

広域避難計画策定のための具体的な検討手順

平成 30 年 6 月
内閣府（防災担当）

本資料は、平成 30 年 3 月に「洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難検討ワーキンググループ」にてとりまとめられた「洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難に関する基本的な考え方（報告）」及びその参考資料「洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難に関する定量的な算出方法と江東 5 区における具体的な検討」を基に、広域避難計画策定のための具体的な検討手順について再構成したものである。

内容

大規模・広域避難の具体的な検討手順.....	1
1. (手順1)基本となる対象災害と対象地域の設定.....	3
1. 1 対象災害の設定.....	4
1. 2 対象地域の設定.....	4
1. 3 大規模・広域避難対象者.....	4
2. (手順2)域外避難・域内避難のバランス.....	5
2. 1 全居室が浸水するおそれがある居住者等.....	5
2. 2 氾濫流により家屋流失のおそれがある居住者等.....	6
2. 3 浸水が長時間継続するおそれがある居住者等.....	6
2. 4 二次的な人的被害リスクの低い居住者等.....	7
3. (手順3)移動困難者の避難先の確保.....	9
3. 1 入院・入所者数の算出と避難行動.....	10
3. 2 在宅移動困難者数の算出と避難行動.....	11
3. 3 近距離避難可能人数の算出.....	13
4. (手順4)決壊後における浸水区域内からの救助可能性の検証.....	15
4. 1 決壊後の救助完了の目標期間と救助手段.....	15
4. 2 ボート・ヘリによる救助可能人数及び必要数の算出.....	16
5. (手順5)大規模・広域避難に要する時間の算出.....	20
5. 1 ボトルネック箇所の特定.....	20
5. 2 交通手段別の需要量と各自最短距離避難における避難時間の算出.....	21
5. 3 最短化した場合の避難時間の算出.....	33
6. (手順6)広域避難勧告等の判断基準の設定.....	35
6. 1 気象条件・交通条件を考慮した避難開始時間の設定.....	35
6. 2 避難開始を判断するための災害発生の予測の検討.....	36
7. (手順7)大規模・広域避難の避難先の確保.....	37
7. 1 自主避難先の確保.....	37
7. 2 広域避難場所の確保.....	38

大規模・広域避難の具体的な検討手順

広域避難計画の策定を検討する地域では、以下の手順により策定することを提案する。なお、本検討手順では、検討に必要となる条件を住民調査や統計調査から把握する方法を提案しているが、その他にも空間統計データ等を活用することも考えられる。

「(手順1) 基本となる対象災害と対象地域の設定」、「(手順2) 域外避難・域内避難のバランス」、「(手順3) 移動困難者の避難先の確保」、「(手順4) 決壊後における浸水区域内からの救助可能性の検証」、「(手順5) 大規模・広域避難に要する時間の算出」、「(手順6) 大規模・広域避難に関する避難勧告(以下、「広域避難勧告」という。)等の判断基準の設定」、「(手順7) 大規模・広域避難の避難先の確保」により、広域避難計画(案)を策定する。

また、「4. 広域避難計画の実効性の確保」で後述する通り、広域避難計画(案)を実効性のある計画とするため、幅のある広域避難計画の策定と柔軟性を確保するための検討、域外避難者を受け入れる自治体の視点も踏まえた検討、広域避難勧告の発令等の運用面からの検討等を実施し、検討過程で広域避難計画(案)に課題が生じた場合には、生じた課題に応じ、手順1(対象災害の設定は除く)～手順7に戻り、再度、検討を進めることにより広域避難計画を策定する。

なお、広域避難計画は、対象とする災害の様相やその時の交通条件等に応じて検討を行う必要がある。一方で、あまりにも場合分けが多いと、居住者等の理解が進まないことにより、かえって避難の実効性を低くしたり、混雑を助長するおそれもあることに留意が必要である。

また、広域避難計画の検討にあたっては、発災後のオペレーションまでを含めた防災体制等についても必要に応じて検討することが考えられる。

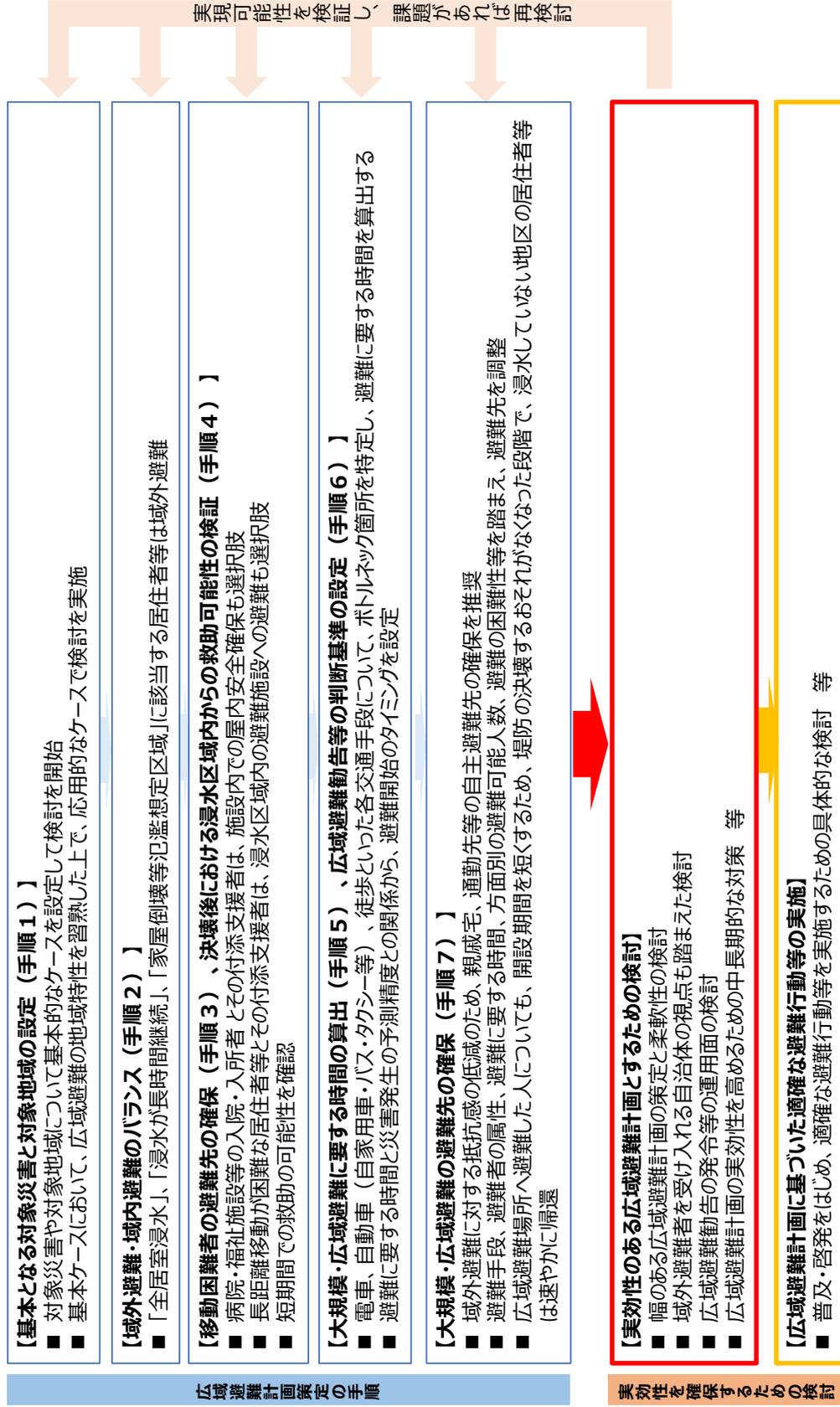


図2 広域避難計画の策定のための検討手順

1. (手順1)基本となる対象災害と対象地域の設定

大規模・広域避難の対象とする災害と地域を設定する

大規模・広域避難においては、一般的な避難と異なり、課題があまりにも大きくて複雑に絡み合っているため、どこから手をつけて良いか分からないという事態に陥りがちである。そのような場合、具体的な検討をしないままに、「全員が域外避難する」、「どうせ逃げないから、域内避難をすればいい」といったような、抽象的あるいは極端な議論になってしまうおそれがある。

このような事態を回避するために、問題の本質を損なわない程度に、検討の対象とする地域を絞り、災害についても既往最大災害を参考とした基本的なケースを設定して、検討を開始することも考えられる。まずは基本的なケースで検討をし、その地域における災害特性に習熟した上で、困難かつ広範囲な応用ケースで検討をするという手順を踏むと、検討すべき事項の整理を着実に進めやすくなる。

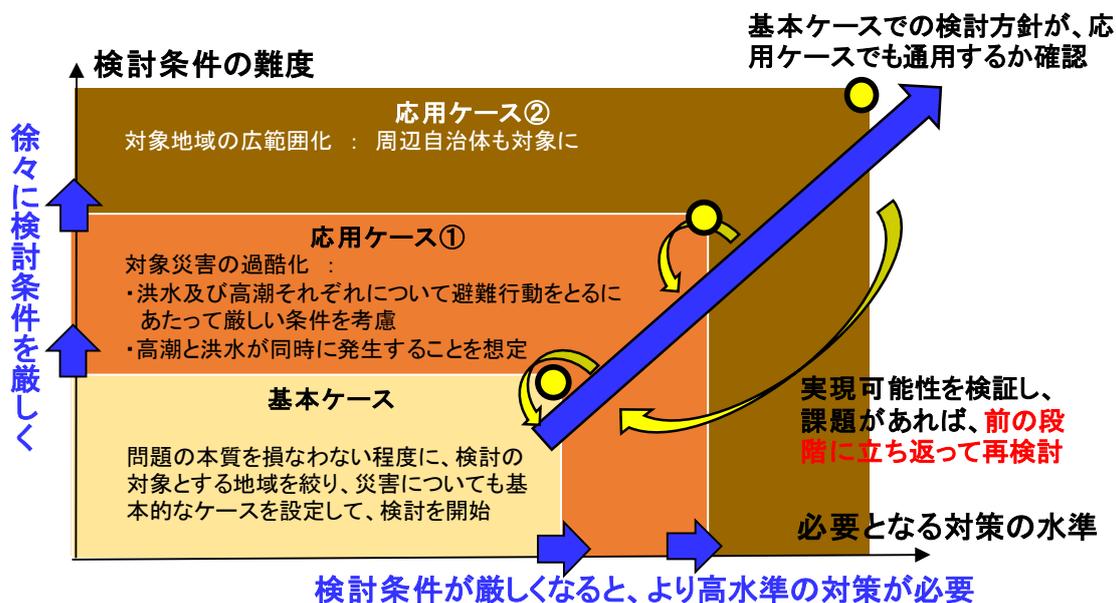


図3 本検討手順で取り扱う基本ケースの考え方

1. 1 対象災害の設定

対象災害については、複数地点での決壊、周辺河川の氾濫、避難時の強風雨、停電・事故等の避難行動に不利になるような事象を、どこまで含めるのかが論点となる。最初からあまりにも極端で過酷な事象を想定すると、課題が複雑になり過ぎることかえって本質を見失うことになりかねない。そのため、基本ケースにおいては検討の流れが理解しやすく、かつ本質的な課題を意識しながら検討ができるような災害を選定する。

そのような災害として、本検討手順では地域にとって過去最も被害をもたらした災害（以下、「既往最大災害」という。）を検討対象とすることを推奨する。既往最大災害を検討対象にすると、周辺河川の状況、風雨の状況等の避難行動の制約条件も明確となり、関係者にとってもイメージしやすく、また合意も得られやすい。既往最大災害における被害記録が残っていなかったり、あまりにも条件が厳しすぎたりする場合には、地域における過去の主要な災害を基に検討することも考えられる。

一方で、水防法においては、避難を考える災害の規模は想定最大規模とされており、国土交通省、都道府県等は、想定最大規模の浸水想定公表を進めているところである。

以上を踏まえ、避難行動の制約条件については既往最大災害を参考としつつ、その災害規模については、国土交通省等が公表している想定最大規模に引き伸ばすことが妥当と考えられる。

基本ケースでの検討が終われば、次は応用ケースとして、周辺河川の決壊や強風雨による避難行動の制約等を考慮し、検討条件を厳しくする。

1. 2 対象地域の設定

対象地域は、想定し得る最大規模の洪水や高潮により浸水した場合に、大規模・広域避難が必要となる地域とする。

対象地域を最初から広範囲に設定すると、考慮すべき事項が多くなり、作業量の多さから検討が停滞し、かえって本質が捉えにくくなるおそれがある。そのため、基本ケースにおいては、考え方を検討・整理するのに適切な範囲であり、なおかつ大規模・広域避難の特徴を最も有している地域を抽出し検討を始めることも有効である。

具体的には、次のような避難条件も考慮して地域を検討する。

- ・水害外力に関する条件（浸水深が深い、浸水継続時間が長い、氾濫流の到達時間が短い）
- ・社会状況に関する条件（人口が多い、避難距離が長い、移動手段が限定的）

基本ケースでの検討が終われば、次は応用ケースとして、対象地域を広げて検討を実施する。

1. 3 大規模・広域避難対象者

大規模・広域避難の対象となる地域の避難対象者は、居住者のほか、通勤や出張、買い物、旅行等で当該地域に滞在する者（以下、「滞在者」という。）が考えられ、これらの者の対象

地域への流入・流出は時間帯により異なってくる。大規模・広域避難対象者の数は、これら流入者と流出者のバランスを把握し、最も厳しい日時で検討を進める必要がある。また、観光地等では、平日と休日の違いも把握する必要がある。

大規模・広域避難対象者の算出にあたっては、基本的に居住人口に加え、パーソントリップ調査（以下、「PT 調査」という。）を用いることで、滞在者を考慮することができる。昼夜間人口が居住人口を上回る場合は、外内交通や外外交通の設定に留意が必要である。また、滞在者の考慮は、自治会単位や駅単位等、局所的な人口変動については、PT 調査では捉えきれないことから、これらの考慮が必要となる。

なお、流入者が流出者よりも多く、居住人口よりも多い人数での避難を考えなければならないような曜日・時間帯については、巨大台風の襲来や長期間に及ぶ豪雨等、大規模・広域避難が必要となるような事態となる前に地域外からの不要不急の流入を抑制させる対策が有効となる。

2. (手順2)域外避難・域内避難のバランス

対象地域と対象災害を決定することにより、大規模・広域避難対象者数を特定することができる。しかし、大規模・広域避難対象者が一般的な避難と同様に域外避難を基本とした避難行動をとるとすると、対象者数の膨大さから域外避難に非常に長い時間を要することとなり、避難途中で氾濫流に巻き込まれるリスクや大混雑による群集雪崩や将棋倒しの発生等のリスクを伴うことから、大規模・広域避難を行うにあたっては、域外避難よりも域内避難を行う方がリスクが少ない場合も想定される。そのため、大規模・広域避難においては、域外避難のリスクと域内避難のリスクとを比較し、域外避難者と域内避難者の量的なバランスをとることが重要となってくる。

「避難勧告等に関するガイドライン」においては、洪水・高潮から立退き避難が必要となる状況として、「浸水深が最上階の床高を上回るおそれがある場合（全居室が浸水）」、「氾濫流により家屋流失をもたらすおそれがある場合」、「浸水が長期間継続するおそれがある場合」が挙げられている。本検討手順では、「避難勧告等に関するガイドライン」の考え方を踏まえつつ、大規模・広域避難の特徴を踏まえた域外避難者の考え方を示す。

また、域外避難の対象者については、地域特性や避難時の時間帯等の状況により、居住者以外に、通勤者や旅行客等の滞在者がいることにも留意が必要である。

2. 1 全居室が浸水するおそれがある居住者等

想定される浸水深が最上階居室の床上にまで達する場合、すなわち全居室が浸水する住宅の居住者等については、原則として、域外避難の対象とする。

【定量的な算出方法】

- 大規模・広域避難を検討するにあたっては、事前に決壊地点が分からないことから、浸水が想定される全区域を対象として最大方絡で検討することが必要となる。
- まず、対象とする水害による浸水想定計算メッシュ毎に、住宅の最上階の階数別（1階、2階、3階、4階以上等）に人口を算出する。なお、住宅の床上高は50cm、1階の階高は270cmとする¹。
- 次に当該河川の各地点の堤防が決壊した場合の浸水深をメッシュ単位²で算出し、各メッシュにおいて階層別の人口を算出し、両者を照らし合わせて算出する。両河川の浸水区域が重なる地域については、深い方の浸水深を採用する。

2. 2 氾濫流により家屋流失のおそれがある居住者等

氾濫流により家屋流失のおそれがある区域については、「家屋倒壊等氾濫想定区域」として浸水想定区域への明示が進められているところである。この区域の居住者等については、原則として、域外避難の対象とする。ただし、頑強な高層ビル等については、ただちに域外避難が必要との判断にはならない場合もある。

【定量的な算出方法】

- 具体的には、「家屋倒壊等氾濫想定区域」に該当するメッシュに含まれる人口を集計する。

2. 3 浸水が長時間継続するおそれがある居住者等

ライフラインの耐水状況や供給形態にもよるが、床上浸水となる浸水深 50cm 程度から徐々にライフラインの供給が停止し始める。

電力については、床上浸水しコンセントまで浸水が及ぶと停電する。浸水深が1mを超えると、路上開閉器や受電盤も浸水し、中高層階も含めて、停電に至るおそれがある。さらに、停電に伴って電話も不通となる。電力及び電話については、非常用発電等により一定時間の使用が可能となる場合もあるが、3日以上非常用電源燃料の備蓄に努めている施設は少ない。例えば、江東5区内の病院・福祉施設を対象としたアンケート調査（以下、「病院・福祉施設調査」という。）によると、非常用電源の運転継続時間を3日以上確保できているのは、病院で17%、福祉施設で5%であった。また、途中で燃料補給しようとしても、浸水継続中は燃料供給車が到達できないため、備蓄が尽きた時点で停止することとなる。

水道については、直圧で送水可能な3階程度までは使用可能であるが、それ以上の階層

¹ 水害の被害指標分析の手引（H25試行版）、国土交通省水管理・国土保全局、H27.5

² 氾濫シミュレーション等で使用しているメッシュを活用する。例えば25m×25mメッシュ等となる。

については増圧ポンプが浸水し機能停止した時点で使用できなくなる。水道が使用できないことに伴い、水洗トイレも使用できなくなる（ただし、大量の水備蓄があれば、その備蓄量に応じて使用可能である。）。

都市ガスについては、すぐには供給停止とはならないものの、浸水が長期にわたったり、漂流物の衝突等により、徐々に使用不能となる割合が増加していく。浸水深が2mを超えると、ガスはほぼ停止する。

このように、浸水深が床上浸水以上となると、ライフラインの供給が途絶し始め、その復旧作業は浸水が解消してからとなる。つまり、床上浸水が始まってから浸水が解消するまでの間は、浸水により孤立することに加え、ライフラインの供給が停止することから、避難生活が過酷を極めることが想像される。

また、多くの人々が域内避難を行った場合には警察、消防、海上保安庁、自衛隊等による救助が難航し、数日内では救助しきれないおそれがある。

以上のことから、浸水継続時間が長期間に及ぶ住宅の居住者等については、原則として、域外避難の対象とする。

目安としては、水・食料等の備蓄状況を勘案し、浸水継続時間3日程度が妥当ではないかと考えられるが、検討対象地域における域外避難の困難度が高ければ、平時からの十分な備蓄の呼びかけやライフラインの耐水対策等を実施することを前提に、1週間程度まで延長することも考えざるを得ない。

また、浸水継続時間が短期間の地区であったとしても、当該地区周辺の浸水が長期間継続し孤立する場合等、浸水解消後の状況を踏まえ、域外避難の対象とすることも考えられる。

【定量的な算出方法】

- 事前に決壊地点が分からないことから、浸水が想定される全区域を対象として最大方絡で検討する。当該河川の各地点の堤防が決壊した場合に、床上浸水となってから浸水が解消となるまでの時間をメッシュ単位で算出し、当該地域において最も時間が長いものを、浸水継続時間として定義する。
- “長時間”をどの程度に設定するかについては、アンケート調査等を踏まえて検討することが考えられる。

2. 4 二次的な人的被害リスクの低い居住者等

域外避難については、これまで我が国では大規模に実施されたことがなく、前述のとおり、対象者数の膨大さから域外避難に非常に長い時間を要することとなり、避難途中で氾濫流に巻き込まれるリスクや大混雑による群集雪崩や将棋倒しの発生等のリスクを伴うことから、浸水区域の居住者等については、域外避難よりも域内避難を行う方がリスクが少ない場合も想定される。そのため、大規模・広域避難においては、域外避難することのリスクと

域内避難のリスクを比較し、域外避難者と域内避難者の量的なバランスをとることが重要であり、浸水区域の居住者等について一定の条件を満たす居住者等について域内避難を行う者と見込むことが必要となる。

域内避難を見込む居住者等（以下、「域内避難の対象者」という。）については、浸水区域に留まった場合にも人的被害リスクが低い者とする必要があり、居住階までの浸水はなく、かつ浸水継続時間が比較的短く水・食糧等の備蓄により浸水が解消するまでの間、屋内で安全を確保できる者が想定される。

しかし、避難行動は、個人の判断により選択するものであるため、域内避難の対象者が必ずしも域内避難を選択するとは限らない。

このため、域内避難の対象者に域内避難を促すためには、ハザードマップ等を通じた浸水深や浸水継続時間等の情報や、多数の域外避難者が発生した場合の避難時間の長期化等による被災リスク等、域内避難の対象者が、域外避難と域内避難のリスクを比較考量できる情報の提供を行うことにより、域外避難者と域内避難者の量的なバランスをとることが、域内避難の対象者自身のリスクの軽減にも繋がることについて理解してもらうことが重要となる。

また、域内避難の対象者が、域外避難を行う場合には、可能な限り早期に避難を完了させることや、自ら避難先を確保すること等について周知することが望ましい。

【定量的な算出方法】

- 「2. 1」～「2. 3」で算出した人数の重複を排除して域外避難の対象者を算出する。域内避難の対象者は、全居住者等から域外避難の対象者を引いて算出する。

3. (手順3)移動困難者の避難先の確保

域外避難の対象者の考え方を示したが、その中には要配慮者も含まれており、要介護者、重度障害者等、移動そのものに大きなリスクを抱えている者もいるため、その避難行動については特に考慮する必要がある。特に、大規模・広域避難における域外避難については移動距離が非常に長くなるため、遠方への移動が特に困難な避難行動要支援者（以下、「移動困難者」という。）については、移動距離が短くても済むような避難行動も選択肢としてとることができるようにしておく必要がある。

一方で、移動にリスクを抱える移動困難者であっても、例えばライフラインが途絶すると生命の危険があるような人については、移動リスクをできるだけ回避する措置を講じ、避難生活の設備が整っておりライフライン途絶の心配のない施設への避難が望ましいと考えられる。このため、各人の事情にあった避難行動・避難先を選択できるようにしておくことが望ましく、具体的には、以下の手順で作業を進める。

まず最初に、移動困難者数を算出する。最も典型的な移動困難者は、病院に入院している患者、福祉施設等に宿泊入所している入所者（以下、「入院・入所者」という。）である。入院・入所者については、その施設内に医療・介護等に携わっている職員が常駐していることと、そのほとんどが施設外に出ることですら相当の時間・労力を要すると考えられることから、施設内での屋内安全確保を行わざるを得ない人が多いと想定されるが、入院・入所者の避難行動については、水防法に基づいて施設の管理者等が作成する施設毎の避難確保計画等と整合性を図りつつ検討を進めていくことが考えられる。また、入院・入所していなくとも、同等程度に移動が困難な在宅の移動困難者も存在する。在宅移動困難者については、福祉部局等の協力も得て、避難行動を支援できる家族の存在等の事情も踏まえて、一人ひとりについて状況を分析して特定していく必要がある。しかし、域外避難の対象者数は膨大であるため、入院・入所者も含め、一人ひとりの状況を把握することは容易ではない。そこで、本検討手順においては、統計資料等から概算で算出する方法を提案する。具体的には、入院者数については医療施設の病床数から、入所者数については各施設の定員数から、在宅移動困難者数については要介護・要支援の認定等から算出する。

次に、在宅移動困難者の避難先を設定する。在宅移動困難者全員が自宅において屋内安全確保をしてしまうと、避難先が浸水区域内に点在し、安否確認が困難を極めてしまうおそれがあり、実際の救助に費やす時間よりも捜索に費やす時間の方が多くなり、かえって全体の救助に支障を来しかねない。そこで、在宅移動困難者については、避難行動及び避難生活を支援する者も伴い、近距離の避難施設に立退き避難することとする。

在宅移動困難者の避難先は、そこに至るまでの移動リスクが少ないほど望ましいため、可能な限り近距離の避難施設を設定し、当該避難施設の避難可能人数を算出する。ここで算出した避難可能人数と、先に算出した在宅移動困難者数を比較し、避難しきれないようであれ

ば、避難施設を増やす等の検討が必要となる。

3. 1 入院・入所者の算出と避難行動

入院・入所者数については、都道府県・市町村の福祉保健部局による統計資料を用いて算出することができる。各施設は定員まで入院・入所しているとは限らないが、安全側を考慮して、入院者数については医療施設の病床数から、入所者数については介護保険施設、障害者福祉施設、児童福祉施設等のうち入所者（宿泊者）の定員数を用いることを基本とする³。

また、入院・入所者だけで避難生活を送ることは困難であることから、避難時における職員や家族等の付添支援者の人数を想定することが必要である。

次に、入院・入所者の避難行動について検討する。

水害で被災し孤立した経験を持つ病院や福祉施設職員から、入院・入所者が事前に域外避難することに関する聴き取り結果⁴は、次のとおりである。

- ・短距離・長距離問わず、移動そのものに相当な負担がかかる
- ・浸水後に救助されるよりは事前に避難する方が負担は少ないが、長距離の移動については移動手段・体制が確立できないと現実的ではない（事前の避難にはかなりの時間とコストがかかる）
- ・事前に長距離の避難をするためには、かなり早い段階での避難判断が必要であり、空振りのリスクは高くなる

このように、堤防決壊前に十分な時間的余裕を持って大規模・広域避難を行うことは非常に難度が高く、施設内において屋内安全確保のための対策を考えることが現実的だと考えられる一方、医療機器を使用していたり、避難生活ではパニックを起こしたりする等、ライフラインが途絶した場合に避難生活そのもののリスクが非常に高い入院・入所者については、施設の耐水対策や食料・医薬品等の備蓄の状況を踏まえ、移動によるリスクと留まることによるリスクとを比較衡量し、よりリスクの少ない避難行動をとるべきである。

このように、入院・入所者の避難行動は、それぞれの施設の耐水対策の状況等に応じて、域外避難、域内避難のどちらが望ましいかが異なってくる。入院・入所者の個別の避難行動については、水防法に基づいて施設の管理者等が作成する施設毎の避難確保計画等と整合を図りつつ検討を進めていくことになるが、広域避難計画策定時点で各施設の状況を詳細に把握することが困難である場合は、域外避難と域内避難のどちらの避難行動もとれる広域避難計画とすることが考えられる。

³ 厚生統計要覧（平成 28 年度）「第 2-41 表 病院の病床利用率，病床の種類×年次別」によると、平成 27 年における全国の病床利用率は 80.1%であるが、救助可能性を検証することも考慮し、入院・入所者数は病床数・定員数と同数とする。

⁴ 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨により浸水し孤立した、きぬ医師会病院、水海道さくら病院、特別養護老人ホーム筑水苑の職員への、内閣府による聴き取り調査（いずれの施設も常総市に立地）。

【定量的な算出方法】

- 域外避難の対象とする地域に立地する施設における病床数、施設定員数から、入院・入所者数を見積もる。
- 付添支援者は、設定根拠として有効な資料が見当たらないため、当面は入院・入所者数の半数として設定する。

3. 2 在宅移動困難者数の算出と避難行動

在宅移動困難者としては、要介護・要支援の認定者、身体・知的・精神障害者、後期高齢者、乳幼児、妊産婦等が想定され、その人数は、統計資料から算出することが考えられる。ただし、統計値は各分類の集計値しか存在しないため、重複を取り除く必要があることに留意が必要である。

これらの統計値については自治体単位となっており、域外避難の対象地域に居住する数を統計資料から特定することはできないため、自治体単位で全数を算出したものに、自治体の全居住者と域外避難の対象者数との比率を乗じて、域外避難が必要な在宅移動困難者数を算出する。加えて、家族等の付添支援者の人数を想定することが必要である。

次に、在宅移動困難者の避難行動について検討する。

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨において鬼怒川氾濫により被害を受けた常総市において、浸水区域に取り残された被災者の救助活動に従事した者からの聴き取り調査（以下、「常総救助実態」という。）⁵によると、被災者が点在することに伴い、次のような課題があることが分かっている。

- ・孤立者の所在地が曖昧であると、その捜索に多くの労力・時間を要してしまい、救助作業に労力・時間を割けなくなってしまう。
- ・浸水したことにより地図や外見だけでは建物や道路等の位置を確認することができないうえ、他地域からの応援部隊では土地勘もないため、現場の地形、ビルの構造や配置、道路の整備状況や幅員等の状況把握に時間を要する。
- ・他の孤立者が救助される姿を目の当たりにすると、緊急性の低い孤立者も救助を求める傾向があり、現場で緊急度を判断するのが難しい。

これらのことから、在宅の移動困難者については自宅で屋内安全確保を行うのではなく、可能な限り予め定めた近距離の避難施設に立退き避難することが望ましい。ただし、寝たきり等、外出すら困難な移動困難者については、予め所在地や連絡方法を登録しておく等により、自宅で屋内安全確保を行うことも選択肢とすることも考えられる。

なお、移動困難と思われる人であっても、自動車等により、域外避難をしたいという意向を持つ人も少なからず存在する。一方で、要介護等の認定を受けていなくとも、実質的に移動が困難な者がいる場合もある。例えば、ケガや慢性的な病気の影響で長距離歩行が困難な

⁵ 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨により孤立した被災者を救助した警察、消防、海上保安庁、自衛隊の職員への内閣府による聴き取り調査。

人もいるし、介護認定を受けられるような身体状態であっても家族で介護しているため公的な認定を受けていない人もいる。

このように、どの人を移動困難者として近距離の避難施設に優先的に避難できるようにするのかについては、精度の高い推計を統計資料のみから設定するのは困難であるため、地域の実情をよく知る福祉保健部局や民生委員等とも協力して、可能な限り個々人の実態を把握した上での設定が必要となる。なお、この設定には時間を要するため、域外避難者と近距離の避難施設への域内避難者との割合については、対象地域へのアンケート調査等により割合を設定するか、あるいは全員がいずれの避難行動をとっても良いように複数の数値を設定し全体の計画の検討を進め、並行して具体的な検討を継続することが考えられる。

【定量的な算出方法】

- 浸水区域にかかわらず江東 5 区全体の在宅移動困難者の候補となる人数について、統計資料を用いて算出する。
- 要介護・要支援認定者を算出する (①)。
- 障害者については、要介護・要支援認定を受けている人も一定割合いることが考えられる。厚生労働省の調査結果⁶によると、身体障害者、知的障害者については要介護認定との間に高い相関がある一方で、精神障害者についてはあまり相関が高くないことが分かっている。他方、精神障害者については入院している人も多いため、入院患者との重複を控除する必要がある。それらを踏まえ、身体・知的障害者については 40 歳未満のみを、精神障害者については入院していない人のみを集計対象とする (②)。同様に、知的障害者 (③)、精神障害者 (④) 数を算出する。
- 後期高齢者については、入院患者 (= 病床数)、①要介護・要支援認定者、④精神障害者との重複も多いことから、これらの人数を控除しなければならない。なお、先に算出した②身体障害者、③知的障害者については、40 歳未満のみを対象としているため、控除する必要はない (⑤)。
- 乳幼児 (0～5 歳) (⑥) と妊産婦 (⑦) については上述の数値とほとんど相関がないと考える。
- 以上の①～⑦を合計し、域外避難対象地域の人口に変換する。さらに、このうち福祉施設に入所している居住者等を引くと、在宅の移動困難者が算出される。これに同数の付添支援者がいるとして算出する。

⁶ 障害者に対する要介護認定基準の有効性について (厚生労働省：社会保障審議会障害者部会 (平成 17 年 4 月))

3. 3 近距離避難可能人数の算出

在宅移動困難者の移動リスクを最小限にするため、可能な限り近距離にある避難施設を在宅移動困難者のために提供することが望ましい。避難施設は公的な施設とは限らない。地域によっては、避難先を民間施設と協定を結ぶ等により、確保している場合がある。このような民間施設も含め、在宅移動困難者の避難先として適切と考えられる全ての避難施設について、避難可能人数を算出する。

近距離の避難施設への避難可能人数は、避難施設として利用可能で、想定浸水深を基に浸水しない階層をもつ施設を抽出し、当該施設の浸水しない階層の面積を合算して算出する。

これにより、避難可能人数が算出されるが、その数値と域内の避難者数とを比較し、避難しきれないようであれば、民間施設の整備・活用や高台・高規格堤防の整備等により近距離の避難施設を拡充する対策を採ること等が必要がある。

また、移動困難者以外の居住者等が、域外避難せずに近距離の避難施設へと避難してしまうと、移動困難者の避難先が足りなくなるおそれがある。そのような事態を防ぐためには、各近距離の避難施設へと避難する在宅移動困難者を予め登録しておく等の措置をとることに加え、その周知と協力を地域の居住者等に呼びかける等の対策を検討し、平時から実施しておく必要がある。

なお、地震等の他の災害を想定して、各自治体で施設毎に避難可能人数を既に設定している場合がある。しかし、上記のように、域内の避難者数と避難施設とのバランスを考慮したりする等、大規模・広域避難が必要となる地域においては、統一した考え方で避難行動の方針をつくる必要があるため、避難可能人数についても地方公共団体間の考え方は統一しておく方が望ましい。

【定量的な算出方法】

- 算出に必要な係数を次のとおり設定する。最低限の一人あたり専有面積を 1.65 m^2 （一畳程度）として設定する。これとは別に通路等を確保しなければならない。通路等を含めると一人あたりに必要な面積はその倍の 3.3 m^2 となる⁷。また、施設には、玄関、廊下、階段、トイレ等の避難生活を送ることができない空間もあり、また部屋の中にも机や椅子等が置いてあるのが普通であることから、その分の面積が使用できないことも考慮した有効率を設定する必要がある。有効率については、施設の種類によって多少の違いがあるが、一般的な施設内の配置を想定すると、避難施設として使われることの多い学校の教室については有効率は 0.65 とし、広い空間を持つスポーツ施設では 0.74 であった⁸。両数値に大きな差がなかったことから、有効率は 0.7 で統一することとする（ただし、これらの数値については、各地域の実情に

⁷ 平成 28 年熊本地震で被災した益城町の全避難所において、睡眠場所等と通路等との比率の平均は 0.5 であった。また、兵庫県「避難所管理運営指針（平成 25 年版）」において、「避難者一人あたりの就寝スペース（内部通路分を含む）は 3 m^2 以上」とされている。

⁸ 教室とスポーツセンターのそれぞれについて、代表的な事例から有効率を算出して設定した。

応じて細かく設定できるのであれば、その方が望ましい。

4. (手順4)決壊後における浸水区域内からの救助可能性の検証

本節では、浸水後の救助可能性を検証する。

域外避難の対象地域の居住者等については、原則として域外避難をすることとしているが、移動困難者については、施設の許容量の範囲内で、浸水区域内に留まることも考えられる。しかし、移動困難者は、避難行動だけでなく避難生活についても一般的な人より高いリスクを抱えているため、避難施設の設備にも配慮が必要であり、容態が急変した場合に対応できる体制を整えておく必要がある。

特に、浸水区域内の施設については、ライフラインが途絶した状況で浸水が解消するまで孤立を余儀なくされるため、二次的な人的被害が発生するおそれがあり、可能な限り短期間での救助が必要となる。

4. 1 決壊後の救助完了の目標期間と救助手段

浸水区域内の病院・福祉施設の建物内に留まった入院・入所者、避難施設へと避難した在宅移動困難者については、長期間の避難生活は困難と考えられるため、決壊後の救助完了の目標期間を3日程度とし、その救助手段等を検討する。

この日数については、施設ライフラインの耐水化状況や、備蓄状況、避難者属性等の地域特性に左右される。なお、想定する救助日数に応じて、病院・福祉施設で備蓄等の対策を進めるとともに、自治体内の近距離の避難施設において水・食料等の備蓄に努める一方、避難する在宅移動困難者に対しても、水・食料・常用薬等の物資を自ら備蓄し持ち込むよう、平時から呼びかけることが必要である。

救助手段については、ボートとヘリの2つの手段が考えられる。浸水で孤立した被災者の救助に関しては、常総救助実態によると、次のようなことが分かっている。なお、平成27年9月関東・東北豪雨では、警察、消防、海上保安庁、自衛隊の実動部隊を中心とした救助活動により、茨城県において4,200名以上が救助されている。

・救助に要する時間は、天候や氾濫流、漂流物や上空・水上の支障物の状況が大きく影響する。

- ・ボート・ヘリが着岸・着地する場所やその付近の状況（障害物の有無等）が救助速度に大きく影響する。
- ・救助対象者の身体状況により、ボート・ヘリへと移す時間が大きく異なる。
- ・救助を行う建物の構造等にもよるが、ヘリの風圧があるため、ボートとヘリが同時に同じエリアで救助活動を実施することは困難である。
- ・ボートは、水面から孤立者を捜索することとなるため、上空から捜索するヘリと比較すると、捜索には不向きである。ボートでは船外機を使用できるとスムーズに救助ができるが、常総市の救助実績では、漂流物の絡みつきや水深不足等のため、手漕ぎや人手に

よる牽引により救助を行った。救助が長時間となるならば、体力面から、多くの交代要員が必要である。

- ・ヘリは、上空で一定の離隔が必要であり、配備密度に限界があるため、多数の避難者の救助に不向きである。

これらのことから、浸水区域内の病院・福祉施設の建物内に留まった入院・入所者、避難施設へと避難した在宅移動困難者の救助については、基本的にはボートにより実施することが考えられる。ヘリについては、容態が急変した移動困難者への対応のために活用することや、予め想定された病院・福祉施設や、近距離の避難施設以外の建物に取り残されてしまった孤立者を、緊急的に捜索・救助するために活用することが考えられる。

4. 2 ボート・ヘリによる救助可能人数及び必要数の算出

救助完了の目標期間内の救助について、その実現可能性について検証する。まず、ボート・ヘリによる救助可能人数や必要数を算出し、救助に要する日数が目標日数を上回るようであれば、域内の避難者数の見直し、救助しやすいような建物構造への改善、排水の早期化や高台・高規格堤防の整備等を実施する必要がある。

【定量的な算出方法】

- ここで提案する算出手法は、あくまで常総救助実態等をあてはめた場合の参考値であり、対象とする地域の特性（救助の難易、人口密度等）が異なるうえ、災害発生時の天候等により、実際の救助可能人数が想定される救助可能人数を大幅に下回るおそれがあることに十分留意すべきである。
- 浸水区域内の病院・福祉施設の建物内に留まった入院・入所者、避難施設へと避難した在宅移動困難者については、長時間の避難生活は困難と考えられるため、3日程度での救助を目指す。この日数については、施設ライフラインの耐水化状況、備蓄状況、域内避難者の属性等の地域特性に応じて短縮・延長することが可能である。なお、想定する救助日数に応じて、病院・福祉施設で備蓄等の対策を進めるとともに、自治体内の近距離の避難施設へと避難する在宅移動困難者に対しては、水・食料・常用薬等の物資を自ら備蓄し持ち込むよう、平時から呼びかけることが必要である。
- 救助手段については、ボートとヘリが考えられる。浸水で孤立した被災者の救助に関しては、常総救助実態を踏まえ、浸水区域内の病院・福祉施設の建物内に留まった入院・入所者、避難施設へと避難した在宅移動困難者の救助については、基本的にはボートにより実施するものとして推計する。ヘリについては、容態が急変した移動困難者への対応のために活用することや、予め想定された病院・福祉施設・避難施設以外の建物に取り残されてしまった孤立者を、緊急的に捜索・救助するために活用することが考えられる。

(ボートによる救助可能数の算出)

- 十分な量のボートを確保できた場合、各救助地点においては到着したボート複数が待機し、先着ボートが域内避難者を救助した後、待機していたボートが順次救助を行うという状況となる。したがって、救助に要する時間はボートの移動時間等に依存せず、救助地点において係留・救助者乗船・係留解除に要する時間を基に算出可能となる。ボートによる1日あたりの救助可能数は次式で求めることができる。

ボートによる1日あたりの救助可能人数(人/日)

$$= \text{①平均救助可能人数(人/艇)} \div \text{②係留・救助者乗船・係留解除に要する時間(時/艇)} \\ \times \text{③救助可能箇所数} \times \text{④1日あたり活動時間(時/日)}$$

①平均救助可能人数

常総救助実態から移動困難者(入院・入所者、要介護認定者等が該当)については移動困難者以外の避難者(付添支援者等が該当)の倍の空間を必要としたとの実績があった。このことから、周辺地域におけるボートの平均乗船可能人数から救助者数を引いたものを基本とするが、移動困難者が乗船する場合には2名分の面積を要するものとして算出する。

②係留・救助者乗船・係留解除に要する時間

常総救助実態では4名の移動困難者の救助にあたり、係留後から係留解除まで15分程度を要した実績がある。このことから、移動困難者については移動困難者以外の避難者より乗船に時間を要すると考え、移動困難者以外の避難者については2分/人、移動困難者については4分/人と、乗船時間を仮定する。係留については、救助地点付近での進入経路や係留箇所にも迷ったり、浮遊物や標識、塀等が支障になったりすることが想定されるため、係留に要する時間は5分/艇とし、係留解除時間は1分/艇と仮定する。

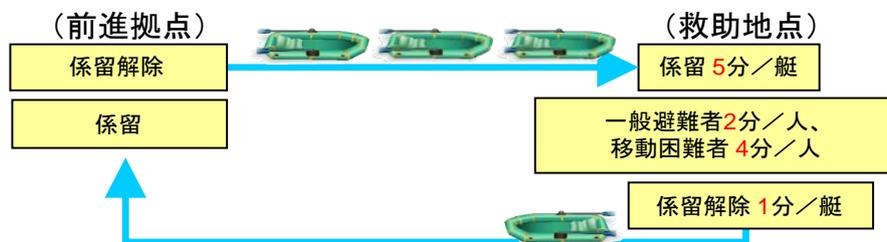


図3 ボートによる救助活動の所要時間

③救助可能箇所数

各施設について複数の救助可能箇所があれば、それを考慮し、全体の救助可能箇所

所数を設定する。ボートを2艇着岸できるような形状であれば、その箇所は2として計上する。施設毎の救助可能箇所が不明であれば、各施設で1箇所と仮定する。

④1日あたり活動時間

日中の時間から12時間と設定する。

(ボートの必要数の算出)

- 避難可能箇所毎に必要なボート数については、ボートが救助地点から前進拠点に移動して域内避難者を下ろし、再び救助拠点まで移動に要する時間を、救助地点における係留・救助者乗船・係留解除に要する時間で除して、1艇を加えたものとなる。したがって、ボートの必要総数は次式で求めることができる。

ボートの必要数 (艇)

$$\begin{aligned} &= \{ (\text{①平均移動距離 (km)} \div \text{②往路速度 (km/時)} + \text{①平均移動距離 (km)} \\ &\quad \div \text{復路速度 (km/時)} + \text{③救助者下船時間 (時)}) \\ &\quad \div \text{④係留・救助者乗船・係留解除に要する時間 (時/艇)} + 1 \text{ (艇)} \} \\ &\quad \times \text{避難可能箇所数} \end{aligned}$$

①平均移動距離

各救助可能箇所と浸水していない前進拠点との間の距離を考慮し、平均距離を求める。

②往路速度、復路速度

浮遊物等で船外機が使用できない可能性が高いことも踏まえ、手こぎの速度を設定する。また、復路は乗船人数が多いため、往路よりも速度が低下することも考慮する。さらに、障害物の回避・除去、救助隊員の疲労等により、好条件よりも大幅に速度が低下することも考慮する。

③救助者下船時間

乗船とは逆に、下船は狭い場所から広い場所への移動となること、下船地点では多くの救助部隊が待機しており下船作業を支援できることから、乗船よりも時間は短縮されると考えられる。ここでは乗船の半分程度の時間と仮定し、移動困難者以外の避難者については1分/人、移動困難者については2分/人とする。なお、前進拠点では、救助部隊が周辺の支障物を撤去する等し、係留しやすい状況にしていると考えられることから、係留・係留解除に要する時間は考慮しない。

④係留・救助者乗船・係留解除に要する時間

救助時間を求めるものと同値である。

(ヘリによる救助可能人数の算出)

- ヘリによる救助では、安全面から一定面積内に飛行可能な数が限られる。このことから、単位面積当たりの活動機数を想定し、1日あたりの救助可能人数を算出する。常総救助実態における決壊2日目の上空での配備密度がヘリ救助の上限だと考えられるため、それを参考に算出する。ヘリによる1日あたりの救助可能は次式で求めることができる。

ヘリによる1日あたりの救助可能人数(人/日)

$$= \text{①単位面積あたりの救助者数(人/日} \cdot \text{k m}^2) \times \text{②救助対象者が避難している地域の面積(k m}^2)$$

①単位面積あたりの救助者数

常総水害において決壊2日目のヘリによる救助人数は646人であり、その際のヘリの活動範囲は、7.5 k m²であったことから、単位面積あたりの救助者数は86人/日・k m²(=646÷7.5)となる。

②救助対象者が避難している地域の面積

算出対象としている地域の面積を代入する。

(ヘリの必要数の算出)

- ヘリによる救助では、単位面積当たりの活動機数に、対象範囲の面積を乗じれば、求めることができる。

ヘリの必要数(機) = ①単位面積あたりの活動機数(機/k m²)

$$\times \text{②救助対象者が避難している地域の面積(k m}^2)$$

①単位面積当たりの活動機数

H27常総水害においては約40k m²が浸水したが、田畑が多く宅地面積は明らかではない。そこで、常総市全体の宅地面積割合23%と同程度だと仮定すると、常総水害時の宅地の浸水面積は9.2k m²となる。決壊後2日目には約50機のヘリが出勤していたことから、単位面積当たりの活動機数は約5.4機/k m²となる。

②救助対象者が避難している地域の面積

救助時間を求めるものと同値である。

5. (手順5)大規模・広域避難に要する時間の算出

一般的な避難であれば短時間で域外避難を完了することが可能であるが、大規模・広域避難が必要とされる地域においては全避難者が短時間で域外へ避難することは困難であり、どの程度の時間を要するのかを明確にする必要がある。避難に要する時間（以下、「避難時間」という。）については、交通手段・経路別の避難人口の配分によって変化することから、域外避難者が自らの意思で交通手段を選択し、浸水区域外を目指して最短距離で避難した場合（以下、「各自最短距離避難」という。）の避難時間と、避難時間を最短化した場合との2通りで算出することが考えられる。

両方の手法で避難時間を計算すると、各自最短距離避難では、特定のボトルネック部に域外避難者が集中することにより避難時間がかかり、かなり早い段階での避難開始をしなければならないことが判明し、大規模・広域避難の実現可能性を高めるためには避難時間を短縮するための対策をとることが必要となることが分かる。避難時間を短縮する場合、その程度に差こそあれ、居住地域や家族構成等の違いを踏まえて避難手段・経路等を示し、それに基づいて居住者等が避難することが必要となる。したがって、広域避難計画の策定にあたっては、大多数の居住者等が理解し、協力が可能な程度のものとするとともに、策定・公表後には行政と居住者等が一体となって広域避難計画の実効性を高めるための努力が必要となる。

また、避難する際には混雑が発生するため、それに起因する事故が生じないような措置をとる必要がある。具体的には、ボトルネックにおける大混雑、駅への域外避難者の集中等により、歩行者の将棋倒し・群集雪崩等が発生したり、線路への落下等のおそれがあることから、これらの事故に対する安全措置対策も重要になる。

5. 1 ボトルネック箇所の特定

避難時間の算出にあたっては、電車、自動車（自家用車・バス・タクシー等）、徒歩といった各交通手段について、各経路別で交通容量を設定することが必要である。ある交通手段・経路に着目すると、当該手段・経路を経て浸水区域外に至るまでには多くの通過点があり、その各地点において交通容量があるが、当該手段・経路の始点から終点までを通した全体の交通容量については、その手段・経路における最も容量の小さいボトルネックの交通容量で規定される。これは例えば一般の道路交通が交差点部の交通容量で規定されるのと同様の論理である。

交通手段が徒歩の場合、ボトルネックは地形によって規定される場合が多い。一般に、丘陵地にかかる坂路や河川を渡る橋梁等がボトルネックになることがほとんどである。坂路や橋梁前後には道が複数接続しているのが一般的であり、交通容量が局所的に小さくなるのが当該部分であるからである。

交通手段が自動車の場合、徒歩と同様に坂路や橋梁等をボトルネックとする。ただし、自動車専用道路については、自動車専用道路に接続する一般道の接続車線及び JCT 等の交通容量が局所的に小さくなる箇所においてボトルネック候補が存在し、各経路においてこれらのうち交通容量がより小さなものがボトルネックとなる。なお、入口付近については、入口料金所もボトルネックとなり得るように思えるが、一般道の接続車線は信号による待ち時間や横車線からの流入がある一方で、入口料金所のブースは 2 つ設けられていることも多くまた ETC も普及していることから、接続車線の方が交通容量が小さくなるため、入口付近については一般道の接続車線がボトルネックだと考えられる。

交通手段が鉄道の場合、一度乗車すれば事故等がない限り浸水区域外まで移動できるため、ボトルネックは駅での乗車となる。

5. 2 交通手段別の需要量と各自最短距離避難における避難時間の算出

避難行動を各自最短距離避難とした場合の、浸水区域外へと移動しようとする人の交通手段別・経路別の需要量（人数・自動車台数）を算出する。この需要量は、域外避難の対象者に加え、対象地区を通過する人の移動もある。

それらを考慮の上、アンケート調査等を基に域外避難者の交通手段別の割合を設定し、浸水区域外を目指して最短距離で避難した場合の避難時間を算出する。算出にあたっては、大規模・広域避難が必要となる地域に対し、交通手段別の各ボトルネック箇所を基点として Thiessen 分割を行い、それぞれのボトルネックへの域外避難者数を算出した上で、各ボトルネックにおける時間交通容量や時間輸送力等を歩行者密度や自動車速度、鉄道運行情率、携行荷物量、域外避難者以外の交通量等から設定して算出することが考えられる。

【定量的な算出方法】

（交通手段別の需要量）

- 域外避難の対象地域にいる避難者による需要量を設定する。域外避難を開始する時間帯に対象地域内にいる人口について、大きく分類すると徒歩、自動車、鉄道という 3 つの交通手段に振り分けることとなる。交通手段については、自家用車を保有していれば自動車を使用する傾向が顕著になり、居住地が駅に近いと多くの人は鉄道を使うと考えられる。その割合については、アンケート調査等により設定する。
- 交通手段毎に経路別の需要量を設定する。経路については、居住地から浸水区域外にまで移動するのに最も近い経路を選択するものと仮定する。計算を簡便にするために、交通手段別・経路別に一意に定まる各ボトルネックを基点とする Thiessen（ティーセン）分割⁹で与えられる領域を設定し、その領域内の域外避難者数が各ボトルネックの交通需要量とする。

⁹ 全基点（橋梁）を直線で結ぶことにより三角形網をつくり、各辺の垂直二等分線によりできる多角形を当該基点が分担する面積とする。

- 続いて、避難開始時点において対象地域内にいない人による交通需要については、次のように考える。
- 避難対象人口に含まれてはいないものの、地域外から対象地域を通過して別の地域へと移動する需要（以下、「通過交通」という。）があれば、それは域外避難者と同じボトルネックを通過することになるため、需要量に計上しておく必要がある。
- さらに、対象地域の住民であるものの避難開始時点では地域外に出ている人については、家族の迎えや荷物の取得のために、一度住所に戻ってから再び地域外へと出る行動をとる人もいると考えられる（以下、「一時帰宅交通」という。）。
- 以上から、避難開始時点において対象地域内に居て地域外へと域外避難する者と、避難開始時点で避難対象地域にはいないものの対象地域を経由して地域外へと出る者とを合算した数値が、需要量となる。なお、避難対象地域外から対象地域へと入ってくる時の交通は、反対方向の移動であるため、需要量として計上する必要はない。ただし、ボトルネックとなる箇所を一方通行にする等の措置をとるのであれば、対象地域へ入ってくる時についても、反対方向の需要量として計算が必要となる。
- ここで、一時帰宅交通とは避難開始時点において地域外に出ている住民であるから、関係を整理すると、次式を得る。

$$\begin{aligned}
 \text{総需要量} &= \text{避難開始時点で対象地域に居る人数} + \text{通過交通} + \text{一時帰宅交通} \\
 &= (\text{避難対象人口} - \text{地域外に出ている者} + \text{地域外からの訪問者}) \\
 &\quad + \text{通過交通} + \text{一時帰宅交通}
 \end{aligned}$$

- ここで、「一時帰宅交通」とは、最大で「地域外に出ている者」であることから、「一時帰宅交通」を「 $A \times$ 地域外に出ている者」と表現すると、次式を得る。ただし、 $0 \leq A \leq 1$ である。

$$\begin{aligned}
 \text{総需要量} &= \text{避難対象人口} + (A-1) \times \text{地域外に出ている住民} \\
 &\quad + \text{地域外からの訪問者 (訪問交通)} + \text{通過交通}
 \end{aligned}$$

- さらに、第2～4項については、平成20年の東京都市圏PT調査におけるトリップの発着点で分類すると、地域外に出ている住民は内外交通（出発点が地域内、到着点が地域外）、訪問交通は外内交通（出発点が地域外、到着点が地域内）であり、通過交通は外外交通（発着点ともに地域外）であることと、それぞれの交通については抑制が可能であり、平時交通に一定の率を乗じたものとなることから、次式を得る。ただし、 $0 \leq B \leq 1$, $0 \leq C \leq 1$ である。

$$\begin{aligned} \text{総需要量} &= \text{避難対象人口} + (A-1) \times \text{内外交通} \\ &+ B \times \text{外内交通} + C \times \text{外外交通} \end{aligned}$$

- これらの係数については、広報活動や周辺地域住民・企業の協力等によって大きく変化するため、適宜状況に応じて設定する。また、徒歩については、通過・訪問交通の絶対量が少ないため、無視し得るほどの量であれば、考慮せずともかまわない。
- ここで、係数設定の一例を紹介する。係数 A については、外に出ていた住民全員が一度住所に戻ってから再び地域外へと避難すると考えると、 $A=1$ となる。B と C については、周辺地域の住民による非避難交通であるため、平常時の半分程度に抑制されると考えると、 $B=C=0.5$ となる。なお、これらの係数については、周知活動等の対策をすることにより、減少させることが可能である。

$$\text{総需要量} = \text{避難対象人口} + 0.5 \times (\text{外内交通} + \text{外外交通})$$

- なお、外内交通は内外交通とほぼ同等である¹⁰ことを考慮すると、総需要量は、住民と内外交通と外外交通の合計となる。ここで、平時におけるボトルネックの交通量は内外交通と外外交通を足したものであることに注目すると、単純に平時の交通量の半分が域外避難者以外の交通ということになり、分析が簡便となる。設定の詳細については、各交通手段における避難時間算出の際に説明する。

$$\text{総需要量} = \text{避難対象人口} + 0.5 \times (\text{内外交通} + \text{外外交通})$$

$$\begin{aligned} \text{各交通手段・経路別の需要量} &= \text{各手段・経路の域外避難者} \\ &+ \text{各手段・経路によりボトルネックを地域内から地域外へと抜ける平時の交通量} \end{aligned}$$

- また、上記では、一時帰宅交通は地域外に出ている者と同数として取り扱ったが、避難開始時点で避難対象地域外に出ている住民が自宅に戻らないように平時から周知することにより、大幅に縮減することが可能である。特に、避難開始時間が昼間となる場合には、予め避難の準備をした上で通勤・通学する等の措置を呼びかけることが有効と考えられる。
- 本検討手順においては、通過・訪問交通については通常時の半分程度と仮定し、一時帰宅交通については地域外にいる住民の全てと仮定しているが、施策の浸透状況によって、この割合を変化させていくことが望ましい。

¹⁰ 同数でなければ特定地域の人口が日を追う毎に増加してしまうことになる。

- なお、ここでいう各自最短距離避難は、上記で示した通り、各ボトルネックを基点とする Thiessen（ティーセン）分割で与えられる領域を設定し、その領域内の域外避難者数を各ボトルネックの交通需要量としたものであり、避難先の状況によっては特定のボトルネックに想定している交通需要量以上の域外避難者が集中するおそれがあることに留意が必要である。

（各自最短距離避難の場合の徒歩による避難時間）】

- 徒歩避難のボトルネックは、河川を渡る橋梁、または丘陵地に上がる坂路等である。ここでは、それらのボトルネックに着目して、各経路の避難時間を算出する。
- 各経路の避難時間は次式で示される。

$$\begin{aligned} \text{各経路の避難時間} &= \text{①各ボトルネックの域外避難者数 (人)} \\ &\quad \div \text{②各ボトルネックの時間交通容量 (人/h)} \\ &\quad + \text{③各ボトルネックから先の移動時間 (h)} \end{aligned}$$

①各ボトルネックの域外避難者数

各自最短距離避難の場合、最も近いボトルネックを経由して避難するものとする。そうすると、各ボトルネックの交通需要は、各ボトルネックを基点とする Thiessen 分割で求める。

②各橋梁の時間交通容量

次式で求めることができ、各項については、以下のとおり設定する。

$$\begin{aligned} \text{時間交通容量 (人/h)} &= \text{A:密度 (人/m}^2\text{)} \times \text{B:速度 (m/h)} \\ &\quad \times \text{C:歩道幅員 (m)} \\ &\quad \times \text{D:荷物による低減率} \end{aligned}$$

A:密度

歩行者の安全を確保するためには密度をできるだけ低く抑える必要がある。一方で、避難時において安全確保に充てることのできる警察官・民間警備員等の数は限られている。文献によって事故が発生する閾値となる密度は異なるものの、次を参考に、事故を防ぐために安全確保措置を採ることにより、3.5 人/m²に抑えるものと設定した。

<参考となる文献等>

- ・ 密度 1.5 人/m²程度で自由歩行の限界¹¹
- ・ 密度 4 人/m²程度で渋滞の始まり¹²、または停止時の限界密度¹³
- ・ 密度 3～5 人/m²程度で、「将棋倒し」（隊列後方から前方へのドミノ倒しに似た転倒形態）発生のおそれ¹⁴
- ・ 密度 6 人/m²程度で群集移動の停止¹⁵、またはラッシュ時の満員電車の状態¹⁶
- ・ 密度 6 人/m²超¹⁷、または 10 人/m²超¹⁸で、「群衆なだれ」（隊列前方から後方への積み木崩しに似た転倒形態）発生のおそれ
- ・ 神戸市のルミナリエでは、安全を確保のため、待ち行列の最後尾を延伸する等により、密度を 3 人/m²以下としている¹⁹

B：速度

速度と密度の関係を表した Fruin (フルーイン) 式²⁰ (速度 $V = 1.356 - 0.341 \times \text{密度 } \rho$) を適用する。速度と密度の関係式はいくつか提案されているが、本検討手順では、密度増加にしたがって速度が直線的に減少していくこと（時間交通容量は密度を説明変数とする二次関数となる。）、密度 4 人/m²が群衆での歩行の限界としていることから、Fruin 式を採用した。Fruin 式に、密度 3.5 人/m²を代入して、速度を算出する。ただし、域外避難者は長期の避難生活に備え、大きめの荷物（リュックサックやキャリーケース等）をもって避難することも考えられることから、それによる速度低下を見込めるように、Fruin 式を改良する。速度低下は 5% 減として設定する。

$$\begin{aligned} \text{速度} &= \{ 1.356 - 0.341 \times \text{密度 } 3.5 \text{ (人/m}^2\text{)} \} \\ &\quad \times 3600 \text{ (秒を時間に換算)} \\ &\quad \times \text{荷物による速度低下 } 0.95 \end{aligned}$$

$$= 556 \text{ (m/h)}$$

C：歩道幅員

ボトルネック毎に地理院地図オルソ画像から計測する。逆方向からの交通が排除

¹¹ 火災便覧第 3 版、共立出版

¹² 火災便覧第 3 版、共立出版

¹³ 社団法人全国警備業協会：雑踏警備業務の手引き

¹⁴ 明石市民夏まつり事故調査委員会 報告書

¹⁵ 火災便覧第 3 版、共立出版

¹⁶ 社団法人全国警備業協会：雑踏警備業務の手引き

¹⁷ John, J. Fruin: Crowd Dynamics and Auditorium Management

¹⁸ 明石市民夏まつり事故調査委員会 報告書

¹⁹ 警察からの聴取による

²⁰ 岡田, 吉田, 柏原, 辻: 建築と都市の人間工学—空間と行動のしくみ—, 鹿島出版会, 1977.

できない限り、歩道は片側のみとする。両側の歩道を用いて避難することも不可能ではないが、別方向に向かう歩行者が狭い範囲に集中すると、将棋倒しや群衆雪崩のような歩行者事故の発生するおそれが格段に高まるため、交通整理を厳格にすることが求められる。なお、歩車道が分離されていない場合には0.5m等と設定する。

D: 荷物による低減率

大きな荷物を携行していることから、域外避難者1人につき2人分のスペースを占有するものと仮定し、低減率を50%とする。荷物が全くなければ100%であり、荷物が身体の半分程度であれば75%となるため、荷物の携行量を少なくすれば、値が大きくなり、より円滑に避難できるようになる。

③各ボトルネックから先の移動時間

ボトルネックを通過した後は、浸水想定区域外まで洪滞なしで移動できるものとする。自由歩行速度となることを想定し、歩行速度は3km/hと設定する。この根拠としては、東日本大震災の避難に関する調査結果 2.2km/h²¹、老人自由歩行速度 3.6km/h²²、過去の避難シミュレーション 3.2km/h²³、2.9km/h²⁴等がある。

(各自最短距離避難の場合の自動車による避難時間)

- 自動車避難のボトルネックは、一般道については徒歩と同様に河川を渡る橋梁、丘陵地に上がる坂路等である。自動車専用道については、入口接続部の一般道とJCT付近となる。ここでは、それらのボトルネックに着目して、各経路の避難時間を算出する。
- 各経路の避難時間は次式で示される。

$$\begin{aligned} \text{各経路の避難時間} &= \text{①各ボトルネックの通過車両数 (台)} \\ &\quad \div \text{②各ボトルネックの時間交通容量 (台/h)} \\ &\quad + \text{③各ボトルネックから先の移動時間 (h)} \end{aligned}$$

①各ボトルネックの通過車両数

各自最短距離避難の場合は最も近いボトルネックを経由して避難するものとす

²¹ 国土交通省都市局：「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について（改定版）」、平成24年12月

²² 岡田光正・浅野博光・俵元吉：自由歩行速度と歩幅に関する調査・研究：主として老人や子供の場合について（建築計画）、1978

²³ 桑沢敬行・片田敏孝・及川康・児玉真：洪水を対象とした災害総合シナリオ・シミュレータの開発とその防災教育への適用、2007

²⁴ 首都直下地震避難対策等専門調査会 第14回（最終回）資料 「帰宅行動シミュレーション結果について」

る。各ボトルネックが担当する領域は、Thiessen 分割で求める。なお、一般道路と高速道路との振分については、平均的な高速道路分担率である 13%²⁵を用いることが考えられる。この数値については、地域の実情に応じて柔軟に設定すべきである。

1 台の自家用車に 1 世帯の域外避難者が乗車して避難するものとする。自動車保有と世帯人数には正の相関があると考えられるが、各自動車に平均世帯人数が乗車するものとして設定する。

なお、これに非避難交通量も加える必要がある。各ボトルネックでの非避難交通の総量は、平常時における各ボトルネックでの江東 5 区内から 5 区外へと出る方向の交通量を避難時間あたりに換算したものとなる。しかし、避難時間は非避難交通を設定しないと算出できない。そこで、仮の避難時間を設定して、非避難交通を算出し、それをもとに、避難時間算出→非避難交通量算出→避難時間算出→・・・と、収束計算を実施することが必要となる。

まず、直近の道路交通センサスの昼間 12 時間自動車類交通量（下表②）において、各ボトルネックを含む区間の交通量を抽出し、それに抑制率（本検討手順で提案した標準的な場合は 0.5）を乗じたものを 12 時間で除して、時間あたりの非避難交通（下表③）を算出する。ここで、仮の避難時間（下表④）を設定し、時間あたりの非避難交通に仮避難時間を乗じることで、各ボトルネックにおける非避難交通の総量を算出する。避難交通（下表①）に平時交通を加え総交通量を算定し（下表⑤）、これを交通容量（下表⑥）で除して避難時間を算出する（下表⑦）。算出した避難時間で非避難交通の総量を再度設定し、上記を繰り返して避難時間の収束計算を実施する（下表⑧）。

避難時間の算出手順 (①→⑧)

ボトルネック箇所	①避難交通(要避難区域内の人口より算定)	②平時の交通量(H22道路交通センサス/昼間12時間自動車類交通量)	③時間あたりの通過交通(②÷12×0.5)	④仮避難時間(通過交通算定用に仮設定)	⑤総交通量(①+③×④)	⑥時間交通容量(渋滞時の速度・車間距離・車線数から設定)	⑦避難時間(⑤÷⑥)
A橋	10,000台	20,000台/12時間	833台/hr	10hr	18,330台	2,000台/hr	9.2hr
B橋	9,000台	10,000台/12時間	416台/hr	10hr	13,160台	1800台/hr	7.3hr
C橋	7,000台	10,000台/12時間	416台/hr	10hr	11,160台	1500台/hr	7.4hr
.....

⑧収束計算 ←

表 1 自動車による避難時間の算出手順

②各ボトルネックの時間交通容量

次式で求めることができ、各項については、以下のとおり設定する。

$$\text{時間交通容量 (台/h)} = \frac{A: \text{速度 (km/h)} \times B: \text{車線数}}{\{C: \text{車長 (m)} + D: \text{車間距離 (m)}\} \times 1000 \text{ (km を m に換算)}}$$

²⁵ 第 4 回使えるハイウェイ推進協議会資料「高速道路の利用状況」(国土交通省)

A：速度

自動車においても、徒歩における Fruin 式と同様に、速度と密度の関係を表現した一般的な数式は知られている。しかし、本検討手順において必要とされるような、極めて高密度な状況における密度と速度の関係については、過去の観測データが乏しいため、それらの数式の信頼性は高くなく、適用することは不適切であると判断した。ここでは、東日本大震災の実績値から、3 km/h と設定する。

この根拠としては、発災当日のプローブデータ（ナビゲーションシステムから得られる自動車の走行軌跡データ）等より分析した結果、16 時～23 時台の平均旅行速度は特別区内で 6.2 km/h 程度であったこと²⁶、発災当日の警視庁の管制データを基に整理した自動車の平均速度は、21 時ごろに下限値のピークとなっており、時速 5 km 程度を記録していたこと²⁷、発災当日のタクシーにおける都心の主要区間の通過に要する時間を分析したところ²⁸、国道 1 号大手町～五反田間で時速 1.0 km 程度、国道 246 号隼町～瀬田間で時速 2.6 km 程度、国道 6 号本町～東向島間で時速 1.3 km 程度であったこと等が挙げられる。

B：車線数

最新の道路交通センサスの調査結果を用いて設定する。

C：車長

小型自動車相当として 4.7 m を採用する²⁹。

D：車間距離

まず、反応時間を設定する。反応時間とは、対象物を発見した後、運転者がブレーキを踏むかどうか判断する判断時間と、判断してからブレーキを踏むまでの反動時間の合計である。ここでは「道路構造令の解説と運用」を参考に、AASHTO³⁰で用いている数値と同様に判断時間として 1.5 秒、反動時間を 1.0 秒とし、反応時間を 2.5 秒とする³¹。

これを基に、車間距離は空走距離相当として、次式で求める。

²⁶ 上坂克巳・橋本浩良・塚田幸広：プローブデータから見た道路ネットワークの課題、2012

²⁷ 大口敬・伊藤麻紀・水田 隆三・堀口良太：東京 23 区を対象とした大規模災害時交通シミュレーションと交通渋滞緩和策の評価

²⁸ 大震災が都内のタクシーに与えた影響【東日本大震災における都心の交通渋滞状況の検証】
(社) 東京乗用旅客自動車協会、無線委員会、東京無線協同組合、富士通 (株)、富士通デン (株)

²⁹ 道路構造令の解説と運用

³⁰ AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 米国全州道路交通運輸行政官協会米国の高速道路の規格に関する基準設定機関

³¹ 道路構造令の解説と運用

$$\begin{aligned} \text{空走距離 (m)} &= \text{反応時間 (s)} \times \text{速度 (m/s)} \\ &= 2.5 \text{ (s)} \times 3000 \text{ (m/h)} \div 3600 \text{ (時間を秒に換算)} \end{aligned}$$

③各ボトルネックから先の移動時間

ボトルネック通過後は浸水想定区域外まで渋滞なしで移動できるものとし、当該地区の平均的な混雑時速度を基に設定する。

(各自最短距離避難の場合の鉄道による避難時間)

- 交通手段が鉄道の場合、路線別・方面別に交通容量が規定される。鉄道では、一部の途中駅停まりの便を除き、多くが始発駅から終着駅まで運行される。したがって、路線別・方面別（上り・下り）に交通容量が規定されることとなる（方面別はほぼ同じ交通容量となる）。なお、急行、快速（以下、「急行等」という。）等の通過駅がある路線については、各駅停車ダイヤと急行等ダイヤとを別路線と見なす。
- 厳密には、駅構造や避難対象地域内の位置により、交通容量は変化するが、ここでは計算の簡便化のため、路線別・方面別の交通容量を算出した後、当該路線が停車する全駅に交通容量を等分に配分することにより、各駅の交通容量を算出する。駅・路線・方面別の避難時間は次式で示される。

$$\begin{aligned} \text{駅・路線・方面別の避難時間} &= \text{①駅・路線・方面別の乗車人数 (人)} \\ &\quad \div \text{②駅・路線・方面別の時間輸送力 (人/h)} \\ &\quad + \text{③乗車時間 (h)} \end{aligned}$$

①駅・路線・方面別の乗車人数

各自最短距離避難の場合は最も近い駅を経由して避難するものとする。なお、各駅においては「路線別・方面別の時間輸送力」に応じた割合で、乗車する路線・方面を選択するものとする。浸水区域内で乗換が必要となる場合は、乗換駅においても同様に配分するものとする。

なお、これに非避難交通量も加える必要がある。

自動車避難においては、江東5区外から来た非避難者は江東5区内からの域外避難者と一緒にボトルネック箇所である橋梁等に進入するため、収束計算が必要となる。一方で、鉄道避難においては、避難対象地域外から来た非避難者は降車することなく対象地域を通過することができる。つまり、非避難者は避難時の混雑状況にかかわらず移動することができる。そこで、平常時の1日あたりの非避難交通から単純に時間あたりに変換する。厳密には内外交通については自動車避難と同様

の収束計算が必要となるが、鉄道の非避難交通においては外外交通が内外交通よりも圧倒的に多いため、平常時の交通量から一律に時間あたりの非避難交通を設定することとした。このような考えに基づき、非避難交通は次式のように考慮し、路線に急行等がある場合には急行等に全ての非避難交通が乗車することとする。これは、外外交通のような長距離トリップでは急行等に乗車することが大部分と考えられるためである。

$$\begin{aligned} \text{時間あたりの非避難交通 (人/h)} &= \text{駅・路線・方面別の1日あたりの通過人数}^{32} \text{ (人/d)} \\ &\quad \times \text{平時の全トリップにおける外外交通と内外交通の比率}^{33} \\ &\quad \div 18 \text{ (1日あたり営業時間)} \end{aligned}$$

② 駅・路線・方面別の時間輸送力

次式で求めることができ、各項については、以下のとおり設定する。

$$\begin{aligned} \text{路線別・方面別の時間輸送力 (人/h)} \\ &= \text{A: 路線別・方面別の1日あたり乗車定員 (人/d)} \times \text{B: 運行率} \times \text{C: 乗車率} \\ &\quad \div \text{D: 1日あたり運行時間 (h/d)} \end{aligned}$$

A: 路線別・方面別の1日あたり乗車定員

大都市交通センサスの路線別着時間帯別駅間輸送定員表を基に、浸水区域内の最外縁の駅における路線別・方面別の値を代表値として設定する。いくら途中駅の定員が大きかったとしても外縁部で低いと浸水区域外へと移動できなくなるため、域外避難対象区域の外縁の駅における乗車定員がボトルネックとなるからである。なお、ここでは、各駅停車や急行・快速等を区別して設定する。

路線別着時間帯別駅間輸送定員表は駅間を通過することができる定員を示しており、各駅停車や急行・快速等の区別がなされていない路線については、急行等が停車しない駅であっても急行等の定員を含んだ値となっている。これを各駅停車と急行等とに配分するにあたっては、次の方法を採用。まず、各駅の各駅停車と急行等の運行本数の比を算出する。次に、一般的に各駅停車の車両数はその他と比較し編成数が少ないため、各駅停車とその他の編成数の比を設定する。不明であれば2:3等と仮定する。運行本数の比と、車両編成の比を乗じ、その比によって各駅停車と急行等に乗車定員を配分する。

³² 大都市交通センサス 駅別発着・駅間通過人員表を用いて集計する。

³³ PT調査において、全トリップ中、通過交通とするトリップの割合を適用する。

B: 運行率

駅での乗降混雑による遅延の発生を考慮する。本検討手順では鉄道事業者への聴取も踏まえ、平常時比 70%の運転本数と仮定する。この数値は、エリアを分けて避難勧告等を発令することや、一時集合場所を設定し、そこから駅に誘導する等の対策を実施し、ホームにおける混雑を緩和すること等により向上させることが可能である。

C: 乗車率

通勤・通学時間帯のピーク乗車率³⁴である 200%を参考に、大量の荷物を持った域外避難者が乗車した場合の乗車率を設定する。輸送定員 153 名（座席 54）席の車両を想定（例：東京メトロ東西線 05 系 new）した場合、乗車率 200%では 1 車両に 306 名が乗車することとなる。座っている避難者 54 名（）は、膝の上に荷物を置くものとする。座席の前に立っている避難者 54 名（）は、網棚の上に荷物を置くものとする。残り 198 名が乗車できるはずであるが、荷物の影響で 1 人につき 2 人分のスペースを占有すると仮定すると、198 名から 99 名に減少する。この場合、輸送定員の 153 名に対し乗車人数は 207 名となり、乗車率は 135%となる。

以上から、避難者が自分の身体と同程度の空間を占有するような荷物を携行していると、乗車率は 135%が限界となる。これから分かるように、荷物の携行量を少なくすれば、乗車率は向上することとなる。なお、網棚等の荷物収容設備が整っていない車両を用いている路線については、乗車率が低くなるため、必要に応じて別途設定する。

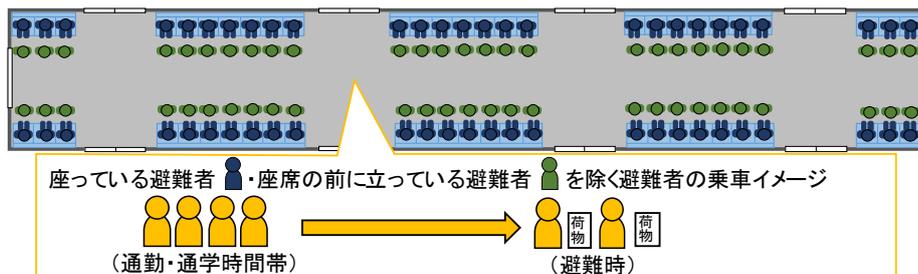


図 4 鉄道避難者の乗車イメージ

D: 1 日あたり運行時間

鉄道の一般的な運行時間帯である 6:00~24:00 を考慮し、18 時間とする。本検討手順においては、時間帯別の輸送力の変化を考慮せずに、単純に 1 日あたりの輸送力を 18 時間で除している。これは、出勤ラッシュのピークである午前 8 時前後と、鉄道運行のない夜間を除けば、鉄道避難の輸送力は時間帯に依存しないことが分かっ

³⁴ 東京圏における主要区間の混雑率（H27 国土交通省）の最大値は 199%である。

ているからである。理由は次のとおりである。

詳細なデータのある日比谷線（伊勢崎線相互直通）北千住駅における時間帯別の輸送力と平常時の鉄道乗車中人数³⁵を比較すると、利用者が極端に増加する朝の通勤時間帯のみ、鉄道乗車中人数が輸送力を上回っている。域外避難時の条件設定を考慮した輸送力（乗車率135%、運行率70%）と、非避難交通（外外交通と内外交通）とを比較すると、午前8時前後以外は一定の差を保ちながら推移している。

なお、計算が複雑になるが、地域特性に応じて、時間帯別の輸送力を設定してもかまわない。

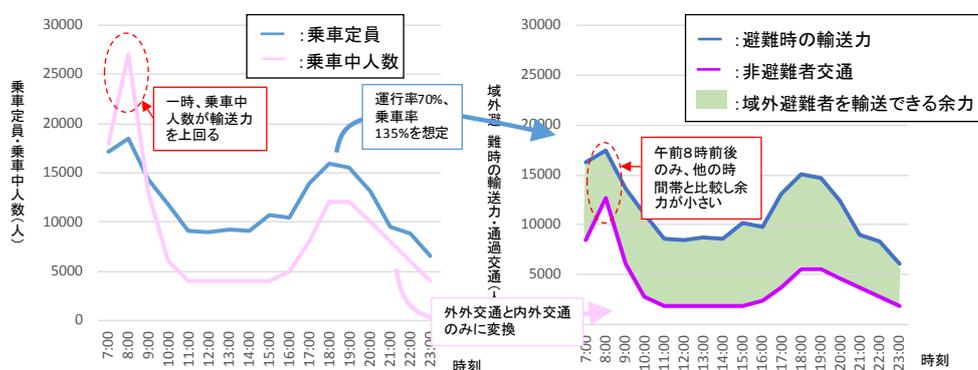


図5 乗車定員・乗車中人数（平常時）と輸送量（避難時）の時間推移

③乗車時間

乗車した後は、浸水区域外の駅まで輸送されることとなり、乗車時間は次式で求めることができる。

$$\text{乗車時間} = \text{乗車駅から路線別・方面別の浸水区域外の駅までの乗車距離} \div \text{速度}$$

乗車距離は営業キロとする。速度については、混雑等により平常時の速度よりも遅くなると想定されることと、途中で乗換えもあると考えられるため、表定速度を参考としつつ設定する。各路線・方向で個別に設定することも可能であるが、ここでは公表されている首都圏主要路線の表定速度³⁶を参考としつつ、下限側の値として全路線・方向で一律に30km/hとする。

³⁵ 平成24年度大都市交通センサス分析調査報告書における北千住駅の隣接駅間（小菅・南千住）の乗車人数の平均値。輸送力についても、これと比較するために、小菅方面・南千住方面の輸送力の平均値としている。

³⁶ 速達性の向上の現状と今後の取組のあり方について（国土交通省）

5.3 最短化した場合の避難時間の算出

これまで提案してきた避難時間の算出は、各自最短距離避難した場合を想定したものである。しかし、域外避難者が自らの意思で交通手段を選択し、浸水区域外を目指して最短距離で避難したとすると、例えば徒歩であれば混雑する橋梁とさほど混雑しない橋梁とで避難時間に大きな差が出ることとなる。また、交通手段の別でも、鉄道に比較的余裕があるのに、自家用車保有者は自動車避難をしようとしてしまうといった事態も生じる。すなわち、域外避難者に避難行動を委ねると、交通手段・経路別で避難時間に大きな差が生じる。

このような事態を解消するため、域外避難の対象地域全体の総避難時間を最短化する方法を提案する。3つの橋梁での避難を考えてみる。他よりも避難時間を要するボトルネックから、避難時間が比較的短いボトルネックへと域外避難者を誘導することとなるため、最終的にどのボトルネックの避難時間も等しくなった時に、総避難時間は最短化されたと言える。

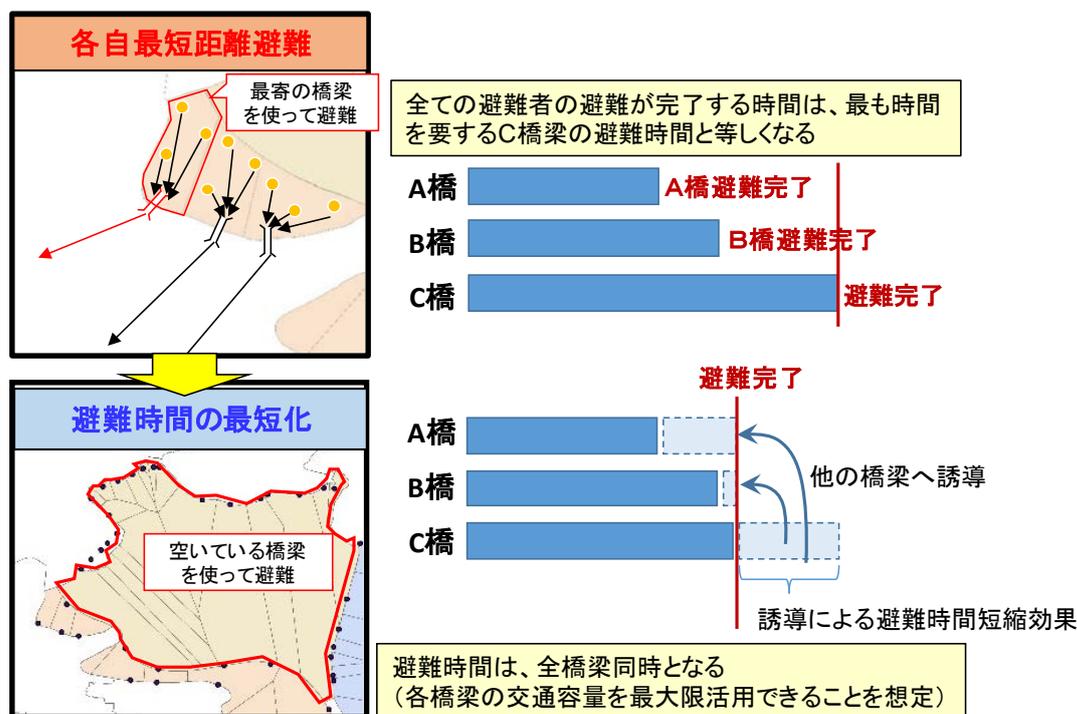


図6 避難時間最短化の考え方

域外避難の対象地域全体の交通手段・経路においてこの作業を実施すれば、避難時間の総計を最短化した場合の避難時間を算出することができる。最短化した避難時間は、地域全体を一つと見なして、全ての域外避難者（居住者及び滞在者）による需要量と域外避難者以外の交通による需要量を、全てのボトルネックの時間交通容量の総和で除したものとなる。さらに、交通手段別・経路別の時間交通容量から域外避難者以外の交通による需要量を引き、それに最短化された避難時間を乗じると、交通手段別・経路別の最適な域外避難者数が算出

される。

ただし、このように算出した避難時間は算術的に最短化した場合であり、実際に広域避難計画で想定する避難時間は、各自最短距離避難した場合と最短化した場合との間になると考えられる。

広域避難計画では、域外避難者に対して交通手段・経路を特定し、その避難行動をとることを求めることとなり、域外避難者の理解と的確な避難誘導が必要となる。このため、広域避難計画で想定する避難時間は、出来るだけ避難時間を短縮することを視野に、域外避難者にも理解されやすい避難手段・経路を設定し算出することが考えられる。

【定量的な算出方法】

- まず各交通手段において域外避難者が利用可能な交通容量（以下、「時間あたり避難可能人数」という。）を整理する。この数値は各交通手段において全交通容量から非避難交通量を差し引くことで求められる。各交通手段別の避難可能人数に比例して域外避難者を分配することで、避難時間の最短化を図ることができる（厳密には、自動車の非避難交通が域外避難者数に依存して変化するため、避難時間の最短化にあたっては何度かの収束計算が必要である。）。
- 同様に、各交通手段における避難経路別の時間あたり避難可能人数を算出し、それに応じて域外避難者を分配することで、各経路の避難時間も最短化することができる。このように、域外避難者の交通手段・経路を特定し、その避難行動を域外避難者に求めることにより、避難時間を大幅に短縮することができる。

6. (手順6) 広域避難勧告等の判断基準の設定

強風雨や周辺の中小河川の氾濫等による鉄道等の避難手段への影響を把握するため、避難行動の制約条件として設定した対象災害の気象条件や交通条件を把握する。また、鉄道は夜間は運行されず、さらに氾濫のおそれがある時には前もって運行停止となることも考慮する必要がある。これらの条件と、先に求めた避難時間を踏まえ、広域避難勧告をどのタイミングで発令すべきか、そのためには災害発生について、どのような情報が必要になるかを示す。これにより広域避難勧告の判断基準を仮に設定し、その後の避難時間短縮の実現可能性や災害発生の予測精度との関係から、両者をともに向上させつつ、判断基準を設定していく。

災害発生の予測については、洪水と高潮では発生する現象も、関係する防災機関も異なるため、対象災害に応じて河川管理者、海岸管理者、気象機関の助言を求め、これらの関係機関とともに広域避難計画の策定と改善をしていく。

6. 1 気象条件・交通条件を考慮した避難開始時間の設定

「3. 5 (手順5) 大規模・広域避難に要する時間の算出」で算出した避難時間は、気象条件を考慮していないため、実際には強風雨による交通状況の悪化や中小河川が先に氾濫する等により、避難手段が制限され、避難により長時間を要することとなる。また、鉄道は夜間は運行されず、また決壊のおそれがある時には前もって運行停止となる。

避難開始時間の設定のためには、強風雨や中小河川等の氾濫による避難手段への影響について把握する必要がある。

平均風速10~15m/sになると風に向かって歩きにくく、傘がさせなくなり、さらに15~20m/sになると風に向かって歩けなくなると言われている。雨量20~50mm/hになると傘をさしても濡れ、ワイパーを速くしても車からの視界が悪くなり、さらに50mm/h以上になると傘は全く役に立たなくなり、車の運転が危険になる³⁷。なお、鉄道については、鉄道事業者によって点検・運行基準等が異なったり、別の地域での強風による点検・運行停止が相互直通運転や車両の融通等の影響により別路線へと波及することがあったりするため、個別に確認が必要となる。

これらを基に、時系列に徒歩・自動車の速度設定、鉄道の運行速度・運行停止等の条件を設定する。さらに、中小河川や下水道からの氾濫がある場合には、それらも考慮して交通条件を設定する。

また、鉄道等の公共交通機関は乗客・乗務員等の安全を確保するために必要となる時間を考慮して運行を停止する。特に、地下鉄については、地下トンネルを経由して氾濫水が拡散

³⁷ 気象庁ホームページより

することを防止するため、入口の止水対策やトンネル内の止水壁の設置等をする場合があり、これらに要する時間も考慮して運行を停止することがある。加えて、前もって協議・計画をしていない限りは、夜間運行が困難であるため、夜間については運行停止するものとする。

避難に要する時間と、これらの気象条件・交通条件とを総合的に踏まえ、避難開始時間を設定する。

なお、気象条件による交通手段への影響により避難時間が著しく異なることが想定される場合は、「3. 5（手順5）大規模・広域避難に要する時間の算出」に戻り、再度避難時間を算出することが必要となる。

6. 2 避難開始を判断するための災害発生の予測の検討

設定した避難開始時間から避難行動を行うためには、広域避難勧告等を適切な時間的余裕をもって発令できるかどうかの検証、すなわち対象とする災害発生の長期予測の精度の検証が必要となる。避難開始のための災害発生の予測精度があまりにも低い場合には、避難時間を短縮するための対策を講じることにより避難開始時間を見直すことが考えられる。

高潮については、「伊勢湾台風」級³⁸の台風等により、これまで経験したことのないような高潮になることが予想される場合には、気象庁から高潮特別警報が発表される。この場合、早ければ上陸する24時間前に、特別警報発表の可能性がある旨が、府県気象情報や気象庁の記者会見等により周知される。特別警報発表の判断は台風上陸の12時間前に行われ、その時点で発表済みの高潮警報が全て特別警報として発表される。その時点で高潮警報が発表されていない市町村についても、台風が近づくに従い潮位が警報基準に達すると予想される約3～6時間前のタイミングで高潮特別警報が発表される。このため、現状提供されているこれらの情報を基に、その地域の特性に応じた定量的な判断基準を設定することが考えられる。

一方、洪水については、洪水予報河川における洪水予報は3時間程度先までであることが多い。しかし、大規模・広域避難においては、3時間先までの洪水予報のみで避難することは不可能であり、長時間先の災害発生の予測は必須であるが、河川の特徴から、一定以上先の予測精度が急激に低下することもある。このような場合には、避難時間を短縮するために必要となる対策の困難度のバランスをとりながら、長時間先の災害発生の予測を試みる必要がある。

長時間先の災害発生の予測については、河川管理者（または海岸管理者）及び気象台にて開発されることが期待されるが、長時間になるほど予測精度は大きく低下する。予測の長時間化に伴う精度低下の情報と避難時間の短縮の困難度とを考慮して、どの程度の精度で避難開始とするのかを予め決定することが必要となる。

³⁸ 中心気圧 930hPa 以下又は最大風速 50m/s 以上（ただし沖縄地方、奄美地方及び小笠原諸島を除く）

7. (手順7)大規模・広域避難の避難先の確保

大規模・広域避難においては、域外避難の対象者が数十万～百万人以上にも及ぶ膨大な数になる。このような膨大な人数の広域避難場所³⁹を確保しようとする、周辺自治体との調整が難航することに加え、隣接する市町村よりもさらに遠くの市町村へ避難することとなり、避難距離が長くなることにより、居住者等の域外避難に対する抵抗感を高めてしまうおそれがある。

そこで、大規模・広域避難においては、域外避難者自身において自主避難先への避難を積極的に推奨することとする。その上で、住民調査等を基に自主避難先への避難が困難な域外避難者数を把握し、他市町村において広域避難場所の確保を図る。

7. 1 自主避難先の確保

大規模・広域避難においては、域外避難者に対して自ら避難先を確保するように求める。避難先の調整を行うにあたっては、住民調査や統計調査結果等から、どの程度の居住者等が浸水区域外に自主避難先を確保できる可能性があるかを市町村別に推計しておくことや、自主避難先への避難手段や経路の把握に努めることが望ましい。また、自主避難先の確保にあたっては、居住者等のみならず、避難先として想定される企業や宿泊施設等にも協力してもらえよう社会気運を高める必要がある。

なお、常総水害調査においては、域外避難の避難先の内訳として、公的な避難先が41%、親戚・友人宅が38%、その他（宿泊施設、勤務先等）が21%であった。このように、浸水区域外への避難先として、避難者自らで確保したのは約6割であり、大規模・広域避難においても、域外避難者の一定程度は自らで避難先を確保すると想定することは現実的であると考えられる。

【定量的な算出方法】

- 次のような手順で計算することで、浸水区域外への通勤先を有している居住者等の割合を推計することができる。
- まず、全世帯数に占める共働き世帯の割合、非就労世帯の割合、浸水区域外への通勤者を基に、共働き世帯については2人、共働きでも非就労のみでもない世帯には1人の就労者がいるものと仮定し、さらに浸水区域外への通勤者が全就労者の分類に等分布するものと仮定する。加えて、全世帯のうち一人でも浸水区域外への通勤者が

³⁹ 指定緊急避難場所その他避難場所のうち、他市町村からの域外避難者に提供する施設のこと。大規模水害が発生する際には、大規模・広域避難を行う地域において強風雨を伴うおそれもあることから、屋内の施設を広域避難場所とすることが望ましい。

いる世帯については通勤先に避難可能とする。なお、浸水区域外への通学者については、浸水区域外の通勤世帯と重複がある可能性が高いことから、計上しないこととする。

- 浸水区域外に自ら避難先を確保することができる人と回答しなかった人の割合のうち勤務先が浸水区域外にある割合を踏まえ、新たに浸水区域外に避難先を有している居住者等の割合を算出する。その上で、元々浸水区域外に避難先があると回答した割合と足して、浸水区域外に自主避難先を有している割合を算出する。

7. 2 広域避難場所の確保

自主避難先への避難が困難な域外避難者については、広域避難場所への避難が必要となる。一般的な避難では、基本的に自市町村内に避難することが可能であり、自市町村の避難先では足りず、周辺市町村へ避難する必要がある場合においても、その数はそれほど多くないため、隣接市町村間で調整が可能と考えられる。一方で、大規模・広域避難においては、域外避難者が膨大であることから、隣接する市町村よりもさらに遠くの市町村へ避難することとなり、行政間の調整を行うにあたっては、複数の市町村と調整を行うこととなる。その際、複数の市町村間で十分な調整を行わないと、特定の広域避難場所に域外避難者が集中し、受入先市町村の広域避難場所の容量が足りなくなるおそれがある。

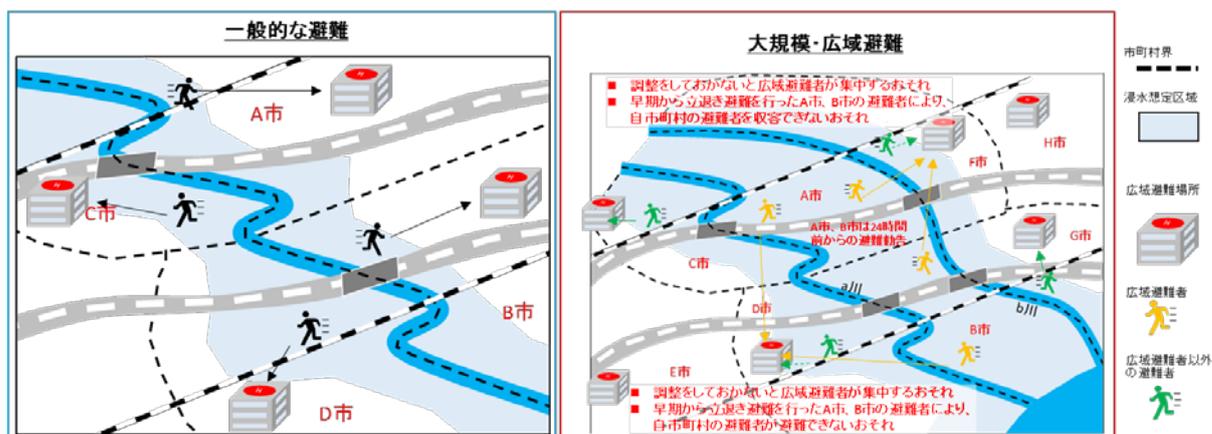


図7 広域避難場所の確保

大規模水害が発生するような気象条件の場合は、受入先市町村も中小河川の氾濫や土砂災害の発生等により被災するおそれもある。そのため、自市町村の避難場所は自市町村の避難者に優先的に配分することを基本とし、以下の手順により広域避難場所の確保を図る。

まず、浸水が想定されている範囲の市町村とその周辺の市町村、受け入れ先として見込まれる市町村を検討対象地域として仮で設定し、当該地域において市町村毎に発生する自主避難先への避難を除く避難者（以下、「公的避難者」という。）数と避難場所の容量を算出し

た上で、両者を比較し、行政界を越えた避難を行う必要があるかを市町村単位を基本に確認する。その際、大規模水害の対象河川のみならず、その他氾濫した際に当該地域に影響を与える河川の浸水想定区域や、土砂災害警戒区域内等を考慮する。比較の結果、避難場所への避難者数の方が多い場合は大規模・広域避難を行う市町村として、避難場所の容量の方が多い場合は受入先の市町村として分類する。

次に、広域避難場所の容量を確保する。まず、大規模・広域避難を行う市町村において、自主避難先への域外避難者を含む全ての域外避難の対象者が域外避難を行う場合の避難時間を踏まえ、各交通手段別の交通容量を基にして、各方面への公的避難者の避難可能人数を算出する。その上で、大規模・広域避難を行う市町村における各方面別の公的避難者の避難者数と、方面別の広域避難場所の受け入れ可能人数を比較し、広域避難場所の受け入れ可能人数が不足する場合は、公的避難者を受け入れることが可能となるまで検討対象地域を広げる。

広域避難場所の容量が確保されたら、大規模・広域避難を行う市町村と受入先の市町村において、どの地区の居住者等が、どの手段で、どこに避難するかを明確にした上で調整を行う。その際、以下のように、公的避難者の移動の困難度を考慮することが考えられる。

- ・ 短距離移動すら困難な公的避難者は自動車を優先的に利用する
- ・ 短距離移動は可能だが、長距離移動が困難な公的避難者は公共交通機関を優先的に利用する
- ・ 徒歩による公的避難者は移動が長距離にならないように配慮する

また、広域避難場所の確保にあたっては、以下のように各交通手段別の特性を考慮することが考えられる。

- ・ 徒歩避難の場合は、移動が長距離にならないよう、隣接する市町村に広域避難場所を設ける等、浸水区域外のできる限り近い場所に広域避難場所を確保する。
- ・ 鉄道避難の場合は、徒歩による公的避難者と競合しないよう、浸水区域から一定程度離れた降車駅の近隣に広域避難場所を確保する。その際、乗車駅から降車駅までの間で可能な限り鉄道の乗換が少なくなるよう確保することが望ましい。
- ・ 自動車による公的避難者は、徒歩や鉄道による公的避難者と競合しないようにするとともに、駐車場の有無を確認する。
- ・ 移動困難者の利用が見込まれる広域避難場所においては、その確保にあたり公的避難者の身体の状態等に配慮する。

その際、公的避難者の移動の困難度や各交通手段別の特性を踏まえ、徒歩での移動距離が長距離になる等、避難行動の実現可能性が低いと考えられる場合は、「5（手順5）大規模・広域避難に要する時間の算出」に戻り、再度、避難時間を算出することが必要となる。

なお、氾濫発生後に河川水位が低下し、浸水が解消していくに従い、浸水しなかった地域、浸水が解消した地域の居住者等は、自宅に戻ることが可能となる。このように、災害が一定程度収まった後は早期に帰還することで、周辺自治体での広域避難場所の開設日数を短期

間にとどめることが可能となり、広域避難場所の供与協力を求める調整がより円滑になることが期待される。

ただし、ひとたび浸水してしまうと浸水解消後であっても、全居室が浸水したため自宅では生活できなかつたり、仮に浸水していない階層があったとしても、ライフラインが復旧し、氾濫水が残した泥の撤去・清掃が十分にできるまでは、自宅では生活したくないと感じる居住者等もいると想定される。周辺自治体の広域避難場所の開設期間を短くするには、可能な限り域外避難者が居住する自治体内における避難所等を活用することが考えられる。

【定量的な算出方法】

- 広域避難場所の確保について検討する。浸水が想定されている範囲の市町村とその周辺の市町村（受け入れ先として見込まれる市町村も含む）を検討対象地域として仮で設定し、当該地域において市町村毎に発生する公的避難者数と避難場所の容量を算出した上で、大規模・広域避難を行う市町村と受入先の市町村に分類する。
- 検討対象地域の各方面別の避難可能人数に対し、方面別の広域避難場所の受け入れ可能人数が不足する場合は、域外避難者を受け入れることが可能となるまで検討対象地域を広げる。
- 具体的には下図の手順で実施する。

（【ステップ1】 広域避難場所への避難者数と広域避難場所の容量の確認）

- 洪水や高潮の浸水が想定されている範囲の市町村とその周辺の市町村において、以下を行う
 - ① 公的避難者数を市町村単位で算出
 - ・ 域外避難の対象者を算出する。
 - ・ 大規模・広域避難においては、避難者自身において自主避難先を確保することを積極的に推奨する。そのため、ここでは、自主避難先への避難者数は除いた人数（公的避難者数）を算出する。
 - ② 避難場所の容量を市町村単位で算出
 - ・ 避難者は膨大であることから指定緊急避難場所だけでは容量が足りず、大規模・広域避難を実現するにあたってはそれ以外の施設の活用が見込まれる。
 - ・ そのため、ここでは指定緊急避難場所のみでなく、その他の被災のおそれのない施設の容量を市町村単位で算出する。

（【ステップ2】 公的避難者数と広域避難場所の容量を市町村単位で比較）

- 公的避難者数と広域避難場所の容量を比較し、行政界を超えた避難を行う必要があるかを市町村単位を基本に確認する。
「公的避難者数 > 広域避難場所の容量」⇒「大規模・広域避難を行う市町村」

「公的避難者数 < 広域避難場所の容量」⇒「受入先の市町村」

【ステップ3（大規模・広域避難を行う市町村）】大規模・広域避難を行う市町村と受入先市町村間の避難可能人数を方面別に算出）

- 自主避難先への域外避難者を含む全域外避難者が域外避難を行う場合の避難時間を設定する。（※初期値は避難時間を最短化した場合の検討から開始）
- 上記の設定時間を踏まえ、各交通手段別の交通容量を基にして、各方面への公的避難者の避難可能人数を算出する。

【ステップ4（受入先の市町村）】広域避難場所の受入可能人数を算出）

- 自市町村の広域避難場所から自市町村の広域避難場所への避難者数を引き算し、受入可能な人数を算出する。
- ステップ3で算出した方面別の避難可能人数に対し、その方面の広域避難場所の容量が足りているかを確認する。
- 受入可能人数が不足する場合には、広域避難場所の容量が満たされるまで検討対象地域を広げる。

【ステップ5】具体的な避難先の調整）

- 大規模・広域避難を行う市町村と受入先の市町村において、「どのブロックの住民が、どの手段で、どこに避難するか」を調整し、関係する市町村で協定等を締結する。

【ステップ1】広域避難場所への避難者数と広域避難場所の容量の確認

洪水や高潮の浸水が想定されている範囲の市町村とその周辺の市町村において、以下を行う

公的避難者数を市町村単位で算出

- 域外避難対象者を算出する。
- 大規模・広域避難においては、避難者自身において自主避難先を確保することを積極的に推奨する。そのため、ここでは、自主避難先への避難者数は除いた人数（公的避難者数）を算出する。

避難場所の容量を市町村単位で算出

- 避難者は膨大であることから指定緊急避難場所だけでは容量が足りず、大規模・広域避難を実現するにあたってはそれ以外の施設の活用が見込まれる。
- そのため、ここでは指定緊急避難場所のみでなく、その他の被災のおそれのない施設の容量を市町村単位で算出する。

【ステップ2】公的避難者数と広域避難場所の容量を市町村単位で比較

- 公的避難者数と広域避難場所の容量を比較し、行政界を超えた避難を行う必要があるかを市町村単位を基本に確認する。

「公的避難者数 > 広域避難場所の容量」⇒「大規模・広域避難を行う市町村」

「公的避難者数 < 広域避難場所の容量」⇒「受入先の市町村」

【ステップ3（大規模・広域避難を行う市町村）】大規模・広域避難を行う市町村と受入先市町村間の避難可能人数を方面別に算出

- 自主避難先への域外避難者を含む全域外避難者が域外避難を行う場合の避難時間を設定（※初期値は避難時間を最短化した場合の検討から開始）
- 上記の設定時間を踏まえ、各交通手段別の交通容量を基にして、各方面への公的避難者の避難可能人数を算出する

【ステップ4（受入先の市町村）】広域避難場所の受入可能人数を算出

- 自市町村の広域避難場所から自市町村の広域避難場所への避難者数を引き算し、受入可能な人数を算出する
- ステップ3で算出した方面別の避難可能人数に対し、その方面の広域避難場所の容量が足りているかを確認する
- 受入可能人数が不足する場合には、広域避難場所の容量が満たされるまで検討対象地域を広げる

【ステップ5】具体的な避難先の調整

- 大規模・広域避難を行う市町村と受入先の市町村において、「どのブロックの住民が、どの手段で、どこに避難するか」を調整し、関係する市町村で協定等を締結する

図8 広域避難場所確保のための検討手順

（<ステップ5の詳細>避難先の調整の考え方）

- 大規模・広域避難を行う市町村と受入先市町村で調整を行うにあたっては、「どのブロックの住民が、どの手段で、どこに避難するか」を明確にしておく必要がある。
- ステップ4までで算出された方面別の避難可能人数と受入可能人数を基に、以下の手順で、大規模・広域避難を行う市町村と受入先の市町村において上記の事項を明確にし、関係する市町村で協定等を締結する。
 - ①ステップ5-1
 - ・ 浸水区域外に出るまでの時間を考慮して避難方面別に大規模・広域避難を行う市町村を分割する。
 - ②ステップ5-2
 - ・ ステップ5-1で分けたブロック毎に、公的避難者の属性（移動の困難度）を考慮して広域避難場所への避難者を各交通手段に振り分ける。
 - ③ステップ5-3
 - ・ ステップ5-2で振り分けた交通手段別に各手段別の特性を考慮して避難先を確保する。
 - ④ステップ5-4
 - ・ （避難方面別の）関係する市町村で協定等を締結する。

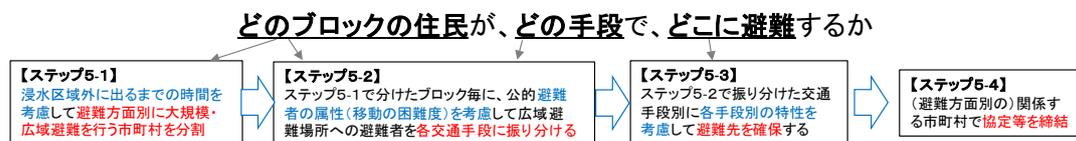


図9 具体的な避難先の調整

（[ステップ5-1]浸水区域外に出るまでの移動にかかる時間を考慮して避難方面別に大規模・広域避難を行う市町村を分割）

- ステップ3で算出した各方面別の避難可能人数を踏まえ、浸水区域外に出るまでの移動にかかる時間を考慮してどのブロックの住民がどの方面に避難するかを検討する。避難勧告等の発令時の住民の避難行動のしやすさを考慮すると、まずは市町村単位で分割することが考えられる。
- ステップ3で算出した方面別の避難可能人数に対し、市町村単位で分割した場合の方面別に公的避難者数を配分できない場合は、検討単位をより小さくして再度検討を行うことが考えられる。

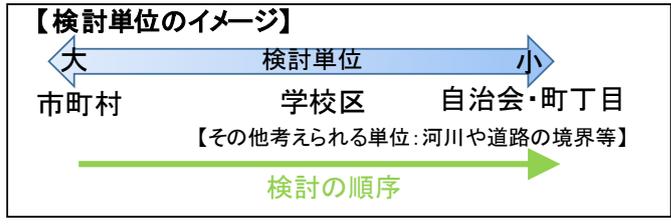


図 1 0 検討単位のイメージ

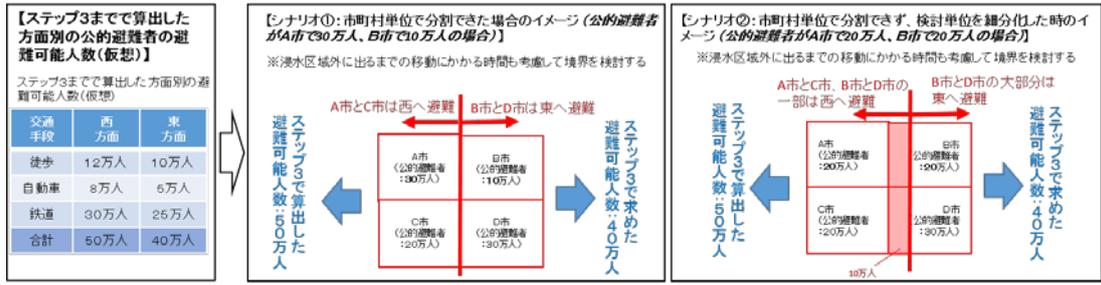


図 1 1 避難方面別に大規模・広域避難を行う市町村を分割

（[ステップ5-2]公的避難者の属性（移動の困難度）を考慮して広域避難場所への避難者を各交通手段に振り分ける）

- ステップ5-1の方面別のブロックについて、公的避難者の属性（図12の1～3）を考慮し、どのブロックの住民がどの交通手段を使って避難を行うかを算出し、ステップ3で算出した各交通手段別の避難可能人数以下になることを確認する。ブロックについては、ステップ5-1と同様に、大きな単位から検討を始め、徐々に小さい単位で検討を進めていくことが考えられる。交通手段別の避難可能人数と、検討単位で発生する公的避難者数に不均衡が生じる場合は、避難時間が増すことを許容した上でステップ3に戻り、再度避難時間を設定することが考えられる。

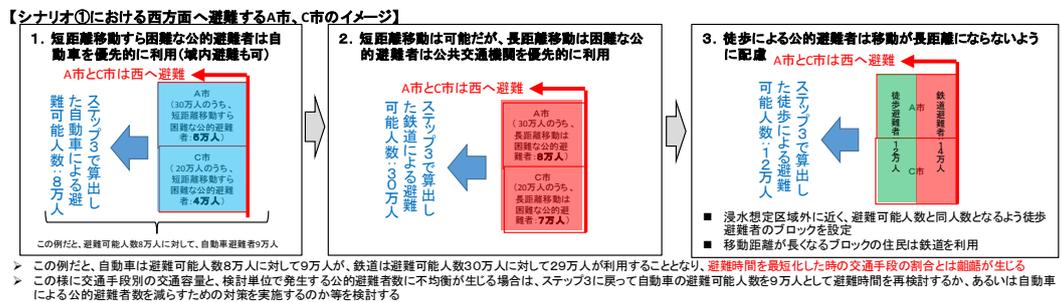


図 1 2 公的避難者の属性

（[ステップ5-3]各交通手段別の特性を考慮した避難先の確保）

- ステップ5-2で算出されたブロック別・各交通手段別の公的避難者数に対して、以下の特性を考慮して広域避難場所を確保することが考えられる。

【各交通手段別の特性】

徒歩避難者の避難先	鉄道避難者の避難先	自動車避難者の避難先
移動が長距離にならないよう、浸水区域外のできる限り近い場所に避難先を確保。	徒歩避難者とできる限り競合しないよう、浸水区域から一定程度離れた降車駅の近くに避難先を確保。可能な限り乗換が少なくなるように確保することが望ましい	徒歩や鉄道の公的避難者とできる限り競合しないよう避難先を確保（自動車は移動困難者の利用が見込まれるため、避難先の確保にあたっては公的避難者の身体の状態等に配慮することも必要）。

※ステップ5-1で検討した結果、避難可能人数に対して公的避難者数が少なくなった場合は、ステップ4で検討した受入先市町村の範囲をこの段階で狭めることも考えられる
 ※何れの交通手段による避難においても、市町村によって避難距離が大きく異なると、市町村間で不公平感が生じ、全体の調整を円滑に行うことが困難となることが想定されるため、大規模・広域避難を行う全ての市町村が概ね同じ避難時間となるよう調整を図る。

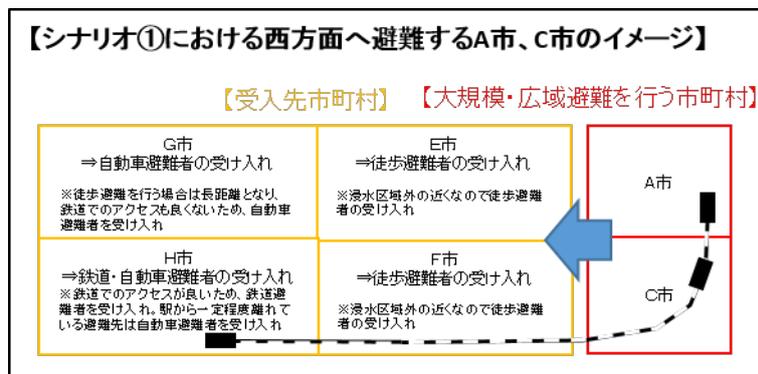


図 1 3 各交通手段別の特性