

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

平成30年3月

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

本資料では、具体例としての東京低地帯に関する記述を掲載している。
ここで例示した数値は、平成27年の国勢調査を基にしたものであり、全
て概数である。また、四捨五入の関係から合計値があわない場合がある。

はじめに

中央防災会議 防災対策実行会議の下に設置された「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」（以下、「WG」という。）では、

- ①浸水区域の居住人口が膨大で数十万人以上の立退き避難者が発生すること
- ②浸水面積が広範に及び、行政区（市町村・都道府県）を越える立退き避難が必要となること
- ③浸水継続時間が長期に及び、二次的な人的被害リスクが高いこと

といった大規模かつ広域的な特徴を有し、これまでのガイドライン等をそのまま適用することができない避難形態を「大規模・広域避難」と呼び、大規模・広域避難の計画（以下、「広域避難計画」という。）策定に必要な基本的な考え方を示した。

本資料は、WGの報告と併せて、定量的な算出方法と墨田区、江東区、足立区、葛飾区、江戸川区（以下、「江東5区」という。）を中心とした東京低地帯を事例として具体的に検討した結果を整理したものである。

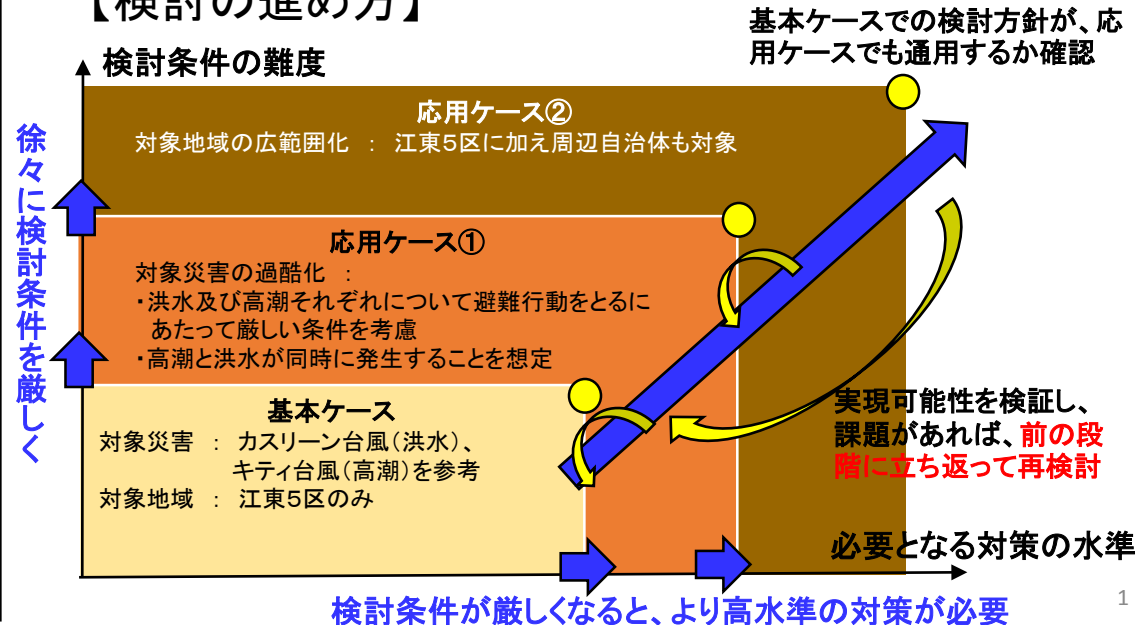
※実際の広域避難計画ではない

WG報告の目次

1. はじめに
2. 大規模・広域避難の特徴と検討にあたり重要となる視点
 2. 1 大規模・広域避難の課題
 2. 2 大規模・広域避難を考える上で重要な視点
3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順
 3. 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
 3. 1. 2 対象地域の設定
 3. 1. 3 大規模・広域避難対象者
 3. 2 (手順2)域外避難・域内避難のバランス
 3. 2. 1 全居室が浸水するおそれがある居住者等
 3. 2. 2 氾濫流により家屋流失のおそれがある居住者等
 3. 2. 3 浸水が長時間継続するおそれがある居住者等
 3. 2. 4 二次的な人的被害リスクの低い居住者等
 3. 3 (手順3)移動困難者の避難先の確保
 3. 3. 1 入院・入所者数の算出と避難行動
 3. 3. 2 在宅移動困難者数の算出と避難行動
 3. 3. 3 近距離避難可能人数の算出
 3. 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
 3. 4. 1 決壊後の救助完了の目標期間と救助手段
 3. 4. 2 ボート・ヘリによる救助可能人数及び必要数の算出
 3. 5 (手順5)大規模・広域避難に要する時間の算出
 3. 5. 1 ボトルネック箇所の特定
 3. 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
 3. 5. 3 最短化した場合の避難時間の算出
 3. 6 (手順6)広域避難勧告等の判断基準の設定
 3. 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. 6. 2 避難開始を判断するための災害発生予測の検討
 3. 7 (手順7)大規模・広域避難の避難先の確保
 3. 7. 1 自主避難先の確保
 3. 7. 2 広域避難場所の確保
4. 広域避難計画の実効性の確保
 4. 1 実効性のある広域避難計画とするための検討
 4. 1. 1 幅のある広域避難計画の策定と柔軟性の確保
 4. 1. 2 広域避難勧告等の運用面からの検討
 4. 1. 3 域外避難者を受け入れる自治体の視点も踏まえた検討
 4. 1. 4 計画の実効性を高めるための中長期的な対策の検討
 4. 1. 5 平時からの広域的な調整や社会気運を高めるための情報発信の体制の検討
 4. 2 広域避難計画に基づいた的確な避難行動等の実施
 4. 2. 1 的確な避難行動等を実施するための具体的な対策
 4. 2. 2 広域避難計画の居住者等や企業・学校等への理解促進
 4. 3 検討の体制
 4. 3. 1 実効性のある広域避難計画とするための検討体制
 4. 3. 2 広域避難計画策定に向けた当面の検討体制
5. おわりに

本資料において、江東5区を事例として、各手順毎の具体的な検討例と定量的な算出方法を提示

【検討の進め方】



検討の全体像

基本ケースでの検討

基本ケースでの検討方針が、応用ケースでの通用するか確認

※1 避難場所としての機能を有する堅固な建築物又は工作物のことであるが、発災後も救助が行われるまでの一定の期間避難生活を送ることが想定されるため、指定避難所と兼ねて指定していることが望ましい。
※2 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。

【基本となる対象災害と対象地域の設定（手順1）】

- 対象災害や対象地域について基本的なケースを設定して検討を開始
- 基本ケースにおいて、広域避難の地域特性を習熟した上で、応用的なケースで検討を実施

【域外避難・域内避難のバランス（手順2）】

- 「全居室浸水」、「浸水が長時間継続」、「家屋倒壊等氾濫想定区域」に該当する居住者等は域外避難

【移動困難者の避難先の確保（手順3）、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4）】

- 病院・福祉施設等の入院・入所者とその付添支援者は、施設内での屋内安全確保も選択肢
- 長距離移動が困難な居住者等とその付添支援者は、浸水区域内の避難施設※1への避難も選択肢
- 短期間での救助の可能性を確認

【大規模・広域避難に要する時間の算出（手順5）、広域避難勧告等の判断基準の設定（手順6）】

- 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、ボトルネック箇所を特定し、避難に要する時間を算出
- 避難に要する時間と災害発生の予測精度との関係から、避難開始のタイミングを設定

【大規模・広域避難の避難先の確保（手順7）】

- 域外避難に対する抵抗感の低減のため、親戚宅、通勤先等の自主避難先の確保を推奨
- 避難手段、避難者の属性、避難に要する時間、方面別の避難可能人数、避難の困難性等を踏まえ、避難先を調整
- 広域避難場所※2へ避難した人についても、開設期間を短くするため、堤防の決壊するおそれなくなった段階で、浸水していない地区の居住者等は速やかに帰還

【実効性のある広域避難計画とするための検討】

- 幅のある広域避難計画の策定と柔軟性の検討
- 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の検討
- 広域避難計画の実効性を高めるための中長期的な対策 等

【広域避難計画に基づいた的確な避難行動等の実施】

- 普及・啓発をはじめ、的確な避難行動等を実施するための具体的な検討 等

広域避難計画策定の手順

実効性を確保するための検討

実現可能性を検証し、課題があれば再検討

～基本ケース(洪水)の検討～

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.1 手順1 基本となる対象災害と対象地域の設定

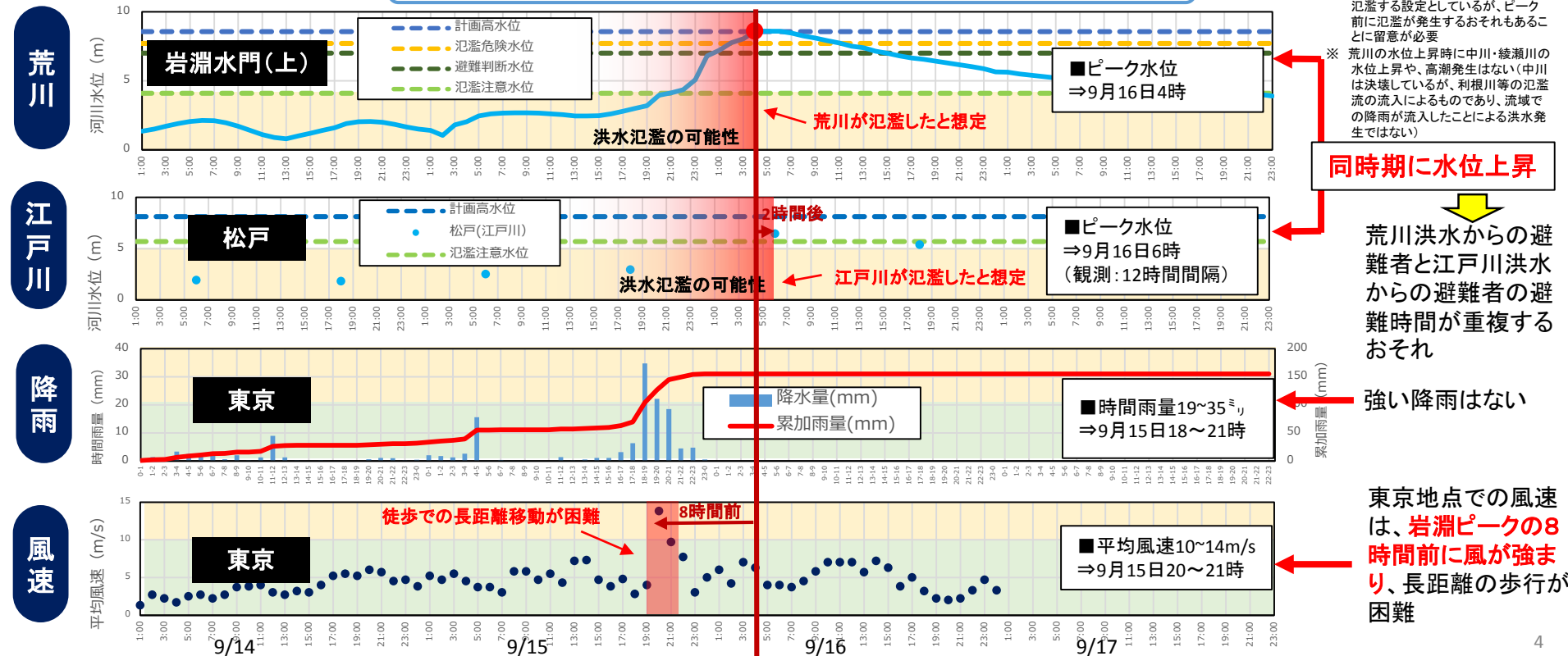
3.1.1 対象災害の設定

洪水について大規模・広域避難の対象災害を設定する。まずは基本的なケースを設定して検討を開始する。

【具体的な検討例】

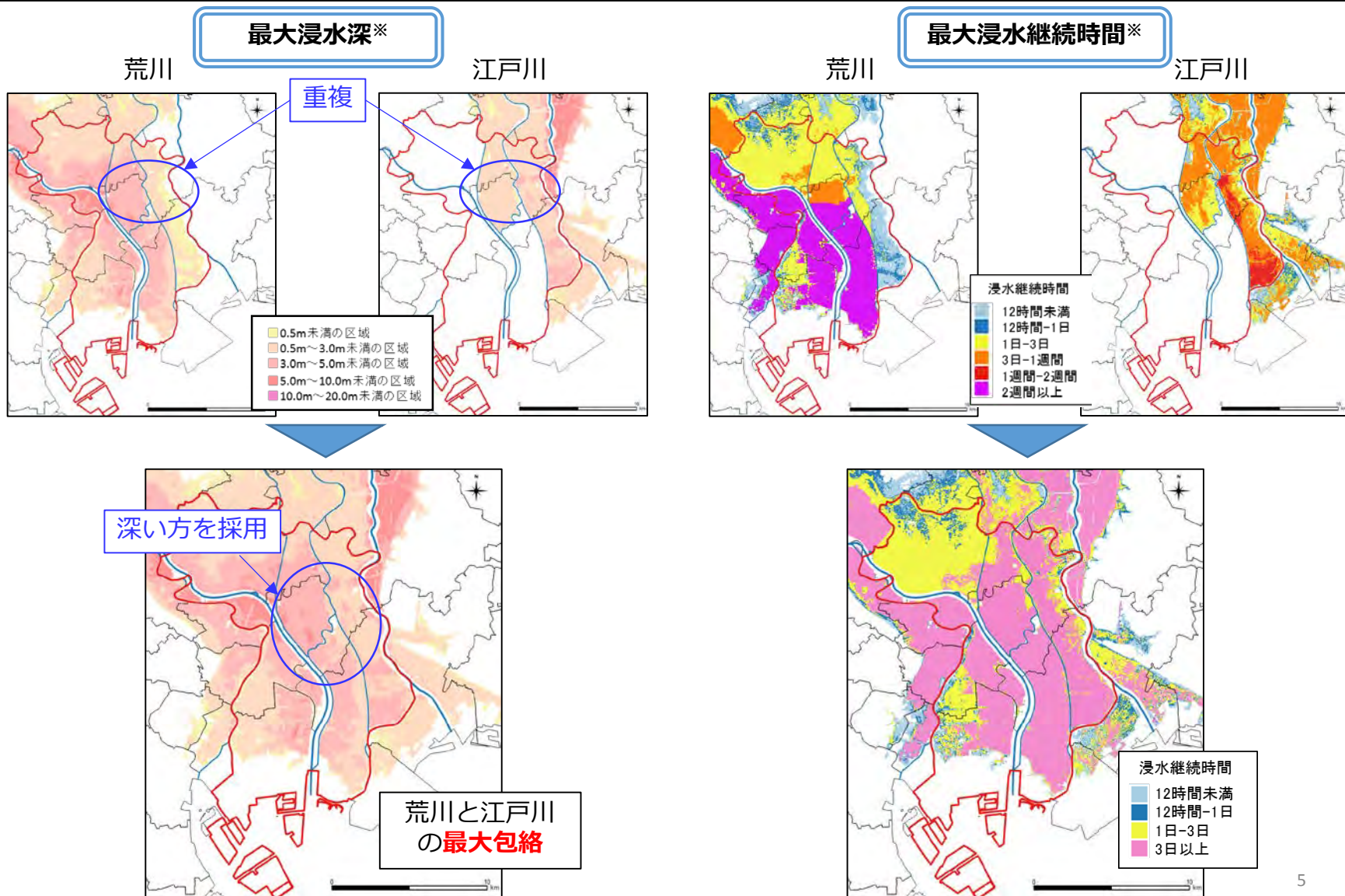
- 避難行動の制約条件として、東京低地帯において既往最大災害である**カスリーン台風（昭和22年）**を基本ケースとして設定する。カスリーン台風時には、東京低地帯にとっての氾濫の影響を及ぼす基準地点である岩淵において既往最高水位を記録している。約70年前の災害であるため、水位等の記録が不十分でないこともあるが、残された記録を基に避難行動の制約条件を設定する。
- カスリーン台風時には、荒川下流部（岩淵地点）の水位が上昇するのとほぼ同時刻に江戸川下流部（松戸地点）の水位も上昇していた。しかし、江戸川以外の周辺河川の洪水及び沿岸部の高潮に関しては、顕著な水位変動はない。江東5区においては、岩淵地点の水位がピークとなる時刻の7~10時間前に時間雨量19~35ミリ、平均風速10~14m/sとなっており、傘をさしたままでの歩行が困難となる風雨である。ただし、この記録は都心部でのものであるため、沿岸部や渡河部においては風はさらに強かったおそれがあることに留意が必要である。
- 以上から、**荒川と江戸川が同時に水位が上昇するという災害シナリオ**で検討を実施する。

カスリーン台風における河川水位・潮位・降雨・風速の状況



【具体的な検討例】

- 荒川及び江戸川の洪水による災害規模を設定する。荒川及び江戸川について、それぞれ最大規模の浸水想定がH28.5とH29.7に公表されているため、その浸水深と浸水継続時間を用いる。大規模・広域避難の際は、決壊する河川・決壊地点が不明であるため、**両河川の浸水想定（浸水深・浸水継続時間）の最大包絡**を用いることとする。
- その結果、東京低地帯における荒川・江戸川による氾濫については、**浸水深については3m以上、浸水継続時間については2週間以上**となる割合も多く、被害が深刻であることが分かる。



※ 荒川水系洪水浸水想定区域（H28.5）、利根川水系江戸川浸水想定区域図（H29.7）を基に作成

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

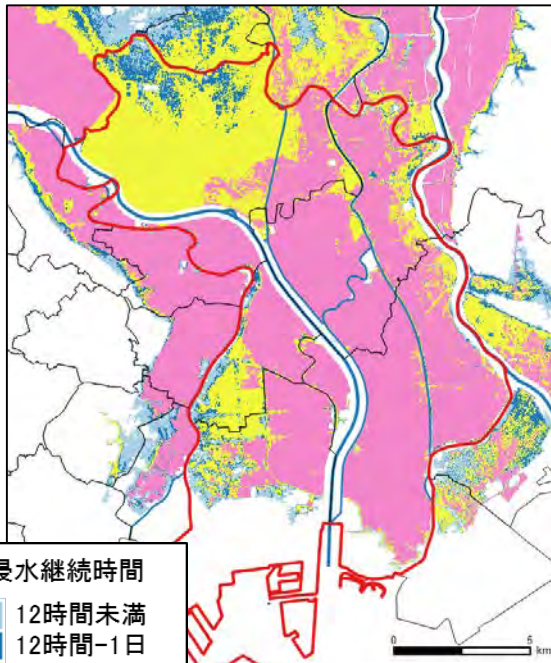
3.1 手順1 基本となる対象災害と対象地域の設定

3.1.2 対象地域の設定

大規模・広域避難の対象とする地域を設定する。まずは基本的なケースを設定して検討を開始する。

【具体的な検討例】

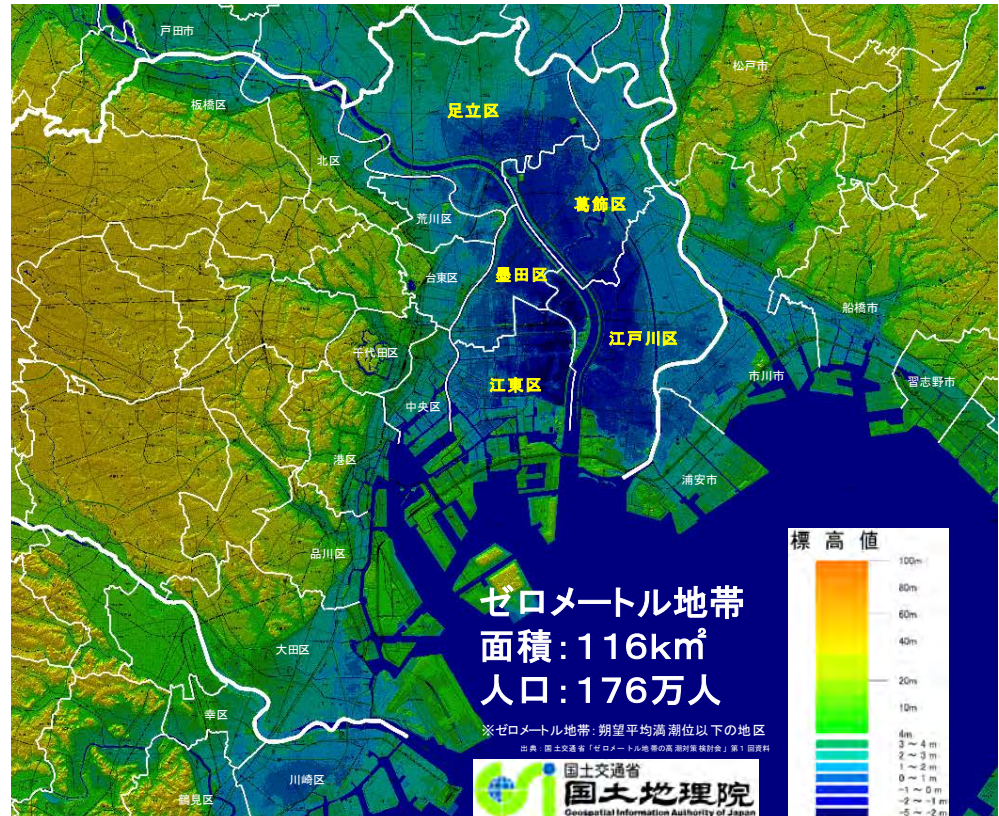
- 東京低地帯のなかでも避難条件が特に厳しい江東5区を基本ケースとして検討を実施する（その検討に目処がつけば、検討対象を周辺自治体にも広げて検討を行う）。
- 江東5区は、その中心部を荒川が流れ、隅田川、江戸川、東京湾に囲まれた地域であり、海拔ゼロメートル地帯が広がる等、多くの水害リスクを抱えている。また高台までにも一定の距離があり、東京低地帯の自治体のなかでも最も厳しい避難条件を有する地域である。荒川の氾濫による浸水深は3m超（2階も床上浸水）の割合が多く、浸水継続時間が2週間以上に及ぶ地域の割合も多い。また、荒川及び江戸川に接しているため、堤防決壊後、間を置くことなく氾濫流が到達することとなる。さらに、江東5区の人口は250万人を超え、隣接自治体にも避難先を広げる必要があると考えられる。
- なお、江東5区周辺にも低地帯は広がっており、大規模な水害の発生前には周辺自治体の居住者等も避難が必要となっているおそれが高いため、そのことによる交通の混雑や避難先の確保がより一層厳しくなることも念頭に置きつつ、検討を進める必要がある。



浸水継続時間

- 12時間未満
- 12時間-1日
- 1日-3日
- 3日以上

※【荒川】荒川水系洪水浸水想定区域(H28.5)、「江戸川」利根川水系江戸川浸水想定区域図(H29.7)における破堤点毎の氾濫シミュレーション結果を基に作成



ゼロメートル地帯
面積: 116km²
人口: 176万人

※ゼロメートル地帯: 期望平均満潮位以下の地区

出典: 国土交通省「ゼロメートル地帯等の高潮対策検討会」第1回資料

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

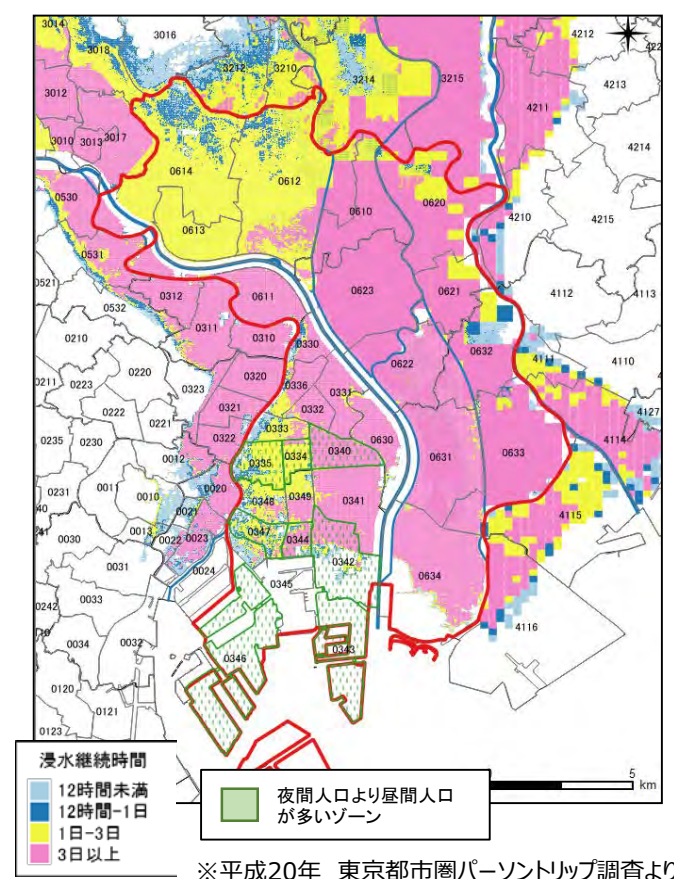
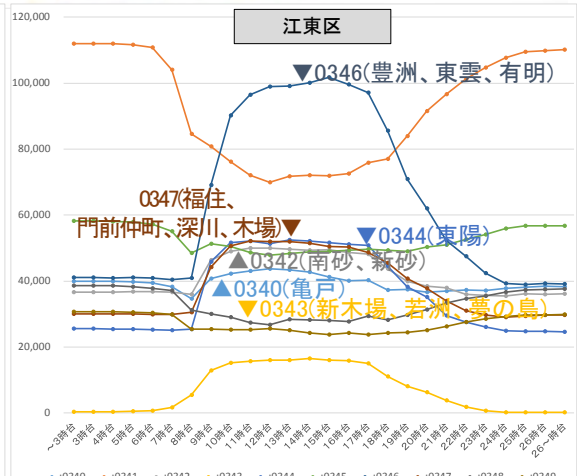
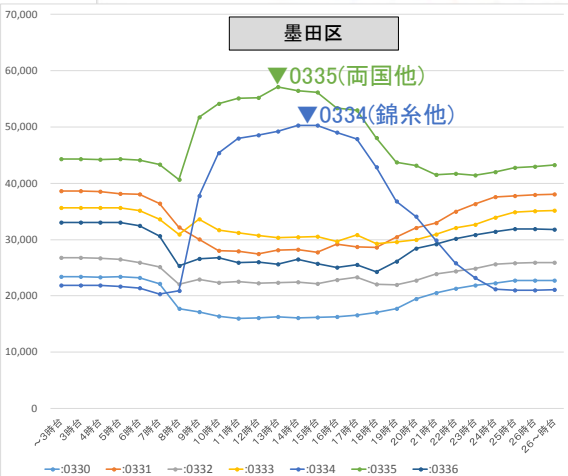
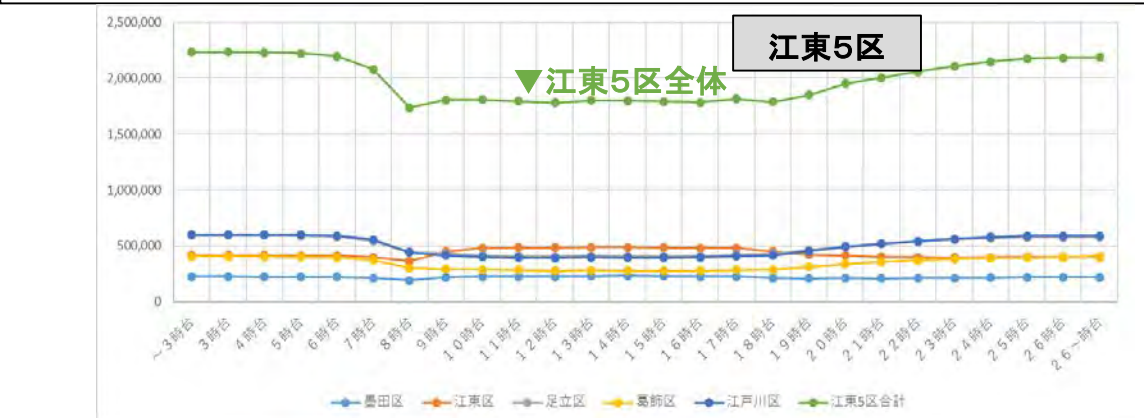
3.1 手順1 基本となる対象災害と対象地域の設定

3.1.3 大規模・広域避難対象者

大規模・広域避難の対象者を検討する。

【具体的な検討例】

- 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。
- また、対象となる居住者等が対象区域外へと出ている場合があることを考慮する必要がある。時間帯によって異なる、これら流入者と流出者のバランスを把握し、最も厳しい時で検討を進める必要がある。
- PT調査を用いて、江東5区において昼夜間の人口を調査した結果、**居住人口（255万人）を上回ることにはなかった**ことから、江東5区における検討では、**大規模・広域避難対象者としては居住人口**として検討を実施する。
- なお、墨田区と江東区の一部で、昼間人口が夜間人口を上回る地域があった。昼間人口の方が多い地域については、地域別に詳細に検討する際に、地域外からの流入者が多い事実^①に留意した検討とする必要がある。



※平成20年 東京都市圏パーソントリップ調査より

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.2 手順2 域外避難・域内避難のバランス

3.2.1 全居室が浸水するおそれがある居住者等

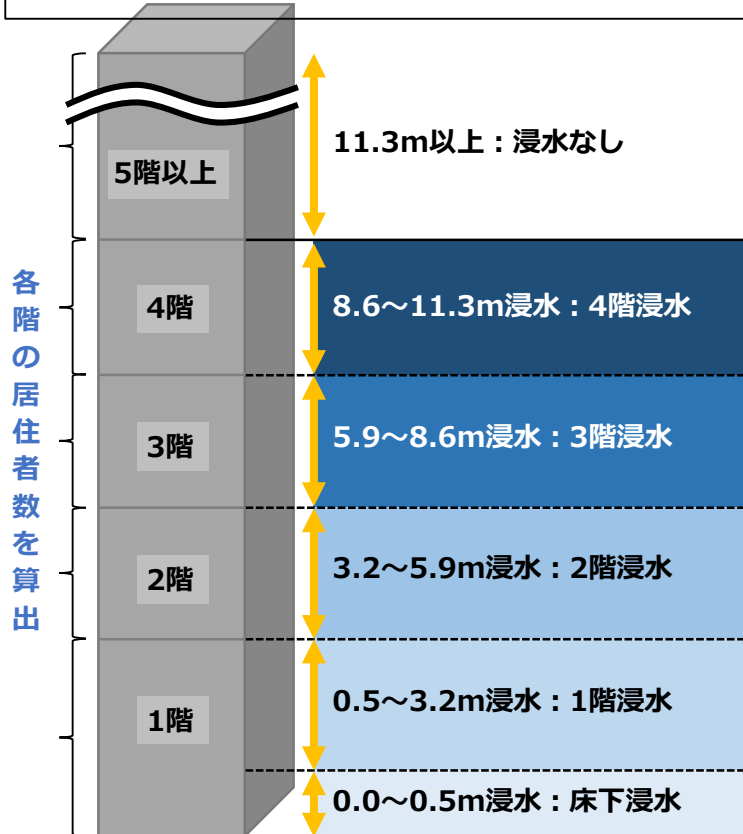
浸水区域外への立退き避難（以下、「域外避難」という。）対象者として、全居室が浸水するおそれがある居住者数を算出する。

【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。

【具体的な検討例】

- 上記で算出した結果、荒川と江戸川の最大包絡により、全居室が浸水する居住者数は**81万人**となった。



全居室が浸水する区域内の人口

全居室が浸水する範囲	居住者数(人)※3 各自宅の最上階に人口を計上				
	1階	2階	3階	4階	5階以上
4階まで浸水(8.6-11.3)	3	9	2	1	3
3階まで浸水(5.9-8.6)	4,409	13,708	3,409	1,972	8,020
2階まで浸水(3.2-5.9)	161,301	438,469	123,359	80,455	247,581
1階まで浸水(0.5-3.2)	194,039	511,882	150,140	100,948	292,594
床下浸水(0.0-0.5)	2,788	6,731	3,287	2,677	11,847

居室浸水する人口 **81万人**

- ※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。
 ※3 平成27年国勢調査、総務省統計局

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.2 手順2 域外避難・域内避難のバランス

3.2.2 氾濫流により家屋流出のおそれがある居住者等

域外避難の対象者として、氾濫流により家屋流出のおそれがある居住者数を算出する。

【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。

【具体的な検討例】

- その結果、荒川・江戸川の最大包絡における家屋倒壊等氾濫想定区域内の居住者数は**16万人**となった。

家屋倒壊の例



堤防決壊により家屋が流出した状況



堤防決壊による家屋の倒壊

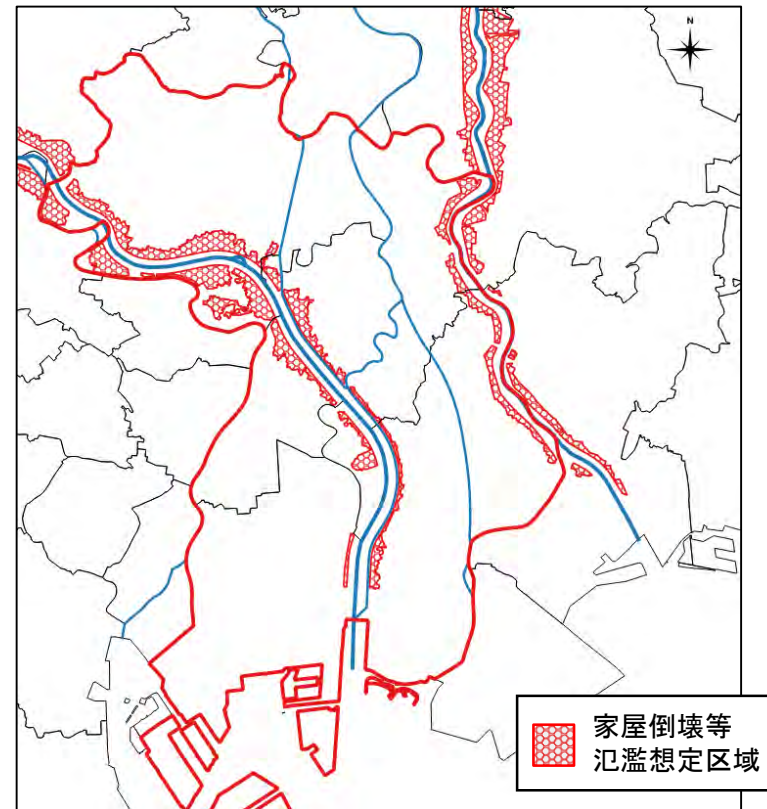


浸食により家屋が流失した状況



河岸浸食による家屋の流失（朝日新聞社提供）

家屋倒壊等氾濫想定区域図



荒川水系洪水浸水想定区域（家屋倒壊等氾濫区域）（H28.5）、利根川水系江戸川浸水想定区域図（家屋倒壊等氾濫区域）（H29.7）を基に作成

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.2 手順2 域外避難・域内避難のバランス

3.2.3 浸水が長時間継続するおそれがある居住者等

域外避難の対象者として、浸水が長時間継続するおそれがある居住者数を算出する。

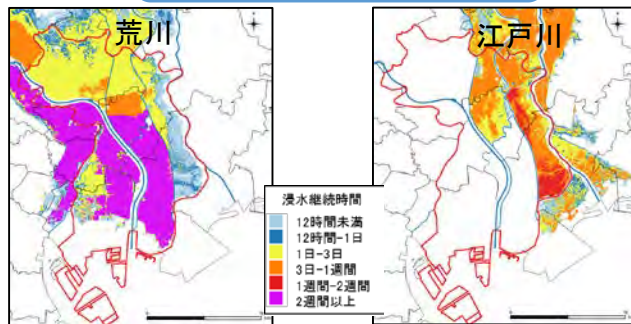
【定量的な算出方法】

- 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。

【具体的な検討例】

- 浸水継続時間について荒川・江戸川において分析すると、江東5区人口255万人のうち、非浸水・床下浸水が22万人、1日（24時間）未満が9万人、1～3日（24～72時間）が65万人、3日（72時間）以上が159万人となる。本検討では、江東5区における住民調査等を基に、域外避難の対象区域を浸水継続時間3日以上とした。その場合、江東5区人口255万人のうち域外避難の対象者は159万人となる（その妥当性を次頁に記載する）。

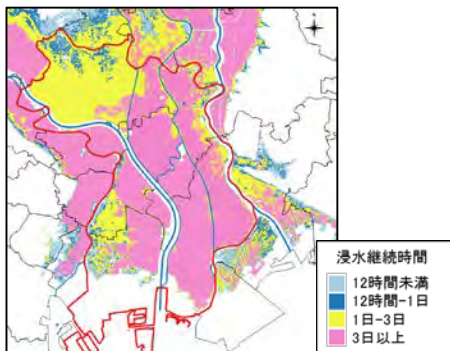
浸水継続時間※



浸水深・床上浸水継続時間別の人口

非浸水・床下浸水		22万人
床上浸水継続時間	1日未満	9万人
	1～3日	65万人
	3日以上	159万人

域外避難の対象者



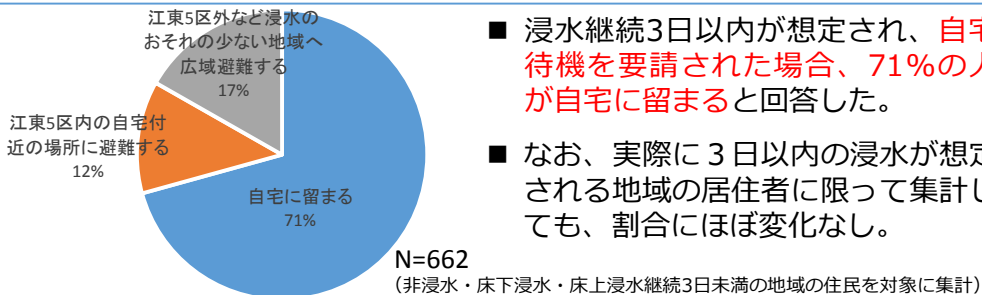
※ 【荒川】荒川水系洪水浸水想定区域（H28.5）、【江戸川】利根川水系江戸川浸水想定区域図（H29.7）における破堤点毎の氾濫シミュレーション結果を基に作成

【具体的な検討例】

- アンケート調査等により浸水継続時間3日以上を域外避難の対象とすることについての妥当性を確認する。江東5区や内閣府等は、江東5区住民を対象として大規模水害時の住民の避難意向について、インターネットによるアンケート調査（以下、「住民インターネット調査」という。）※1を実施した。この調査において、非浸水・床下浸水・床上浸水継続3日未満の地域の住民を対象に集計すると、**行政から自宅待機を要請された場合に、「自宅に留まる」との回答は71%**であり、**3日分以上の水・食料を備蓄している住民は57%**であった。
- また、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住民を対象に中央大学が実施した対面調査（以下、「常総水害調査」という。）※2では、「**備蓄が十分にあり家族も一緒にいられて浸水解消の見込みが分かる場合、最大何日間、自宅で耐えることができるか**」との問いに対し、**3日未満との回答が56%**、**3日以上との回答が35%**であった（その他・不明・未回答が10%）。
- 以上を踏まえ、浸水継続時間3日以上を域外避難の対象とすることとした。

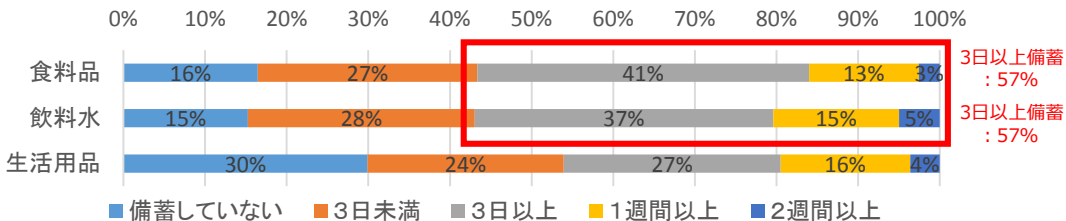
住民インターネット調査

Q：巨大台風の上陸1日前などの段階で広域避難が呼掛けられている状況において、「お住まいの地域は3日程度で水が引くと想定されるため、浸水しても自宅に滞在できる方はそのまま留まってください。」と要請された場合、あなたはどのように行動すると思いますか。



- 浸水継続3日以内が想定され、**自宅待機を要請された場合、71%の人が自宅に留まる**と回答した。
- なお、実際に3日以内の浸水が想定される地域の居住者に限って集計しても、割合にほぼ変化なし。

Q：ご家庭では、災害に備えて物資をどれくらい備蓄していますか。



N=662 (非浸水・床下浸水・床上浸水継続3日未満の地域の住民を対象に集計)

H27常総水害に関する住民調査

問18) 今回のような水害時で、備蓄品（食料・水、非常用トイレ等）も十分にあり、家族も一緒にいて、浸水が終わる（水が引く）見込みもわかるとしたら、**最大何日間、自宅で耐えられますか？**（携帯以外のライフライン（水道、電気等）は全て使えない（備蓄品で対応）とする）。

	回答割合
半日以上	9.5%
半日以上1日未満	10.1%
1日以上2日未満	13.4%
2日以上3日未満	22.5%
3日以上4日未満	12.4%
4日以上	22.7%

「3日未満」
56%

「3日以上」
35%

※その他・不明・未回答9.5%

※1 江東5区、内閣府等が、20歳以上の江東5区居住者2,000名に対して、平成29年1月に実施した、インターネットによるアンケート調査。対象者はインターネット調査会社の登録モニターであり、5区の標本数の割合は各区の床上浸水人口の比率になるように調整して回収した。

※2 中央大学理工学部河川・水文研究室が、常総市における浸水地域または避難勧告等が発令された地区の住民516名に対して、平成27年11月に実施した、自宅訪問によるヒアリング調査。ただし、訪問時に留守であった住民に対する留置アンケート調査。

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.2 手順2 域外避難・域内避難のバランス

3.2.4 二次的な人的被害リスクの低い居住者等

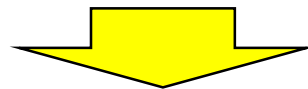
「3.2.1」～「3.2.3」の検討を踏まえ、重複を除いて域外避難の対象者数を算出するとともに、浸水区域内での立退き避難及び屋内安全確保（以下、「域内避難」という。）を行う者と見込む避難者数を算出する。

【定量的な算出方法・具体的な検討例】

- 域外避難の対象者を算出する。江東5区人口255万人のうち、全居室が浸水する居住者数は81万人、氾濫流により家屋流失のおそれがある居住者数は16万人、浸水継続時間3日以上となる居住者数は159万人となる。三者の重複を除くと、**域外避難の対象者数は178万人**となる。
- それ以外の居住者77万人については、**域内避難を行う者と見込むことが必要**となる。なお、避難行動は、個人の判断により選択するものであるため、域内避難を見込む居住者等（以下、「域内避難の対象者」という。）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可能な限り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衡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。

域外避難の対象者

- ①全居室が浸水するおそれがある居住者数：**81万人**
- ②氾濫流により家屋流出のおそれがある居住者数：**16万人**
- ③浸水が長時間継続するおそれがある居住者数（浸水継続時間3日以上）：**159万人**



①、②、③の重複を除くと **178万人**

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

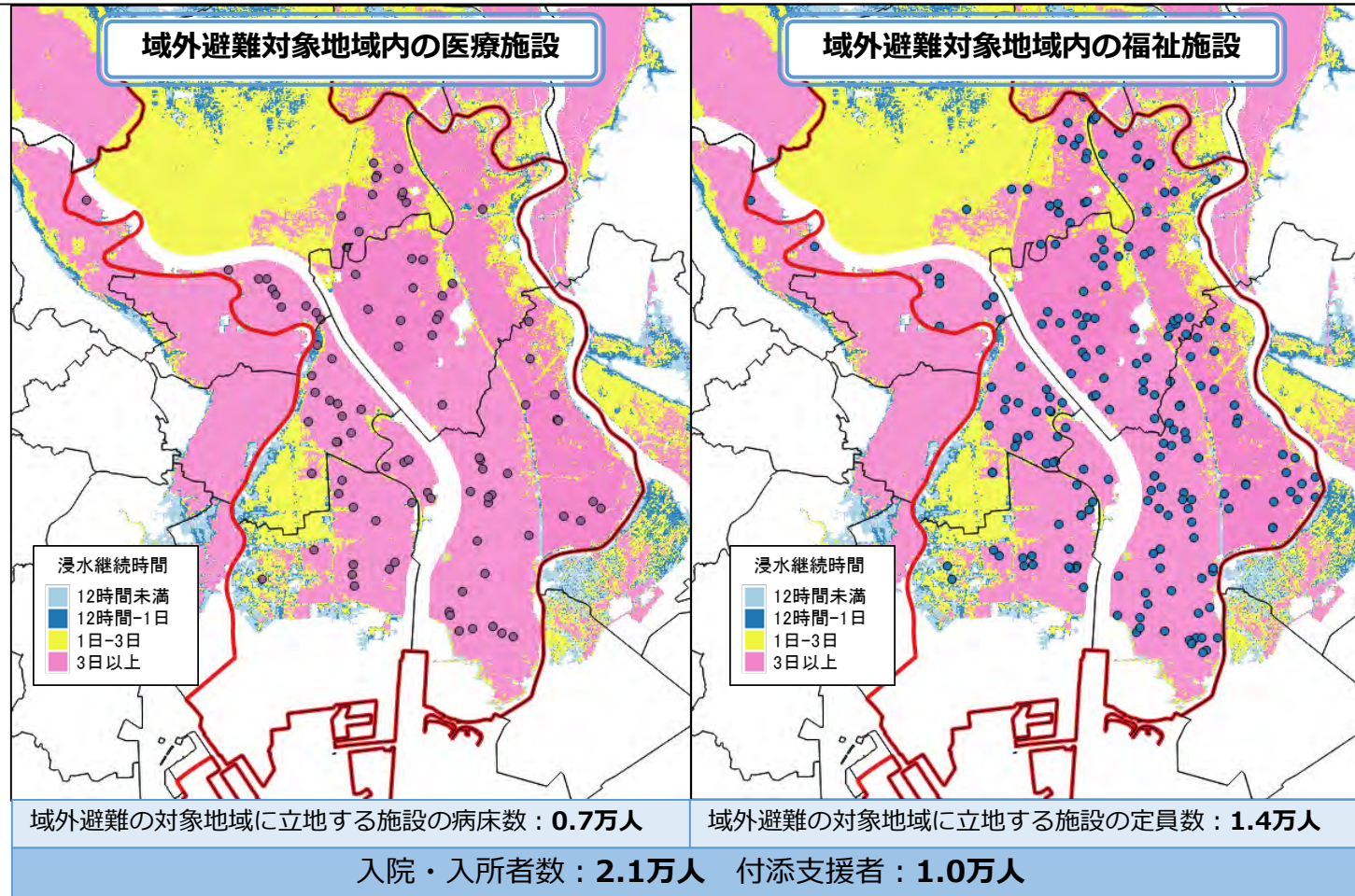
3.3 手順3 移動困難者の避難先の確保

3.3.1 入院・入所者数の算出と避難行動

移動困難者として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。）を東京都福祉保健局の統計資料※を基に算出する。

【定量的な算出方法・具体的な検討例】

- 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は0.7万人、施設定員数は1.4万人であることから、入院・入所者数は合計2.1万人と見積もることができる。また、付添支援者はその半数である1.0万人と設定する。



※ 東京都福祉保健局：社会福祉施設等一覧、医療機関名簿
障害者グループホームの定員数については公表されていないため含んでいない。

【具体的な検討例】

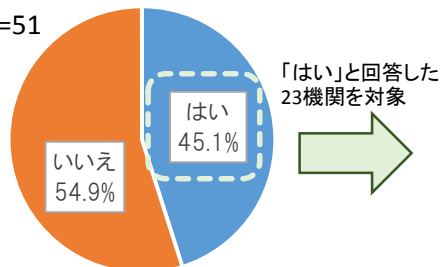
- 入院・入所者の避難行動の実態を把握するためには、アンケートやヒアリング調査を行うことが考えられる。江東5区内の病院・福祉施設を対象としたアンケート調査（以下、「病院・福祉施設調査」という。）によると、**病院51機関のうち45%が「院外の浸水のおそれのない場所へ避難させる」という方針であるが、想定される受入先として、具体的な協定までを結んでいる病院はなかった。**
- また、福祉施設192施設のうち44%が、「施設外の浸水のおそれのない場所へ避難させる」方針であるが、**想定される受入先として、具体的な協定までを結んでいる施設は1施設のみであり、その受入先は江東5区内の浸水区域であり、実質的に安全な避難先を確保できている施設はなかった。**また、病院・福祉施設調査においては、「施設外の浸水のおそれのない場所へ避難させる」入院・入所者に関する自由回答欄への記入として、「呼吸器、循環器の患者で医療機器を使用している患者」、「不安に伴いパニックに移行しやすい患者」、「自分で自律的に歩行できる人」等が記載されている。つまり、病院・福祉施設内で避難生活を送ることが困難、あるいは症状が軽く歩くことが可能な場合については、入院・入所者を別施設に移す、あるいは自宅に帰すという選択肢が候補になり得るが、具体的な受入先については確保できていないというのが実態である。
- このことから、入院・入所者については、その施設で屋内安全確保を行う人と、現時点では具体的に検討はされていないものの将来的に受入先が確保できた場合には域外避難をする人に分かれることが想定される。以下の具体的な検討例においては、**全員が施設内に留まった場合と、全員が域外避難をした場合のいずれになっても対応できるように、屋内安全確保、域外避難の双方に計上することとする。**
- 域外避難が必要な入院・入所者の受入先施設との調整を進めたり、軽度の入院・入所者については家族に迎えに来てもらったりする等の対策を、各病院・施設において進めるよう呼びかけるとともに、それらの措置を踏まえて病院・施設内に留まる入院・入所者数を更新しておく必要がある。

病院・福祉施設調査

江東5区、内閣府等が、江東5区内の浸水継続時間3日以上病院（99機関（診療所を含む））及び福祉施設（445施設）を対象に実施した郵送によるアンケート調査。

入院患者・施設入所者を 浸水のおそれのない場所へ避難させる

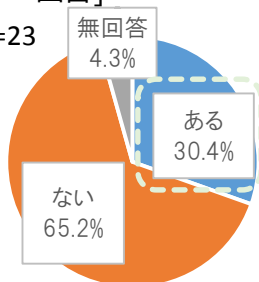
病院 N=51



想定している受け入れ先

[単一回答]

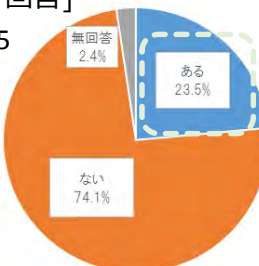
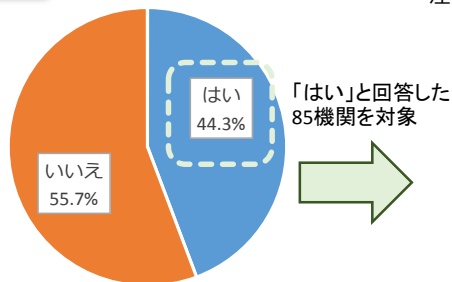
N=23



注：小数点処理の関係で、合計は100%となっていない

[単一回答]

N=85



想定される受け入れ先との協定等

※括弧内は、受け入れ先の所在地

具体的な協定まで結んでいる	なし
事前の申し合わせ程度は行っている	3機関 (東京都葛飾区、江戸川区)
特段の事前取り決め等は行っていない	4機関 (東京都墨田区、江東区、江戸川区、文京区、港区、品川区、千葉県市川市)

※複数の受け入れ先を想定している機関がある

想定される受け入れ先との協定等

※括弧内は、受け入れ先の所在地

具体的な協定まで結んでいる	1施設 (東京都江戸川区)
事前の申し合わせ程度は行っている	7施設 (東京都江戸川区、埼玉県草加市、戸田市、越谷市、幸手市、神奈川県横浜市、茨城県水戸市)
特段の事前取り決め等は行っていない	12施設 (東京都墨田区、足立区、江戸川区、荒川区、文京区、新宿区、東久留米市、埼玉県草加市、越谷市、川口市、さいたま市、千葉県松戸市など)

※複数の受け入れ先と申し合わせを行っている施設がある

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.3 手順3 移動困難者の避難先の確保

3.3.2 在宅移動困難者数の算出と避難行動

在宅移動困難者数を算出した上でその避難行動を検討する。

【定量的な算出方法・具体的な検討例】

- まず、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。
- 江東5区における**要介護・要支援認定者**は10.9万人である※¹ (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※²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と考えられるため、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。その結果、江東5区の身体障害者人口に対して全国の身体障害者全体に占める40歳未満の割合7.9%※³を乗じることで、身体障害者は0.7万人となる(②)。同様に、江東5区の知的障害者人口に対して全国の知的障害者全体に占める40歳未満の割合62.9%※⁴を乗じることで、知的障害者は0.3万人となる(③)。江東5区の子精神障害者人口に対して全国の子精神障害者に占める入院していない者の割合89.9%※⁵を乗じることで、精神障害者は1.7万人となる(④)。
- **後期高齢者**については、入院患者(=病床数0.7万人)、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。具体的には、江東5区内の後期高齢者人口から、次の3つの数値を控除することで、後期高齢者は18.3万人となる(⑤)。
 - ・ 江東5区の病床数に対して入院患者における75歳以上の割合49.3%※⁶を乗じたもの
 - ・ 江東5区の子要介護・要支援者人口に対して全国の子要介護・要支援者における75歳以上の割合82.9%※⁷を乗じたもの
 - ・ 先に算出した④江東5区の子精神障害者人口(入院していない者)に対して全人口に占める75歳以上の割合13.3%※⁸を乗じたもの
- **乳幼児(0~5歳)**と**妊産婦**については上述の数値とほとんど相関がないと考える。乳幼児については12.6万人※⁹(⑥)、妊産婦については2.4万人※¹⁰(⑦)となる。
- 以上の①~⑦を合計すると、46.9万人になる。この数値は江東5区全体の人数であるため、域外避難対象地域の人口に変換すると、32.7万人(=46.9×178/255)となる。さらに、このうち福祉施設に入所している住民1.4万人を引くと、在宅移動困難者は31.3万人となる。これに同数の付添支援者がいるとすると、その合計数は62.6万人となる。

移動困難者の算出

計算式

要介護・要支援者	= 109,265人 (江東5区の子要介護・要支援者人口)
身体障害者	= 82,719人 ((江東5区の子身体障害者人口) × 7.9% (身体障害者における40歳未満の割合(全国))))
知的障害者	= 4,465人 ((江東5区の子知的障害者人口) × 62.9% (知的障害者における40歳未満の割合(全国))))
精神障害者	= 19,403人 ((江東5区の子精神障害者人口) × 89.9% (精神障害者における入院患者以外の割合(全国))))
後期高齢者	= 284,056人 ((江東5区の子後期高齢者人口) - (17,053 (江東5区の子病床数) × 49.3% (入院患者における75歳以上の割合(全国))) - (109,265 (江東5区の子要介護・要支援者人口) × 82.9% (要介護・要支援者における75歳以上の割合(全国))) - (19,403 (江東5区の子精神障害者人口) × 89.9% (精神障害者における入院患者以外の割合(全国))) × 13.3% (全人口に占める75歳以上の割合(全国)))))
乳幼児(0~5歳)	= 125,896人 (江東5区の子乳幼児)
妊産婦	= 24,366 (江東5区の子妊産婦)

- ※¹ 2017年6月要介護(要支援)認定者数(独立行政法人福祉医療機構)
- ※² 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 平成18年身体障害児・者実態調査結果(厚生労働省)
- ※⁴ 平成17年度知的障害児(者)基礎調査(厚生労働省)
- ※⁵ 平成25年障害者白書(内閣府)
- ※⁶ 平成26年患者調査(厚生労働省)
- ※⁷ 2017年6月要介護(要支援)認定者数(独立行政法人福祉医療機構)
- ※⁸ 平成29年版高齢社会白書(内閣府)
- ※⁹ 住民基本台帳による東京都の世帯と人口 平成29年1月
- ※¹⁰ 東京都福祉保健局 母子保健事業報告年報(平成28年版)

(参考) 住民アンケート・ヒアリング調査による在宅移動困難者の実態把握①

- これらの在宅移動困難者がどの程度の割合で近距離の避難施設への避難を希望するのか、さらにこの統計値からの数値には表れないものの実態として避難行動が困難な人がどの程度いるのかを把握することが考えられる。そこで、江東5区内にある葛飾区東新小岩7丁目町会の協力を得て、当該町会内におけるアンケート及び聴き取りによる調査（以下、「住民聴き取り調査」という。）※を実施した。
- まずアンケートを実施し、世帯内に移動困難者がいるかどうかを調査した結果、**550世帯のうち116世帯が「江東5区外への移動が困難な者がいる」という回答**であった。移動困難者がいる世帯について、支援により江東5区外への避難が可能かどうかで分類し、さらに支援があっても5区外への避難が不可能な世帯のうち要介護・障害者の認定を受けているか否かに応じて分類した。この116世帯のうち、聴き取り調査に応じていただいた41世帯については、**聴き取り調査時に浸水区域内に留まるリスクや自宅に留まった場合の周囲への影響を丁寧に説明した結果、1世帯を除く40世帯が浸水区域外を避難先をする意向を示した**。このことは、リスク認識については丁寧な説明が必要とされること、対象住民がリスクを正確に認識すると避難行動が根本的に変化し得ることを示している。

アンケート結果

以下は、平成28年12月に東新小岩七丁目町会へ加入する世帯を対象にアンケートを実施した結果である。

		5区外に避難	5区内に留まる	ヒアリングの有無
合計(550世帯)		392世帯 (71%)	158世帯 (29%)	
移動困難者あり (116世帯)	支援があっても5区外に避難不可(53世帯)	認定等あり		35世帯 ヒアリング対象(A)
		認定等なし		18世帯 ヒアリング対象(B)
	支援があれば5区外に避難可能(66世帯)	46世帯	17世帯	ヒアリング対象(C)
	5区外に避難可能だが留まる(88世帯)		88世帯	ヒアリング対象(D)
	5区外へ避難する(346世帯)	346世帯		ヒアリング対象としない
移動困難者なし (434世帯)				

ヒアリング調査

A 支援があっても5区外に避難不可（認定等あり）
35世帯のうち、14世帯に対してヒアリングを実施
 > 認定等を受けている人の状況とともに、5区外に避難できない理由、5区外避難の可能性を把握

B 支援があっても5区外に避難不可（認定等なし）
18世帯のうち、14世帯に対してヒアリングを実施
 > 認定等を受けていない人はどのような方か、また、5区外避難の可能性を把握

C 支援があれば5区外に避難可能
63世帯のうち、13世帯に対してヒアリングを実施
 > 認定等を受けている場合、5区外へ避難する際の条件等を把握

D 5区外に避難可能だが域内避難
88世帯のうち、23世帯に対してヒアリングを実施
 > 5区内に留まる理由、5区外へ避難する際の条件等を把握

※ヒアリングのサンプルに偏りがある可能性があることに留意

※ 先行して町会内にアンケート調査を実施し（配布977世帯、回収621世帯、有効回答550世帯）、その回答において「江東5区内に避難する」と回答した住民158世帯に対して、追加の聴き取り調査を依頼し、64世帯に対して聴き取りを実施。

(参考) 住民アンケート・ヒアリング調査による在宅移動困難者の実態把握②

【ヒアリング結果】

- 移動困難者がいる41世帯のうち、ヒアリング前は33世帯が5区内に留まると回答したのに対し、ヒアリング後には**40世帯が江東5区外へ避難すると回答**した。身体的な理由で5区外に避難できないのは1世帯のみであった。
- 変更した主な理由としては、アンケート時には域内避難を行うことによる**二次的な人的被害のリスクの認識が十分でなかった**ことが挙げられた。

【結果を踏まえた方向性】

- 在宅移動困難者については、域内避難を行うことによる「二次的な人的被害リスク」と、域外避難を行うことによる「避難行動の実現困難度」の両面を踏まえ、**域外避難と域内避難どちらの避難行動も選択肢とし、浸水区域内の避難施設については優先的に配分**する。
- 大規模水害時のリスクを正しく認識することにより、住民の避難行動は変わりうるものであり、そのための**周知活動・普及啓発**に努める。

避難先		世帯区分		世帯数 合計
		A: 支援があっても5区外に 避難不可【認定等あり】 (14世帯)	B: 支援があっても5区外に 避難不可【認定等なし】 (14世帯)	
5区内	自宅	5	6	33
	公共施設	8	8	
	その他	1		
5区外	自主避難先			8
	公共施設			

【アンケート時から5区外に避難すると回答した8世帯】
 > 家族の支援を受けられることから5区外へ避難可能と回答
 > 8世帯中7世帯で、大規模水害時に広域避難が求められることを知っている等、**リスク認識を持っていた**

避難先		世帯区分		世帯数 合計
		A: 支援があっても5区外に 避難不可【認定等あり】 (14世帯)	B: 支援があっても5区外に 避難不可【認定等なし】 (14世帯)	
5区内	自宅			1
	公共施設			
	その他	1 > 身体障害者手帳1級の子供がいるため5区内の近くの病院に避難。環境変化による体調悪化、発作が心配され、1時間以上自動車等で避難することが困難		
5区外	自主避難先	9	10	40
	公共施設	4	4	

【避難先を変更した理由】
 ■ アンケート時には、域内避難を行うことによる**二次的な人的被害のリスクの認識が十分でなかった**
 ⇒55世帯中52世帯
 (具体例)
 > ヒアリング前には、**浸水はじめてから逃げると思い込んでおり**、支援があっても5区外への避難は不可能だと考えていたが、早い段階で避難開始するということであれば5区外に避難することは可能
 > リスクを正しく認識したことで、支援を受けられるか否かを改めて考え直した結果、**別宅の親族の支援を受けられると判断**

■ アンケート時には、**自宅で域内避難を行うことによる周囲への影響が十分に認識できていなかった**
 ⇒55世帯中3世帯
 (具体例)
 > ヒアリング前には、**域外避難を行うと周囲に迷惑をかける**と誤解をしていたため自宅に留まるとしたが、そのことが救助活動を困難にすることを認識し、5区外へ避難すると判断

⇒40世帯中31世帯(78%)が自主避難先に避難すると回答

※移動困難者がいない23世帯(D:5区外に避難可能だが域内避難)についても同様の結果となった

⇒ヒアリング後は**全世帯が5区外に避難**すると回答

⇒23世帯中21世帯(91%)が**自主避難先に避難**すると回答

(参考) 住民アンケート・ヒアリング調査による在宅移動困難者の実態把握③

【ヒアリング結果】

- 移動困難者がいる世帯は、移動手段として自家用車を使用する割合が高いのに対し、移動困難者がいない世帯については1世帯を除く全世帯が鉄道を選択した。
- 自動車保有しているにもかかわらず鉄道で逃げると回答した方もいたが、その理由として、東日本大震災時の道路の混雑状況を理由として挙げた人がいた。

【結果を踏まえた方向性】

- 「時間最短」で避難した場合の自動車の利用割合は1割程度であり（第3回WG「資料3」参照）、自動車での避難は大混雑を招くおそれが高いため、第3回WGでは、移動困難者を含む世帯が自動車を使用できるようにする方針を提示した。
- 上記及び本ヒアリング結果を踏まえ、自動車の利用は移動困難者のいる世帯に限定し、それ以外の世帯については徒歩や鉄道等により避難することの実現可能性は十分にあると考えられる。
- 自動車の混雑の状況等、大規模・広域避難時に想定される状況を正しく認識してもらうための周知活動・普及啓発に努める。

【移動困難者がいる世帯】

世帯区分	A: 支援があっても5区外に避難不可【認定等あり】 <small>(14世帯中、5区内に留まると回答した1世帯を除く13世帯)</small>	B: 支援があっても5区外に避難不可【認定等なし】 <small>(14世帯)</small>	C: 支援があれば5区外に避難可能 <small>(13世帯)</small>	合計世帯数
移動手段				
自動車	10(8)	8(6)	7(4)	25(18)
区が移動手段確保 (バス・福祉車両等)	1(1)			1(1)
鉄道	2(2)	6(3)	6(2)	14(7)

自家用車を保有していない世帯は親戚等の送迎等で避難

【移動困難者がいない世帯】

世帯区分	D: 5区外に避難可能だが、域内避難 <small>(10世帯)</small>
移動手段	
自動車	1(1) <small>(※ペットがいる世帯)</small>
区が移動手段確保 (バス・福祉車両等)	
鉄道	22(9)

※()内は自家用車を保有している世帯

- 江東5区全体において、避難時間を最短化した場合、域外避難の対象者全員の避難が完了する時間は約3時間であり、その際の自動車の利用割合は1.3%
- ヒアリング結果を踏まえると、全体に対する自動車を使う移動困難者の割合は1.3%*と推計できる。地区により最適な自動車の利用率はばらつきがあることに留意する必要があるものの、移動困難者を含む世帯が自動車を使用できるようにするため、他の居住者等については可能な限り徒歩や鉄道で避難とすることが必要 ※25世帯×(116世帯÷41世帯)÷550世帯×100%

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.3 手順3 移動困難者の避難先の確保

3.3.3 近距離避難可能人数の算出

在宅移動困難者の避難先として考えられる近距離の避難施設の避難可能人数を算出する。

【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 1.65m^2 （一畳程度）として設定する※1。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 3.3m^2** となる※1。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※2。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、各地域の実情に応じて細かく設定できるのであれば、その方が望ましい）。

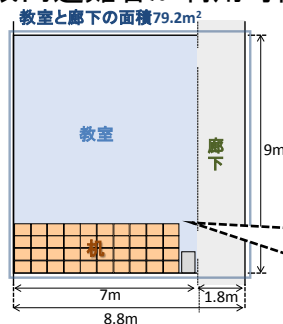
【具体的な検討例】

- 江東5区においては民間事業者や集合住宅等と協定を結び避難先として確保している区もあるが、その総数が不明であるため、ここでは江東5区内に立地する公的な避難施設のみを対象として、避難可能人数を算出する。
- 江東5区において「家屋倒壊等氾濫想定区域」に含まれない避難施設のうち、浸水しない階層の面積は $81.0\text{万}\text{m}^2$ である。これに0.7を乗じ、 3.3m^2 で除せば、**避難可能人数17.2万人**が得られる。
- ここで、先に算出した在宅移動困難者数とその付添支援者数62.2万人と比較すると、近距離の避難施設の避難可能人数はその3分の1にも満たない。したがって、**近距離の避難施設に避難するのは、在宅移動困難者のなかでも特に長距離移動が困難な人とする必要がある**。なお、調査数は少ないものの、先に見た住民聴き取り調査においては、浸水区域で孤立するリスクを認識すると、在宅移動困難者であっても自動車等を使って浸水区域外へと大規模・広域避難したいという意向を持つ人がほとんどであったことから、各個人の避難行動の意向も考慮した上で、近距離の避難施設への域内避難者数を想定しておく必要がある。
- この想定を確度の高いものとするには相応の時間を要するため、以下の検討においては、近距離の避難施設を定員いっぱいまで使用する場合と、全く使用しない場合との2つのパターンで考えることとする。

避難可能な面積の算出（机等を考慮した有効率）

学校の例

域内避難者が利用可能な面積は教室内の机・教卓を除く部分と仮定すると、有効率は **0.65**



$$= \frac{\left[\begin{array}{l} \text{域内避難者が利用可能な面積: } \square \\ \text{=教室の面積}(63\text{m}^2) - \text{机等の面積}(11.2\text{m}^2) \\ \text{=}51.8\text{m}^2 \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{l} \text{全体の床面積: } \square \\ \text{=(}8.8\text{m} \times 9\text{m=}79.2\text{m}^2) \end{array} \right]}$$

= **0.65**

机等

机 (\square) : 0.6×0.45 ($0.27\text{m}^2 \times 40\text{人} = 10.8\text{m}^2$)

教卓 (\square) : 0.8×0.5 (0.4m^2) **合計: 11.2m^2**

※1 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 3m^2 以上」とされている。

※2 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。

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.4 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

3.4.1 決壊後の救助完了の目標期間と救助手段

決壊後の救助完了の目標期間と救助手段を検討する。

【具体的な検討例】

- 救助完了の目標期間を検討するにあたっては、アンケート調査等を行うことが考えられる。江東5区内の病院・福祉施設調査において、水・食料の備蓄について、3日分準備している割合と4日以上準備している割合と比較してみると、病院では90%→10%、福祉施設では76%→22%となっており、3日分は確保している割合が多いが、4日目以降となるとその割合は大幅に減少することが分かる。さらに、非常用電源の運転継続時間について、非常用電源を未設置または24時間未満の割合は、病院では67%、福祉施設では85%となっている。
- これらのことから、**3日以内を目標としつつも、可能な限り早期に救助することが望ましい**と言える。ただし、救助期間の短縮には限界があるため、ライフラインの耐水化を中長期に進めることが望ましい。

病院・福祉施設調査

江東5区、内閣府等が、江東5区内の浸水継続時間3日以上病院（99機関（診療所を含む））及び福祉施設（445施設）を対象に実施した郵送によるアンケート調査。

	ライフラインの水害対策※1	備蓄
病院 (51機関)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 非常用発電機の設置 ：41機関（約80%） ■ 非常用電源の運転継続時間 ：未設置もしくは1日未満→34機関※2（約67%） ⇒1日未満が7割程度 ⇒3日以上は少数 ：3日以上→7機関（約14%） ■ 非常用電源の設置階 ：4階以上→23機関（約45%） ■ 上水道、ガス、通信への防水対策 ：通信の防水対策を施している病院は約29% 上水道の防水対策を施している病院は約22% ガスの防水対策を施している病院は約6% 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水、食料品の備蓄 ：2日以下→5機関（約10%） ：3日間→41機関（約80%） ：4日以上→5機関（約10%） ■ 医薬品の備蓄 ：2日以下→7機関（約14%） ：3日間→29機関（約57%） ：4日以上→15機関（約29%） <p>3日分は概ね確保されている</p>
福祉施設 (192施設)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 非常用発電機の設置 ：82施設（約42.7%） ■ 非常用電源の運転継続時間 ：未設置もしくは1日未満→163施設※3（約85%） ⇒1日未満が8割以上 ⇒3日以上は少数 ：3日以上→4施設（約2%） ■ 非常用電源の設置階 ：4階以上→51施設（約27%） ■ 上水道、ガス、通信への防水対策 ：上水道・ガス・通信の防水対策を施している病院はともに7%未満 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水、食料品の備蓄 ※未回答2施設 ：2日以下→35施設（約18%） ：3日間→112施設（約58%） ：4日以上→43施設（約22%） ■ 介護用品の備蓄 ※未回答2施設 ：2日以下→55施設（約29%） ：3日間→75施設（約39%） ：4日以上→60施設（約31%） <p>3日分は概ね確保されている</p>

※1 対策を施していても、大規模水害時に使用可能かどうかは留意が必要
 ※2 備蓄燃料24時間未満の24機関に、非常用発電機を設置していない10機関を加えた数
 ※3 備蓄燃料24時間未満の53施設に、非常用発電機を設置していない110施設を加えた数

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.4 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

3.4.2 ボート・ヘリによる救助可能人数及び必要数の算出

ボート・ヘリによる救助可能人数及び必要数の算出方法を検討する。

【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・避難搜索以外の建物に取り残されてしまった孤立者を、緊急的に搜索・救助するために活用することが考えられる**。

浸水区域からの救助に関するH27常総水害の教訓

- 常総救助実態によると、次のような実態があったことが分かっている。
 - 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・ヘリが着地・着岸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、水面から孤立者を搜索することとなるため、上空から搜索するヘリと比較すると、搜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、常総救助実態では救助活動がピークであった決壊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。このように、配備密度に限界があるため、ヘリは多数の避難者の救助に不向きである。



常総水害時の救助活動

【定量的な算出方法（ボートによる救助可能人数の算出）】

- 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は次式で求めることができる。

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

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。

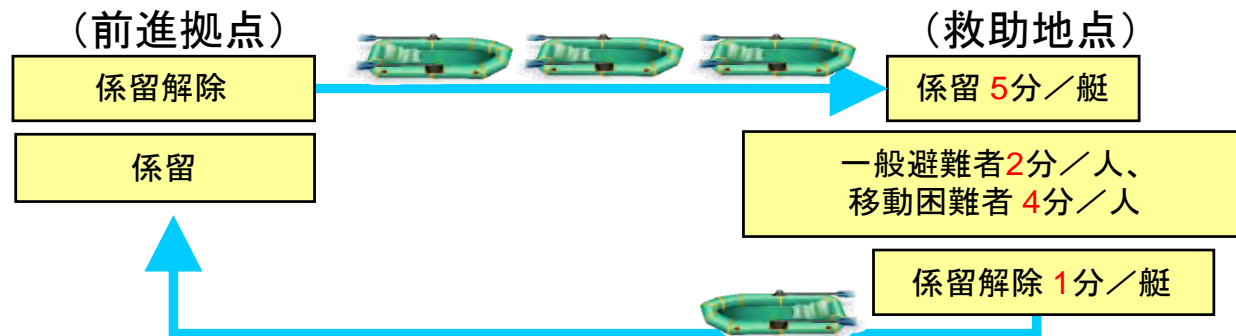


図 ボートによる救助活動の所要時間

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。

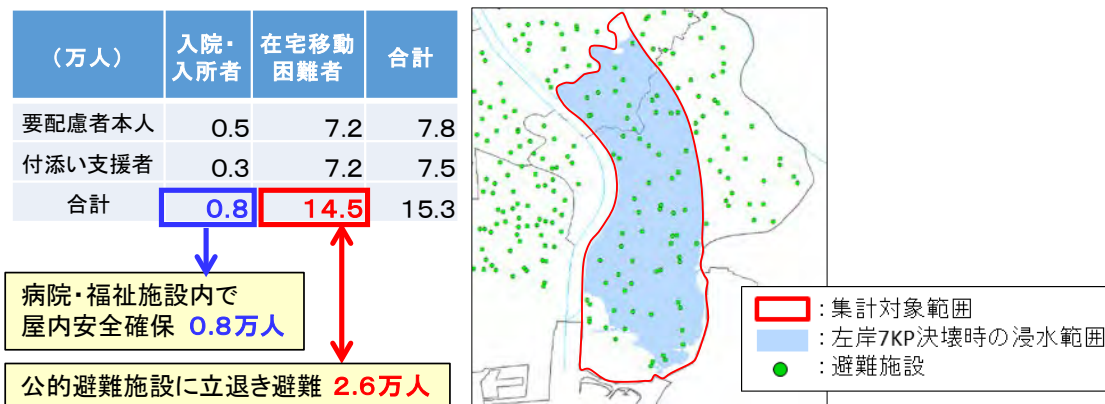
④1日あたり活動時間

日中の時間から12時間と設定する。

【具体的な検討例（ボートによる救助可能人数の算出（荒川左岸7kp地点が決壊した場合））】

- ここでは、決壊後の救助活動の検証を取り扱うため、**決壊前のどこが決壊するか不明な場合に備えた最大方絡で考えるのではなく、特定の地点が決壊した後の状況で検討をすることが適切**である。そこで、左岸側で域外避難の対象者が最大となる荒川左岸7k地点が決壊した場合を事例とする。
- 荒川左岸7kp地点で浸水する地域では、入院・入所者0.5万人、在宅移動困難者7.2万人が域外避難の対象者となり、さらにそれぞれの付添支援者は0.3万人、7.2万人となる。すなわち、病院・福祉施設内に留まる可能性があるのは最大で0.8万人となり、近距離の避難施設に避難する可能性があるのは最大で14.5万人となる。
- 一方で、近距離の避難施設の避難可能人数は2.6万人にとどまる。すなわち、在宅移動困難者とその付添避難者の2割程度しか収容できないということが分かる。
- まず、ボートの仕様・性能諸元について、関東地方内の配備状況から、次表のとおり整理した。

荒川左岸7kp地点が決壊した場合の浸水する地区における避難可能人数



各機関のボート仕様・性能諸元※1

機関名	乗船可能人数		船艇移動速度※2		ボート数※3
	避難施設	福祉施設	往路	復路	
警察庁	2人/艇	1人/艇	2.0km/時	1.2km/時	約600艇
消防庁	2人/艇	1人/艇	2.0km/時	1.2km/時	約1,000艇
自衛隊	11人/艇※4	5人/艇	2.6km/時	2.0km/時	約300艇

※1 内閣府「大規模水害対策に関する専門調査会」資料を参考に作成

※2 多数の流木等の障害物があるおそれがあることから、手こぎによる移動速度を想定

※3 警察庁及び消防庁は茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川の保有台数。自衛隊は東部方面隊管内（陸上自衛隊）、横須賀地方隊管内（海上自衛隊）の保有台数（各機関への聴取により把握）

※4 偵察ボート（救助者2人乗船）、偵察ボート（同3人）、渡河ボート（同23人）をボート数により加重平均

- 1艇あたりの救助可能人数は、ボート定員から操作者・救助作業従事者の分を引いて、警察庁・消防庁は2名、自衛隊は11名乗りとした。これを加重平均すると、救助定員は3.42人/艇となる。なお、これは移動困難者以外の避難者を救助した場合であり、移動困難者を救助する場合には、救助定員は1.63人/艇になる。

$$\begin{aligned} 2 \times 1600\text{艇}/1900\text{艇} + 11 \times 300\text{艇}/1900\text{艇} &= 3.42\text{人}/\text{艇} \text{ (移動困難者以外の避難者救助)} \\ 1 \times 1600\text{艇}/1900\text{艇} + 5 \times 300\text{艇}/1900\text{艇} &= 1.63\text{人}/\text{艇} \text{ (移動困難者救助)} \end{aligned}$$

- 1艇あたりの乗船時間は、2分/人（移動困難者は4分/人）であり、係留に5分、係留解除に1分を要することから、乗船時間は12.84分/艇となる。移動困難者については12.52分/艇となる。

$$\begin{aligned} 3.42\text{人}/\text{艇} \times 2\text{分}/\text{人} + 5\text{分}/\text{艇} + 1\text{分}/\text{艇} &= 12.84\text{分}/\text{艇} \text{ (一般避難者救助)} \\ 1.63\text{人}/\text{艇} \times 4\text{分}/\text{人} + 5\text{分}/\text{艇} + 1\text{分}/\text{艇} &= 12.52\text{分}/\text{艇} \text{ (移動困難者救助)} \end{aligned}$$

- 荒川左岸7kp決壊により浸水する区域内に、病院・福祉施設は78施設、避難施設は54施設ある。各施設の救助可能箇所数が不明であるため、各施設につき1箇所であると仮定する。
- 病院・福祉施設については、入院・入所者の半分の付添支援者がいるため、1艇あたりの救助可能人数は、2.23人/艇（＝（3.42＋2×1.63）÷3）となる。また、1艇あたりの乗船時間は12.63分/艇（＝（12.84＋2×12.52）÷3）となる。したがって、**病院・福祉施設におけるボートによる1日あたりの救助可能人数は、9916人/日**となる。

$$(2.23\text{人}/\text{艇} \div 12.63\text{分}/\text{艇}) \times 60\text{分}/\text{時} \times 78\text{施設} \times 12\text{時}/\text{日} = 9916\text{人}/\text{日}$$

- 病院・福祉施設内で屋内安全確保をしている人は、最大で0.8万人であるから、順調にいけば、ボートでは1日で救助可能ということが分かる。
- 同様に、避難施設については、移動困難者と同数の付添支援者がいるため、1艇あたりの救助可能人数は、2.53人/艇（＝（3.42＋1.63）÷2）となる。また、1艇あたりの乗船時間は12.68分/艇（＝（12.84＋12.52）÷2）となる。したがって、**避難施設におけるボートによる1日あたりの救助可能人数は、7758人/日**となる。

$$(2.53\text{人}/\text{艇} \div 12.68\text{分}/\text{艇}) \times 60\text{分}/\text{時} \times 54\text{施設} \times 12\text{時}/\text{日} = 7758\text{人}/\text{日}$$

- 避難施設で域内避難をしている人は、最大で2.6万人である。しかし、当該地域の域外避難対象住民が逃げ込む近距離の避難施設には高台に立地し、浸水しなかったり、決壊後3日未滿で浸水が解消するような施設もある。そのような施設については、積極的に救助に行く必要がない。3日程度以内での孤立解消を目指した場合、浸水継続3日以上となる地域にある避難施設が救助対象となり、そのような施設に身を寄せている避難者は、最大で1.8万人である。順調にいけば、ボートでは3日で救助可能ということが分かる。
- ただし、これらの数値は全体を平均的にみた場合のものであり、施設によっては救助しにくい構造であったり、大人数を収容していたり等、救助に時間を要する場合がある。そのような施設については、重点的な対応やヘリの活用等の工夫が求められることとなる。

【定量的な算出方法（ボートの必要数の算出）】

- 避難可能箇所毎に必要なとなる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降ろし、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）

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

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。

【具体的な検討例（ボートの必要数の算出（荒川左岸7kp地点が決壊した場合））】

- ボートによる救助可能人数の算出と同様に、特定の地点が決壊した後の状況で検討する。次図より、片道移動距離については、最大でも1.6km程度であることが分かるため、平均距離を0.8kmと設定する。移動速度については、23ページの表のとおりであるため、重み付け平均をすると、次式のようなになる。

$$2\text{km/時} \times 600\text{艇}/1900\text{艇} + 2\text{km/時} \times 1000\text{艇}/1900\text{艇} + 2.6\text{km/時} \times 300\text{艇}/1900\text{艇} = 2.09 \text{ km/時 (往路)}$$

$$1.2\text{km/時} \times 600\text{艇}/1900\text{艇} + 1.2\text{km/時} \times 1000\text{艇}/1900\text{艇} + 2\text{km/時} \times 300\text{艇}/1900\text{艇} = 1.33 \text{ km/時 (復路)}$$

- さらに、障害物の回避・除去、救助隊員の疲労等を考慮し、好条件の場合の速度の半分となるものとする。そうすると、往路1.05 km/時、復路0.66 km/時となる。
- 1艇あたりの下船時間は、1分/人だから、下船時間は3.42分/艇となる。移動困難者については、1艇あたりの下船時間は2分/人のため、下船時間は3.26分/艇となる。

$$3.42\text{人/艇} \times 1\text{分/人} = 3.42\text{分/艇 (移動困難者以外の避難者救助)}$$

$$1.63\text{人/艇} \times 2\text{分/人} = 3.26\text{分/艇 (移動困難者救助)}$$

- 病院・福祉施設については、入院・入所者の半分の付添支援者がいるため、1艇あたりの下船時間は、3.31分/艇 (= (3.42 + 2×3.26) ÷ 3) となる。また、係留・救助者乗船・係留解除に要する時間は12.63分/艇 (= 12.84 + 2×12.52) ÷ 3) となる。したがって、**病院・福祉施設におけるボートの必要数は、830艇**となる。

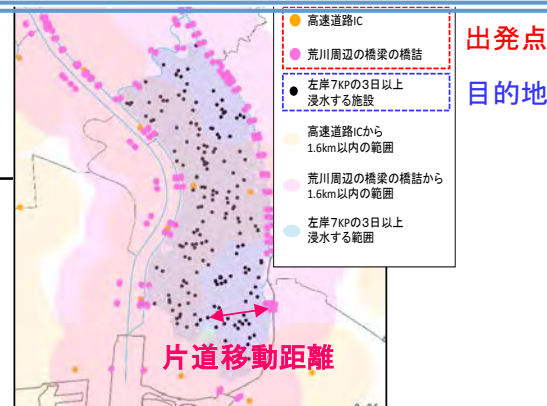
$$\{ (0.8 \text{ km} \div 1.05 \text{ km/時} + 0.8\text{km} \div 0.66 \text{ km/時} + 3.31\text{分/艇} \div 60\text{分/時}) \div 12.63\text{分/艇} \times 60\text{分/時} + 1 \} \times 78\text{施設} = 830\text{艇}$$

- 同様に、避難施設については、移動困難者と同数の付添支援者がいるため、1艇あたりの下船時間は、3.34人/艇 (= (3.42 + 3.26) ÷ 2) となる。また、係留・救助者乗船・係留解除に要する時間は12.68分/艇 (= 12.84 + 12.52) ÷ 2) となる。したがって、**避難施設におけるボートの必要数は、573艇**となる。

$$\{ (0.8\text{km} \div 1.05 \text{ km/時} + 0.8\text{km} \div 0.66 \text{ km/時} + 3.34\text{分/艇} \div 60\text{分/時}) \div 12.68\text{分/艇} \times 60\text{分/時} + 1 \} \times 54\text{施設} = 573\text{艇}$$

- 以上から、**ボートの必要数は1,403艇**と求められる。

救助の出発点から目的地までの移動距離の例（荒川左岸7kp地点決壊の場合）



【定量的な算出方法（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。

$$\begin{aligned} & \text{ヘリによる1日あたりの救助可能人数（人/日）} \\ & = \text{①単位面積あたりの救助者数（人/日・km}^2\text{）} \times \text{②救助対象者が避難している地域の面積（km}^2\text{）} \end{aligned}$$

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 km²であったことから、単位面積あたりの救助者数は86人/日・km²（=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。

【具体的な検討例（ヘリによる救助可能人数の算出（荒川左岸7kp地点が決壊した場合））】

- ボートと同様に、特定の地点が決壊した後の状況で検討する。荒川左岸7kp決壊による3日以上浸水継続する面積は24km²であることから、**ヘリによる1日あたりの救助可能人数は2064人/日（=86×24）**である。

【定量的な算出方法（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ることにより求めることができる。

$$\text{ヘリの必要数（機）} = \text{①単位面積あたりの活動機数（機/km}^2\text{）} \times \text{②救助対象者が避難している地域の面積（km}^2\text{）}$$

①単位面積当たりの活動機数

H27常総水害においては約40km²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9.2km²となる。決壊後2日目には約50機のヘリが出動していたことから、単位面積当たりの活動機数は約5.4機/km²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。

【具体的な検討例（ヘリの必要数の算出（荒川左岸7kp地点が決壊した場合））】

- ボートと同様に、特定の地点が決壊した後の状況で検討する。その場合、必要機数は、**130機（=24km²×5.4機/km²）**となる。

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.5 手順5 大規模・広域避難に要する時間の算出

3.5.1 ボトルネック箇所の特定制

避難時間の具体的な算出方法として、詳細な交通シミュレーションを実施することも考えられるが、計算精度を保ったままで、かつ簡易に算出できる方法として、交通の供給量として、交通手段・経路別に交通容量が最も小さい地点（以下、「ボトルネック」という。）を特定して算出する方法を提案する。

【具体的な検討例】

- ボトルネックを特定し、その交通容量を設定する。次に、需要量として、域外避難の総量と、避難に無関係な非避難交通量とを設定する。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。）は、交通手段・経路別の交通需要が必ずしもその交通容量に比例して配分されるわけではないため、混雑の不均衡が生じてしまうことから、避難時間が長期化してしまう。つまり、避難時間を最短にするには、交通手段・経路別の交通容量に比例して交通需要を割り振ることとなる。
- 江東5区は、西を隅田川、東を江戸川に囲まれていることから、**徒歩及び自動車のボトルネックは基本的に西方面は隅田川を渡る橋梁、東方面は江戸川を渡る橋梁となる。**
- 北方面については、足立区では新芝川、毛長川、綾瀬川、桁川、葛飾区では大場川を渡る橋梁がボトルネックとなる。
- 南方面については、江東区と江戸川区の双方に浸水しない高台が存在するため、その高台に移動するための道路の経路上で最も交通容量の小さな箇所がボトルネックとなる。江東区では豊洲運河、砂町運河を、江戸川区では新川、旧江戸川を渡る橋梁がそれに該当する。
- なお、荒川・中川・綾瀬川等の江東5区内の河川を渡る橋梁がボトルネックになる可能性もあるが、検証した結果、江東5区における徒歩・自動車避難のボトルネックについては、外縁部近辺となることがほとんどであった。
- 自動車の場合は、さらに避難経路として**首都高速道路もあるため、入口への一般道の接続車線、混雑するJCTもボトルネックとなる。**
- 鉄道については、**ボトルネックは浸水区域内の駅となる。**

江東5区における移動手段別のボトルネック



3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.5 手順5 大規模・広域避難に要する時間の算出

3.5.2 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

交通手段別の需要量と各自最短距離避難における避難に要する時間を算出する。

【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※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。
- 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。

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

※ 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。

- さらに、第2～4項については、平成20年の東京都市圏パーソントリップ調査（以下、「PT調査」という。）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）、訪問交通は内外交通（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。

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

- 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※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。

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

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

- 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。
- 本資料においては、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。
- 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。

※ 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。

域外避難の避難時間算出の基本的な考え方

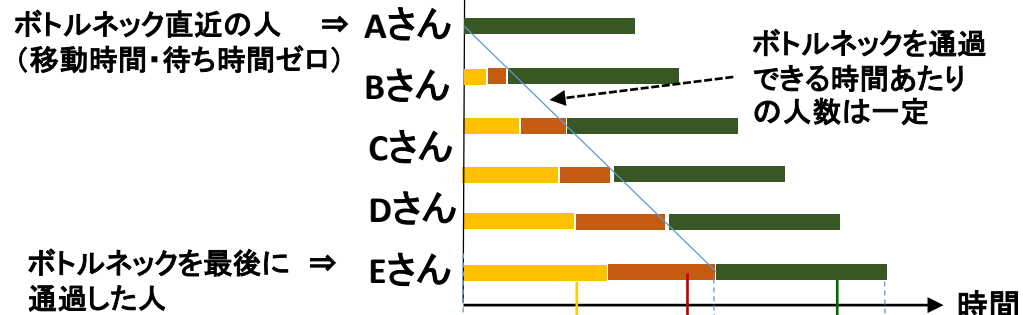
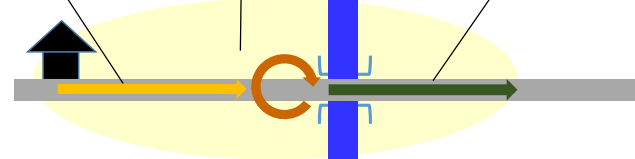
交通手段とボトルネック

- ▶ 大量の交通需要が短時間に集中した場合、経路内で**最も交通容量が小さい箇所**、いわゆる**ボトルネック**で**渋滞が発生**する。
- ▶ **徒歩と自動車**については**橋梁やICがボトルネック**になる。
- ▶ 鉄道については**駅がボトルネック**になる。

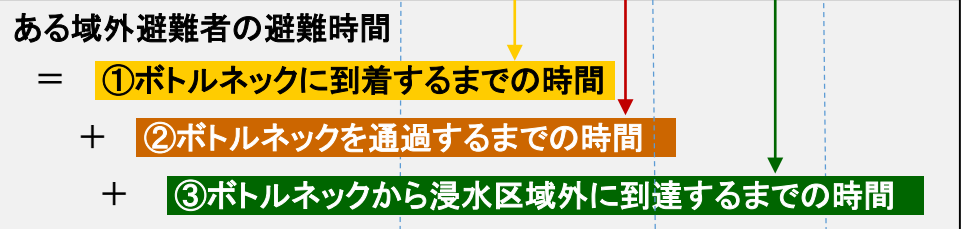
ボトルネック箇所のイメージ



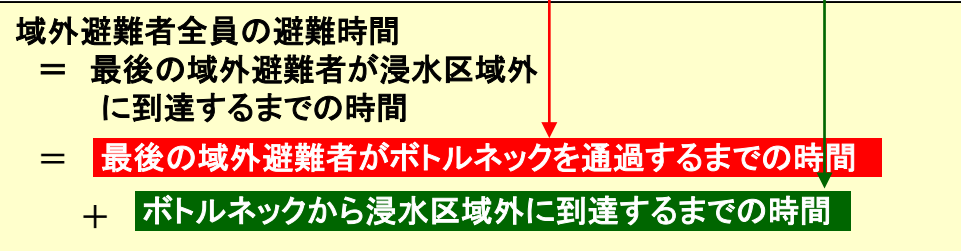
- ① ボトルネックに到着するまでの時間
- ② ボトルネックを通過するまでの時間
- ③ ボトルネックから浸水区域外に到達するまでの時間



個人に着目した算出方法



ボトルネックに着目した算出方法



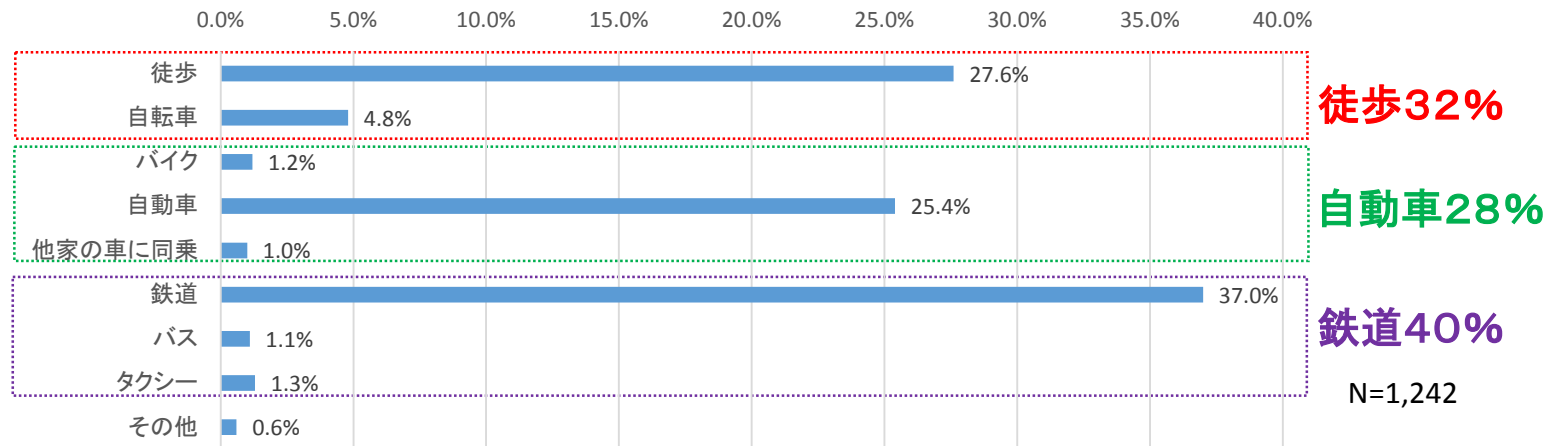
最後の域外避難者が通過する時間 = 域外避難者数 ÷ ボトルネック箇所の時間交通容量

【具体的な検討例（交通手段別の需要量）】

- 域外避難者の総数は先に算出したとおり159～178万人であり、住民調査を基にこの域外避難者を交通手段別に割り振ることとなるが、そのためにはアンケート調査等を行うことが必要となる。住民インターネット調査において、浸水区域外への避難をする意向を示した1242票を分類すると、**避難時の交通手段については徒歩32%、自動車28%、鉄道40%**であった※1。これに基づくと自動車の利用台数は最大で約23万台（=178万人×28%÷平均世帯人数※2 2.16）となり、江東5区における自家用車数約45万台※3を下回っていることが確認できる。本検討では交通手段選択率を全地区一律としたが、各地区における橋梁・首都高入口・駅までの距離、自動車保有率によって、これらの交通手段選択率は異なると考えられることから、実際の広域避難計画を策定するにあたっては、より詳細な調査を行うことが望ましい。次に、非避難交通を設定する。PT調査による江東5区の1日あたりの総量については、鉄道511万トリップ、自動車121万トリップ、徒歩124万トリップである。このうち、通過交通である外外交通（出発点・到着点ともに地域外）については、鉄道241万トリップ、自動車が22万トリップ、徒歩が2万トリップである。訪問交通である外内交通（出発点が地域外、到着点が地域内）については、鉄道120万トリップ、自動車26万トリップ、徒歩2万トリップである。ここで分かるように、徒歩については総量と比較して、通過交通、訪問交通が少量であるため、本資料では徒歩の通過・訪問交通は計上しないこととする。鉄道、自動車については、それぞれの避難時間算出の際に個別に設定するが、おおよそこれら平時のトリップの半数を計上することとなる。半数と言えども、非避難者によるトリップ数205万となり、域外避難人口159～178万人よりも多いことが分かり、非避難交通の抑制が避難時間の短縮には効果的であることがわかる。

住民インターネット調査（避難時の交通手段）

- 域外避難者は、**自らの意志で交通手段を選択**し、浸水区域外を目指して**最短距離で避難**するものとする。
- **徒歩・自動車・鉄道の各交通手段の利用割合**は、江東5区住民を対象とした**アンケート結果に基づき設定**した。
- 対象者は域外避難の対象者に加えて非避難者による通過交通を見込んだ



※1 避難先として浸水区域内を答えている回答は集計対象としていない。回答における「自転車」は「徒歩」に含め、「バイク」と「他家の車に同乗」は「自動車」に含め、「バス」と「タクシー」は「鉄道」に含めた。

※2 平成22年国勢調査（総務省統計局）人口等基本集計 第2表

※3 関東運輸局管内自動車保有車両数（平成28年4月時点）。

非避難者による通過交通

平常時における江東5区に係わる交通は以下のパターンに分類される。

- No.1 内→内: 江東5区圏内の移動
- No.2 内→外: 江東5区圏内から圏外への移動
- No.3 外→内: 江東5区圏外から圏内への移動
- No.4 外→外: 江東5区圏外間の移動※

パーソントリップ調査

- ・個人の1日の交通行動について、出発点と到着点、その交通手段、時間帯を調査
- ・通勤・通学、業務交通、私的交通等のあらゆる交通を対象

No.	通過交通パターン (●:出発点、●:到着点)	集計方法	各交通手段の1日あたりトリップ数 (H20東京都市圏パーソントリップ調査)			各代表交通手段の合計トリップ数に対する 各通過交通パターンの割合		
			鉄道	自動車	参考: 徒歩	鉄道	自動車	参考: 徒歩
1		・出発点: 江東5区 ・到着点: 江東5区 のトリップを抽出	合計 511万			6%	39%	95%
2		・出発点: 江東5区 ・到着点: 江東5区圏外 のトリップを抽出	29万	121万	120万	24%	21%	1.5%
3		・出発点: 江東5区圏外 ・到着点: 江東5区 のトリップを抽出	241万	47万	26万	23%	21%	1.5%
4		江東5区を通過するトリップのうち、上記No.1、2、3以外の全トリップを抽出		22万	118万	47%	19%	2%

鉄道と自動車については、No.2,4にあたる交通量の半数を、避難時の通過交通として設定

- ・避難時間は江東5区外縁部の橋梁等のボトルネック箇所の交通容量に依存している(詳細後述)。No.1の内内交通及びNo.3の外内交通については、江東5区内から江東5区外へ脱出する交通ではないため、ボトルネック箇所の交通容量に影響を与えないことから、通過交通としては考慮しない。
- ・No.2の行動主体は、江東5区内外の住民が混在している。江東5区民については他の交通をとり止めて最優先に避難行動をとると考えられることから、一定の抑制がなされると期待できる。一方で、江東5区外の住民による交通もあることから、一定数を見込んでおく必要がある。(No.2が通勤・通学が主であれば、昼間人口よりも多い夜間人口で検討していることから、No.2を考慮する必要はないとも考えられるが、業務目的で5区に入った5区外住民が5区外へと戻るというような交通も含まれていると考えられるため、考慮の対象とすることとした。)
- ・No.4の交通主体については、江東5区外の住民がほとんどであると考えられるため、考慮する必要がある。
- ・避難時においては非避難者の交通行動も一定の自粛等がなされると思われるため、非避難者による通過交通は平常時の半数程度として設定する。
- ・徒歩については、影響が微少であることから通過交通を設定しない。

※ パーソントリップ調査では、トリップの詳細な経路が不明であるため、出発点と到着点を結んだ直線が江東5区内を通過する場合に、江東5区の外外交通として計上した

【定量的な算出方法（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とることにより、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※ 1

密度4人/m²程度で渋滞の始まり※ 1、または停止時の限界密度※ 2

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※ 3

密度6人/m²程度で群集移動の停止※ 1、またはラッシュ時の満員電車の状態※ 2

密度6人/m²超※ 4、または10人/m²超※ 3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※ 5

**密度1.5～3.5人/m²
程度の混雑※ 6**



- ※ 1 火災便覧第3版、共立出版
- ※ 2 社団法人全国警備業協会：雑踏警備業務の手引き
- ※ 3 明石市民夏まつり事故調査委員会 報告書
- ※ 4 Dr.John、J. Fruin：Crowd Dynamics and Auditorium Management
- ※ 5 警察からの聴取による。
- ※ 6 ※ 2 J.Fruin、歩行者の空間、鹿島出版会、1974

B:速度

速度と密度の関係を表したFruin（フルーイン）式※1（速度V = 1.356 - 0.341 × 密度 ρ）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、本資料では、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。

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

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

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。

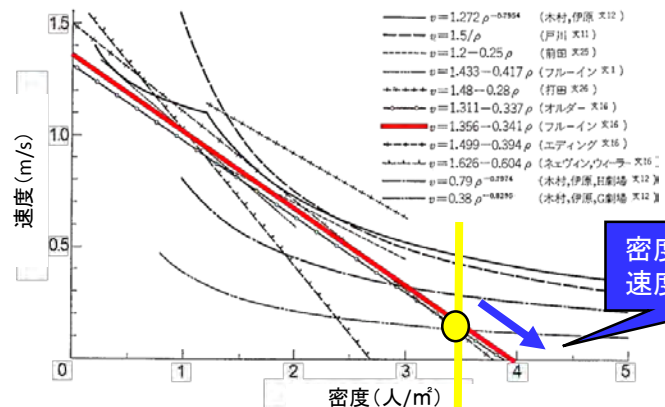
D:荷物による低減率

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。

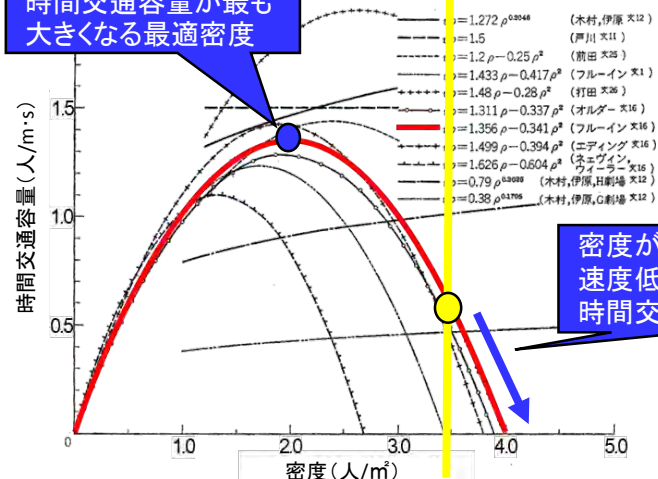
③各ボトルネックから先の移動時間

ボトルネックを通過した後は、浸水想定区域外まで渋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/h※3、老人自由歩行速度3.6km/h※4、過去の避難シミュレーション3.2km/h※5、2.9km/h※6等がある。

徒歩避難の速度



時間交通容量が最も大きくなる最適密度



- ※1 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.
- ※2 J.Fruin, 歩行者の空間, 鹿島出版会, 1974
- ※3 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
- ※4 岡田光正・浅野博光・依元吉: 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
- ※5 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
- ※6 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」

徒歩による避難時間の考え方

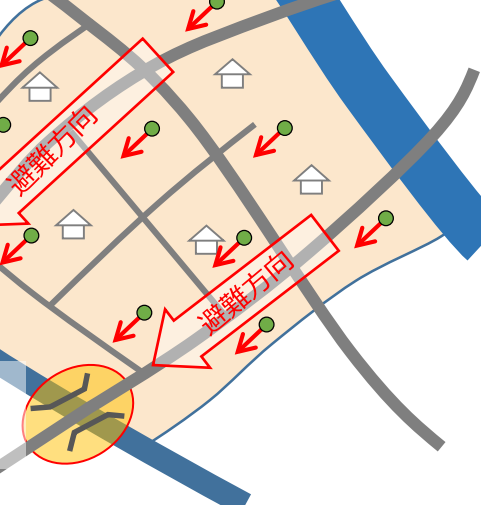
- 徒歩による避難時間は、「域外避難者が**ボトルネックである橋梁を渡るまでの時間**」と、「そこから浸水想定区域外の避難先まで移動するまでの時間」との合計である。
- ボトルネックである橋梁を通過するのに要する時間は、**橋梁部での渋滞の有無**により、算出方法が下記①と②に分類され、いずれか長い方となる。

避難時間 = **最後の域外避難者がボトルネックを通過するまでの時間** + **ボトルネックから浸水区域外に到達するまでの時間**

ボトルネック通過時間の基本的な考え方

避難対象となる河川

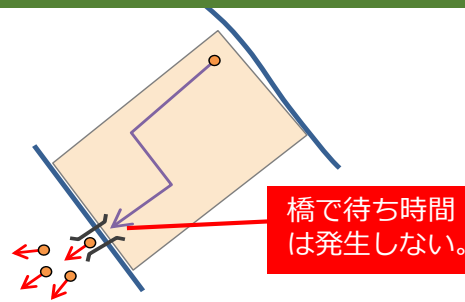
A地区



避難時に通る橋梁

①橋梁での渋滞なし

最遠点の居住者が最後の通過者となり、当該域外避難者の“移動時間”が通過時間となる。



橋で待ち時間は発生しない。

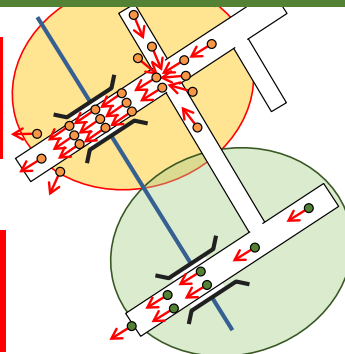
または

②橋梁での渋滞あり

橋梁には常に行列があるため、通過者数を橋梁の時間交通容量で除せば、最終域外避難者の通過時間となる。

橋で常に渋滞が発生。一定速度で通過。

最寄りの橋梁から浸水区域外へ避難

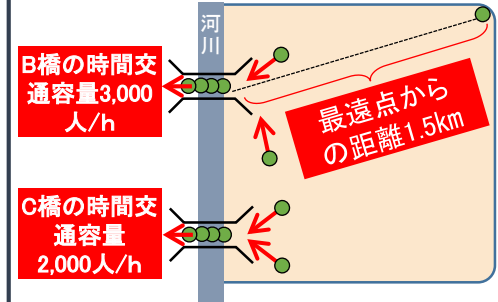


ボトルネック通過時間の算出

A地区の人口: 1万人

うち B橋に近い人口: 3,000人

C橋に近い人口: 7,000人



B橋の時間交通容量3,000人/h

C橋の時間交通容量2,000人/h

■算定パターン①: 橋で渋滞なし
最遠点からの距離 ÷ 歩行速度 (時速3km)
 $1.5\text{km} \div 3\text{km/h} = 0.5\text{時間}$

■算定パターン②: 橋で渋滞あり
B橋に近い人口 ÷ B橋の時間交通容量
 $3,000 \div 3,000 = 1.0\text{時間}$
C橋に近い人口 ÷ C橋の時間交通容量
 $7,000 \div 2,000 = 3.5\text{時間}$

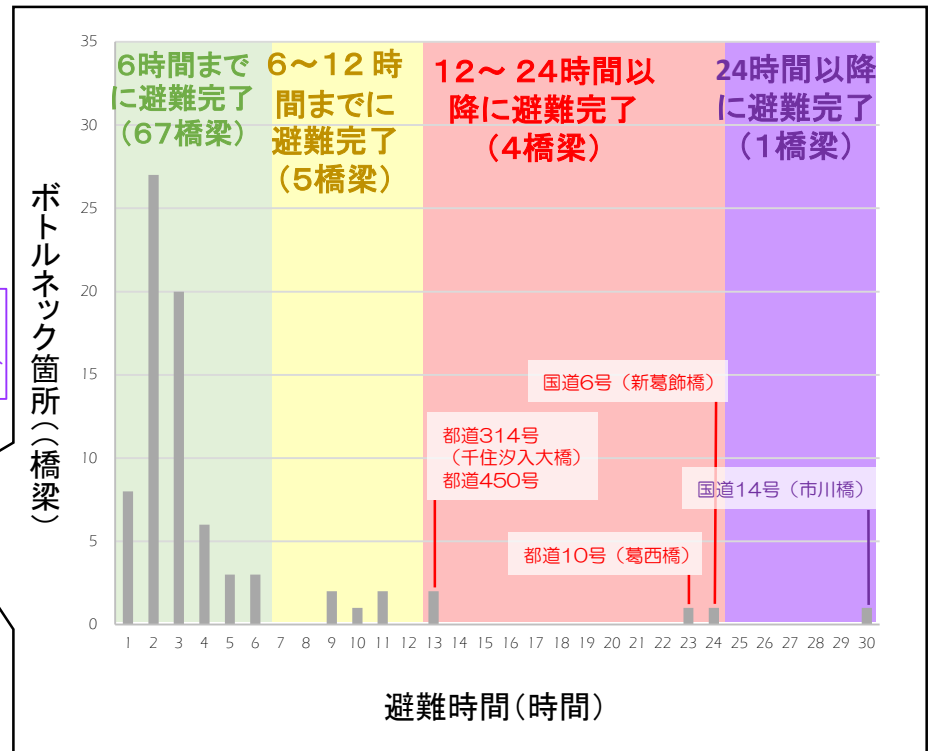
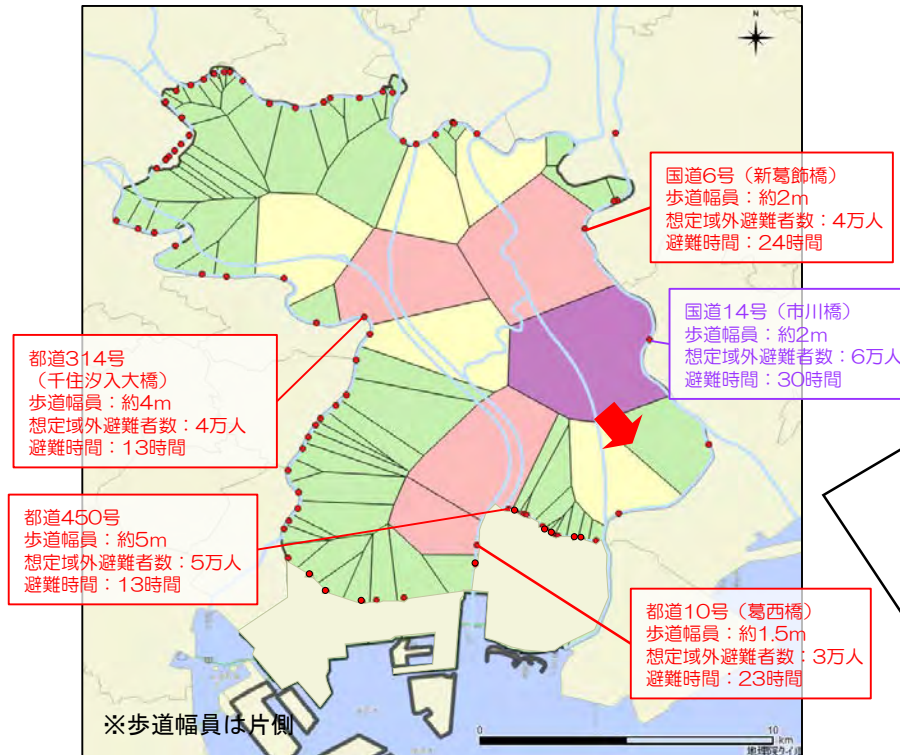
上記の2つの結果のうちより**長い方が、ボトルネック通過時間**となり、A地区の場合は**3.5時間**となる。
避難時間は、さらに**橋梁から避難先までの移動時間**を足したものとなる。

【具体的な検討例（各自最短距離避難の場合の徒歩による避難時間）】

- 先に設定した浸水区域外へと脱出する経路上にあるボトルネックを基点として、Thiessen分割した各地区において、上記に基づいて算出した避難時間に基づき地図を色分けすると、以下ようになる。これにより、葛飾区及び江戸川区から東方面へと避難するために経路する国道6号が避難に24時間、国道14号が30時間要するボトルネックとなっていることが分かる。一方で、避難時間が6時間を切るのは西部と北部に多いことが分かる。東方面へと渡る橋梁の数は、西方面・北方面へと分かる橋梁の数に比較して、極端に少ないからである。なお、歩道幅員は片側のみとしている。
- このように、域外避難者が自らの居住地に最も近いボトルネックを経由して避難すると、徒歩では30時間を要することとなる。しかし、図を見れば明白であるが、国道6号、14号に隣接しているボトルネックについては、避難時間が6時間未満であるものもあるため、交通誘導を適切にすることにより、江東5区全体で避難時間を短縮することが可能である。

徒歩避難時のボトルネック毎の避難時間

● ボトルネックとなっている橋梁77



↑ 調整の効果が期待できる移動経路

【定量的な算出方法（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。

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

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%※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（本資料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）。

自動車による避難時間の算出手順

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

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。

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

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、本資料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6.2km/h程度であったこと※¹、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5km程度を記録していたこと※²、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※³、国道1号大手町～五反間で時速1.0km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4.7mを採用する※⁴。

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、AASHTO※⁵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※⁴。

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。

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

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。

※¹ 上坂克巳・橋本浩良・塚田幸広：プロブデータから見た道路ネットワークの課題、2012

※² 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

※³ 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)

※⁴ 道路構造令の解説と運用

※⁵ 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

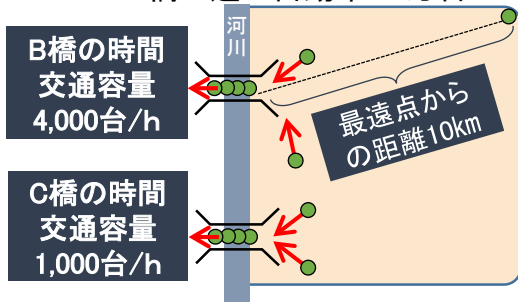
自動車避難におけるボトルネック

- 自動車による避難時間は、「避難車両が**ボトルネック箇所を通過するまでの時間**」と、「そこから浸水想定区域外の避難先まで移動するまでの時間」との合計であり、一般道路と高速道路のそれぞれで算出する。
- 一般道路**の避難時間は、**橋梁がボトルネック**になると考えられるため、**徒歩と同様に算出**する。
- 高速道路**の避難時間は、**ボトルネック**になると考えられる「①浸水想定区域外への**脱出部**」、「②高速道路内の**日常的な渋滞箇所**」、「③高速道路の**入口**」の3箇所における避難時間を算出し、最も時間のかかる箇所の避難時間とする。

避難時間 = **最後の域外避難者がボトルネックを通過するまでの時間** + **ボトルネックから浸水区域外に到達するまでの時間**

一般道路におけるボトルネック

A地区の自動車保有台数: 5万台
 うち B橋に近い自動車: 2万台
 C橋に近い自動車: 3万台



■算定パターン①: 橋梁での渋滞なし
 最遠点からの距離 ÷ 自動車速度 (時速20km)
 $10\text{km} \div 20\text{km/h} = 0.5\text{時間}$

■算定パターン②: 橋梁での渋滞あり
 B橋に近い自動車 ÷ B橋の時間交通容量
 $20,000 \div 4,000 = 5.0\text{時間}$
 C橋に近い自動車 ÷ C橋の時間交通容量
 $30,000 \div 1,000 = 30\text{時間}$

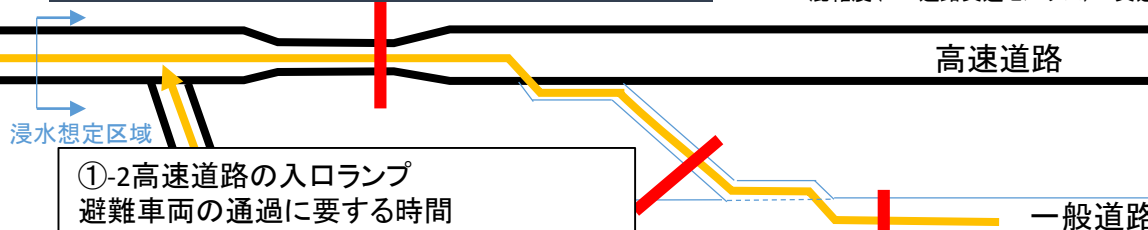
※非避難者による通過交通を避難車両に足したもので計算する必要があるが、ここでは省略した。
 (詳細は参考資料2)

上記の2つの結果のうちより**長い方が、ボトルネック通過時間**となり、A地区の場合**は30時間**となる。

高速道路におけるボトルネック

②高速道路内の車線減少箇所※
 避難車両の通過に要する時間
 = 避難車両数 / ボトルネック箇所の時間交通容量

※ 高速道路内の車線減少箇所(3箇所)
 ・堀切JCT: 中央環状線 → 向島線 (2車線 → 1車線), 混雑度0.72
 ・箱崎JCT: 深川線 → 向島線 (2車線 → 1車線), 混雑度1.05
 ・江戸橋JCT: 向島線 → 都心環状線 (2車線 → 1車線), 混雑度1.35
 混雑度 (H22道路交通センサス) = 交通量 / 交通容量



③浸水想定区域外への脱出部
 (複数地域の車両が集中する箇所)
 避難車両の通過に要する時間
 = 避難車両数 / 脱出地点の時間交通容量

①-2高速道路の入口ランプ
 避難車両の通過に要する時間
 = 避難車両数 / 入口ランプの時間交通容量

①高速道路の入口【③-1と③-2の長い方】
 (周辺居住者の車両が集中する箇所)

①-1高速道路に接続する一般道
 避難車両の通過に要する時間
 = 避難車両数 / 一般道の時間交通容量

自動車における速度の設定

以下の東日本大震災時の実績に基づき、**自動車避難における速度を3km/hと設定した。**

東日本大震災の実績①

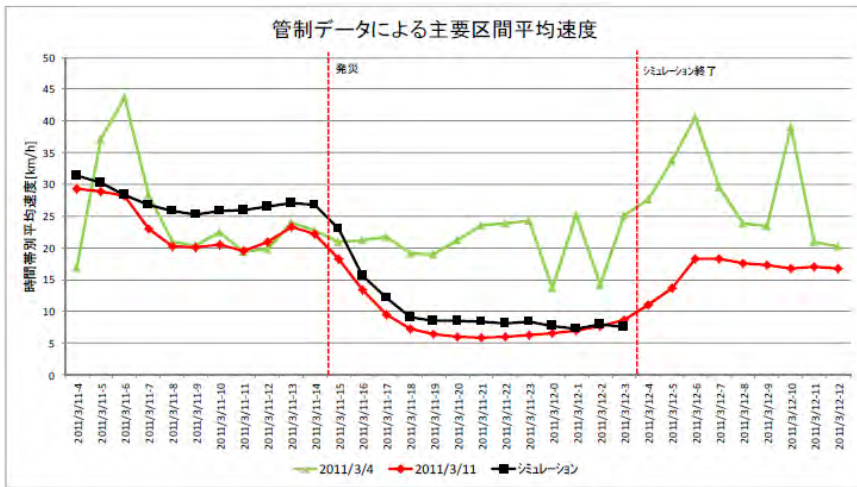
- ▶ 3月11日のプローブデータ(ナビゲーションシステムから得られる自動車の走行軌跡データ)等より分析した結果、16時～23時台の平均旅行速度は、23区内で**6.2km/h**程度

出典: 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

東日本大震災の実績②

- ▶ 東日本大震災時の警視庁の管制データをもとに整理した自動車の平均速度は、3月11日21時ごろに下限値のピークとなっており、時速5km程度を記録している

⇒ 下限値ピークは**5km/h**程度



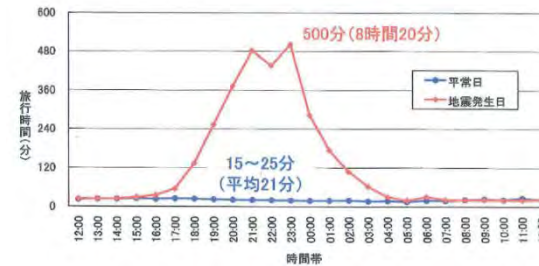
出典: 東京23区を対象とした大規模災害時交通シミュレーションと交通渋滞緩和策の評価 (東京大学 大口敬, 東京都 伊藤麻紀・水田 隆三, 株式会社アイトランスポート・ラボ 堀口良太)

東日本大震災の実績③

- ▶ 都心の主要路線について、タクシーにおける3月11日の一定の区間の通過に要する時間を分析

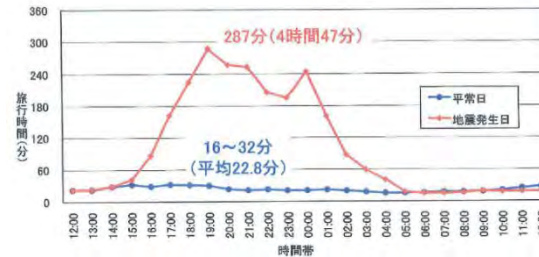
1. 国道1号線 大手町 ⇒ 五反田 (桜通り) 【8.3km】

(以下、分析結果)



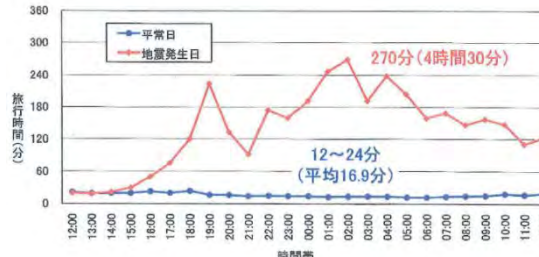
⇒ 時速**1.0**km/h程度

2. 国道246号線 牟町 ⇒ 瀬田 (青山通り~玉川通り) 【12.4km】



⇒ 時速**2.6**km/h程度

3. 国道6号線 本町 ⇒ 東向島 (江戸通り~水戸街道) 【5.7km】



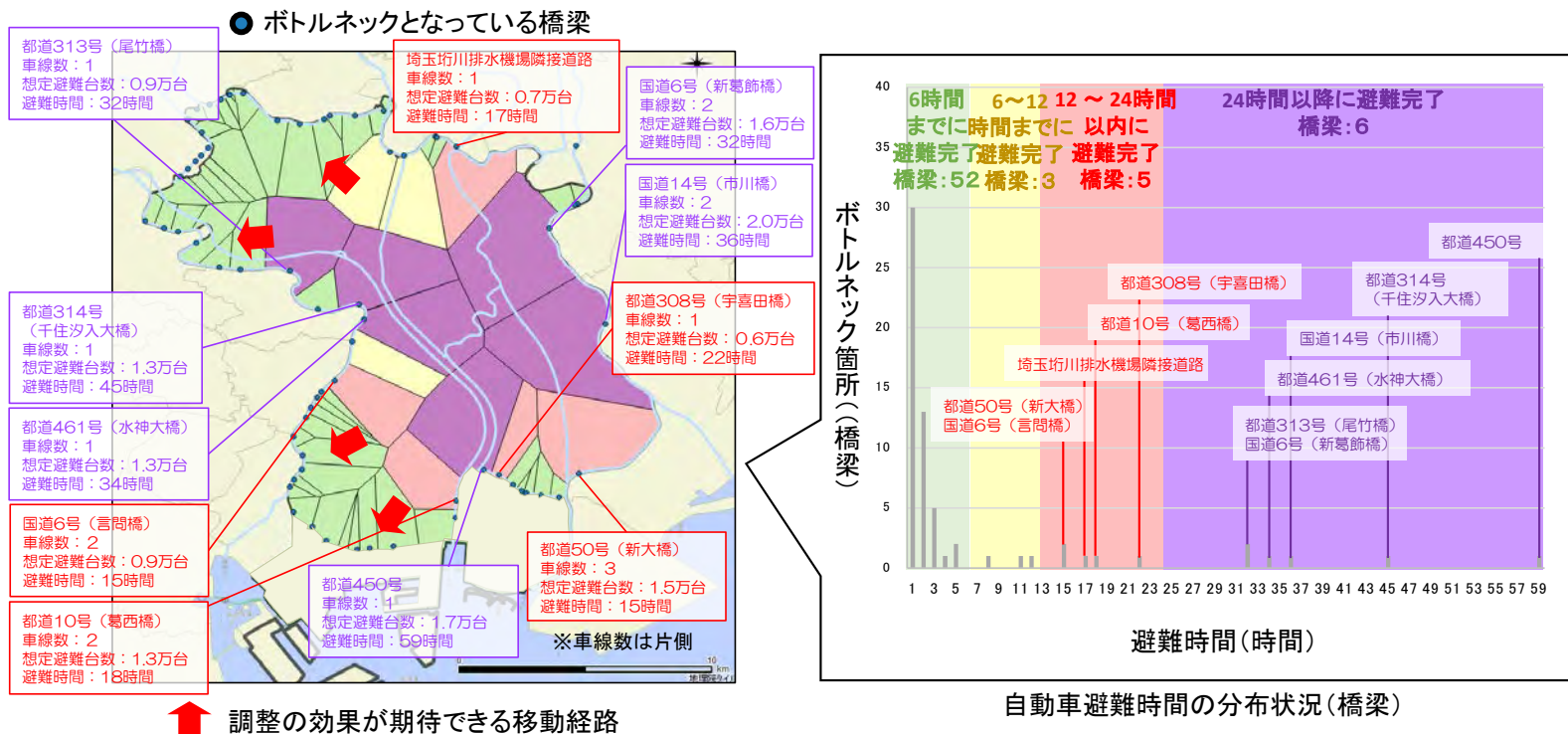
⇒ 時速**1.3**km/h程度

出典: 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)

【具体的な検討例（各自最短距離避難の場合の自動車による避難時間）】

- 各車両に乗車する平均世帯人数は2.16名である。また、各ボトルネックから先の移動速度については、既往の調査結果等を参考に16km/hとする。この根拠として、東京都特別区一般国道（直轄）の混雑時旅行速度16.4km/h※1、東京都心（千代田区、中央区、港区）の平均旅行速度が16km/h※2が挙げられる。なお、車道幅員は片側のみとしている。
- 徒歩とは違い、自動車避難の経路には首都高速道路もあるため、橋梁以外のボトルネックとして首都高入口への接続車線がある。首都高入口が受け持つThiessen領域内の自動車避難のうち一定数が首都高入口から首都高速道路を利用するものとし、残りについては隣接するThiessen領域の橋梁から避難するものとした。隣接領域への域外避難者の配分には、接する辺の長さに比例させた。この際、江東5区全体で高速道路の分担率が13%となるように、首都高入口が受け持つThiessen領域内の首都高速道路利用率を設定するようにする。
- 徒歩と同様に、避難時間に基づき地図を色分けする。例えば避難に24時間以上を要するボトルネックは、徒歩でも時間を要していた国道6号と14号の東方面に加え、北千住周辺の都道3本、江戸川区南部へと抜ける都道1本となった。住民の自動車選択割合に比して、交通容量が小さいため、長時間を要する経路は徒歩よりも多くなっている。
- 自らの居住地に最も近いボトルネックを経由して避難すると、自動車避難では59時間を要することとなる。徒歩と同様に周辺のボトルネックは避難時間が短いものが多いため、交通誘導により避難時間の短縮が可能である。

自動車避難時（一般道）のボトルネック毎の避難時間

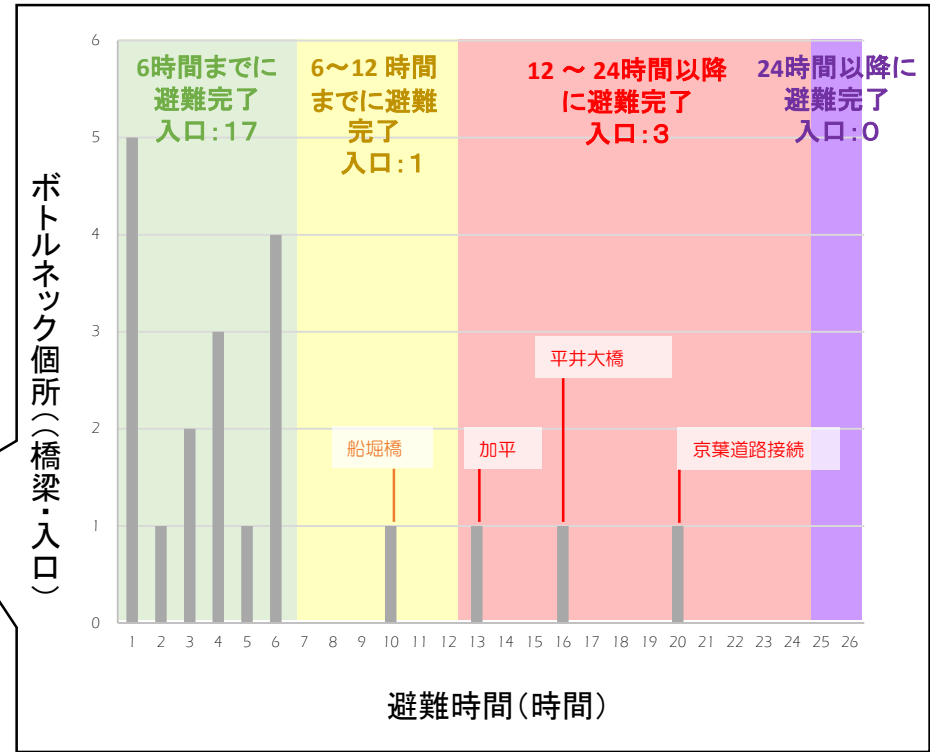
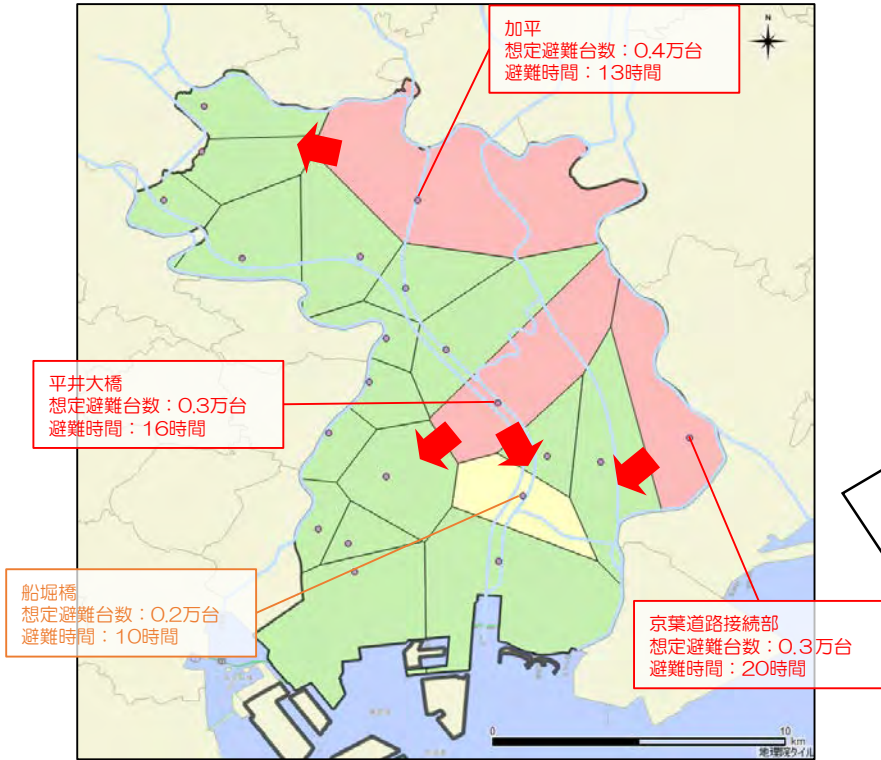


※1 平成22年度道路交通センサス 一般交通量調査 集計結果整理表 表5 旅行速度整理表

※2 関東地方整備局HP（平成21年4月～平成22年3月（昼間12時間帯））のトラフィックカウンターによる交通データ及びプローブ・カー・システムによる速度データ

自動車避難時（高速道路）のボトルネック毎の避難時間

● ボトルネックとなっている入口



自動車避難時間の分布状況（入口）

【定量的な算出方法（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。

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

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なって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。

$$\begin{aligned} \text{時間あたりの非避難交通（人/h）} &= \text{駅・路線・方面別の1日あたりの通過人数}^{\ast 1} \text{（人/d）} \\ &\times \text{平時の全トリップにおける外外交通と内外交通の比率}^{\ast 2} \\ &\div 18 \text{（1日あたり営業時間）} \end{aligned}$$

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。

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

※1 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。

※2 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。

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、次の方法をとる。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。

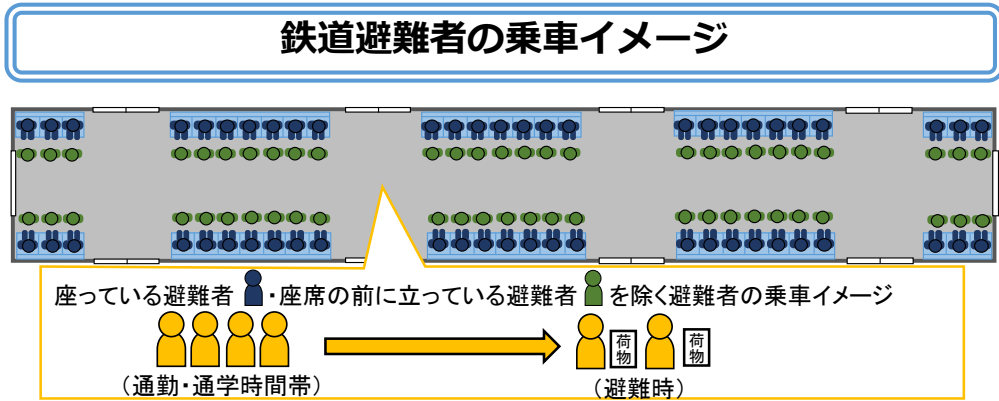
B:運行率

駅での乗降混雑による遅延の発生を考慮する。本資料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※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。



※ 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。

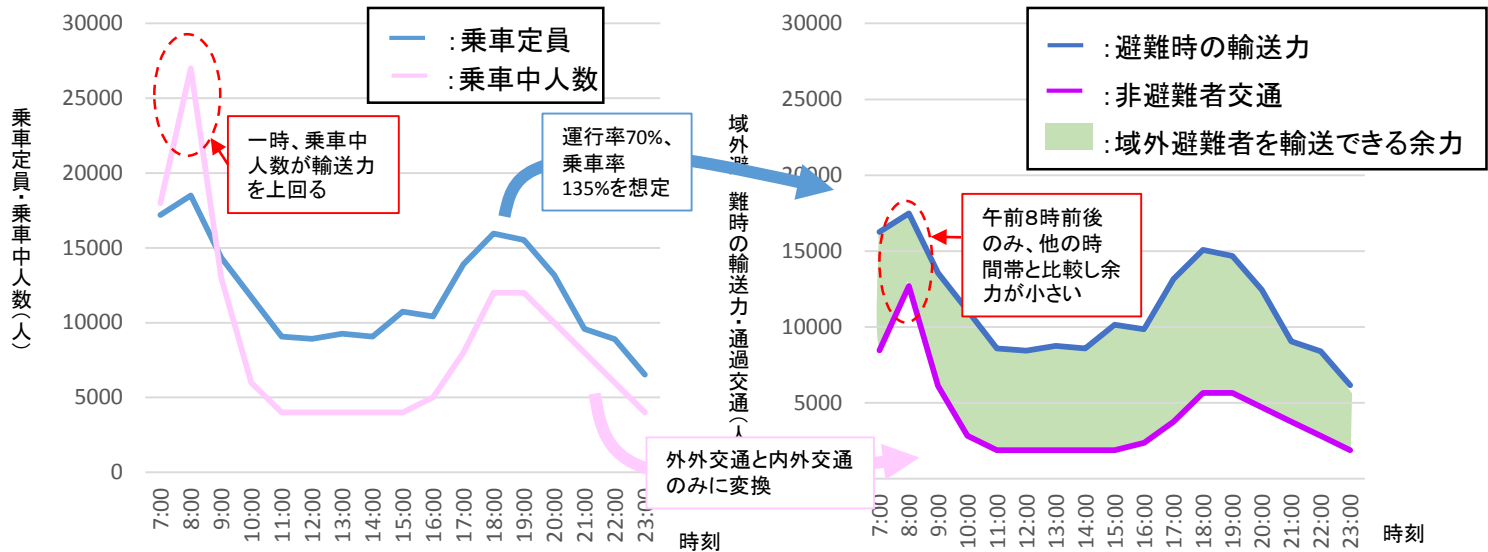
D: 1日あたり運行時間

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。本資料においては、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※1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。

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※2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。

※1 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。

※2 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）

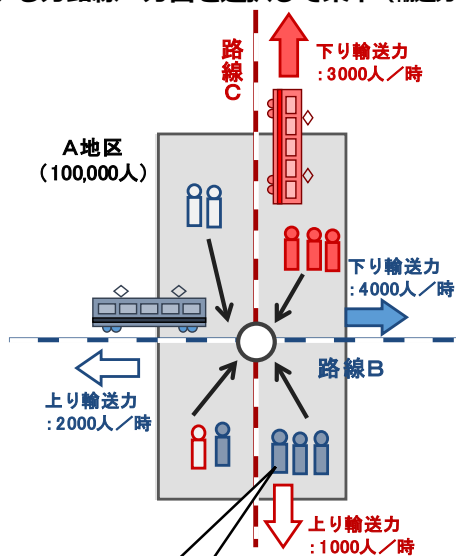
鉄道避難におけるボトルネック

- 電車による避難時間は、「最後の域外避難者が電車に乗り込むまでの時間」と「避難対象地域外に到達するまでの乗車時間」の合計である。
- 電車に乗り込むまでの時間は、電車に乗り込む際の渋滞の有無により、算出方法が下記①と②に分類され、いずれか長い方となる。

避難時間 = 最後の域外避難者が電車に乗り込むまでの時間 + 浸水区域外に到達するまでの乗車時間

電車に乗り込むまでの時間の基本的な考え方

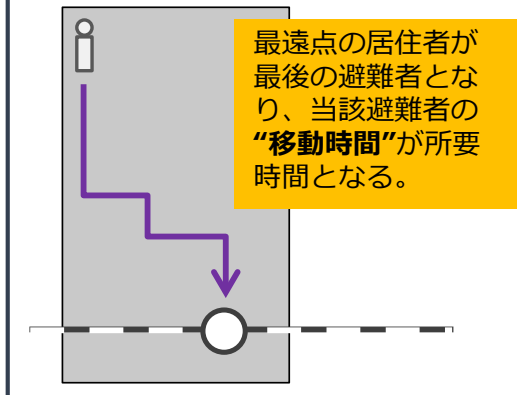
- 最寄り駅まで徒歩で移動
- 空いている方路線・方面を選択して乗車（輸送力に応じて分散）



A地区(100,000人)域外避難者の乗車時の分かれ方

路線	上りに乗車	下りに乗車
路線B	 輸送力: 2,000人/時 ⇒ 2万人	 輸送力: 4,000人/時 ⇒ 4万人
路線C	 輸送力: 1,000人/時 ⇒ 1万人	 輸送力: 3,000人/時 ⇒ 3万人

①乗車時の渋滞なし

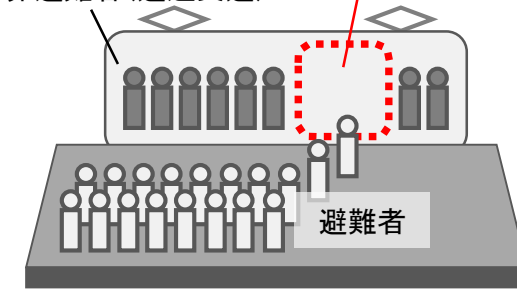


または

②乗車時の渋滞あり

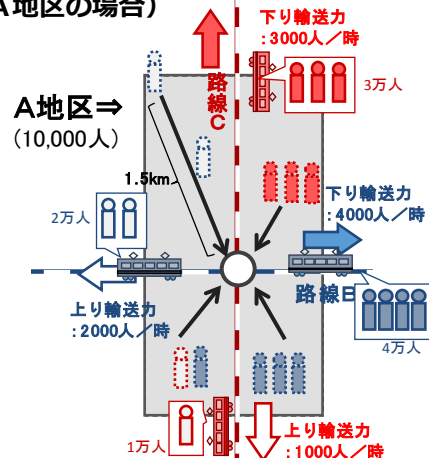
駅で常に待ち行列があるため、避難者数を時間輸送力で除せば、最終避難者が電車に乗り込むまでの時間となる。

避難者が乗車できるスペース
非避難者(通過交通)



電車に乗り込むまでの時間の算出

(A地区の場合)



■算定パターン①: 乗車時の渋滞なし
A地区最遠点からの距離÷歩行速度(時速3km)
 $1.5\text{km} \div 3\text{km/h} = 0.5\text{時間}$

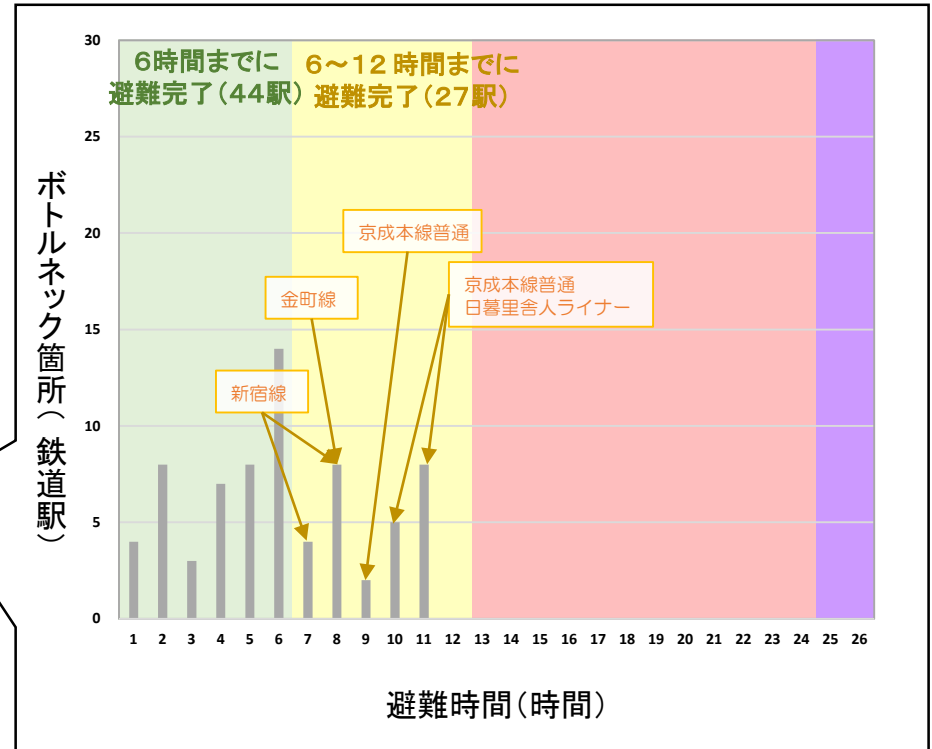
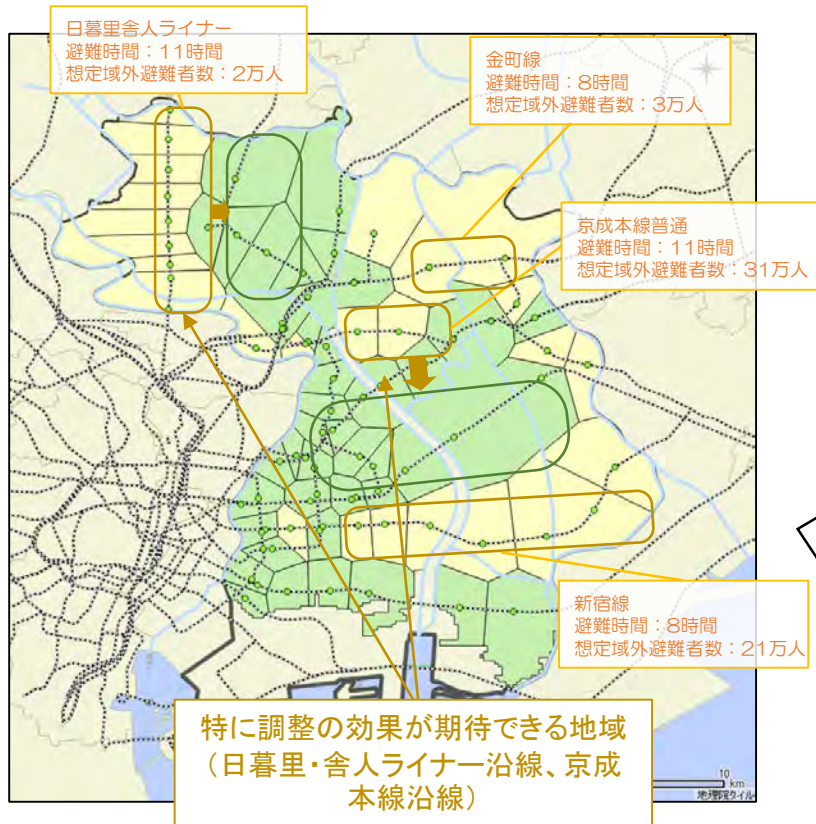
■算定パターン②: 乗車時の渋滞あり
避難人口÷(該当路線の時間乗車可能数)
・A地区路線C下りの場合
 $30,000\text{人} \div 3,000\text{人/時} = 10\text{時間}$
(他路線も同様に計算すると10時間となる)

上記の2つの結果のうち、より長い方が、ボトルネック通過時間となり、A地区の場合には10時間となる。
避難時間は、さらに駅から避難先までの乗車時間を足したものとなる。

【具体的な検討例（各自最短距離避難の場合の鉄道による避難時間）】

- 自動案内軌条式旅客輸送システム（AGT）である日暮里・舎人ライナーの乗車率については、網棚がないこと等から120%とした。
- 徒歩や自動車と同様に、避難時間に基づき地図を色分けする。鉄道は徒歩や自動車と比べて交通容量が大きく、**日暮里・舎人ライナー、京成本線普通の11時間が最大となった。**
- 自らの居住地に最も近いボトルネックを經由して避難すると、鉄道避難では11時間を要することとなる。徒歩や自動車以上に全体的に避難時間が短いため、駅間の交通誘導により避難時間の短縮が可能である。また、徒歩や自動車から交通手段を転換させることにより、避難時間を短縮させることができる。

鉄道避難時のボトルネック毎の避難時間



各駅の鉄道避難時間の分布状況図

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.5 手順5 大規模・広域避難に要する時間の算出

3.5.3 最短化した場合の避難時間の算出

域外避難者数と利用可能な交通容量を踏まえ、最短化した場合の避難時間を算出する。

【定量的な算出方法・具体的な検討例】

- 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、「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、徒歩26万人/h、自動車9万人/h、鉄道33万人/hの合計69万人/hとなる。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。）。各自最短距離避難の場合の交通手段では自動車が多くなっているが、自動車による避難可能人数は小さいため、自動車避難を抑制する必要がある。一方で、移動困難者のように、自動車でなければ浸水区域外までの移動が困難な域外避難者も存在するため、自動車避難の抑制が移動困難者の避難行動に支障がないかを確認する必要がある。
- 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。各自最短距離避難の場合は、先に見たとおり自動車避難の最も混雑する経路で59時間を要しており、9割の域外避難者が避難完了する時間を見てみると、約17時間となっている。一方で、避難時間を算術的に最短化すると、**約3時間で域外避難の対象者全員の避難を完了する**。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。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。
- 具体的には、域外避難者に理解されやすい単位に地域を分割し、交通手段の特性（徒歩避難は長距離移動が困難等）も考慮の上、分割された地域毎に避難手段・経路を特定することが考えられる。その際、分割する単位としては、市町村、学校区、自治会や町丁目、河川や道路の境界等が考えられる。
- 上記を踏まえ、江東5区において、避難時間が一定程度短縮でき、かつ域外避難者に理解されやすいと考えられる単位として仮に中学校区を設定し、以下の考えに基づいて中学校区毎の避難経路・手段を特定したところ、最も避難時間のかかる中学校区においても6時間未満となった。

- ・ 移動困難者は自動車で避難することとし、それ以外の域外避難者は徒歩もしくは鉄道で避難する
- ・ 徒歩避難者は長距離の移動とならないよう、ボトルネックを有する中学校区のみ徒歩避難とし、それ以外の学校区は鉄道で避難する
- ・ 鉄道避難者は基本的に最寄りの駅に向かうが、それにより学校区毎で避難時間が著しく異なる場合は、交通容量に余裕のある近隣の路線へ向かう

各自最短距離避難と避難時間を最短化した場合の避難時間の比較

交通手段・経路等の対策

域外避難者数	移動手段・経路	各自最短距離避難 (域外避難者の9割が避難完了する時間)	避難時間を最短化した避難 (域外避難者全員が避難完了する時間)
178万人		約17時間	約3時間

- 「各自最短距離避難」、「避難時間を最短化した避難」の**いずれの避難時間も極端な仮定に基づく**ものであり、**実際には両者の間の**時間で避難完了することとなる
- 特に、「**事故による交通容量低下は起きない**」という仮定は**いずれの避難形態にも共通のも**のであり、これが成立しないと、**大幅に時間が増加**する

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.6 手順6 避難勧告等の判断基準の設定

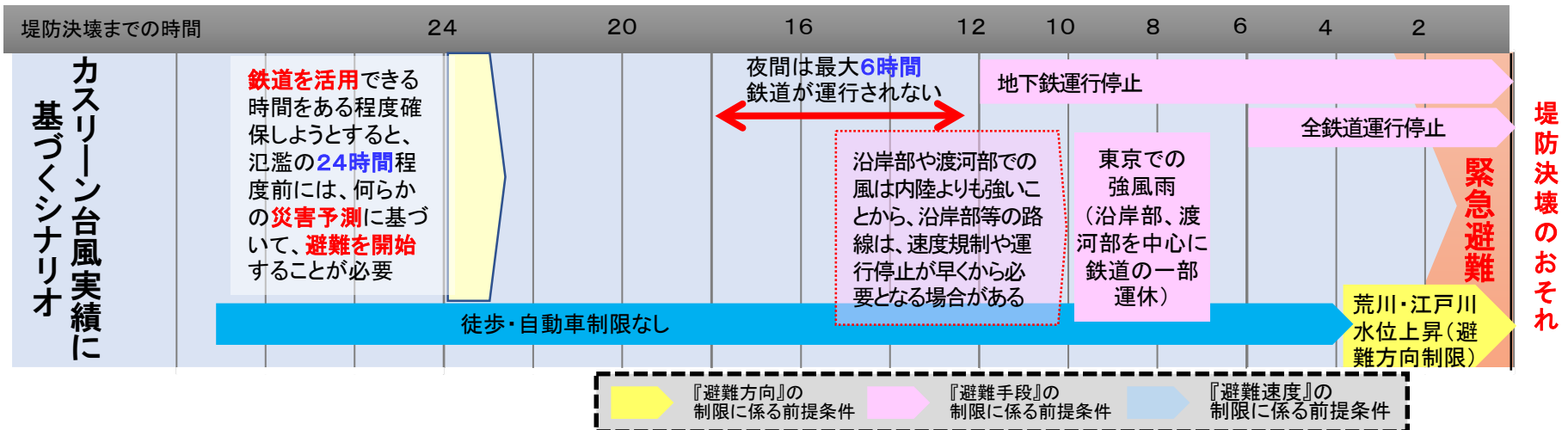
3.6.1 気象条件・交通条件を考慮した避難開始時間の設定

気象条件等に伴う交通条件を考慮した避難開始時間を検討する。

【具体的な検討例】

- 江東5区におけるカスリーン台風時の気象状況等は先に見たとおりである。荒川と江戸川以外の周辺河川の洪水及び沿岸部の高潮に関しては、顕著な水位変動はない。また、岩淵地点の水位がピークとなる時刻の7~10時間前に時間雨量19~35ミリ、平均風速10~14m/sとなっており、「傘をさしたままでの歩行が困難」となる程度の風雨である。これらの記録は都心部でのものであるため、沿岸部や渡河部においては風はさらに強かったおそれがある。
- この数値を基にすると、**決壊7~10時間前には強風雨により、沿岸部、渡河部を中心に、歩行速度が低下するとともに、鉄道的大幅な遅延や運行停止、それに伴う事業者間の相互直通運転のとりやめによる運行本数の減少が発生すると、想定することができる。**
- また、鉄道については、鉄道会社への聴き取り調査の結果から、次のような条件であることが分かっている。決壊のおそれがある6時間程度前には、乗客・乗員の安全確保、車両退避等のために、全鉄道が運行停止する。さらに、地下鉄については、氾濫流拡散防止のための止水措置のため、決壊のおそれがある12時間程度前には運行停止する。また、夜間においては最大6時間、運行されない。
- **最短化された避難時間は、鉄道が利用できる場合は3時間程度であるが、徒歩・自動車のみであると6時間程度となる。また、各自最短距離避難では、9割の域外避難者が避難完了するのにそれぞれ最短化した場合の避難時間の5倍程度を要することとなる。実際の避難時間は、各自最短距離避難した場合と最短化した場合の間になると考えられる。このことと、気象条件・交通条件を考慮すると、氾濫のおそれがある24時間程度前には避難開始することが考えられる。**

堤防決壊までの時間と交通条件の整理



3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.6 手順6 避難勧告等の判断基準の設定

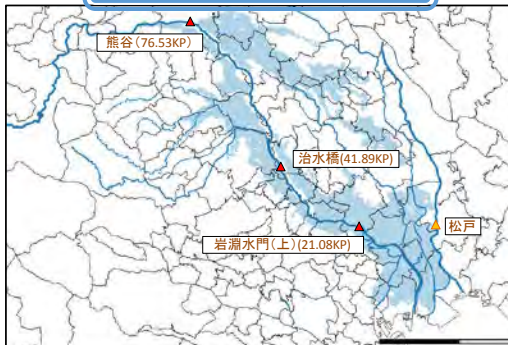
3.6.2 避難開始を判断するための災害予測の検討

避難開始を判断するための災害予測の検討を行う。

【具体的な検討例】

- 先に見たとおり、江東5区における大規模・広域避難は、**氾濫のおそれのある24時間程度前に開始**することが考えられる。
- ここで、カスリーン台風時における上流から下流への水位伝播をみると、最上流の水位観測所から対象地点までのピーク水位の時間差は約10時間半であった。すなわち、カスリーン台風時には10時間半前には上流で異常に高い水位となっており、大規模な洪水の発生を覚知できたものと推測される。さらに、ほぼ同時刻には上流の山間部での降雨は終わっており、累加雨量は600mm超となっており、大規模洪水の発生も予測される降雨量となっている。しかし、下流のピーク水位の24時間前となると、上流の山間部で累加雨量240mmとなっており、中規模の出水は想定されるものの、大規模洪水が発生するかどうかは、この時点では不確実性が高い。このように、24時間前の災害予測の精度を上げようとすると、長時間先の降雨予測の精度を向上させるとともに、降雨から河川への流出過程、上流から下流への伝播過程に存在する様々な不確実性を低減させることが必要となり、これまでの3時間程度先の災害予測よりも、はるかに精度が低くなることが分かる。
- これまでの3時間程度先から24時間程度先まで予測時間を長期化させるため、まずは、「**上流山間部の累加雨量が●●mmと予想される時**」というような目安を設定することが必要である。

荒川の水位観測所

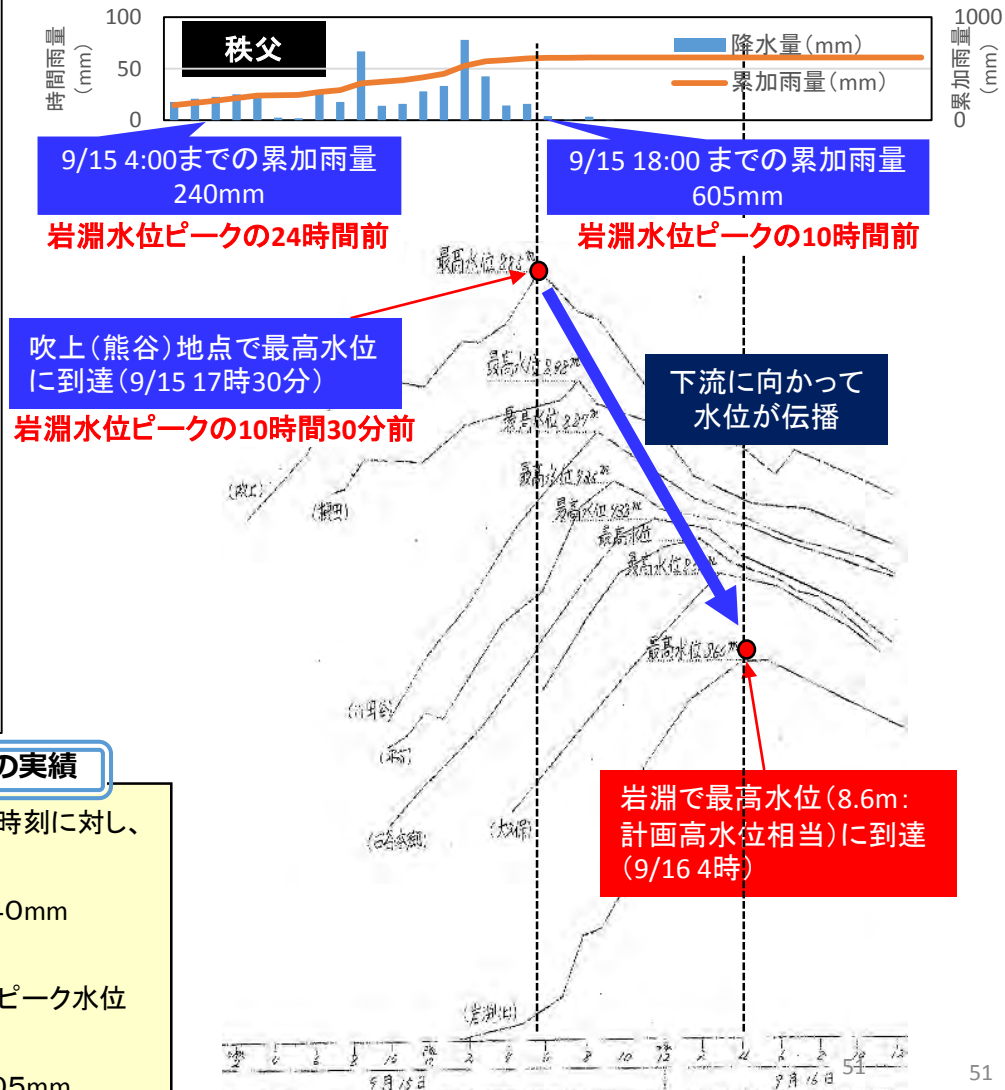


カスリーン台風時の実績

岩淵水門(上)のピーク水位時刻に対し、

- ①約**24時間前**
秩父地点の累加雨量240mm
- ②約**10時間30分前**
吹上地点(熊谷地点)のピーク水位
- ③約**10時間前**
秩父地点の累加雨量605mm

カスリーン台風時における上流域での降雨と上流から下流への水位伝播



3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.7 手順7 大規模・広域避難の避難先の確保

3.7.1 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で避難先を確保するように求めることとする。ここでは自主避難先へ避難する人の割合とその実現可能性について検討する。

【定量的な算出方法・具体的な検討例】

- 江東5区住民を対象にした住民インターネット調査においては、**5区外に自ら避難先を確保することができると回答した人は、45%※1**であった。また、浸水区域内に留まるリスク及び自主避難先を確保することの必要性について、啓発活動を進めることにより、この割合をさらに増加させることが可能であると考えられる。
- 例えば、江東5区の場合、次のような手順で計算することで、全人口の約39%が5区外への通勤先を有していると推計することができる。まず、全世帯数115万※2に占める共働き世帯の割合は20%※3、非就労世帯の割合7%※3である。また、5区から5区外への通勤者は48万人※4である。これらを基に、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5区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5区外への通勤者がいる世帯については通勤先に避難可能とする。なお、5区外への通学者については、5区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。この推計が正しいとすると、5区外に自ら避難先を確保することができると回答しなかった人の割合55%のうち39%は勤務先が5区外にあるということであるから、21%が新たに5区外に避難先を有しているということになる。元々5区外に避難先があると回答した45%と足して、**66%が5区外に自主避難先を有していると考えられる**。
- このように、**どの程度の住民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アンケート調査や統計調査結果からの推計**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。自主避難先への避難手段や経路を把握できた場合、次節で検討する各方面別の広域避難場所の容量や、避難時間の算出へ反映する必要がある。例えば、交通容量が少ない方面へ多くの自主避難先への域外避難者が避難した場合、橋梁部等における渋滞が悪化する等、避難時間の長期化をもたらすおそれがあるため、広域避難場所への域外避難者を別方面へ誘導する等の措置が必要となる。

住民インターネット調査（域外避難（避難先））

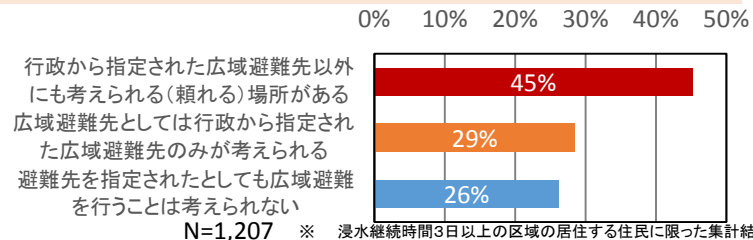
【江東5区における試算結果】

江東5区においては、住民調査や統計調査により、66%の住民が自主避難先に避難すると仮定した。この“66%”は、住民調査で自主避難先があると回答した割合(45%)に、自主避難先が無いと回答した割合(55%)のうち、統計調査※から勤務先を5区外に有している割合(21%)を加えた、**一定の仮定を置いた割合である。実際に広域避難計画を作成する際には、この割合が妥当かどうか、さらなる調査を行うことが望ましい。**

※ 平成22年国勢調査(総務省統計局) 従業地・通学地集計 従業地・通学地による人口・産業等集計 第2表
 平成22年国勢調査(総務省統計局) 人口等基本集計 第2表
 平成22年国勢調査(総務省統計局) 産業等基本集計 第23表

江東5区を対象としたインターネット調査結果

Q: 日中に江東5区外など浸水のおそれの少ない地域への広域避難を求められた場合、あなたやご家族が避難する先として考えられる場所(頼れる場所)はありますか。



※1 床上浸水継続3日以上住所がある人を対象に集計した。
 ※2 平成22年国勢調査(総務省統計局) 人口等基本集計 第2表
 ※3 平成22年国勢調査(総務省統計局) 産業等基本集計 第23表
 ※4 平成22年国勢調査(総務省統計局) 従業地・通学地集計 従業地・通学地による人口・産業等集計 第2表

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.7 手順7 大規模・広域避難の避難先の確保

3.7.2 広域避難場所の確保

広域避難場所の容量の算出を行い、広域避難場所までの移動手段等について検討を行う。

【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自主避難先以外へ避難する避難者（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、**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。
- 具体的には以下の手順で実施する。

【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

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。

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で算出した避難可能人数を参考にした方面別の避難者数に対し、**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

【定量的な算出方法（基本的な考え方<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。

どのブロックの住民が、どの手段で、どこに避難するか

【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

【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

【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

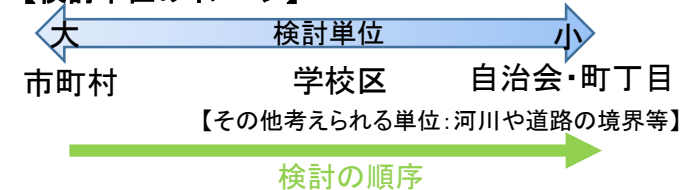
【ステップ5-4】

(避難方面別の)関係する市町村で協定等を締結

【定量的な算出方法（[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。

【検討単位のイメージ】



※避難可能人数(人) = 各交通手段別の交通容量(人/h) × 設定した避難時間(h) - 自主避難先に避難する域外避難者(人)

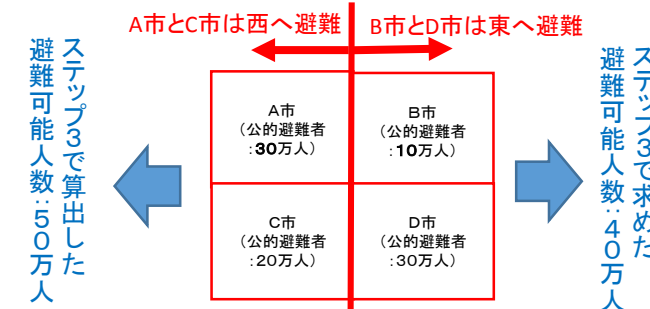
【ステップ3までで算出した方面別の公的避難者の避難可能人数(仮想)】

ステップ3までで算出した方面別の避難可能人数(仮想)

交通手段	西方面	東方面
徒歩	12万人	10万人
自動車	8万人	5万人
鉄道	30万人	25万人
合計	50万人	40万人

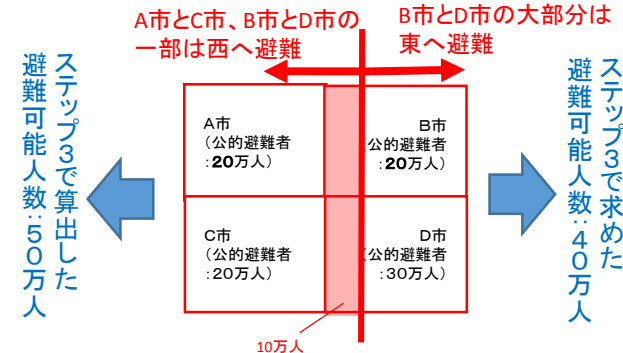
【シナリオ①:市町村単位で分割できた場合のイメージ(公的避難者がA市で30万人、B市で10万人の場合)】

※浸水区域外に出るまでの移動にかかる時間も考慮して境界を検討する



【シナリオ②:市町村単位で分割できず、検討単位を細分化した時のイメージ(公的避難者がA市で20万人、B市で20万人の場合)】

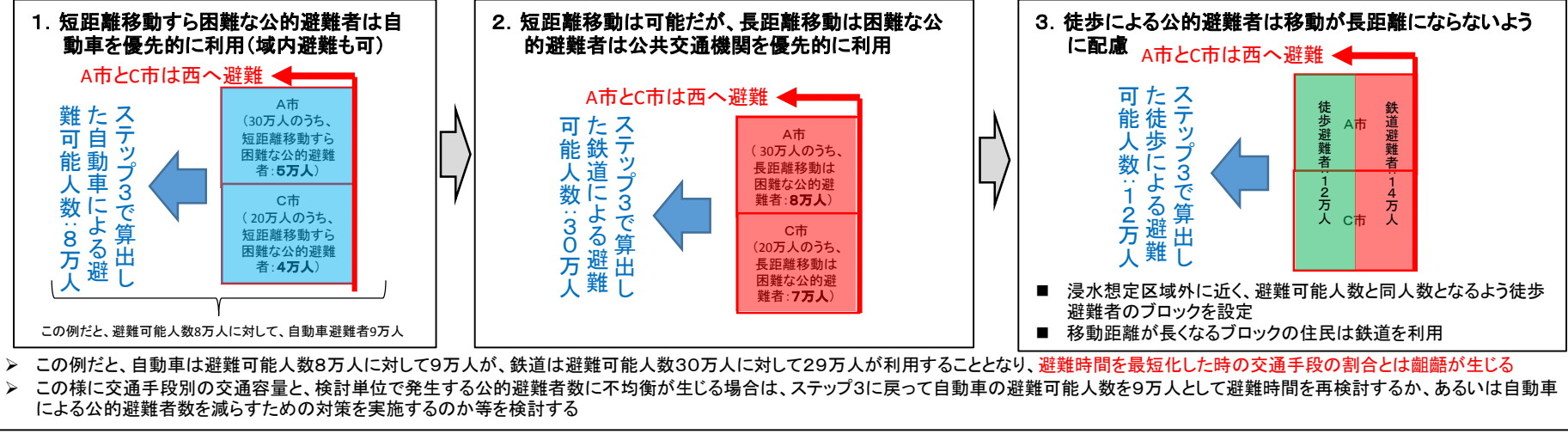
※浸水区域外に出るまでの移動にかかる時間も考慮して境界を検討する



【定量的な算出方法（[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（下図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て、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。

【シナリオ①における西方面へ避難するA市、C市のイメージ】



【定量的な算出方法（[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）】

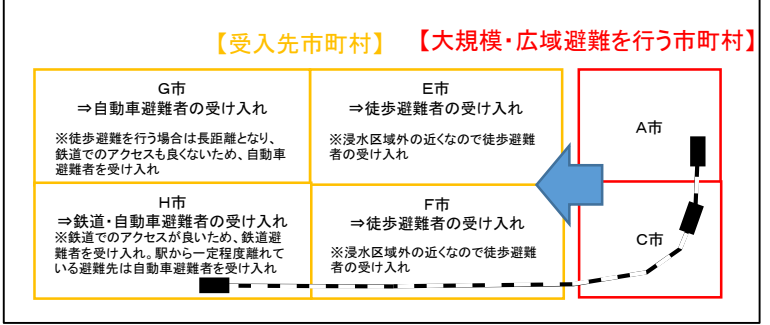
■ ステップ5-2で算出されたブロック別・各交通手段別の公的避難者数に対して、以下の特性を考慮して広域避難場所を確保することが考えられる。

【各交通手段別の特性】

徒歩避難者の避難先	鉄道避難の避難先	自動車避難の避難先
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状況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。

【シナリオ①における西方面へ避難するA市、C市のイメージ】



【具体的な検討例】

- 自主避難先の確保を奨励したとしても、避難先を自らでは確保できない域外避難者も存在するため、5区外の広域避難場所を一定数確保することが必要である。
- ステップ1～5に基づき、江東5区及び周辺市町村において広域避難場所の確保について試算した結果を示す。

[ステップ1]：公的避難者数と避難場所の容量の確認

- 江東5区内の域外避難者数は178万人を想定しており、そのうち域内避難者数は0～19万人、域外避難者数は159万人～178万人と試算している。
- 住民調査では66%の住民が自主避難先への避難を検討しているため、これを考慮すると公的避難者数は54万人～61万人となる。
- さらに、江東5区内の浸水区域外の避難場所容量は3万人程度であることから、一部の避難者が当該施設へ避難することを想定した場合、江東5区外への公的避難者は51万人～58万人であることがわかる。

※ここではこれまでの検討経緯も踏まえて江東5区の総数のみを記載しているが、実際にはこれらの計算を市町村毎に行う。また、ステップ毎の計算の大まかな流れを示すため、本資料では江東5区において算出したが、ステップ1で設定する検討対象地域は、浸水が想定されている5区以外の周辺の市町村も含めて検討を実施することが必要である。

[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

- 江東5区の全ての区において「公的避難者＞避難場所の容量」であることを確認した。よって、次のステップで域外への避難を検討する。

ステップ1及び2での検討

5区内の域外避難の対象者:178万人

- 浸水継続時間3日以上、全居室浸水、家屋倒壊等氾濫想定区域内に該当する住民

5区内の域内避難:0万人～19万人

- 入院・入所者及び在宅移動困難者は域内避難を行うことも選択肢とする
- 在宅移動困難者が域内避難を行う場合は、浸水区域内の広域避難場所のうち、浸水しない階層に避難することとする。ここでの広域避難場所は、救助に一定の時間を要することが想定されることを考慮し、備蓄等の一定期間の避難生活を送ることができる環境が整っていると考えられる避難施設に避難することを想定

5区内の域外避難:159万人～178万人

公的避難者:54万人～61万人

- 住民調査等に基づき66%の住民が自主避難先へ避難すると仮定

浸水区域外の避難場所の容量:3万人

- 江東5区内における浸水区域外の避難場所の容量を算出

(⇒江東5区外への公的避難者は51万人～58万人)

[ステップ3及び4]: 方面別の避難可能人数を算出、広域避難場所の受入可能人数を算出する。

- ▶ 各方面へのボトルネック部の交通容量を基に、避難時間を最短化した時(3時間で避難完了)の公的避難者の避難可能人数を算出する。
- ▶ なお、算出にあたっては、広域避難場所確保のための考え方を整理する観点から、ここでは東京都心方面に地域を絞って算出した結果を示すこととする。
- ▶ その際、東京都心方面は北区や荒川区、台東区も浸水想定区域に含まれており、避難者数と広域避難場所の容量を別途算出した結果、全ての区において避難者数の方が多かった。そのため、これらの区を加えた避難可能人数を算出する。
- ▶ その結果、避難可能人数は45万人であり、それに対する受入市町村及び受入可能人数は下図のとおりとなった。

ステップ3及び4での検討

交通手段	江東5区及び北区、荒川区、台東区 における 東京都心方面への避難可能人数
自動車	6万人
鉄道	21万人
徒歩	18万人
合計	45万人

※北区、荒川区、台東区の域外避難者の交通手段別の割合は、江東5区の避難時間を最短化した時の避難可能人数の割合と同じとした(徒歩39%、自動車13%、鉄道48%)

(広域避難場所の容量の算出)

■公表されている統計資料(総務省「公共施設現況調」)をもとに、広域避難場所の容量を概算で算出(※広域避難場所の床面積に有効率(0.35)及び避難者一人あたりの専有面積(1.65㎡)により算出)

■広域避難場所の容量の算出にあたっては、以下を考慮した(※統計資料からの概算のため、詳細データによる精査が必要)

①浸水区域内(荒川・利根川・江戸川、多摩川)の公共施設は避難に使用しない

(※広域避難場所は浸水区域外のみを対象とした。)

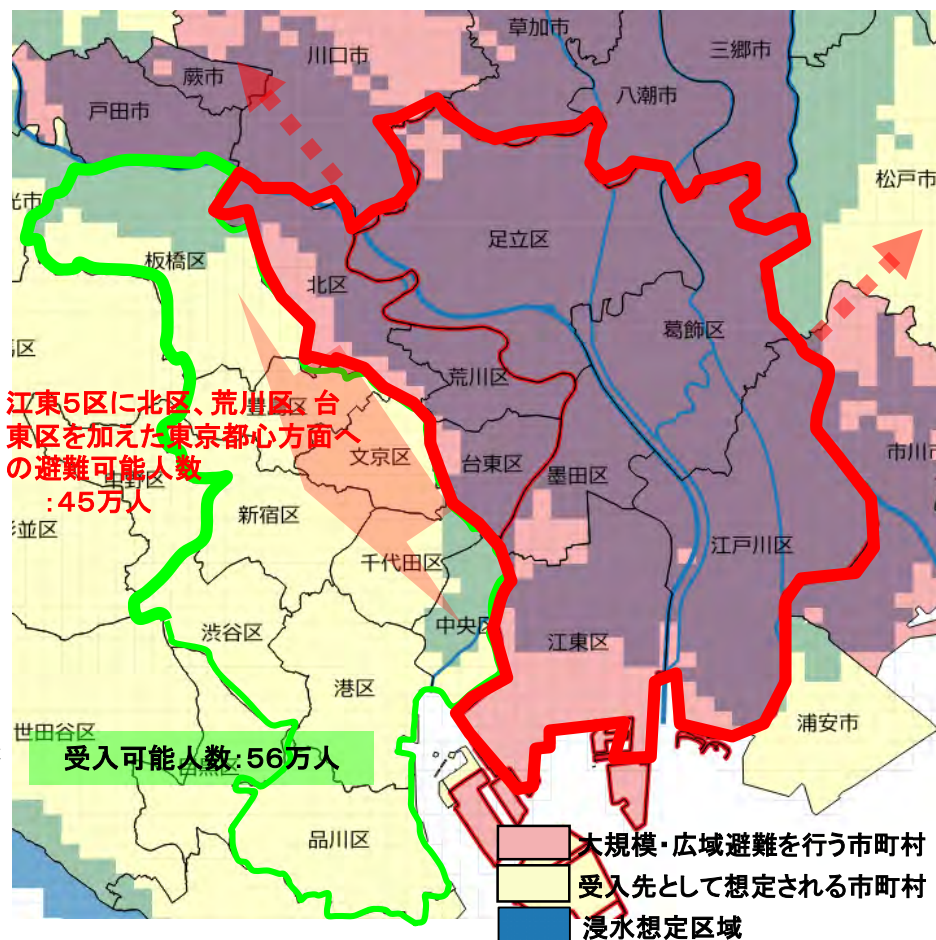
②上記河川の浸水区域内の住民で、浸水継続時間が3日以上・全居室浸水・家屋倒壊等氾濫想定区域内となる地区の住民のうち、公的避難者は非浸水区域の公共施設に避難する(自主避難先に避難する避難者の割合はここでは江東5区と同様に66%と仮定した。)

※広域避難場所として、児童館、公会堂・市民会館、公民館、図書館、博物館、体育館、集会施設、小中学校の容量を算出

(留意点)

■実際に広域避難計画を作成する際には、埼玉県方面や千葉方面の避難についても検討する必要がある。

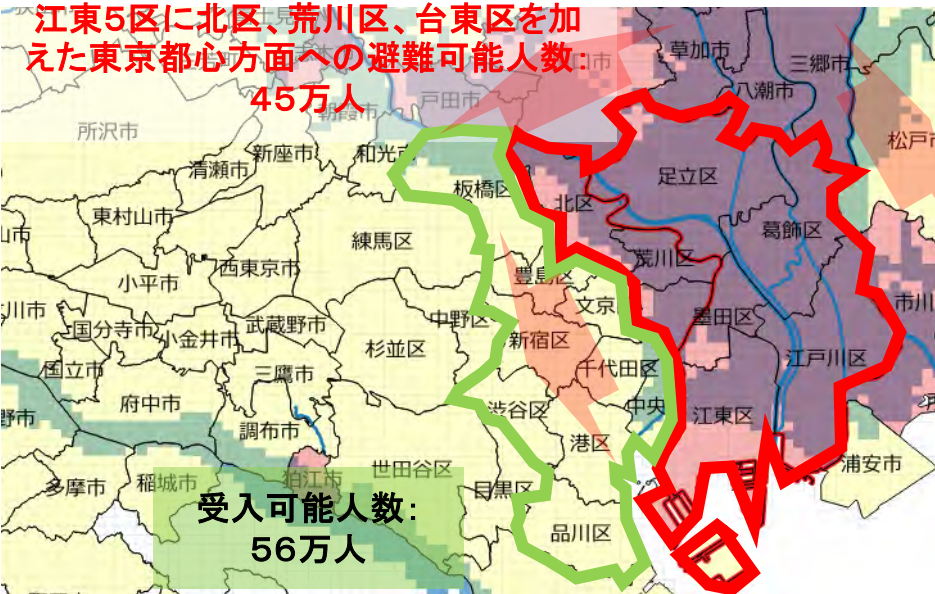
■上記結果は様々な仮定の下で算出したものであり、かつ東京都心方面への避難についても、江東5区、北区、荒川区、台東区のみを考慮した結果であることから、実際に広域避難計画を作成する際は対象地域が異なることが想定される



(参考) 自主避難先の割合を変えた場合の避難先の変化 (東京都心方面に地域を絞って算出した結果)

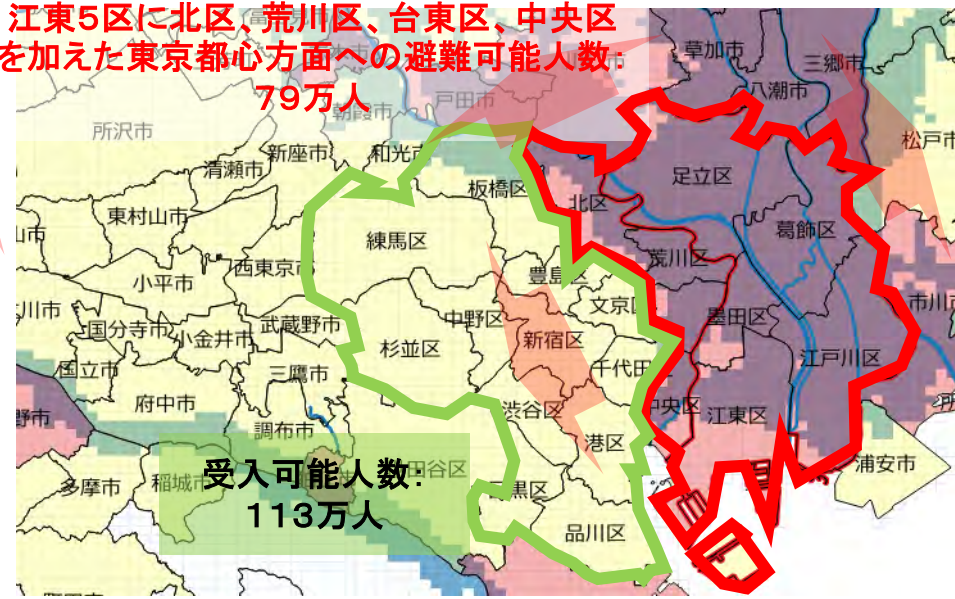
自主避難先への避難率66%

江東5区に北区、荒川区、台東区を加えた東京都心方面への避難可能人数:
45万人



自主避難先への避難率45%

江東5区に北区、荒川区、台東区、中央区を加えた東京都心方面への避難可能人数:
79万人



【具体的な検討例】

[ステップ5] : 具体的な避難先の調整

➢ ステップ5-1～5-4に従い江東5区及びその周辺において試算した結果を以下に示す。

[ステップ5-1] : 避難方面別に分割

➢ 江東5区及びその周辺において、東京都心方面への避難可能人数45万人に対して、各区毎の公的避難者数を、**区単位で振り分けることは困難**であった。江東5区は縦貫して中川や綾瀬川が流れていることから、それらの河川によって**地理的に分けられた単位に基づき、浸水区域外へ出る避難時間も考慮して公的避難者の振り分けを検討した。**

➢ その結果、足立区及び葛飾区・江戸川区の中川左岸側の住民は埼玉・千葉方面へ避難することとした場合、**それ以外の右図の青枠内の公的避難者数は45万人となり、避難可能人数内以下になったことから、この枠内の公的避難者が東京都心方面へ避難することとした。**

[ステップ5-2] : 各交通手段に振り分ける

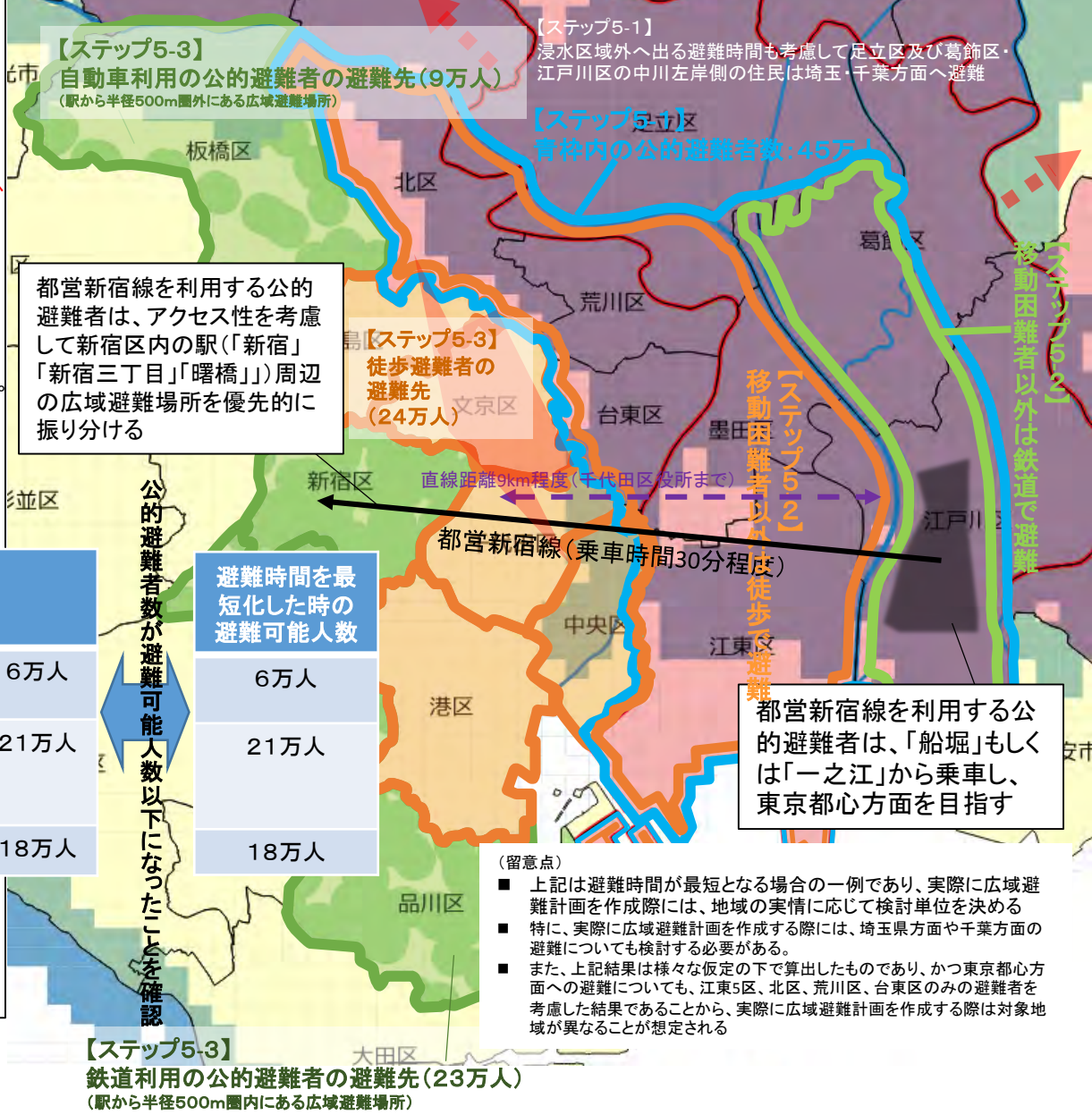
➢ 避難時間を最短化した時の各交通手段別の公的避難者数は下表の通りであり、**避難可能人数以下になっていることを確認した。**

手段	交通手段別に割り振った時の公的避難者の属性と公的避難者数	
自動車	短距離の移動が困難な公的避難者 <small>(葛飾区東新小岩七丁目町会での住民調査では、全体に対する自動車を使う移動困難者の割合は13%程度であったことから、その割合を設定)</small>	6万人
鉄道	長距離の移動が困難な公的避難者と荒川左岸の移動距離が長くなる公的避難者 <small>(長距離の移動が困難な公的避難者は、統計資料から要介護・要支援者、身体・知的・精神障害者、後期高齢者、乳幼児、妊産婦の人数を算出)</small>	21万人
徒歩	上記以外の公的避難者	18万人

[ステップ5-3] : 避難先の確保

➢ 各交通手段別の公的避難者に対して、**各交通手段別の特性を考慮し、右図の通り避難先を設定した。**

東京都心方面への避難に関する計算結果(鉄道の避難の具体は都営新宿線に着目)
※この図は、統計資料等を基に内閣府が試算した結果であり、実際の広域避難計画ではないことに留意



- (留意点)
- 上記は避難時間が最短となる場合の一例であり、実際に広域避難計画を作成際には、地域の実情に応じて検討単位を決める
 - 特に、実際に広域避難計画を作成する際には、埼玉県方面や千葉方面の避難についても検討する必要がある。
 - また、上記結果は様々な仮定の下で算出したものであり、かつ東京都心方面への避難についても、江東5区、北区、荒川区、台東区のみを避難者を考慮した結果であることから、実際に広域避難計画を作成する際は対象地域が異なることが想定される

(参考) 広域避難計画の実効性を確保するための検討

【ステップ3及び4】：方面別の避難可能人数を算出、

広域避難場所の受入可能人数を算出

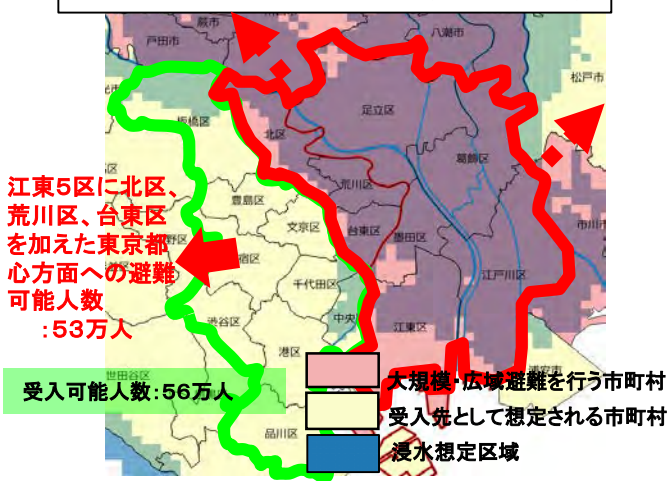
- 避難時間を最短化した場合、徒歩避難の移動距離が長くなることが確認されたため、**移動距離が長くなる住民を鉄道に振り分けて、ステップ3に戻り再検討を実施**
- 域外避難にかかる時間について、前頁では初期値を3時間として設定したが、再検討にあたっては、避難開始のタイミングも考慮しつつ、**避難時間の設定を徐々に大きくする**。ここでは、**避難時間を0.5時間伸ばしたときの検討を実施した**(基本ケースにおいては、24時間前からの避難開始した場合、避難にかけられる時間は6~9時間程度)。
- その際の公的避難者の避難可能人数は以下の通りとなった。

交通手段	江東5区及び北区、荒川区、台東区における 東京都心方面への避難可能人数
自動車	7万人
鉄道	25万人
徒歩	21万人
合計	53万人

※北区、荒川区、台東区の避難者の交通手段別の割合は、江東5区の避難時間を最短化した時の避難可能人数の割合と同じとした(徒歩39%、自動車13%、鉄道48%)

- **避難可能人数は上表の通り53万人であり、それに対する受入市町村及び受入可能人数は下図の通りとなった。**

(再掲) 東京都心方面への避難可能人数と受入可能人数



【ステップ5-1】：避難方面別に分割

- 避難可能人数53万人に対して、各区毎の避難者数を、**区単位で振り分けることは困難であった**。浸水区域外へ出る避難時間も考慮し、前頁と同じ分割で検討を実施した。
- その範囲の避難者数は45万人であり、**避難可能人数以下になったことから、この枠内の避難者が東京都心方面へ避難することとした。**

【ステップ5-2】：各交通手段別に振り分ける

- 徒歩避難の移動距離を短くする観点から、徒歩避難をする区のうち、**受入先の区と隣接する区(北区、荒川区、台東区)については、移動困難者以外の避難者は徒歩避難とし、それ以外の区については鉄道に振り分けることとした。**
- その時の各交通手段別の避難者数は右表の通りであり、**避難可能人数以下になっていることを確認した。**

	交通手段別に割り振った時の 避難者の属性と避難者数	
自動車	短距離の移動が困難な避難者 (葛飾区東新小岩七丁目町会での住民調査では、全体に対する自動車を使う移動困難者の割合は13%程度であったことから、その割合を設定)	6万人
鉄道	長距離の移動が困難な避難者と 荒川左岸の移動距離が長くなる避難者 (長距離の移動が困難な避難者は、統計資料から要介護・要支援者、身体・知的・精神障害者、後期高齢者、乳幼児、妊産婦の人数を算出)	25万人
徒歩	上記以外の避難者	14万人

【ステップ5-3】：避難先の確保

- 各交通手段別の避難者に対して、**各交通手段別の特性を考慮し、下図の通り避難先を設定した。**

東京都心方面への避難に関する計算結果(鉄道の避難の具体は都営新宿線に着目)

※この図は、統計資料等を基に内閣府が試算した結果であり、実際の広域避難計画ではないことに留意

【ステップ5-3】 移動困難者以外は徒歩で避難

自動車利用の公的避難者の避難先(9万人)
(駅から半径600m圏外にある広域避難場所)

【ステップ5-3】
徒歩避難者の避難先
(24万人)

都営新宿線を利用する公的避難者は、アクセシビリティを考慮して新宿区内の駅(「新宿」「新宿三丁目」「曙橋」)周辺の避難場所を優先的に振り分ける

【ステップ5-3】
鉄道利用の公的避難者の避難先(23万人)

(駅から半径600m圏内にある広域避難場所)

都営新宿線を利用する公的避難者は、「船堀」もしくは「一之江」から乗車し、東京都心方面を目指す

(留意点)

- 上記は避難時間が最短となる場合の一例であり、実際に広域避難計画を作成際には、地域の実情に応じて検討単位を決める
- 特に、実際に広域避難計画を作成する際には、埼玉方面や千葉方面の避難についても検討する必要がある。
- また、上記結果は様々な仮定の下で算出したものであり、かつ東京都心方面への避難についても、江東5区、北区、荒川区、台東区のみを考慮した結果であることから、実際に広域避難計画を作成する際は対象地域が異なることが想定される

⇒ 避難先までの徒歩での移動距離は短くはなったものの、まだ6km程度の移動を求められる地域もあることから、同様の手順でステップ3に戻り、再度ブロックの分割を検討することが考えられる。

【定量的な算出方法・具体的な検討例】

- 氾濫発生後に浸水が解消していくに従い、浸水しなかった地域の居住者は自宅等に戻ることが可能となる。これにより、広域避難場所の開所日数を短期間に留めることが可能となる。以下では、**浸水後の早期帰還について検討**する。
- 事前の域外避難ではどこが決壊するか不明であるため、159~178万人が域外避難の対象となる。ここで、178万人が域外避難した場合における、各決壊地点別の避難人口を分析してみる。
- 荒川堤防の代表的な決壊地点12点で見ると、決壊後3日までに浸水している人口は2~48万人となっており、最も多い場合であっても最大包絡の27%に留まる。すなわち、決壊後3日経過した時は最大で48万人が自宅に帰還することができないということであるが、このうち自主避難先に身を寄せている住民がそのうちの66%いることを考慮すると、5区外の避難施設で避難生活を送っているのは、16万人と想定される。この人数であれば、**5区内の浸水していない避難施設に収容可能**である。
- このことから、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所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、たとえ浸水が解消していたとしてもライフラインが復旧せず泥が撤去されていない状況では住めないという住民もいると考えられる。床上浸水をした住民は自宅に戻らないとした場合、自宅に帰還できない住民は最大で83万人となり、5区外の避難施設で避難生活を送っているのは、同様に28万人と想定される。
- この場合の5区内における浸水していない避難施設の規模は18万人であるため、10万人が引き続き5区外の避難施設で避難生活を送ることになる。このため、**自主避難先確保をさらに推奨したり、5区内の避難施設を拡充したりすること等の検討**が必要となる。

事前の避難行動と氾濫発生後の避難行動のイメージ

【事前の避難行動】

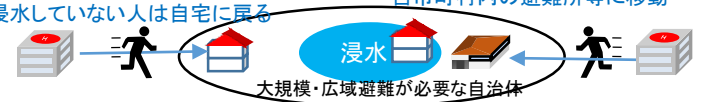
①広域避難場所に避難



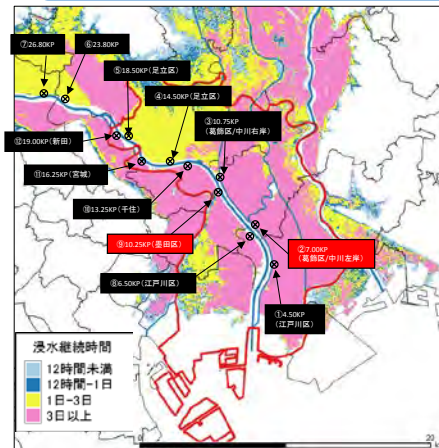
【氾濫発生後】

②自宅が浸水していない人は自宅に戻る

③自宅が浸水して戻れない人は、 各市町村内の避難所等へ移動



決壊地点別の域外避難対象人口※



破壊地点	人口(万人)	
	床上浸水区域	立退き避難の対象
最大包絡	233	178(177.7)
①左岸 4.50KP	38	32
②左岸 7.00KP	43	42
③左岸 10.75KP	66	31
④左岸 14.50KP	75	33
⑤左岸 18.50KP	83	37
⑥左岸 23.80KP	32	7
⑦左岸 26.80KP	26	4
⑧右岸 6.50KP	60	41
⑨右岸 10.25KP	68	48
⑩右岸 13.25KP	33	18
⑪右岸 16.25KP	4	2
⑫右岸 19.00KP	4	3

5区の最大包絡
(5区外への避難者)

左岸最大
最大包絡の24%

右岸最大
最大包絡の27%

※ KP (キロポスト) とは河川の河口からの距離をKm単位で示したものであり、域外避難の対象とは床上浸水継続3日以上、全居室浸水、家屋倒壊とを重ねあわせた地域である。

江東5区全住民 **255万人**

A: 域外避難と域内避難のバランスを検討する

■「**全居室浸水**」、「**床上浸水継続3日以上**」、「**家屋倒壊等氾濫想定区域**」に該当する居住者 **178万人** は域外避難を行う^(※1)

(※1) 江東5区住民を対象としたWEBアンケートでは71%の住民が協力的な意向、水・食料を3日以上備蓄していると回答した人は57%

域外避難対象区域の人口 **178万人**

➢この172万人は域外避難を行うこととする一方、域外避難が困難な人(移動困難者)に限っては、浸水区域内に留まることも選択肢とし、浸水区域内の避難施設を優先的に配分する。

➢ただし、在宅移動困難者については、救助の観点から自宅に留まらず、避難施設に避難することとする

応用ケースの検討を踏まえ、基本的な考え方の再検討

B: 移動困難者は、域外避難を基本としつつ、5区内での避難も選択肢とする

■病院・福祉施設等の**入院・入所者2万人**とその付添支援者**1万人**は、施設内で**屋内安全確保**も選択肢とする^(※2)

■**長距離移動が困難な人**については5区内の**公的施設(容量17万人)**への避難も選択肢とする^(※3)

■**3日程度での救助を目指す**^(※4)

(※2) 常総水害被災施設からの聴き取りでは、入院入所者の域外避難は困難であり、屋内安全確保のための対策を行うことが現実的との結果

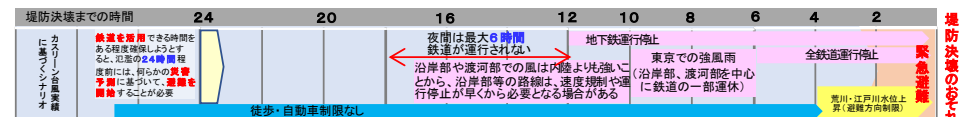
(※3) 江東5区における在宅要配慮者の総数は31.3万人

(※4) 荒川左岸7KP決壊の場合の救助対象者は、病院・福祉施設で0.8万人、避難施設で1.8万人程度であり、ボートやヘリによる救助活動が順調に進めば3日以内で救助可能

5区外への域外避難対象 **159~178万人**

C: 24時間前には5区外への域外避難を開始する

■浸水区域外まで、**各自最短距離避難**では**17時間以上**、**移動手段・経路等を理想的に分散**できれば**3時間程度**^(※5)であるが、計画実行の不確実性や、**鉄道の運行停止**^(※6)等を考慮し、**災害発生24時間程度前には災害予測を実施して避難開始**する



(※5) 徒歩・自動車・鉄道による避難可能人口のうち、およそ半分以上を鉄道が占める

(※6) 強風雨により運行停止するおそれがあることに加え、氾濫の12時間前には地下鉄が、6時間前には全鉄道の運行が停止する(乗客・乗員の安全確保、車両待避のため)

D: 5区外の広域避難場所は最小限とする

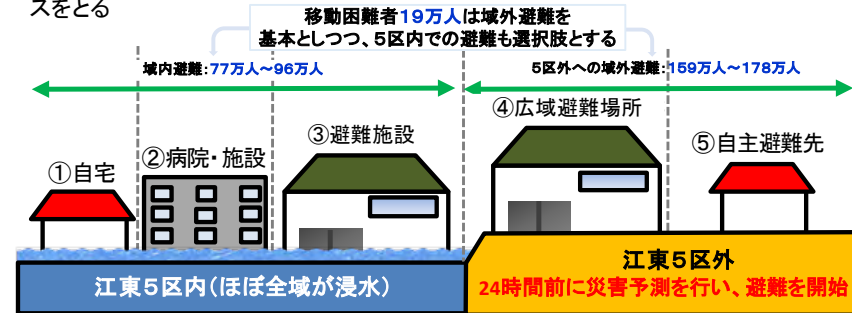
■**行政界を越えた広域避難場所のための調整を円滑に進めるため**、5区外の広域避難場所は**最小限**とする。

■具体的には、**親戚宅、通勤先等の自主避難先の確保**を推奨する^(※7)とともに、**広域避難場所へ避難した人についても、堤防の決壊するおそれなくなった段階で、浸水していない地区の住民は速やかに5区外から5区内に帰還**することとする。また、**浸水した地区の住民は5区内の非浸水避難施設へ避難**することとする。

(※7) WEBアンケートでは45%の人が自主避難先に避難する意向

【江東5区全住民 255万人の避難行動】

■域外避難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

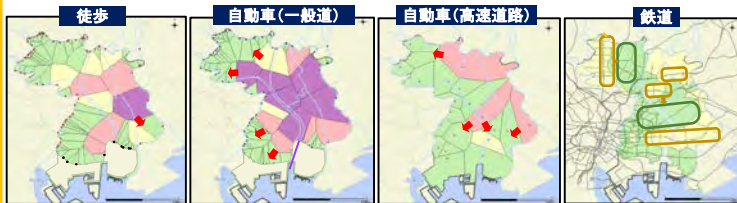


【大規模・広域避難時の交通手段と避難経路】

(各自最短距離避難)

・交通手段の選択を各域外避難者の意向に委ねる
・各域外避難者の最寄りの橋梁・駅等を経由して避難

※交通手段の利用割合は、アンケート調査に基づき、徒歩32%、自動車28%、鉄道40%



(避難時間を最短化した避難)

避難者数	交通手段・経路等の対策	
	移動手段・経路 (避難者の9割が避難完了する時間)	避難時間を最短化した避難 (避難者全員が避難完了する時間)
178万人	約17時間	約3時間

避難経路	避難者の割合	避難時間の削減
徒歩	97万人(55%)	60万人(150%)
自動車	50万人(28%)	24万人(15%)
鉄道	71万人(40%)	85万人(48%)
合計	178万人(100%)	178万人

域内避難を見込む**77万人~96万人**の内訳

- 床上浸水継続時間3日未満: **77万人**
- 入院・入所者: **0万人~3万人**
- 在宅移動困難者: **0万人~19万人**

5区外への域外避難を行う**159万人~178万人**については、行政界を越えた広域避難場所確保のための調整を円滑に進めるため、**親戚宅、通勤先等の自主避難先の確保**を推奨するとともに、**広域避難場所へ避難した人についても、決壊地点の確定後、速やかに5区外から5区内に帰還**

～基本ケース(高潮)の検討～

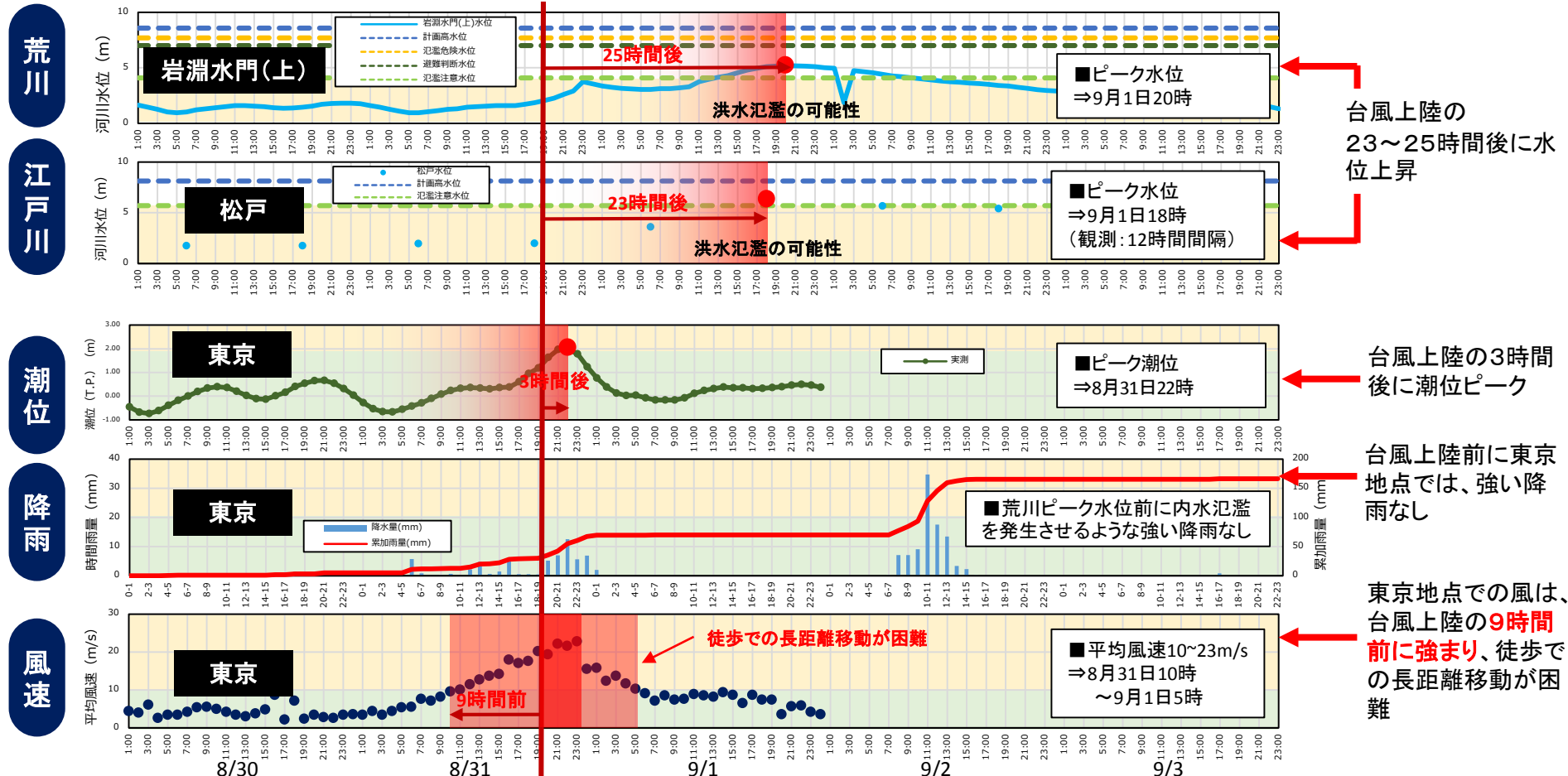
高潮について大規模・広域避難の対象災害と対象地域を設定する。まずは基本的なケースを設定して検討を開始する。

【具体的な検討例】

- 基本ケース（高潮）を検討するにあたっては、基本となる災害の設定が洪水と異なるため、改めて検討を行うことが必要となる。
- 江東5区においては、**キティ台風が既往最大災害**であることから、キティ台風の気象条件を参考として検討を実施

キティ台風における河川水位・潮位・降雨・風速の状況

台風上陸(8月31日19時)



※ 本検討では各河川の水位のピークで氾濫する設定としているが、ピーク前に氾濫が発生するおそれもあることに留意が必要
 ※ 中川・綾瀬川の水位上昇はない

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

高潮の基本ケースについて、前述の手順2～5を洪水の基本ケースと同様に実施する。

【具体的な検討例】

- 基本ケース（高潮）を検討するにあたっては、基本となる災害の設定が洪水と異なるため、大規模・広域避難対象者数や避難に要する時間等について改めて検討を行うことが必要となる。
- 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いるが、東京湾における高潮の浸水想定区域はまだ公表されていない。**江東5区はほぼ全域がゼロメートル地帯**となっており、一度堤防が決壊すると、浸水範囲は広範囲に渡ることが想定される。
- そのため、本検討では、**江東5区のほぼ全域が浸水想定区域内に含まれる洪水の基本ケース（想定最大規模の荒川及び江戸川の浸水想定区域の重ね合わせ）における域外避難の対象者**で避難時間等を算出する（浸水想定区域を洪水の基本ケースで代用するため、域外避難と域内避難のバランスや、移動困難者の避難先、救助可能人数については、洪水の基本ケースと同じ）。

基本ケース（洪水）における避難時間

 交通手段・経路等の対策

移動手段・経路 域外避難者数	各自最短距離避難 (域外避難者の9割が避難完了する時間)	避難時間を最短化した避難 (域外避難者全員が避難完了する時間)
178万人	約17時間	約3時間

- 「各自最短距離避難」、「避難時間を最短化した避難」のいずれの避難時間も極端な仮定に基づくものであり、実際には両者の間の時間で避難完了することとなる
- 特に、「事故による交通容量低下は起きない」という仮定はいずれの避難形態にも共通のものであり、これが成立しないと、大幅に時間が増加する

高潮の基本ケースについて、前述の手順6を洪水の基本ケースと同様に実施する。なお、前述の手順7については基本ケースと同様である。

【具体的な検討例】

- 基本ケース（高潮）を検討するにあたっては、避難勧告等の判断基準として用いる情報も洪水とは異なることから、改めて検討を行うことが必要となる。
- キティ台風時の気象状況等の避難行動への制約条件を整理した結果、**台風上陸の15時間程度前から鉄道での移動が、9時間程度前から徒歩での移動が困難**と考えられる。
- 域外避難の対象者178万人の域外避難に要する時間は3～17時間程度である。
- 実際の避難時間はこの間になると考えられることから、**台風上陸の24時間程度前に避難を開始することが望ましい**ことがわかる。
- なお、**台風が上陸する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**されることから、これを判断基準として用いることが考えられる。

＜避難行動の制約条件＞

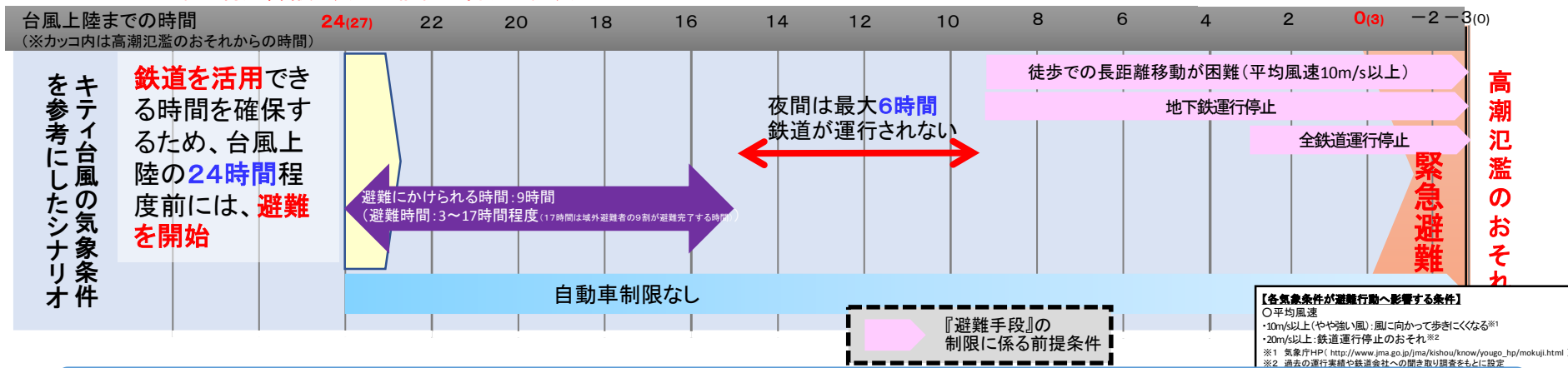
- ・ 台風上陸の9時間程度前に平均風速が10m/sを越えることにより、徒歩での長距離移動は困難
- ・ 台風上陸の9時間程度前（氾濫の12時間程度前）における地下鉄の運行停止※（氾濫流拡散防止のための止水措置、乗客・乗員の安全確保、車両退避等）
- ・ 台風上陸の3時間程度前（氾濫の6時間程度前）における全鉄道の運行停止※（乗客・乗員の安全確保、車両退避等）
- ・ 鉄道は、夜間において最大6時間、運行されない。

※鉄道事業者への聴取を基に設定

堤防決壊までの時間と交通条件の整理

台風の気圧と最大風速を基準に、暴風や高潮の特別警報発表の可能性の言及が発表

台風上陸



発表される気象情報等

- 「伊勢湾台風」級の台風や同程度の温帯低気圧が来襲する場合、気象庁から高潮特別警報や暴風特別警報が発表される。
- この場合、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。
- 高潮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、台風が近づくと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。
- 暴風が予想される3～6時間前に、暴風が予想される時間帯を明示して暴風警報・暴風特別警報が発表される。なお、暴風となる可能性が高いと予想される場合には、暴風となる6～24時間前に暴風警報に切り替える可能性が高い旨に言及する強風注意報が、暴風の予想される時間帯を明示して発表される。

～応用ケースの検討～

<応用ケース>手順1 基本となる対象災害と対象地域の設定

大規模・広域避難の対象災害と対象地域について、避難行動時のより厳しい制約条件を考慮した応用ケースで検討を行う。

【具体的な検討例】

- 過去に実際に発生した気象条件を踏まえ、**避難行動時のより厳しい制約条件を考慮した検討を実施する。**
⇒ **基本ケースでは考慮されていない早い段階での中川や綾瀬川の氾濫、風雨の強まり、それに伴う内水氾濫の発生を考慮**
- さらに、**洪水と高潮が同時に発生した場合についても検討を実施し、考え方を整理する。**

【洪水】

- 過去荒川の岩淵水門（上）で水位が氾濫注意水位を超えた複数の事象のうち、避難行動をとるにあたって、特に条件の厳しい**2事例（H19年、S57年台風）**を参考に気象条件を設定する。

荒川・江戸川の水位ピークを基準とした時の時刻

参考とした台風	中川や綾瀬川の氾濫のおそれ※1	内水氾濫発生のおそれ※2	風により長距離の徒歩移動が困難となるおそれ※3	風により鉄道が運行停止となるおそれ※4
カスリーン台風	—	—	8時間前	—
H19年9月台風9号	15時間前	—	24時間以上前	22時間前
S57年9月台風18号	12時間前	19時間前	19時間前	13時間前
上記全て	15時間前	19時間前	24時間以上前	22時間前

洪水の基本ケースとして検討を実施

洪水の応用ケースとして検討を実施

【高潮】

- 観測開始後に東京湾で高潮注意報の発令基準となる潮位を越えた台風は**S54年10月台風20号のみ**であり、台風上陸前の早い段階から中川や綾瀬川の水位上昇、風雨の強まりはみられなかった。
- 高潮氾濫の規模は台風の規模と関係性が強いことから、**台風の規模を想定最大規模相当に引き延ばした台風を設定し、避難行動を困難とする制約条件（風速）の影響についても検討する。**

台風上陸を基準とした時の時刻

参考とした台風	中川や綾瀬川の氾濫のおそれ※1	内水氾濫発生のおそれ※2	風により長距離の徒歩移動が困難となるおそれ※3	風により鉄道が運行停止となるおそれ※4
キティ台風	—	—	9時間前	—
S54年10月台風20号	6時間後	—	9時間前	5時間後
想定最大規模相当の台風	—	—	24時間以上前	18時間前
上記全て	—	—	24時間以上前	18時間前

高潮の基本ケースとして検討を実施

高潮の応用ケースとして検討を実施

【洪水と高潮の同時発生】

- **上記において検討を実施した応用ケースにおける洪水と高潮氾濫が同時に発生した場合についても検討を実施する**

※1 中川や綾瀬川の氾濫のおそれについて、本検討では各河川の水位のピークで設定しているが、ピーク前に氾濫が発生するおそれもあることに留意が必要

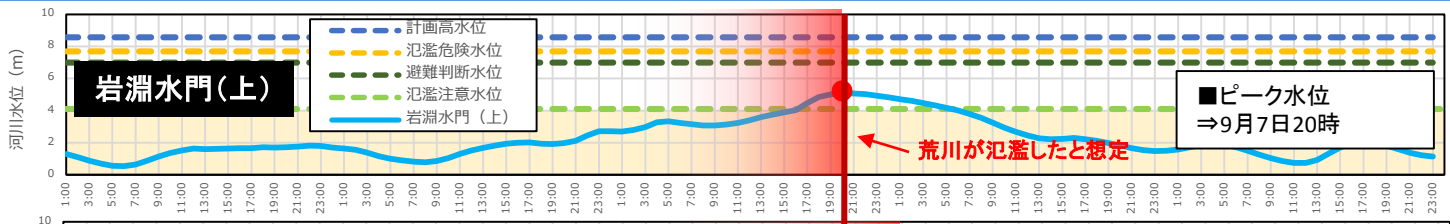
※2 既往最大であるカスリーン台風と参考とした台風の秩父地点における3日間累積雨量の比率を基に、東京地点における時間雨量の引き延ばしを行い、時間雨量50mmを超える場合に内水氾濫が発生すると仮定（東京都の下水道50mm浸水解消率が、平成24年時点で約7割だったことを踏まえて設定）

※3 沿岸部（江戸川臨界）において風に向かって歩けなくなる平均風速10m/sを超えた時点（気象庁HP（http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/mokujij.html））。なお、想定最大規模相当の台風については、沿岸部における平均風速の推計値を算出した

※4 沿岸部（江戸川臨界）において平均風速20m/sを超えると鉄道が運行停止するおそれ（過去の運行実績や鉄道会社への聞き取り調査をもとに設定。江東5区においては、沿岸部の平均風速と鉄道の運行停止実績に関係性が認められたため、沿岸部の平均風速とした。）

H19.9 台風9号における河川水位・潮位・降雨・風速の状況

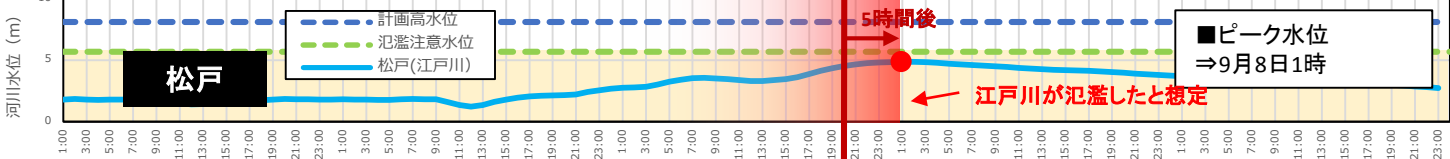
荒川



※ 本検討では各河川の水位のピークで氾濫する設定としているが、ピーク前に氾濫が発生するおそれもあることに留意が必要

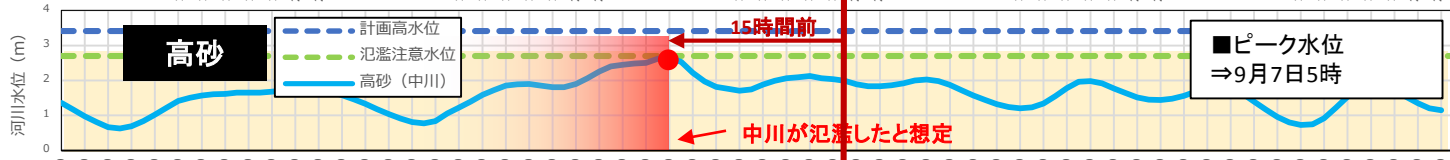
荒川の水位ピークから5時間後に江戸川の水位ピークに到達

江戸川



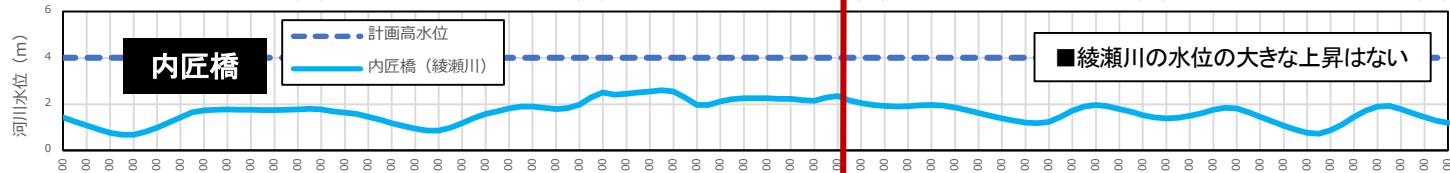
荒川洪水からの避難者と江戸川洪水からの避難者の避難時間が重複するおそれ

中川



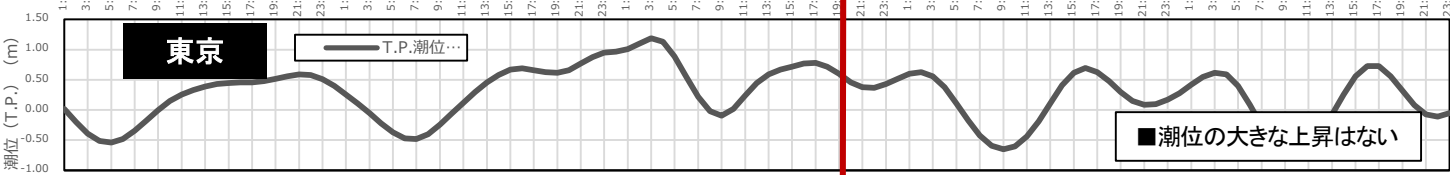
荒川の水位ピークの15時間前に中川がピークになる

綾瀬川



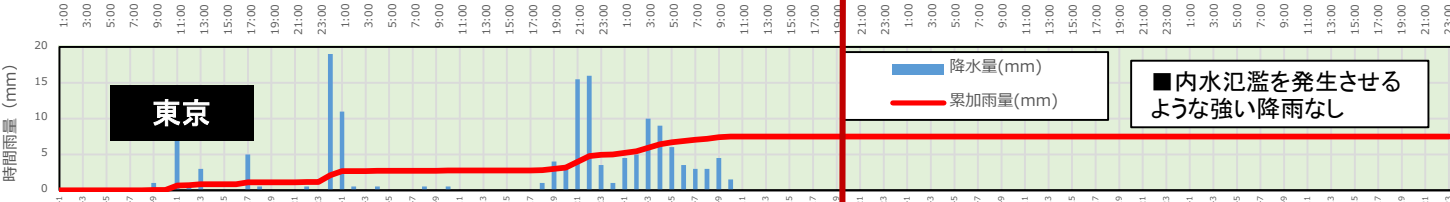
荒川の水位上昇時に綾瀬川の水位上昇や、高潮発生はない

潮位



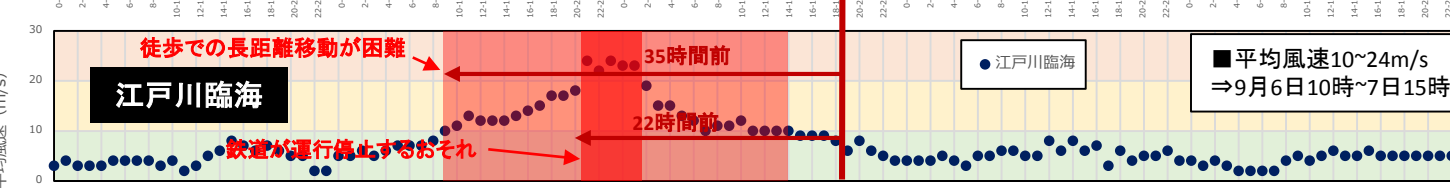
荒川の水位上昇時に綾瀬川の水位上昇や、高潮発生はない

降雨



強い降雨はない
江戸川臨界地点での風は、荒川の水位ピークの35時間前から強まり、長距離の歩行が困難となったり、鉄道が運行停止するおそれ

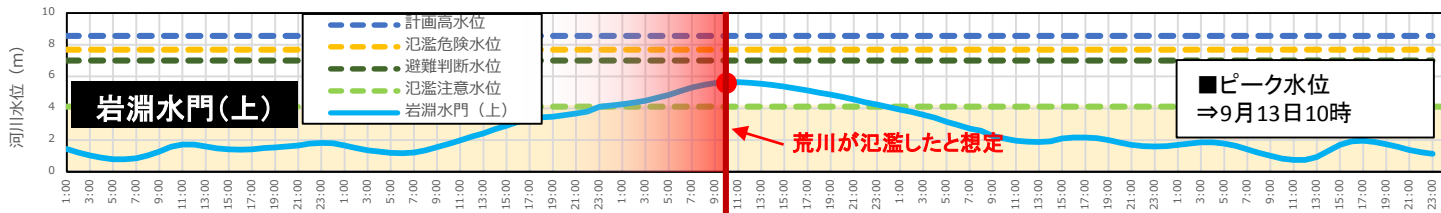
風速



※ 本検討では各河川の水位のピークで氾濫する設定としているが、ピーク前に氾濫が発生するおそれもあることに留意が必要

S 57. 9 台風18号における河川水位・潮位・降雨・風速の状況

荒川

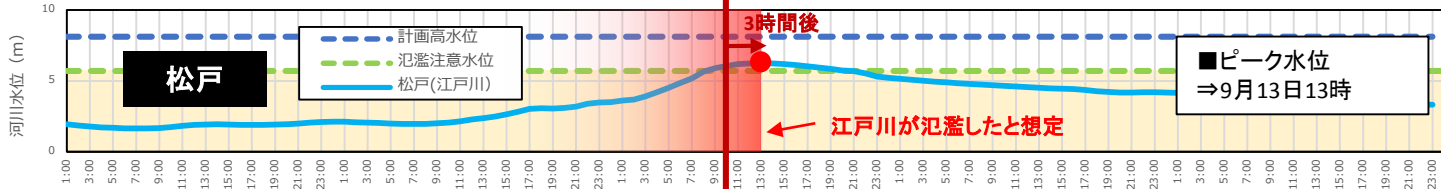


荒川の水位ピークから3時間後に江戸川の水位ピークに到達

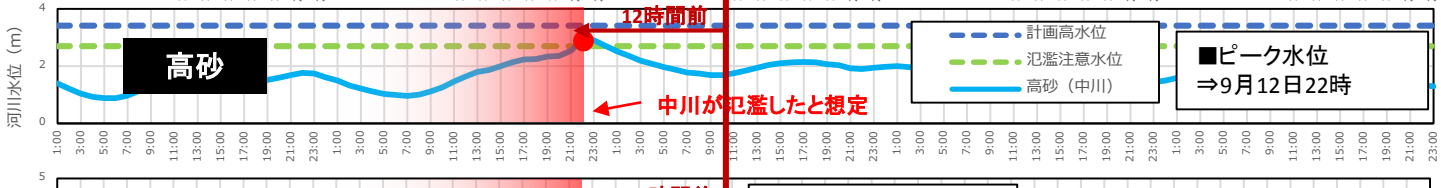


荒川洪水からの避難者と江戸川洪水からの避難者の避難時間が重複する可能性あり

江戸川

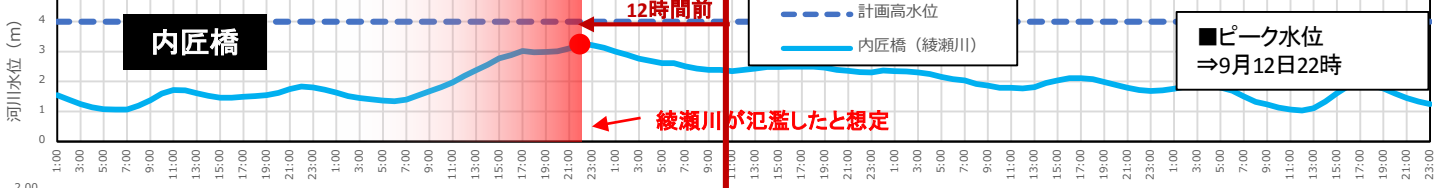


中川

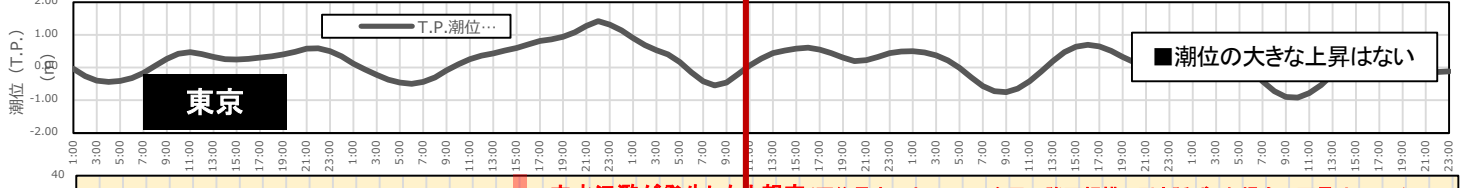


荒川の水位ピークの12時間前に中川・綾瀬川のピーク水位に到達

綾瀬川



潮位



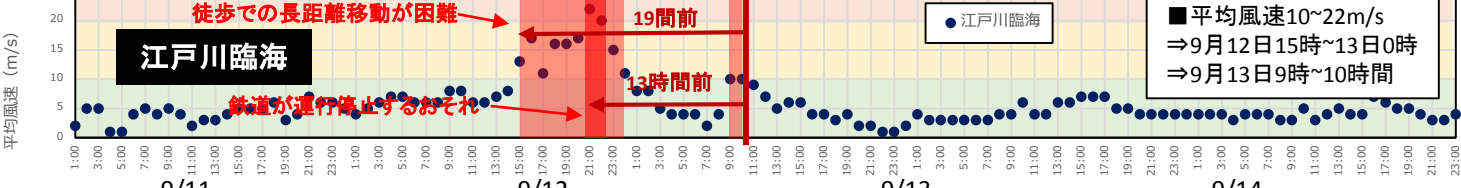
高潮発生はない

降雨



江戸川臨界地点での風は、荒川の水位ピークの19時間前から強まり、長距離の歩行が困難となったり、鉄道が運行停止するおそれ

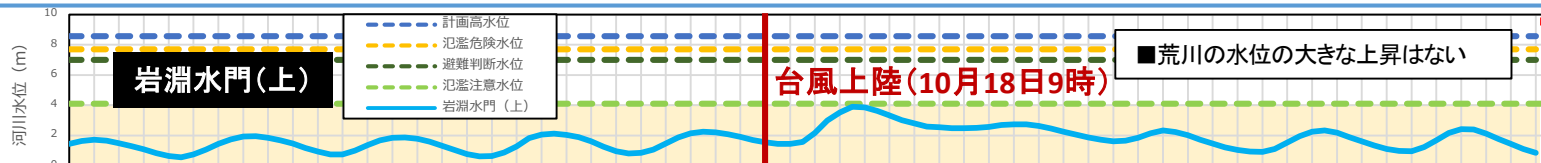
風速



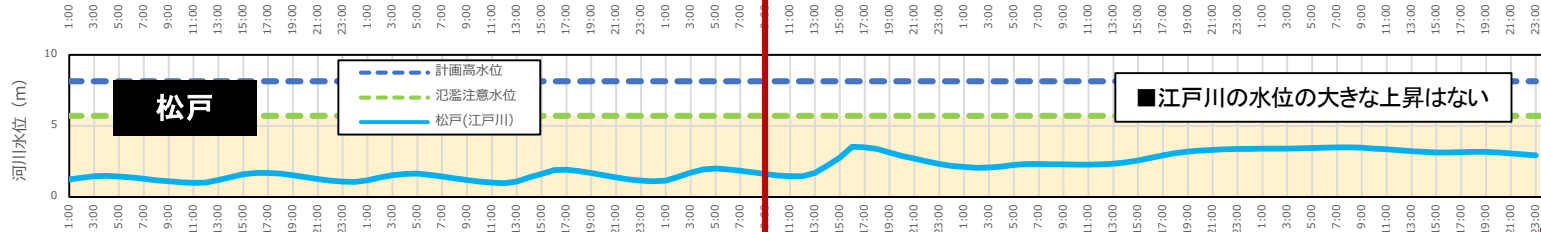
※ 本検討では各河川の水位のピークで氾濫する設定としているが、ピーク前に氾濫が発生するおそれもあることに留意が必要

S 5 4 . 1 0 台風20号における河川水位・潮位・降雨・風速の状況

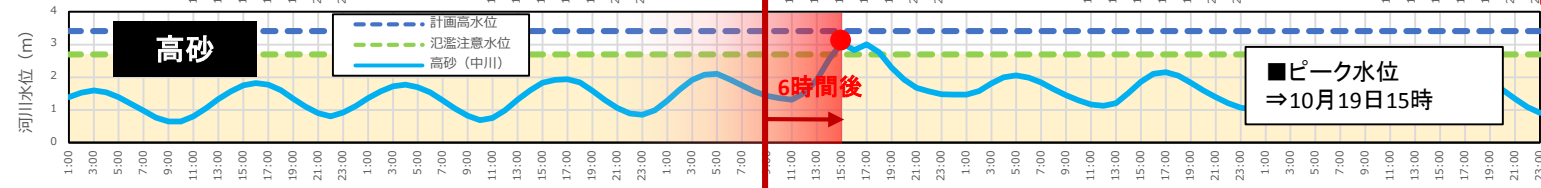
荒川



江戸川



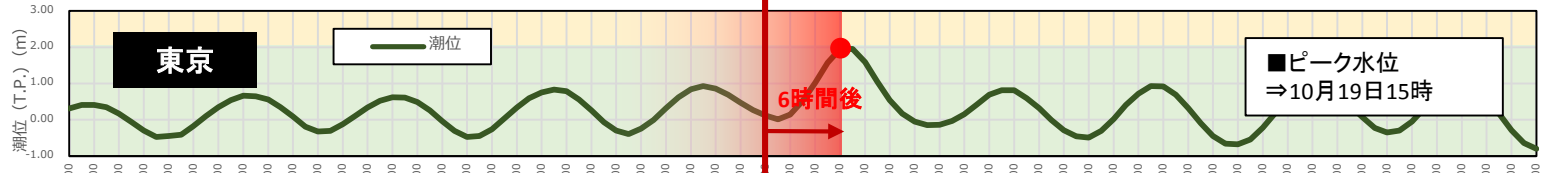
中川



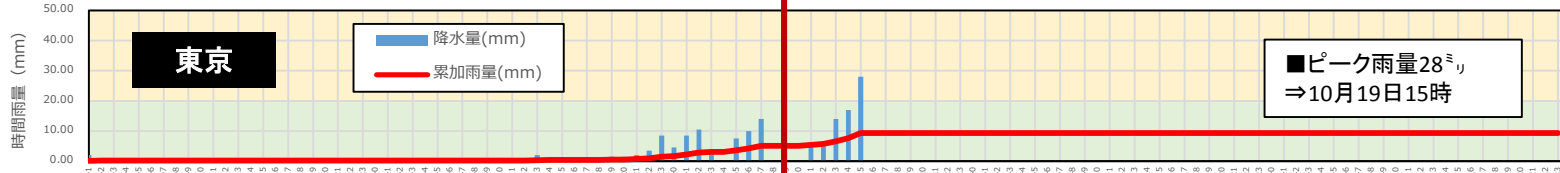
綾瀬川

綾瀬川における観測水位データ無し

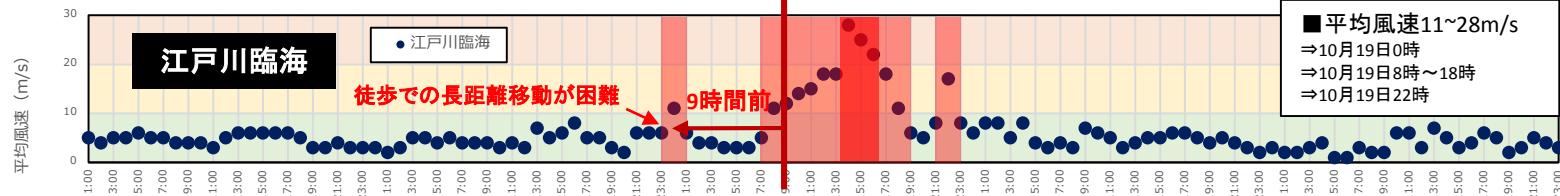
潮位



降雨



風速



荒川、江戸川の水位上昇はない

中川水位のピークは台風上陸の6時間後

潮位のピークは台風上陸の6時間後

強い降雨はない

江戸川臨界地点での風は、台風上陸の9時間前に強まり、長距離の移動が困難

※ 本検討では各河川の水位のピークや潮位ピークで氾濫する設定としているが、ピーク前に氾濫が発生するおそれもあることに留意が必要

<応用ケース(洪水)> 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

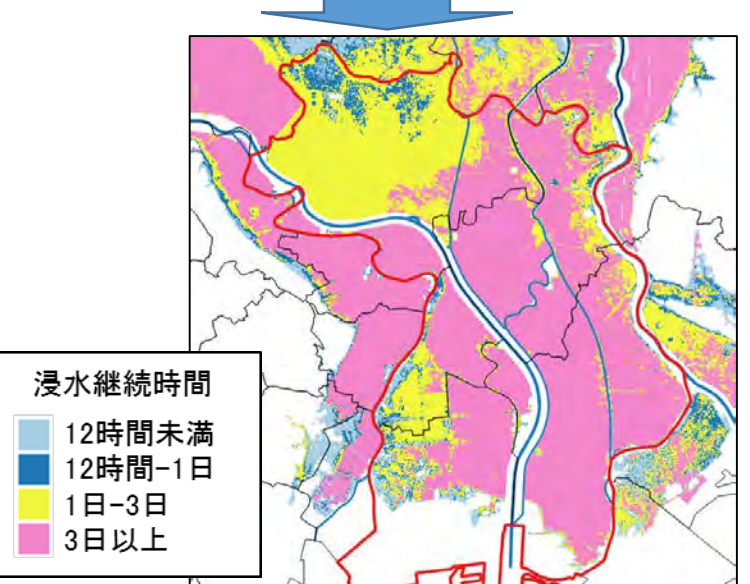
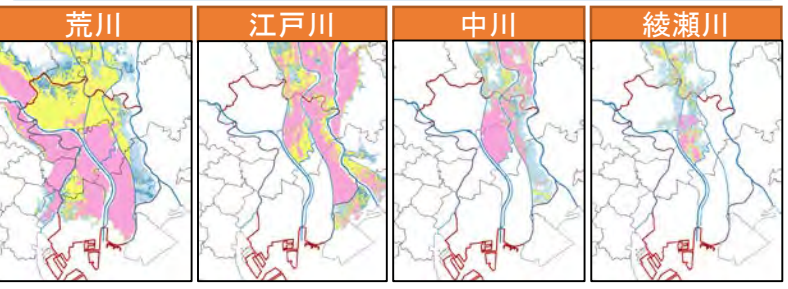
手順3 移動困難者の避難先の確保

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

洪水の応用ケースについて、前述の手順1～4を実施する。

【具体的な検討例】
 ■ 洪水の応用ケースでは、荒川・江戸川に加え、中川・綾瀬川の水位上昇を伴ったことから、**これら4河川の最大包絡で域外避難の対象者を算出**する

応用ケース(洪水)の浸水想定区域



応用ケース(洪水)における域外避難の対象者の整理

江東5区全住民 **255万人**

域外避難と域内避難のバランス

■ 「**全居室浸水**」、「**床上浸水継続3日以上**」、「**家屋倒壊等氾濫想定区域**」に該当する居住者 **178万人** は域外避難を行う



域外避難対象区域の人口 **178万人**

>この175万人は域外避難を行うこととする一方、域外避難が困難な人(移動困難者)に限っては、浸水区域内に留まることも選択肢とし、浸水区域内の避難施設を優先的に配分する。
 >ただし、在宅移動困難者については、救助の観点から自宅に留まらず、避難施設に避難することとする

移動困難者は、域外避難・域内避難どちらも選択肢とする

- 病院・福祉施設等の**入院・入所者2万人**とその付添支援者**1万人**は、施設内で**屋内安全確保も**選択肢とする
- 長距離移動が困難な人については5区内の公的施設(容量**16万人**)への避難も**選択肢**とする
- **3日程度での救助**を目指す

【域外避難の対象者等の詳細】	(基本ケース) 荒川、江戸川	(応用ケース) 荒川、江戸川、 中川、綾瀬川
域外避難の対象者	159万人~178万人	159万人~178万人
→浸水継続時間3日以上	159万人	160万人
→全居室浸水	81万人	81万人
→家屋倒壊等氾濫想定区域	16万人	16万人
「床上浸水継続3日以上」の区域の移動困難者	19万人	19万人
→入院・入所者・付添支援者	3万人	3万人
→在宅移動困難者 (5区内における浸水区域内の避難施設の規模)	16万人	16万人

※ 氾濫シミュレーション結果を基に、該当するメッシュの人口をH22国勢調査地域メッシュ統計から算出
 ・移動と避難生活を支援するため、入院・入所者に対しては2名に対して1名の支援者が、在宅移動困難者に対しては同数の支援者が付き添うと仮定
 ・入院・入所者について、公表されている統計値を基に、5区全体の人口と床上浸水継続3日以上の人数との比率で算出している。
 ・また、各属性での重複を一定程度考慮しているが、厳密なものではない。
 ・さらに、浸水継続時間3日以内であっても、家屋倒壊等氾濫想定区域の人数を計上している
 ・小数点処理の関係で、合計と合わない場合がある

<応用ケース(洪水)>手順5 大規模・広域避難に要する時間の算出 手順6 避難勧告等の判断基準の設定

江東5区における検討

洪水の応用ケースについて、前述の手順5、6を実施する。

【具体的な検討例】

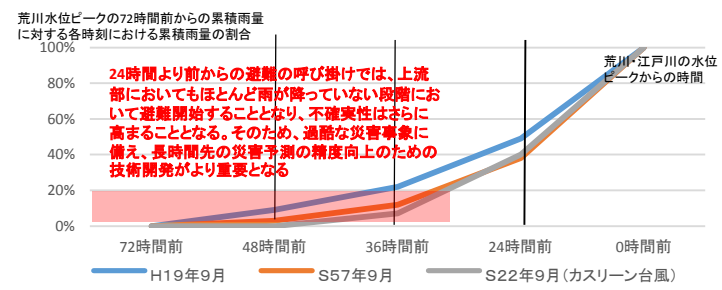
- 応用ケース（洪水の過酷災害）における**制約条件を整理**し、避難時間を算出すると、**5時間以上**であった（これは一定の仮定に基づくものであり、実際の避難時間はより長くなることが想定される）
- **かなり早い段階（24時間より前）から避難を開始する場合**、上流部においてほとんど雨が降っていない段階で避難を開始することとなり、**発災の不確実性が高まる**こととなる
- 一方で、24時間前からの避難開始では、**避難にかけられる時間は2時間程度**である
- これらのことから、応用ケースにおいて域外避難を実現するためには、**長時間先の災害予測の精度向上**や**24時間より前からの早期の避難を検討**するとともに、**避難時間を短縮するための対策**や**鉄道**を可能な限り避難に活用するための検討を推進することが必要となる

応用ケース（洪水）における避難時間

荒川・江戸川の水位ピークの**24時間前にはすでに風が強く、徒歩による長距離の移動は困難**だと想定されることから、**鉄道及び自動車での避難**とする。

	（基本ケース） 荒川、江戸川	（応用ケース(洪水)） 荒川、江戸川、中川、綾瀬川
域外避難の対象者	159万人～178万人	159万人～178万人
避難時間 （※この時間は避難時間を最短化した時の時間であり、実際の避難時間はより長くなることが想定される）	3時間以上 （徒歩+自動車+鉄道）	5時間以上 （自動車+鉄道）

荒川水位ピークの24時間以上前の荒川上流における累積雨量（秩父地点）



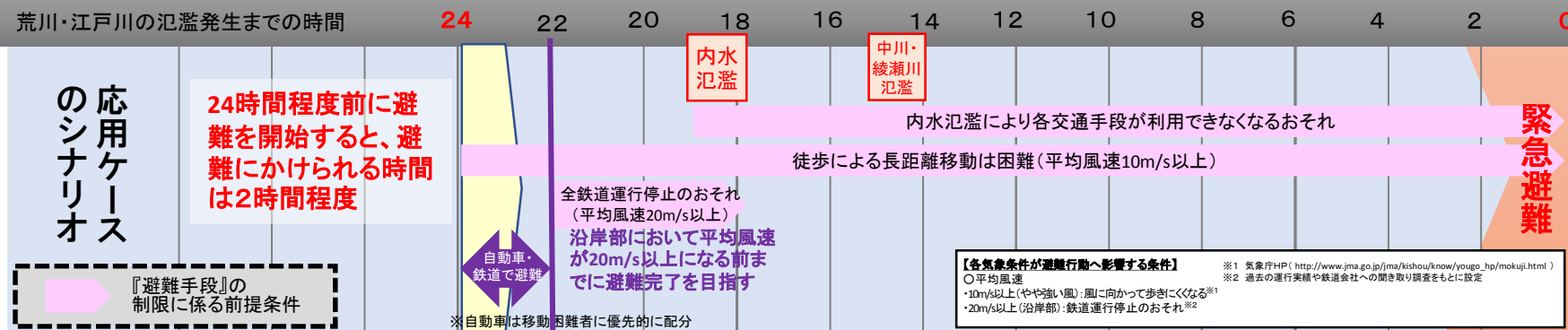
応用ケース（洪水）における避難の条件

- 荒川・江戸川の氾濫の**22時間前**には、東京の沿岸部で平均風速20m/s以上になり、**全鉄道が運行停止するおそれ**があることから、その前までに避難を完了させる必要がある。
- 自動車での避難は移動困難者に優先的に配分する。

※ 実際には、応用ケースにおいても、橋梁等のボトルネック部の近くの住民は、鉄道駅へ向かうより橋梁等を使用して浸水区域外に避難するほうが移動距離が短くなることから、徒歩による避難者も一定程度いると考えられる。

荒川・江戸川の氾濫の12時間前には地下鉄が、6時間前には全鉄道が運行停止し、さらに中川・綾瀬川氾濫の0～3時間前に全鉄道が運行停止する※が、避難行動への制約には風速による鉄道の運行停止の影響が支配的であるため、これらの影響は受けない

※ 過去の運行実績や鉄道会社への聞き取り調査をもとに設定
中川・綾瀬川の氾濫による影響は路線により異なる。なお、京成線については、運転指令所と車両基地が 浸水想定区域内にあるため、車両待避等に時間がかかり、3時間よりさらに前から運行停止する可能性がある



荒川・江戸川の氾濫発生のおそれ

高潮の応用ケースについて、前述の手順1を実施する。

【定量的な算出方法】

- 高潮氾濫の規模は台風の規模と関係性が強いことから、台風の規模を**想定最大規模相当に引き延ばした台風を設定し、避難行動を困難とする制約条件 (風速) の影響について検討**する。

【制約条件の設定 (台風の規模)】

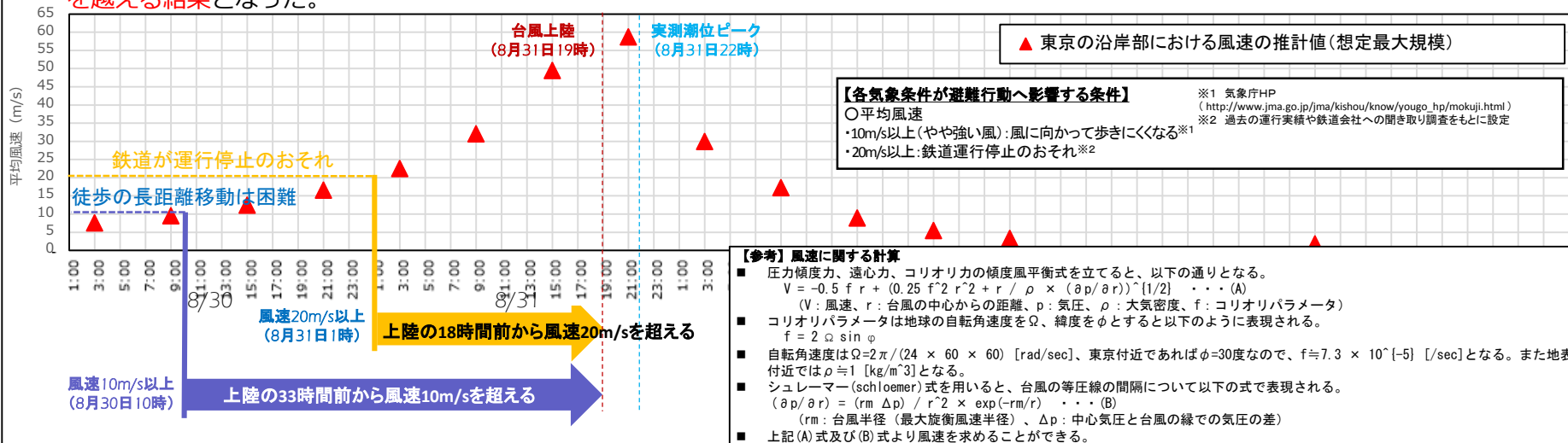
- 想定最大規模の高潮氾濫をもたらす台風の条件を以下の通り設定し、**台風の接近に伴う避難行動の制約条件 (風速) を検討**する

- ① 国土省の「高潮浸水想定区域図作成の手引き」(平成27年7月)において、想定最大規模相当の高潮を引き起こす台風の条件は以下の通りとなっている
 - ・ 中心気圧：910hPa (室戸台風)
 - ・ 最大旋衡風速半径75km (伊勢湾台風)
 - ・ 台風の移動速度：73km/h (伊勢湾台風)
- ② 上記を踏まえ、**中心気圧は910hPa、最大旋衡風速半径は75kmで一定と仮定**する。
- ③ 一方、台風の移動速度については、台風が転向する前は73km/hよりも遅い速度になると考えられる(73km/hは転向後の速度であるため)。ゆっくりとした移動速度で台風が近づいてきた場合、**強風が吹き始めてから上陸までの時間が長くなり、避難行動はより困難になることが想定**される。そのため、避難行動に与える風速の検討にあたっては条件の緩い“移動速度73km/h”は使用せず、過去に東京湾に実際に高潮氾濫をもたらした**キティ台風の実績速度**を用いることとした(移動経路についても同様)。

- 本検討ではキティ台風を事例として扱ったが、高潮氾濫の発生時刻は、満潮の時刻等により大きく変化し、また、台風の移動速度等により強風が吹き始める時刻も大きく変わらうことに留意する必要がある。

【具体的な検討例】

- 本推計値は、沿岸部においてより実測値に近づくことから、東京の沿岸部における平均風速の推計値を算出した。その結果、**台風上陸の33時間前にはすでに徒歩による長距離移動が困難となる風速が10m/sを超え、上陸の18時間前には鉄道の運行停止のおそれがある風速20m/sを越える結果**となった。



<応用ケース(高潮)> 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 避難勧告等の判断基準の設定

高潮の応用ケースについて、前述の手順2～6を実施する。

- 【具体的な検討例】**
- 応用ケース(高潮の過酷災害)における**制約条件を整理**し、避難時間を算出すると、**5時間以上**であった(これは一定の仮定に基づくものであり、実際の避難時間はより長くなるのが想定される)
 - **かなり早い段階(24時間より前)**から避難を開始する場合、台風の進路予測の精度が低下し、**発災の不確実性が高まる**こととなる
 - 一方で、24時間前からの避難開始では、**避難にかけられる時間は6時間程度**である
 - これらのことから、応用ケースにおいて域外避難を実現するためには、**長時間先の災害予測の精度向上や24時間より前からの早期の避難を検討**するとともに、**避難時間を短縮するための対策や鉄道を可能な限り避難に活用するための検討を推進することが必要**となる

応用ケース(高潮)における避難時間

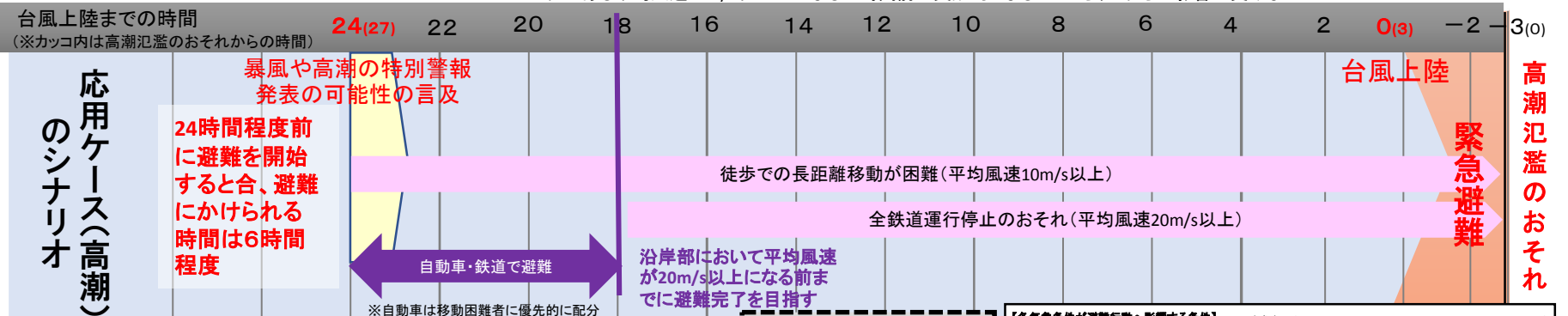
荒川・江戸川の水位ピークの24時間前にはすでに風が強く、徒歩による長距離の移動は困難だと想定されることから、鉄道及び自動車での避難とする。

	荒川、江戸川、中川、綾瀬川の最大包絡
域外避難の対象者	159万人～178万人
避難時間 (※この時間は避難時間を最短化した時の時間であり、実際の避難時間はより長くなるのが想定される)	5時間以上 (自動車+鉄道)

- 域外避難の対象者の算出にあたっては高潮の浸水想定で考える必要があるが、東京湾における高潮の浸水想定区域はまだ公表されていない。江東5区はほぼ全域がゼロメートル地帯となっており、一度堤防が決壊すると、浸水範囲は広範囲に渡ることが想定される。
- そのため、本資料では、江東5区のほぼ全域が浸水想定区域内に含まれる洪水の応用ケース(想定最大規模の荒川、江戸川、中川、綾瀬川の浸水想定区域の重ね合わせ)における域外避難の対象者で避難時間を算出することとする(浸水想定区域を洪水の基本ケースで代用するため、域外避難と域内避難のバランスや、移動困難者の避難先、救助可能人数については、洪水の応用ケースと同じ)。

応用ケース(高潮)における避難の条件

荒川・江戸川の氾濫の12時間前には地下鉄が、6時間前には全鉄道が運行停止し、さらに中川・綾瀬川氾濫の0～3時間前に全鉄道が運行停止する^{※1※2}が、避難行動への制約は、鉄道の運行停止のおそれのある平均風速20m/s以上^{※1}になる18時間前が支配的となることから、これらの影響は受けない



※高潮氾濫の発生時刻は、満潮の時刻等により大きく変化し、また、台風の移動速度等により強風が吹き始める時刻も大きく変わりにくことに留意する必要があります。
 ※実際には、応用ケースにおいても、橋梁等のボトルネック部の近くの住民は、鉄道駅へ向かうより橋梁等を使用して浸水区域外に避難するほうが移動距離が短くなることから、徒歩による域外避難者も一定程度いると考えられる。

『避難手段』の制限に係る前提条件

【各気象条件が避難行動へ影響する条件】

- 平均風速
- ・10m/s以上(やや強い風): 風に向かって歩かなくくなる^{※1}
- ・20m/s以上(沿岸部): 鉄道運行停止のおそれ^{※2}

※1 気象庁HP(http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/yougo_hp/mokuji.html)

※2 過去の運行実績や鉄道会社への聞き取り調査をもとに設定

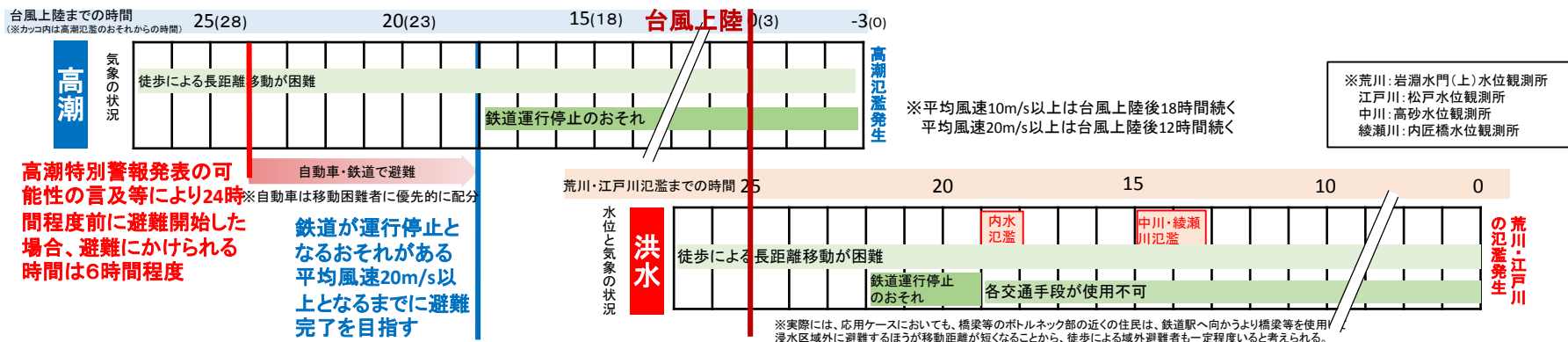
高潮と洪水の同時発生に応用ケースについて、前述の手順1~6を実施する。

【具体的な検討例】

- 本資料において検討を実施した**応用ケースにおける洪水と高潮氾濫が同時に発生**した場合について検討を実施する。東京湾における潮位上昇と荒川・江戸川の水位上昇が同時に発生した事例はキティ台風のみであったことから、キティ台風の事象を参考に、台風上陸の25時間後に荒川・江戸川の氾濫が発生することとして検討を実施した。
- その結果、**洪水の影響のみを受ける住民**であっても、洪水発生のおそれがある24時間前から**避難を開始しようとした場合にはすでに台風の影響で風が強く、避難のための交通手段を確保することが困難**であると考えられる。そのため、**高潮の避難勧告等の発令による域外避難者は高潮の浸水想定区域と洪水の浸水想定区域の最大包絡で算出**する必要がある(高潮の避難勧告等であっても、洪水を含めた浸水想定区域内の住民が浸水想定区域外に避難する必要があることについて、住民への理解を促進することが重要)。
- この条件下で避難時間を算出すると**5時間以上**であった(この時間は一定の仮定に基づくものであり、実際の避難時間はより長くなることが想定される)
- 避難開始のタイミングや避難にかけられる時間は応用ケース(高潮)と同様で、24時間前からの避難開始では、**避難にかけられる時間は6時間程度**である
- これらのことから、応用ケースにおいて域外避難を実現するためには、前述の通り、**長時間先の災害予測の精度向上や24時間以上前からの早期の避難を検討するとともに、避難時間を短縮するための対策や鉄道を可能な限り避難に活用するための検討を推進することが必要**となる
- なお、高潮と洪水の発生時間差についてはキティ台風の25時間を参考にしたものであり、この時間差がさらに大きい場合は、その間に避難行動をとることも可能な場合がある

台風が上陸して高潮氾濫が発生した後に荒川、江戸川の氾濫が発生

【キティ台風の事例を参考として台風上陸の25時間後に荒川・江戸川が氾濫した場合の例】



応用ケース (高潮と洪水の同時発生) における避難時間

	荒川、江戸川、中川、綾瀬川の最大包絡
域外避難の対象者	159万人~178万人
避難時間 (※避難時間を最長化した時の時間であり、実際の避難時間はより長くなることが想定される)	5時間以上(自動車+鉄道)

- 高潮と洪水の同時発生における避難時間を算出した。域外避難者数は、上記のとおり、高潮の浸水想定区域と洪水の浸水想定区域の最大包絡で域外避難者を算出する必要があるが、前述の通り、東京湾における高潮の想定最大規模の浸水想定区域はまだ公表されていない。
 - 江東5区はほぼ全域がゼロメートル地帯となっており、一度堤防が決壊すると、浸水範囲は広範囲に渡ることが想定されるため、本資料では、洪水の応用ケース(想定最大規模の荒川、江戸川、中川、綾瀬川の浸水想定区域の重ね合わせ)における域外避難の対象者を仮で設定して避難時間を算出することとする。
- ※実際には、応用ケースにおいても、橋梁等のボトルネック部の近くの住民は、鉄道駅へ向かうより橋梁等を使用して浸水区域外に避難するほうが移動距離が短くなることから、徒歩による域外避難者も一定程度いると考えられる。

(参考) 広域避難計画の実効性を確保するための検討 (各交通手段の分析)

【各交通手段の分析】

時間最短

※【】内の数字は、基本ケースの場合の想定

移動手段・経路 域外避難者数	避難時間を最短化した避難 自動車+鉄道【徒歩+自動車+鉄道】
178万人 【178万人】	5時間【3時間】

- 「避難時間を最短化した避難」は**一定の仮定に基づく**ものであり、**実際の避難時間はより長くなる**ことが想定される
- 特に、「**事故による交通容量低下は起きない**」という仮定は**いずれの避難形態にも共通**のものであり、これが成立しないと、**大幅に時間が増加**する

各交通手段の分析

時間あたり避難可能人数(万人/h)※1

徒歩 0【26】+ 自動車 9【9】+ 鉄道 33【33】 = 合計 42【69】

設定条件緩和の効果

- 交通手段の効率的な活用や域外避難の対象者を減らす対策を実施することによる**避難時間の短縮効果**を分析
- ここでは、**過酷な災害事象を想定**し、**鉄道及び自動車**で避難する際の**42万人/h**に対する効果について分析

交通手段別の域外避難者数

「時間あたり避難可能人数」に応じて配分(時間最短のための最適配分)

	応用ケース	基本ケース
徒歩	—	69万人(39%)
自動車	39万人(22%)	24万人(13%)
鉄道	139万人(78%)	85万人(48%)
合計	178(178.4)万人	178(178.4)万人

※1 時間交通容量から非避難者による通過交通を除いたもの

	各交通手段の変化 (万人/h)	合計42(万人/h)の変化(倍率)	避難時間 の変化
交通手段の効率的な活用			
自動車速度の向上 3 → 5 (km/h)	自動車 9 → 18	51(1.2倍)	17%減
鉄道運行率の維持 70 → 100 (%)	鉄道 33 → 50	60(1.4倍)	30%減
荷物量の半減	鉄道 33 → 39	49(1.2倍)	14%減
通過交通の抑制 50 → 0(%)	自動車 9 → 13	46(1.1倍)	8%減
	鉄道 33 → 41	50(1.2倍)	17%減
域外避難の対象者を減らす対策の実施(排水対策やライフライン対策等の推進)			
175万人 → 158万人 (域外避難の対象者1割減)	—	—	10%減
175万人 → 140万人 (域外避難の対象者2割減)	—	—	20%減

これらの対策を全て行った場合の応用ケースにおける避難時間は**2時間未満**となる(避難時間を最短化した場合)

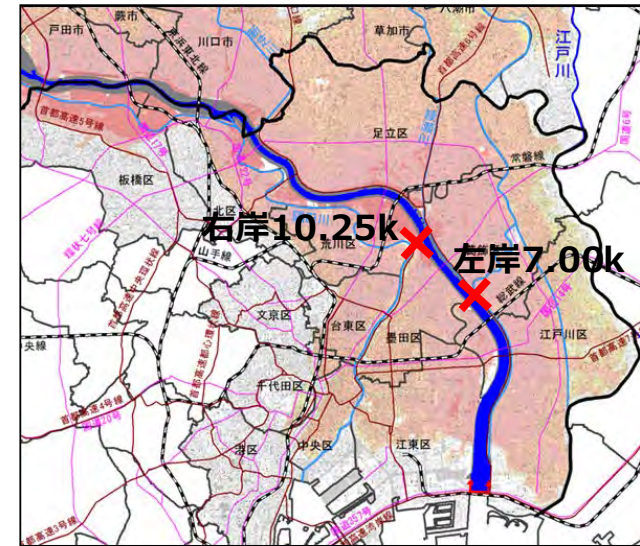
排水の検討方針 (計算条件及び検討ケース)

<検討箇所>

- 計 2 箇所を実施 (右岸10.25k、左岸7.00k)

<検討条件>

- 外力は想定最大規模降雨 (L2洪水+L1高潮) で計算。
- 堤防の決壊条件及び排水機場等の稼働条件は、洪水浸水想定区域解析時と同条件。
- 排水ポンプ車の稼働条件は、台数の上限を183台 (関東地整所有台数の80%と全国他地整所有台数の50%の合計) と仮定し、設置及び燃料補給可能な箇所等を概略検討をした上で設定。



<検討ケース>

ケース	規模	排水機場等の稼働※1	排水ポンプ車の稼働※2	備考
1	想定最大	○	×	洪水浸水想定区域と同条件
2	想定最大	○	○	

※1 排水機場等は、堤防決壊48時間後から稼働し、燃料補給は行わない。

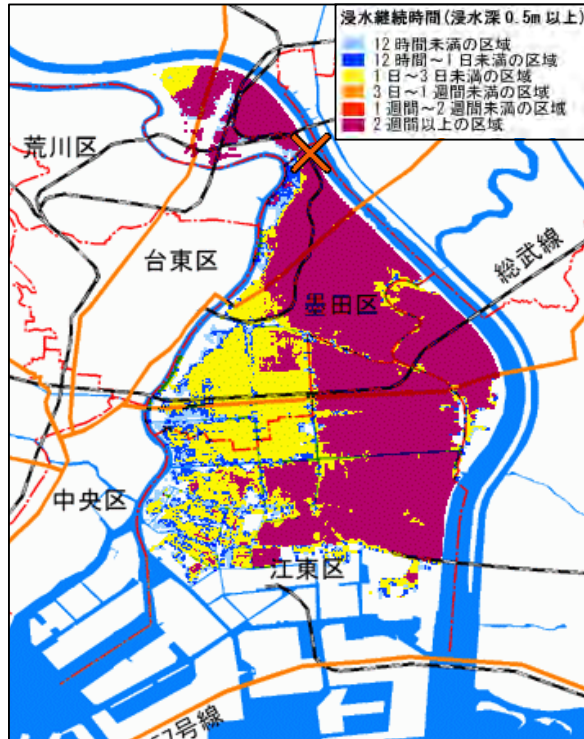
※2 排水ポンプ車を稼働させる場合を「○」とし、堤防決壊48時間後から稼働する事とし、排水ポンプ車への燃料補給も可能とする。



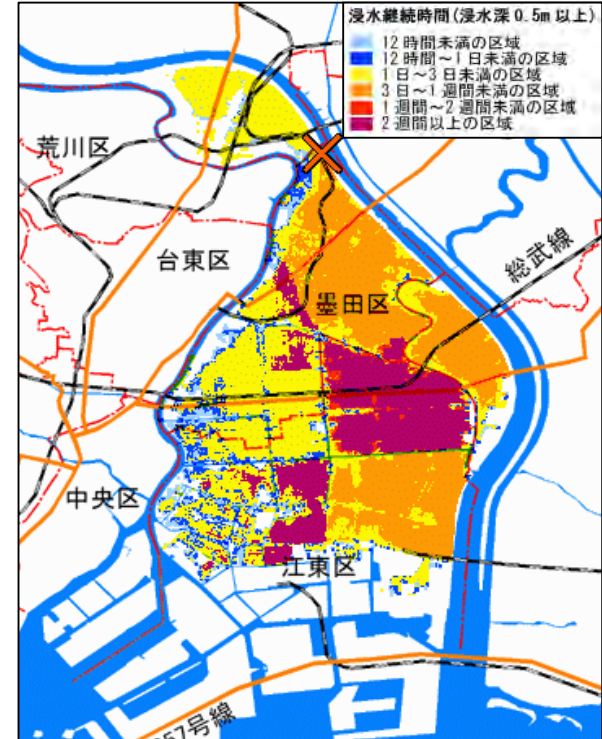
写真上：国土交通省が所有する排水ポンプ車
写真下：排水作業状況 (H27.9)

排水ポンプ車による排水の効果 (右岸10.25 k)

ケース1



ケース2



浸水継続時間	浸水面積	人口
3日未満	11.2km ²	214,790人
3日以上7日未満	0.0km ²	0人
7日以上	20.3km ²	449,405人



浸水継続時間	浸水面積	人口
3日未満	15.0km ²	290,898人
3日以上7日未満	10.1km ²	221,827人
7日以上	6.4km ²	151,470人

※個々に解析結果を集計しているため、合計値が合わない場合がある。

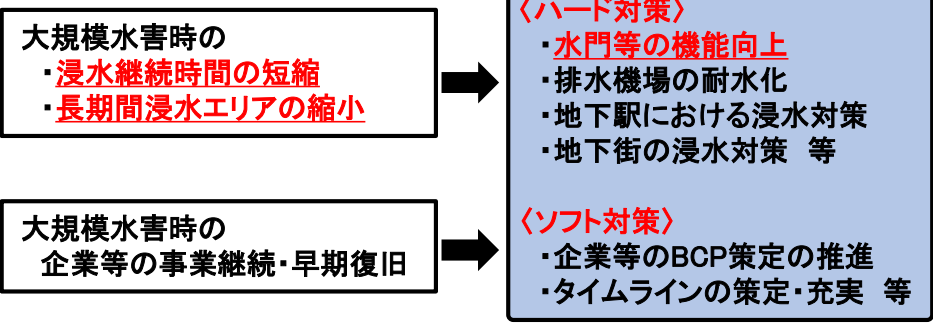
(参考) 広域避難計画の実効性を確保するための検討 (域外避難の対象者を減らす対策や避難可能人数を増やす対策)

【域外避難の対象者を減らす対策】

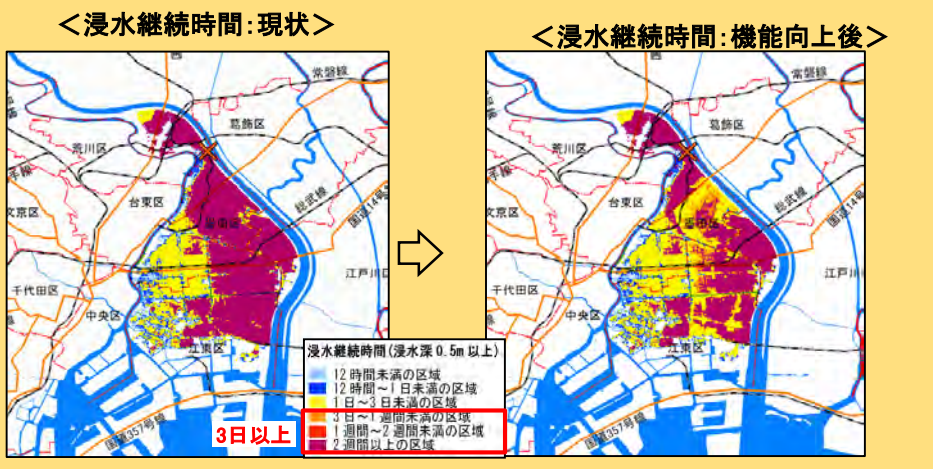
国土交通省においては、排水対策として水門等の機能向上や排水機場の耐水化等に取組んでおり、水門等の機能向上実施シミュレーションにおいても、浸水継続時間が3日以上³の区域が縮小する等の効果が得られている。

国土交通省 水災害に関する防災・減災対策本部(第5回)をもとに内閣府において作成
「http://www.mlit.go.jp/river/bousai/bousai-gensai/bousai-gensai/pdf/5kai-01-01.pdf」

【施策イメージ～氾濫発生を想定した事前対策～】



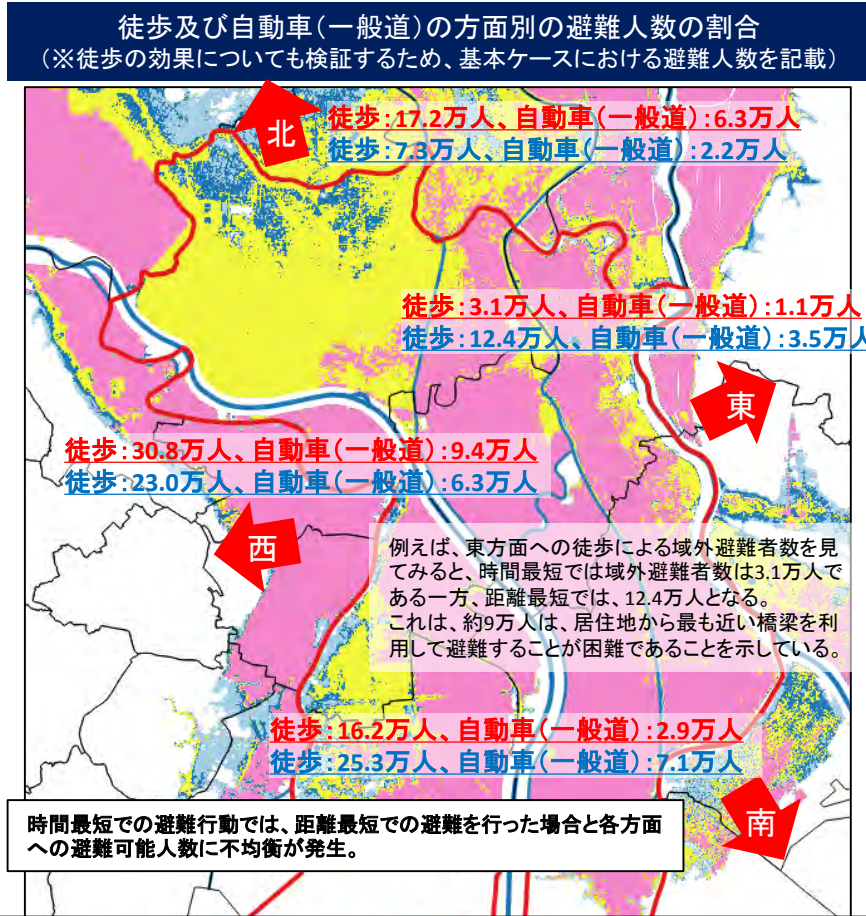
水門等の機能向上 実施シミュレーション



※荒川右岸10.25kmが破堤した場合において、一定の条件を考慮のうえ算出したシミュレーション結果

【避難可能人数を増やす対策】

- 時間最短での各方面への避難人数に対し、距離最短での各方面への避難可能人数が下回るため、避難時間を最短化した避難を行う場合、地域によって避難距離が長くなることも想定される。
- このため、大規模・広域避難が必要な地域においてインフラの更新を行う場合などの際には、平時の交通だけでなく、域外避難の対象者の時間最短での方面別の避難人数と同方面への避難可能人数の不均衡を是正する観点を考慮することも考えられる。
- 避難可能人数を増やす対策については、既存のインフラを活用する等それぞれの地域の実情を踏まえて検討を進めることが望ましい。



【赤字：時間最短】江東5区の域外避難の対象者が避難時間を最短化した際の、各交通手段毎の各方面への避難人数
 【青字：距離最短】江東5区の域外避難の対象者が最も近い橋梁を通過するとした際の、各交通手段別の各方面への避難人数
 (※各交通手段の利用割合は、最短化した時の「徒歩」：39%、自動車(一般道)：11%の時の避難人数)

前述の手順7に従い、広域避難場所の容量の算出等を行うとともに、決壊後に引き続き留まらざるを得ない住民について検討する。以下では、複数地点が決壊した場合に、引き続き5区外の避難施設で避難生活を送る避難者について検討した結果を示す。

【具体的な検討例】

- 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、浸水していない地域や浸水が解消した地域の住民は自宅等に戻ることが可能となるが、**複数地点が決壊した場合は浸水範囲が広域に渡り、浸水区域外に引き続き留まらざるを得ない住民が増えることとなる**

基本ケース（決壊地点が1点のみの場合）

【浸水解消後に浸水した自宅等に戻るとした場合】

- 荒川堤防の代表的な決壊地点12点で見ると、決壊後3日時点では最大で**48万人**が自宅に帰還できないが、このうち自主避難先に身を寄せている住民が66%いることを考慮すると、**5区外の避難施設で避難生活を送っているのは、16万人と想定される。**
- この場合の5区内における浸水していない避難施設の規模は23万人であるため、**5区内の浸水していない避難施設に避難可能である。**

【浸水解消後に浸水した自宅等に戻らないとした場合】

- **床上浸水をした住民は自宅に戻らないとした場合**、自宅に帰還できない住民は最大で**83万人**となり、**5区外の避難施設で避難生活を送っているのは、同様に28万人と想定される。**
- この場合の5区内における浸水していない避難施設の規模は18万人であるため、**10万人が引き続き5区外の避難施設で避難生活を送ることになる。**

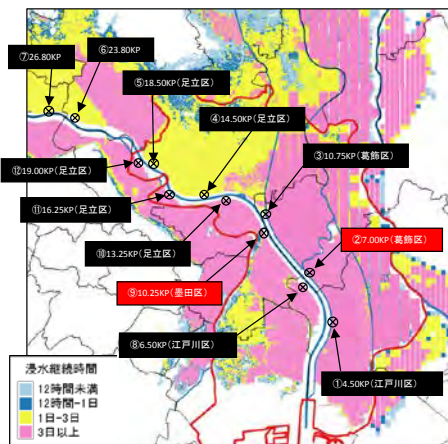
応用ケース（決壊地点が複数の場合）

【浸水解消後に浸水した自宅等に戻るとした場合】

- 以下2点が決壊した場合、決壊後3日時点では**90万人**が自宅に帰還できない。
 - 荒川堤防の代表的な決壊地点12点において、決壊後3日までに浸水している人口が最大となる**右岸10.25KP及び左岸7.00KPが決壊**
- **5区外の避難施設で避難生活を送っている避難者は、同様に31万人と想定される。**
- この場合の5区内における浸水していない避難施設の規模は19万人であるため、**12万人が引き続き5区外の避難施設で避難生活を送ることになる。**

【浸水解消後に浸水した自宅等に戻らないとした場合】

- 以下2点が決壊した場合、決壊後3日時点では**151万人**が自宅に帰還できない。
 - 荒川堤防の代表的な決壊地点12点において、決壊後3日までに浸水している人口が最大となる**右岸10.25KP及び左岸18.50KPが決壊**
- **5区外の避難施設で避難生活を送っているのは、同様に51万人と想定される。**
- この場合の5区内における浸水していない避難施設の規模は8万人であるため、**43万人が引き続き5区外の避難施設で避難生活を送ることになる。**



破壊地点	人口(万人)	
	床上浸水区域	立退き避難の対象
①左岸 4.50KP	38	32
②左岸 7.00KP	43	42
③左岸10.75KP	66	31
④左岸14.50KP	75	33
⑤左岸18.50KP	83	37
⑥左岸23.80KP	32	7
⑦左岸26.80KP	26	4
⑧右岸6.50KP	60	41
⑨右岸10.25KP	68	48
⑩右岸13.25KP	33	18
⑪右岸16.25KP	4	2
⑫右岸19.00KP	4	3

※浸水継続時間3日以上、全居室浸水、家屋倒壊等氾濫想定区域の人数

【決壊後3日時点における江東5区の避難者(まとめ)】

	基本ケース (決壊地点が1点)	応用ケース (決壊地点が複数)
浸水解消後に浸水した自宅等に戻る	5区内に避難可能	12万人が5区外に避難
浸水解消後に浸水した自宅等に戻らない	11万人が5区外に避難	43万人が5区外に避難

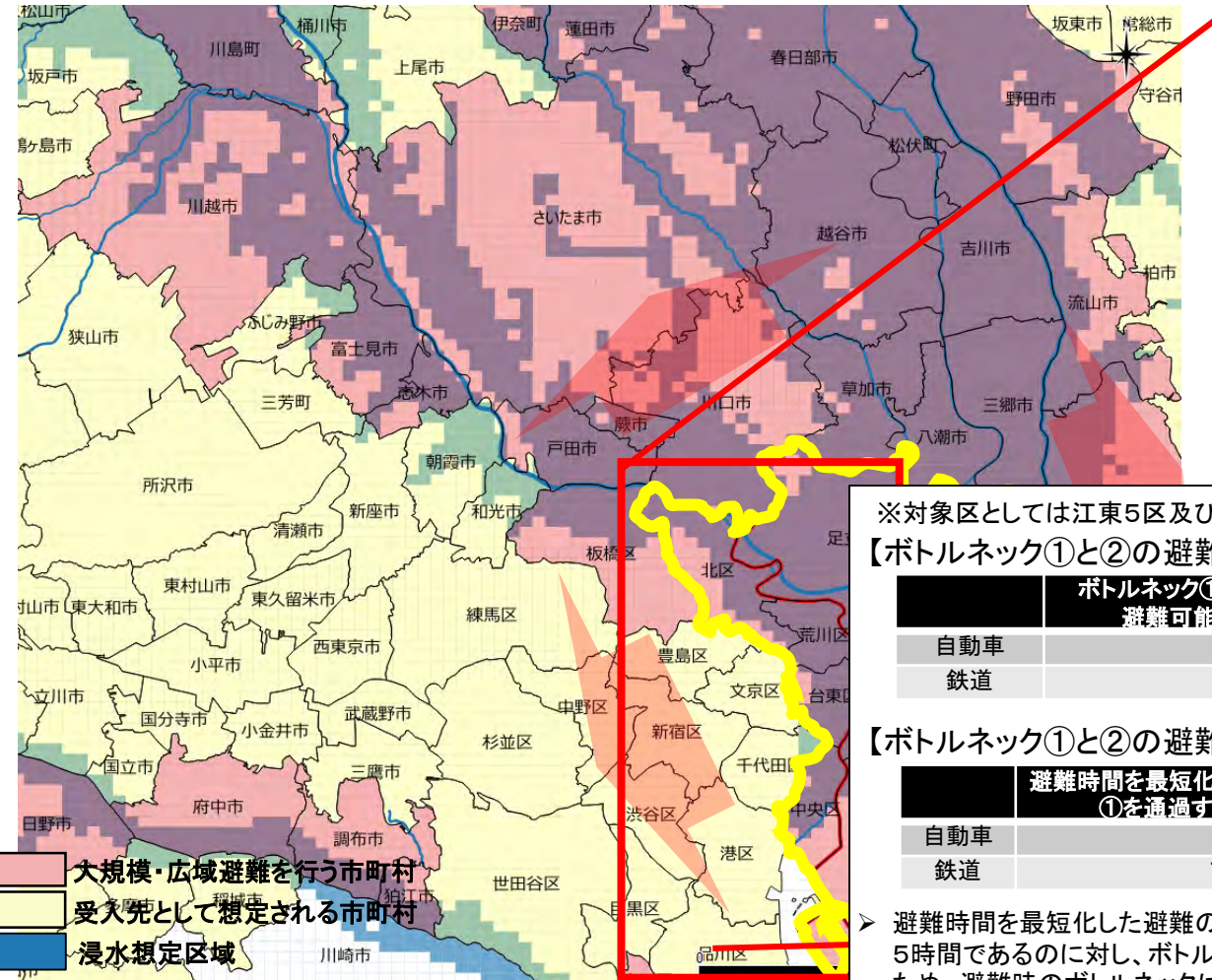
<応用ケース> 対象地域を拡大して手順1～手順7の検討を実施

対象地域を拡大した場合はボトルネックの再設定等が必要となる。前述の手順1～7に従い検討を実施することが必要となる。以下では、ボトルネックを再設定した際の検討結果を示す。

【定量的な算出方法・具体的な検討例】

- 江東5区の周りにも低地帯は広がっており、江東5区外の浸水するおそれのある市町村からの域外避難者により、避難時間が一層長くなるとともに、避難先の確保より困難となることも考えられる
- そのため、今後はこれらの市町村を含む地域において、手順1～7に従い、ボトルネックの再設定、受入先市町村の再検討等を行う必要がある。

江東5区周辺では、基本ケースの手順7の計算手法に従い、応用ケースの大規模・広域避難を行う市町村か、あるいは受入先の市町村になるかを算出すると、多くの市町村が大規模・広域避難を行う必要があることがわかる。以下では、東京都心方面へ地域を拡大した場合の検討結果を示すこととし、対象区としては江東5区に北区・荒川区・台東区・中央区を加えた結果を示す。実際の広域避難計画策定にあたっては、東京都心方面だけでなく、その他の方面についても対象地域を広げて避難可能人数と避難人数の関係から避難に要する時間を算出し、手順5に従い、域外避難者の分散計画を検討することが必要



※対象区としては江東5区及び北区・荒川区・台東区・中央区に限定した結果
【ボトルネック①と②の避難可能人数の変化】

	ボトルネック①を設定した場合の 避難可能人数(万人/h)	ボトルネック②を設定した場合の 避難可能人数(万人/h)
自動車	4	6
鉄道	17	37

【ボトルネック①と②の避難人数の変化】

	避難時間を最短化した時にボトルネック①を通過する人数(万人)	避難時間を最短化した時にボトルネック②を通過する人数(万人)
自動車	19	22
鉄道	71	136

➤ 避難時間を最短化した避難の場合、ボトルネック①を通過するのにかかる時間は5時間であるのに対し、ボトルネック②を通過するのにかかる時間は4時間であるため、避難時のボトルネックは①となる

大規模・広域避難を行う市町村
 受入先として想定される市町村
 浸水想定区域