

# 原子力発電所周辺地域を対象とした 広域避難計画策定支援システムの開発

杉沢 聡美<sup>1</sup>・高山 純一<sup>2</sup>・中山 晶一朗<sup>3</sup>・藤生 慎<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 金沢大学 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

<sup>2</sup>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

<sup>3</sup>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

<sup>4</sup>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

2011年に発生した福島第一原子力発電所での事故を契機に、原子力災害に対する防災意識が高まり、防災計画や避難計画の改訂が進んでいる。しかし原子力災害は極めて発生事例の少ない災害であり、現実的かつ安全な計画の策定にはまだまだ見直しが必要な段階である。そこで本研究では、避難計画の課題の抽出と代替案作成の一助とするため、石川県志賀原子力発電所周辺を対象として、車両での避難シミュレーションを行っている。県が行った避難時間推計よりもさらに広域を対象とすることで、UPZ圏を出るまでではなく、避難所に到着するまでの所要時間や渋滞箇所を把握した。その結果、現状の避難先では一部の道路のみに車両が集中する可能性があるため、避難先や避難経路を分散させる必要があることが分かった。

**Key Words :** traffic simulation, nuclear hazard, evacuation plan

## 1. はじめに

2011年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)以後、わが国では原子力発電所事故に対する国民の関心が高まってきている。この福島原発事故は国内では初めての大規模な原発事故であり、それまでの安全神話を覆し、全国民に大きな衝撃を与えた。福島原発事故に伴う避難では、自家用車での避難が多発したことによる大きな渋滞、長時間の避難による災害時要配慮者の体調悪化など、多くの課題が残された。こういったことを背景に、近年は国内の原子力防災が大きく見直されてきた。具体的には、PAZ(Precautionary Action Zone)やUPZ(Urgent Protective action Planning Zone)といった、国際原子力機構の示す国際基準が導入されたことが挙げられる。PAZとは、予防的防護措置を準備する区域(原発から半径5km圏内)であり、放射性物質放出前に予防的に避難を開始する区域である。UPZとは、緊急防護措置を準備

する区域(原発から半径30km圏内)であり、放射性物質放出後に基準線量を超える場合に屋内退避や避難などの措置がとられる区域である。こういった基準の導入により、原子力防災を講じるべき範囲が10km圏から30km圏へと大幅に拡大し、地域の防災計画や避難計画の改訂も進められた。

福島原発事故から4年が経過した現在でも、原子力防災に関する話題は度々ニュースに取り上げられており、避難計画もまだまだ改善の余地がある。原発立地道府県は避難計画の実行性の確認などの目的で避難時間推計と呼ばれる交通シミュレーションを実施したが、UPZ圏を脱した時点で避難完了をみなす県が多く、スクリーニングが組み込まれていないなど、避難計画の十分な検証がされたとは言いがたい。

そこで本研究は、石川県の志賀原子力発電所周辺地域を対象とした避難シミュレーションを行い、現状の避難計画の課題を抽出し、代替案の提案と検証を行うことで、

避難計画策定の支援を行うことを目的とする。

## 2. 既存研究の整理と本研究の位置づけ

原子力災害からの避難に関する研究は幾つか行われているが、その中で、避難シミュレーションを行っているものは少ない。藤田ら<sup>1)</sup>は、新潟県の柏崎刈羽原発の周辺地域を対象とし、避難シミュレーションを行っている。風向きを考慮したシナリオ等によるシミュレーションの結果、避難経路等について問題があることを示した。また、藤堂<sup>2)</sup>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。また西野ら<sup>3)</sup>は、福島原発事故後の避難行動に関するアンケートを実施し、避難時間推計に利用可能な基礎データの整理を行った。避難区域内の住民の旅行前時間、避難区域外の自発的な避難を行う住民の比率と旅行前時間に着目し、定式化を行った後に、値のばらつきに注意してデータ整理を行った。長井ら<sup>4)</sup>は、新潟県の柏崎刈羽原発の30km圏内の住民を対象に、避難行動に関するアンケート調査を行った。

災害時の自動車利用に関する研究では、石川ら<sup>5)</sup>は、東海・東南海・南海地震等の大規模災害が発生した際の、帰宅者の行動を交通シミュレーションにより分析しており、自家用車利用がどのような影響を及ぼすかを明らかにした。その結果、自家用車利用によって帰宅断念者を大幅に減らす一方で、大渋滞により救援活動に支障をきたす可能性があることを示した。

また、避難シミュレーションに関する研究では、片田ら<sup>6)</sup>は、大都市における大規模水害を対象とし、洪水氾濫や住民避難、浸水被害の状況を精緻に表現するシナリオシミュレータを構築した。荒川決壊時における住民の避難意向を反映したシミュレーションから、大規模な避難者の発生が被害拡大を誘発する都市部特有の問題などを把握した。

以上より、原子力災害に関しては、実際の防災計画や避難計画をもとに避難シミュレーションを行い、避難計画の問題点を指摘している研究が存在したものの、主要な避難手段が自治体の用意するバスであったり、避難の対象範囲がEPZ(10km)圏内であったりと、福島原発事故以前の原子力防災体制に沿っており、現在の避難計画とは異なる内容になっている。福島原発事故以後に、主要な避難手段は自家用車、避難範囲は最大で30km圏内に変更された。そのため、渋滞発生の可能性と範囲、その影響がより大きくなると考えられ、現在の避難計画に即した避難シミュレーションが必要である。福島原発事故以後の研究では、原子力防災体制の現状・課題について

調査したものは多いが、実際にシミュレーションなどを用いてその程度や改善策について論じたものはない。また以前は、災害時は基本的に徒歩や自治体の用意するバス等を利用して避難や帰宅等を行うことになっていたが、広域に被害が及んだ東日本大震災以後は、自動車利用に寛容になったと同時に、交通渋滞などの新たな課題が指摘されている。そのため自動車利用に関する研究は近年増えている。一方で、避難シミュレーションが用いられるのは、徒歩圏避難を対象としたもの、また近年では大規模な津波や洪水での自家用車避難を対象としたものが多い。同じ自家用車避難でも、原子力災害は津波や洪水とは異なり、目に見えないまま災害が進行すること、被害範囲が非常に広域まで広がる可能性があること、事故発生から被害が及ぶまでの時間が比較的長いこと、事故発生地点から近くても室内にとどまることで多少は被害を防ぐことができること、などの点が異なる。そのため、原子力災害に関しては独自の避難シミュレーションが必要であると言える。

以上のことをふまえ、本研究では、原子力災害の被害発生可能性範囲の広さを考慮し、原発から半径30km圏内の全域が避難する場合の交通シミュレーションを実施した。迅速な避難完了だけでなく、1台1台の走行時間の低減や渋滞緩和による総合的な被害の低減を避難の目的とする。

## 3. 対象地域の概要とシミュレーションシナリオ

### (1) 対象地域の概要

本研究で行う避難シミュレーションの対象地域は石川県の志賀原子力発電所周辺地域である。本研究で設置した出発地と避難先の場所を図-1に示す。周辺人口は30km圏内17万人程度であり、他の原発周辺と比較して多

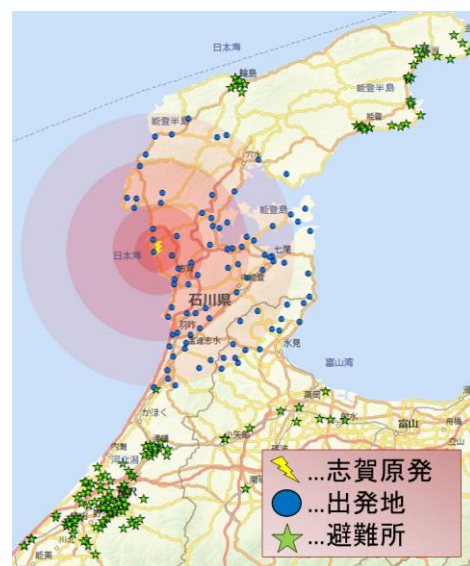


図-1 出発地と避難場所

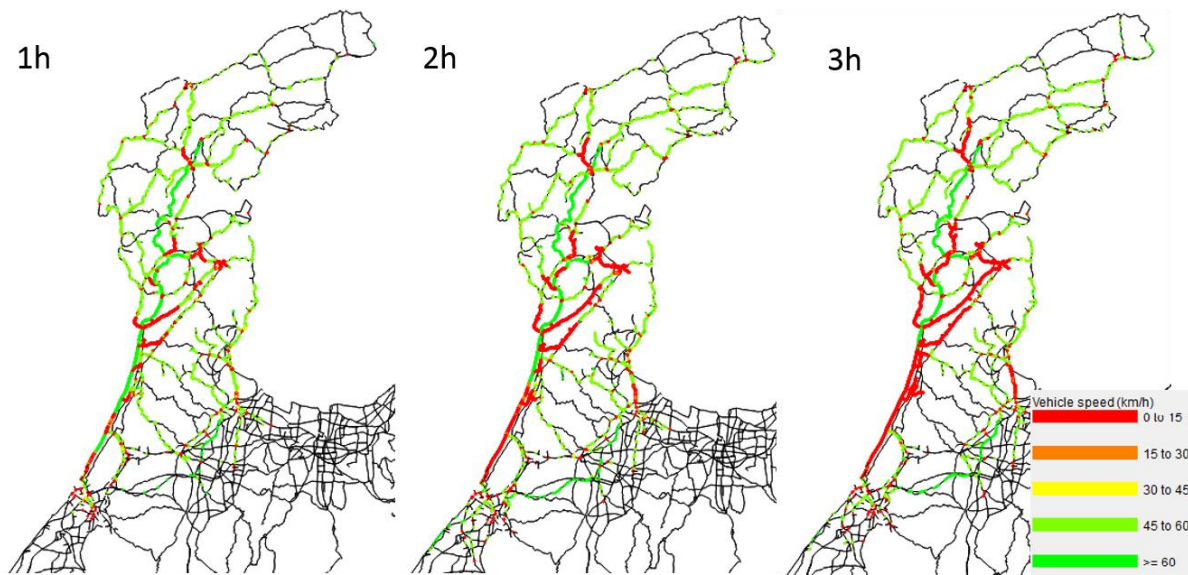


図-2 車両速度(シミュレーション開始1~3時間後)

くはないが、原発が能登半島に位置しており、逃げる方向が制限されていることから、渋滞が発生する可能性がある。また、原発から30km圏内には大きな都市はないが、避難先となる施設は金沢市などの比較的人口規模・交通量の大きい地域も指定されており、30km圏外を起点として大きな渋滞が発生する可能性もある。30km圏内には富山県氷見市の一部も含まれており、現行の避難計画では石川県民は石川県内の避難所へ、富山県民は富山県内の避難所へ避難することになっている。しかしこのことにより、避難対象住民のほとんどが石川県の一部の道路に集中し、激しい渋滞が発生する可能性も考えられる。避難場所は石川県・富山県の避難計画で定められており、石川県157箇所、富山県12箇所である。避難車両の出発地点は石川・富山県合わせて90箇所程度設置し、各発生地点から避難計画で定められた避難先へと避難するものとした。

### (3) 使用するシミュレータ

使用したシミュレータはAimsun8.1.0である。マクロ・メソ・ミクロの統合型交通シミュレータであり、国内外で幅広く使用されている。GISやgoogle mapから道路網などをインポートすることができ、本研究ではGISの詳細地図データから国道・高速道路・県道を中心とした主要道路網をインポートした。ODモデルと分岐率モデルに対応しており、本研究では車両の発生地点と避難先を指定するODモデルを使っている。経路選択の方法は、自由走行時間最短経路を選択するように設定している。

### (4) その他シミュレーション概要

避難には全住民が自家用車を使用するものとする。各

世帯が1台の車両で避難すると想定し、車両数は65510台となった。信号交差点では1サイクル120秒の信号を設置した。制限速度は、のと里山海道と高速道路で80km/h、その他の道路では50km/hとした。避難指示と同時に住民に周知されたものとして、避難開始は避難指示と同タイミング、そこから3時間かけて全避難車両が発生するものとした。ただしシミュレーション上で渋滞が発生した等の理由で3時間以内に全車両が発生できなかった場合には、開始3時間以後も指定台数に達するまで車両が発生し続ける。

## 4. シミュレーション結果

ここでは、右左折レーン等がない簡易的な道路網で、30km圏全域の住民が一斉避難した場合のシミュレーション結果を示す。背景交通は含んでいない。車両が発生し終えた後も、シミュレーションは避難開始から15時間後まで継続した。

避難開始から3時間までの避難車両の速度を図-2に示す。図より、石川県の加賀方向へ南下する車両の速度が遅くなっており、大きな渋滞が発生していることがわかる。とくに東西からの車両が合流する地点に車両が集中しており、渋滞の起点になっている。一方で、能登半島北部や富山県側への避難車両は、多少速度が低下している部分はあるものの、比較的長い渋滞にはなっていない。

次に、避難開始から4時間～6時間の車両速度を図-3に示す。富山県と能登半島北部への避難は開始6時間でほぼ完了しているものの、加賀方向への渋滞の状況はほとんど変化がなく、避難が遅れていることが分かる。シミュレーションを完了した開始15時間後の図-4を見てもわ



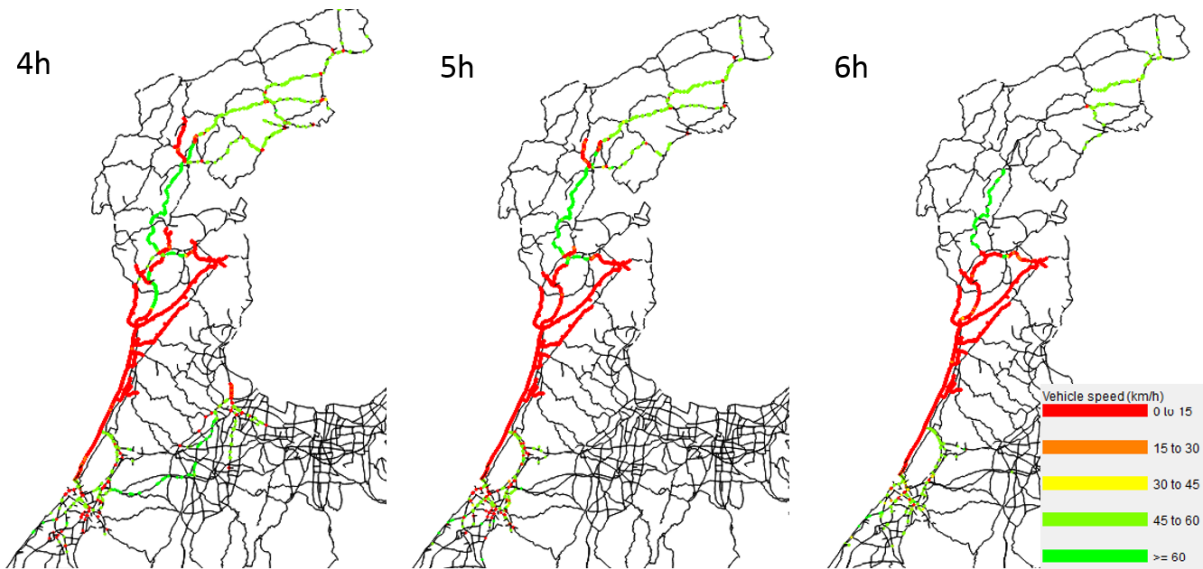


図-3 車両速度(シミュレーション開始4~6時間後)

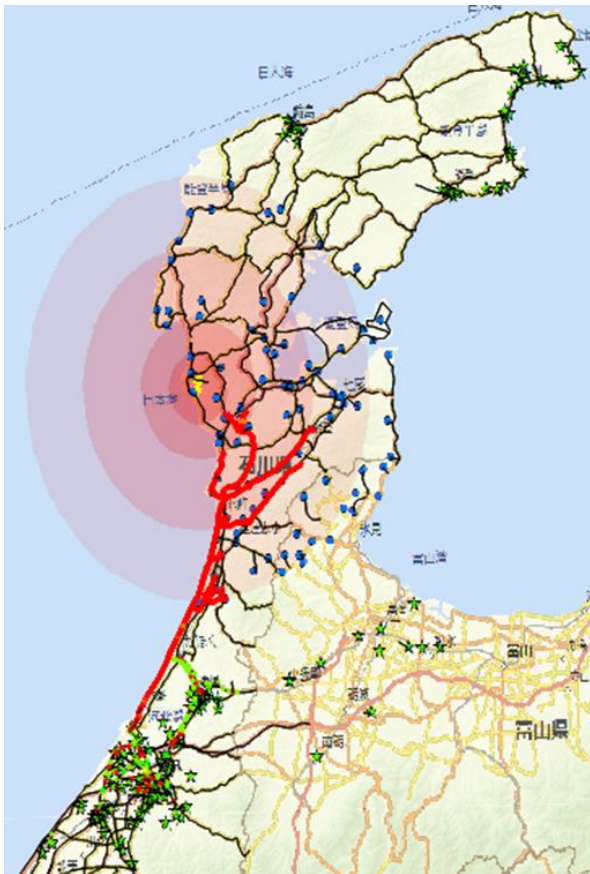


図-4 シミュレーション終了時(15時間後)の車両速度

かる通り、最後まで渋滞は解消しなかった。

これらのことから、避難者全員が自由走行時間最短経路を選んだ場合、加賀方面へ南下する道路の混雑が激しく、その方向へ逃げる避難車両は15時間かけても避難できない可能性があることが分かった。今回のシミュレーションでは背景交通をゼロとしており、背景交通が加わった場合、同方向には日常的に混雑する道路が多いため、さらに避難が遅れると考えられる。

今回のシミュレーションにおいて、いち早く渋滞が発生した箇所は、西側海岸沿いを加賀方向へ南下する道路と東側から加賀方向へ南下する道路が合流する点と、のと里山海道の金沢方面の終着点であった。これらの箇所の渋滞を解消するために、交通整理も必要であるが、車両数が多く渋滞が長いため、それだけでは不十分であると考えられる。そのため、一部の避難対象住民に富山県の道路を通過して金沢に流入する迂回路を利用してもらい、あるいは、一部の避難対象住民の避難先を富山県に変更する、などの対策も必要であると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、現状の避難計画の問題点の抽出と、対策案の検討を行うことを目的として、石川県志賀原子力発電所周辺地域を対象として避難シミュレーションを行った。その結果、多くの車両が一部の道路に集中してしまい、大幅に避難時間が遅れてしまうことが分かった。そのため、一部の車両を、比較的スムーズに避難が完了した富山県側に迂回させることや、避難先そのものを変更することで渋滞を解消できると考えられる。今後はそういった代替案の効果を検討するために、避難計画とは異なるシナリオでも避難シミュレーションを行う必要がある。

また本稿では、各地区から30km圏外の避難所に到着するまでの避難時間を推計したが、実際には30km圏外でスクリーニングを行う必要があり、スクリーニングにかかる時間やスクリーニング場所周辺での渋滞による影響が懸念される。そのため、スクリーニング場所を組み込んだ避難シミュレーションが必要であると考えられる。今回のシミュレーション結果では、避難車両が一部の道路に集中し、激しい渋滞が発生したが、スクリーニング

場所の指定と住民の振り分け次第では、渋滞を軽減させることができる可能性もある。これらのことも踏まえ、スクリーニング場所や住民の振り分けを複数パターン用意してシミュレーションを行うことが有効的であると考えられる。

さらに、原子力災害では、総合的な避難時間が長いからといって必ずしも危険であるとは限らない。避難シミュレーションの結果についての評価は、放射性物質の拡散予測等もふまえて行う必要がある。

避難経路を変更した場合や、スクリーニング場所を経由した場合の避難シミュレーションの結果、放射性物質の拡散予測をふまえた評価に関しては、発表時に報告する。

#### 参考文献

1) 藤田雅久, 高山純一, 中山晶一郎, 牛場高志: 原子力発電所災害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(土木計画学), Vol.67, No.5, I\_25-I\_34, 2011

2) 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

3) 西野智研, 円谷信一: 新しい防災指針に基づく避難時間推計のための福島原子力発電所事故に伴う住民避難行動調査, 日本建築学会計画系論文集第79巻, 第698号, 1071-1077, 2014

4) 長井大樹, 佐野可寸志, 西内裕晶: 柏崎刈羽原子力発電所の事故発生時避難シミュレーションに用いるアンケートデータの分析, 土木計画学研究・講演集50巻, 230\_1-4, 2014

5) 石川瞬, 山本俊行, 金森亮: 大規模災害時における自動車の利用可能性を考慮した帰宅断念者数の推計, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.68, No.5(土木計画学研究・論文集第29巻), I\_903-I\_908, 2012

6) 片田敏孝, 桑沢敬行, 信田智, 小島優: 大都市大規模水害を対象とした避難対策に関するシナリオ分析, 土木学会論文集B1, Vol.69, No.1, 71-82, 2013

(2015.?? 受付)

## DEVELOPMENT OF SUPPORT SYSTEM FOR LARGE AREA EVACUATION PLAN AROUND OF NUCLEAR PLANT

Satomi SUGISAWA, Junichi TAKAYAMA, Syoichiro NAKAYAMA  
and Makoto FUJII