

我が国における大規模災害予測時の事前広域避難の可能性

Possibility of evacuation before a great disaster in Japan

小池則満*

Norimitsu Koike*

Abstract : In United States of America, the evacuation has been done at hurricane, wildfire and so on. Though there has already planned some emergency strategy including evacuation in Japan, it is unclear whether evacuation can be done or not in Japan. This paper aims to discuss the possibility that people evacuate from high risk area before a serious disaster in Japan through the counteractive with United States of America. For planning and carrying out the evacuation in Japan, it is necessary to develop the evidence for decision making, traffic simulation, accountability of evacuation and public consciousness.

Keywords: Evacuation, Contraflow, Disaster Prevention Planning
広域避難, 全面一方通行, 防災計画

1.はじめに

長期的な気候変動や社会条件の変化などから、洪水や高潮に対するリスク管理のあり方について、議論がなされている。辻本は、気候変動等へのリスクに対応するためには、今後は Perfect Protection (外力に対する堤防等による防御) ~ハザードマップ型の減災対策~超過洪水危機管理(克災)までのリスク管理をシームレスに行うことを提言している¹⁾。ここでいう克災とは、長期的な整備目標を大きく上回る外力で、現行のインフラ整備やハザードマップによる情報提供や避難を喚起することでは対応しきれないが、科学的には想定しうる巨大な外力であると考えられ、ハリケーン・カトリーナなどはその典型であろう。

こうした克災に対する取り得る行動のひとつとして、Evacuation と呼ばれる広域的な避難行動を挙げることが出来る。米国をはじめとする諸外国では大規模災害発生時、もしくは発生が予測される場合に、住民が危険性の高い地域から他の地域へ広域的に避難することがあり、我が国のように同じ地域あるいは地区の中で比較的安全な場所へ避難するのは Shelter と呼ばれ、Evacuation とは明確に区別されている。

我が国において、Evacuation と呼べる事例としては有珠山噴火における避難行動があげられる²⁾。ここでは噴火せず火山性地震が発生した段階で多くの住民が避難行動を開始し、結果としてひとりの死傷者を出すことがなかった。また、Evacuation が防災計画に織り込まれている事例としては、東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会(以下、TNT)による巨大台風接近時における緊急計画が挙げられる³⁾。これは伊勢湾台風級の大型台風が太平洋上に発生し、接近してきた場合に、上陸をする 24 時間以上前に住民に対して他の地域へ避難するように呼びかけるとともに、そのサポートを行政が行うよう計画している。また、中央防災会議においても荒川及び利根川の氾濫を想定した広域避難についての調査、提言がなされている⁴⁾。

以上の通り、いくつかの計画はなされているが、我が国では大規模な事前広域避難の実施例に乏しく、その実現には多くの解決すべき課題があると考えられる。TNT の策定の経緯や内容、そして克服すべき具体的項目については、田中らによって詳細に

まとめられているが⁵⁾、今後はより詳細に諸外国での先行研究や我が国との条件の相違を調査し、実効ある内容に高めていくことが必要である。特に辻本の提唱するシームレスなリスク管理という理論的背景に対して議論を深めることが重要であろう。避難行動に焦点を絞るのであれば、Shelter から Evacuation、あるいはその逆へ、状況に応じて自然な形で、行政も住民も行動や戦略をスムーズに転換できるような体制こそ望まれると考えられる。これにはまず、まず先進地域の事例を調査し、我が国で想定しうる問題点や対応方法、将来的な研究課題を明示することが極めて重要であると考えられる。

そこで、事前広域避難が盛んな米国における研究事例をレビューするとともに、TNT が提唱している事前広域避難計画について検討し、今後の研究課題について整理することで、我が国における事前広域避難実施の可能性を見出すことを、本研究の目的とする。

2. 本研究の流れ

米国に蓄積される膨大な事前広域避難(Evacuation)に関する研究をすべて網羅し、体系化することは困難であり、なんらかのアプローチ方法を定める必要があるが、本研究では、以下のような手順で進める。

最初に、主要な用語に関する整理を行う。次に、米国の The National Academies の Transport Research Board が発行している NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) のうち、2009 年に発行された“Transportation’s Role in Emergency Evacuation and Reentry” レポート(以下、NCHRP Synthesis レポート)⁶⁾を軸に、主(ハリケーン・カトリーナ以降(2005 年 8 月)における Evacuation に関する研究をレビューし、米国における Evacuation 研究の状況を俯瞰する。

以上の結果と、我が国の巨大台風を想定した東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会の避難計画とを参照して、我が国において取り組むべき課題を整理し、最後に今後に向けての提言と課題について述べる。

* 正会員・愛知工業大学 都市環境学科 (Aichi Institute of Technology, Civil Engineering)

3. 用語の整理

米国での研究事例をレビューする前に、ここで若干の用語の整理を行いたいと考える。本来は研究レビュー後にそこで用いられている用語について考察すべきと考えるが、直訳が難しい用語もいくつか存在すること、カタカナを安易に用いたり英単語をそのまま用いることで、レビューを進める際に誤謬や混乱が生じないようにするため、あえてここで記述することとした。

Evacuation：広域的な避難という意味で使われ、被災前、被災後、どちらの場合でも対象地域からより安全な他の地域へ避難するならば Evacuation と呼ばれる。日本語に訳せば、避難よりも「疎開」に近いと考えられるが、多くの辞書が指摘するとおり、「疎開」は戦禍から逃げるための行動ととられるため、あまり適切とはいえない。したがって、被災前後を含む場合には「広域避難」、事前のみの避難活動をさす場合には「事前広域避難」、と区別して記述することとする。

Shelter：Evacuation でできなかった人々が緊急に逃げ込む場所という考え方で使われている。たとえばCovaらは、大規模な山火事に対する Shelter のあり方を論じる中で、あくまで Evacuation のためのルートが火災で封じられてしまった人々が逃げ込む場所として Shelter のあり方について論じている⁷⁾。日本で一般に言われる避難所は、Shelter のイメージに近いが、日本の「避難所」は広域避難に遅れた人が緊急に逃げ込む場所というニュアンスはあまりないことから、ここでは「緊急避難場所」と訳して用いることとする。

Reentry：Evacuation から地域へ戻る場合の行動を Reentry と呼ぶ。英和辞書では「再び入ること」と訳されるが、状況を適切に表現する用語は見当たらない。Shelter から自宅等へ戻る行動は「帰宅」でよいと考えられるが、広域避難から戻るのは「帰還」として区別をほうが良いかもしれない。本研究では、さしあたって「広域避難からの帰宅」と記述して、今後の議論を待ちたいと考える。

Contraflow：Evacuation の際の交通渋滞を少しでも緩和するために、高速道路を全面的に一方通行にして、より大きい交通容量を確保しようという手法である。本研究では「全面一方通行」と訳して論じることとする。

4. 米国における事前広域避難に関する研究

4-1. 広域避難計画のフロー

NCHRP Synthesis レポートにおいて、一般論としての広域避難計画のあり方がまとめられている。これを要約し図示したものが図-1 である。

まず最初に対象地域のゾーニングを行う。ここでは、災害シナリオによる被害予測等を参考にし、後の避難OD交通量予測の基本ゾーンを設定する。その地域で脅威にさらされる人口や家屋数、車両数について調査する。

次に対象地域において広域避難の際に用いられる道路ネットワークを定める。ここでは、交通容量や全面一方通行について把握するが、危険な地域からの脱出の障害となる場所について注意を払うことが必要である、とされる。また、この作業では交通事

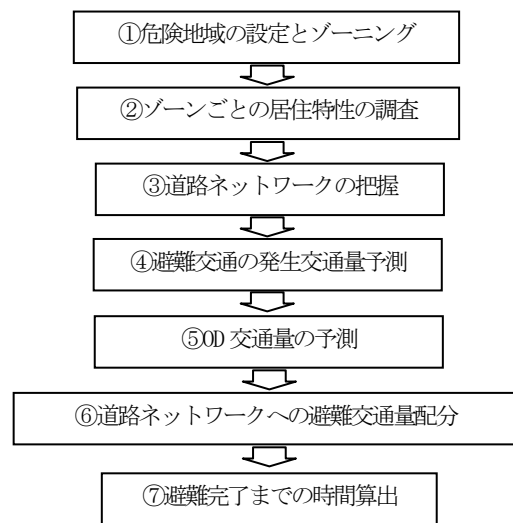
業者や都市計画の実務者の GIS によるフォームが有効であると述べられている。

続けて、交通需要の予測を行う。これにはまず現地内で地域の緊急避難場所、友人宅、ホテル・モーテル、教会、そのほかに避難する人々と、対象地域外へ避難する人々を分けて、どのくらいのトリップが各ゾーンから生成されるかを予測する。

次に交通重力モデルに類する方法で、避難者の行き先を予測し、OD表を作成して交通量の予測をする。この段階において、地域の緊急機関と協議し、地域の計画がこの避難行動を制約するものではないか、調査することが重要である。

最後に道路ネットワークに対して OD 交通量を割りあえる。

以上の結果から、交通分析を行って、ボトルネックなどを明らかにする。広域避難計画の目的は危険な地域から広域避難が完了するまでの時間を求めることにあり、とされる。



【図-1】 事前広域避難計画策定のためのフロー
 (参考文献6) P.12より筆者作図

我が国における避難行動に関する視点と大きく異なることとしては、事前広域避難の研究では「避難完了までの時間」(Clearance Time)が重要なアウトプットである点であろう。すなわち、ハリケーン等が接近し、市民の避難行動が開始されたときに、避難不能になるまでの時間よりも避難完了までの時間が長ければ、多くの市民が事前広域避難に失敗したということになる。逆であれば多くの市民が時間的余裕をもって脱出できたことになる。こうした余裕時間の確保の予測は、事前広域避難独特の評価指標であり、今後の我が国の事前広域避難計画でも十分に考慮されるべきと考えられる。

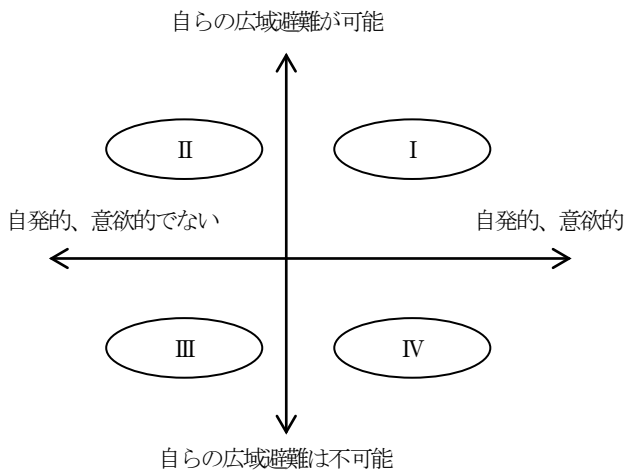
次に、ルイジアナ州やテキサス州の沿岸部におけるハリケーンに対する広域避難計画において、地域をゾーニングするとともに、段階的な避難が計画されている。たとえばテキサス州では郵便番号 (Zip Code) に基づいたゾーニングを行い、ハリケーンのカテゴリーに応じて避難が必要な場所であるかどうかを住民にわかりやすく示している⁸⁾。その根本的な考え方として“Leave early and go where you want - Leave late and go where we tell you”という

フレーズが示されている⁹⁾。これはハリケーンがまだ遠い段階では特に避難ルート等は指定されないから好きなように逃げるように、ハリケーン上陸が迫った段階では、避難ルートが示され、高速道路の全面一方通行も実施されるから、指示に従って避難するように、と解釈できる。しかし、実際には段階的避難の実施は難しく、ひとつの構想に留まっているとも述べられている。

いうまでもなく、避難完了までの時間は、いかに早く住民に広域避難を呼びかける意志決定を行うか、にも左右される。山火事に対する事例としては、Cova らは延焼モデルを用いて住民に避難を促すタイミングについて論じている¹⁰⁾。Islam らは、テキサス州に上陸したハリケーンの発生から上陸までの時間や進路について分析を行い、防災計画へ反映させるための考察を述べている¹¹⁾。また、Hurrevac とよばれる意志決定支援のソフトウェアも公開されており¹²⁾、我が国でも科学的根拠に基づく意志決定方法の確立が求められる。

4-2. 住民の意識

NCHRP Synthesis レポートにおいて、広域避難に関する住民意識を分類したものを図-2 に示す。ここでは、縦軸に、自ら広域避難が可能なグループとそうではないグループ、横軸に広域避難に対する意識、すなわち協力的・自発的 (Willing) に避難をするかしないか、をとり 4 つに分類している。



【図-2】 避難能力と避難意思による住民意識の分類
 (参考文献6) Figure15 P. 31 より筆者訳

まず、多くのアメリカ市民は自ら広域避難可能な象限 I および象限 II に分類されると述べており、なかには公式の避難命令がでる前に広域避難を開始する者もある、と述べている。一方で、図の左側 (象限 II、象限 III) に属する事前広域避難に対して意欲的でない人々は、安全であると考えた、家やペットを守ろうとして残ったという理由、あるいは高齢等で避難がかなわないと考えた人もいとされる。

このように、多くの住民は事前広域避難を意欲的に受け入れる一方で、事前広域避難を行いたがらない人々への対策が必要とされている。そこで NCHRP Synthesis レポートでは、こうした住民に対する啓蒙の必要性を説き、「教会等、信頼のある場所で必要性を説くべきである」と述べている。次に、興味深いのは、自ら

避難できない人々を「言い換えれば、車のない人々」とも記述している点である。マイカーによる自力の避難、という考え方がまず根底にあることは、米国と我が国とを比較考察する際には、極めて重要であると考えられる。

ところで、Dixit らは、複数のハリケーンが来襲した場合の住民の避難行動に関するアンケート調査を行っている。この中で、持ち家、家族の人数、年収、暴風へのリスクといった項目が有意である一方で、よく指摘される、ペットや子供がいる家庭では事前広域避難の開始が遅れるという傾向は見られなかった、としている¹³⁾。このような世帯別の特徴を把握し、シミュレーションや計画策定に活かすことは重要であろう。

4.3. 交通計画

大多数の市民がマイカーで広域避難をする際には、ハリケーン来襲までの限られた時間内に可能な限り多くの車両を一方へ流す必要が生じる。交通計画としては極めて特殊な状況であると同時に事前広域避難の成否を決める重要な部分なので、一方へ短時間に多くの自動車を通行させるための研究事例も多い。

実際の観測値に対する研究事例としては、Wolshon らがハリケーン・カトリナ接近時において、事前広域避難が開始され、さらに全面一方通行が開始された際の交通量の推移を示している¹⁴⁾。ここでは、高速道路を全面一方通行にしても実際の交通量は 2 倍にはならないこと、上陸の二日前の朝 9:00 に最初の避難命令が出されたが、事前広域避難による交通量の増加はその日の午後から見られることなど、今後の事前広域避難の計画策定のための興味深い具体的データが示されている。

また、全面一方通行をおこなう区間においては、通常のレーンと本来反対方向であるレーンを逆方向に走行するレーンの 2 つが存在することになる。途中で都市があり、インターチェンジから流入する自動車がある場合、これらをすべて通常レーンのほうに流入させるのではなく、中央分離帯のところどころに渡り線を設けて、両方のレーンにバランス良く車両を走行させなくてはならない。この渡り線の適切な設置について、Dixit らは、フロリダ州の Tampa から Orlando を結ぶ I-4 号線をとりあげ、いくつかの戦略に対するシミュレーションを行っている¹⁵⁾。その結果、このケースでは複数の渡り線を設けるよりも、全面一方通行を開始する都市付近に一方所あればよいという結論を導いている。

4.4. 広域避難からの帰宅

住民の広域避難先から帰宅について NCHRP Synthesis レポートでは、次のような課題を述べている¹⁶⁾。まず、避難者が新たな危険にさらされないように、インフラの被害状況をきちんと把握すること、エリアを定めること、また、最近新たに指摘される課題として、広域避難者が家や仕事を失ってそのまま被災地へ戻らず、被災地の復興の遅れになりうることから、それへの配慮が必要であることが述べられている。さらに、人口が減少するにも関わらず、インフラを現況復帰することにこだわりすぎていないかという点も指摘されている。しかし、レポート中で述べられているように、広域避難からの帰宅については、被災後のインフラの点検や復旧作業に多大の困難を要することから、交通事業者としての取り組みや研究は、米国においても今後の展開が待たれる

状況といえる。

4-5. 災害弱者への対応

Committee on the Role of public Transportation in Emergency Evacuation では、38 都市圏を対象に事前広域避難に関する現状調査を行っている¹⁷⁾。その中で、事前広域避難時の交通サービスへの潜在的需要に関する指標として「車を所有していない」、「高齢者」、「最近の移民（英語を話せない）」「低所得者」、「交通機関による通勤・通学者」を取り上げている。繰り返して述べてきたように、米国ではマイカーによる自力の広域避難が前提にあるため、車を所有せず移動手段を提供されないと移動できない者は、災害に対して脆弱である、すなわち災害弱者であると定義されている。また、英語以外にもさまざまな言語が使われている国であるが、やはり英語が話せずに公共からの情報から阻害されやすい人々、移民して間もない者も災害弱者として考えられていることがわかる。

一方、フロリダ州では「医療施設での手当を必要とはしないが、一般市民向け緊急避難場所においては、その対応能力を超えるような手当を必要とする人々」と定義されている。その理由のひとつとして、フロリダでは手当の必要な人々と医療対応可能な緊急避難場所とのつながりが深いことが述べられている¹⁸⁾。特別な支援が必要な市民（入院患者等）については、スクールバスの利用が実施されている。米国ではそれぞれの郡（County）が児童・生徒送迎のためのスクールバスを多数保有しており、車椅子対応の車両も多いことから、これらが広域避難の際の手段と位置づけられている。たとえば、フロリダ州の Pinellas County では 810 台のうち 110 台のスクールバスが車椅子対応であることが紹介されている¹⁹⁾。

5. 我が国での広域避難の実現可能性

5-1. 東海ネーデルランド高潮洪水協議会の危機管理行動計画

我が国における台風に対する事前広域避難計画としては、東海ネーデルランド高潮洪水協議会が作成した危機管理行動計画（以下、TNT 危機管理行動計画）がある。

まず、想定する外力を、スーパー伊勢湾台風としている。中心気圧を 910hp とし、浸水予測は図-3 に示すとおりである。浸水エリアにおける人数が 2382200 名、うち避難が必要な人数を 571000 人と想定している。このうちさらに地域の避難所等に収容しきれない人数が 351700 名であると想定し、広域避難オペレーションの対象であるとしている。広域避難開始はおおむね台風上陸の 24 時間前に開始するものとし、交通規制の実施や避難バスの手配が開始されるが、具体的なルートや交通規制の内容については触れられていない。また、避難先については広域的な避難場所を「風水害広域避難場所」と称し、東海 3 県（愛知、岐阜、三重）の候補地をリストアップするとともに、住民の自己調達による自主避難場所についての必要性も述べている²⁰⁾。

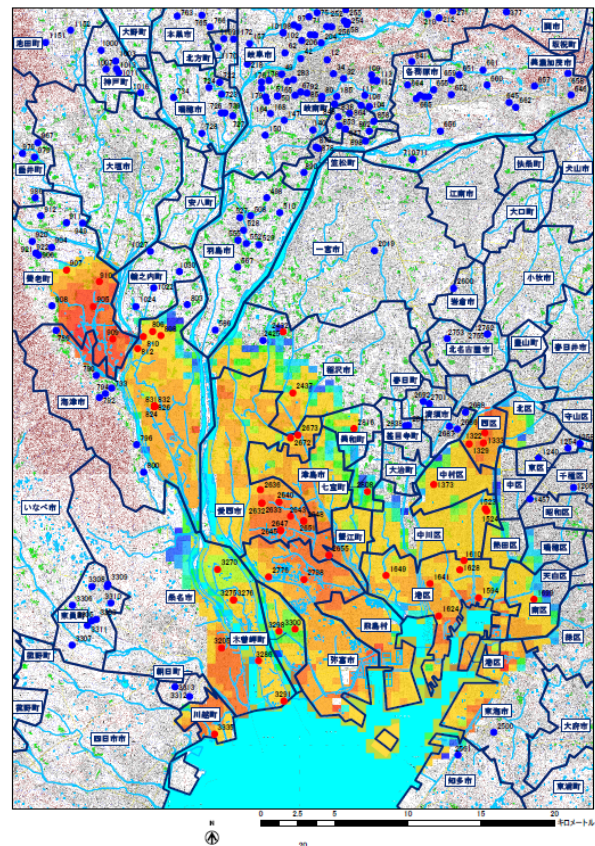
避難行動のための重要な情報となる洪水や高潮に関わるリスク情報をどのようにとらえ、住民に提供し、避難行動を促すのか、議論することは極めて重要である。事前広域避難を開始するための引き金（トリガー）を引くための情報をどのように与えるか、

はそのタイミングや方法、想定しうる事態を綿密に検討しておくことが不可欠である。また水害リスクと都市計画の中にどのように組み入れていくか、にも関わってくる。

我が国の現状と、TNT の危機管理行動計画、米国の広域避難計画についての比較したものを表-1 に示す。

まず、避難距離について、現状では小中学校などの最寄りの避難所への避難がなされており、基本的に徒歩で移動可能な範囲内が考えられている。一方で東海ネーデルランドでは、被災エリア近郊の市町村の避難所をリストアップしており、図-3 に示すとおり、岐阜市、犬山市付近までの避難所をマッピングしている。一方で、米国の場合は、たとえば佐藤らは、ハリケーン・カトリーン後の聞き取り調査において、ニューオーリンズの住民らはハリケーンが来襲する時には、州都の Baton Rouge（約 125km）もしくは Houston（約 560km）にまで宿を探しながら避難することが述べられている²¹⁾。

場所についても、我が国では現状では行政が避難場所を指示することが多く、TNT 危機管理行動計画でも自主的に探して避難する人数と行政が用意すべき人数を分けて記載している。一方、連邦政府からの宿泊補助等は存在するが、基本的に避難者が自分で探さなくてはならない。交通規制については、我が国では、危険地域への通行止め等が行われるが、米国では自家用車で避難する人のために全面一方通行が行われ、そのための研究蓄積があるのはこれまでに述べたとおりである。TNT 危機管理行動計画に



【図-3】東海ネーデルランドにおける被災想定地域と風水害広域避難場所の分布
(参考文献 20) P. 20)

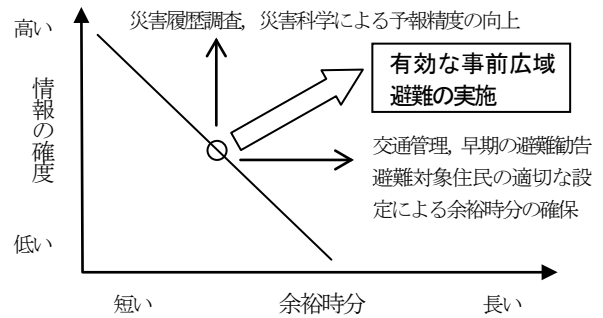
は、具体的な路線や区間、スケジュールなどは示されていないが、片田らによって長島町に対するシミュレーションモデルが開発され、ホームページ上に紹介されている²³⁾。ここではアンケート調査に基づく住民の避難行動に関するパラメータが入力され、現状のケースや広域避難が積極的に進められた場合等の違いをアニメーションでわかりやすく表示している。

事前広域避難における交通手段については、前述のとおり米国ではマイカーによる事前広域避難が一般的に行われている。一方で、交通事業者が事前広域避難の意思決定に関わる席に加わることができるように述べた提言もある。我が国の都市部では、公共交通機関、特に鉄道網が高度に発達しており、これらが事前広域避難の有効な手段となることが期待される。一般市民に対して事前広域避難を促す決定がなされたときにどのような輸送を各時間におこなうべきであるのか、具体的な計画立案が求められる。

5-2. 事前広域避難の実現に向けて

先の述べたように、事前広域避難の成否は「避難完了までの時間」(Clearance Time) にあり、その前にハリケーン等が来襲すれば失敗であり、その後に来るならば、その差が避難行動のための余裕時間となる。多くの研究課題から生み出されるアウトプットも最終的にこの「避難完了までの時間」をいかに短縮し、余裕時間を生み出すか、に収斂されるといえる。しかしながら、多くの要因が複雑に絡み合い、政策的な意思決定が要求されることも多いと思われる。図にその概要を示す。まず、ハリケーンが来襲する時間が迫ればせまるほど、勢力や進路といった情報の確度は一般的に高まるが、確度が上がるのを待って住民に避難指示を与えれば、その分だけ上陸までの余裕時間は短くなる。すなわち「情報の確度」と「避難指示のタイミング」はトレードオフの関係にあり、どのタイミングで指示を出すべきか、意志決定者としては悩ましい問題である。次に、住民の人数および属性を変えれば、クリアランスタイムも変化する。全員を避難させるのであれば時間が必要であるが、要援護者と呼ばれる人だけを対象と考えるならば、時間は短くできる。その代わり実際に来襲した場合の人的被害は極めて大きくなるだろう。これらの施策をどう考えるかによって、とられる交通管理の手段や避難場所の確保などのオペレ

ーションも変わってくる。我が国において事前広域避難を実現させるためには、こうしたトレードオフの関係となる要因をひとつひとつ精査することではじめて図-1 に示されるようなモデリングが可能となり、現状において実行可能な解を見つけ出すことができる。その後、科学的根拠や経験、社会の災害に対する考え方や条件の変化にあわせて、最終的な被害を可能な限り最小化するような施策を得る作業を継続していくことで、より有効な事前広域避難を実施できるものと考えられる。これらの概念を図-4 にまとめる。



【図4】 有効な事前広域避難の実施に向けた今後の課題

6. まとめ

本研究では、米国における広域避難の現状についてレビューを行い、今後我が国において同様の防災計画を策定する際の課題について考察した。以下に本研究により得られたことをまとめる。

(1) 事前広域避難の成否は「避難完了までの時間」(Clearance Time) を台風来襲までの時間よりも短くすることにある。そのためには行政側が事前広域避難を住民に促すことの意味決定は、可能な限り早く行うことが望まれる。行政が高い確度を持って避難を呼びかけるための科学的な根拠が求められる。

(2) 確保された「避難完了までの時間」(Clearance Time) を最大限有効に活かすための方策が求められる。広域避難の際には脱出する方向に向かって大渋滞が発生する恐れがあることから、迅速性のみならず確実性、安全性を確保するための研究蓄積が必要

【表-1】 事前広域避難に関する日米比較

	日本		米国
	現状 (避難勧告・避難命令)	事前広域避難 (東海ネーデルランド)	事前広域避難
距離	極めて近距離、徒歩圏	数キロ～数十キロ	長距離、場合によっては数百キロにもおよぶ避難を行う。自家用車を持たない市民の一部は、市内の緊急避難場所へ避難
交通手段	徒歩、自家用車、スペシャルトランスポート	自家用車、公共交通機関、スペシャルトランスポート	自家用車が中心、公共交通機関の割合は低い
場所	小学校、中学校、公民館等	行政による避難場所の設置、親戚・友人宅等	親戚・友人宅等、ホテル等 (連邦政府からの補助有り)、行政による緊急避難場所の設置 ²²⁾
交通規制	危険地区への通行止め	交通整理、交通規制、公共交通機関の運行規制	一部高速道路の全面一方通行。避難道路に使用されるため通行止めは台風接近までなされない。

である。

(3) 事前広域避難の人的被害軽減予測や、復旧、復興における影響などを十分に調査し、住民に提示する必要がある。

(4) 米国では住民自らの避難が大原則にあるが、我が国では行政等による避難の手段や宿泊先の確保について問われる可能性がある。公的支援と住民行動との関係について議論を深める必要がある。

本研究においては、米国の The National Academies の Transport Research Board を軸に、関連参考文献で周辺研究を補足する形でレビューを進めた。本研究では主に交通の視点から米国の事前広域避難の現状をレビューしているが、全容からすればほんの一部であり、今後多角的な研究が待たれる。他分野、たとえば医療・搬送活動の視点から事前広域避難の交通を考えればまた違った課題も浮かんでくるだろう。本研究で考察した内容は、交通分野における調査研究としての端緒として位置づけ、我が国における今後の研究課題を展望したという点で、有用と考える。

いずれにしても、米国と我が国では国土や交通の形態はもちろんのこと、社会や文化が異なり、米国における事前広域避難の考え方や運用方法をそのまま我が国に適用しようとするのは大変危険であることはいうまでもない。十分な調査研究を重ねて、段階を踏んで広域避難を実施していくことが、重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 辻本哲(2010), 「気候・社会条件変化への対応を含む流域統合目標の達成に向けた河川整備手法について」, 河川技術論文集, 第16巻, PP.11-16.
- 2) 横山洋, 渡邊康玄, 井出康郎(2002), 「2000年有珠山噴火時における災害情報と住民意識に関するアンケート調査」, 河川技術論文集, 第8巻, PP.123-128.
- 3) 東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会, 危機管理行動計画(第二版), 日本語, http://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/tokai_nederland/, 2010.2.28 取得
- 4) 内閣府, 大規模水害対策に関する専門調査会, 日本語, <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/suigai/>, 2010.2.28 取得
- 5) 田中真一郎, 辻本哲郎, 細見寛, 岡山和生(2008), 「危機管理行動計画の策定のための討論型図上訓練—東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会(作業部会)の取組例—」, 河川技術論文集, 第14巻, PP.193-198.
- 6) TRANSPORTATION RESEARCH BOARD of The National Academic(2009), Transportation's Role in Emergency Evacuation and Reentry, Synthesis 392.
- 7) T. J. Cova, F. A. Drews, L. K. Siebeneck, A. Musters (2009), Protective Actions in Wildfires Evacuation or Shelter-in-Place?, Natural Hazards Review ASCE, Vol.10, No.4, PP.151-162.
- 8) Harris County Office of Homeland Security and Emergency Management, Evacuation Map, 英語,

<http://www.hcoem.org/Documents/EvacuationMap.pdf>, 2011.2.28 取得

- 9) 上掲6), P.13.
- 10) T J Cova, P E Dennison, T H Kim and M A Moritz(2005), Setting Wildfire Evacuation Trigger Points Using Fire Spread Modeling and GIS, Transactions in GIS, Vol.9, No.4, PP.603-617.
- 11) T Islam, W Merrell, W Seitz, R. Harriss(2009), Origin Distribution and Timing of Texas Hurricanes 1851-2006, Natural Hazards Review ASCE, Vol.10, No.4, PP.136-144.
- 12) Hurrevac, 英語, <http://www.hurrevac.com/index.html>, 2010.2.28 取得
- 13) V. V. Dixit, A. Pande, E. Radwan, M. Abdel-Aty(2008), Understanding the impact of a recent hurricane on Mobilization Time during a subsequent hurricane, Journal of the Transportation Research Board, No.2041, PP.49-57.
- 14) B. Wolshon, B. McArdle(2009), Temporospatial Analysis of Hurricane Katrina Regional Evacuation Traffic Patterns, pp12-20, Journal of Infrastructure Systems, Vol. 15, No. 1.
- 15) V. V. Dixit, S. Ramasamy, E. Radwan(2008), Assessment of I-4 Contraflow Plans - Microscopic versus mesoscopic simulation, Journal of the Transportation Research Board, No.2041, PP.89-97.
- 16) 上掲6), PP.41-49.
- 17) TRANSPORTATION RESEARCH BOARD of The National Academic(2008), The Role of Transit in Emergency Evacuation, pp 75-76, Special Report 294.
- 18) 上掲17), p.261.
- 19) 上掲17), p.257.
- 20) 東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会, 危機管理行動計画(第二版)別冊資料集, 日本語, http://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/tokai_nederland/, 2010.2.28 取得
- 21) 佐藤照子, 中須正, 水谷武司, 坪川博彰, 原口弥生, 大築浩司, 加藤敦, 池田三郎(2006), 「2005年米国ハリケーン・カトリナ災害の特徴」, 防災科学技術研究所主要災害調査, 第41号, PP.1-22.
- 22) FEMA, Disaster Assistance Available from FEMA, 英語, <http://www.fema.gov/assistance/process/assistance.shtm#0>, 2011.2.28 取得
- 23) 国土交通省中部地方整備局木曾川下流河川事務所, 群馬大学大学院災害社会工学研究室, 桑名市, 木曾岬町, 社団法人中部建設協会, 桑名市・木曾岬町動く高潮ハザードマップ, 日本語, <http://dssl.ce.gunma-u.ac.jp/simulator/kisokaryu/kiso.html>, 2011.2.28 取得

謝辞 本稿は科学研究費補助金(課題番号:19790379)による成果の一部である。また、東海ネーデルランド高潮・洪水協議会作業部会のメンバーには、多くの助言を賜った。記して御礼申し上げる。