～命を守る「スフィア基準」」 2018 年 5 月 1 日

https://www3.nhk.or.jp/news/web_tokushu/2018_0501.html

¹⁰⁵ JQAN（支援の質とアカウンタビリティ向上ネットワーク）ウェブサイト

<https://jqan.info/documents/others/>

¹⁰⁶ 「熊本地震 避難所で性被害続発 泣き寝入り多数か」『毎日新聞』2018 年 4 月 17 日

これは単に建物面積を1人あたり2.0㎡として算定した数字であるが、通路等も必要であるから建物面積の全てが居住面積として利用できるわけではなく実質はさらに狭い。この算定は前述の難民キャンプの基準すら大きく下回るものである。生活上必須となるトイレに関しても、もともと学校であるから、仮設トイレの増設等が考慮されるにしても数百人が長期間生活することは想定されておらず、トイレに関してもスフィア基準を下回っている。2020年より新型コロナ感染症の拡大が問題となった。今後当分の間は災害時の避難に関しても新型コロナ対策が不可欠となる。内閣府の指針では、地震・津波等の場合は人命保全を優先するとなっているが、原子力災害に関しては、長期間の集団生活が必要となる可能性が高い。最近は図46のような区分式スペースも試みられているが、面積あたりの収容人員が少なくなり受け入れ人数が限定される。



図46 区分式スペースの例

○要支援者と集団輸送体制

緊急事態に際して、学校・幼稚園・保育園の児童・生徒、高齢者施設・障害者施設等の入所者、医療施設の滞在者の一部は自力避難が困難であるため、バス等による集団輸送が必要となる。図47に集団輸送が必要となる施設の所在を示す。登校（園）中の児童・生徒は保護者引渡しを原則とされているものの、実際の状況では引渡し困難な児童・生徒が一定の割合で残存せざるをえないから、いずれにせよ学校・幼稚園・保育園の1箇所ごとに集団輸送が必要となる。残存人数にもよるが、1箇所につき車両の定員にかかわらず最低1台の車両が必要となる。また自動車あるいは運転免許を所持していない住民等、自力で自動車による移動ができない場合、あるいは障がいや加齢により自力での運転が困難で同乗を依頼する機会が得られない住民等に対しても、同様に集団輸送が必要となる。単純に集計しても集団輸送が必要となる可能性のある箇所はUPZ方

位別に集計すれば表 19 のようになる¹⁰⁷。またバス等は必要な時に必要な場所に予め配置されているわけではないので配車・移動が迅速にできるかは疑問である。

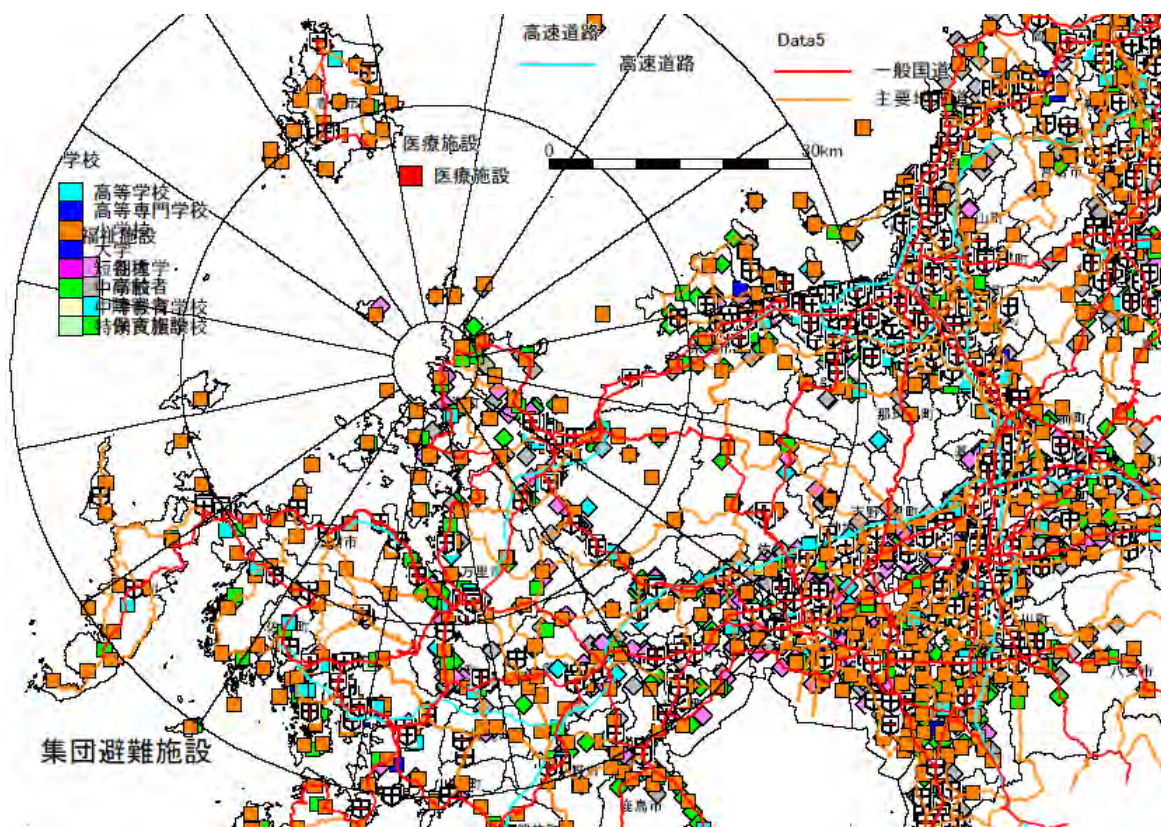


図 47 集団輸送対象施設の分布

表 19 集団輸送が予想される施設数（島嶼部は省略）

	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	全体
ME	0	2	11	6	1	9	3	2	34
小学校	2	5	13	11	6	12	9	7	65
中学校	1	4	9	5	3	8	4	3	37
中等教育学校	0	0	0	0	0	0	0	0	0
高等学校	0	0	3	3	1	4	1	0	12
高等専門学校	0	0	0	0	0	0	0	0	0
短期大学	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大学	0	0	0	0	0	0	0	0	0
特別支援学校	0	0	0	1	0	1	0	0	2
各種(福祉)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
高齢者	3	8	30	33	12	28	0	0	114
障害者	0	2	13	19	0	18	0	0	52
保育施設	3	5	21	12	8	30	2	2	83

¹⁰⁷ 国土交通省「国土数値情報」からの集計であり最新の現状とは若干異なる。

<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

2016年8月の岩手県岩泉町の福祉施設の被災に際しては、「避難準備情報」の段階で避難に時間のかかる災害時要援護者の避難を開始するとされていたところ、解釈の相違から行動が遅れ、入所者全員が流される事態となった。内閣府防災情報のページでは「災害時要援護者の避難支援ガイドライン」が提示されている。これらに基づいて市町村では「災害時要援護者支援プラン」「個人避難支援プラン」を策定することになっているが、整備はまだ充分ではない。

避難指示が発出された地域に居住する住民でも、家庭の事情や避難所生活の不安、移動そのものが危険（常時介護が必要）などの理由から残留を希望する住民もあり、どのように対処するのが最適なのか課題は多い。電気・水道などライフライン途絶に加えて、生活用品・ガソリン・介助用品の不足や、それから派生する介助者の派遣困難などが健常者に比べてより深刻な影響をもたらす。東日本大震災時に際しての要支援者の避難に関する記録は多数あるが、一例を示す。茨城県つくば市の障害者自立支援団体では、県内の市町で生活する約30人の会員のうち避難所を利用した障害者はいなかったという。避難所に障害者の対応設備がない、必要な支援が受けられない、さらには「他の避難者に迷惑をかける」等の心理的抵抗もあるという¹⁰⁸。

一方で PAZ・UPZ 圏内および県内市町に登録されている緊急輸送に充当しうる車両の保有台数¹⁰⁹は表 20～21 のとおりである。ただしこれは国土交通省九州運輸局の統計で「乗合車（いわゆるバス）」に分類される台数であり車両サイズ（定員）等の車種別は明らかでない。単純に比較しても必要とされる箇所数（表 参照）に対して車両台数が不足しているが、路線バスならば運行ダイヤに従って、また貸切バスならば個々の契約に応じて各地を走行しているため、避難が必要となった時点で必要な場所に待機しているわけではなく実際に利用可能な台数ではない。市外の遠方で走行している車両の呼び戻し等は現実的でない。集団輸送の必要量に対して全く不足している。なお表でいう「乗合車」の台数はマイクロバス等の定員の少ない車両も集計されている。一つの施設に対して、人数によっては複数台の配置が要請される可能性もある一方で、車両のサイズに拘わらず、小規模施設でも1箇所になくとも1台は必要であるから、座席定員に満たなくても出発させるケースもあると思われ、座席数でみた充足を比較しても台数は全く不足している。

表 20 PAZ・UPZ 圏内関連市町の乗合車保有台数（島嶼部は省略）

糸島市	自家用	100	唐津市	自家用	174
	事業用	85		事業用	173
	計	185		計	347
佐世保市	自家用	365	伊万里市	自家用	111
	事業用	262		事業用	96

¹⁰⁸ 「災害弱者はどう乗り切ったのか」『常陽新聞』2011年4月3日

¹⁰⁹国土交通省九州運輸局「自動車保有台数」R2.3月末

<https://www.tb.mlit.go.jp/kyushu/toukei/body2.htm>

	計	627		計	207
平戸市	自家用	49	玄海町	自家用	25
	事業用	53		事業用	21
	計	102		計	46
松浦市	自家用	29			
	事業用	20			
	計	49			

表 21 圏内のタクシー事業者の保有台数（島嶼部は省略）

糸島市	193
佐世保市	571
平戸市	39
松浦市	24
唐津市	185
伊万里市	60
玄海町	36

また退域検査所を経て最終避難所に移動するには前述のように数10kmから時には100km以上に及ぶことから、ピストン輸送（汚染地区に再び戻る）等の余裕はない。さらに前述のように要支援者の移動には介助者が必要であるからこの点も考慮しなければならない。またこれらの車両の大部分は福祉対応車両ではなく一般車両であり、座位を保てない状態の避難者（要支援者）を移動することはできない。図48は福島原発事故で双葉町の座位を保つのが難しい要支援者をやむを得ず一般のバスで移送した時の状況である¹¹⁰。福祉施設等では各施設において個別にリフト付車両等を保有あるいは手配している場合があるが、施設内の全員の斉移動に対応するような車両数は備えられていない。小規模な施設においては職員の乗用車に相乗りする等の対応も考えられるが、輸送力の絶対的な不足は明らかであろう。さらに最近のコロナ感染症対策として、感染（可能性）者とその他の避難者の車両を分ける等の対策も提示されているが、そうすればますます車両が足りなくなることが予想される。また要支援者の移動は、単に物理的な移動ではなく、避難先で必要な機器（呼吸器等）や受入れ条件が整っているかのマッチングが必要となる。事例としては、新潟県内の福祉施設で新型コロナウイルス感染者が発生したために他施設への搬出を行ったところ、各人の状況に応じたマッチング、搬送車両の対策などで、50人弱の移動に4日間要した¹¹¹。

¹¹⁰ 内閣府「避難所の確保と質の向上に関する検討会 > 福祉避難所ワーキンググループ」第1回（三瓶委員提出資料）

<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/kentokai/hinanzuyokakuho/wg/pdf/daikai/siryu7.pdf>

¹¹¹ 第16回新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会（2021年5月31日）資料1



図 48 要支援者の移送（福島県双葉町）

さらに車両があっても運転者(車両ともに運転者を派遣する場合)がいなければ運行できない。定員 10 人を超える車両は普通免許では運転できないため有資格者は限定される。運転者の被ばくについては、一般公衆の年間被ばく限度の 1mSv を適用してこれを超える業務には従事できないとの指針¹¹²が国から出されている。参考までに、新潟県が実施した運転従事者に対するアンケートでは、住民の脱出や屋内待機中の住民に対する物資搬送に関して業務依頼があった場合でも約 7 割が「行かない」と回答している¹¹³。新潟県ではバス乗務員に対して、任意協力という観点から 1mSv を限度としており、線量計を携帯させ超過時は引き返しと説明がされている。しかしこのような対応を行った場合、迎え先では「来るはずのバスが来ない」「それ以上移動手段がない」という状況になる。2020 年 10 月に新潟県柏崎刈羽原発を対象に実施された訓練では東京電力から支援車両が派遣された。図 49 のようにストレッチャーの人(職員による代役)を 2 人の東電職員(他にドライバー 1 名)が車両に乗せる方式であるが、車両が施設の入りに停車してから出発するまでの時間は 5~6 分を要した¹¹⁴。この施設の入所者は約 80 名とされているので、入所者 1 名を車 1 台で搬送するとすると、車両が連続的に来ても 7 時間かかることになる。車両の確保のほか、付添者の確保も難しい。

¹¹² 原子力防災会議連絡会議コアメンバー会議「共通課題についての対応方針」2013 年 10 月 9 日, p.5

http://www.kantei.go.jp/jp/singi/genshiryoku_bousai/kanji/dai02/sankou2.pdf

¹¹³新潟県防災局「原子力だより」2016 年 12 月

¹¹⁴ 「第 15 回新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会」大河委員提出資料, 2020 年 12 月 22 日



図 49 ストレッチャーの乗車

他地区の例であるが、報道機関のヒアリングによると、ある自治会地区では住民約 1,900 人のところ、自治会が把握しているだけで要支援者は約 30 人おり、うち約 20 人は身近に手助けする人がいない。車両がなければリヤカーの利用まで検討しているが、リヤカー 1 台で要支援者宅と集合場所の 1km 前後を往復すると、1 人につき 1 時間として全員で 20 時間かかることになり困惑しているという¹¹⁵。また単なる物理的な移動だけではなく、受入先の体制（福祉避難所等）が整っていなければ移動することができない。またこのような状態では屋外で行動せざるをえないから本人および介助者の被ばくも避けられない。

○受入市町村の負担

表 22 は想定されている受入先市町村と避難予想人数・避難所数を示す。また原則として自家用車で避難するものとする駐車面積が必要になる¹¹⁶。なお大規模災害発災時には受入先市町村でも避難者が発生している可能性がある。UPZ は「モニタリングにより区域を特定して避難」となるため全区域が同時に避難対象とはならないが、いずれにしても避難方向に該当したセクター（受入先市町村）については負荷が発生する。

表 22 受入市町村の負担

想定受入先	想定受入人数	受入先人口	受入先人口比 (%)	所要駐車場面積 (m ²)
-------	--------	-------	------------	---------------------------

¹¹⁵ 「東海第二 30 キロ圏 避難時、要支援 6 万 自治会「リヤカー移動」も」『東京新聞』2018 年 8 月 21 日

¹¹⁶ 「駐車場設計・施工指針」H6.9.28 建設省道企発第 63 号より試算

有田町	8,675	20,148	43	99,763
宇美町	300	37,927	1	3,450
嬉野市	11,076	27,336	41	127,374
大野城市	600	99,525	1	6,900
大町町	2,912	6,777	43	33,488
小城市	13,861	44,259	31	159,402
鹿島市	10,707	29,684	36	123,131
春日市	701	110,743	1	8,062
粕屋町	300	45,360	1	3,450
上峰町	3,098	9,283	33	35,627
川棚町	9,213	14,067	65	105,950
神埼市	8,835	31,842	28	101,603
基山町	4,057	17,501	23	46,656
江北町	3,997	9,583	42	45,966
古賀市	400	57,959	1	4,600
佐賀市	50,957	236,372	22	586,006
篠栗町	200	31,210	1	2,300
志免町	300	45,256	1	3,450
白石町	9,989	23,941	42	114,874
新宮町	200	30,344	1	2,300
須恵町	200	27,263	1	2,300
多久市	5,732	19,749	29	65,918
武雄市	20,493	49,062	42	235,670
太宰府市	500	72,168	1	5,750
太良町	7,723	8,779	88	88,815
筑紫野市	700	101,081	1	8,050
鳥栖市	11,833	72,902	16	136,080
那珂川市	687	50,004	1	7,901
波佐見町	5,580	14,891	37	64,170
東彼杵町	20,009	8,298	241	230,104
久山町	100	8,225	1	1,150
福津市	400	58,781	1	4,600
みやき町	10,124	25,278	40	116,426
宗像市	330	96,516	0	3,795
吉野ヶ里町	3,952	16,411	24	45,448

○人的リソースの不足

関係市町の職員数・消防吏員数は表 23 のとおりである¹¹⁷（一部、広域消防組合を形成し個別の消防吏員を有しない市町がある）。他に一定数の非正規職員が従事していると考えられるが詳細は明らかでない。また放射線下での業務に正規職員と非正規職員に同一条件で従事を要請できるかも疑問である。この人的資源で、原子力緊急事態に際して情報伝達・避難誘導・安否確認・ヨ

¹¹⁷ 総務省地方公共団体定員管理関係

https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/c-gyousei/teiin/index.html

ウ素剤配布等に対応できるとは思われない。ことに複合災害時には職員等は原子力災害対応のみに専念することもできない。近年、自治会（町内会）等による住民の自助・共助等も提言されるが、水害等ならまだしも放射線が関与する災害では住民の自助・共助は限定的であろう。さらに各市町の消防団員も活動を求められるが、福島原発事故の際には、避難しない人のために、彼らは何度も原発の近くまで戻り、搜索・安否確認・説得・搬送などに従事するなど多大な負担を求められた¹¹⁸。

参考までに、1999年の東海村 JCO 事故では避難対象者 265 名に対して当時の職員数 455 名（うち消防吏員 49 名）・消防団員数 183 名であり、避難対象者より自治体職員のほうが多いくらいであったが、それでも事故発生から避難指示・安否確認を経て村内施設への退避完了まで約 10 時間を要している。しかも東海村 JCO 事故は原子力単独事故であり自然災害との複合はなかった。これが玄海原発に関して約 20 万人（就業者・滞在者等を合計すると約 28 万人）以上の住民に、かつ複合災害下で対応するとすると、情報伝達・一時集合場所の開設と管理運営・避難誘導・バス添乗・安否確認・ヨウ素剤配布等にどれほど時間と要員を要するのか、そもそも実行可能なのか見当もつかない。さらに福島原発事故では避難元自治体はもとより受入側でも自治体職員が疲弊して業務の遂行が困難になった実態が報告されている。避難を機能させるため「少なくとも二班・二交代制にすることで職員の意欲を維持させる」「ロジスティクス（兵站）を十分に、職員用のガソリン・食料・宿泊場所の確保」が提案されているが¹¹⁹、そのような体制が準備されているのか疑問である。

表 23 受入先市町の人的リソース

想定受入先	想定受入人数	防災	住民一般	民生（除保育所）
有田町	8,675	1	12	13
宇美町	300	0	6	13
嬉野市	11,076	0	10	27
大野城市	600	4	26	1
大町町	2,912	2	4	12
小城市	13,861	5	15	0
鹿島市	10,707	2	11	3
春日市	701	3	23	25
粕屋町	300	4	11	21
上峰町	3,098	0	3	11
川棚町	9,213	1	5	9
神埼市	8,835	4	14	2
基山町	4,057	0	7	21

¹¹⁸ 吉田千亜『孤塁 双葉郡消防士たちの 3.11』岩波書店、2020 年

¹¹⁹ 「新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会」第 5 回次第・資料（2018 年 12 月 25 日）

<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/38455.pdf>

江北町	3,997	3	5	8
古賀市	400	3	14	2
佐賀市	50,957	10	65	15
篠栗町	200	0	9	19
志免町	300	3	9	26
白石町	9,989	3	9	28
新宮町	200	0	7	16
須恵町	200	0	6	20
多久市	5,732	3	7	4
武雄市	20,493	4	23	7
太宰府市	500	6	13	0
太良町	7,723	2	3	8
筑紫野市	700	0	17	0
鳥栖市	11,833	2	41	0
那珂川市	687	5	8	44
波佐見町	5,580	0	4	7
東彼杵町	20,009	2	3	7
久山町	100	0	4	8
福津市	400	0	15	0
みやき町	10,124	0	23	36
宗像市	330	0	18	0
吉野ヶ里町	3,952	2	13	17
福岡市	10,215	26	304	233

○緊急時防護業務従事者の被ばく

原子力災害時には、自治体職員も緊急時防護業務に従事する必要がある。ただし「特例緊急被ばく限度」でいう特例緊急作業従事者（委託作業員も対象）は主に発電所構内の問題であり、ここでは除外する。それ以外で職務として緊急時防護業務に従事する者のうち警察官・消防吏員・自衛隊員等は各々の組織の基準によるしかないであろう。例として消防は、通常の消防活動について10mSv、人命救助等について100mSvとされている¹²⁰。ただし福島では警察官や自衛隊員が住民より先に撤退するなど混乱があったので再確認が必要である。ICRP 勧告に基づく「参考レベル 緊急時被ばく状況」で20～100mSv/年の数字が提示されているが、これは一般公衆を念頭に置いていると思われる。それは避難関連業務(特例緊急作業を除く)に従事する者に対しても同じかどうかは不明確である。国内の現実の地域や行政組織において、いつ、誰がそれに該当するのか、その法的根拠は何か（場合によっては、後日、補償等にもかかわってくる）については整理されていない。例えば次のような要務・対象者である。

地方公共団体職員

学校教員・幼保職員

¹²⁰消防庁「原子力施設等における消防活動対策マニュアル」2014年3月

保健所職員

(以上については正規職員と非正規職員、公立と民間は同じか)

ボランティアとしての地域消防団員

自治会役員

○総合的な被ばく

原子力災害における避難とは、風水害等と異なり放射線による被ばくを避ける（最小限にとどめる）ための移動であるから、現状の避難計画が実施された場合にどのくらいの被ばくが予想されるかを推定する。UPZ では原子力緊急事態の発生に際しては屋内退避を原則とした後、放射性物質放出後にモニタリングにより空間放射線量率が OIL1 にあっては 500 μ Sv/時、OIL2 にあっては 20 μ Sv/時を超えた場合に避難または一時移転を行うとなっている。

また放射性物質の拡散は連続的であって行政区境界で止まるわけではないから、OIL1 または 2 に該当しない区域であっても、隣接地域では OIL1 または 2 に近い空間放射線量率が観測されているはずである。また避難は原則として自動車で行われることが想定されているが、車両は鉄とガラスで覆われた箱とみて遮へい効果があると考えられる一方で、気密ではないため完全な遮へい効果は期待できない。一般的な車両の遮へい係数は 0.8 とする評価¹²¹もある一方で、浮遊放射性物質に対する自動車乗車中の遮へいは屋外と同じ（遮へい効果なし）としている資料もある¹²²。集団避難（バス等）は自動車が利用できない人と考えられるので避難所あるいは集合場所までの移動は露天にならざるをえない。

これより概略ではあるが、OIL1 または 2 に該当する空間放射線量率が継続している場合に、避難経路上で自動車で移動あるいは待機（退域時検査ポイント等）している期間の全経路でどのくらい被ばくするかを新推計の代表的な結果を利用して推定した。なお新推計の避難時間とは、OIL に基づく避難指示が発出されてからの時間である。表 28 にみられるように、OIL1 相当の場合には一般公衆の被ばく限度の年間 1mSv を大きく超えるケースがみられる。

これは移動時間だけのシミュレーションであり、加えて表 24 に示すように避難退域時検査場所での待機時間等を加えるとさらに被ばく量は増加する。また新推計において自然災害との複合（道路支障）を考慮すると移動時間はさらに長くなり被ばく量が増加する。すなわちひとたび避難または一時移転が必要となる事態が発生すれば、実際に移動したとしても被ばくは許容限度に

¹²¹経済産業省原子力被災者生活支援チーム「県道 35 号・国道 288 号における帰還困難区域の線量調査結果について」2019 年 8 月

https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/hinanshiji/pdf/190826_sannkousiryoku3r.pdf

¹²² 宮城県地域防災計画原子力災害対策編付属資料 3-7-3

<https://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/238493.pdf>

収まらないことが推定される。

表 24 総合的な被ばく量 (mSv)

ケース	OIL1 相当			OIL2 相当		
	90%	100%	個人平均	90%	100%	個人平均
基本	13.4	19.5	1.9	0.5	0.8	0.1
施策	4.5	9.1	1.7	0.2	0.4	0.1
一方向	10.0	12.2	1.3	0.4	0.5	0.1

なお旧推計・新推計ともバス避難に関しては不明である。バス避難者は自宅あるいは一時避難所からバス集合場所まで基本的には徒歩で移動し、さらにバスが来るまで待機する時間があり、乗用車に比べて多くの時間を要する。バス自体は他の交通に混じって走行するため所要時間は乗用車と同等と思われるが、バス避難者は前述の徒歩移動・待機時間の分だけ被ばく量が増加すると考えられる。

○集団線量の評価

「原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやす（原子炉立地審査指針）」は「ある距離だけ離れていること」として人口密集地から一定の離隔を取ることを求めている。その「めやす」として例えば 2 万人・Sv を参考とするとしている¹²³。ここで本稿第IV章で検討した PWR5（PWR における中規模事故）を例として、PAZ・UPZ 内に 1 週間滞在した場合の集団線量を評価すると約 3.5 万人・Sv となり、2 万人・Sv を超える。図 50 にその分布を示す。

¹²³ https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat_detail_11-03-01-03.html

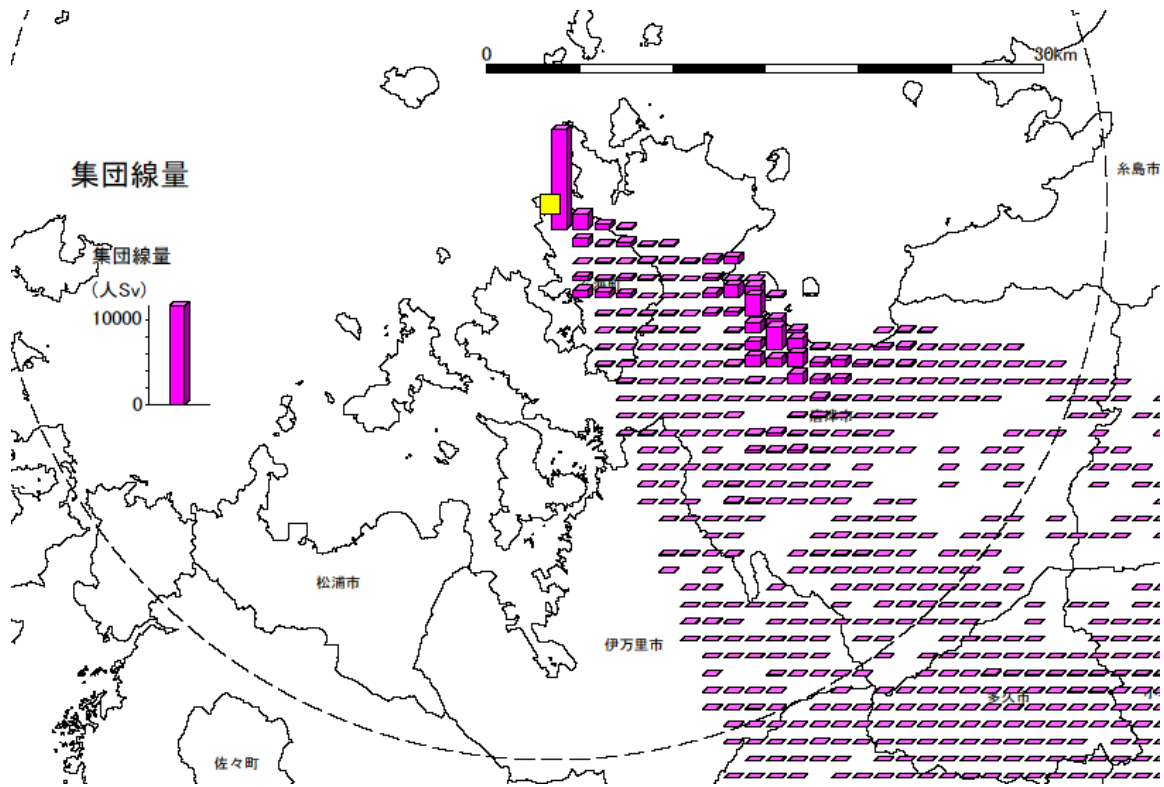


図 50 中規模事故における集団線量の推定

VIII 避難後の生活支障・精神的被害

避難とは、単に避難先（避難所）に到達して当面の身体的・物理的安全が達成されればよいわけではない。むしろ避難における多くの困難はそこから始まるというべきである。「指針」によれば、緊急事態に際して、PAZ（おおむね 5km 圏内）では放射性物質放出前に避難、UPZ（おおむね 30km 圏内）は放出後にモニタリングの結果から避難または一時移転とされている。すなわち経過時間の長短はいずれにせよ 30km 圏内の住民の一部あるいは全部は居住地域から退去しなければならない。また放射性物質の拡散は 30km 圏の境界線で止まるわけではないから、その周囲でも自発的に退去する住民が存在するであろう。放射性物質の放出に至らず事態が収束するケースを別とすれば、放射性物質により広範囲の汚染が生じるのであるから、発電所内の事故そのものが収束した後も、居住地域に容易に戻ることはできない。避難生活におけるさまざまな困難については、福島第一原子力発電所事故（以下「福島事故」）に関する多くの記録により周知の事実となっているほか、新潟県では東京電力柏崎刈羽原子力発電所を対象とした「原発事故に関する 3 つの検証」の一環として、健康と生活への影響の検証に関する「健康・生活委員会（生活分科会）¹²⁴」を設けて検討している。

これは玄海原発において避難が発生すれば同様に起こりうる事態である。同分科会の現時点での取りまとめは総括委員会報告として次のように報告されている¹²⁵。報告では「福島第一原発事故による避難生活の全体像について現時点で言えることは、避難区域内外において一部相違が認められるものの、総じて震災から 6 年半以上がたっても生活再建のめどがたたず、長引く避難生活に様々な「喪失」や「分断」が生じ、震災前の社会生活や人間関係などを取り戻すことが容易でないことがうかがいしれる」と総括している。各々の側面における要約は次の表 25 のとおりである。

表 25 避難生活に関する総合的調査の要約

1 福島県の避難者数	○原発事故から 1 年 3 か月後（平成 24 年 6 月）において、全国で約 16 万千人が避難していた。 ○原発事故から 1 年 3 か月後において、把握されているだけでも、原発から 30km 圏内の市町村人口※2 の約 53%にあたる約 9 万 8 千人、30km 圏外の市町村人口の約 3%にあたる 5 万 9 千人が避難していた。 ○原発事故から 6 年 7 月後（平成 29 年 10 月）においても、ピーク時の約 3 分の 1 にあたる約 5 万 3 千人が避難を継続している（30km
------------	--

¹²⁴新潟県「原発事故に関する 3 つの検証について」

<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/genshiryoku/kensyo.html>

¹²⁵第 1 回検証総括委員会（2018 年 2 月 16 日）資料 No.5

<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/38213.pdf>

	圏内の市町村が約3万5千人、30km圏外の市町村が約1万8千人、合計約5万3千人)
2 応急仮設住宅の供与終了後の避難継続や帰還の状況	本調査により全国の都道府県に照会したところ、避難指示区域外避難者に対する応急仮設住宅の供与終了（平成29年3月31日）後も県外避難者の79.0%が福島県外に居住し、一方、福島県へ帰還したのは17.1%であった。避難者の多くは、家賃負担が生じても福島県外に居住を継続している。
3 避難指示区域解除後の避難継続や帰還の状況	避難指示の解除は、平成26年4月の田村市都路地区を始めとして、順次進んできており、平成29年3、4月には双葉町と大熊町を除く避難指示解除準備区域と居住制限区域が解除されている。解除された市町村や地域における震災時人口に占める現住人口の割合は2%から25%程度であり、また、実際に帰還しているのは高齢者が中心との見方が多く、帰還は進んではいないものと思われる。
4 新潟県内避難者等へのアンケート調査による避難生活の状況 (1) 家族の分散居住状況	平均世帯人数は、全体で、震災前3.30人から2.66人へ減少した。単身世帯と二世帯が増加し（計震災前32.4%→現在50.2%）、3人以上世帯が減少した（計震災前67.5%→現在49.9%）。また、3世代同居世帯も大きく減少しており（震災前15.3%→現在6.4%）、避難の過程で家族が分散した状況が見られる。
同(2) 避難による住居形態の変化	避難により、持家率が半減（避難指示区域内（以下「区域内」という。）は、避難前62.6%→現在31.6%、避難指示区域外（以下「区域外」という。）は、避難前49.6%→現在24.6%）し、特に区域外避難者は自費による賃貸住宅が過半を占めるなど、住居形態の変化と家賃負担の増加が見られる。
同(3) 就業形態の変化	避難により、正規の職員（役員・管理職を含む）や自営業者・家族従事者が減少し、パート・アルバイトを含む非正規職員や無職が増加した。区域内は無職が最多（避難前18.6%→現在50.0%）となり、区域外は非正規職員が最多（避難前20.9%→現在34.5%）となったが、区域内外の違いは、賠償金や住宅支援の有無が影響しているものと見られる。
同(4) 収入・支出の変化	避難により、毎月の平均世帯収入は10.5万円減少した（避難前36.7万円→26.2万円）が、平均世帯支出は大きくは変化していない（避難前26.2万円→26.0万円）。生活のやりくりは、勤労収入、預貯金、賠償金（区域内避難者）により行われている。
同(5) 賠償制度に関する意識	個人への精神的損害賠償の基準額は、帰還困難区域は1,4500万円、居住制限区域と避難指示解除準備区域は850万円である。一方、避難指示区域外からの避難者に対しては、子どもと妊婦は72万円、それ以外の大人は12万円とされている。東京電力は、既に総額約7兆5千億円（平成29年12月22日現在）の賠償金を支払っているが、本調査の避難者へのアンケートによると、賠償制度全体について約3分の2（66.1%）が不満をもっており、特に区域外避難者の不満度は高い。
同(6) 被ばくに関する不安意識	被ばくに関する将来の健康への影響に不安を持つ避難者が多数を占めており（不安54.3%、不安でない26.1%）、また、結婚、出産など被ばくに関する差別・偏見が不安としている避難者も多い（不安56.6%、不安でない17.5%）。不安の割合は、いずれも区域外が区域内を上回っている。
同(7) 避難によ	長年の友人・知人との付き合いや、つながりが薄くなった避難者が

る人間関係の変化	多数を占めている（あてはまる 71.3%、あてはまらない 12.8%）。また、避難元の近所や地域のつながりが薄くなった（あてはまる 70.8%、あてはまらない 10.9%）、避難先では知り合いが少ないため孤独である（あてはまる 42.8%、あてはまらない 35.6%）、としている避難者も多い。あてはまる割合は、いずれも区域内が区域外を上回っている。
同（8）児童生徒への影響	本調査では、中学生と高校生にも避難生活に関する意識を聞いている。 ○避難先で「友達がたくさんできた 70.7%」、「学校が楽しい 66.7%」と前向きな回答が多い一方で「学校になじめない 12.2%」、「友達が少ない 12.2%」との回答もあった。 ○将来の不安については、「進学・就職」の不安（37.4%）が不安でない（34.9%を上回り、質問した項目の中では不安意識が最も高い）。 ○福島県への帰還者と避難継続者の不安意識を比較すると、「結婚・出産」の不安（帰還者 40.0%、避難継続者 19.4%）、「自分の健康」の不安（帰還者 46.7%、避難継続者 26.2%）であり、帰還者は、健康に関する不安意識が高いことがわかる

また別の団体の調査¹²⁶によると、表 26 のように避難者が避難先で様々な忌避行為を受けたことが記録されている。これも原子力災害特有の問題と考えられる。

表 26 避難者に対する様々な忌避行為

<p>(ア) 避難所の周辺住人より、避難者全員出て行ってほしいと強い抗議があった。</p> <p>(イ) ガソリンスタンドに、福島車は給油お断りの看板が。</p> <p>(ウ) ガソリンスタンドのサービスで窓拭きを、前車までで福島車は拭いてもらえなかった。</p> <p>(エ) 借り上げ住宅で、周辺住宅に土産を持ち挨拶に行くと、「来ないでくれ」と言われ土産も受け取ってもらえなかった。</p> <p>(オ) 避難先住人に挨拶するが、大人や小学生の挨拶も無視された。</p> <p>(カ) 避難先で、ごみステーションに「避難者はごみを出すな」の張り紙が貼られた。</p> <p>(キ) 借り上げ住宅の玄関に、生ゴミをまかれた。</p> <p>(ク) 駐車した自動車に、「ぐるっと」1周傷を付けられた。</p> <p>(ケ) 県外に移動のさいは、レンタカーを借りていった。</p> <p>(コ) 避難先で定住するため、建築の際基礎に【賠償御殿仲良くしない】の落書きが。</p> <p>(サ) 新築し、近所にタオルを持ち挨拶回りするが、翌日玄関に配布タオルが玄関に返されていた。</p> <p>(シ) 私の知り合いは避難先で土地を求め新築したが、積雪時屋根の雪が隣に落雪するのではないかと悩み、妻は「うつ」になり主人が早く気付き病院に行ったため大事にならずに済んだ。</p> <p>(ス) 玄関に生ゴミがまかされていた</p> <p>(セ) 今でも、福島県内に移住しても「福島第1・第2原発の事故で移住してきた[人]※</p>

¹²⁶ 長岡市民放射線測定会勉強会・長岡市民防災研究所『市民と防災』第4号, 2021年3月11日, p.27

とは話さない」会津地方からの移住という。

※誤字と思われる部分を修正している。

付属資料 1 拡散シミュレーションに関する解説

1. はじめに

本稿でいう「シミュレーション」は放射性物質の拡散シミュレーションと原子力防災計画（主に避難）に関する検討である。福島原発事故に際しては、事故前から SPEEDI（緊急時環境線量情報予測システム）が開発されていた¹²⁷にもかかわらず避難に活用されなかったことに対して批判がみられた。また現在の原子力災害対策指針¹²⁸では、放射性物質の放出後でも UPZ（概ね 30km 圏内）では一斉避難をせず屋内退避を原則とし、避難の判断については SPEEDI 等の予測システムを使用せず各地点のモニタリングを基に行うとされている¹²⁹。

なお同指針の制定と改訂の経緯については本稿付属資料 1 に示すが、放射性物質の拡散シミュレーション（ただし SPEEDI とは全く異なる計算手法）に基づき、屋内退避でも被ばく量が一定の基準（IAEA の緊急時防護措置）を超えないことを確認したと説明されている¹³⁰。本稿ではこうした放射性物質の拡散シミュレーションと公衆の被ばくについて検討し、現行の避難政策あるいは避難計画の実効性との関連性について検討する。

2. 被ばくの要因と形態

原子力防災計画が他の災害と異なる点は、いうまでもなく原子力緊急事態に際して公衆の被ばくをいかに避けるかという観点である。被ばく概念を図 1 に、発生形態を次の表 1 に示す。また屋内退避を実施した場合、図 2 のように木造家屋・石造家屋の構造別に遮へい効果が推定されている。なお自動車で移動する場合、車両は鉄とガラスで覆われた箱とみて遮へい効果があると考えられる一方で、気密ではないため完全な遮へい効果は期待できない。一般的な車両の遮へい係数は 0.8 とする評価¹³¹もある一方で、浮遊放射性物質に対する自動車乗車中の遮へいは屋外と

¹²⁷ SPEEDI は 1980 年代から開発が始まり 2005 年に運用段階となっている。

¹²⁸ 原子力規制委員会「原子力災害対策指針」（最新は 2019 年 7 月 3 日改訂）

<https://www.nsr.go.jp/data/000024441.pdf>

¹²⁹ 2014 年 10 月 8 日、原子力規制委員会は原子力発電所の重大事故での住民の避難範囲のガイドとして、SPEEDI の予測データは参考情報として扱うに留めると発表している。

¹³⁰ 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）資料 6」（平成 30 年 9 月 12 日）のうち参考資料 2 と題するもの

<https://www.nsr.go.jp/data/000245214.pdf>

¹³¹ 経済産業省原子力被災者生活支援チーム「県道 35 号・国道 288 号における帰還困難区域の線量調査結果について」2019 年 8 月

https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/hinanshiji/pdf/190826_sannkousiryoku3r.p

同じ（遮へい効果なし）としている資料もある¹³²。

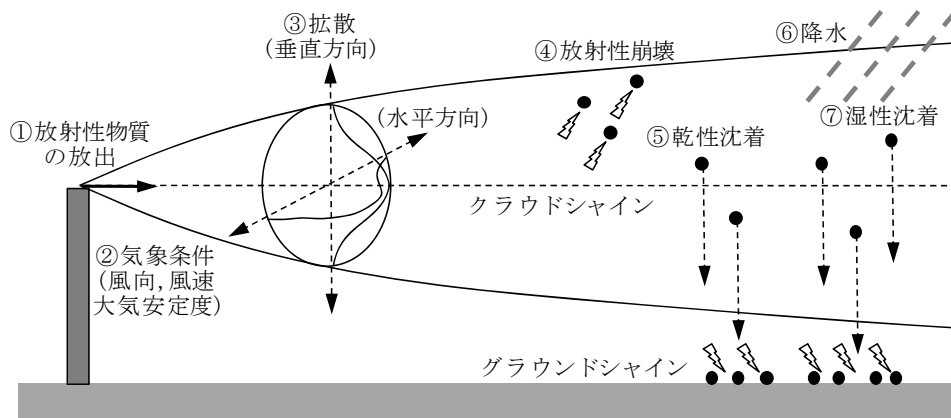


図 1 放射性物質の移動（便宜上プルームモデルの概念で表示）

表 1 被ばくの発生源と形態

放射線の発生源	被ばくの種類	評価指標（一般的な単位）
④ 通過する汚染大気塊中に浮遊するガスや粒子(に乗った放射性核種)	[外部被ばく]クラウドシャインによる外部被ばく	線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) \times 曝露時間 (滞在時間) で被ばく量として評価 (通常は mSv 単位) する。
④ 通過する汚染大気塊中に浮遊するガスや粒子(に乗った放射性核種)	[内部被ばく]汚染大気塊の吸入による内部被ばく	汚染物質濃度 (Bq/m^3) \times 呼吸量 \times 曝露時間 (滞在時間) で取込み量を推定し、核種ごとに線量率換算係数 ¹³³ ($\text{Sv} \cdot \text{m}^3/\text{Bq} \cdot \text{s}$) を用いて被ばく量 (通常は mSv 単位) に換算する。体内に長期間留まる影響を核種ごとに預託線量として換算 (通常は mSv 単位) して評価する。
⑤+⑦ 沈着物	[外部被ばく]地表等に降下した放射性物質からの放射線(グラウンドシャイン) 希ガスは沈着しない	地表汚染密度 (Bq/m^2) \times 線量率換算係数 ($\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{Bq} \cdot \text{s}$) \times 曝露時間 (滞在時間) で核種ごとに被ばく量として評価 (通常は mSv 単位) する。グラウンドシャインという名称ではないが人体・衣服・自動車等に付着する表面汚染 (緊急防護措置としては cpm で測定) も⑤+⑦に由来する。

df

¹³² 宮城県地域防災計画原子力災害対策編付属資料 3-7-3

<https://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/238493.pdf>

¹³³ さまざまな表記があるが単位換算すれば同じ。

⑤+⑦ 沈着物	[内部被ばく]汚染された水・食品の摂取による内部被ばく	避難の過程では現地の天然水や農水産物を摂取する機会はほとんどないと思われる。浄水場等に降下した放射性物質を上水道を通じて摂取する可能性はあるが今のところ考慮されていない。
⑤+⑦ 沈着物（再飛散）	[内部被ばく]地表等に降下した放射性物質が気象条件により再飛散して大気中を浮遊（塵埃）した放射性物質を吸入することによる内部被ばく	再飛散による被ばくはありうるが明確な推定手法がない。避難の過程では考慮されていない。

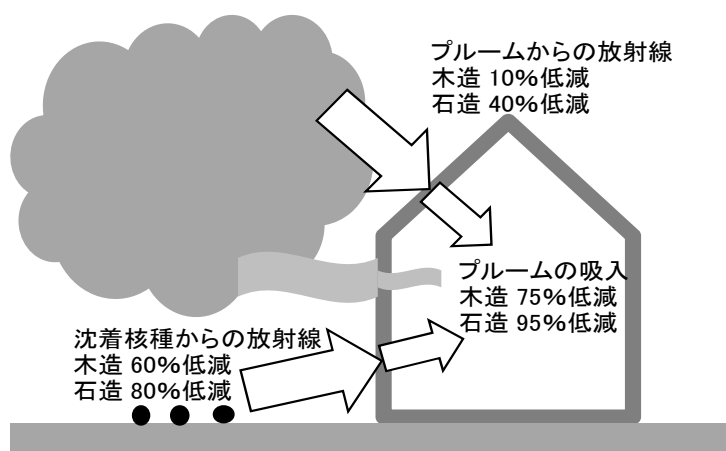


図2 建物による遮へいの概念

3. 拡散シミュレーションの概要

放射性物質の拡散シミュレーションにはいくつか異なる計算手法があるが、基本は前述の表④⑤⑦の被ばく発生源が、いつ・どこに・どれだけ出現するかを予測することである。実務的に利用されている拡散シミュレーションの計算法には表4のように大別して①プルームモデル、②パフモデル、③三次元移流拡散方程式モデルの三種類がある。これらは大気汚染（公害）の分野で煙突から煤煙がどのように拡散するかのシミュレーションと同じであり、その対象が窒素酸化物等の大気汚染物質なのか放射性物質なのかの違いであって計算手法は共通である。

大気汚染と異なる点として、移動中の時間経過による放射性物質の崩壊に伴う減衰を考慮するが、半減期の長い核種ではあまり関係がない。計算手法の利用法の観点でいえば、③三次元移流拡散モデルのうち大規模なものは天気（気象）予報に使用されている。「スギ花粉飛散予報」「大陸からの黄砂飛来」等もこの手法で計算される。昔の天気予報では担当官が天気図を基に経験的に推定していたが、シミュレーションによる天気（気象）予報が実用化されてからは「数値予報」と呼ばれている。表2に各タイプの特徴を示す。

表 2 拡散シミュレーション¹³⁴の分類と特徴・制約

計算法の分類	特徴・制約	事例
プルームモデル	一定の風向・風速における拡散計算が簡便 地形の影響は考慮できない 非定常の風向・風速、降水等に対応不可	伝統的に大気汚染関係で用いられている 原子力規制庁「放射性物質の拡散シミュレーションの試算結果について ¹³⁵ 」原子力災害対策指針初版制定時 瀬尾コード（関西電力大飯 3 号機の被害予測に適用 ¹³⁶ ）
パフモデル	非定常の風向・風速、降水等に（近似的に）対応可 計算が比較的簡便 地形の影響は考慮できない	日本原子力研究開発機構「OSCAAR」
三次元移流拡散モデル	非定常の風向・風速、降水等に対応可 地形の影響を考慮できる 計算負荷は前二者と比べて圧倒的に大きいモデルの規模によってはパソコンでも処理可能	原子力規制庁「SPEEDI」 東京電力「DIANA」 福島事故時に海外で報告されたいくつかの拡散シミュレーション 環境総合研究所「SuperAir ¹³⁷ 」、三菱重工「MEASURES ¹³⁸ 」その他多くの研究機関・コンサルタント等で開発・運用

○プルームモデル

各々のモデルの概念を次に示す。例えば煙突から排煙が拡散してゆくとき、一見すると排煙は図 3 のようにランダムに乱れているように見えるが、図 5 のように排煙を長時間撮影すると、気象条件にもよるが、ある範囲では一定の筈状に広がってゆく。また図 4 は火山からの噴煙の衛星

¹³⁴原子力分野では「コード」と称するが一般にいう「プログラム」「ソフト」を指す。

¹³⁵ 原子力規制庁「放射性物質の拡散シミュレーションの試算結果について」2012年10月および「総点検版」2012年12月

https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/pdf/02_houshashisan.pdf

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

¹³⁶朴勝俊「原子力発電所の過酷事故に伴う被害額の試算」『国民経済雑誌』vol.191, No.3, p.1

¹³⁷ (株)環境総合研究所「Super シリーズ」

<http://eritokyo.jp/sim/air3d/index.html>

¹³⁸ 糠塚重裕ほか「」『三菱重工技報』Vol.46, No.4, 2009, p.33

<https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/464/464033.pdf>

写真であるが、一見すると噴煙はランダムに噴出しているように見えるが、やはり長距離を流れてゆく様子を観察するとマクロ的には幾何学的な筈状になっている¹³⁹。

これを図6のように正規分布に従った拡散をしているとして近似する考え方である。この正規分布の広がりかどの程度になるかを気象条件（風速・日射等により決まる大気安定度）によって設定することで気象条件を反映している。ただし計算期間中で風向・風速は一定（直線型プルームモデルと呼ばれる）としているので非定常（随時変化する）の風向・風速の変化を反映できない。降水の影響は反映できない。

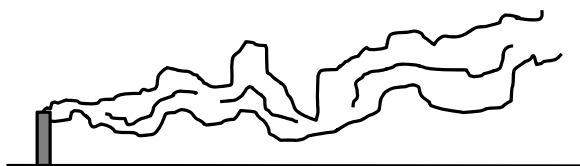


図3 煙突からの排煙



図4 長時間撮影した排煙

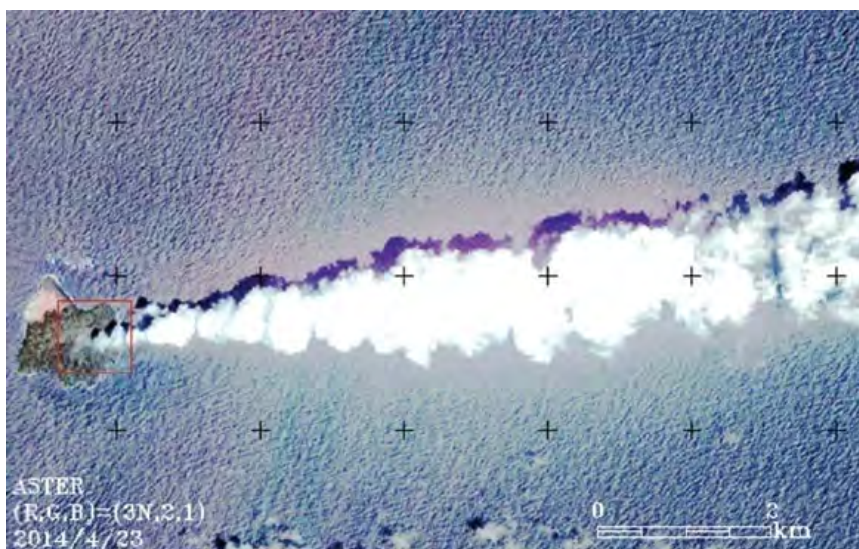
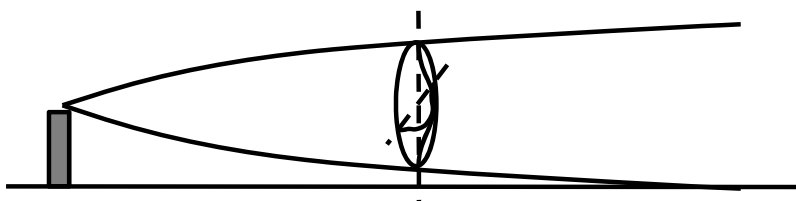


図5 火山の噴煙の拡散



¹³⁹福井敬一「衛星搭載光学センサーを用いた西之島火山における噴煙活動評価」『気象研究所技術報告』No.78, p.11, 2017年

図6 プルームモデルの概念

プルームモデルの基本的な数式型は次のようになる。

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left\{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right\} \left[\exp\left\{-\frac{(z+He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z-He)^2}{2\sigma_z^2}\right\}\right]$$

地表面の濃度については上式で $z=0$ となるので簡略化できる。

$$C(x,y) = \frac{Q}{\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left\{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right\} \exp\left\{-\frac{He^2}{2\sigma_z^2}\right\}$$

記号

$C(x,y,z)$	発生源の風下 $x,y,z(m)$ 地点での濃度
σ_y, σ_z	プルームの y,z 方向の拡散幅 (大気の安定条件はここに反映される)
Q	単位時間あたりの汚染物質の排出 (m^3/s) 放射性物質では (Bq/s)
U	風速 (m/s)
He	発生源の地上からの高さ

○パフモデル

図7はパフ(円形を仮定した雲)モデルの概念である。放出源から発生した汚染大気パフがその場の気象条件(風向・風速)と時間経過に応じて次第に拡散・希釈しながら移動してゆくモデルである。パフモデルでも一つのパフ内部では濃度が正規分布していると仮定する。規制庁では屋内退避を原則とする評価にあたって日本原子力研究開発機構で開発された「変動流跡線パフモデル」を使用した「OSCAAR¹⁴⁰」を使用したとしている(事例は東海第二原発)。非定常の風向・風速を近似的に反映できる。地表への沈着、降水の影響が考慮できる。地形の影響は反映できない。

¹⁴⁰日本原子力研究開発機構安全研究センター「OSCAAR コードパッケージの使用マニュアル」
2020年3月

<https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Testing-2020-001.pdf>

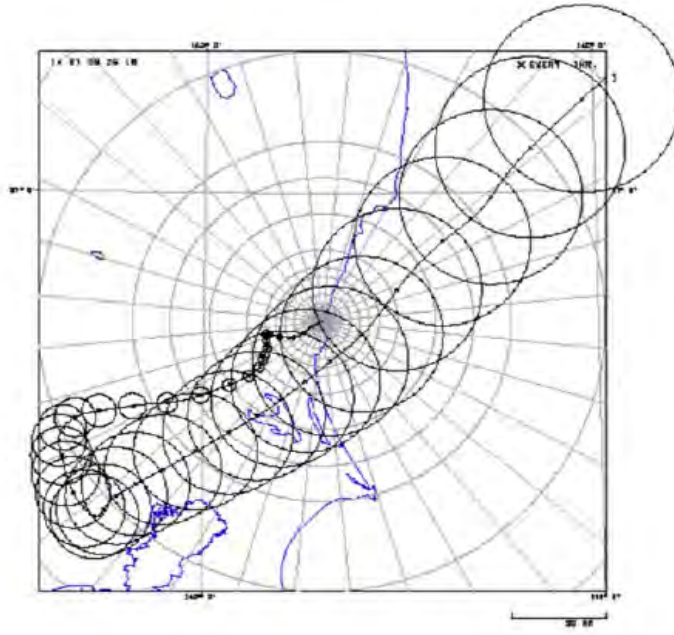


図7 パフモデルの概念

パフモデルの基本的な数式型は次のようになる。

$$C(x,y) = \frac{q}{\pi^{3/2} \sigma_y \sigma_z} \exp \left\{ -\frac{(x+y)^2}{2 \sigma_y^2} \right\} \exp \left\{ -\frac{H_e^2}{2 \sigma_z^2} \right\}$$

記号はプルームモデルと共通。

○三次元移流拡散モデル

図8は三次元移流拡散モデルの概念である。図9のように空間を三次元(x,y,z)に区分した格子(箱)に分割して、各格子に出入りする物質・熱・運動量を互いに関連づけて計算する手法である。このため図9のように三次元すなわち地形の影響を考慮できる。格子の切り方(x,y)は局地的な大気汚染(道路周辺の大気汚染など)では10m程度のオーダーから、広域の気象モデルでは20km程度になる。図10に示す気象庁黄砂予測システムでは50kmである¹⁴¹。

¹⁴¹ 気象庁「黄砂情報」

<https://www.data.jma.go.jp/env/kosa/fcst/>

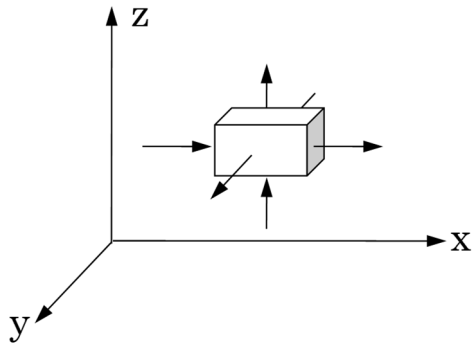


図8 三次元移流拡散モデルの概念

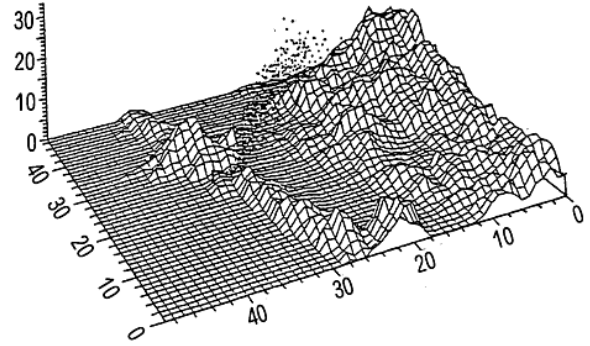


図9 地形の反映

三次元移流拡散モデルの基本的な数式型は次のようになる。偏微分方程式で記述され、実務的には数値的に解くプログラムにより計算される。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial C}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial C}{\partial y} + w \cdot \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \cdot \frac{\partial C}{\partial z} \right) + Q$$

記号

C	汚染物質の濃度
t	時間
x, y, z	座標軸 x 風軸方向, z 高さ方向
u, v, w	x, y, z 方向の平均流成分 (各地点の風速、風向分布が反映される)
D _x , D _y , D _z	x, y, z 方向の乱流拡散係数
Q	汚染物質の排出速度

計算には u, v, w (各地点の風速、風向分布) や D_x, D_y, D_z (各方向の乱流拡散係数) が必要である。適切に設定しないと計算結果の意味がないので計算には専門的知識を必要とする。

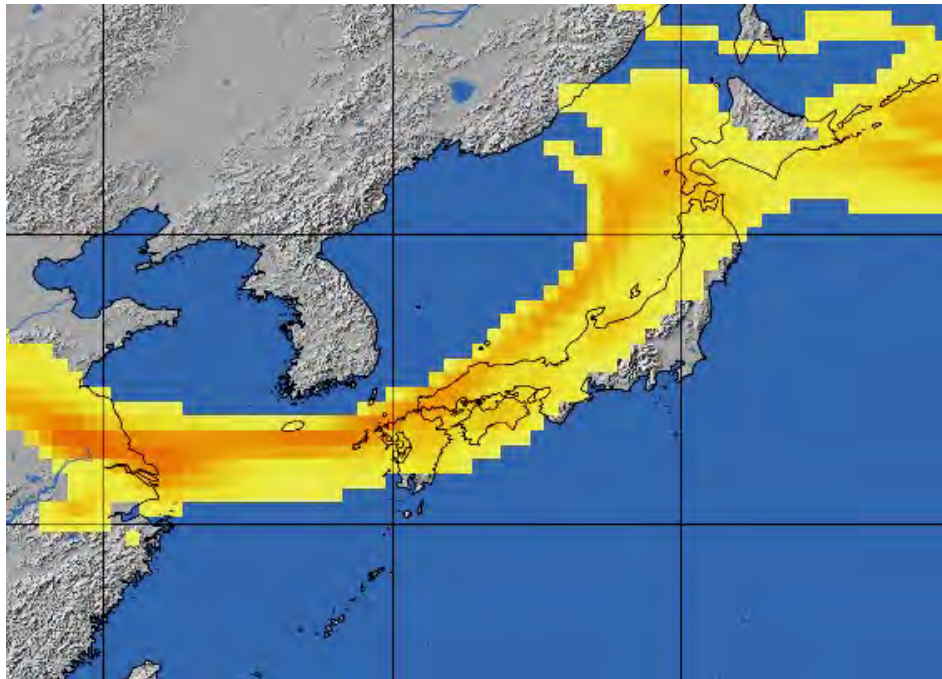


図 10 気象庁黄砂予測システム

格子の切り方（解像度）が粗ければ、たとえば UPZ 全体が一つの格子で同一の値となってしまうので避難の指標にならない。現在の気象予報は翌々日程度の期間まで市町村毎・1 時間毎の気象予報（風向・風速・降水）が可能となっている。これは放射性物質の拡散の予測と密接に関連するが、避難と関連づけるには結果が市町村レベルではその中で一様な数値となってしまうので避難の指標としては適切でなく、より高い解像度が必要となる。SPEEDI では濃度・線量計算については 250m である¹⁴²。目的に合った格子の切り方を設定しないと適切な結果が得られない。

三次元移流拡散モデルは、気象計算ではスーパーコンピューター級の計算能力が必要になる一方で、使い方によってはパソコンでも実行可能である。福島事故に際して、海外の研究機関等から拡散シミュレーションの動画がいち早く提供されたのに対して日本政府から適切な避難情報が伝達されなかったことに対する批判がみられたが、海外のシミュレーションは広域モデル（基本的には自国に対する影響が関心の対象）であり福島現地での避難の指標には使えないので、直接比較する対象ではない。

拡散シミュレーションの使い方として、いずれのモデルであっても大別して三種類の使い方が考えられる。①緊急時に際して、その時発生している放出源情報や気象条件に従って、どの地域でどれだけ被ばくが予測されるかを推定する即時・短期予報的な使い方、②予め気象条件や事故パターンを想定してケーススタディを行い防護措置計画の参考にする、③事後にどこでどれだけ被ばくしていたかを検証する、という三種類である。SPEEDI はもともと①を主目的としていた

¹⁴²局地気象予測計算については 2km、質量保存則風速場計算については 500m となっている。
<http://agora.ex.nii.ac.jp/earthquake/201103-eastjapan/weather/data/wind-model-20110311/>

が、福島事故では機能しなかった。②の使い方では、該当サイトで出現しうる気象条件を事前に何ケースか仮定して評価する。この使い方では柏崎刈羽原発を例として SPEEDI により試算した例¹⁴³を図 11 に示す。ただしこれは使用例を示すものであって実際の避難計画とは連動していない。一方、新潟県は東京電力が開発・保有している DIANA を利用することを検討している。DIANA と SPEEDI は機能として概ね同等と考えられる¹⁴⁴。ただし図 12・図 13 に示すように、同じ想定で計算しても SPEEDI と DIANA で結果が異なる（避難計画あるいは避難指示に大きな影響を与える可能性という意味で）場合も報告されている¹⁴⁵。



図 11 SPEEDI を使用したシミュレーション例（線量率での評価）

¹⁴³ 新潟県「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」資料，放射性物質拡散シミュレーション結果，2015 年 12 月 16 日

<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/genshiryoku/1356828270087.html>

¹⁴⁴ 新潟県「新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会」第 14 回，2020 年 11 月 16 日

資料 <https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/242206.pdf>

議事録 <https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/249418.pdf>

¹⁴⁵ 「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」資料，2015 年 12 月 16 日

公益財団法人原子力安全技術センター「SPEEDI と DIANA の比較」2015 年 12 月 16 日

<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/35079.pdf>

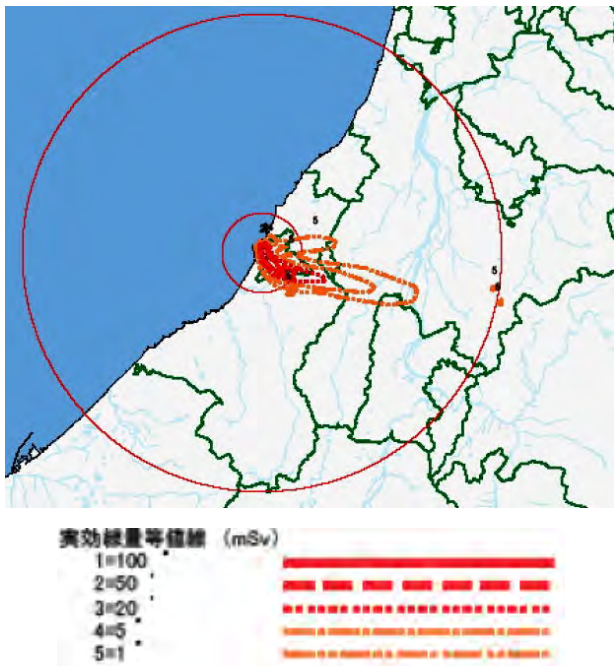


図 12 SPEEDI

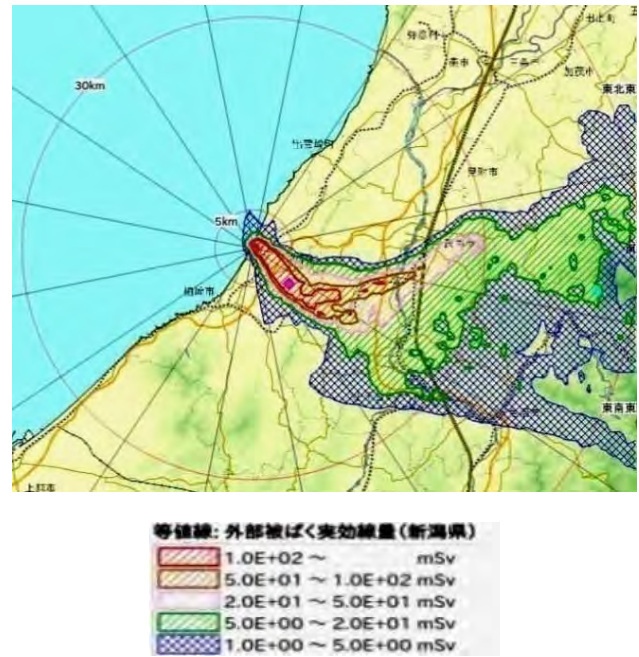


図 13 DIANA

4. 避難における拡散シミュレーションの利用と制約

SPEEDI は 1980 年代から開発が始まり、2005 年に運用段階に達した状態で福島原発事故を迎えた。当初はベント放出程度の比較的小規模（格納容器破損等に至らないという意味で）・短時間の現象を想定していたが、より長時間・広域のモデルを扱う WSPEEDI、WSPEEDI-II 等の機能拡張が行われた。しかし既知のように福島原発事故では活用できなかった。2014 年 10 月 8 日の原子力規制委員会において、原子力規制庁は緊急時における避難や一時移転等の防護措置の判断にあたって、SPEEDI による計算結果は使用しないことについて説明している¹⁴⁶。これは原子力災害対策指針にも反映されている。その理由として「福島原発事故の教訓として、原子力災害発生時に、いつどの程度の放出があるか等を把握すること及び気象予測の持つ不確かさを排除することはいずれも不可能であることから、SPEEDI による計算結果に基づいて防護措置の判断を行うことは被ばくリスクを高めかねないとの判断によるものである」としている。

これに対しては批判も寄せられているが、仮に SPEEDI（その他の移流拡散方程式モデル）によるシミュレーションの結果が提供されたとしても、それに基づいて避難方向を随時変更する等の対応は、実際の避難交通の場面では不可能と思われる。多数の車両が一斉に移動する現実の避難交通は長時間を要し、ひとたびある方向に動き出せば状況が変わったからといって避難方向（目的地）の変更は容易ではない。気象状況が安定していればよいが、時間単位で風向が逆転するこ

¹⁴⁶原子力規制庁「緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（SPEEDI）の運用について」
<https://www.nsr.go.jp/data/000027740.pdf>

ともある。精緻な計算を行おうとすればそれだけ多くの入力が必要とするディレンマもあり、必ずしも精緻なモデルほど利用価値が高いともいえない面がある。

さらに拡散シミュレーションだけでは避難に必要な数値的指標は得られない。拡散シミュレーションモデル自体が原理的に精緻なものであっても、その機能は「放出源における核種の濃度を1.0（あるいはその他の基準量）とした場合に、それが各地点で相対的にどのくらい薄まるか」を計算するだけである。各地点での実量を求めるには、拡散シミュレーションで得られた結果（相対的な比率）に対してソースターム（どの核種が・どのような状態で・いつから・どの期間で・どれだけ放出されるかのシナリオ）により得られる放出源の量に乗じる必要があり、放出源情報が伴わないと結果に意味がない。またソースタームは一般に「ある想定量の放射性物質が一定時間にわたり放出される」と設定されるが、実際の福島事故での、事後に推定されたソースタームは次の図14のとおりである¹⁴⁷。一週間以上経過してもなお時折り突発的な放出があり、もしこれを拡散シミュレーションに反映させるとすれば、その都度ソースタームを入れ替えて再計算する必要があるが、それは事前にはわからない。事前の検討あるいは事後の被ばく評価にはともかく緊急時の避難の指針として利用するには現実的でない。またこの点から、海外の研究機関等から提供された拡散シミュレーションの動画についても、ソースタームは入手できなかったのだから独自に想定したと考えられるので、実際の避難の指針にはならなかったと思われる。

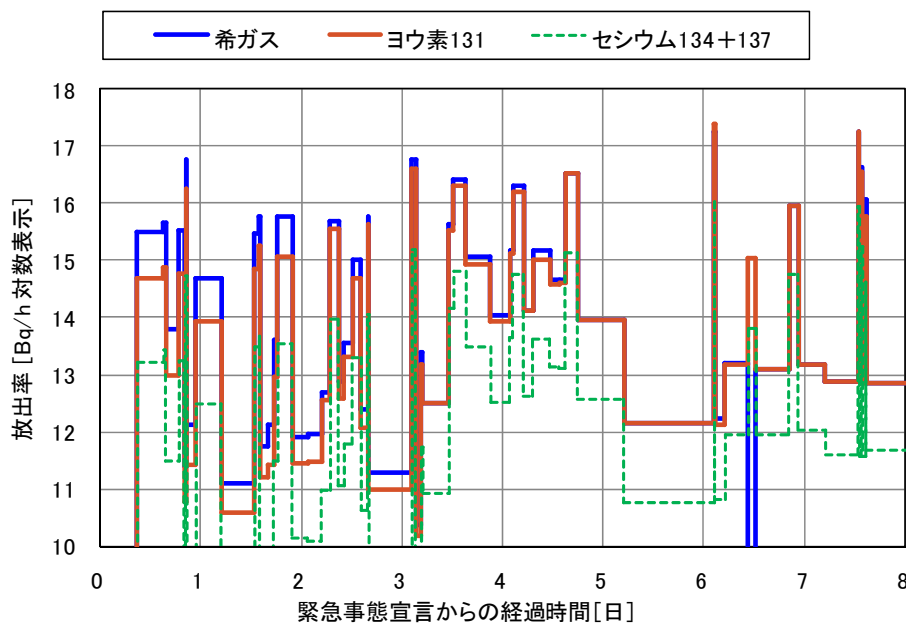


図14 福島事故でのソースターム（事後の推定）

一見すると、三次元移流拡散モデルを使って格子を細かく切る（「解像度」と言われる）ほど信

¹⁴⁷東京電力「福島第一原子力発電所事故における放射性物質の大気中への放出量の推定について」のデータを図化表示

http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120524j0105.pdf

頼性の高い結果が得られるように思うが、必ずしもそうとはいえない。各々の設定条件のうち最も粗い（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。プルームモデルでは、計算の開始（初期値）にあたって全体的な風向・風速・大気安定度が1点あれば計算可能なのに対して、三次元移流拡散モデルでは多数の格子点すべての風向・風速データが必要となる。ことに垂直（高度）方向の風向・風速等は容易に得られるものではない。また格子を細かく切ったからといって、それを空間的（長距離）・時間的（長時間）に延長した場合の信頼性が高まるともいえない。これは天気予報が先になるほどの中確率が低下するのと同じである。緊急事態に際しては諸々の設定条件が妥当かどうか吟味している余裕もない。むしろ緊急時には同心円状に暗算でもできる「距離」÷「風速」＝「到達時間」ていどの指標のほうが現実的という評価もある¹⁴⁸。もともと SPEEDI は避難範囲がせいぜい 10km 圏程度の事故規模を想定しており、大規模な放射性物質の放出により 30～50km 圏の退避が必要となったり、県を超えて広域に汚染が発生するような事態を想定しておらず、福島事故に関してはもともと機能・運用とも役に立たないシステムであった。避難への利用という観点では、拡散シミュレーションというより気象予測の問題であり、現在では翌々日程度までの市町村毎・1 時間毎の気象予測がインターネットで容易に得られることを考慮すれば、拡散シミュレーションの利用価値は疑問ともいえる。

図 15 は福島原発事故の後に周辺（現在でいえば UPZ 圏内）で観測された線量率であるが¹⁴⁹、発生から 10 日以上経っても無視しえない線量率のスパイクがみられる。一般に希ガスが先に出てその後に重い核種が続くと考えられるが、結果としては不規則であり、緊急事態に際して予測的に情報を提供することは困難と思われる。計画的なベント放出であればソースタームは予測可能であるが、より大きな事象では予測困難である。

¹⁴⁸ 林祥介ほか「大気中の物質拡散入門 原子力発電所からの放射性物質拡散を念頭に」

https://www.gfd-dennou.org/library/kakusan/kakusan_110921.pdf

¹⁴⁹福島県原子力センター

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/jikogo-post.html>

http://www.atom-moc.pref.fukushima.jp/old/monitoring/monitoring201103/201103_mpdata.html

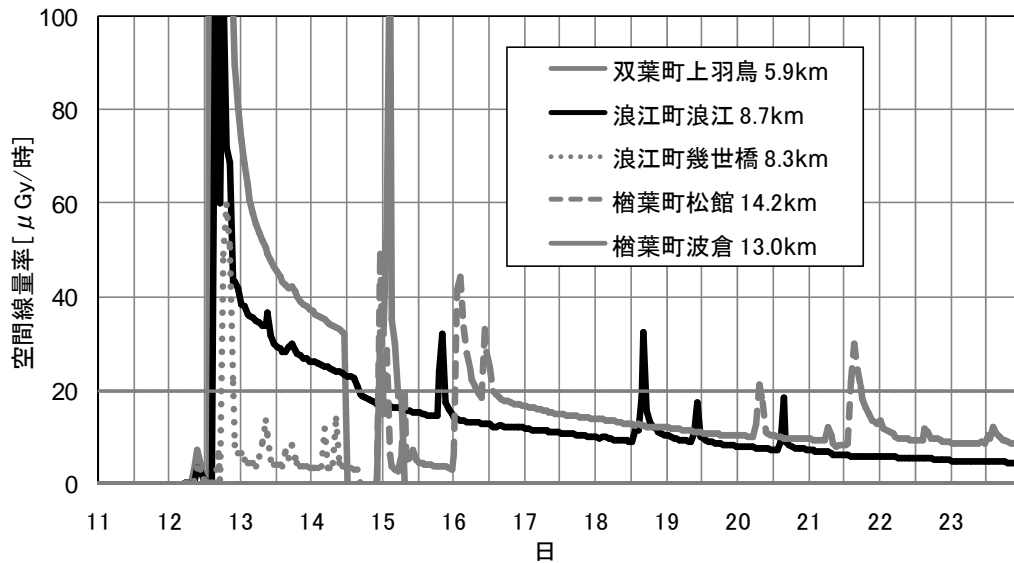


図 15 福島事故での空間線量率の推移 (Gy ≡ Sv)

福島事故当時、SPEEDI の情報が国内では活用されなかった一方で優先的に在日米軍に提供され、在日米軍や在日米大使館は在日米国人に対して 80km 圏外に退避するように指示（アナウンス）を出したとされているが、これは疑問である。前述の理由により当時の SPEEDI の情報を提供したとしても役に立たない内容だった。迅速に 80km 圏外に退避の指示（アナウンス）を出したのは、もともと米国の原子力防災は本気で核戦争が起きる想定をしていたことが背景にありマニュアルが整備されていたためではないか。80km は米国単位でいうと切りの良い 50 マイルであることから、SPEEDI の情報をもとに設定したのではなく既定の方針があったと思う。

一方で「市民版 SPEEDI」として報道されたシステムが注目された¹⁵⁰。背景として、福島事故では東電や政府その他の公的機関から避難に必要な情報が提供されず、隠蔽（事故を過小に見せる）があったとの疑心暗鬼さえ生じ、多額の公費を投じて開発した SPEEDI が機能しなかったのに当時 10 万円で提供されていたパソコン向けソフトでも同等の計算が可能であることが指摘された等の事情がある。このため次の原子力緊急事態が発生した場合に、市民あるいは自治体のレベルで、パソコンでも実行可能な拡散シミュレーションを保有していれば自主的に避難の判断ができるとの期待がみられた。しかしこの解釈には注意が必要である。

かりに SPEEDI と同等の計算が可能としても、ソースターム情報がなければ結果に意味がない。福島事故ではこれが全く得られなかった。3 号機が爆発した直後のテレビ会議によると「実際のソースタームでどれだけ出たかは、観測値と比べて後でフィッティングさせますので」とか、3 号機の爆発直後には「我々 [吉田所長] もテレビでしか分からないんですね」という発言¹⁵¹が記

¹⁵⁰ 毎日新聞「拡散予測システム 原発避難計画に活用を」2012 年 8 月 5 日

¹⁵¹ 福島原発事故記録チーム編『福島原発事故 東電テレビ会議 49 時間の記録』岩波書店, p.266, 2013 年 9 月。

録され、避難の判断に必要な発生源情報が期待できなかった。避難訓練を視察した一例¹⁵²では、想定事故に対して事業者から派遣された担当者が炉の現状等を説明していたが、避難の当事者がかりにシミュレーションを利用しようとしてもそのような情報では利用価値はない。真に必要な情報は「いつ・どれだけ・どの核種」の放射性物質が放出されるかである。

かりに市民版拡散シミュレーションに利用価値があるとすれば、さまざまな条件を想定した事前のケーススタディにおいて電力事業者や政府に依存せず、大きな費用を要さずシミュレーションが可能である点である。諸々の関連情報が判明してから事後に市民版拡散シミュレーションを稼働しても、各地の住民がどれだけ被ばくしたかがわかるだけであって、実際の緊急事態発生時において被ばくを避けるために行う避難の判断に利用することはできないと思われる。

しかし拡散予測の専門家は、シミュレーションには不確実性があることを理解した上で予測機能を活用すべきであり、SPEEDIの使用を放棄したことは国の施策としては福島事故の時点より後退であると指摘している¹⁵³。

5. 屋内退避に関する規制庁試算

もともと UPZ での区画は安全とは結びついていないが、さらに現在まで「指針」の方針が大きく変質している。初版策定時には、各原発について福島原発事故に相当する放射性物質の放出（各原発の出力に比例した放出量）が起ころうとの前提で試算していたが、2014年5月の改訂で UPZ については屋内退避を原則とする方向に転換された。その資料として屋内退避を妥当とする試算が提出されているが、前述のようにその試算にあたり放射性物質の放出量を福島原発事故の約 100 分の 1 とするなど桁ちがいに低く想定した前提に基づいている¹⁵⁴。さらに 2017 年 7 月 5 日の改訂では「警戒事態」の要件の一つである地震と津波について、改訂以前は原発が立地する都道府県において震度 6 弱以上の地震の発生や大津波警報の発表（予報区）が対象であったが、その範囲が市町村に縮小された。こうした変遷の真の背景は公開されていないが、初版策定時にまず 30km の数字を決めた後に避難時間シミュレーションの結果が順次提示されたところ、30km 圏の住民の迅速な避難は不可能という結果が露呈したため、UPZ は屋内退避を原則とせざる

¹⁵² 「新潟県平成 30 年度原子力防災訓練」2019 年 2 月 6 日実施

<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/genshiryoku/1356912016470.html>

¹⁵³ 原子力災害時の避難方法に関する検証委員会「第 14 回新潟県原子力災害時の避難方法に関する検証委員会議事録」2020 年 11 月 16 日, p.36

¹⁵⁴ ただし国会質問主意書答弁「衆議院議員阿部知子君提出住民の視点から考えた避難計画に必要な情報に関する質問主意書に対する答弁書」（令和 3 年 6 月 2 日）に関する担当官ヒアリングにおいては、規制庁担当官は「確かに 100TBq という放出（注・セシウムが 100TBq 放出に相当する場合にそれに応じて他の核種も放出される）を前提に試算をしていた。それはそれで一つの条件という形で計算をしているだけで、指針の防災対策は 100TBq を上限に考えているということはない」と説明している。

るをえなくなったものと推定される。加えて、いずれにしてもこの手順による避難は国の判断に基づいて自治体の指示に基づく避難となるが、避難期間の長短はいずれにせよ補償の対象となる。その対象をできるだけ少なく限定する思惑が背景にあるものと考えられる。その経緯を付属資料 1～2 に示す。原子力規制庁は UPZ（おおむね 30km 圏内）で屋内退避を原則とする根拠として試算を行い次のように説明している¹⁵⁵。同資料のうち参考資料 2「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）」と題する内容によれば、試算の条件として次のように説明されている。

本試算では、セシウム 137 が 100 テラベクレル、その他核種がセシウム 137 と同じ割合で換算された量、さらに希ガス類が全量、環境中に放出されるような仮想的な事故を想定した。この想定は、東電福島第一原発事故を踏まえて強化された新規制基準への適合性を審査する上で「想定する格納容器破損モードに対して、Cs-137 の放出量が 100TBq を下回っていることを確認する」^(注)とされていることを踏まえて設定したものである。

またその「別紙」として「原子力災害事前対策の策定において参照すべき線量のめやすについて（案）」と題する内容によれば

4. 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は、深層防護における各層間の独立性にも留意し、適合性審査において評価された重大事故シナリオを超える Cs-137 の放出が 100TBq に相当するものとする。なお、その発生確率が極めて低く、具体的な緊急時計画を策定することが合理的であるとは考えられない極端な事故に対しても、当該事故が万が一発生した場合には、既に定められている防護措置に加えて追加の対策を実行するなど、その時点において取り得る最善の対策を講じることにより、可能な限り影響を緩和するよう取り組む。5. 以上の点及び国際的に合意されている考え方を踏まえ、事前対策めやす線量は、実効線量で 100mSv の水準とする。なお、現行の OIL に基づく防護措置を適切に講じることにより、地域住民等の公衆が受ける被ばく線量は、事前対策めやす線量を十分下回ることとなっている。

規制庁は「参考レベルは、超えてはいけない制限値ではなく、備えておくことが合理的であると考えられる事故に対して、当該事故に対する防護戦略を計画するに当たって目標とする線量の水準であり、実際の原子力災害において参考レベルを超えることを否定するものではない」とし

¹⁵⁵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）資料 6」（平成 30 年 9 月 12 日）のうち参考資料 2 と題するもの

<https://www.nsr.go.jp/data/000245214.pdf>

ている¹⁵⁶。また前出の試算¹⁵⁷においても「本試算はこれ以上の規模の事故が起こらないことを意味しているものではない」としている。

また国会質問主意書に関する担当官ヒアリングにおいては、規制庁担当官は「確かに 100TBq という放出(注・セシウムが 100TBq 放出に相当する場合にそれに応じて他の核種も放出される)を前提に試算をしていた。それはそれで一つの条件という形で計算をしているだけで、指針の防災対策は 100TBq を上限に考えているということはない¹⁵⁸」と説明しており、整合性は不明である。被ばくを考慮する期間については

線量を受ける期間は、防護措置の緊急度に応じて設定され、例えば、避難などの緊急防護措置に対しては 1 週間などの短期間が、一時移転などの早期防護措置に対しては 1 年間で適用される。

としている。避難などの緊急防護措置は「指針」の OIL1、一時移転などの早期防護措置時間は同 OIL2 に対応する。線量率自体は、クラウドシャイン（汚染雲通過時の汚染雲中の放射性物質からの放射線）のほうが、グラウンドシャイン（地表に降着した放射性物質からの放射線）よりも大きい。一方でクラウドシャインは汚染雲が通過してしまえば消失するのに対して、グラウンドシャインは継続する。このため被ばくの総量として、短期的（初期）にはクラウドシャインの寄与が大きくなるが、長期的すなわち滞在期間が長くなるとグラウンドシャインの寄与が支配的となる。規制庁の検討では表 3 のように条件を仮定している。

表 3 規制庁のソースターム想定

2. 計算条件及び評価方法

○想定する事故:放射性物質が環境に放出されるが、具体的な事故のシーケンスは設定せず、以下の条件で計算。

○炉心内蔵量 :80 万 kWe 級加圧水型軽水炉 (PWR) をモデル。

(事故直前まで定格熱出力 (2,652MWt) 比 102%の熱出力で 40,000 時間運転を継続したものととして算出。)

¹⁵⁶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 3 回) 資料 4」平成 30 年 8 月 29 日

<https://www.nsr.go.jp/data/000243578.pdf>

¹⁵⁷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) 資料 6」(平成 30 年 9 月 12 日)のうち参考資料 2 と題するもの

<https://www.nsr.go.jp/data/000245214.pdf>

¹⁵⁸「衆議院議員阿部知子君提出住民の視点から考えた避難計画に必要な情報に関する質問主意書に対する答弁書」(令和 3 年 6 月 2 日)

- 格納容器への放出割合:米国 NRC の NUREG-1465 から引用。
- 環境への放出割合:セシウム 137 の環境への放出量が 100 テラベクレルとなるように求めた係数を、NUREG-1465 から得られた各核種グループ（ヨウ素類等）の格納容器への放出割合に乗算して算出。【筆者注 この時のソースタームを表 に示す】
ただし、希ガス類については、全量が放出されると仮定。
- 炉停止から放出開始までの時間:12 時間
- 環境中への放出継続時間:5 時間（一定の割合で放出されると仮定。）
- 放出高さ:50m
- 大気中拡散・被ばく線量評価に使用した計算コード:OSCAAR（独立行政法人日本原子力研究開発機構（JAEA）安全研究センターの協力を得て実施。）
- 気象条件:年間における 1 時間毎の気象データ（8,760 通り）から 248 通りをサンプリング（茨城県東海地区）。
- 被ばく経路:外部被ばく（放射性プルーム、地表沈着によるもの）及び内部被ばく（吸入によるもの）
- 評価方法:環境中に放出された放射性物質の挙動は、放出後の気象条件によって影響を受けるため一定ではない。このため、本試算では、年間の気象データからサンプリングされた気象条件に対して得られた結果（放射性物質の濃度）を昇順に並べたものの中間値及び 95 パーセント値（百分位数）を代表値として評価。換言すれば、95%値は、特殊な気象条件を除いた最大値といえる。

この設定により試算した結果として「防護措置をしない場合の被ばく線量（全身・実効線量）」を図 16 のように示している¹⁵⁹。（この他に屋内退避のケース、甲状腺当量線量等の図あり）この結果は、放出側の条件だけでなく気象条件の設定により大きく異なり「95 パーセント値云々」はそれに関する記述である。95%値・中央値とは、年間の気象データからサンプリングされた気象条件に対して得られた結果（計算結果としての放射性物質の予想濃度）を昇順に並べたもののうち、中間値及び 95%値（極端な 5%を除いたもの）を代表値として表示している。PAZ では 95%値で評価した場合には放出源に近い一部の領域で IAEA の緊急防護措置実施に関する判断基準（1 週間滞在で 100mSv）を上回るが、UPZ では 95%値で評価しても全域で基準を下回るとしている。逆にいえば 5%は図 の試算値を超える可能性があるともいえる。なお木造家屋に屋内退避した場合には防護措置をしない場合に比べて約 25%、同じくコンクリート構造物に屋内退避した場合には同じく約 50%低減すると仮定している。

¹⁵⁹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）資料 6」（平成 30 年 9 月 12 日）のうち参考資料 2 と題するもの

<https://www.nsr.go.jp/data/000245214.pdf>

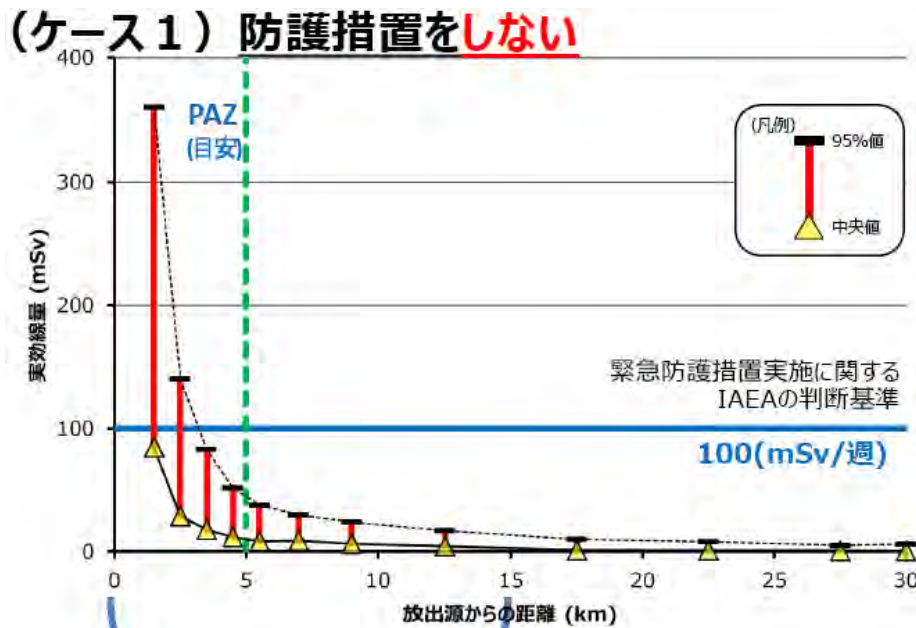


図 16 規制庁の試算（防護措置をしない場合の被ばく線量（全身・実効線量））

原子力規制委員会は 2014 年に「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）」を公表している¹⁶⁰。この資料は「指針」や内閣府の解説でも屋内退避を推奨すべき根拠として引用されている。屋内退避について、建物の壁自体が放射線の遮へい物となる「遮へい」効果と、家屋内で外気を遮断（換気扇やエアコンの停止、すき間の目張りなど）してプルームを直接呼吸することを避ける「密閉効果」により被ばく低減効果があるとしている。なおその効果は家屋の構造（木造か石造か）により異なる。

プルームが通過する時間帯には、屋外にいるよりも屋内で待機すれば多少とも被ばくが低減できることは確かである。しかしこれは事故の収束が順調に行われた場合であって、図 16 にみられるように、事故後 1～2 週間経過してもなお無視しえないプルームや沈降性の放射性物質の放出が突発的に起きる状況になれば、いつまで屋内退避を継続すればよいのか、いつ避難あるいは一時移転をすればよいのかの判断はきわめて困難であろう。

6. 規制庁の拡散シミュレーションに対する評価

前述のとおり規制庁の拡散シミュレーションはパフモデルを使用しているが、本稿でプルームモデルで試算して比較した。このモデルは以前に「瀬尾コード¹⁶¹」として内容が公開されている

¹⁶⁰原子力規制委員会「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）（2014 年 5 月 28 日）」

<https://www.nsr.go.jp/data/000047953.pdf>

¹⁶¹小出裕章・瀬尾健「原子力施設の破局事故についての災害評価手法」京都大学原子炉実験所原子力安全研究グループ・原子力安全問題ゼミ, 1997 年 8 月 29 日

ものである。プルームモデルはパフモデルより簡易化された手法であるが、以前から定式化されており計算方式としてその後の変化はない。いずれにしても近似的な方法であるから比較としてオーダーレベルで合致していれば評価の対象になりうると考えられる。プルームモデルは拡散パラメータ（鉛直方向の σ_z ）による拡散計算と、汚染雲移動中の時間経過による核種ごとの減衰、核種ごと地表への沈着率を考慮している。また「クサビ型モデル」を仮定し、風軸と直角方向の地上での濃度分布は一様としている。これに前述の表による外部被ばく（クラウドシャイン）・汚染大気の吸入による内部被ばく・地表等に降下した放射性物質からの放射線（グラウンドシャイン）による被ばくを核種ごとに評価し、滞在時間（曝露時間）を考慮して被ばく量を推定する。このモデルを用いて、できるだけ規制庁の拡散シミュレーションと近い条件設定により試算して比較した結果を図 17 に示す。もともと計算方法の精度の制約を考慮すれば概ね再現できているといえる。

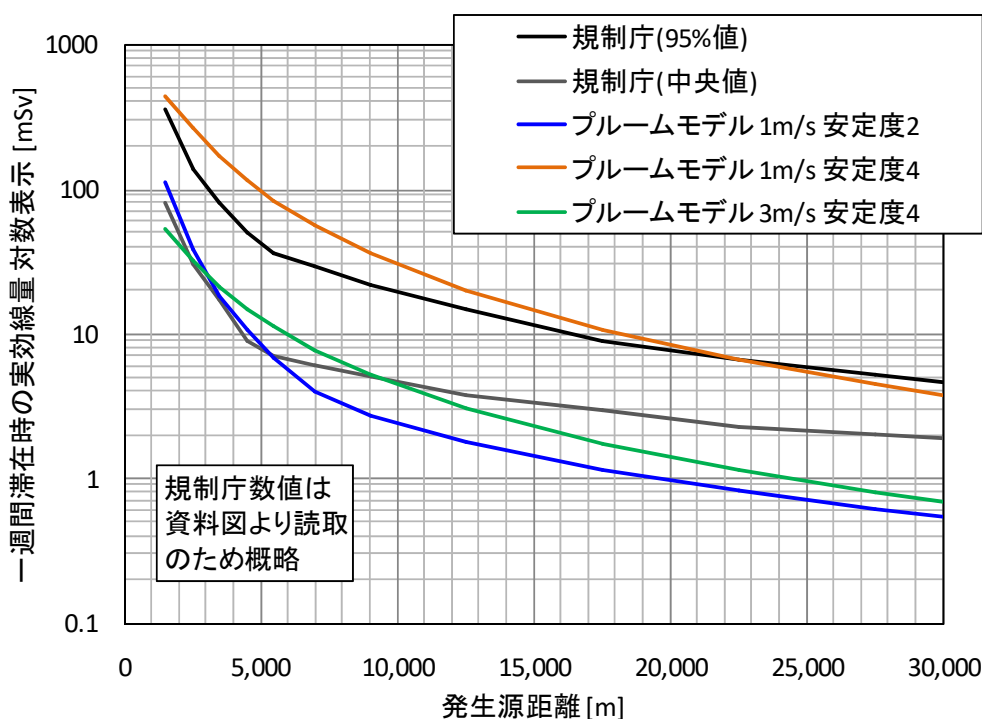


図 17 規制庁試算とプルームモデルの比較

しかし前述のように、拡散シミュレーションは発生源からの相対的な希釈率を計算する手段であって、発生源の状況（ソースターム）が異なれば結果は全く異なる。規制庁のソースタームは「想定する格納容器破損モードに対して、Cs-137 の放出量が 100TBq を下回っていることを確認する」とした数値である。これに対して福島事故における推定放出量¹⁶²と、米国原子力委員会

<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/seminar/No68/kid9708.html>

¹⁶² 報告者によっていくつかの異なった数値があるが、ここでは旧原子力安全・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

の原子炉事故の確率論的評価（WASH1400¹⁶³）による BWR におけるケース毎のソースタームを比較し表 4 に示す。この中規模事故とは、格納容器が加圧によって破壊されるが、炉心から放出された放射能は、原子炉建屋を通して放出される。放射性物質は、沈着したり圧力抑制プールの水で除去され全量が環境中に放出されるわけではない。なお各ケースは資料の制約により全核種が比較されているわけではない。全体として、規制庁の評価は Cs-137 についてみれば福島事故の放出量と比較すると約 100 分の 1 であり、また WASH1400 の BWR における中規模事故と比較すると同じく約 100 分の 1 と想定されている。

表 4 各種推定による放出量比較（単位 Bq）
※報告により評価核種が異なるため数値のない核種もある

核種	規制庁想定	福島事故推定 旧保安院評価				WASH1400 BWR 中規模
		1号機	2号機	3号機	合計	
KR-85	4.0E+16	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E+16
KR-85m	1.4E+17	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.9E+17
KR-87	2.0E+15	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.7E+18
KR-88	9.9E+16	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.5E+18
SR-89	1.3E+14	8.2E+13	6.8E+14	1.2E+15	2.0E+15	3.5E+16
SR-90	1.2E+13	6.1E+12	4.8E+13	8.5E+13	1.4E+14	1.4E+15
SR-91	6.7E+13	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.1E+16
Y-90	5.0E+11	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.3E+14
Y-91	7.5E+12	3.1E+11	2.7E+12	4.4E+11	3.4E+12	1.3E+16
ZR-95	1.0E+13	4.6E+11	1.6E+13	2.2E+11	1.7E+13	1.7E+16
ZR-97	6.4E+12	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.7E+16
NB-95	1.0E+13	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.7E+16
MO-99	8.8E+12	8.1E+07	1.0E+04	6.7E+06	8.8E+07	1.2E+17
TC-99m	2.2E+12	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.0E+17
RU-103	8.1E+12	2.5E+09	1.8E+09	3.2E+09	7.5E+09	8.1E+16
RU-105	8.3E+11	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.3E+16
RU-106	2.8E+12	7.4E+08	5.1E+08	8.9E+08	2.1E+09	1.9E+16
RH-105	4.0E+12	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.6E+16
TE-129	7.4E+10	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.4E+17
TE-129m	1.0E+13	7.2E+14	2.4E+15	2.1E+14	3.3E+15	5.9E+16
TE-131m	5.8E+13	9.5E+13	5.4E+10	1.8E+12	9.7E+13	1.4E+17
TE-132	4.2E+14	7.4E+14	4.2E+11	1.4E+13	7.6E+14	1.3E+18
I-131	7.3E+14	1.2E+16	1.4E+17	7.0E+15	1.6E+17	3.1E+17
MI-131	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.2E+16

ついて」2011年6月6日による。（現在は国立国会図書館デジタルコレクションに移管されている）

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

¹⁶³ “Reactor Safety Study An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants (Appendix VI)”, United States Nuclear Regulatory Commission, October 1975

I-132	3.0E+13	4.5E+14	9.6E+11	1.8E+13	4.7E+14	4.4E+17
I-133	1.1E+15	6.5E+14	1.4E+12	2.6E+13	6.8E+14	6.3E+17
I-134	1.3E+11	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.0E+17
I-135	4.3E+14	6.1E+14	1.3E+12	2.4E+13	6.3E+14	5.6E+17
MI-135	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.9E+16
XE-133	5.2E+18	3.4E+18	3.5E+18	4.4E+18	1.1E+19	6.3E+18
XE-135	6.6E+17	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E+18
CS-134	1.6E+14	7.1E+14	1.6E+16	8.2E+14	1.8E+16	2.8E+16
CS-136	4.6E+13	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E+16
CS-137	1.0E+14	5.9E+14	1.4E+16	7.1E+14	1.5E+16	1.7E+16
BA-140	2.3E+14	1.3E+14	1.1E+15	1.9E+15	3.2E+15	5.9E+16
LA-140	8.9E+12	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.8E+16
CE-141	9.6E+12	4.6E+11	1.7E+13	2.2E+11	1.8E+13	1.7E+16
CE-143	7.1E+12	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E+16
CE-144	7.4E+12	3.1E+11	1.1E+13	1.4E+11	1.1E+13	9.4E+15
PR-143	8.8E+12	3.6E+11	3.2E+12	5.2E+11	4.1E+12	1.4E+16
ND-147	3.8E+12	1.5E+11	1.3E+12	2.2E+11	1.6E+12	6.7E+15
PM-147	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E+15
PM-149	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.4E+15
PU-238	2.0E+10	5.8E+08	1.8E+10	2.5E+08	1.9E+10	6.3E+12
PU-239	2.2E+09	8.6E+07	3.1E+09	4.0E+07	3.2E+09	2.3E+12

前述のように規制庁の屋内退避の方針は「想定する格納容器破損モードに対して、Cs-137 の放出量が 100TBq を下回っていることを確認する」との前提に基づいている。表 のとおり福島事故で環境中に放出された放射性物質は、Cs-137 にして東電推定（前出）による 15PBq（=15,000TBq）のほか各機関の推定でも 6～15PBq 前後と推定されている。これより規制庁のいう 100TBq は福島事故で放出された規模のおよそ 100 分の 1 に相当する。これが通称されるところの「世界一厳しい安全基準」と対応する数値と解釈される場合があるが、この基準は、福島事故後に定められた数値ではなく、2003 年に旧原子力安全委員会の安全目標専門部会が「安全目標」の案として提示した数値を再録したものに過ぎない¹⁶⁴。ここでは原子炉 1 基あたりで炉心損傷頻度が 1 万年に 1 回、格納容器の機能喪失（放射性物質の閉じ込め失敗）頻度が 10 万年に 1 回、Cs-137 の放出量が 100TBq を超える事故の発生頻度が 100 万年に 1 回となるようにすべきとされていた。ところが実際は、日本についてみれば福島原発事故前までの原子炉運転年数の累積が 1,423 炉年に対して 3 炉（福島第一原発 1～3 号機）で破滅的事故が発生しているから、確率とすれば約 500 炉年に 1 回に相当し、机上の想定よりも実態は 3 桁以上も大きかった。さらに Cs-137 の放出量も 100 倍多い結果をもたらした。さらに防護措置を講じた場合の屋内退避期間を 2 日間としているが、放出が 2 日で収束するという実証的な根拠もない。福島事故では図 に示すように一週間以上経過してもなお時折り突発的な放出がみられた。福島事故では同試算では

¹⁶⁴原子力規制庁「安全目標と新規制基準について」2017 年 8 月 7 日

<https://www.nsr.go.jp/data/000198792.pdf>

「本試算はこれ以上の規模の事故が起こらないことを意味しているものではない」などという曖昧な記述もみられ、避難計画の前提とするには根拠薄弱と言わざるをえない。

本稿は格納容器破損に関する技術的検討ではないので詳細は触れないが、原子力規制委員会は「審査ガイド¹⁶⁵」において、「設置許可基準規則の解釈内規」で、「放射性物質による環境への汚染の視点も含め環境への影響をできるだけ小さくとどめるものであること」を確認するため、想定する格納容器破損モードに対して、「セシウム 137 の放出量が 100 テラベクレルを下回っていることを確認する」としている。すなわち各種の技術的対策により、格納容器が破損したとしても Cs-137 にして 100TBq を超えるような大規模な破壊は起こらないことを確認するとしている。格納容器破損モードとは次の表 5 のように想定されている。

表 5 格納容器破損モード

格納容器破損モード	評価事故シーケンス
① 雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）	大破断 LOCA+HPCS 失敗+低圧 ESSC 失敗+全交流動力電源喪失
② 高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱（DCH: Direct Containment Heating）	過渡現象+高圧注水失敗+手動減圧失敗+炉心損傷後の原子炉減圧失敗（+DCH 発生）
③ 原子炉圧力容器外の溶融燃料一次冷却水相互作用（FCI: Fuel Coolant Interaction）	過渡現象+高圧注水失敗+低圧 ESSC 失敗+損傷炉心冷却失敗（+FCI 発生）
④ 水素燃焼	大破断 LOCA+HPCS 失敗+低圧 ESSC 失敗+全交流動力電源喪失
⑤ 溶融炉心・コンクリート相互作用	過渡現象+高圧注水失敗+低圧 ESSC 失敗+損傷炉心冷却失敗（+デブリ冷却失敗）

これらの想定について構造専門家の評価によると、① 雰囲気圧力・温度による静的負荷（爆発等の瞬間的衝撃でなく、格納容器の圧力・温度が時間とともに漸進的に増加して設計条件を超える）」が確率的に大半を占めるとして、他の格納容器破損モード②～⑤を発生確率が小さいとして無視するか、あるいは④のように格納容器が大きいから水素爆発しないとか水素の処理装置を設けている等の理由で、格納容器の大規模な破壊は起こらないことにして、ソースタームを評価していると考えられる。すなわち放射性物質の放出量が Cs-137 にして 100TBq を下回ることは実証されていない。

7. 「指針」との整合性

¹⁶⁵原子力規制委員会「実用発電用原子炉に係る炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の有効性評価に関する審査ガイド」2013年6月19日

規制庁の試算では、想定される放出に対して、UPZの屋内退避では参考レベルを超えることはないとしているが、これだけでは「指針」の防護対策と整合しない。規制庁の試算に対してプルームモデルでも概ね再現性を確認したことから、規制庁ソースタームを適用し、概ね「中央値」に相当する条件でシミュレーションしたところ、予想される線量率で評価すれば、図18のようにUPZでもOIL1を超える領域がみられるとともに、UPZ全域さらには30km圏外でもOIL2を超える領域がみられる。すなわち屋内退避の有無にかかわらず、規制庁ソースタームを適用したとしても避難が必要となる条件が発生しうる。

「指針」でも「上記の屋内退避の実施に当たっては、プルームが長時間又は断続的に到来することが想定される場合には、その期間が長期にわたる可能性があり、屋内退避場所への屋外大気の流れにより被ばく低減効果が失われ、また、日常生活の維持にも困難を伴うこと等から、避難への切替えを行うことになる¹⁶⁶」としている。福島事故では1週間程度の期間に「プルームが長時間又は断続的に到来」した。放射性物質の大規模な放出が発生するような深刻な事象になればなるほど、その後の事象の進展について不確実が高まるのであるから、屋内退避により1週間で100mSvを超えないとの評価の有無にかかわらず早期の避難が求められる可能性が高い。

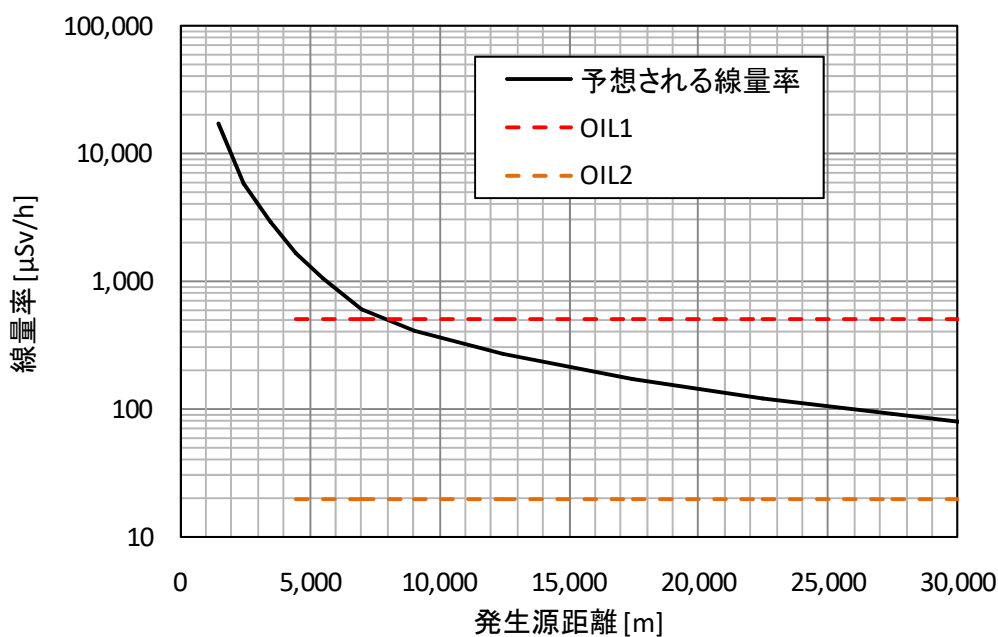


図18 規制庁ソースタームを適用した場合のOILとしての評価

またプルームモデルでは距離をあまり長く拡大すると誤差が大きくなるので望ましくないが、概略の試算として、緊急時防護措置がどの程度の範囲まで波及するか推定した。概略検討として

¹⁶⁶ 「指針」 p.71

プルームモデル（風軸方向のみの拡散を考慮・1kmメッシュ単位）を使用した¹⁶⁷。気象条件により結果が異なるが風速 2m/s・大気安定度 D と仮定した。このモデルは地形の影響や局所風速風向分布や降水を考慮しない簡略モデルのため三次元移流拡散モデルを使用すれば結果は異なるかもしれないが、規制庁試算（パフモデル）と同条件で試算してオーダー的に一致することを確認している。

図 19 は福島放出量相当のケースである。放出源から 15km 圏程度までは、7 日間滞在した場合、IAEA 緊急時防護措置の 100mSv/7 日を超える範囲が出現する。放出継続時間は規制庁試算に合わせ 5 時間としているが、プルームが通過後も降着した核種からのグラウンドシャインにより継続して滞在すれば被ばく量が増えるためである。線量率として 20~25km 圏程度では OIL1 に相当する範囲が出現する。また 30km 圏以遠でも相当の広範囲が OIL2 に該当する。指針では PPA が除外されてしまったので 30km 圏以遠の取扱いが不明であるが OIL2 に該当すれば緊急時防護措置が必要と考えざるをえない。

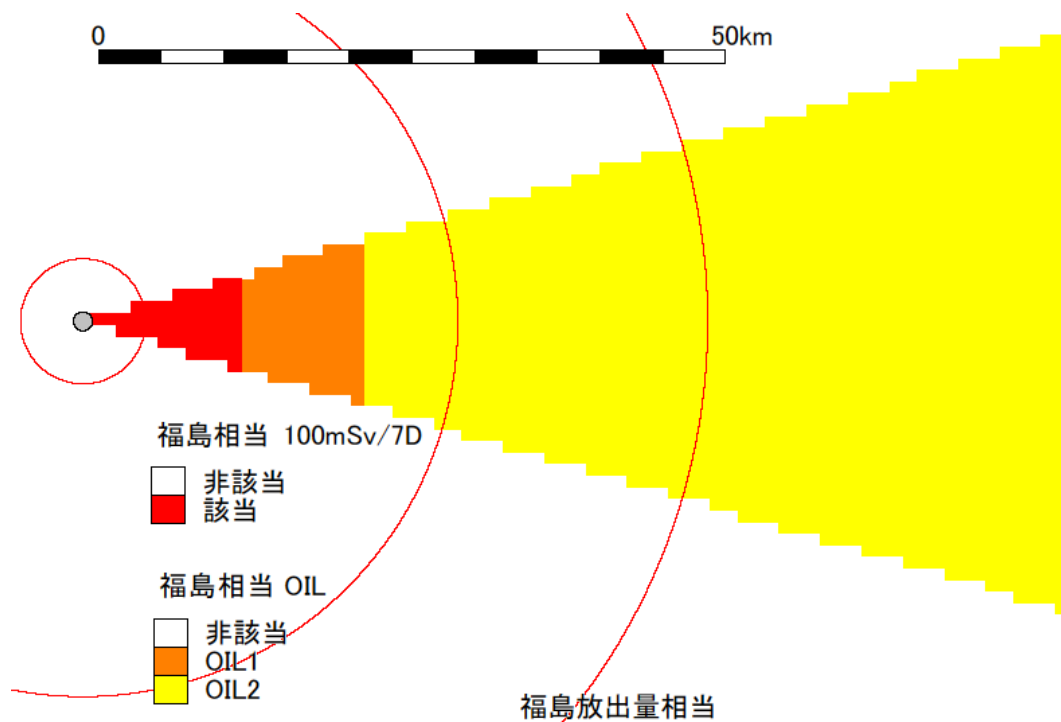


図 19 福島放出量相当で推定した緊急時防護措置の範囲

¹⁶⁷ 細部の条件設定はいくつかあるが煩雑なので省略。必要なら別途説明する。

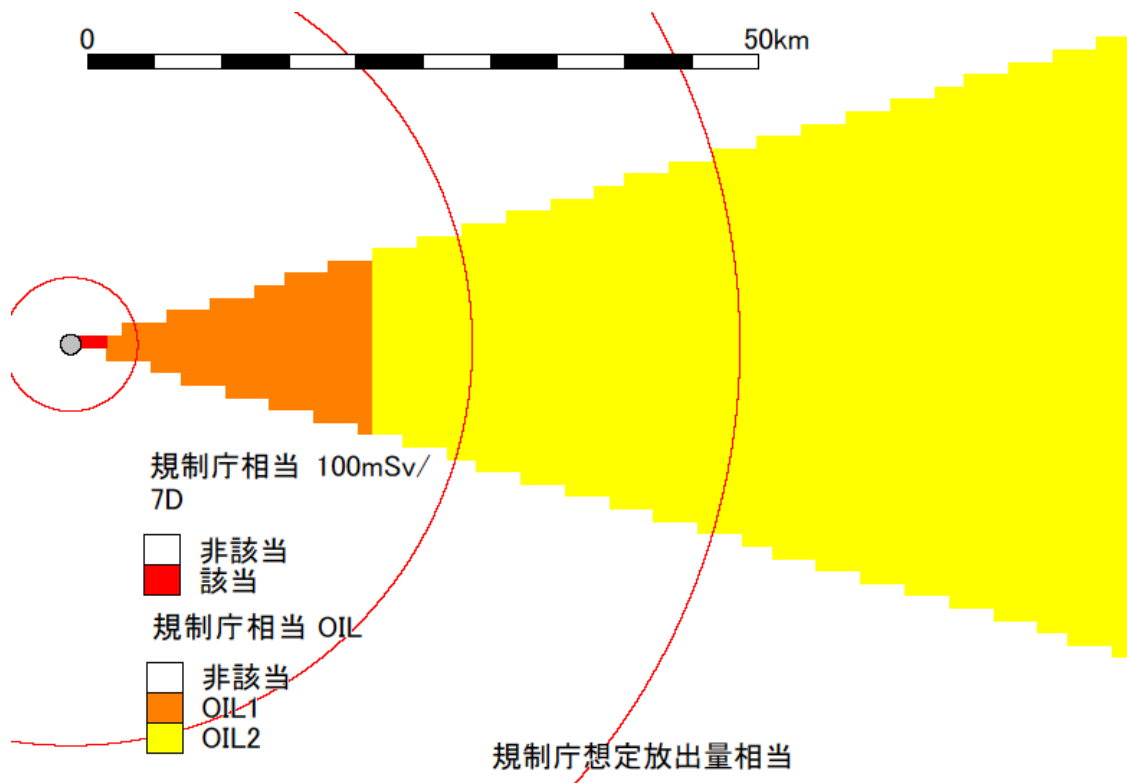
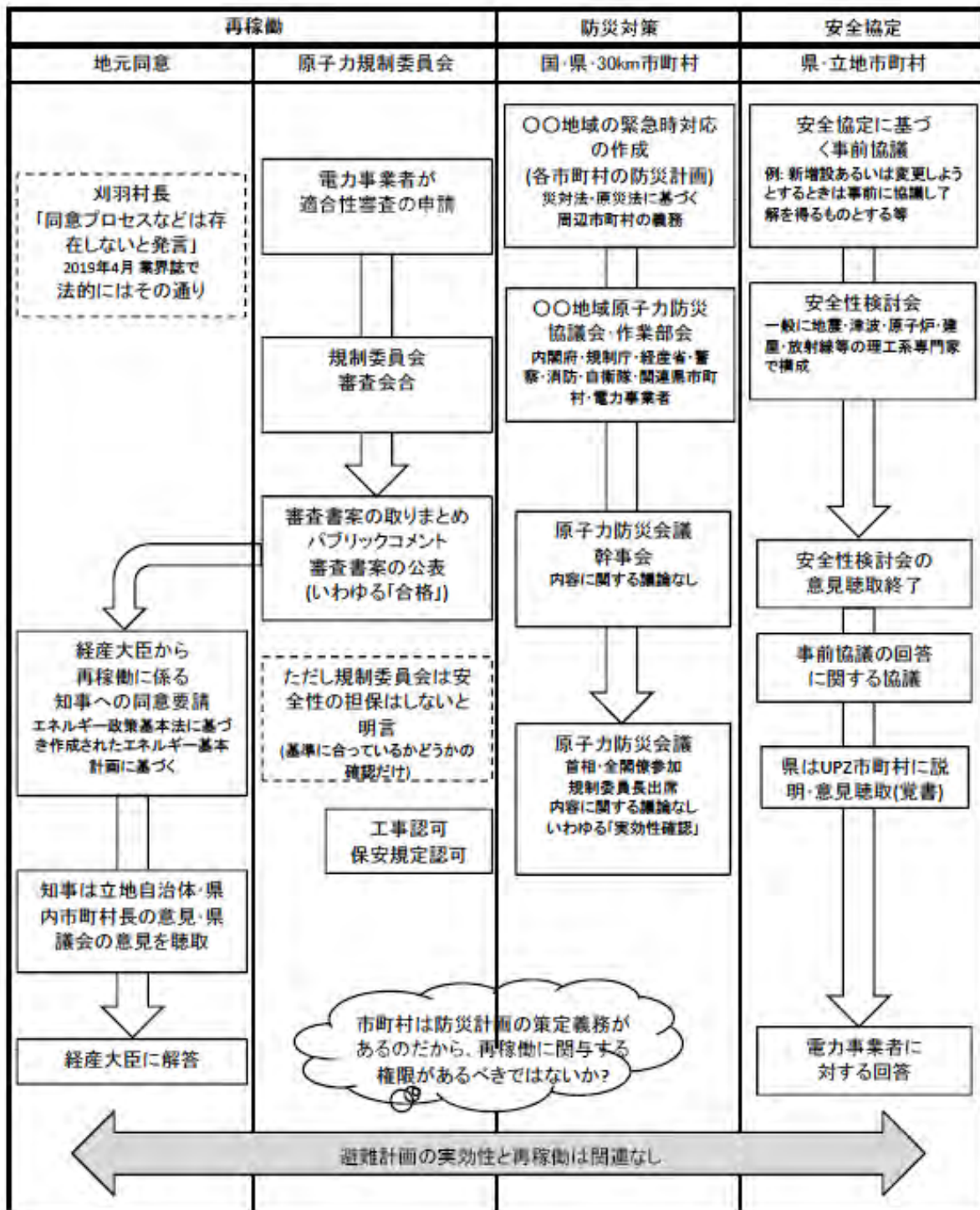


図 20 規制庁想定放出量相当で推定した緊急時防護措置の範囲

図 20 は同じく規制庁想定放出量相当¹⁶⁸で推定した結果である。放出源直近以外では 100mSv/7 日を超える範囲はない（規制庁の試算と一致）が、UPZ 圏内で OIL1 および OIL2 に相当する範囲が出現する。また規制庁想定によっても 30km 圏以遠で相当の広範囲が OIL2 に該当する。すなわち IAEA 緊急時防護措置に該当しないとの評価から指針では屋内退避が推奨されているが、OIL に該当すればいずれにせよ避難あるいは一時移転を実施せざるをえない。屋内退避の意味としてはプルーム通過時の被ばく低減だけであり、それ以外では滞在するだけ被ばくが増える。この点は ETE の検討と合わせて議論の必要がある。

¹⁶⁸ 規制庁試算は PWR を想定しておりそれ以外の資料は見当たらないが、BWR でも放出規模は同等と思われる。

付属資料 2 再稼働手続きの流れ



付属資料3 加圧水型に対する事故パターンの想定

表は原子炉事故の評価として以前からしばしば引用されてきた米国原子力委員会の原子炉事故の確率論的評価（通称「ラスムッセン報告」・WASH1400¹⁶⁹⁾の数値である。表現は異なるが前図と同様に事故のパターン別に炉心内蔵量の放出割合を推定したものである。同報告はPWR（加圧水型）とBWR（沸騰水型）について示されているが、ここでは浜岡原発に対応するBWRについて示す。BWRについては1～5のパターンがあり数字が少ないほど重大性が高い。事故状況は福島原発事故と正確に一致していないが、セシウム類の炉心内蔵量に対する放出割合から推定すればおおむねBWR3と4の中間程度と考えられる。また各パターンにおいて炉内に内蔵されていた放射性物質が放出される割合も推定されている。セシウムについてみればBWR3で10%、BWR4で0.5%であるから、この点から見ても福島事故はおおむねBWR3と4の中間程度に相当するレベルと考えられる。

事故パターン	事故状況	セシウム類の炉心内蔵量に対する放出割合（放出割合は核種ごとに異なる）
PWR1	炉心熔融が起こり、熔融した炉心が原子炉容器の底に落下したときに、そこに溜っていた水と激しく反応して蒸気爆発を引き起こす。この爆発により原子炉容器の上蓋が吹き飛び、ミサイルとなって格納容器に激突して破壊し、大量の放射能が噴出する。格納容器スプレーと熱除去系は故障。	0.4
PWR2	炉心冷却系が故障し、炉心が熔融するが、格納容器スプレーと熱除去系も故障するため、格納容器内の圧力上昇を抑えることができず、ついには格納容器の耐圧限度を突破して破裂する。かくして格納容器内に充満していた大量の放射能が環境に吹き出す。	0.5
PWR3	格納容器除熱系が故障したため、過圧によって格納容器が壊れる。但し炉心冷却系は格納容器破壊の時点まで働くが、格納容器サンプ内の冷却材が過熱のため沸騰し、冷却材ポンプがキャビテーションのためダウンする。かくして炉心熔融が進行し、放射能が環境に出ていく。従って、上記二つの場合より、放射能放出継続時間ははるかに長い。	0.2
PWR4	炉心及び格納容器への冷却水注入の時点で、炉心冷却系も格納容器スプレー系も故障する。加えて格納容器隔離系も故障する。	0.04
PWR5	上記と同じく炉心冷却系が故障するが、違うところは	9.0×10^{-3}

¹⁶⁹ “Reactor Safety Study An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants (Appendix VI)”, United States Nuclear Regulatory Commission, October 1975

	格納容器スプレー系が働いて、空中に漂う放射能を洗い落とすことができる。しかし格納容器隔離系の故障のため、大きな漏洩率で放射能が環境に出ていく。	
PWR6	炉心冷却系の故障のために、炉心は熔融落下する。格納容器スプレーは働かないが、格納容器の気密は、コンクリート底が熔融貫通するまで持ちこたえる。放射能は地面の下から外へ漏れ出す。	8.0×10^{-4}
PWR7	PWR6と同じだが、格納容器スプレーが働いて、外に漏れる放射能が少なくて済む。	1.0×10^{-5}
PWR8	DesignBasisAccidentの大口徑配管破断を模擬したもの、但し格納容器隔離系が設計どおり働かないと仮定する。炉心は熔融しない。	5.0×10^{-4}
PWR9	DesignBasisAccidentの大口徑配管破断を模擬したもの。つまり、ウランペレットと被覆管の間に元々あった放射能だけが、格納容器内に漏れ出す。炉心は熔融しない。安全防護設備が最低限働くため、炉心と格納容器の冷却が維持される。	6.0×10^{-7}

付属資料 4 確率論的評価

福島事故前に原子炉の安全性を評価するために用いられていた確率論的評価では、原子力事故のリスクは「事故の規模」×「事故の発生確率」で評価されるとの考え方にに基づき「規模の大きい事故ほど発生する確率が少ない」と想定していた。図1に示すように福島原発事故レベルすなわちセシウムの炉心内蔵量の1%前後が放出される事故は10のマイナス6乗すなわち100万炉年¹⁷⁰に1回あるいはそれ以下の確率と予測されていた¹⁷¹。しかし日本国内についてみれば、福島原発事故前までの累積が1,423炉年に対して3炉がセシウムの炉心内蔵量の1%前後が放出される事故を起こしたのであるから、その確率は 2.1×10^{-3} すなわち1,000炉年に1回を上回ることであり、確率論的評価よりも実態は1,000倍以上も大きかったことになる。なお世界の範囲でみれば同じく累積が14,424炉年に対して福島3炉+スリーマイル・チェルノブイリを加えた5炉として計算すれば、その確率は 3.5×10^{-4} であり、日本の原発の過酷事故の発生確率は世界平均と比較しても1桁以上確率が大きかった結果となる。ただし避難計画はあくまで「原子力緊急事態が発生した」という前提の下に策定するものであるから、発生確率の大小は問わず検討することが求められる。

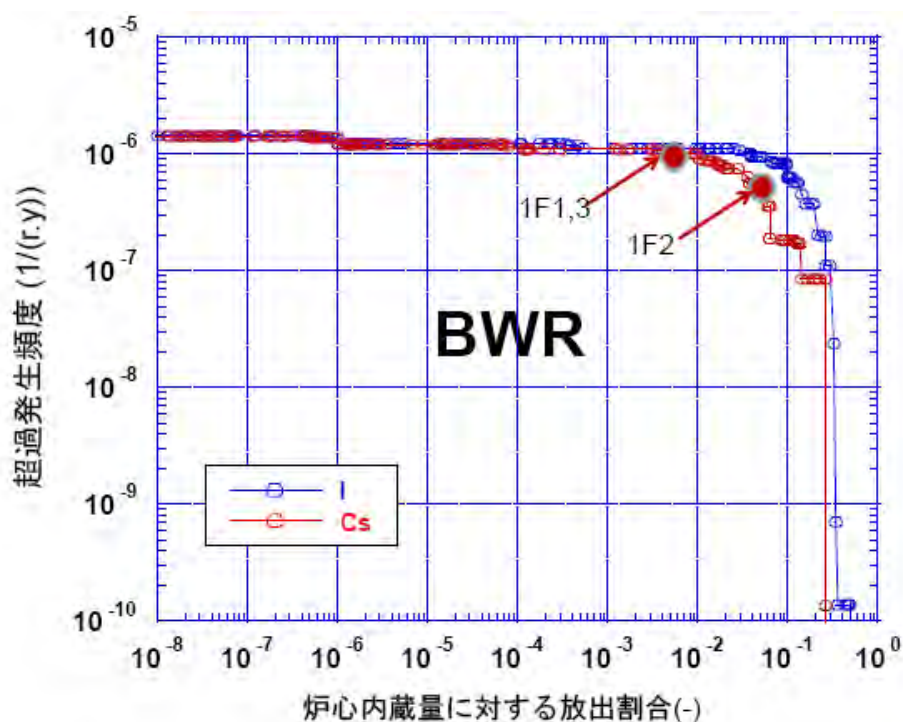


図1 BWRの超過発生頻度

¹⁷⁰ 「炉年」は1基の原発が1年稼働するとした時間。暦上の1年ではなく定期検査等の休止期間は除かれる。

¹⁷¹ 原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会（第2回）・資料第1号，2011年10月13日

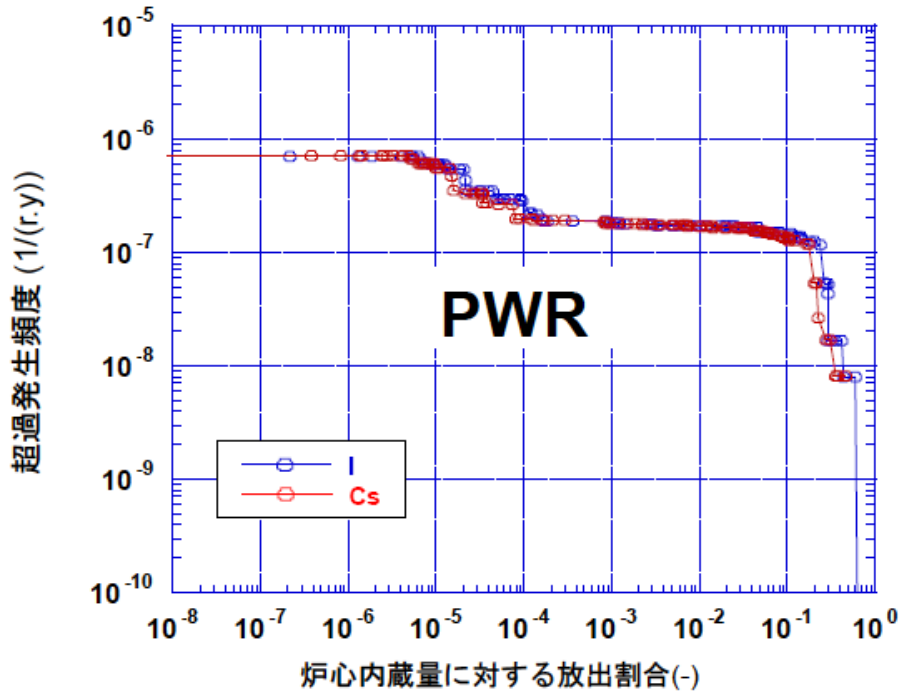


図 2 PWR の超過発生頻度

2011年3月25日前後に、福島事故の収束に失敗した場合のさらなる不測事態が検討されていた¹⁷²。それによると福島原発から半径250km以上・首都圏3000万人の総退避が必要とされる可能性があったことが菅直人(元)首相により後日公表された。実際にはこの事態は避けられたが、偶然の幸運が重なった結果に過ぎず、現実化する可能性も十分にあった。その福島第一原発(東京都庁を基準とすれば直線距離で230km)よりはるかに近い浜岡原発(同120km)の緊急事態では放射線の影響はどのようなになるであろうか。緊急事態に際して放出される放射性物質は、ガス状、粒子状などさまざまな形態で気流に乗って移動する。初期のガス状については屋内退避でやり過ごすことにより被ばくの軽減がありすが、次の段階では粒子状で地上に降下した核種(セシウム134、セシウム137など)からの被ばくが主となるため、その場に留まる時間に比例して被ばくすることになる。

浜岡原発から放射性物質の放出があった場合の影響に関しては福島事故前から既に指摘されていた¹⁷³ところであるが、改めてシミュレーションを試みた。計算方法は大気汚染物質の拡散計算として広く用いられているパスキル式を基にしている。ただし工場のばい煙や自動車排気ガス等と異なる点は、放射性物質は時間とともに放射線を出しながら自ら壊変してゆく(いわゆる「半減期」はその結果)分と、地表に沈着する分がある(その分だけ空中を飛ぶ放射性物質は距離とともに減ってゆく)こと等である。

¹⁷² 『福島原発事故独立検証委員会調査・検証報告書』2012年3月, p.89

¹⁷³ 『これから起こる原発事故(改訂版)』宝島社, 2007年

パスキル式を放射性物質の拡散に適用する具体的な手法は瀬尾健らにより整理されたもの¹⁷⁴であるが、その際に用いられる各種の係数や基礎数値等は前述のラスムッセン報告・WASH1400や「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針について¹⁷⁵」等に準拠している。すなわち発電事業者あるいは国等がシミュレーションを行っても同じ結果をもたらすのであって、その結果の重大性は発電事業者あるいは国等も当然認識しているはずである。

¹⁷⁴ 「第 68 回原子力安全問題ゼミ資料」1997 年 8 月 29 日開催

今中哲二「SEO 原発事故災害評価プログラムにおける放射能の拡散・沈着、被ばく線量、リスクモデル」

<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/seminar/No68/Imnk68.html>

小出裕章・瀬尾健「原子力施設の破局事故についての災害評価手法」

<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/seminar/No68/kid9708.html>

¹⁷⁵ 文部科学省「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針について」

http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/nc/t19820128001/t19820128001.html

付属資料 5 試算の前提条件の変遷

	2012年10月試算 ¹⁷⁶	2014年5月試算 ¹⁷⁷
対象炉 インベントリ	①福島事故で放出された量を仮定 ②福島事故で放出された量を基準に各サイトの出力の比を乗じる ※福島事故とすればBWRを想定している。	800MWe/2,652MWt PWR 102%/40,000時間 格納容器への放出割合：米国 NRC/NUREG-1465に準拠
放出シーケンス	停止から放出開始まで23hr (放出開始時間3.12 14時 停止時間はSBO 3.11 15時とした場合) 放出継続時間10hr 放出高さ0m	停止から放出開始まで12hr 放出継続時間5hr 放出高さ50m
環境放出量	IAEA 2011-6 報告書に採用した値 Csで3.87E16Bq (38,700TBq) Iで1.81E18Bq Xeは97% (ほぼ全量)	希ガス インベントリ全量 Cs-137で100TBq その他はNRC/NUREG-1465の格納容器放出比率で按分
環境放出割合	環境放出量 / 炉内インベントリ Cs-137で2.1% Xeはほぼ全量	同左 Cs-137で0.3% 希ガスは全量
気象条件	年間8,760hr, 累積出現確率97%	
被ばく限度・ヨウ素剤服用限度	同右	IAEAによる 避難基準100mSv/7日 ヨウ素剤服用基準50mSv/7日

このような条件で試算を行い、次のような「示唆」を記述している。

<p>(1) PAZにおける防護措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・PAZでは、放射性物質の放出前に、予防的に避難を行うことが基本。 ・ただし、予防的な避難を行うことによって、かえって健康リスクが高まるような要援護者については、無理な避難を行わず、屋内退避を行うとともに、適切に安定ヨウ素剤を服用することが合理的。 ・なお、コンクリート構造物は、木造家屋よりも被ばく線量を低減させる効果があることが知られている。また、病院等のコンクリート建物に対して放射線防護機能を付加することで、より一層の低減効果を期待できる。 <p>(2) UPZにおける防護措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・UPZでは、放射性物質の放出前に、予防的に屋内退避を中心に行うことが合理的。 <p>(3) 放射性プルーム通過時の防護措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射性プルームが通過する時に屋外で行動するとかえって被ばくが増すおそれがあるので、屋内に退避することにより、放射性プルームの通過時に受ける線量を低減することができる。
--

¹⁷⁶ <http://www.nsr.go.jp/data/000047210.pdf>

¹⁷⁷ <https://www.nsr.go.jp/data/000047953.pdf>

付属資料 6 「原子力災害対策指針」の変遷

改訂日付	経緯	内容
2012年9月19日	原子力規制委員会設置	
2012年10月31日	「原子力災害対策指針」策定	福島事故以前のEPZ（防災対策を重点的に講ずべき区域・8～10km）の考え方 ¹⁷⁸ を改め新たな指針を定める。PAZ（5km）、UPZ（5～30km）、PPA（30km～）等の枠組みを定める。ただし具体的な避難基準（EAL, OIL）等に関して未定事項が残っていた。
2012年12月12日	【資料】「地域防災計画（原子力災害対策）作成にあたって考慮すべき事項」「地域防災計画（原子力災害対策）作成マニュアル」都道府県版・市区町村版」を公表 ¹⁷⁹	
2012年10月24日	【資料】原子力規制庁「放射性物質の拡散シミュレーションの試算結果について ¹⁸⁰ 」30km設定の技術的根拠等	
2012年12月13日	【資料】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） ¹⁸¹ 」サイト毎のシミュレーション試算結果	
2013年2月27日	「指針」第1回改訂	EAL（緊急事態区分及び緊急時活動レベル）、OIL（運用上の介入レベル）について定める。
2013年6月5日	「指針」第2回改訂	緊急時モニタリング結果を国が一元的に解析・評価・公表する。ヨウ素剤の服用判断は原子力規制委員会が行う。
2013年9月5日	「指針」第3回改訂	EALを再設定した。
2014年5月28日	【資料】原子力規制委員会「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について ¹⁸² 」指針制定時のソースタームを過小側に見直すとともにPWRに限定し屋内退避で十分とする内容、再稼働優先	
2015年4月22日	「指針」第4回改訂	SPEEDI等予測システムを避難の参考情報とすることを削除。（旧）OIL2で1週間以内に一時移転するとなっていたところ、OIL2の基準値を超えたときから起算して概ね1日が経過した時点の空間放射線量率（1時間値）OIL2の基準値を超えた場合に防護措置の実施とするように緩和。PPAの検討を放棄しモニタリングを踏まえ

¹⁷⁸ （旧）原子力安全委員会「原子力施設等の防災対策について」2010年8月改訂, p.14

¹⁷⁹ <http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/kisei/h24fy/20121212.html>

¹⁸⁰ <https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/kisei/h24fy/20121024.html>

¹⁸¹ <http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/kisei/h24fy/20121213.html>

¹⁸² <https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/kisei/h26fy/20140528.html>

		て規制委が判断と変更。 【各サイトにおける避難計画やシミュレーションの進展を受け、避難範囲の限定の動き】
2015年8月26日	「指針」 第5回改訂	初期被ばく医療機関，2次被ばく医療機関，3次被ばく医療機関とされていた医療体制を地方公共団体が指定する「原子力災害拠点病院」「原子力災害医療協力機関」と国が指定する「高度被ばく医療支援センター」に再編する。 「スクリーニング」を「避難退域時検査」と改変、手順を簡易化し車両検査・代表検査に変更。 「除染」を「簡易除染」と改変、先送り。 【各サイトにおける避難計画やシミュレーションの進展を受け、避難範囲の限定の動き】
2017年3月22日	「指針」 第8回改訂	廃止措置計画の認可を受け、燃料体が十分冷却または乾式貯蔵に移行した炉については避難計画不要とした。

(以上)