

# 原発周辺地域を対象とした大規模避難計画と 地域防災計画に関する研究

杉沢 聡美<sup>1</sup>・高山 純一<sup>2</sup>・中山 晶一朗<sup>3</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@t.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@t.kanazawa-u.ac.jp

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う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に改訂が進んでいる。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、石川県の志賀原子力発電所周辺を対象として原子力災害を想定した避難シミュレーションを行い、防災計画や避難計画の問題点を探る。具体的には、自家用車利用率の変化による避難完了時刻への影響や渋滞地点、一斉避難と距離ごとの段階別避難による違いなどをシミュレーションにより把握する。

**Key Words :** *traffic simulation, nuclear hazard, evacuation plan, broader-based refuge*

## 1. はじめに

2011年3月、太平洋三陸沖を震源とする東北地方太平洋沖地震が発生し、この地震により全国の太平洋沿岸で津波も観測されている。そしてこれらの影響により、東京電力福島第一原子力発電所において、放射性物質が漏えいする事故が発生した。この事故は、日本では過去に例のない大規模な原子力事故となり、手探りでの対応となった。

事故時の避難に関しては、事故の数時間後には原発周辺5km圏内の住民に避難指示が出され、最終的には原発周辺20kmにまで、避難範囲が拡大された。問題点として、地震による通信網への影響があり、情報伝達が困難だったことや、病院の入院患者や介護施設入所者といった災害時要援護者の避難先の確保に時間を要したことが挙げられる。<sup>1)</sup>

国内では過去に、JCO臨界事故などいくつかの原子力事故の発生事例はあるが、今回のように大規模な避難を要したものはなかった。国外では、チェルノブイリ発電所事故などの大きな事故の事例が存在するが、発生当時の日本では、そのような事故は日本では発生し得ない、

などとして、原子力事故に対する防災が強化されることはなかった。

しかし、今回の福島原子力発電所の事故を受けて、日本でも原子力防災の改訂が進んでいる。従来の原発から半径8~10kmの「防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲」(EPZ)に替え、半径5kmの「放射性物質の放出前に直ちに避難する区域」(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」(UPZ)が設けられた。関係各県でも地域防災計画や広域避難計画の改訂が進んでいる。

そこで本研究では石川県の志賀原子力発電所を対象とし、原子力発電所での事故を想定した避難時交通シミュレーションを行った。その結果をもとに、地域防災計画や広域避難計画の問題点を探り、改善策を検討することを目的としている。

## 2. 研究の方法

### (1) 使用するシミュレーションプログラム

本研究では「KUNJ-sakura」というシミュレーションプログラムを用いている。ピリオディック・スキャン

グ方式を採用しており、刻々と変化する交通状態を算出することによって個々の車両がそれぞれ個別の意志を持って行動しているように表すマイクロ交通シミュレーションソフトである。またSakuraは、道路の条件として車線や信号、規制速度、路上駐車などの障害物等多くの要素を設定することができる。車両にも道路と同じように個別に車種や出発・目的地などの属性の設定ができ、この車両属性と道路条件によって個々の車両で経路選択モデルが適用され、挙動が決定することとなっている。経路選択にはDial法を用いて選択確率を算出しており、車両の経路や右左折や車線の変更等といった行動の選択を行っている。

シミュレーションを行うには対象地域の道路網のネットワーク情報や線形情報、各種交通規制の情報を入力した道路網データと発生させる車両の数や出発地、目的地等を入力したOD交通量データが必要となる。

また、アウトプットの項目としては、シミュレーション結果を各道路における渋滞長や各車両の経路、避難時間等のデータが出力可能である。

## (2) シミュレーション対象地域の概要

本研究では石川県志賀町の志賀原子力発電所での事故を想定し、シミュレーションを行う。現在までに原発周辺半径20km圏内の主要道路網でのシミュレーションを行った。sakuraで作成した道路網を図-1に示す。図中の青色の半円が志賀原子力発電所から半径30km圏内(UPZ)を示し、緑色の線が今回用いた道路網である。背景とする地図にはgoogle mapを使用し、国道・県道を中心とした主要道路を用いた。

志賀原子力発電所を有する石川県は、原子力災害対策重点区域(30km圏内)に県内の8市町と隣接する富山県の1市を含む。

石川県の避難計画では県内8市町の避難先と避難ルートはいずれも石川県内のものを使用する。主要な避難手段は各家庭の自家用車である。その他バスや海上交通など様々な手段を確保し、自家用車を持たない家庭や自力での避難が困難な人を避難させる計画となっている。図-1からも分かる通り、志賀原子力発電所周辺30km圏内全域が避難することになった場合、能登半島北部が孤立する恐れがあるが、現行の計画では能登半島北部にも避難所が設置される予定である。在宅の災害時要援護者の把握と避難の援助は各市町が対応することとなっている。福祉施設等入所者と病院入院患者に関しては、各施設が事前に避難マニュアルを作成し、それに従って避難する。避難の受け入れ先の調整や福祉車両等の避難車両の手配に関しては各市町が県や国と協力して行う。

## (3) OD交通量データについて

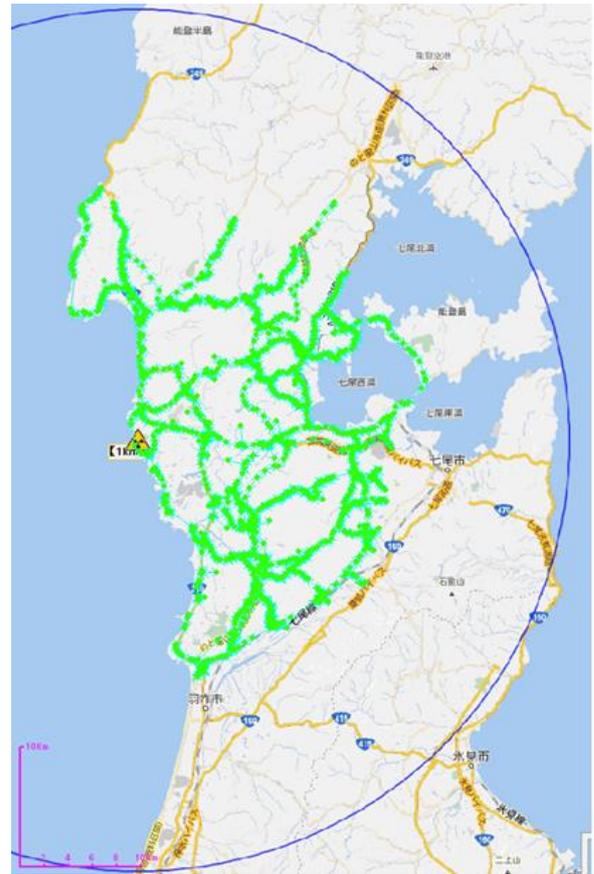


図-1 20km圏内道路網

本研究では、石川県の避難計画を参考に、自家用車避難を主要な避難方法としてシミュレーションを行った。その他に、自力での避難が困難な災害時要援護者用の車両、自家用車を持たない家庭等を考慮したバス、の計3種類のODデータを用意した。またそれらの割合は、2012年に行った周辺住民へのアンケート結果<sup>2)</sup>から、災害時要援護者は全人口の7.2%、自家用車避難率は全人口から災害時要援護者を引いた人数から算出した世帯数のうち、55~85%になると推測した。自家用車利用率は幅が大きいので、また自家用車率による避難への影響を見るため、55%、65%、75%、85%の4パターンでシミュレーションを行った。ただし、自家用車の車両数は1世帯につき1台であるとする。

その他、シミュレーションに必要な事項を以下のように設定した。

- 志賀原子力発電所から半径20km圏内において、道路網に被害を与え、車両の通行が不可能になるような影響は生じていないとする。
- 夜間の事故発生を想定し、全員自宅からの避難とする。背景交通は考慮しない。
- 避難シミュレーション開始は、一般市民に避難指示が広報された時点からとする。
- 車両が志賀原発周辺半径20km圏内から出た時点で避難完了とみなす。

表-1 避難開始のタイミング

	0～30	30～60	60～90	90～120
一斉避難	自家用車避難			
		バス, 要援護者避難		
2段階避難	5km 自家用車避難			
		5km バス, 要援護者避難		
	20km 自家用車避難			
			20km バス, 要援護者避難	
3段階避難	5km 自家用車避難			
		5km バス, 要援護者避難		
	10km 自家用車避難			
			10km バス, 要援護者避難	
			20km 自家用車避難	
				20km バス, 要援護者避難

- 各家庭の自家用車は、各地域の人口分布を考慮して、最寄の道路バンドル上から発生する。バンドルとは同一方向の道路区間のまとまりで、経路選択の単位となる。
- 住民用避難バスや要援護者用の車両も同様に各地域を出発地点とするが、出発時刻を各家庭の自家用車よりも遅らせることで、各地域へ迎えに行く時間を考慮する。
- 住民用避難バスや要援護者用の車両の台数に制限はないとする。
- 避難指示が出された後は、避難対象範囲内に流入する交通は規制をするため考慮しない。
- 発生させる一般住民の避難車両(バス)の数は、バス一台に乗車できる人数を50人として各避難所の人口数を50で割ることで求める。  
これらの条件をもとにODデータの作成を行った。

#### (4) シミュレーションのパターンについて

シミュレーションでは上記の条件を基本としながら、自家用車率と避難指示のタイミングに変化をつけて比較を行う。

自家用車率は前にも述べた通り55%、65%、75%、85%の4パターンである。

避難指示のタイミングは、「一斉避難」と「距離ごとの2段階避難」、「3段階避難」の3通りである。2段階避難は原発周辺5km圏内と5～20km圏内、3段階避難は原発周辺5km圏内と5～10km圏内、10～20km圏内で分類を行った。それぞれの避難開始タイミングをまとめたものを、表-1に示す。

以上の自家用車率4パターン、避難指示タイミング3パターンの計12パターンでのシミュレーションを行った。

表-2 避難完了時間

	55%	65%	75%	85%
一斉	2時間 50分	2時間 59分	3時間 22分	3時間 38分
2段階	3時間 24分	3時間 31分	3時間 31分	4時間超
3段階	4時間超	4時間超	4時間超	4時間超

#### 4. シミュレーションの結果

まずシミュレーション結果をアニメーション表示したのを見ると、原発周辺20km圏内の避難では、どの自家用車率でも大きな渋滞が確認できた。特に西側の海岸沿いの道路を南下する方向の渋滞が激しく、その部分だけ避難完了も遅れている。石川県が公表しているシミュレーション結果でも近い箇所での渋滞が確認できており、交通整理等の対策が必要である。

また、出力データから得た避難完了時刻をまとめたものを表-2に示す。こちらは石川県が公表しているシミュレーション結果よりもかなり短くなっている。避難範囲が20kmと狭いので単純な比較はできないが、背景交通を含んでいない点、全車両が避難計画に従って原発から遠ざかるように放射状に避難している点なども影響していると考えられる。自家用車率による影響を見ると、55%と85%では1時間程度の避難完了時間の差が見られる。この差は背景交通等を考慮したり、シミュレーション範囲を拡大したりすると、さらに大きくなると考えられる。大規模な避難の場合、自家用車主体の避難になるのは仕方がないが、こういったシミュレーション結果を住民に提示し、できるだけ乗り合わせでの避難に協力を仰ぐ必要もあると考えられる。段階別避難による影響を見ると、避難完了時刻は2段階、3段階とするごとに遅れている。しかし別の出力データからは、5km圏内から車両が出る時間は段階別避難のほうが早くなることが分

かった。放射性物質の拡散速度も考慮し、最も被ばく者数とその程度を小さくすることのできる避難方法を考える必要がある。

## 5. まとめ

今回の研究ではシミュレーションソフト「Sakura」を用いて、志賀原子力発電所での事故を想定した避難時の交通をシミュレートし、現在の避難計画で災害時に避難を行うと渋滞が起きると考えられる道路を確認することができた。また、自家用車率が上がり車両数が多くなればなるほど、渋滞が大きくなり避難完了が遅れることも確認できた。段階別避難のシミュレーションでは、一斉避難に比べ避難完了は遅れるものの、原発からの距離が近いところでは早く車両がはけることも確認できた。原因として、一斉避難の場合は 5km 圏外の渋滞の影響で 5km 圏内の車両も足止めされていたが、段階別の避難にすることで、避難開始初期の 5km 圏外の渋滞が発生しにくくなったことが、考えられる。

今後の課題として、より車両の挙動を現実近づけるために、背景交通や自主避難を取り入れる必要がある。ここで言う自主避難者とは、避難指示が出た範囲外で避難を始める人のことで、福島第一原発事故の際も4割ほどの住民が自主避難したと言われている。<sup>1)</sup> また、今回は全住民が避難計画に従って動くという条件下でシミュレーションを行ったが、実際は避難計画に従わない住民

も存在すると考えられる。そのような避難者の行動をどのようにシミュレーションで表現していくか、検討する必要がある。また実際の道路網のデータ（幅員、信号現示、規制速度等）を取り入れる必要もある。さらに、今後はシミュレーション範囲を拡大していき、避難所に到達するまでの時間も考えたい。

本研究の目的は防災計画や避難計画の課題を探り、改善策を考えることなので、複合災害など様々な状況を想定した状況下でのシミュレーションを行い、まずは問題点を探していく必要がある。

**謝辞：**本シミュレーションでは京都大学と（株）ニュージェックが共同開発したマイクロ交通シミュレーションソフト「KUNJ-sakura」を使わせて頂いている。ここに記して感謝したい。

## 参考文献

- 1) 福島県生活環境部：東日本大震災に関する福島県の初動対応の課題について、2012
- 2) 高島優，高山純一，中山晶一郎：志賀原子力発電所を対象とした大規模避難計画策定システムの構築

(2014.?? 受付)

# RESEARCH ON THE LARGE-SCALE EVACUATION PLAN AND LOCAL PLAN FOR DISASTER PREVENTION FOR A NUCLEAR POWER PLANT SURROUNDING AREA

Satomi SUGISAWA, Junichi TAKAYAMA and Syouichiro NAKAYAMA