

原発周辺地域を対象とした広域避難計画と 地域防災計画に関する研究

杉沢 聡美¹・高山 純一²・中山 晶一朗³・藤生 慎⁴

¹学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: fg1214@stu.kanazawa-u.ac.jp

²フェロー 金沢大学 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: takayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 金沢大学 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

⁴正会員 金沢大学 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: fujii@se.kanazawa-u.ac.jp

東日本大震災に伴う福島第一原発事故以後、国内では原子力防災に関する関心が高まり、防災計画や避難計画などの大幅な改正が行われた。避難方法に関しては、それまで徒歩やバスを中心に実施することになっていたが、事故後、広域避難計画のために自家用車が主要な避難手段の1つとして考えられるようになった。そのため、避難時の交通渋滞の恐れなど、新たな課題が浮かび上がっている。そこで本研究では、石川県の志賀原子力発電所周辺地域を対象とし、原発事故を想定した避難交通シミュレーションを行う。様々な想定でのシミュレーションを行い、その避難時間などの結果を比較することで、状況に応じた最適な避難方法の確立を目的とする。また、シミュレーションの実行にあたって、原発周辺の全国各道府県が公表した避難時間推計の結果を調査・分析し、そこから得られた課題などを参考にシミュレーションシナリオの作成を行う。

Key Words : *nuclear hazard, evacuation plan, evacuation time estimate*

1. はじめに

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故（以下、福島原発事故）は、日本だけではなく世界的に衝撃を与えた、重大な原発事故となった。この事故により多くの周辺住民が避難し、現在もなお立ち入りが許可されていない区域もある。福島原発事故後、国内では原子力災害に関する防災計画や避難計画が次々と見直され、関係自治体は対応に追われている。

原発災害は、ほかの自然災害とは異なる特殊な点がある。一つは、その進展状況や被災状況が人間の感覚で確認できないことである。被災状況が見えない災害からの避難になるため、事前に詳細な避難計画の策定・周知徹底を行うこと、事故発生時には的確な情報伝達・指示を行うことが重要となる。また、被害が非常に広域に及ぶ可能性があることも、原発災害の特徴である。以前は、一般的な避難方法は徒歩もしくは自治体の用意するバス

であったが、福島原発事故を期に、広域避難の主要な避難手段として自家用車が認められるようになった。しかし、交通渋滞の恐れなどの新たな課題が浮かび上がっている。

福島原発事故以後の国の方針では、原発から半径5kmの「放射性物質の放出前に直ちに避難する区域」（以下、PAZ）と、半径5~30kmの「緊急時に避難や屋内退避ができるよう準備する区域」（以下、UPZ）の2つの区域に分けて、防災計画等の再編を進めている。PAZは、原発事故が発生した際に、放射性物質の放出前に予防的に避難を行うよう定められた区域、UPZは、放射性物質の放出後に、測定された線量が定められた基準値に達した場合に、避難を実施する区域である。こういった方針に沿い、地域防災計画や原発周辺地域を対象とした広域避難計画の見直しが行われ、その実効性を確認すべく、「避難時間推計」が実施された。しかし過去の事例が極めて少ない原発災害においては、不明瞭な点が多く存在する

ため、推計上では考慮しきれなかった部分も多いと考えられる。

こういった背景をふまえ、本研究では、原発周辺道府県が行っている、原子力災害時の避難時間推計の内容・結果の傾向を比較した。さらにそこから得られた課題をもとに、志賀原子力発電所周辺を対象とした避難シミュレーションを行い、避難時間推計、避難計画の課題を探ることを目的とする。

ここで、原子力防災や災害時の広域避難等に関する既存研究について整理する。梅本¹⁾は、長距離避難の避難手段についての行政側・住民へのアンケート調査から、自家用車避難に慎重な態度の自治体と、半数程度が自家用車避難を選択した住民とで、齟齬をきたしていることなどを示した。また、アンケートに基づく多変量解析から避難手段選択の要因分析を行った。守澤ら²⁾は、広域避難場所への避難について、混雑情報を考慮した避難行動モデルを構築した。情報取得の時間間隔、完全情報取得者の割合、情報掲示板の設置方法についてのケーススタディを実施し、避難時間短縮への効果を検討している。室崎ら³⁾は、震災危険の高い都市を対象にアンケート調査を実施し、広域避難計画等の策定状況、避難地と避難経路の整備実態、避難誘導等の計画の

無いようにして、調査分析を行った。その結果、避難計画の具体化・緻密化が不十分であり、実効性のない計画になっている都市が少なくないことなどを示した。藤堂⁴⁾は、東日本大震災以前の原子力防災の変遷についてまとめ、福島第一原発事故で明らかになった原子力防災体制の問題点、その後から現在までの原子力防災体制の変化について、新潟県の防災対策を中心に論じている。藤田ら⁵⁾は、新潟県の柏崎刈羽原子力発電所を対象とした避難シミュレーションを行い、避難計画の評価を行っている。風向きの統計データから、避難地域に指定される危険性が高い地域を推定し、シミュレーションに反映させている。

以上のように、避難計画や防災計画に関する研究は東日本大震災以前のものが多いが、防災計画や避難計画は東日本大震災以後に大きく変化している。とりわけ原子力防災は過去の事例が極めて少なく、研究対象として扱われている事例は、他の災害と比較しても極めて少ない。広域を対象とした避難シミュレーションに関しては、藤田らの研究のように特定地域に特化した研究が幾つかあるものの、全国に共通する避難の課題などには触れられていない。

そこで本研究では、近年になって注目を集めるようになった、自家用車を用いた広域避難、とりわけ原子力災害を対象とした広域避難計画の現状と課題を把握するため、国内の原発周辺道府県が実施した避難時間推計に着目した。それらを比較することで、全国に共通する広域

避難の課題や、シミュレーションを行う際のシナリオ設定等における課題を把握・整理する。さらに、そこから得られた課題をもとにしたシナリオを用い、石川県の志賀原子力発電所周辺を対象とした避難シミュレーションを実施する。

2. 避難時間推計の比較

(1) 避難時間推計の比較方法

避難時間推計とは、避難に要する時間や渋滞の恐れのある道路を把握し、より実効性の高い避難計画を策定するために行われた、避難交通シミュレーションである。国内では、原発が立地する13道府県と、その周辺（原発のUPZ圏内に含まれる）道府県が実施し、結果を2014年夏までに公表している。本研究では、それら全ての公表資料を収集し、内容の比較を行った。本研究で扱った避難時間推計の資料は、原発が立地する北海道、青森県、宮城県、福島県、茨城県、新潟県、静岡県、石川県、福井県、島根県、愛媛県、佐賀県、鹿児島県の13道府県と、原発のUPZ圏内に含まれる道府県のうち、個別に推計を実施した滋賀県、京都府の2道府県、合計15道府県の資料である。

比較内容は、大きく分けると条件設定の内容とシナリオの比較、ならびに、シミュレーション結果の傾向の2つ、全21項目について比較を行った。

条件設定・シナリオの比較は、詳細に設定が行われている部分、そうではない部分から、現在の原子力防災の弱点・課題を探ることを主な目的とする。シミュレーション結果の傾向の比較は、各道府県で得られた傾向が、一般的にどの道府県でも共通して言えるものなのか、地形や人口などの地域の特性によって異なるものなのか、設定やシナリオの違いから生じるものなのか、を探ることを主な目的とする。以下、特徴の見られた項目について述べる。

(2) 条件設定・シナリオの比較

a) シミュレーション対象範囲

シミュレーションの対象範囲は、12道府県が原発の30km圏の少し外側までであり、30km圏の離脱時間を避難時間として扱っている。それに対し、京都府と滋賀県では、30km圏外のスクリーニング場所を経由して広域避難所に到着するまでの時間を算出している。また青森県では、スクリーニングは推計に含まれないものの、30km圏外の避難所までの時間を算出している。福島県は、30km圏の境界付近でスクリーニングを実施するシナリオも行っている。

本来は、スクリーニング場所を経由し、避難所に到着するまでが避難であるため、30km圏離脱を避難完了とみなすべきではない。そのため、対象範囲を拡張し、避難

表-1 バスの想定内容

	乗車人数	手配時間	台数	ピストン輸送
北海道		あり		
青森県	40人	あり	1598	一部あり
静岡県				
石川県	20人	なし	制限なし	なし
福井県	40人	なし		なし
滋賀県	17人	なし	505台	あり
京都府	40人		1350台	あり
島根県			450台	なし
愛媛県		なし		

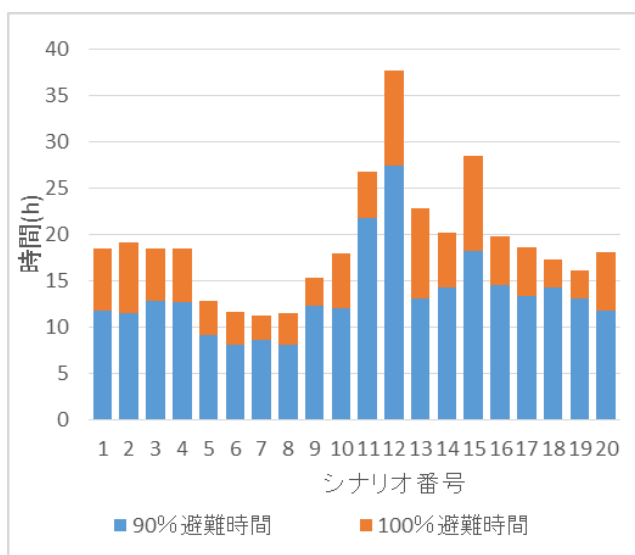


図-1 新潟県の90%避難時間と100%避難時間

所へ到着するまでの時間をみて計画の妥当性を判断すべきである。

b) 避難手段

推計上での自家用車以外の避難手段の想定の有無、その想定内容について比較する。推計に自家用車以外の避難手段を含んでいるところは、調査対象の半数程度(北海道、青森県、静岡県、石川県、福井県、滋賀県、京都府、島根県、愛媛県)であった。これらの道府県は全てバスを想定しており、加えて鉄道(滋賀県、京都府)や船舶(滋賀県、愛媛県)の想定もあった。バスの想定内容は大きく異なる。図-1はバスの想定内容についてまとめたものである。バスの手配時間、台数、往復輸送の有無などを細かく想定しているところは少なく、バスの手配ができていない前提でシミュレーションを行っているところが多い。

自家用車以外の避難手段の細かい想定ができていない県が多いのは、その設定が複雑であることが一つの要因であると考えられる。しかし避難計画上では、バス等を手配することになっているため、手配時間や手配可能台数などをしっかり想定する必要がある。

c) 要配慮者の避難

要配慮者に対しては、バスの優先的な手配などが考え

られているが、救急車等の特殊車両が必要な重篤患者については、どの道府県も推計に含んでいない。要配慮者の避難方法については想定が難しく、全道府県において対応が遅れていることが分かった。

d) 評価指標

評価指標とは、シミュレーションから得られるどんな指標を用いてシナリオを評価しているか、を指す。佐賀県以外の道府県が「90%避難時間」を主要な評価指標として用いている。「90%避難時間」とは、最初の避難指示から、避難指示対象住民の90%が目的地に到着(例えば、30km圏離脱)するまでにかかる時間である。この90%というのは、最後の10%ほどの避難者の避難には時間がかかることが知られており、最後の1人の避難時間をもとに避難時間について考察するのは妥当ではない、という考えに基づく。対して佐賀県は、「100%避難時間」を主要な評価方法として用いている。

また、いくつかの道府県(青森県、新潟県、静岡県、滋賀県、京都府、島根県)では、複数の評価方法を用いている。90%・100%避難時間以外に用いられている指標は、車両の平均走行時間、区間別平均走行時間、最長走行時間などである。図-1は、新潟県の一部のシナリオの90%避難時間と100%避難時間を表したものである。90%避難時間を用いてシナリオの比較を行った場合と100%避難時間を用いた場合とでは、早く避難完了したとみなされるシナリオが異なる場合がある。このように、用いる評価指標によってシナリオの評価も左右される。そのため、多様な評価指標を用い、状況に応じて「どの評価指標を優先すべきか」を検討する必要がある。

(3) シミュレーション結果の傾向の比較

a) 自家用車利用率による結果の違い

自家用車利用率は自家用車を利用する避難者の割合である。全シナリオを最も車両数の多い自家用車利用率100%で推計した宮城県以外は、自家用車利用率の変化による避難時間への影響を推計している。推計結果は、自家用車利用率の変化を車の乗り合わせによって考慮しているところ(福島県、茨城県、新潟県、島根県、愛媛県、佐賀県、鹿児島県)と、バス等との分担率で考慮しているところ(北海道、青森県、静岡県、石川県、福井県、滋賀県、京都府)で、傾向が異なる。乗り合わせのほうは、自家用車利用率を上げるごとに車両数が減っていくため、避難時間は短くなっていく。バス等との分担率のほうも車の台数自体は減っていくが、バスのスムーズな手配が前提となっている。推計上でバスの手配時間も考慮している県(北海道、青森県)では、自家用車利用率を下げすぎるとバスの手配にも時間がかかり、総避難時間も長くなる可能性がある。また、使用できるバスの台数を把握し不足分をピストン輸送する想定の場合、同様に、

自家用車利用率を下げるとピストン輸送の回数が増え、避難が長引く原因となる。さらに、スクリーニング場所と広域避難所までの避難時間を算出していたところ(滋賀県、京都府)では、ピーク時間のスクリーニング場所でのバス待ち時間が長くなる傾向にあった。避難所までは、周辺の駐車場位置なども関係しており、自家用車利用率を下げていても効果がない場合もあった。

b) 影の避難率の影響

影の避難とは、避難指示区域外の住民の自主避難を指す。大まかな傾向としては、影の避難を抑制することにより、PAZ圏の住民の避難完了が早まる一方、UPZ圏の避難完了は遅れるところが多い。評価指標として移動時間も用いている場合、UPZの全体の避難は遅れるものの、移動時間に関しては短縮傾向にあった(静岡県)。

これらのことから、PAZ圏など、原発により近い地域の住民を速やかに避難させるには、影の避難率の抑制が必要であることがわかる。

c) 段階避難の影響

距離ごとの段階避難では、次の段階への避難指示のタイミングが県によって異なる。半数以上のところ(北海道、青森県、福島県、茨城県、石川県、福井県、愛媛県、鹿児島県)では、前段階避難指示対象者の90%が避難完了(UPZ圏外へ脱出)した時点で次段階の指示を出す、という設定を用いている。そのため、PAZの避難においては段階避難のほうが有利であるものの、UPZも含めた総避難時間に関しては、段階数を増やすごとに増えている。しかしここでも、移動時間を評価指標として用いると、段階避難のほうが移動時間が短い(青森県)。

また、段階の分け方や避難指示タイミングなどの設定を複数種類用いている県では、その設定によって避難時間が変化する結果となった。そのため、段階の分け方や避難指示タイミングも複数パターン用意し、その影響を比較するのが望ましい。

3. 広域避難シミュレーション

本研究の広域避難シミュレーションの対象範囲は、石川県の志賀原子力発電所周辺地域である。高速道路、国道、主要地方道などから成る主要道路網を作成し、シミュレーションを行う。道路網はArcGISの詳細地図からインポートした。インポートした道路網を図-1に示す。これに必要な道路を幾つか追加し、交差点を作成する。

シミュレータはAimsun8.0.8を用いる。

車両発生地点は各地区1箇所とする。石川県の避難計画から、原発30km圏内には75地区あるため、75箇所から車両を発生させる。車両の最初の進行方向を限定させないため、交差点付近から車両を発生させる。

避難先は、石川県の避難計画(地域防災計画)で避難先



図-2 使用する主要道路網

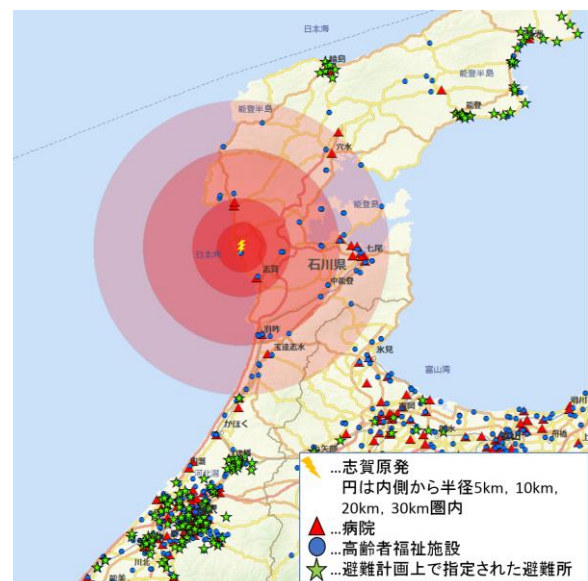


図-3 志賀原発周辺の各施設

として定められている施設とする。図-2中の緑色の点が避難先施設を示す。

発生車両は、今回は全て自家用車とする。避難対象区域内の全住民が、自宅から避難を開始する。原則として、1世帯から1台車両が発生するものとする。

4. まとめ

本研究では、原発立地道県の避難時間推計に関する資料を収集し、避難計画の内容、ならびにその推計結果の比較分析を行った。その結果として、以下のようなことが分かった。

推計の対象範囲は、UPZの少し外側までと設定している道府県がほとんどで、時間がかかると考えられているスクリーニングが考慮できていない。また要配慮者の避難方法はどの道府県も未完成であり、今後の課題の一つ

である。評価指標は、一つだけのところからあらゆる指標を用いているところまで、様々である。できるだけ一つの指標のみでの判断は避けるべきである。自家用車利用率や影の避難率など、車両数を大きく増減させるように設定を変えると、結果が大きくかわる。車両数の変化につながるものは、慎重に設定すべきである。

以上のように、避難時にはどの地域でも、発生する車両台数が避難時間に大きく関わるが、その他の傾向やその程度に関しては、シナリオ設定や評価指標による影響も含まれる可能性があることに留意する必要がある。そのため、広域避難のための交通シミュレーションの実施にあたっては、できるだけ現実に沿った具体的なシナリオを複数パターン用意し、適切な評価指標を用いて評価を行うべきだと考える。

今後、これらの課題を参考に、志賀原発周辺地域の広域避難シミュレーションを実施する。その結果については発表時に示したい。

参考文献

- 1) 梅本通孝：[「県域間に及ぶような長距離避難における住民の避難手段選択に関する研究」]，公益社団法人日本都市計画学会都市計画論文集Vol. 46, No. 3, pp132-142, 2011. 10
- 2) 守澤貴幸，大佛俊泰：「広域避難場所の混雑情報を組み込んだ避難行動シミュレーションモデル」，2007年度日本建築学会関東支部研究報告集，pp181-184
- 3) 室崎益輝，小泉真一郎：「都市における広域避難計画の実態」，京都大学防災研究所年報，第36号B-1, pp179-193, 2003. 4
- 4) 藤堂史明：「東電福島第一原発事故後の原子力防災対策」，新潟大学経済論集代92号2001-II，pp131-159
- 5) 藤田雅久，高山純一，中山晶一郎，牛場高志：「原子力発電所における避難計画策定のための支援システム開発」，土木学会論文集D3，Vol. 67, No. 5, I_25-I_34, 2011
- 6) 杉沢聡美，高山純一，中山晶一郎，藤生慎：「原発周辺地域を対象とした大規模避難計画と避難時間推計に関する研究」(投稿中)

(2014. ?? 受付)

RESEARCH ABOUT LARGE-SCALE EVACUATION PLAN AND EVACUATION TIME ESTIMATE FOR SURROUNDING AREA OF NUCLEAR POWER PLANT

Satomi SUGISAWA, Junichi TAKAYAMA, Syouichiro NAKAYAMA
and Makoto FUJII