

(案)

大規模・広域避難に関する定量的な算出方法 ～江東5区における検討～

平成 年 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。)において、第●回まで検討した結果を基に、大規模・広域避難を必要とする地域で具体的な避難計画立案に向けた作業を進めるための基本的な考え方を「洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難に関する基本的な考え方と今後の対策の在り方について(報告)」(以下、「WG報告」という。)としてとりまとめた。

本資料は、WG報告の内容を踏まえ、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。)を事例として、各手順毎の具体的な検討例を示し、定量的な算出方法について整理したものであり、これを活用することで、各地域が抱える課題と対策の効果を定量的に把握することが可能となることを期待している。

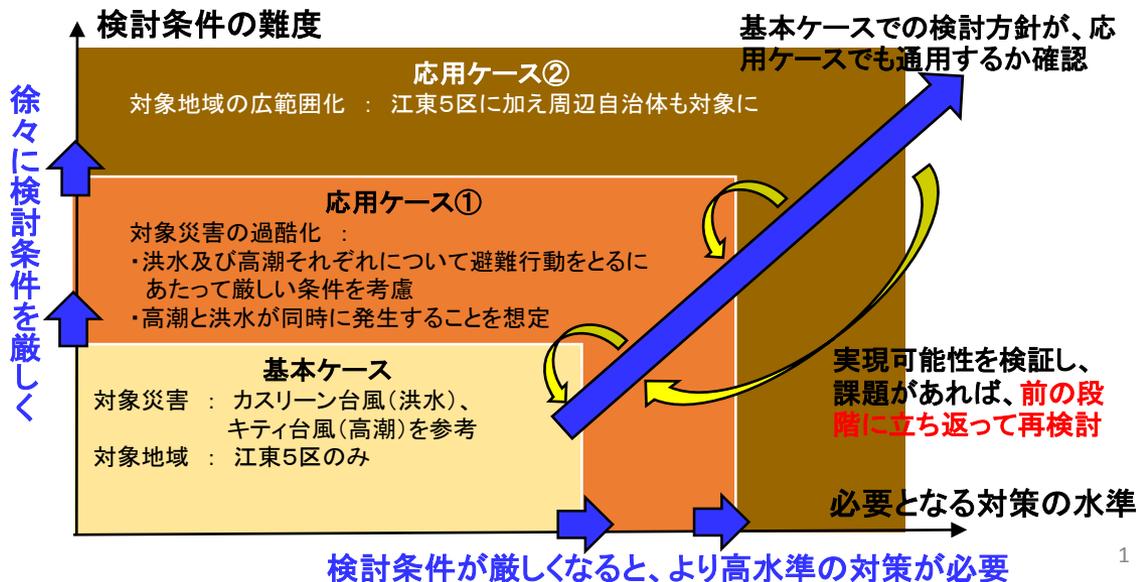
今後、大規模・広域避難が必要とされる各地域において、報告及び定量的な算出方法を参考にして具体的な避難計画立案に向けた検討を進め、その作業過程で明らかになった課題をWG報告及び定量的な算出方法にフィードバックすることが望ましい。それらを踏まえ、必要に応じて今後本報告及び定量的な算出方法の修正・充実を図る予定である。

WG報告の目次

- はじめに
- 大規模・広域避難の特徴と検討全体の流れ
 - 大規模・広域避難の課題
 - 大規模・広域避難を考える上で重要な視点
 - 大規模・広域避難の検討全体の流れ
- 大規模・広域避難の具体的な検討手順
 - 手順1 基本となる対象地域と災害の設定
 - 対象地域の設定
 - 大規模・広域避難対象者
 - 対象災害の設定
 - 手順2 域外避難・域内避難の組み合わせ・配分
 - 全居室が浸水するおそれがある居住者数
 - 氾濫流により家屋流失のおそれがある居住者数
 - 浸水が長時間継続するおそれがある居住者数
 - 浸水区域に含まれるが立退き避難の対象としない地域の居住者
 - 手順3 移動困難者の避難先の確保
 - 入院・入所者数の算出と避難行動
 - 在宅移動困難者数の算出と避難行動
 - 近距離避難可能人数の算出
 - 避難施設等の改善
 - 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
 - 決壊後の救助完了の目標期間と救助手段
 - ボート・ヘリによる救助可能数及び必要数の算出
 - 手順5 大規模・広域避難に要する時間の算出
 - ボトルネック箇所の特定
 - 交通手段別の需要量と避難時間の算出
 - 避難時間の短縮方策
 - 避難時の事故対策
 - 手順6 避難勧告等の判断基準の設定
 - 交通条件を考慮した避難開始時間の設定
 - 避難開始を判断するための災害予測の検討
 - 手順7 大規模・広域避難の避難先の確保
 - 自主避難先の確保
 - 一時的な公的避難施設の確保
 - 浸水解消後の早期帰還
- 計画の実効性の確保
 - 実効性のある計画とするための検討
 - 計画の実効性を確保するための具体的調整等
- 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を示し、定量的な算出方法を提示

【検討の進め方】



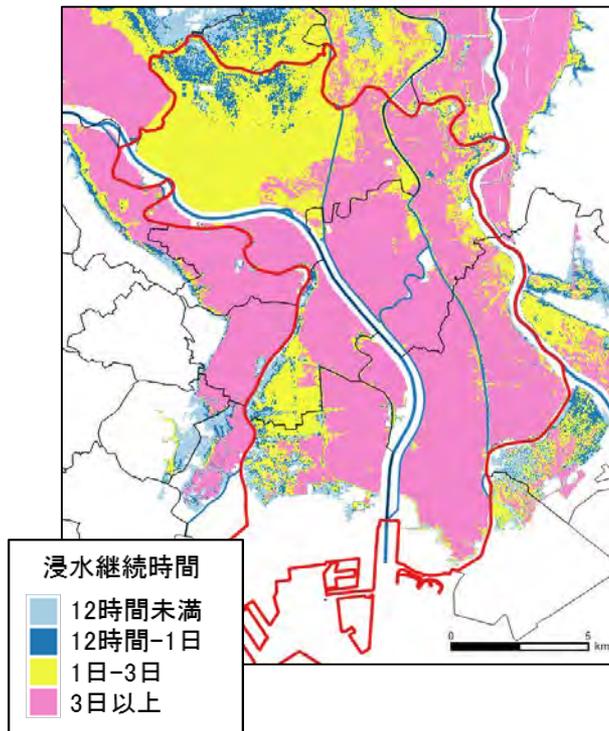
～基本ケース(洪水)の検討～

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

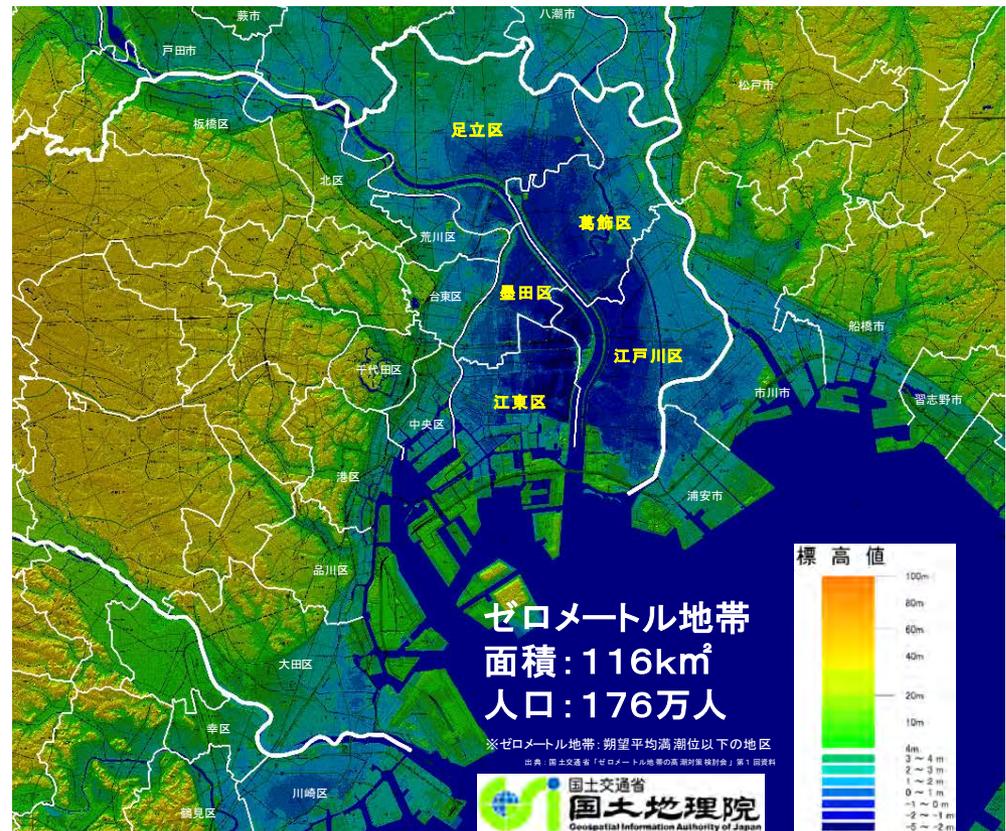
3.1 手順1 基本となる対象地域と災害の設定

3.1.1 対象地域の設定

- 東京低地帯のなかでも避難条件が特に厳しい江東5区を具体的な検討対象とする（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区は250万人を超える人口を擁している。浸水しない地域への立退き避難には、必ず河川を渡る橋梁を経由する必要があり、隣県にまで避難先を広げる必要がある。
- 一方で、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住民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。



※【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

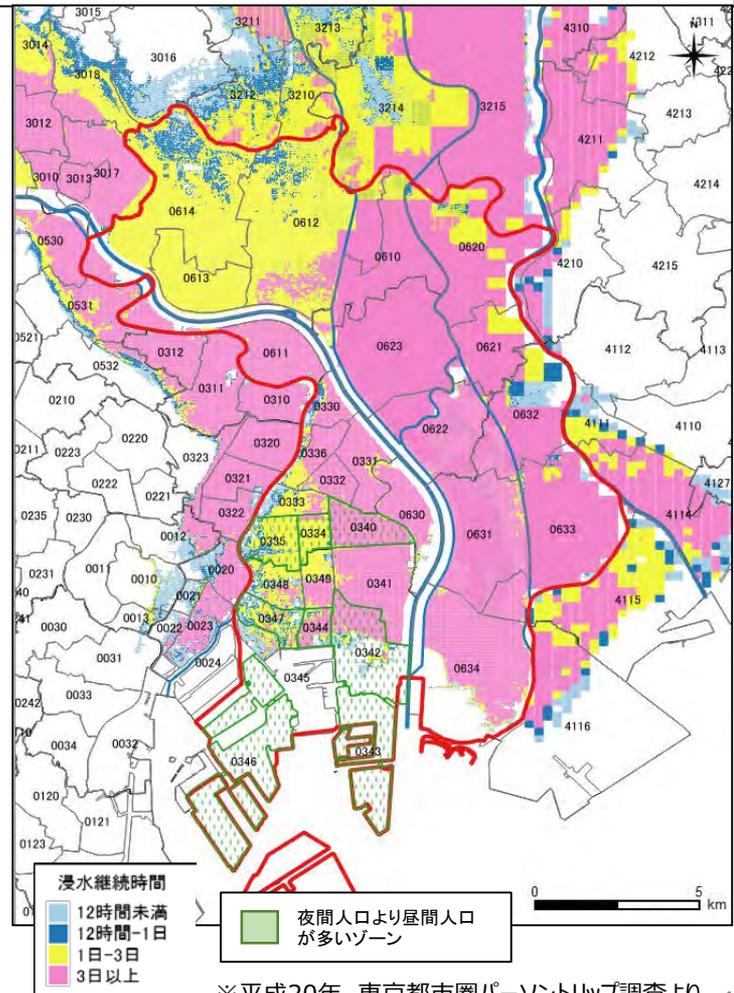
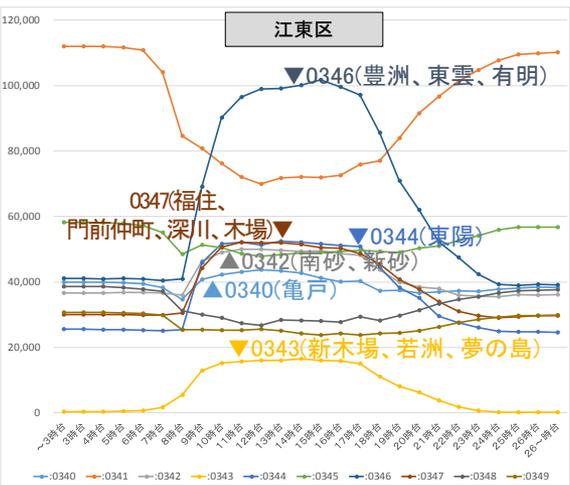
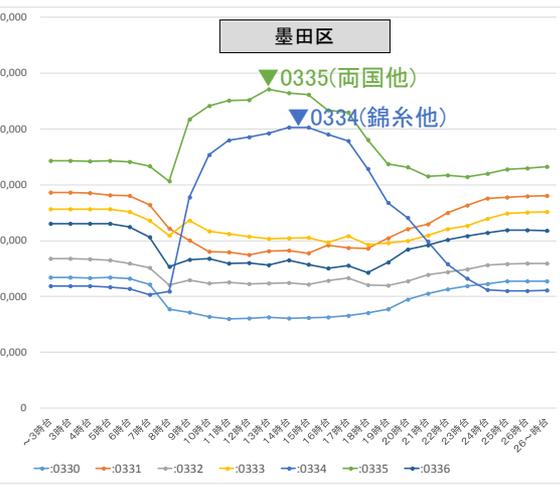
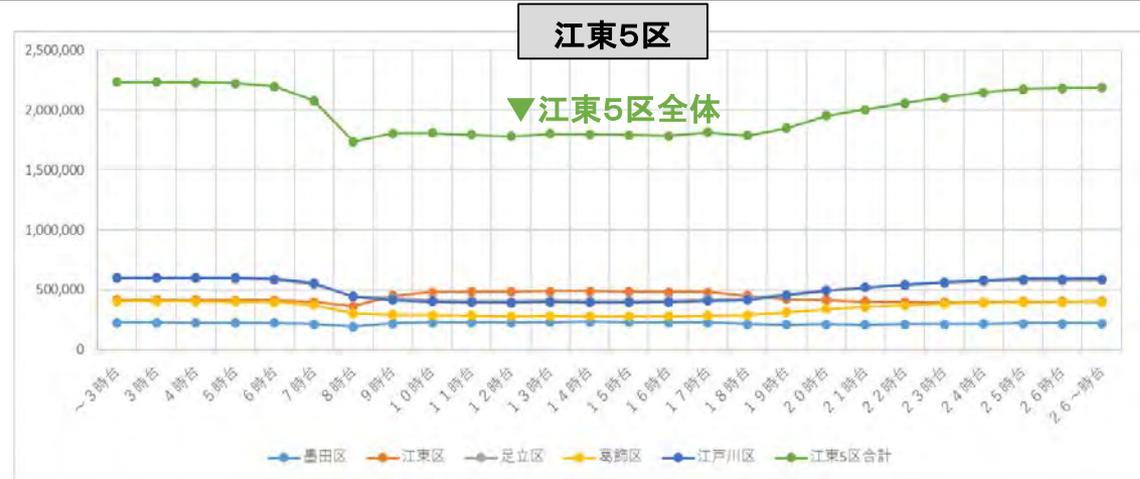


3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.1 手順1 基本となる対象地域と災害の設定

3.1.2 大規模・広域避難対象者

- 大規模・広域避難の対象となる住民が対象区域外へと出ている場合がある。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、**居住人口を上回ることにはなかった。**
- 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 4

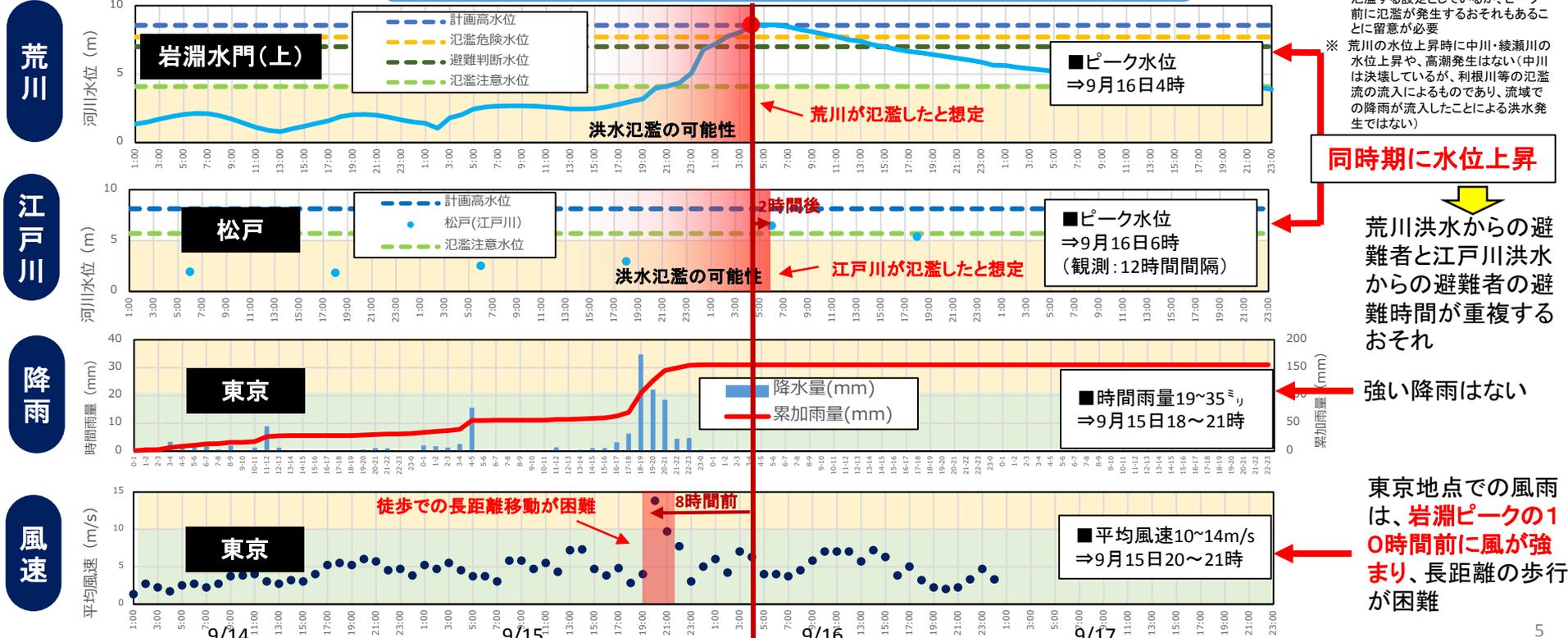
3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.1 手順1 基本となる対象地域と災害の設定

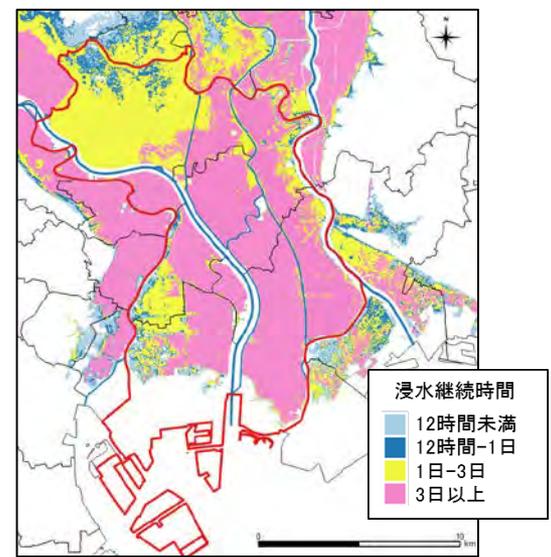
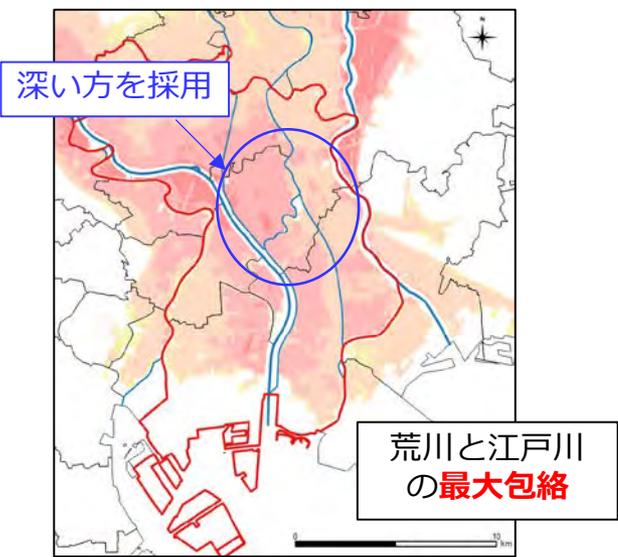
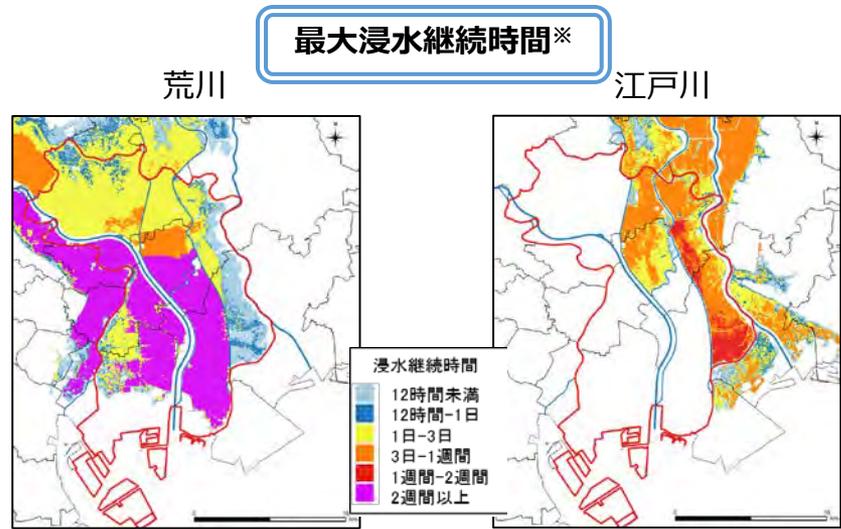
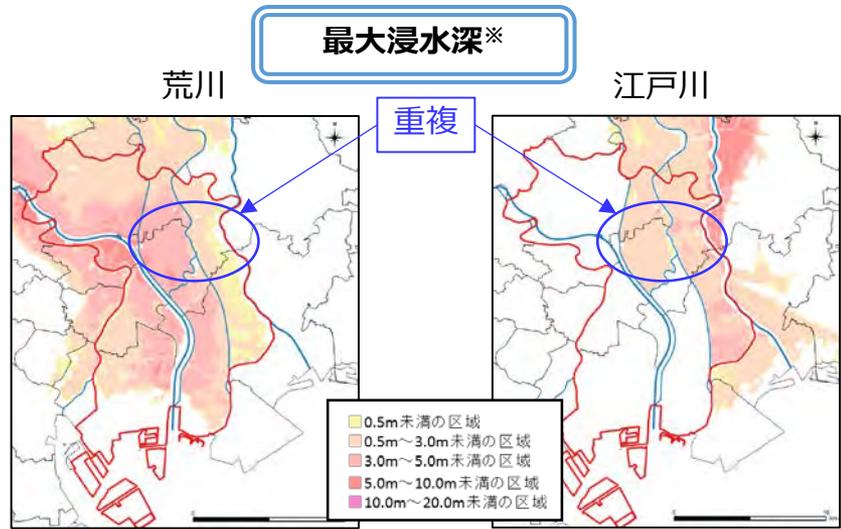
3.1.3 対象災害の設定

- 江東5区においては**カスリーン台風（昭和22年）**が既往最大災害である。カスリーン台風時には、荒川は上流部で決壊し洪水流の一部が上流で氾濫していたにもかかわらず、江東5区地点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。70年も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こととする。
- 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。検討対象地域である江東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。
- 以上で、カスリーン台風時における周辺河川等の状況が整理できた。大河川の氾濫については、**荒川と江戸川が同時に水位が上昇し、決壊するという災害シナリオ**となる。

カスリーン台風における河川水位・潮位・降雨・風速の状況



■ 次に、**荒川と江戸川の洪水による被害を設定する**。荒川、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、それによる浸水深と浸水継続時間を用いる。立退き避難をしようとしている時は、どちらの河川のどの地点が決壊するかは不明であるため、**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。また、決壊地点については一点のみとして検討を進める。その結果、江東5区における荒川・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。



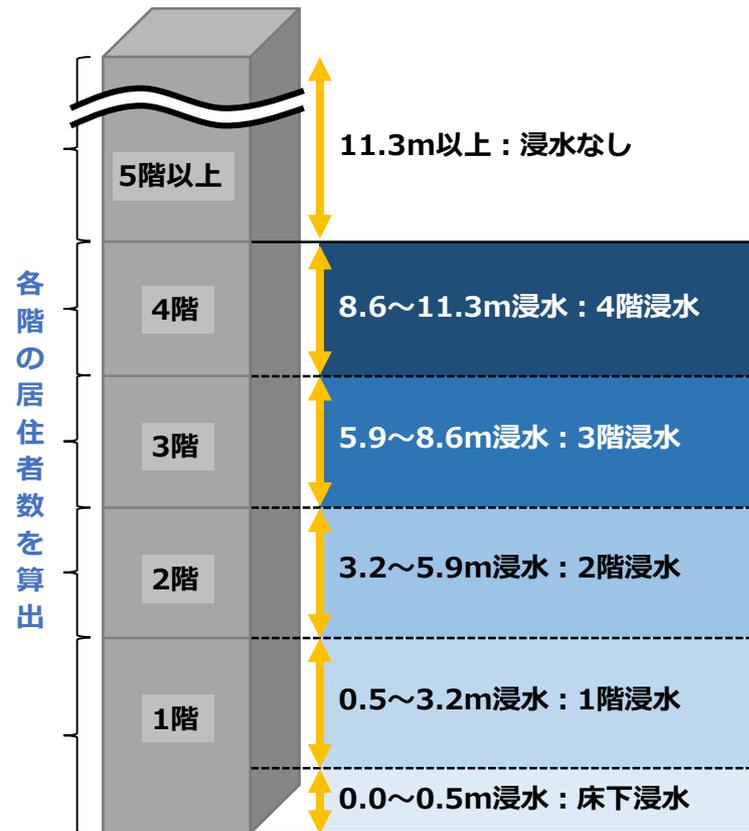
※ 荒川水系洪水浸水想定区域（H28.5）、利根川水系江戸川浸水想定区域図（H29.7）を基に作成

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.2 手順2 域外避難・域内避難の組み合わせ・配分

3.2.1 全居室が浸水するおそれがある居住者数

- 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）に人口を算出し、**最上階まで浸水する住宅の居住者数を集計する**。なお、住宅の床上高は50cm、1階の階高は270cmとする※1。
- 荒川と江戸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最上階の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。
- その結果、全居室が水没する居住者数は**81万人**となった。



全居室が浸水する区域内の人口

浸水深※1 (m)	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
全居室が浸水する範囲					
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

居室水没する人口 **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・域内避難の組み合わせ・配分

3.2.2 氾濫流により家屋流出のおそれがある居住者数

■ 荒川・江戸川の包絡における「家屋倒壊等氾濫想定区域」に該当するメッシュの人口は、16万人となった。

家屋倒壊の例



流失家屋の位置

約200m

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



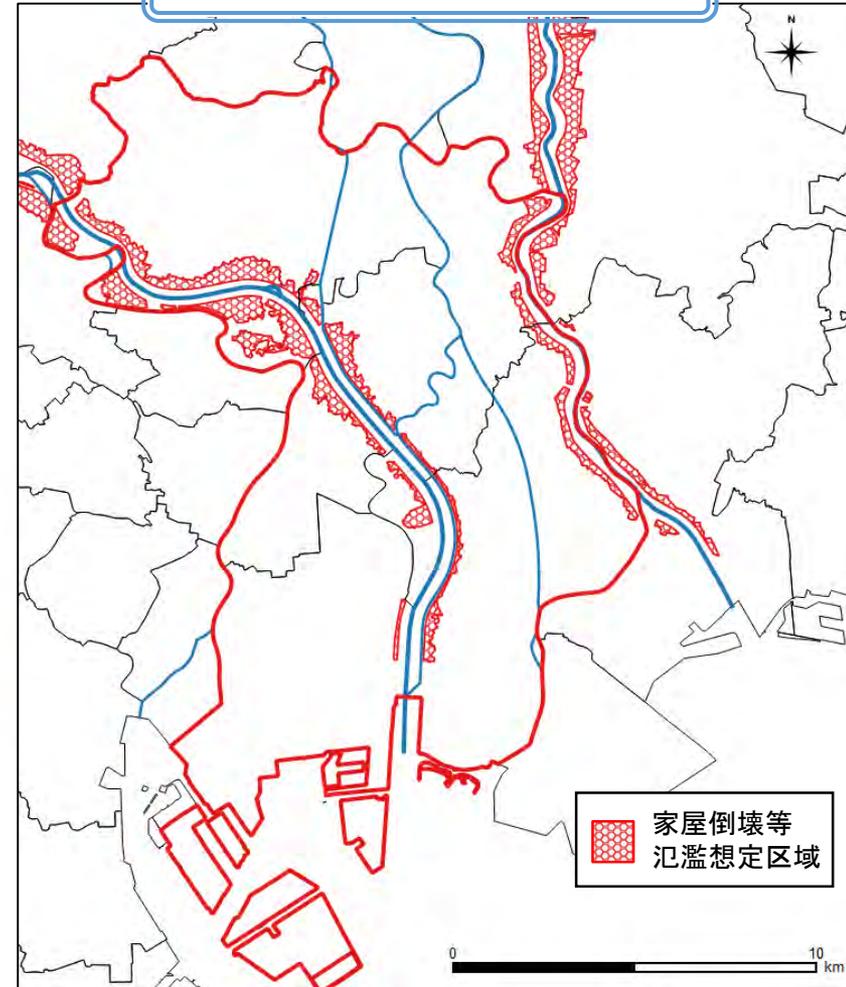
浸食により家屋が流失した状況



河岸浸食による家屋の流失（朝日新聞社提供）

水害ハザードマップ作成の手引き（平成28年4月 国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課水防企画室）から抜粋

家屋倒壊等氾濫想定区域図



家屋倒壊等
氾濫想定区域

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

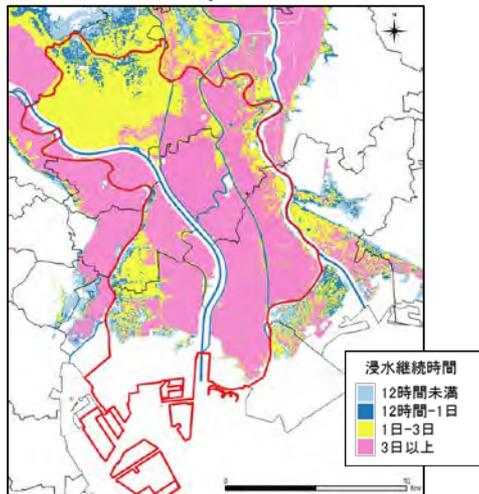
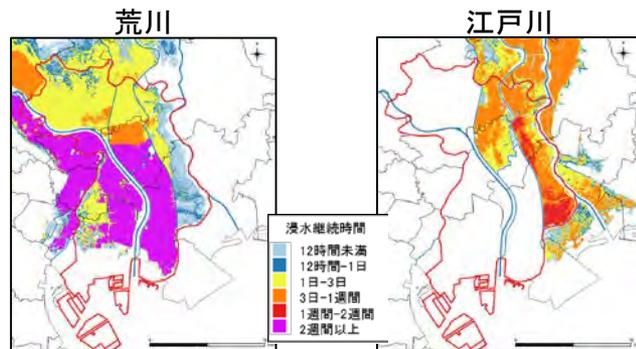
3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.2 手順2 域外避難・域内避難の組み合わせ・配分

3.2.3 浸水が長時間継続するおそれがある居住者数

- 荒川と江戸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、あらゆるパターンのうち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。
- この浸水継続時間について分析すると、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。したがって、立退き避難の対象区域を浸水継続時間3日以上とすると、江東5区人口255万人のうち**立退き避難対象者は159万人**となる。

最大浸水継続時間*



浸水深・床上浸水継続時間別の人口

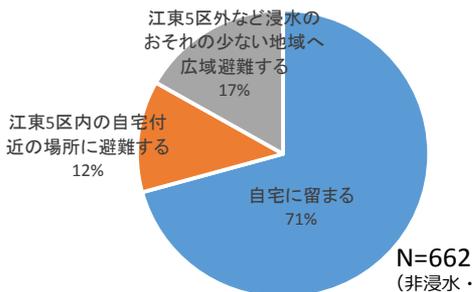
非浸水・床下浸水		22万人	屋内安全確保 95万人
床上浸水継続 時間	1日未満	9万人	
	1～3日	65万人	
	3日以上	159万人	立退き避難

※ 【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

- 3日以上を立退き避難の対象とすることの妥当性を確認するため、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、**浸水継続時間が長期に及ぶ地域の住民の立退き避難を円滑に行うために、浸水継続時間が3日未満の地域の住民に対して自宅待機の協力を求めることは、現実的に妥当だと考えられる。**なお、留まる対象となる住民の理解や協力を得られるように努めるとともに、住民が十分な備蓄をしておくことが必要である。

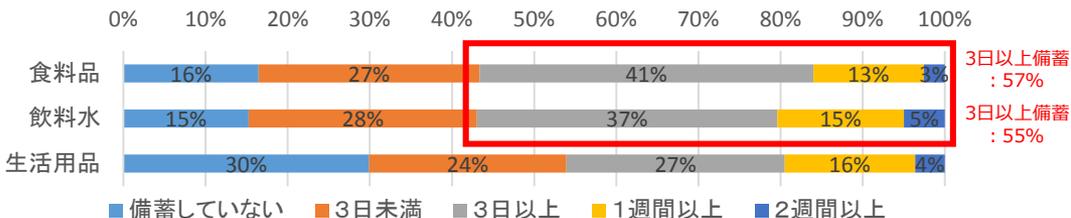
住民インターネット調査

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

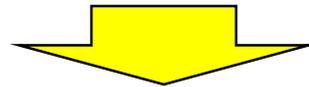
3.2 手順2 域外避難・域内避難の組み合わせ・配分

3.2.4 浸水区域に含まれるが立退き避難の対象としない地域の居住者

- 江東5区人口255万人のうち、全居室が水没する居住者数は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。三者の重複を排除すると、**立退き避難の対象者数は178万人**となる。
- それ以外の人口77万人に対しては、屋内安全確保をとることを要請する。そのうち立退き避難を希望する住民に対しては、よりリスクが高く立退き避難が必須である住民が移動する際の支障とならないように、相当早期に立退き避難を完了するように要請することになる。後述するように、江東5区において立退き避難対象者に対して避難を呼びかけるのは、水害発生のおそれのある24時間程度前となるため、**立退き避難対象地域でないが立退き避難を希望する住民については、24時間より前に立退き避難を完了するように要請する。**

立退き避難対象者

- 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**



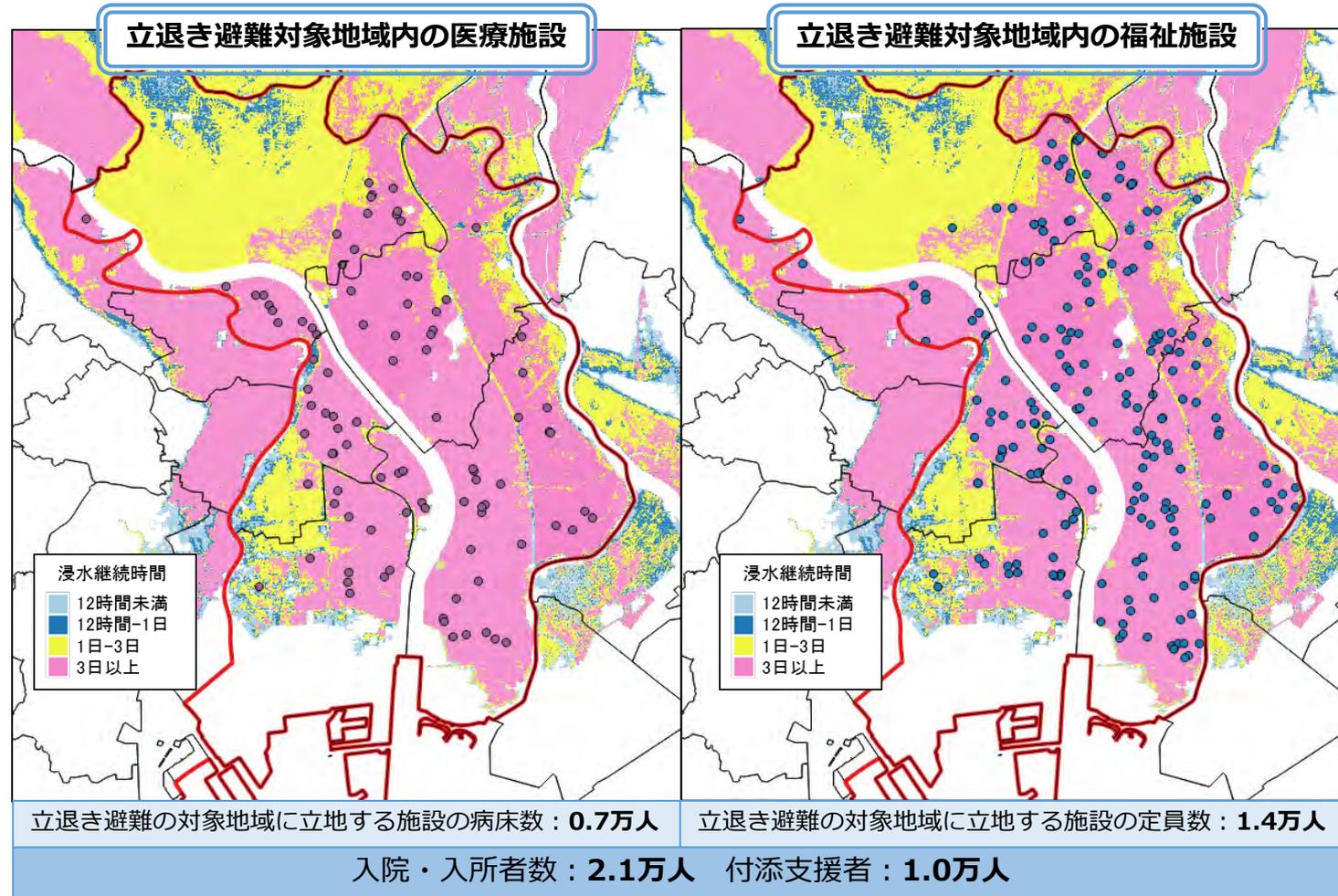
①、②、③の重複を除くと **178万人**

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 移動困難者の避難先の確保

■ 東京都福祉保健局の統計資料※を基に算出した。立退き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、付添支援者はその半数である1.0万人と設定することができる。



※ 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。

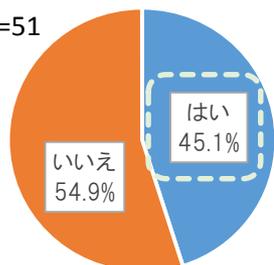
- 江東5区内の「病院・福祉施設調査」によると、**病院51施設のうち45%が「院外の浸水のおそれのない場所へ避難させる」という方針であるが、想定される受入先として、具体的な協定までを結んでいる施設はなかった。**
- また、福祉施設192施設のうち44%が、「院外の浸水のおそれのない場所へ避難させる」方針であるが、**想定される受入先として、具体的な協定までを結んでいる施設は1施設のみであり、その受入先は江東5区内の浸水区域であり、実質的に安全な避難先を確保できている施設はなかった。**また、病院・福祉施設調査においては、「院外の浸水のおそれのない場所へ避難させる」患者に関する自由回答欄への記入として、「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、具体的な受入先を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、その施設内に留まる人と、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立退き避難をする人とに分かれることが想定される。以下の検討においては、**全員が施設内に留まった場合と、全員が立退き避難をした場合のいずれになっても対応できるよう、入院・入所者と付添支援者の合計3.1万人を屋内安全確保、立退き避難の双方に計上することとする。**
- 立退き避難が必要な入院・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

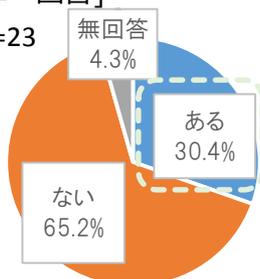


「はい」と回答した
23機関を対象

想定している受け入れ先

[単一回答]

N=23

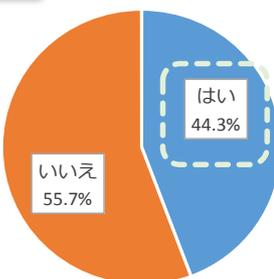


注：小数点処理の関係で、合計は100%となっていない

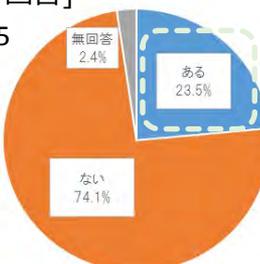
[単一回答]

N=85

福祉施設 N=192



「はい」と回答した
85機関を対象



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

- 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。そこで、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のみを集計対象とすることとする。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区の精神障害者人口に対して全国の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区の要介護・要支援者人口に対して全国の要介護・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、立退き避難対象地域の人口に変換すると、32.0万人(=45.8×178/255)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、在宅の移動困難者は30.6万人となる。これに同数の付添支援者がいるため、その合計数は61万人となる。

要配慮者の算出

計算式

	計算式
要介護・要支援者	= 109,265 (江東5区の要介護・要支援者人口)
身体障害者	= 82,719 (江東5区の身体障害者人口) × 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 (江東5区の知的障害者人口) × 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 (江東5区精神障害者人口) × 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 (江東5区の後期高齢者人口) - (17,053 (江東5区の病床数) × 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 (江東5区の乳幼児)
妊産婦	= 24,366 (江東5区の妊産婦)

- ※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年身体障害者・者実態調査結果(厚生労働省)
- ※4 平成17年度知的障害者(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)

- ここで、これらの在宅移動困難者がどの程度の割合で近距離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必要がある。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**。
- なお、長距離移動の条件としては、**自動車利用を挙げる世帯が6割以上（40世帯中25世帯）**となっていることに留意が必要である。後述するように、避難時間を短縮しようとする、自動車避難については極力抑制した方がよいという分析結果が出ており、移動困難者が長距離移動をするために自動車を利用できるようにするためには、一般住民については自動車以外の手段での避難を要請する必要がある。

住民アンケート・ヒアリング調査①

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（健常者のみ）
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。

住民アンケート・ヒアリング調査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】

- 在宅の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をとっても良いこととし、浸水区域内の公的な避難所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)	C: 支援があれば5区外に避難可能 (13世帯)	
5区内	自宅	5	6	1	33
	公共施設	8	8	4	
	その他	1			
5区外	自主避難先			6	8
	公共施設			2	

【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)	C: 支援があれば5区外に避難可能 (13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	12	40
	公共施設	4	4	1	

【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、**浸水し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、**立退き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

住民アンケート・ヒアリング調査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。
- 自動車を保有しているにも関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、交通手段・経路を最適化した場合、立退き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13%
- 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13%※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、他の住民については可能な限り徒歩や鉄道避難とするよう、協力を要請することが必要 ※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

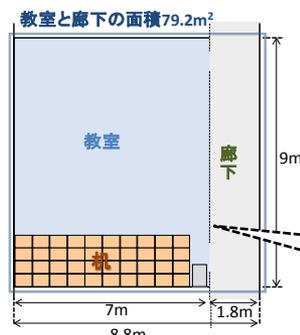
3.3.3 近距離避難可能人数の算出

- 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。
- 算出に必要な係数を次のとおり設定する。一般に、最低限の一人あたり専有面積として1.65㎡（一畳程度）とされている。この面積は横になって睡眠を採るための最低限の面積である。これとは別に通路等を確保しなければならない。通路等を含めると一人あたりに必要な面積はその倍の3.3㎡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。例えば、浸水後の避難生活については非常に困難が予想されるとしても、浸水区域内に留まらざるを得ない移動困難者があまりにも多いようであれば、避難者を多く収容できるように設定することも考えられる）。
- 江東5区において「家屋倒壊等氾濫想定区域」に含まれない公的避難施設のうち、浸水しない階層の面積は81.0万㎡である。これに0.7を乗じ、3.3㎡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、近距離の公的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、近距離の公的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に限る必要がある。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、近距離の公的避難施設への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、近距離の公的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。これは、入院・入所者を2つのパターンで考えるのと同様である。

避難可能な面積の算出（什器を考慮した有効率）

学校の例

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**



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

= **0.65**

什器		
机 (\square)	: 0.6 × 0.45	(0.27m ² × 40人 = 10.8m ²)
教卓 (\square)	: 0.8 × 0.5	(0.4m ²)
		合計: 11.2m²

※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3㎡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

3.3 手順3 移動困難者の避難先の確保

3.3.4 避難施設等の改善

- 避難施設ではないが、墨田区庁舎では、600kW規模の**ガスコージェネレーションシステム**を導入しており、発電した電力は買電系統と連系され、全館を対象に供給される。この発電は、中圧ガス（中圧導管からの直接供給）により、地区ガバナ※よりも上流側からガス供給することができるため、浸水の影響を受けにくく、**水害時においても供給が可能**と考えられる。

墨田区庁舎のガスコージェネレーションシステム



ガスエンジン発電機（2台）の仕様

- ・形式 4サイクル水冷V型12気筒ガスエンジン
- ・定格出力 438PS
- ・回転速度 1,500rpm
- ・起動方式 電気式
- ・燃料 都市ガス13A（中圧）
- ・発電出力 300kW
- ・発電電圧/周波数 6,600V/50Hz

○建物概要

- ・所在地 墨田区吾妻橋1-23-20
- ・延床面積 40,843㎡
庁舎：地上18階、地下2階
すみだリバーサイドホール：地上3階、地下1階
- ・契約電力 1,550kW
- ・発電電力 600kW

※ 供給事業者への聴き取り調査によると、2m程度の浸水で供給停止する場合が多い。

- 江戸川区の松江小学校では、避難場所になる体育館を2階に設置するとともに、2階の体育館や教室から校庭に直接連絡している階段を設けており、救助用のボートが階段に着岸しやすい構造となっている。20kwの発電量の太陽光発電と3.2kwの蓄電池を備えており、停電時には商用電源から太陽光へ切り替えることができる。

救助活動がしやすい建物 避難施設の事例（江戸川区松江小学校）



テラスと繋がっている階段



太陽光パネル（屋上）



蓄電池（体育館内）



体育館と校舎に接続している階段

（参考）主な電化製品の消費電力

エアコン（冷房）	580w～1400w	液晶テレビ（42型）	210w
電子レンジ	1500w	蛍光灯照明	100w
冷蔵庫（450Lクラス）	250w	デスクトップPC	150w～300w

出典：東京電力エナジーパートナーホームページ
<http://www.tepco.co.jp/ep/private/ampere2/ampere01.html>

- 江東区では**区内の企業等**と協定を締結し、**水害時における一時避難施設**を指定している。葛飾区では、広域避難（長距離の移動）が困難と考えられる要配慮者向けに、民間の大型商業施設とも協定を締結し、水害発生時には駐車場を一時避難場所として使用できるものとしている。

民間の協力を得て避難施設を拡充している事例（江東区）

一時避難施設の例 1（株式会社ヤマタネ）



一時避難施設の例 2（佐川急便株式会社東日本支社）



※企業 14社と協定を締結している。

※基本的には各企業の勤務時間内に発災した場合に限り一時避難施設として使用できるものとしているが、上記企業（株式会社ヤマタネ、佐川急便株式会社東日本支社）については、時間制限無く使用ができる。

一時避難施設の例 3（URが管理する賃貸住宅）



※集合住宅 9団地と協定を締結している。

※独立行政法人都市再生機構（UR）が管理する賃貸住宅については、同法人東日本賃貸住宅本部と本区との間で締結された協定に基づき、各住宅内自治会と本区との間で個別に覚書が交わされたことを条件として、正式に一時避難施設として指定している。

○一時避難施設としての期間

- ・大規模水害の発生時
区が避難勧告等を発令してから、その施設周辺の水害が収束するまで（発生からおおむね3日間）
- ・津波の発生時
東京湾内湾に大津波警報が発表されてから、警報解除等により津波のおそれなくなったときまで

■ 葛飾区の東新小岩七丁目町会においては、自治会内の逃げ遅れた住民の**救助や食糧支援を自治会組織で実施**する計画を立案している。自治会内に**救助・支援を担う専門組織**を設置するとともに、自治会で**ボートを購入**し、定期的に**操舵訓練・避難訓練**を実施している。また、安否確認の方法として、各自宅等で紅白の旗を掲げることを決め、赤旗が掲げられている家及び旗が掲げられていない家に声かけをすることにより、搜索の労力を少なくする工夫をしている。

浸水域内に取り残された住民への共助（葛飾区東新小岩七丁目災害対策市民組織）

- ・自治会内の逃げ遅れた住民の**救助や食糧支援を自治会で実施**する計画を立案
- ・自治会内で救助・支援を担う**専門組織を設置**
- ・自治会で**ボートを購入**し、定期的に**操舵訓練**を実施

ボートの訓練

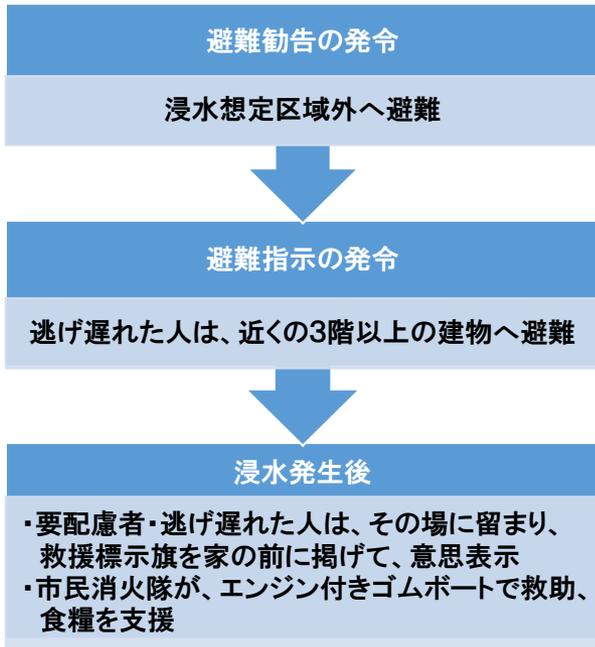
- エンジン付きゴムボートの操船訓練
- 小学校のPTAのお祭りなどのイベントを活用し、試乗体験やライフジャケットの着方講座などを開催(操船メンバーの新規勧誘も)



エンジン付きゴムボートの操舵訓練



地区住民の乗船体験



物資運搬は、行政が拠点まで運搬し、各建物までは、町会が配布する

「赤旗」を掲げているお宅と、旗が揚がっていない家に声をかける

■ 救援標示旗

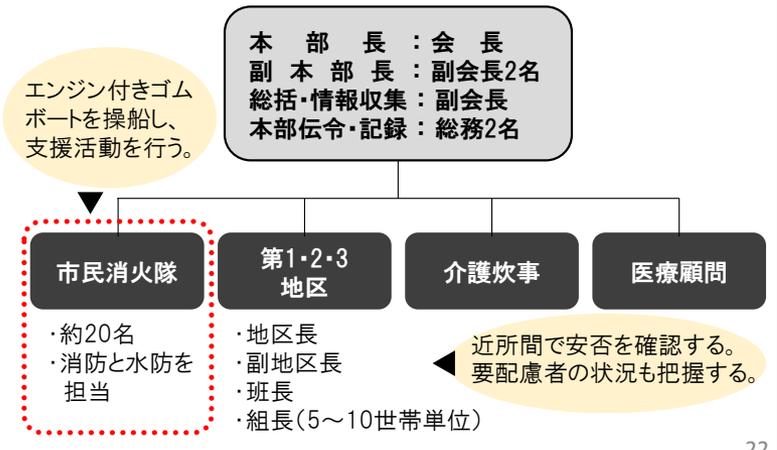
要救援のサイン



救援不要のサイン



■ 市民組織のピラミッド型の体制



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 結果後の救助完了の目標期間と救助手段

- 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日分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、後述するように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	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※1（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※3 : 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※2（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※3 : 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 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
 ※2 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 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

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数及び必要数の算出

- 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、避難者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、**ボートとヘリの2つの手段**がある。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、**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、搜索・救助するために活用するものとする。**

浸水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

【ボートによる救助可能数の算出】

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

ボートによる1日あたりの救助可能人数（人/日）

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

・・・（式1）

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）については一般避難者（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一般避難者より乗船に時間を要すると考え、一般避難者については2分/人、移動困難者については4分/人と、乗船時間を仮定する。係留については、救助地点付近での進入経路や係留箇所にも迷ったり、浮遊物や標識、塀等が支障になったりすることが想定されるため、係留に要する時間は5分/艇とし、係留解除時間は1分/艇と仮定する。

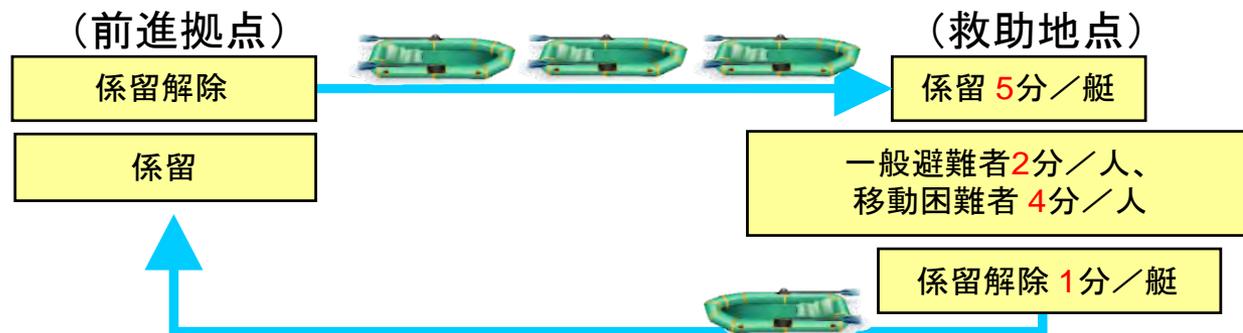


図 ボートによる救助活動の所要時間

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。

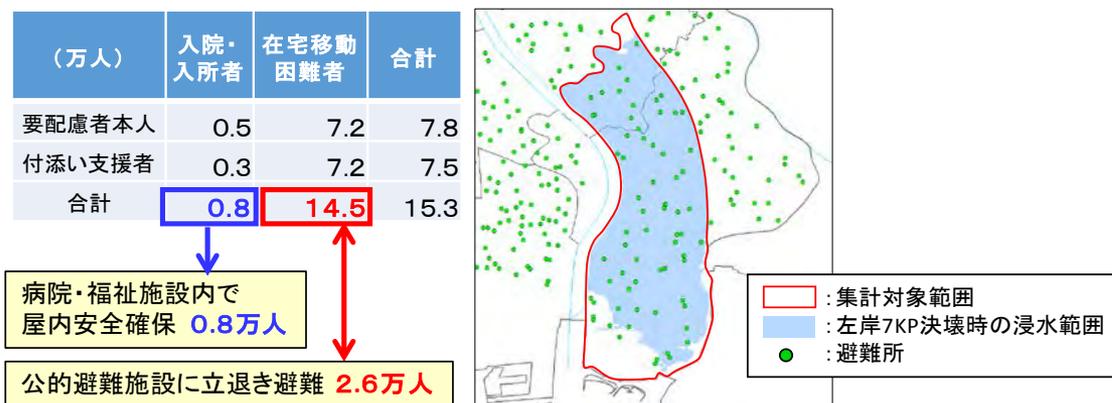
④1日あたり活動時間

日中の時間から12時間と設定する。

【ボートによる救助可能数の算出（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議論をすることが適切である。そこで、左岸側で立退き避難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には、入院・入所者0.5万人、在宅移動困難者7.2万人が立退き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、近距離の公的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、近距離の公的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
	避難所	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

※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、これは一般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。

$$\begin{aligned} 2 \times 1600\text{艇}/1900\text{艇} + 11 \times 300\text{艇}/1900\text{艇} &= 3.42\text{人}/\text{艇} \text{ (一般避難者救助)} \\ 1 \times 1600\text{艇}/1900\text{艇} + 5 \times 300\text{艇}/1900\text{艇} &= 1.63\text{人}/\text{艇} \text{ (移動困難者救助)} \end{aligned}$$

- 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、公的避難施設は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、公的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 + 2×12.52）÷2）となる。したがって、**公的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。

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

- 公的避難施設内に屋内安全確保をしている人は、最大で2.6万人である。しかし、当該地域の立退き避難対象住民が逃げ込む近距離の公的避難施設には高台に立地し、浸水しなかったり、決壊後3日未満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。

【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避難者を下ろし、再び救助拠点まで移動に要する時間を、救助地点における係留・救助者乗船・係留解除に要する時間で除して、1艇を加えたものとなる。したがって、ボートの必要総数は次式で求めることができる。

ボートの必要数（艇）

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

・・・ (式3)

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、一般避難者については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。

【ボートの必要数の算出（荒川左岸7kp地点が決壊した場合）】

- 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、表3のとおりであるため、重み付け平均をすると、次式ようになる。

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

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

- 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。

$$3.42\text{人/艇} \times 1\text{分/人} = 3.42\text{分/艇 (一般避難者救助)}$$

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

- 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。

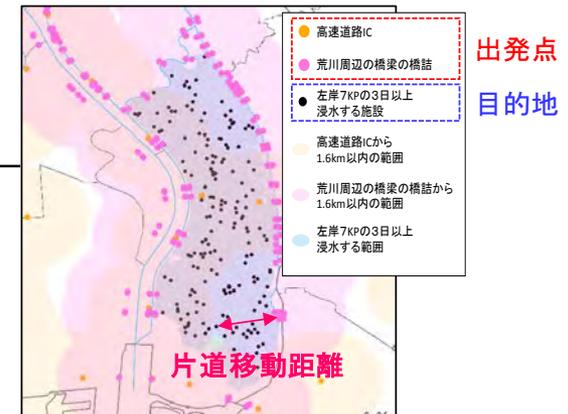
$$\{ (0.8 \text{ km} \div 1.05 \text{ km/時} + 0.8\text{km} \div 0.66 \text{ km/時} + 3.31\text{分/艇} \div 60\text{分/時}) \div 12.63\text{分/艇} \times 60\text{分/時} + 1 \} \times 78\text{施設} = 830\text{艇}$$

- 同様に、公的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、**公的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）



【ヘリによる救助可能数の算出】

- 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数は次式で求めることができる。

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

①単位面積あたりの救助者数

常総水害において決壊2日目のヘリによる救助人数は646人であり、その際のヘリの活動範囲は、7.5 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。

【ヘリによる救助可能数の算出（荒川左岸7kp地点が決壊した場合）】

- 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。

【ヘリの必要数の算出】

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

$$\text{ヘリの必要数 (機)} = \text{①単位面積あたりの活動機数 (機/km}^2\text{)} \times \text{②救助対象者が避難している地域の面積 (km}^2\text{)} \quad \dots \text{ (式4)}$$

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。

【ヘリの必要数の算出（荒川左岸7kp地点が決壊した場合）】

- 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

【方法】

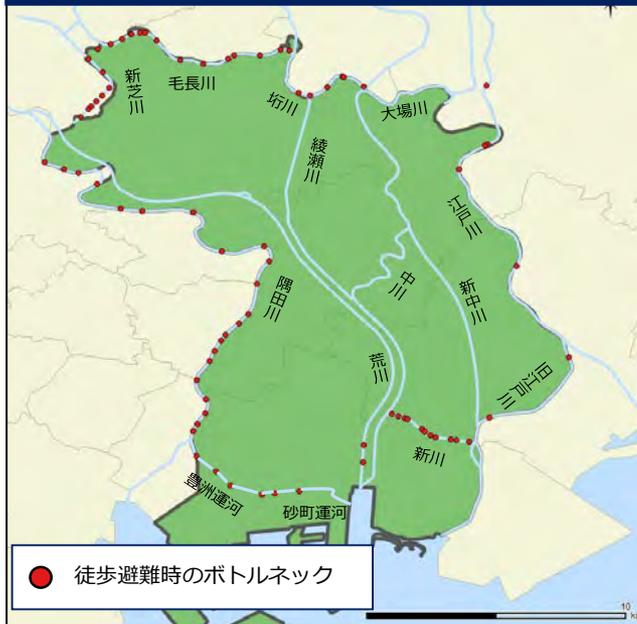
- 避難時間の具体的な算出方法として、詳細な交通シミュレーションを実施することも考えられるが、計算精度を保ったままで、かつ簡易に算出できる方法を提案する。この算出方法は次のようなものである。
- まず、交通の供給量として、交通手段・経路別に交通容量が最も小さい地点（以下、「ボトルネック」という。）を特定し、その交通容量を設定する。次に、需要量として、立退き避難の総量と、避難に無関係な非避難交通量とを設定する。個人の自由意思に委ねると、交通手段・経路別の交通需要が必ずしもその交通容量に比例して配分されるわけではないため、混雑の不均衡が生じてしまうことから、避難時間が長期化してしまう。つまり、避難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れば良い。
- さらに、交通容量を増やす手段を採れば、避難時間をより短くすることも可能となる。
- このように、簡便な方法を採用することで、計算資源を節約できるだけでなく、どのような対策を講じれば、避難時間を短縮することができるのかが、直感的にも分かりやすくなるという利点もある。
- なお、簡便のため、江東5区の事例における避難時間の算出にあたっては、入院・入所者と在宅移動困難者については、浸水区域内に留まるのではなく、全て浸水区域外へと立退き避難した場合のみを示している。

【江東5区の場合】

- 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での乗車となる。

江東5区における移動手段別のボトルネック

徒歩避難時のボトルネック



自動車避難時のボトルネック



鉄道避難時のボトルネック



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避難時間の算出

【交通手段別の需要量の算出方法】

- 立退き避難の対象地域にいる避難者による需要量を設定する。立退き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々は鉄道を使うと考えられる。しかし、その割合を事前に設定するには、何らかのよりどころが必要となるため、アンケート等により設定する。
- 交通手段の需要量を設定した後、交通手段毎に経路別の需要量を設定しなければならない。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、その領域内の立退き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、それは立退き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立退き避難する者と、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特殊な計算が必要となる。
- 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。

$$\begin{aligned}
 \text{総需要量} &= \text{避難開始時点で対象地域に居る人数} + \text{通過交通} + \text{一時帰宅交通} \\
 &= (\text{避難対象人口} - \text{地域外に出ている者} + \text{地域外からの訪問者}) \\
 &\quad + \text{通過交通} + \text{一時帰宅交通} \qquad \dots \text{ (式5)}
 \end{aligned}$$

- 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 × 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。

$$\begin{aligned}
 \text{総需要量} &= \text{避難対象人口} + (A - 1) \times \text{地域外に出ている住民} \\
 &\quad + \text{地域外からの訪問者 (訪問交通)} + \text{通過交通} \qquad \dots \text{ (式6)}
 \end{aligned}$$

※ 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）、訪問交通は外内交通（出発点が地域外、到着点が地域内）であり、通過交通は外外交通（発着点ともに地域外）であることと、それぞれの交通については抑制が可能であり、平時交通に一定の率を乗じたものとなることから、次式を得る。ただし、 $0 \leq B \leq 1, 0 \leq C \leq 1$ である。

$$\text{総需要量} = \text{避難対象人口} + (A-1) \times \text{内外交通} + B \times \text{外内交通} + C \times \text{外外交通} \quad \dots (式7)$$

- 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、外に出ている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。

$$\text{総需要量} = \text{避難対象人口} + 0.5 \times (\text{外内交通} + \text{外外交通}) \quad \dots (式8)$$

- 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。

$$\text{総需要量} = \text{避難対象人口} + 0.5 \times (\text{内外交通} + \text{外外交通}) \quad \dots (式9)$$

$$\text{各交通手段・経路別の需要量} = \text{各手段・経路の避難者} + \text{各手段・経路によりボトルネックを地域内から地域外へと抜ける平時の交通量} \quad \dots (式10)$$

- また、式8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。
- 本稿においては、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、ここでいう自由意思は、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、その領域内の立退き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

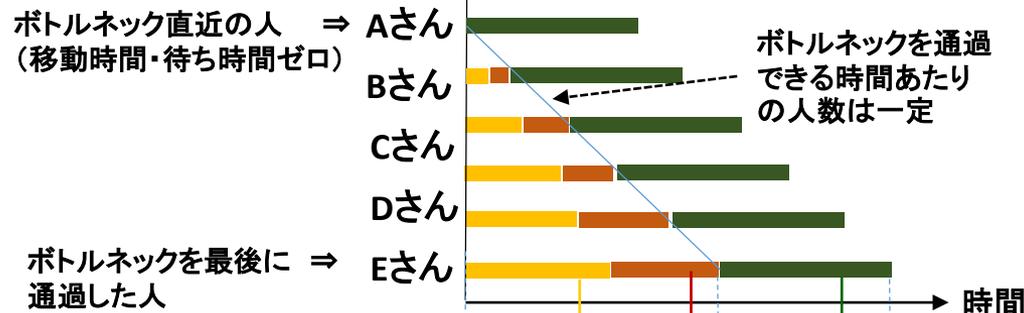
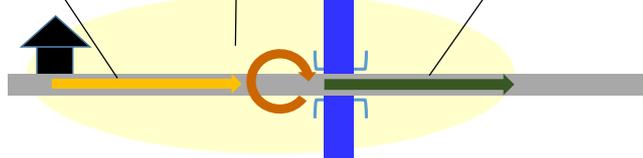
交通手段とボトルネック

- ▶ 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。

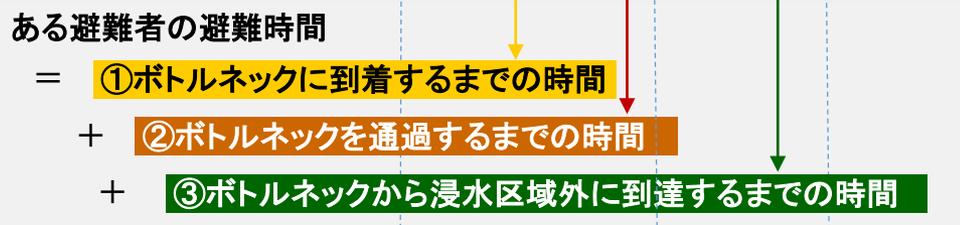
ボトルネック箇所のイメージ



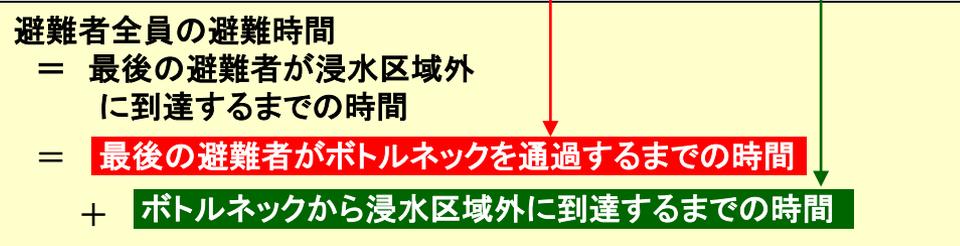
- ① ボトルネックに到着するまでの時間
- ② ボトルネックを通過するまでの時間
- ③ ボトルネックから浸水区域外に到達するまでの時間



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



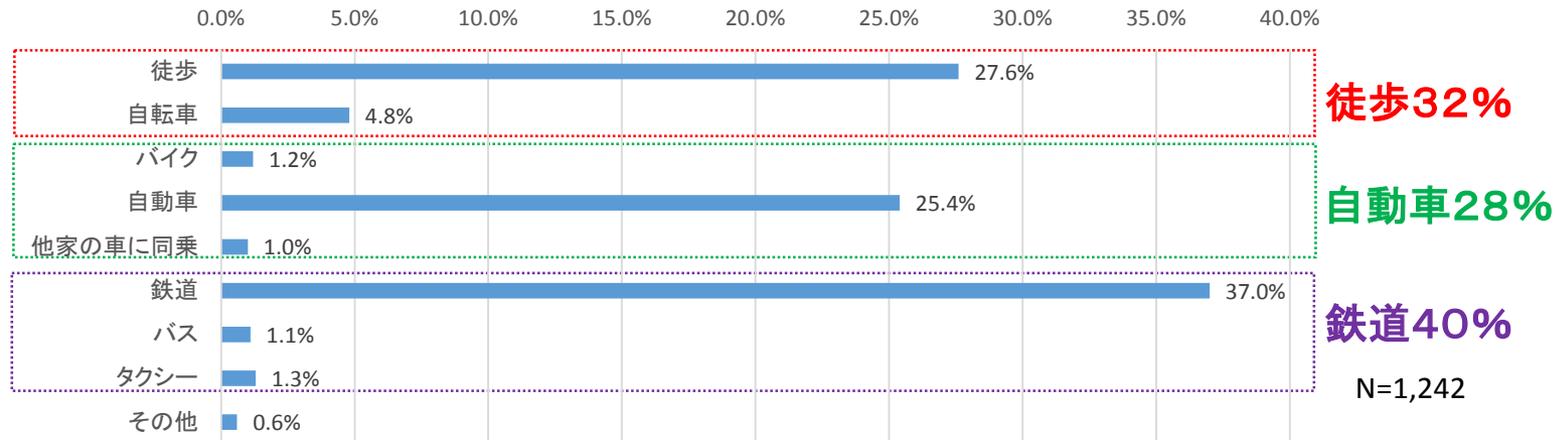
最後の避難者が通過する時間 = 避難者数 ÷ ボトルネック箇所の時間交通容量

【交通手段別の需要量の算出方法（江東5区の場合）】

- 立退き避難者の総数は先に算出したとおり159～178万人であり、これを交通手段別に割り振る。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。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が、簡便さのため今回の検討では全地区一律とする。
- 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、本稿では徒歩の通過・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、立退き避難人口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理解できる。

住民インターネット調査（避難時の交通手段）

- 避難者は、**自由に交通手段を選択**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。
- 対象者は立退き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	29万	121万	47万	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	121万	121万	26万	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	120万	121万	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	241万	118万	22万	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

【自由意思に委ねた場合の徒歩による避難時間の算出】

- 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。

$$\begin{aligned} \text{各経路の避難時間} &= \text{①各ボトルネックの避難者数 (人)} \\ &\quad \div \text{②各ボトルネックの時間交通容量 (人/h)} \\ &\quad + \text{③各ボトルネックから先の移動時間 (h)} \end{aligned} \quad \dots \text{(式11)}$$

①各ボトルネックの避難者数

避難行動を避難者の自由意思に委ねた場合、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。

$$\begin{aligned} \text{時間交通容量 (人/h)} &= \text{A:密度 (人/m}^2\text{)} \times \text{B:速度 (m/h)} \\ &\quad \times \text{C:歩道幅員 (m)} \\ &\quad \times \text{D:荷物による低減率} \end{aligned} \quad \dots \text{(式12)}$$

A:密度

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

<参考となる文献等>

密度1.5人/m²程度で自由歩行の限界※ 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

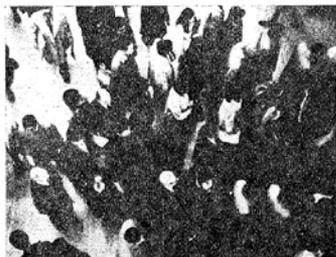
密度3～5人/m²程度で、「将棋倒し」（隊列後方から前方へのドミノ倒しに似た転倒形態）発生のおそれ※ 3

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、本稿では、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、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）をもって避難すると考えられることから、それによる速度低下を見込めるように、Fruin式を改良する。速度低下は5%減として設定する。

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

・・・ (式13)

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

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。

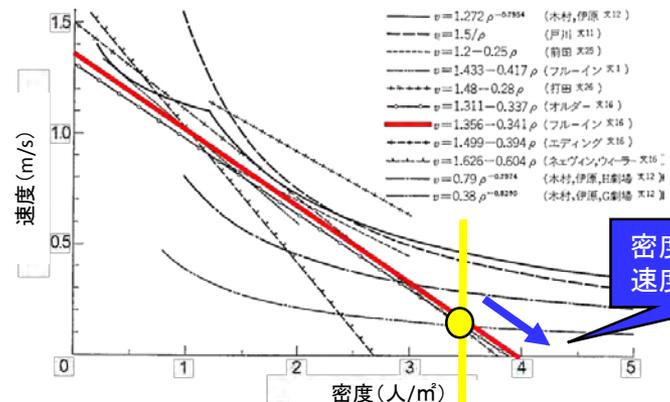
D:荷物による低減率

大きな荷物を携行していることから、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。

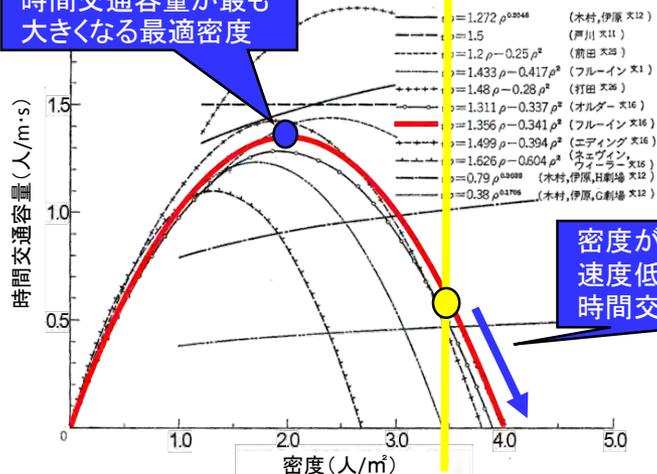
③各ボトルネックから先の移動時間

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、「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

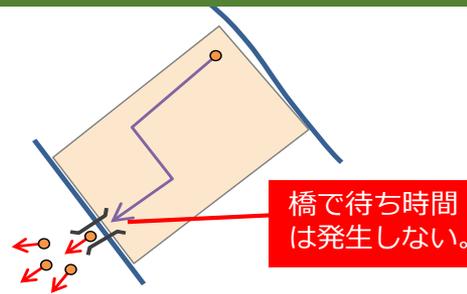
A地区



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。

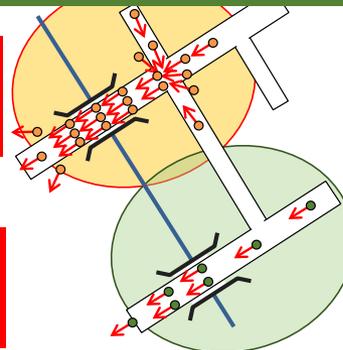
または

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

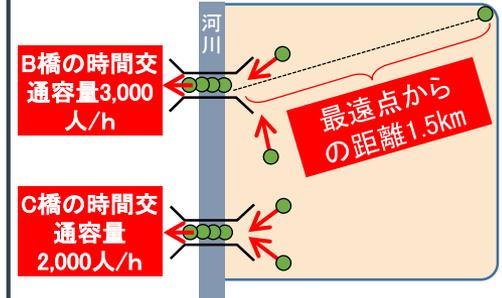


ボトルネック通過時間の算出

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



■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
 $7,000 \div 2,000 = 3.5\text{時間}$

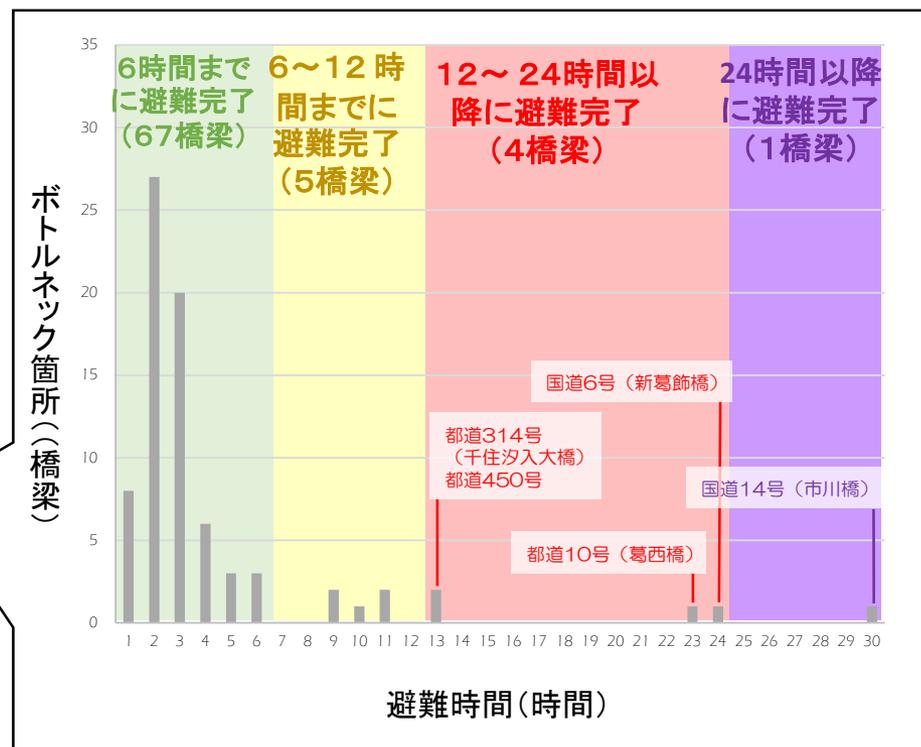
上記の2つの結果のうちより**長い方が、ボトルネック通過時間**となり、A地区の場合は**3.5時間**となる。
避難時間は、さらに**橋梁から避難先までの移動時間**を足したものとなる。

【自由意思に委ねた場合の徒歩による避難時間の算出（江東5区の場合）】

- 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、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



各橋梁の避難時間の分布状況

↑ 調整の効果が期待できる移動経路

【自由意思に委ねた場合の自動車による避難時間の算出】

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

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

・・・(式14)

①各ボトルネックの通過車両数

避難行動を避難者の自由意思に委ねた場合、最も近いボトルネックを経由して避難するものとする。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(本稿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)	⑧収束計算
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	
.....	

②各ボトルネックの時間交通容量

次式で求めることができ、各項については、以下のとおり設定する。

$$\text{時間交通容量 (台/h)} = \frac{A:\text{速度 (km/h)} \times B:\text{車線数}}{\{C:\text{車長 (m)} + D:\text{車間距離 (m)}\}} \times 1000 \text{ (kmをmに換算)} \quad \dots \text{(式15)}$$

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、本稿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「道路構造例の解説と運用」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。

$$\begin{aligned} \text{空走距離 (m)} &= \text{反応時間 (s)} \times \text{速度 (m/s)} \\ &= 2.5 \text{ (s)} \times 3000 \text{ (m/h)} \div 3600 \text{ (時間を秒に換算)} \end{aligned} \quad \dots \text{(式16)}$$

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

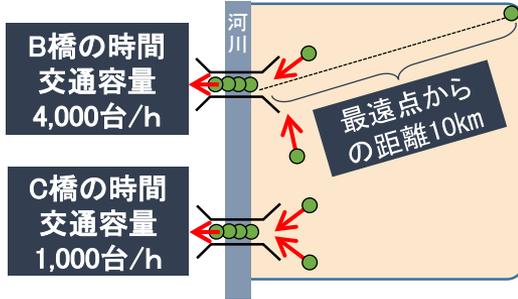
自動車避難におけるボトルネック

- 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
 $30,000 \div 1,000 = 30\text{時間}$

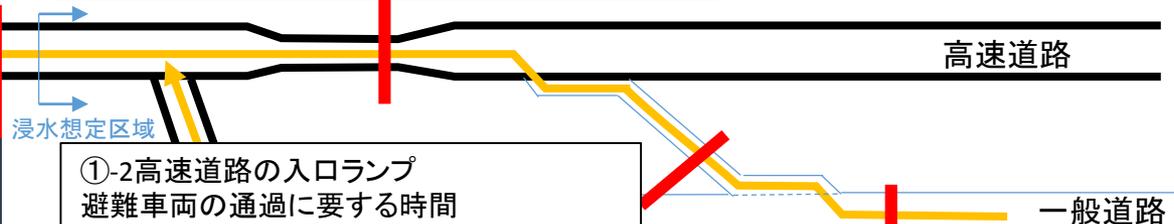
※非避難者による通過交通を避難車両に足したもので計算する必要があるが、ここでは省略した。
(詳細は参考資料2)

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

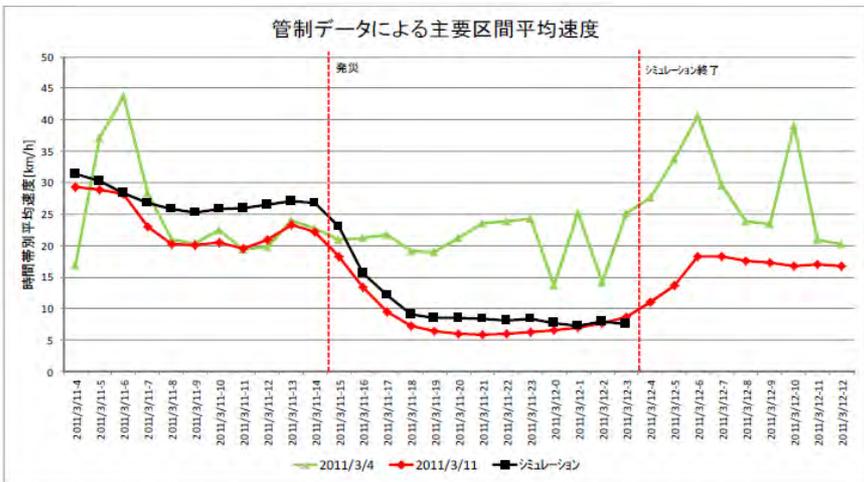
- ▶ 3月11日のプローブデータ(ナビゲーションシステムから得られる自動車の走行軌跡データ)等より分析した結果、16時～23時台の平均旅行速度は、23区内で**6.2km/h**程度

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



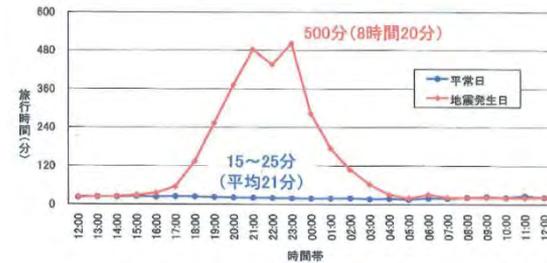
出典: 東京23区を対象とした大規模災害時交通シミュレーションと交通渋滞緩和策の評価 (東京大学 大口敬, 東京都 伊藤麻紀・水田 隆三, 株式会社アイトランスポート・ラボ 堀口良太)

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

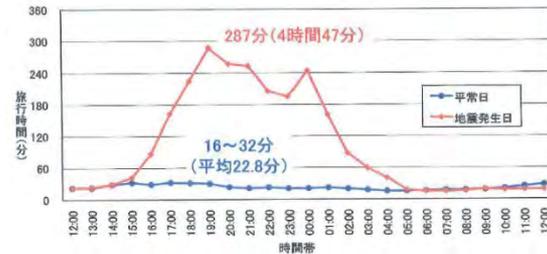
1. 国道1号線 大手町 ⇒ 五反田 (桜通り) 【8.3km】

(以下、分析結果)



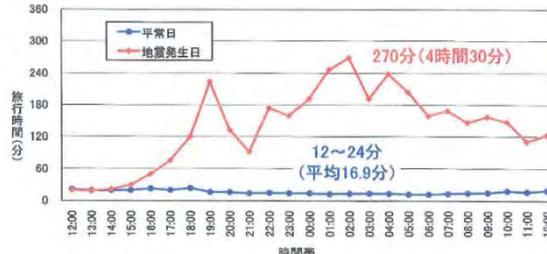
⇒ 時速**1.0**km/h程度

2. 国道246号線 車町 ⇒ 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】



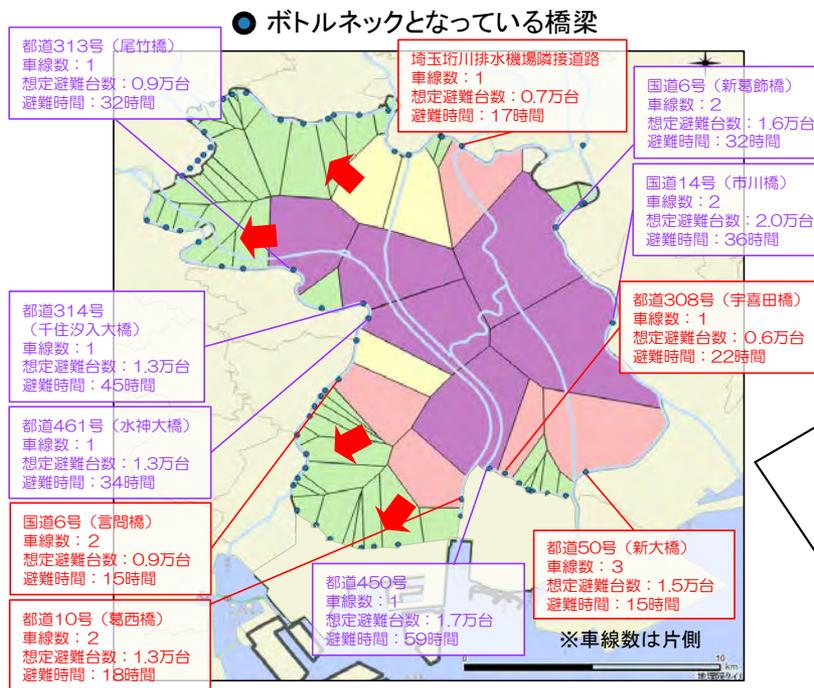
⇒ 時速**1.3**km/h程度

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)

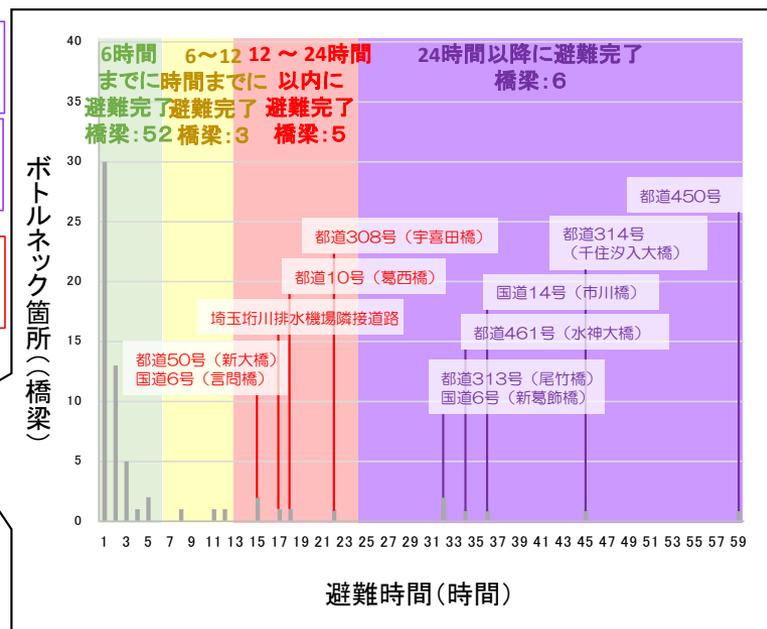
【自由意思に委ねた場合の自動車による避難時間の算出（江東5区の場合）】

- 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。避難に24時間以上を要する経路は、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



↑ 調整の効果が期待できる移動経路

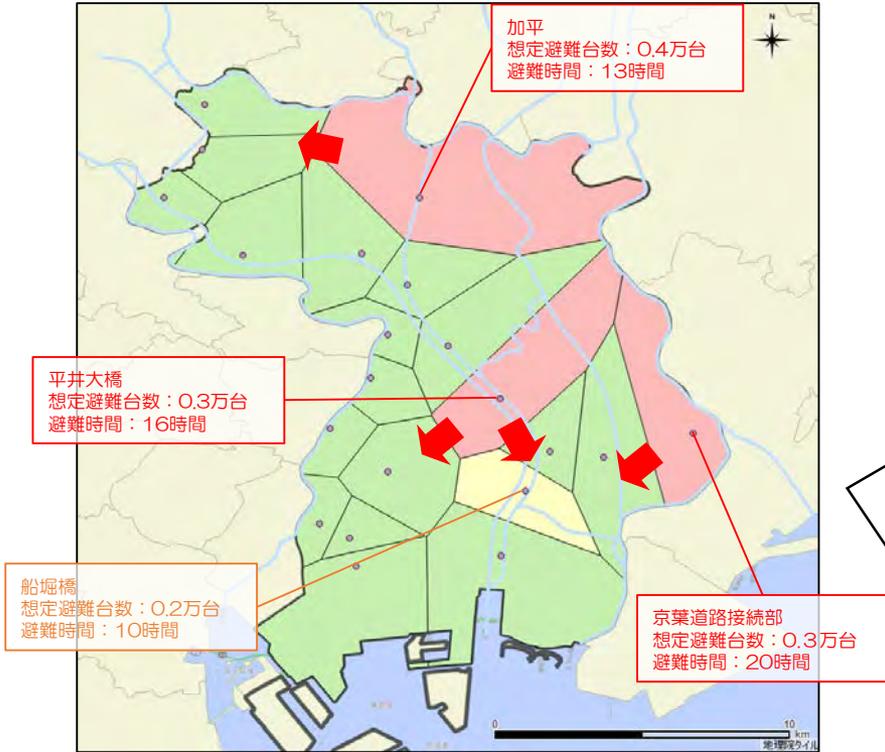


※1 平成22年度道路交通センサス 一般交通量調査 集計結果整理表 表5 旅行速度整理表

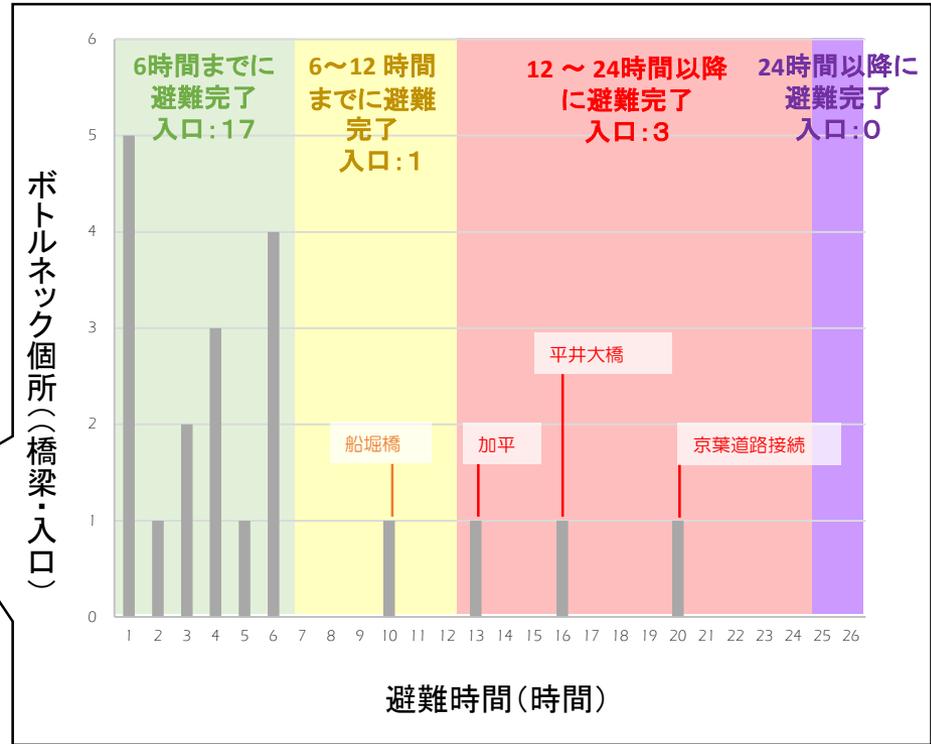
※2 関東地方整備局HP（平成21年4月～平成22年3月（昼間12時間帯））のトラフィックカウンターによる交通データ及びプローブ・カー・システムによる速度データ

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



↑ 調整の効果が期待できる移動経路



自動車避難時間の分布状況（入口）

【自由意思に委ねた場合の鉄道による避難時間の算出】

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

$$\begin{aligned} \text{駅・路線・方面別の避難時間} &= \text{①駅・路線・方面別の乗車人数（人）} \\ &\quad \div \text{②駅・路線・方面別の時間輸送力（人/h）} \\ &\quad + \text{③乗車時間（h）} \end{aligned} \quad \dots \text{（式17）}$$

① 駅・路線・方面別の乗車人数

避難行動を避難者の自由意思に委ねた場合、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区内からの避難者といっしょ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。

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

② 駅・路線・方面別の時間輸送力

次式で求めることができ、各項については、以下のとおり設定する。

$$\begin{aligned} \text{路線別・方面別の時間輸送力（人/h）} \\ &= \text{A:路線別・方面別の1日あたり乗車定員（人/d）} \times \text{B:運行率} \times \text{C:乗車率} \\ &\quad \div \text{D:1日あたり運行時間（h/d）} \end{aligned} \quad \dots \text{（式19）}$$

※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域外へと移動できなくなるため、立退き避難対象区域の外縁の駅における乗車定員がボトルネックとなるからである。なお、ここでは、各駅停車や急行・快速等を区別して設定する。

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

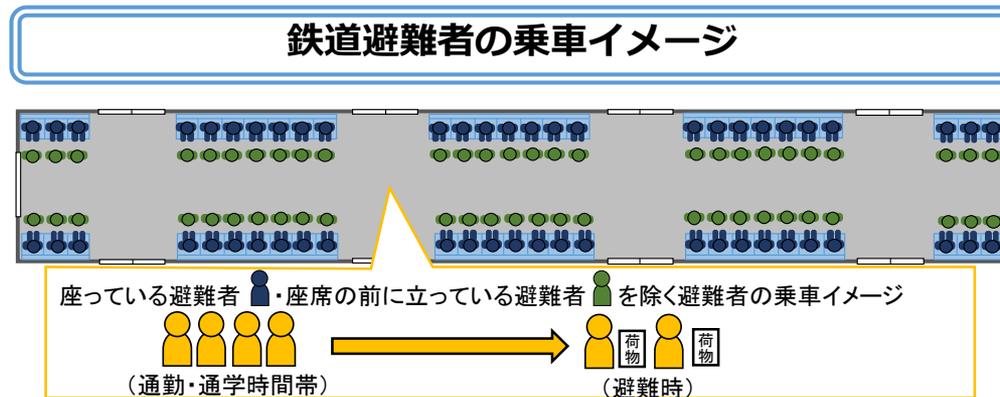
B:運行率

駅での乗降混雑による遅延の発生を考慮する。本稿では平常時比70%の運転本数と仮定する。この数値は、避難時の混雑対策をすることで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。

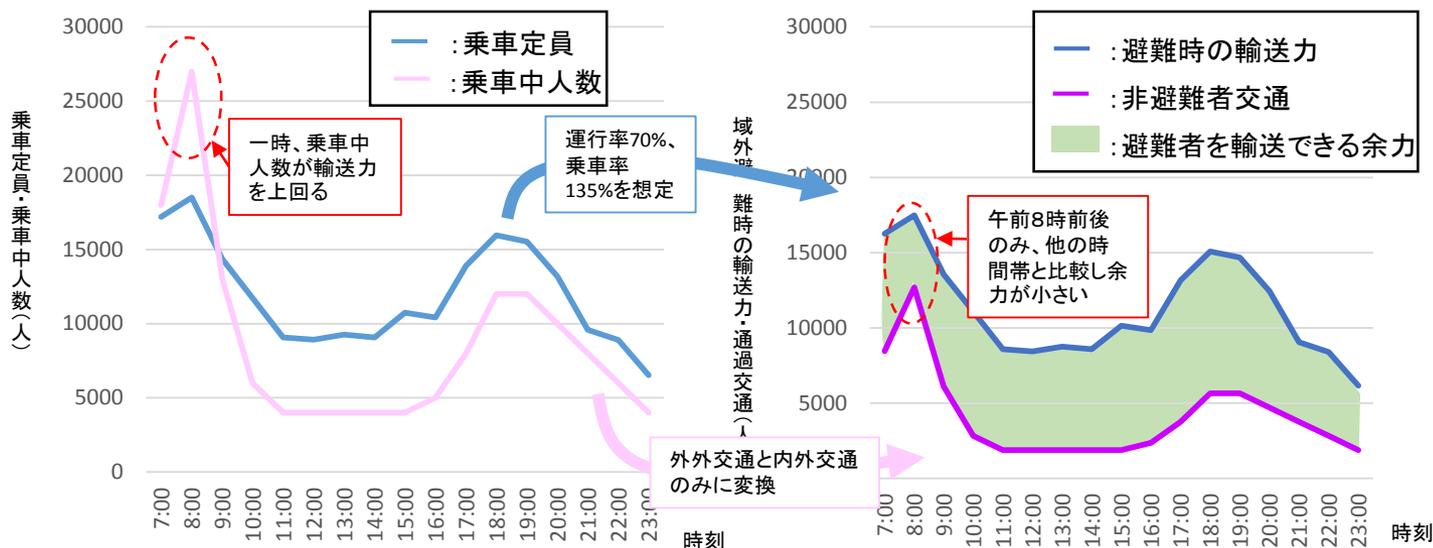
D: 1日あたり運行時間

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。本稿においては、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。立退き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。

$$\text{乗車時間} = \text{乗車駅から路線別・方面別の浸水区域外の駅までの乗車距離} \div \text{速度} \dots (式20)$$

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）

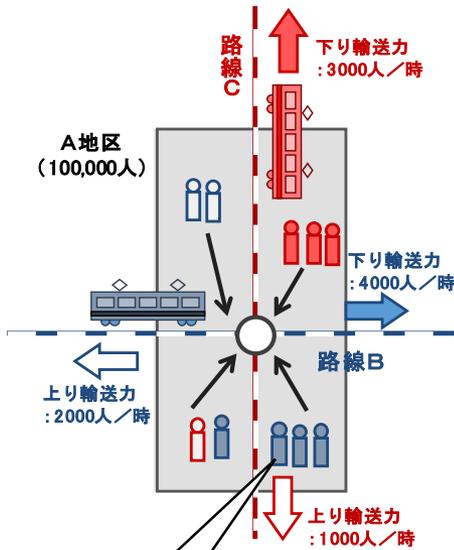
鉄道避難におけるボトルネック

- 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

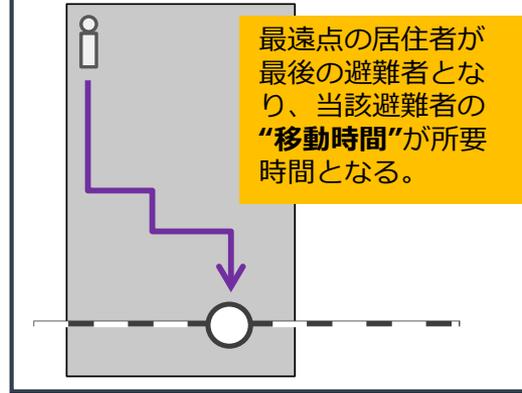
- 最寄り駅まで徒歩で移動
- 空いている方路線・方面を選択して乗車（輸送力に応じて分散）



A地区(100,000人)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

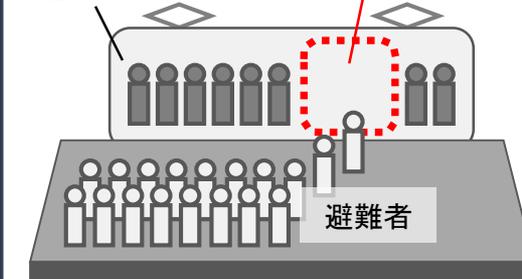


または

②乗車時の渋滞あり

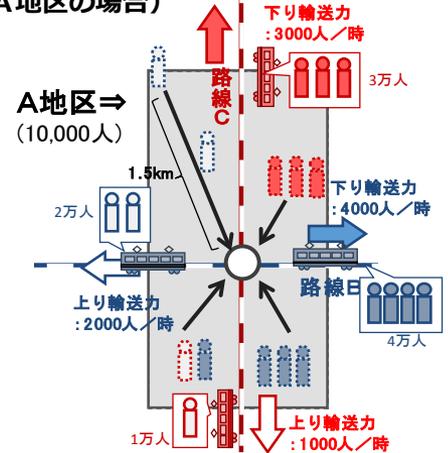
駅で常に待ち行列があるため、避難者数を時間輸送力で除けば、最終避難者が電車に乗り込むまでの時間となる。

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)
 $1.5\text{km} \div 3\text{km/h} = 0.5\text{時間}$

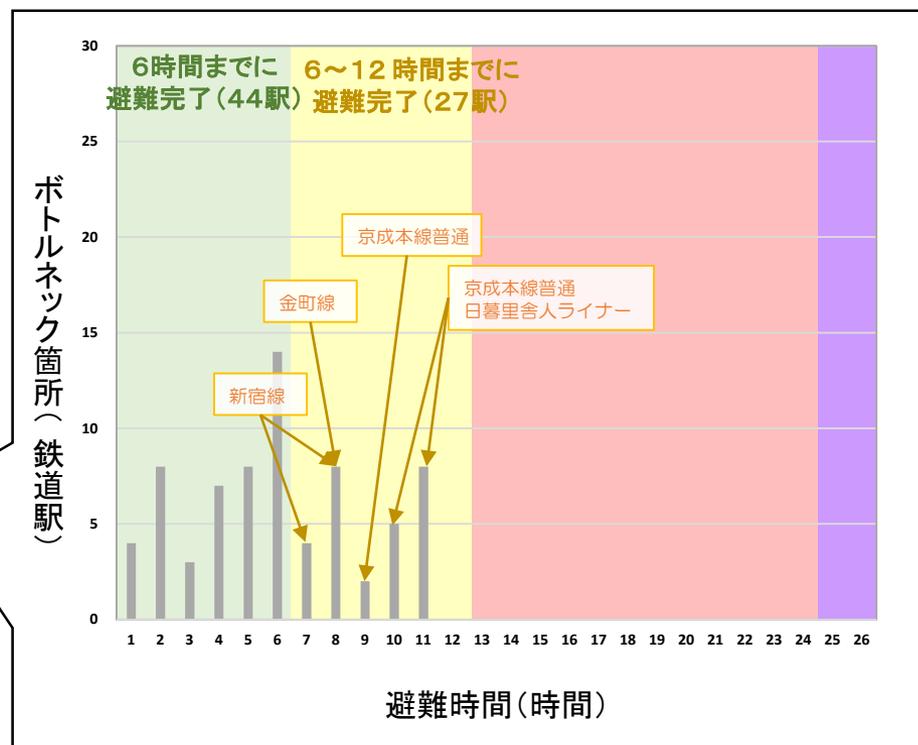
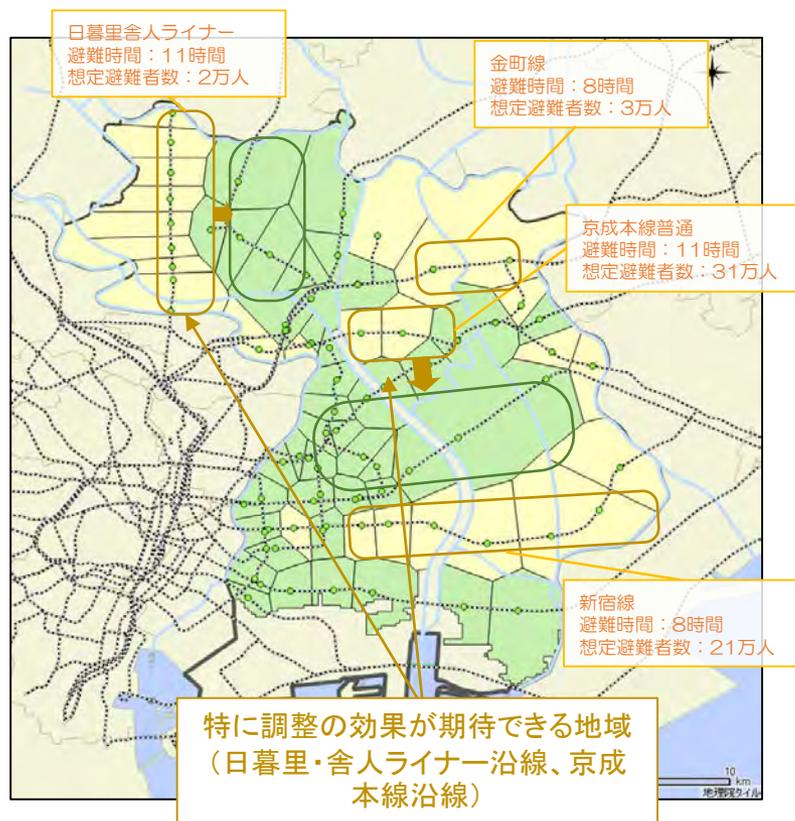
■算定パターン②: 乗車時の渋滞あり
避難人口÷(該当路線の時間乗車可能数)
・A地区路線C下りの場合
 $30,000\text{人} \div 3,000\text{人/時} = 10\text{時間}$
(他路線も同様に計算すると10時間となる)

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。

【自由意思に委ねた場合の鉄道による避難時間の算出（江東5区の場合）】

- 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。鉄道は交通容量が大きいことから、避難に24時間以上を要する経路はなく、最も時間を要するのは日暮里・舎人ライナー、京成本線普通の11時間である。
- 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、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 避難時間の短縮方法

- 避難時間の最短化を図るために、まず各交通手段において立退き避難者が利用可能な交通容量（以下、「時間あたり避難可能人数」という。）を整理する。この数値は各交通手段において全交通容量から非避難交通量を差し引くことで求められ、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。）。自由意思に委ねた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、それに応じて避難者を分配することで、各経路の避難時間も最短化することができる。こうして、全交通手段・全経路の避難時間を短縮すると、約3時間で立退き避難の対象者全員の避難を完了することができる。一方、自由意思に委ねた場合は、先に見たとおり自動車避難の最も混雑する経路で59時間を要している。参考のために9割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。このように、交通手段・経路別に避難者を計画的に配分することにより、避難時間を大幅に短縮することができる。
- さらに、これまで設定してきた各種係数を変化させた場合の避難時間の変化を観察することにより、採り得る対策の効果を検証する。元々、交通容量が大きい徒歩と鉄道については、歩行者密度の最適化、鉄道運行率の維持等により、数割の避難時間短縮を見込むことができることが分かる。一方、自動車についてはあまり大きな時間短縮効果は見込めない。これを参考にして、効果の高い対策に重点的に取り組むことが可能となる。

自由意思による避難と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

避難者数	移動手段・経路	自由意思に委ねた避難 (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

- 「自由意思に委ねた避難」、「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

各交通手段の分析

時間あたり避難可能人数(万人/h)※1

※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

設定条件緩和の効果

徒歩 26 + 自動車 9 + 鉄道 33 = 合計 69

設定した条件を緩和することで、避難時の交通対策を講じることによる避難時間の短縮効果を分析

交通手段別の避難者数

アンケート調査に基づき、徒歩32%、自動車28%、鉄道40%で配分

「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)

※2 避難者全員が避難完了する時間

	自由意思に委ねた避難	避難時間の最短化
徒歩	57万人(32%)	69万人(39%)
自動車	50万人(28%)	24万人(13%)
鉄道	71万人(40%)	85万人(48%)
合計	178万人	

	各交通手段の時間あたり避難可能人数の変化	時間あたり避難可能人数69(万人/h)の変化(倍率)	避難時間の変化
歩行者密度の最適化 3.5 → 2.0 (人/m ²)	徒歩 26 → 63	105(1.53倍)	35%減
自動車速度の向上 3 → 5 (km/h)	自動車 9 → 18	77(1.12倍)	11%減
鉄道運行率の維持 70 → 100 (%)	鉄道 33 → 50	86(1.26倍)	20%減
荷物量の半減	徒歩 26 → 40	82(1.19倍)	16%減
	鉄道 33 → 39	75(1.10倍)	9%減
非避難交通の抑制 50 → 0 (%)	自動車 9 → 13	72(1.05倍)	5%減
	鉄道 33 → 41	77(1.12倍)	11%減
上記全ての対策を実施	徒歩 26 → 94 自動車 9 → 21 鉄道 33 → 68	184(2.68倍)	63%減
鉄道の完全運休	鉄道 33 → 0	36(0.52倍)	91%増

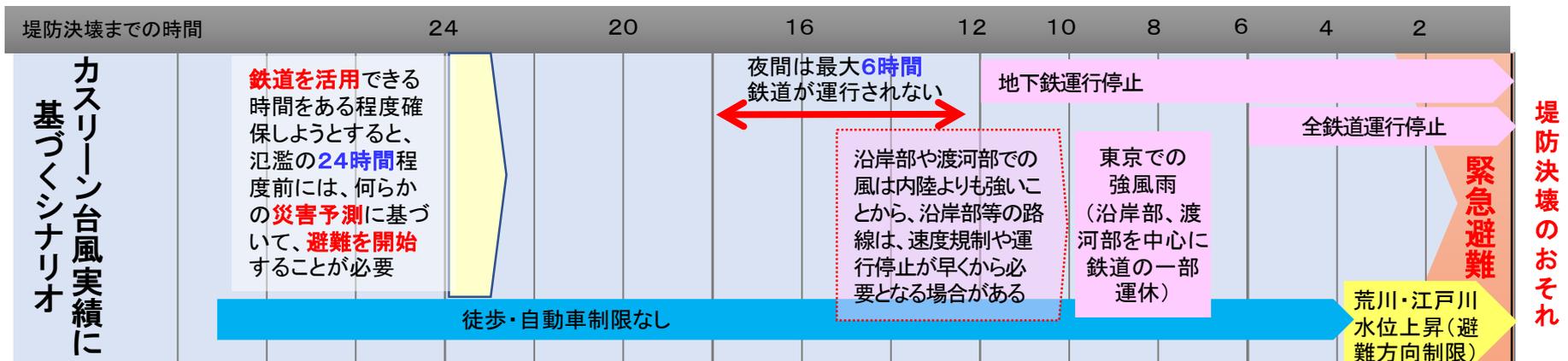
3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.6 手順6 避難勧告等の判断基準の設定

3.6.1 交通条件を考慮した避難開始時間の設定

- 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、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。
- **最適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、避難者の自由意思に委ねると、9割の避難者が避難完了するのにそれぞれ最適化時間の5倍程度を要することとなる。実際の避難時間は自由意思による避難と最適化された避難との両者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望ましいことが分かる。**

堤防決壊までの時間と交通条件の整理



『避難方向』の制限に係る前提条件

『避難手段』の制限に係る前提条件

『避難速度』の制限に係る前提条件

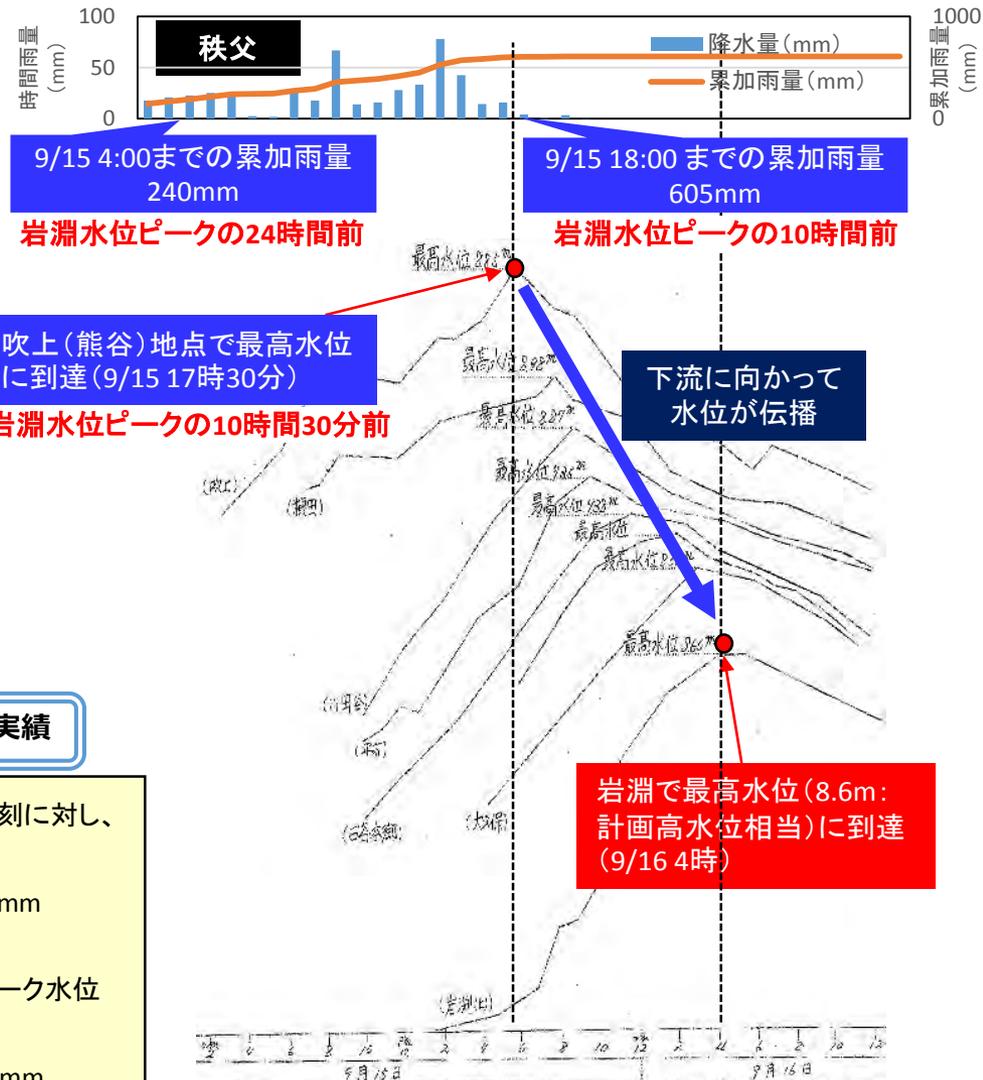
3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

3.6 手順6 避難勧告等の判断基準の設定

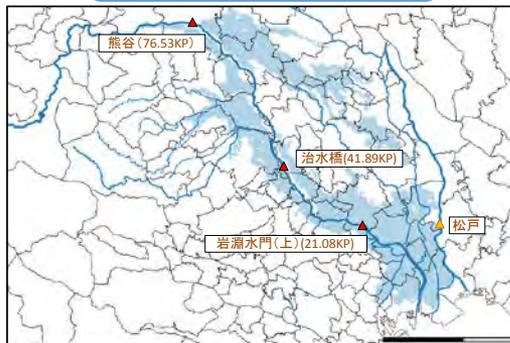
3.6.2 避難開始を判断するための災害予測の検討

- 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**必要がある。
- 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、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時間程度前から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。

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



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

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

- 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こととなる。
- 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、周辺自治体に公的避難施設を依頼する数量の目処をつけておくことで、調整を円滑に進めることができる。**
- さらに、前に紹介した住民聴き取り調査においては、浸水区域内に留まる意向を持っていた住民であっても、居住地区が抱える浸水リスクの説明を聞くことで、江東5区外の浸水しない地域へと避難する意向へと変わっている。リスクを認識した後に江東5区外への避難意向を示したのは、移動困難者を抱える世帯では聴き取り調査に応じた41世帯中40世帯であり、移動困難者はおらず物理的には5区外に避難可能なものの5区内に留まる意向を示した世帯で聴き取り調査に応じた23世帯については全世帯であった。ただし、この聴き取り調査に応じてくれた世帯は行政に対して協力的な傾向を持っている可能性が高く、この割合をそのまま5区全体に適用することは慎重であるべきであるが、**浸水リスクに対する普及啓発活動により、避難行動は大きく変わり得る**ということである。

住民インターネット調査（域外への広域避難（避難先））

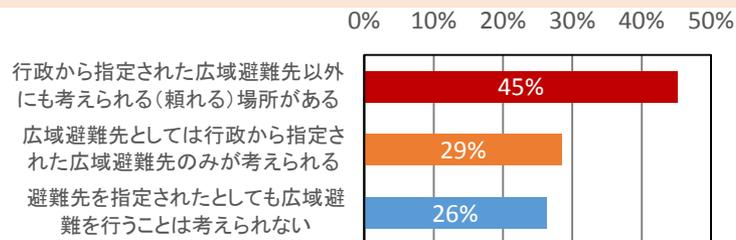
【江東5区における試算結果】

- 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。
- これを実現するためには住民のみならず、企業や学校、宿泊施設等にも協力してもらえよう社会気運を高める必要がある。

※ 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日以上に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 一時的な避難先の確保

- 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避難者も存在するため、5区外の公的避難施設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一時的な避難先の確保について試算した結果を示す。

[ステップ1]：公的避難施設への避難者数と公的避難施設の容量の確認

- 江東5区内の立退き避難者数は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、これを考慮すると浸水区域外の公的避難施設への避難者数は54万人～61万人となる。
- さらに、江東5区内の浸水区域外の公的避難施設容量は3万人程度であることから、一部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]：避難者数と避難施設の容量を市町村他印意で比較

- 江東5区の全ての区において「公的避難施設への避難者>公的避難施設の容量」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での検討

5区内の立退き避難対象者: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・入所者及び在宅の移動困難者は域内避難を行うことも可とする
- 在宅の移動困難者が域内避難を行う場合は、浸水区域内の公的避難施設のうち、浸水しない階層に避難することとする。ここでの公的避難施設は、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“避難所”に避難することを想定

5区内の域外避難:159万人～178万人

浸水区域外の公的避難施設への避難者: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し、それ以外の広域避難者が公的避難施設へ避難

浸水区域外の公的避難施設の容量:3万人

- 浸水区域外の公的避難施設の容量を算出

(⇒江東5区外への避難者は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、公的避難施設の受入可能人数を算出

- ▶ 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）の自主避難先への避難者を除いた各方面別の避難可能人数を算出する。
- ▶ 算出にあたっては、公的な避難先の基本的な考え方を整理する観点から、本報告書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、避難者数と公的避難施設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。なお、これらの区は本来はステップ1での検討対象地域に加えられていると考えられる。
- ▶ 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%)

(公的避難施設の容量の算出)

■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、公的避難施設の容量を概算で算出(※公的避難施設の床面積に有効率(0.35)及び避難者一人あたりの専有面積(1.65㎡)により算出)

■公的避難施設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)

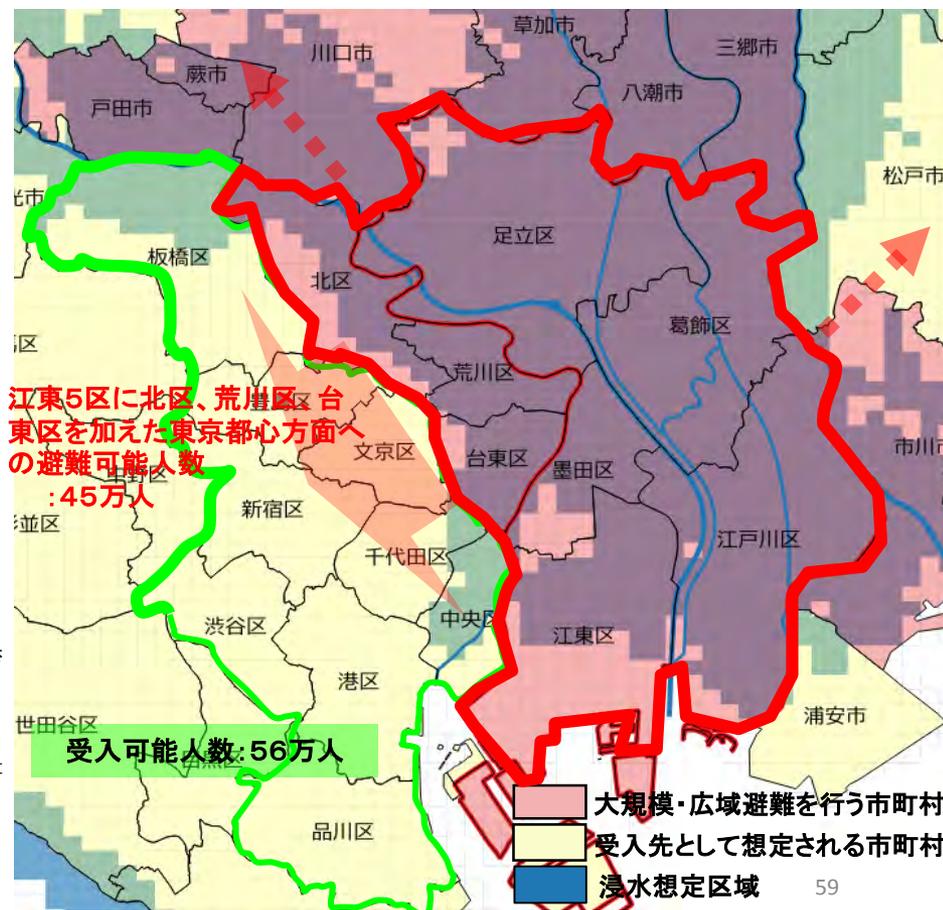
①浸水区域内(荒川・利根川・江戸川、多摩川)の公共施設は避難に使用しない
(※公的避難施設は避難場所や避難所とは異なり、備蓄等の避難のための環境整備がなされていないことが想定されるため、浸水区域外のみを対象とした。)

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、自主避難先に避難する避難者を除く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。)

※公的避難施設として、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)

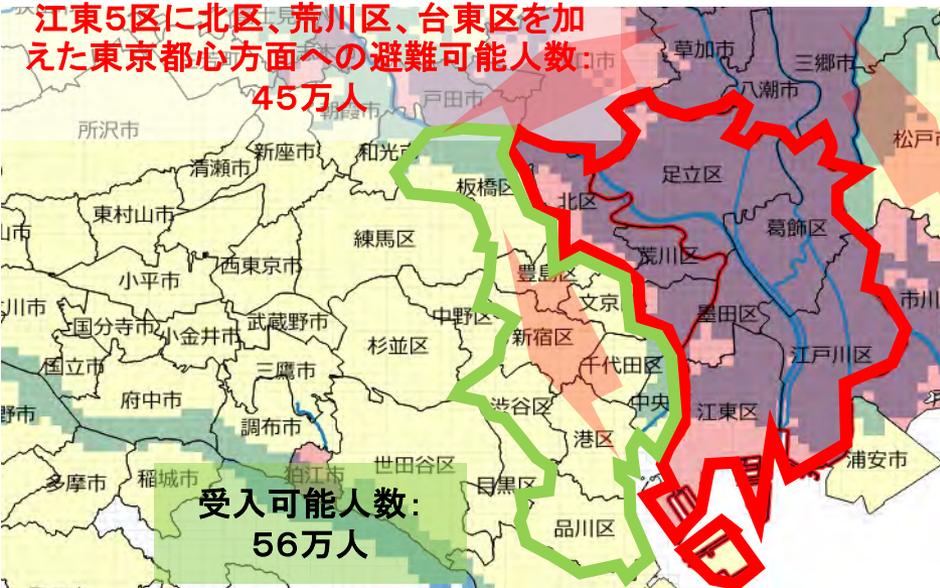
- 実際に計画を作成する際には、埼玉県方面や千葉県方面の避難についても検討する必要がある。
- 上記結果は様々な仮定の下で算出したものであり、かつ東京都心方面への避難についても、江東5区、北区、荒川区、台東区のみを考慮した結果であることから、実際に計画を作成する際は対象地域が異なることが想定される



(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)

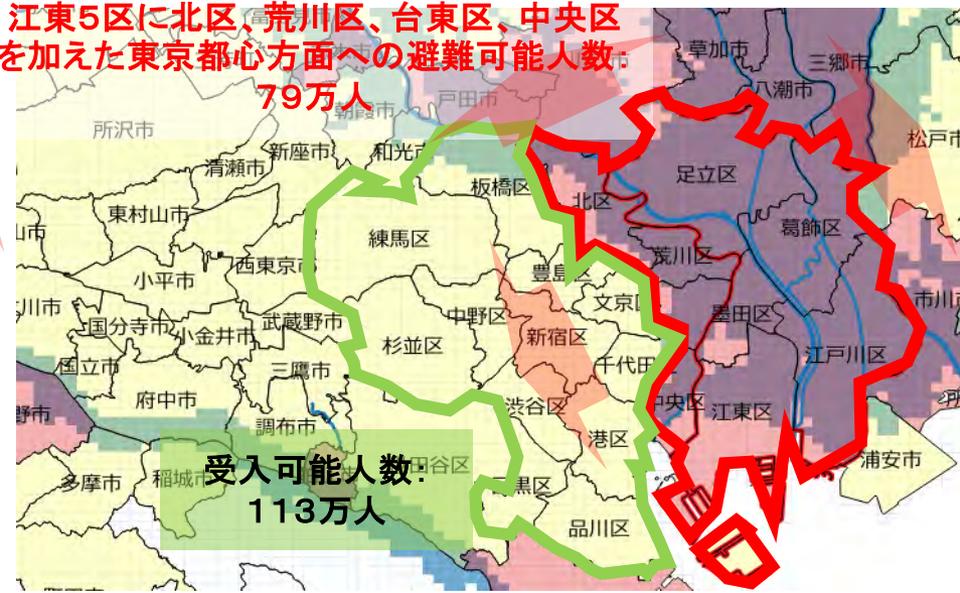
自主避難先への避難率66%

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



【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 <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避難者と荒川左岸の移動距離が長くなる避難者 <small>(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)</small>	21万人
徒歩	上記以外の避難者	18万人

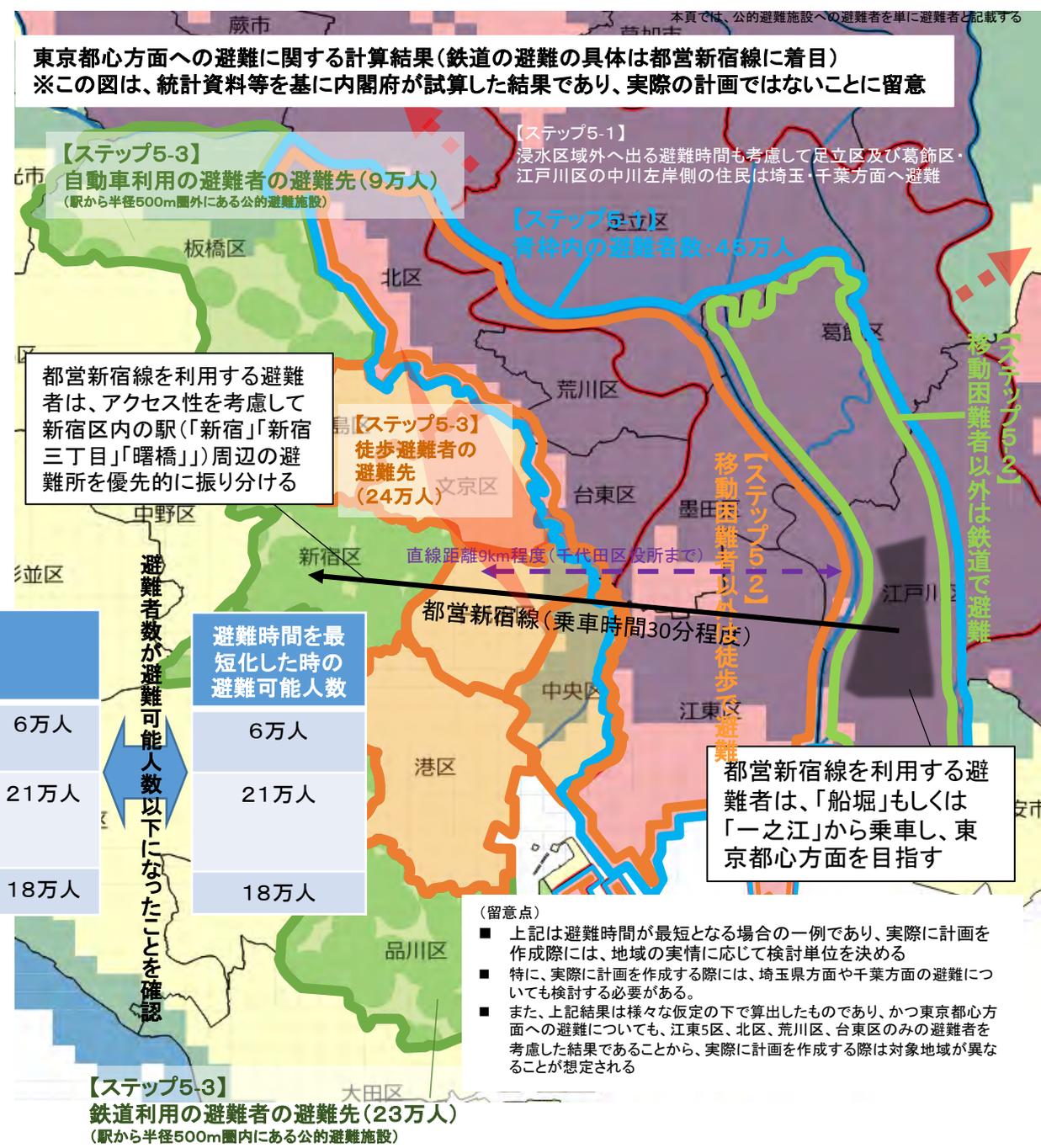
避難時間を最短化した時の避難可能人数	
自動車	6万人
鉄道	21万人
徒歩	18万人

【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、右図の通り避難先を設定した。**

⇒避難先までの徒歩での移動距離が長くなることから、ステップ3に戻り、再度検討を行う

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、実際の計画ではないことに留意



【ステップ5-3】
自動車利用の避難者の避難先(9万人)
(駅から半径500m圏外にある公的避難施設)

【ステップ5-1】
浸水区域外へ出る避難時間も考慮して足立区及び葛飾区・江戸川区の中川左岸側の住民は埼玉・千葉方面へ避難

【ステップ5-2】
足立区
青枠内の避難者数:45万人

都営新宿線を利用する避難者は、アクセス性を考慮して新宿区内の駅(「新宿」「新宿三丁目」「曙橋」)周辺の避難所を優先的に振り分ける

【ステップ5-3】
徒歩避難者の避難先(24万人)

移動困難者以外(ステップ5-2)は徒歩で避難

都営新宿線を利用する避難者は、「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、実際に計画を作成する際には、埼玉県方面や千葉県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

【ステップ5-3】
鉄道利用の避難者の避難先(23万人)
(駅から半径500m圏内にある公的避難施設)

【ステップ3及び4】方面別の避難可能人数を算出、

公的避難施設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)。
- その際の自主避難者を除いた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

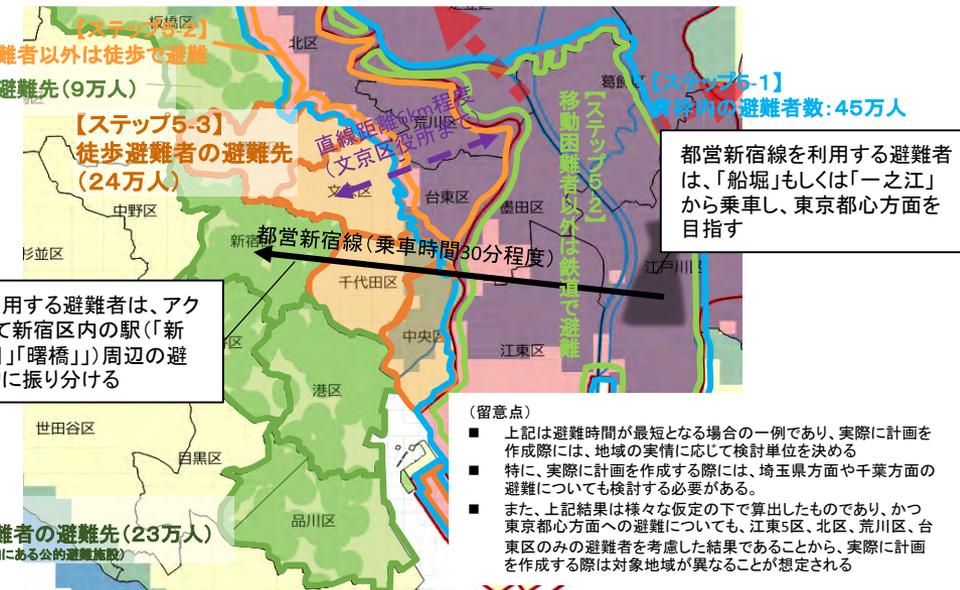
自動車利用の避難者の避難先(9万人)
(駅から半径600m圏外にある公的避難施設)

【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避難者は、アクセス性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】

鉄道利用の避難者の避難先(23万人)
(駅から半径600m圏内にある公的避難施設)



⇒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程度の移動を強い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。

3. 大規模・広域避難の具体的な検討手順

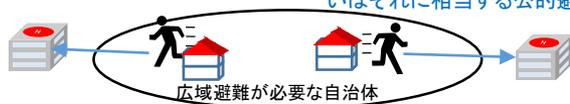
3.7 手順7 大規模・広域避難の避難先の確保

3.7.3 浸水解消後の早期帰還

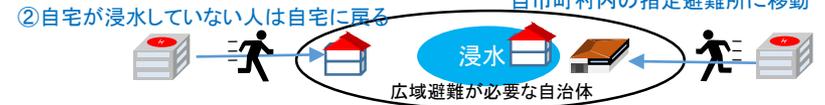
- 事前の立退き避難ではどこが決壊するか不明であるため、159～178万人が立退き避難の対象となる。ここで、178万人が立退き避難した場合における、各決壊地点別の避難人口を分析してみる。
- 荒川堤防の代表的な決壊地点12点で見ると、決壊後3日までに浸水している人口は2～48万人となっており、最も多い場合であっても最大包絡の27%に留まる。すなわち、決壊後3日経過した時は最大で48万人が自宅に帰還することができないということであるが、このうち自主避難先に身を寄せている住民がそのうちの66%いることを考慮すると、5区外の公的避難施設で避難生活を送っているのは、16万人と想定される。この人数であれば、**5区内の浸水していない公的避難施設に収容可能**である。
- これらのことから、**5区外の公的避難施設で避難生活を送る住民は、決壊3日経過後を目処に、5区内の公的避難施設へと戻ることを奨励すれば、その全てを5区内の公的避難施設に収容することが可能**であるため、5区外の公的避難施設供与は3日間のみとすることができる。このような対応方針とすることで、周辺自治体との調整をより円滑に進めることが可能となる。
- 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ため、自主避難先確保をさらに推奨したり、5区内の公的避難施設の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

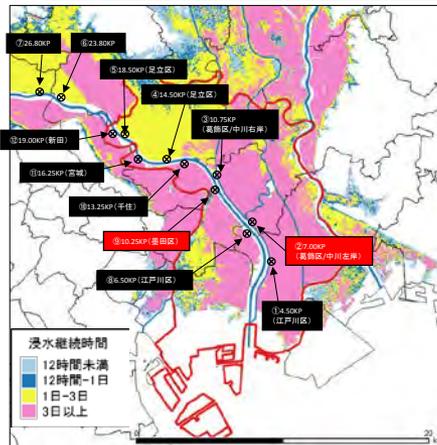
【事前の避難行動】



【氾濫発生後】



決壊地点別の立退き避難対象人口※



決壊地点	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、立退き避難の対象とは床上浸水継続3日以上、全居室水没、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

- ▶二次的な人的被害リスクの高い避難行動を回避するため、屋内に留まることはせず立退き避難を基本とする。
- ▶一方、大混雑を抑制するため、立退き避難の対象を限定する。

A: 立退き避難の対象を限定する

■床上浸水継続3日未満の地区に居住する住民は屋内安全確保で対応^(※1)するものとし、立退き避難の対象は「全居室水没」または「床上浸水継続3日以上」または「家屋倒壊等氾濫想定区域」に該当する住民 178万人に限定する

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

立退き避難対象区域の人口 178万人

- ▶この172万人は立退き避難を行うこととする一方、立退き避難が困難な人(移動困難者)に限っては、浸水区域内に留まることも可とし、浸水区域内の公的な避難所を優先的に配分する。
 - ▶ただし、在宅の移動困難者については、救助の観点から自宅に留まらず、避難所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、立退き避難を基本としつつ、5区内での避難も可とする

- 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可とする^(※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)への避難も可とする^(※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、入院入所者の立退き避難は困難であり、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

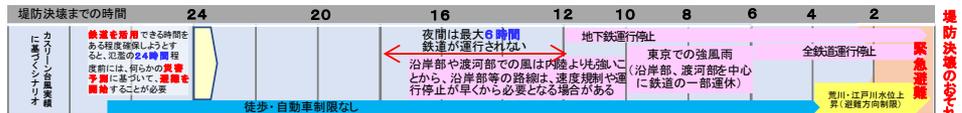
(※3) 江東5区における在宅要配慮者の総数は29.5万人

(※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、公的避難施設で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区外への立退き避難対象 159~178万人

C: 24時間前には5区外への立退き避難を開始する

■浸水域外まで、個人の自由に委ねれば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・自転車・鉄道による避難可能人口のうち、およそ半分を鉄道が占める

(※6) 暴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)

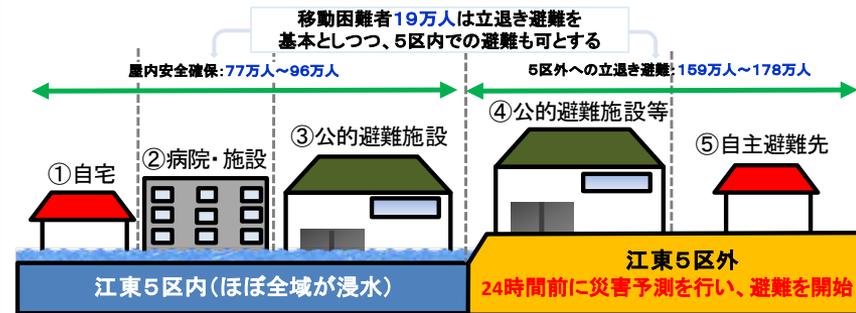
D: 5区外の公的避難施設は最小限とする

- 行政界を越えた公的避難施設確保のための調整を円滑に進めるため、5区外の公的避難施設は最小限とする。
- 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、公的避難施設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】

■リスクを総合的に下げるため、以下の通り江東5区全体で最適化を図った

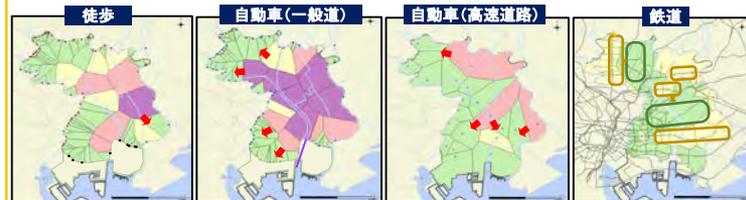


【広域避難時の交通手段と避難経路の最適化】

(自由意思に委ねた避難)

- ・交通手段の選択を各避難者の意向に委ねる
- ・各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	移動手段・経路	交通手段・経路等の対策	
		自由意思に委ねた避難 (避難者の半数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(177.7)万人		約17時間	約9時間

自由意思に委ねた避難	避難時間を最短化した避難
徒歩 57万人(32%)	69万人(39%)
自動車 50万人(28%)	24万人(13%)
鉄道 71万人(40%)	85万人(48%)
合計 178(177.7)万人	

屋内安全確保を行う77万人~96万人の内訳

- ① 非浸水・床上浸水: 22万人
床上浸水継続時間3日以内: 74万人
- ② 入院・入所者: 0万人~3万人
- ③ 在宅移動困難者: 0万人~19万人

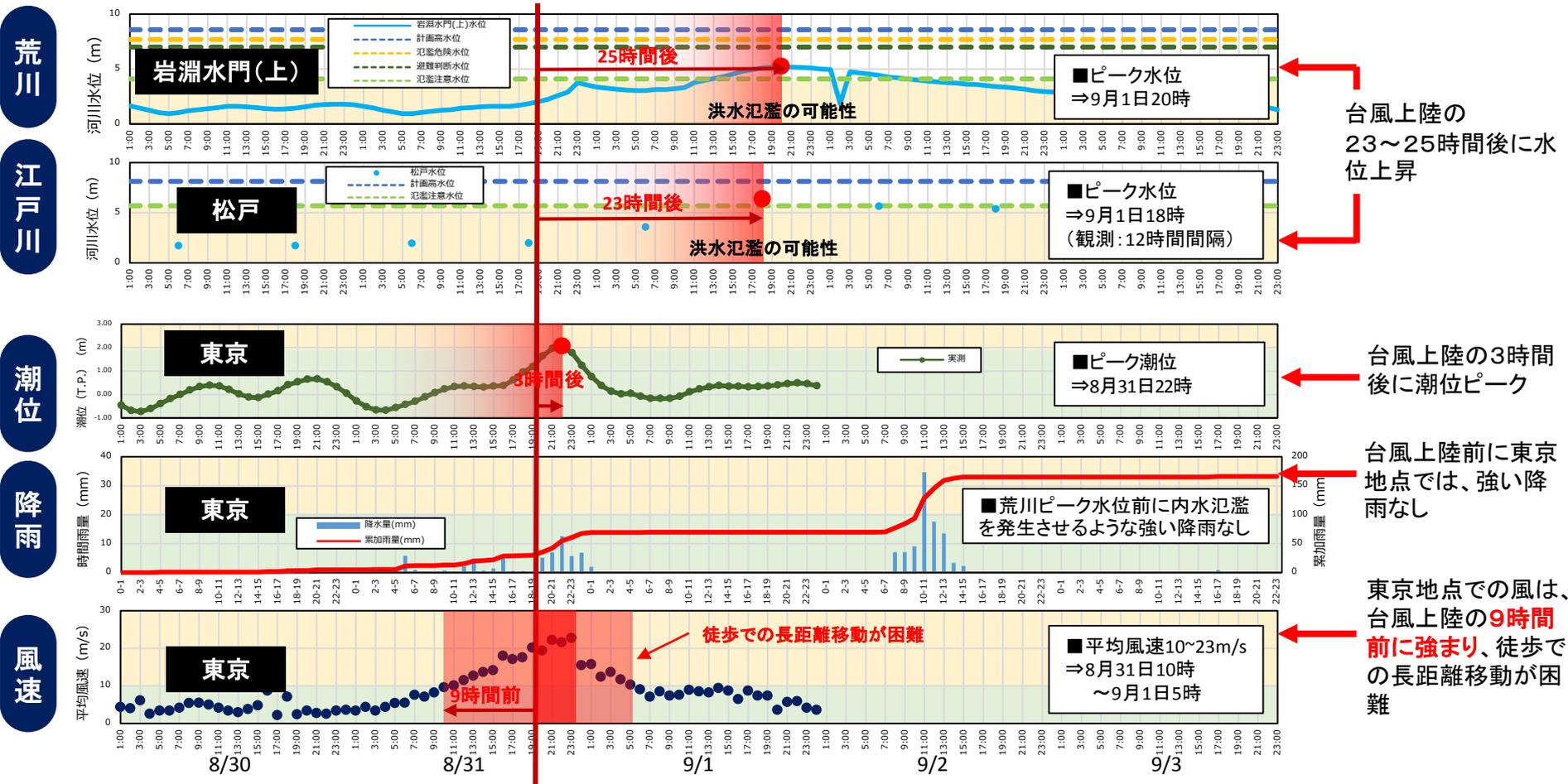
5区外への立退き避難を行う159万人~178万人については、行政界を越えた公的避難施設確保のための調整を円滑に進めるため、親戚宅、通勤先等の自主避難先の確保を推奨するとともに、公的避難施設へ避難した人についても、決壊地点の確定後、速やかに5区外から5区内に帰還

～基本ケース(高潮)の検討～

■ 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・域内避難の組み合わせ・配分

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

- 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**立退き避難対象者**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組み合わせ・配分や、移動困難者の避難先、救助可能数については、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	
避難者数	移動手段・経路	自由意思に委ねた避難 (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

- 「自由意思に委ねた避難」、「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**

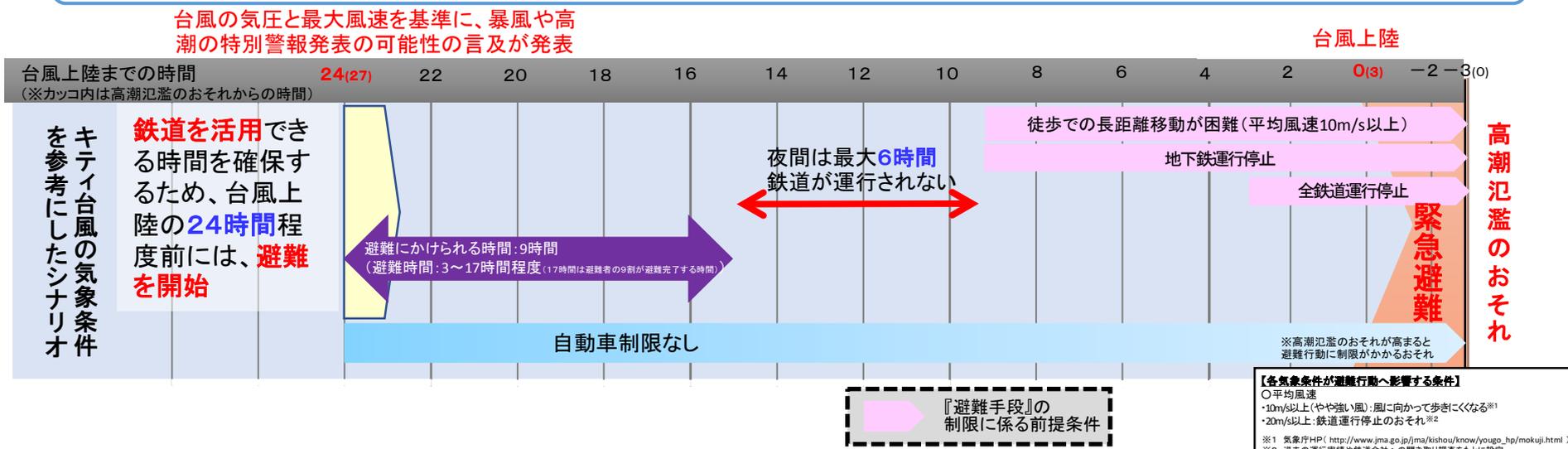
- キティ台風時の気象状況等の避難行動への制約条件を整理した結果、**台風上陸の15時間程度前から鉄道での移動が、9時間程度前から徒歩での移動が困難**と考えられる。
- 立退き避難対象者178万人の域外避難に要する時間は3～17時間程度である。
- 実際の避難時間はこの間になると考えられることから、**台風上陸の24時間程度前に避難を開始することが望ましい**ことがわかる。
- なお、**台風が上陸する24時間前に、特別警報発表の可能性**がある旨が、**府県気象情報や気象庁の記者会見等により周知**されることから、これを判断基準として用いることが考えられる。

<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



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、台風が近づくに従い潮位が警報基準に達すると予想される約3～6時間前のタイミングで、高潮特別警報が発表される。
- 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～

- 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。
⇒ 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

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。設定にあたっては、「高潮浸水想定区域図作成の手引き」（国交省 平成27年7月）を参考にする。

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検討を実施

※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

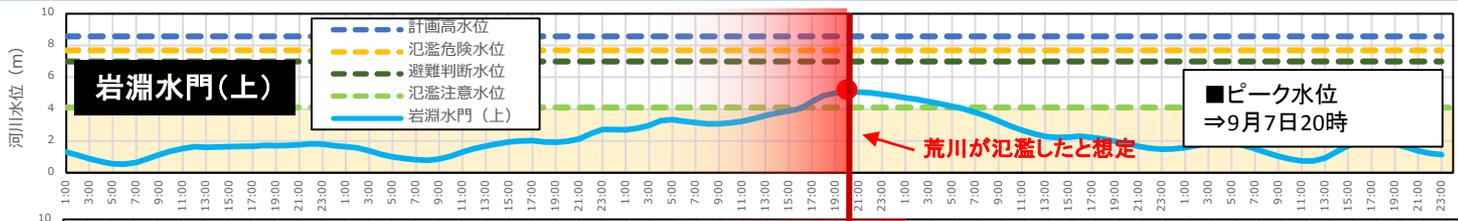
※2 既往最大であるカスリーン台風と参考とした台風の秩父地点における3日間累積雨量の比率を基に、東京地点における時間雨量の引き延ばしを行い、時間雨量50mmを超える場合に内水氾濫が発生すると仮定（東京都の下水道50mm浸水解消率が、平成24年時点で約7割だったことを踏まえて設定）

※3 沿岸部（江戸川臨界）において風に向かって歩きにくくなる平均風速10m/sを越えた時点（気象庁HP（http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/mokuji.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

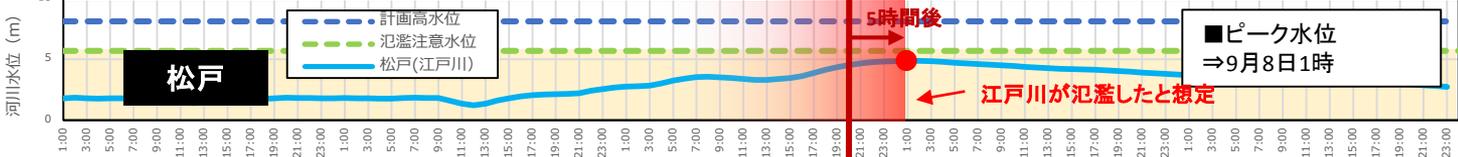
荒川



※ 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

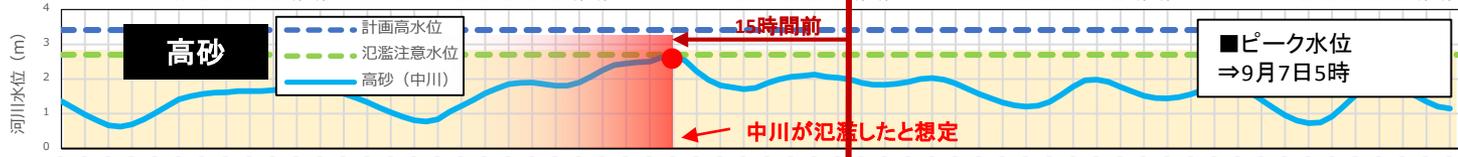
荒川の水位ピークから5時間後に江戸川の水位ピークに到達

江戸川



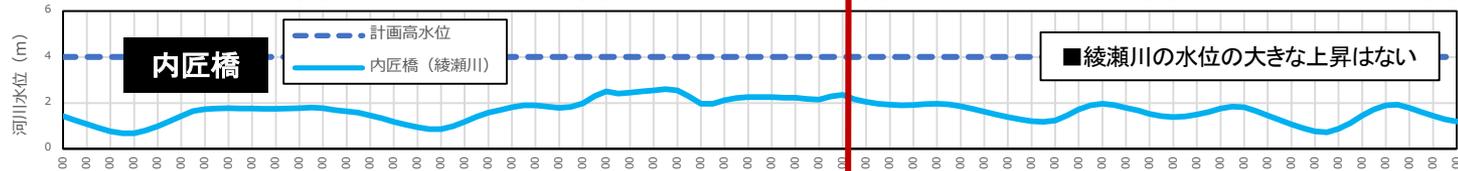
荒川洪水からの避難者と江戸川洪水からの避難者の避難時間が重複するおそれ

中川



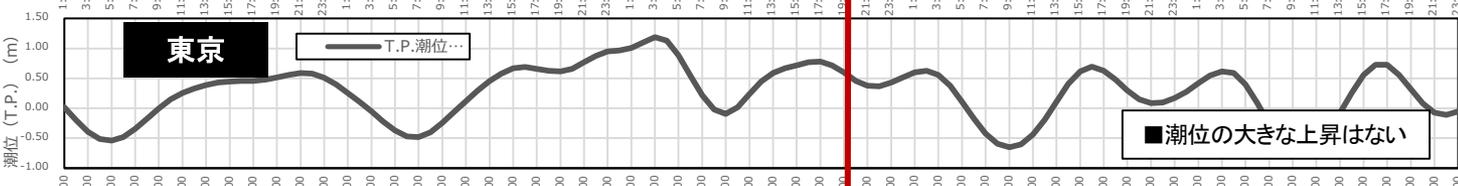
荒川の水位ピークの15時間前に中川がピークになる

綾瀬川



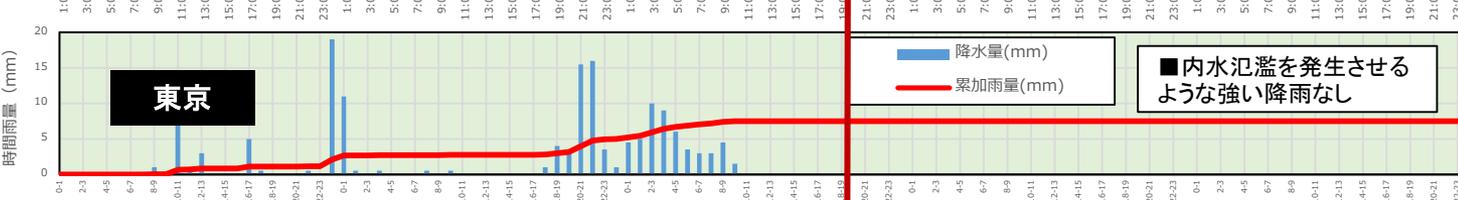
荒川の水位上昇時に綾瀬川の水位上昇や、高潮発生はない

潮位



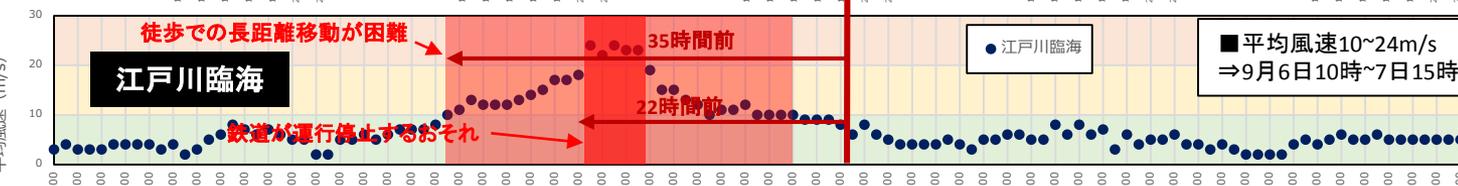
荒川の水位上昇時に綾瀬川の水位上昇や、高潮発生はない

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

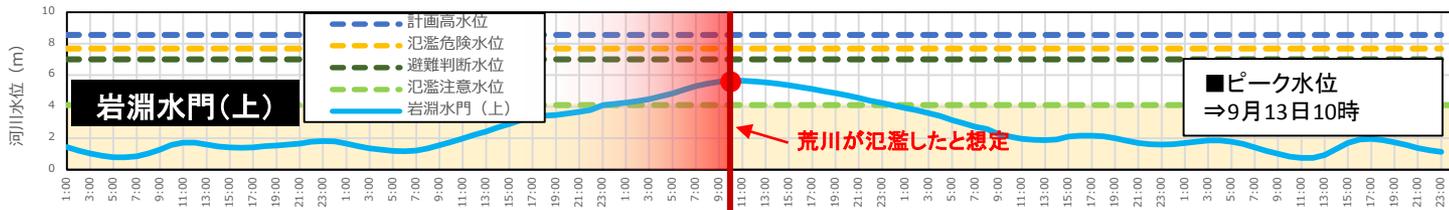
風速



※ 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

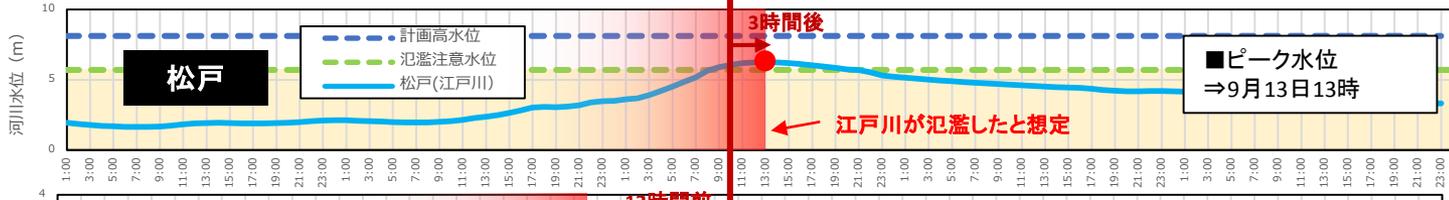


荒川の水位ピークから3時間後に江戸川の水位ピークに到達



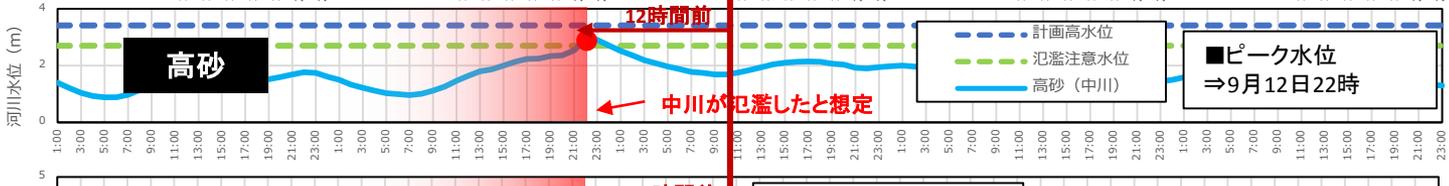
荒川洪水からの避難者と江戸川洪水からの避難者の避難時間が重複する可能性あり

江戸川



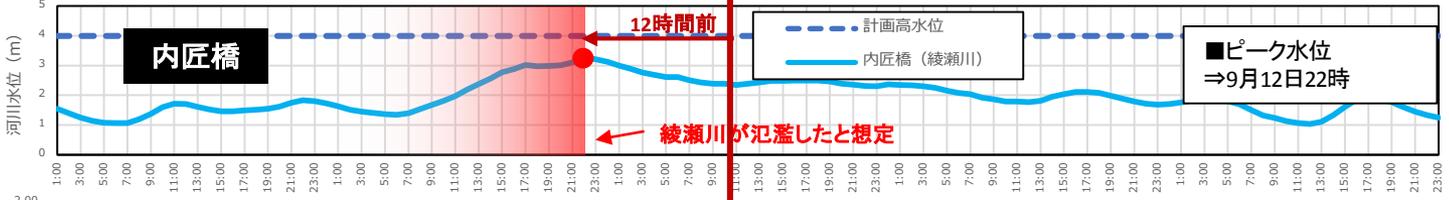
荒川の水位ピークの12時間前に中川・綾瀬川のピーク水位に到達

中川

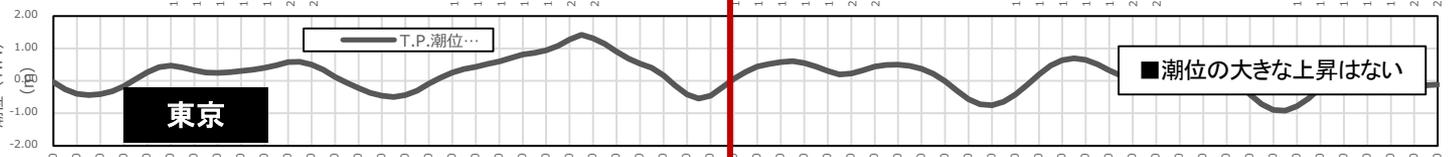


荒川の水位ピークの12時間前に中川・綾瀬川のピーク水位に到達

綾瀬川



潮位



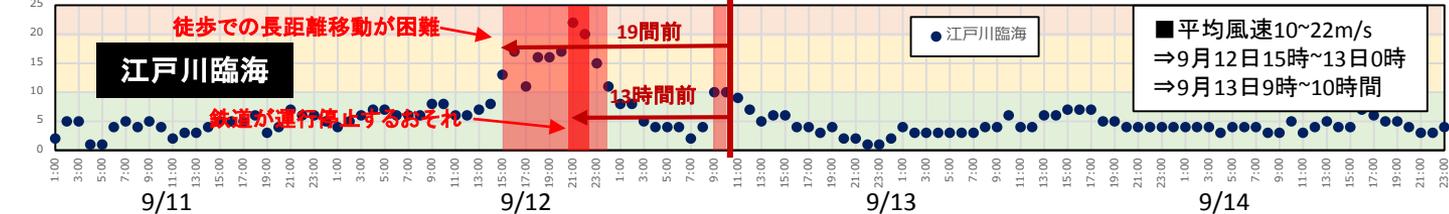
高潮発生はない

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

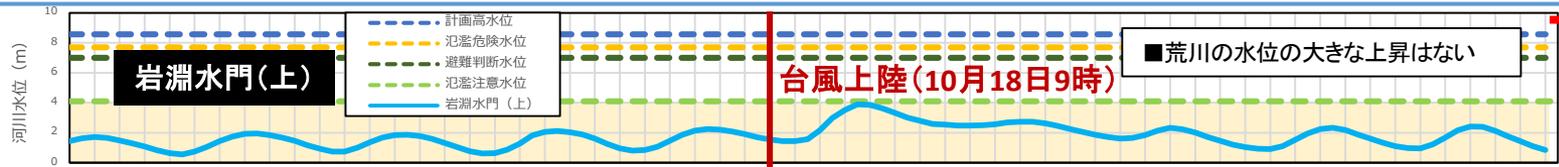
風速



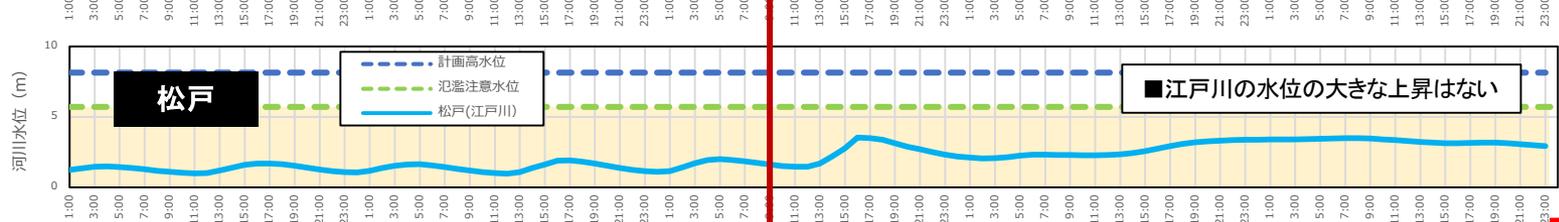
※ 本検討では各河川の水位のピークで氾濫する設定としているが、ピーク前に氾濫が発生するおそれもあることに留意が必要

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

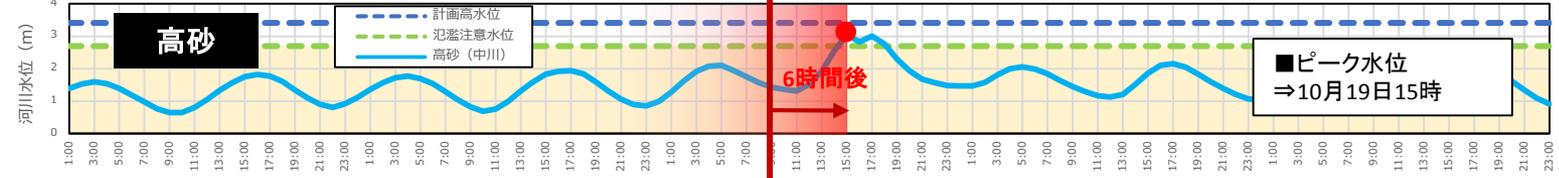
荒川



江戸川



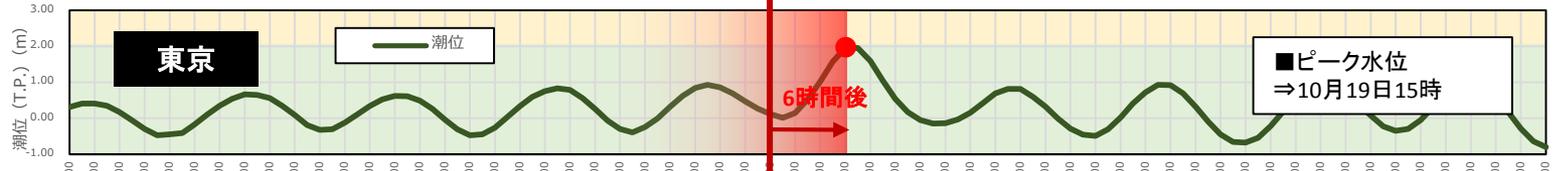
中川



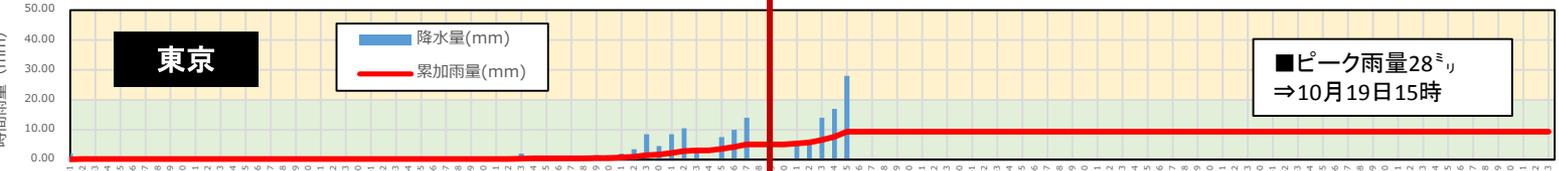
綾瀬川

綾瀬川における観測水位データ無し

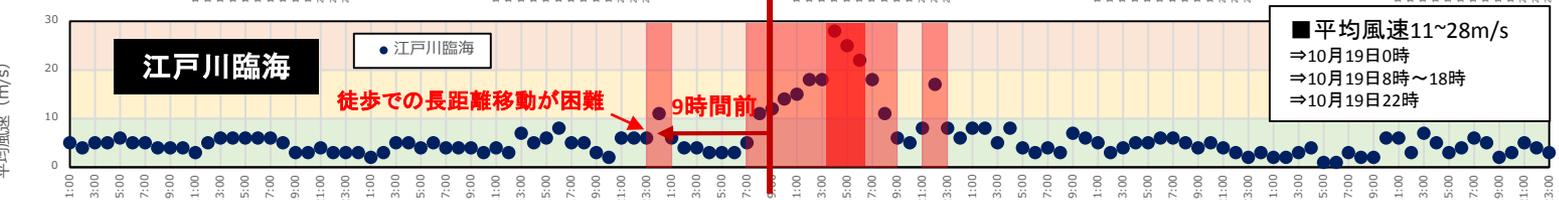
潮位



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

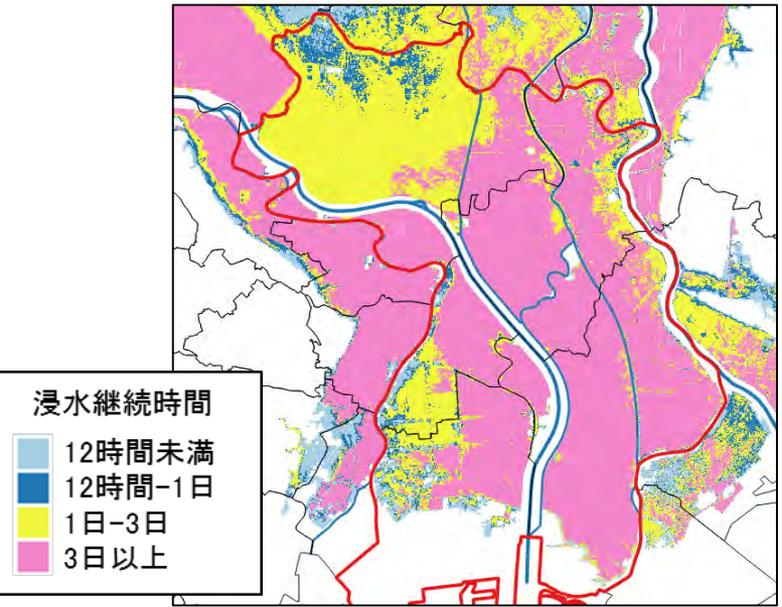
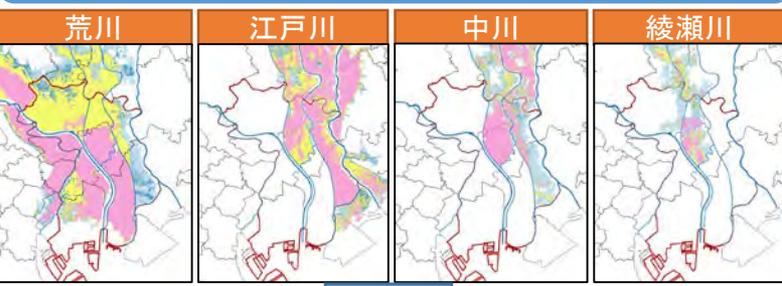
江戸川臨界地点での風は、台風上陸の9時間前に強まり、長距離の移動が困難

※ 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2 域外避難・域内避難の組み合わせ・配分 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河川の最大包絡で立退き避難対象者を算出**する

応用ケース(洪水)の浸水想定区域



応用ケース(洪水)における立退き避難対象者の整理

江東5区全住民 255万人
 >二次的な人的被害リスクの高い避難行動を回避するため、屋内に留まることはせず立退き避難を基本とする。
 >一方、大混雑を抑制するため、立退き避難の対象を限定する。

域外避難と域内避難の組み合わせ

■ **立退き避難の対象は「全居室水没」または「床上浸水継続3日以上」または「家屋倒壊等氾濫想定区域」に該当する住民 178万人**とする

立退き避難対象区域の人口 178万人
 >この175万人は立退き避難を行うこととする一方、立退き避難が困難な人(移動困難者)に限っては、浸水区域内に留まることも可とし、浸水区域内の公的な避難所を優先的に配分する。
 >ただし、在宅の移動困難者については、救助の観点から自宅に留まらず、避難所に避難することとする

移動困難者は、域外避難・域内避難どちらも可とする

- **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**も可とする
- **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**)への避難も可とする
- **3日程度での救助**を目指す

【立退き避難対象者等の詳細】	(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
→在宅の移動困難者 (5区内における浸水区域内の避難所等の規模)	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、在宅の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

- 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小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)】

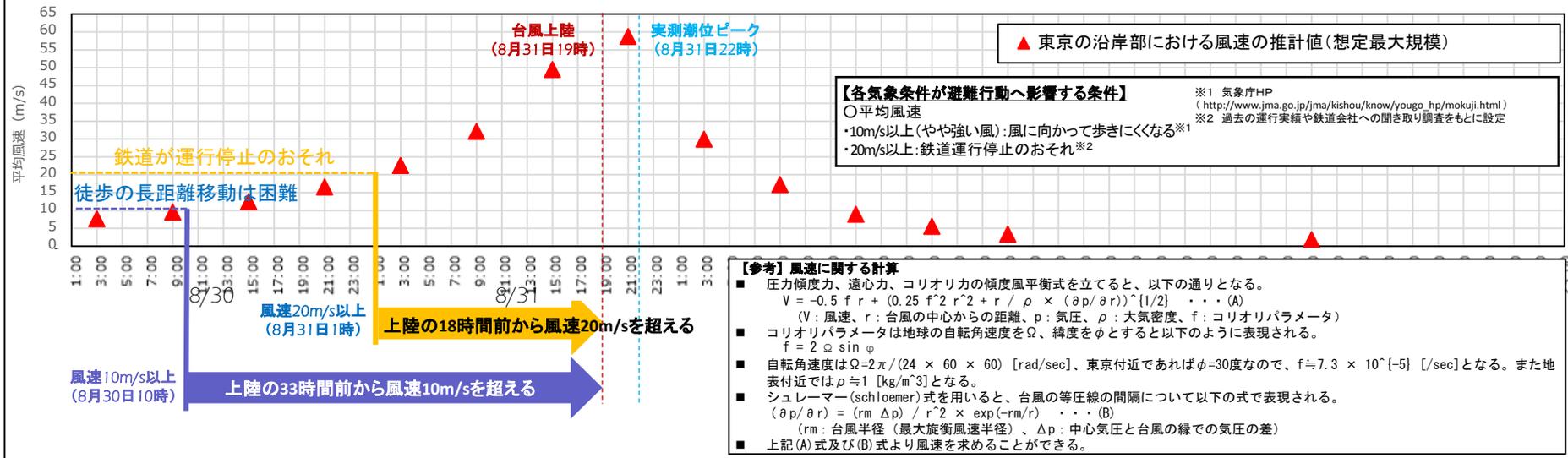
- 想定最大規模の高潮氾濫をもたらす台風の条件を以下の通り設定し、**台風の接近に伴う避難行動の制約条件(風速)を検討する**
 - ① 国土省の「高潮浸水想定区域図作成の手引き」(平成27年7月)において、想定最大規模相当の高潮を引き起こす台風の条件は以下の通りとなっている
 - ・ 中心気圧：910hPa(室戸台風)
 - ・ 最大旋衡風速半径75km(伊勢湾台風)
 - ・ 台風の移動速度：73km/h(伊勢湾台風)
 - ② 上記を踏まえ、**中心気圧は910hPa、最大旋衡風速半径は75kmで一定と仮定する。**
 - ③ 一方、台風の移動速度については、台風が転向する前は73km/h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、**暴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暴風が吹き始める時刻も大きく変わりうることに留意する必要がある。

台風の移動速度と風の関係



【風速の推計結果】

■ 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・域内避難の組み合わせ・配分

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

- 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、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。

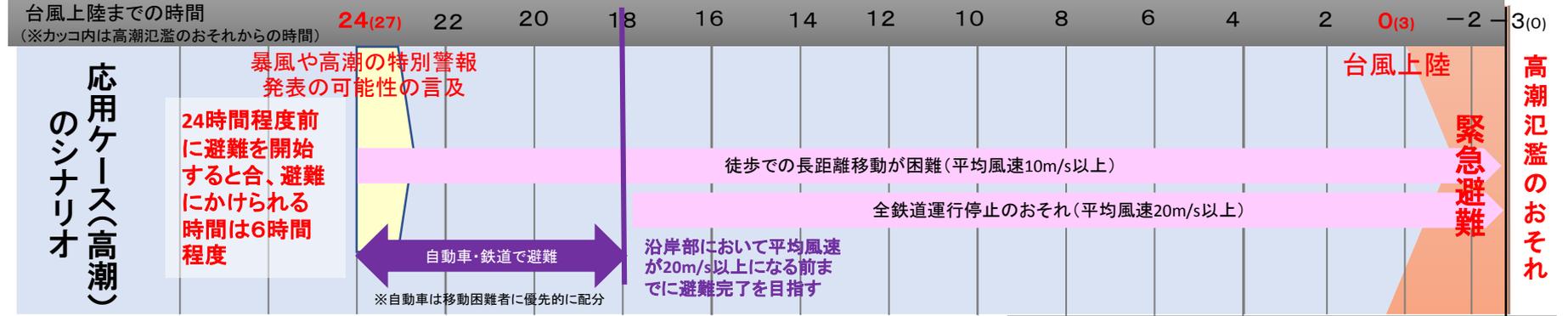
	荒川、江戸川、中川、綾瀬川の最大包絡
域外避難対象者	159万人～178万人
避難時間 (※この時間は避難時間を最短化した時の時間であり、実際の避難時間はより長くなることが想定される)	5時間以上 (自動車+鉄道)

- 立退き避難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)における立退き避難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組み合わせ・配分や、移動困難者の避難先、救助可能数については、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

※1 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
 ※2 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



※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暴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。
 ※実際には、応用ケースにおいても、橋梁等のボルト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。

『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】

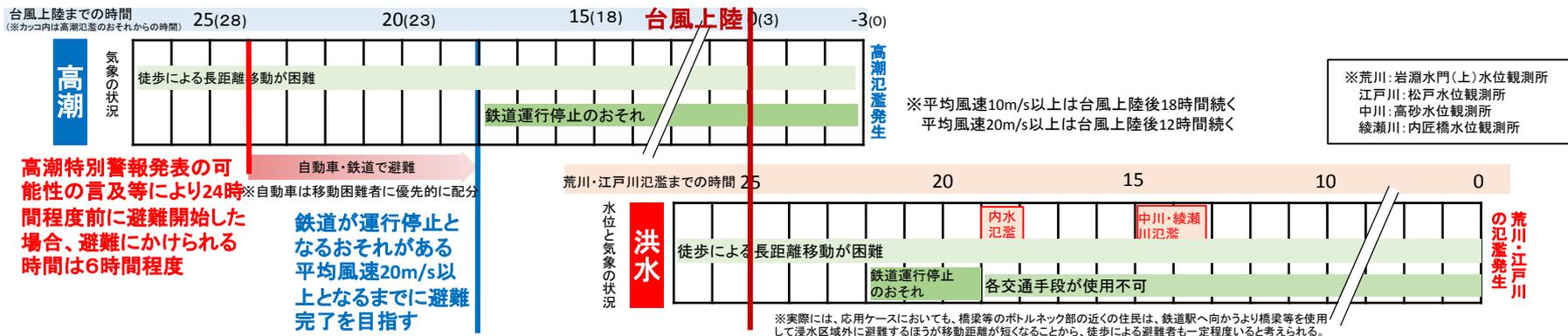
- 平均風速
- ・10m/s以上(やや強い風): 風に向かって歩きにくくなる^{※1}
- ・20m/s以上(沿岸部): 鉄道運行停止のおそれ^{※2}

※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

- 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立退き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
域外避難対象者	159万人~178万人
避難時間 (※避難時間を最小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。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立退き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)における立退き避難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、徒歩による避難者も一定程度いると考えられる。

各交通手段の分析（広域避難の実効性を高める対策）

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 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】

交通手段別の避難者数

「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)

設定条件緩和の効果

- 交通手段の効率的な活用や立退き避難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

	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
立退き避難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 (立退き避難対象者1割減)	—	—	10%減
175万人 → 140万人 (立退き避難対象者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)

※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

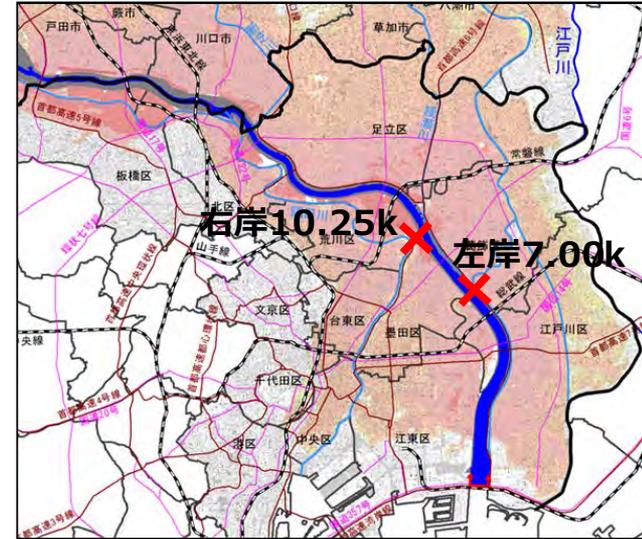
排水の検討方針 (計算条件及び検討ケース)

<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。

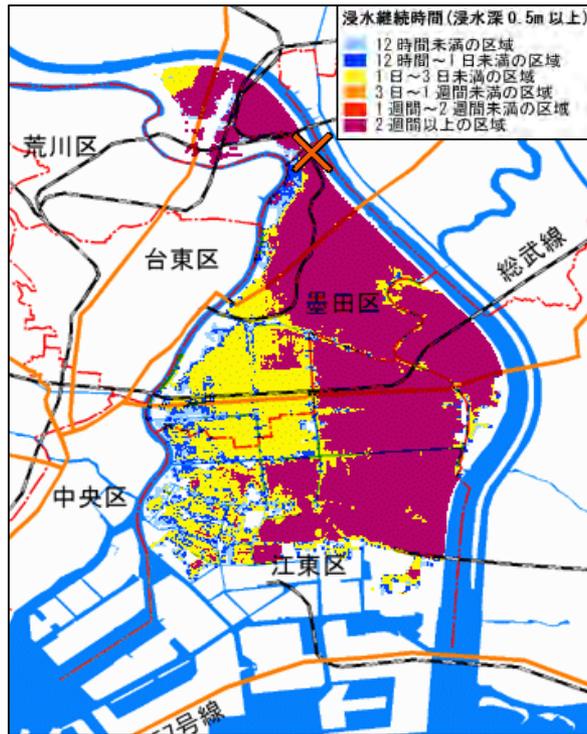
※2 排水ポンプ車を稼働させる場合を「○」とし、堤防決壊48時間後から稼働する事とし、排水ポンプ車への燃料補給も可能とする。



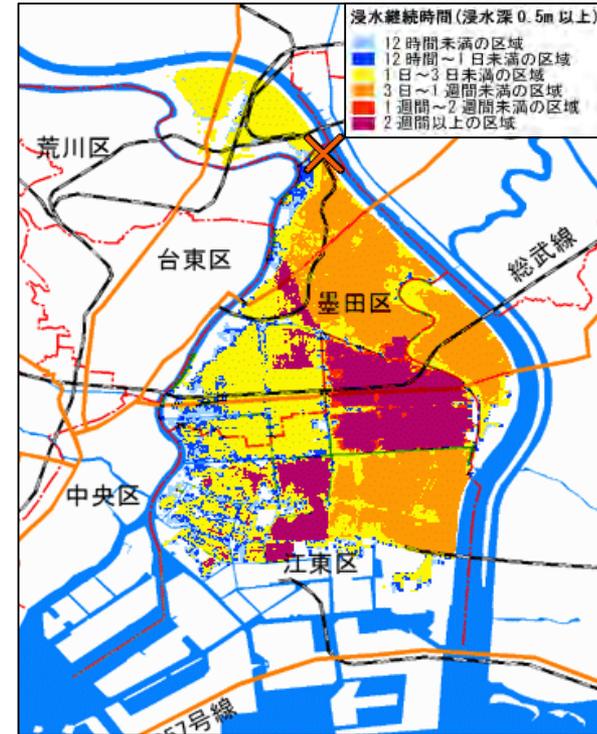
写真上：国土交通省が所有する排水ポンプ車
写真下：排水作業状況 (H27.9)

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

(参考) 立退き避難対象者を減らす対策や避難可能人数を増やす対策 (広域避難の実効性を高める対策)

【立退き避難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**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～】

大規模水害時の

- ・浸水継続時間の短縮
- ・長期間浸水エリアの縮小

〈ハード対策〉

- ・水門等の機能向上
- ・排水機場の耐水化
- ・地下駅における浸水対策
- ・地下街の浸水対策 等

大規模水害時の

企業等の事業継続・早期復旧

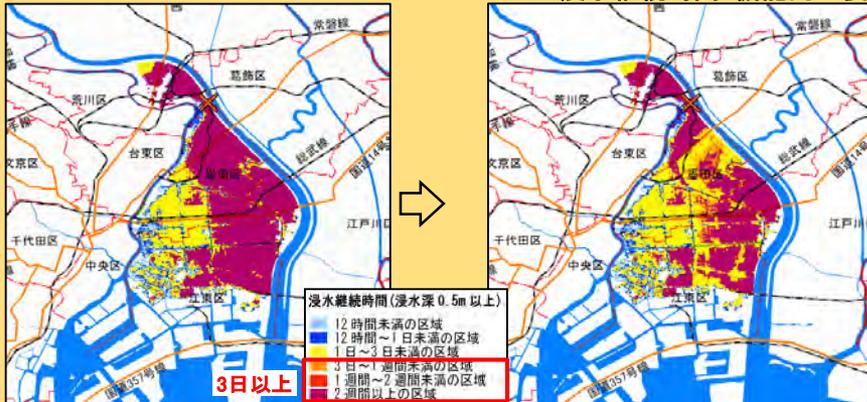
〈ソフト対策〉

- ・企業等のBCP策定の推進
- ・タイムラインの策定・充実 等

水門等の機能向上 実施シミュレーション

〈浸水継続時間:現状〉

〈浸水継続時間:機能向上後〉

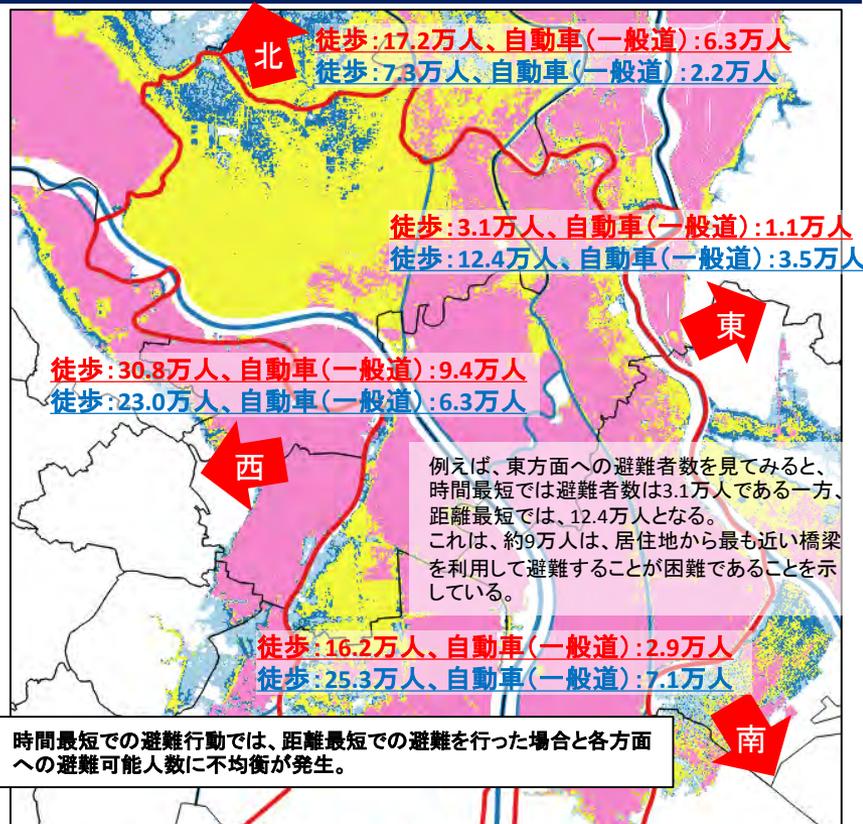


※荒川右岸10.25kmが破堤した場合において、一定の条件を考慮のうえ算出したシミュレーション結果

【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、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、**立退き避難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。

徒歩及び自動車(一般道)の方面別の避難人数の割合
(※徒歩の効果についても検証するため、基本ケースにおける避難人数を記載)



【赤字:時間最短】江東5区の立退き避難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区の立退き避難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、最適化した時の「徒歩:39%、自動車(一般道):11%の時の避難人数)

<応用ケース> 手順7 大規模・広域避難の避難先の確保

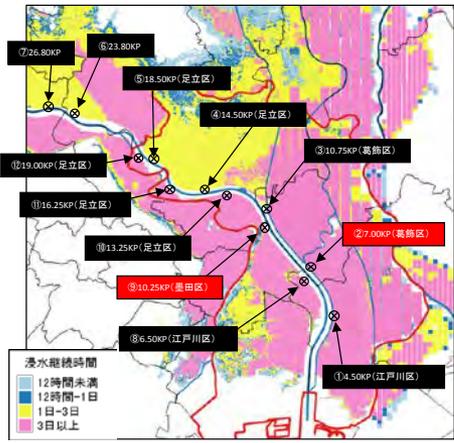
■ 氾濫発生後に河川水位が低下し、浸水が解消していくに従い、浸水していない地域や浸水が解消した地域の住民は自宅等に戻ることが可能となるが、**複数地点が決壊した場合は浸水範囲が広域に渡り、浸水区域外に引き続き留まらざるを得ない住民が増えることとなる**

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区外の公的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所の規模は23万人であるため、**5区内の浸水していない公的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区外の公的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所の規模は18万人であるため、**10万人が引き続き5区外の公的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区外の公的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所の規模は19万人であるため、**12万人が引き続き5区外の公的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区外の公的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所の規模は8万人であるため、**43万人が引き続き5区外の公的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

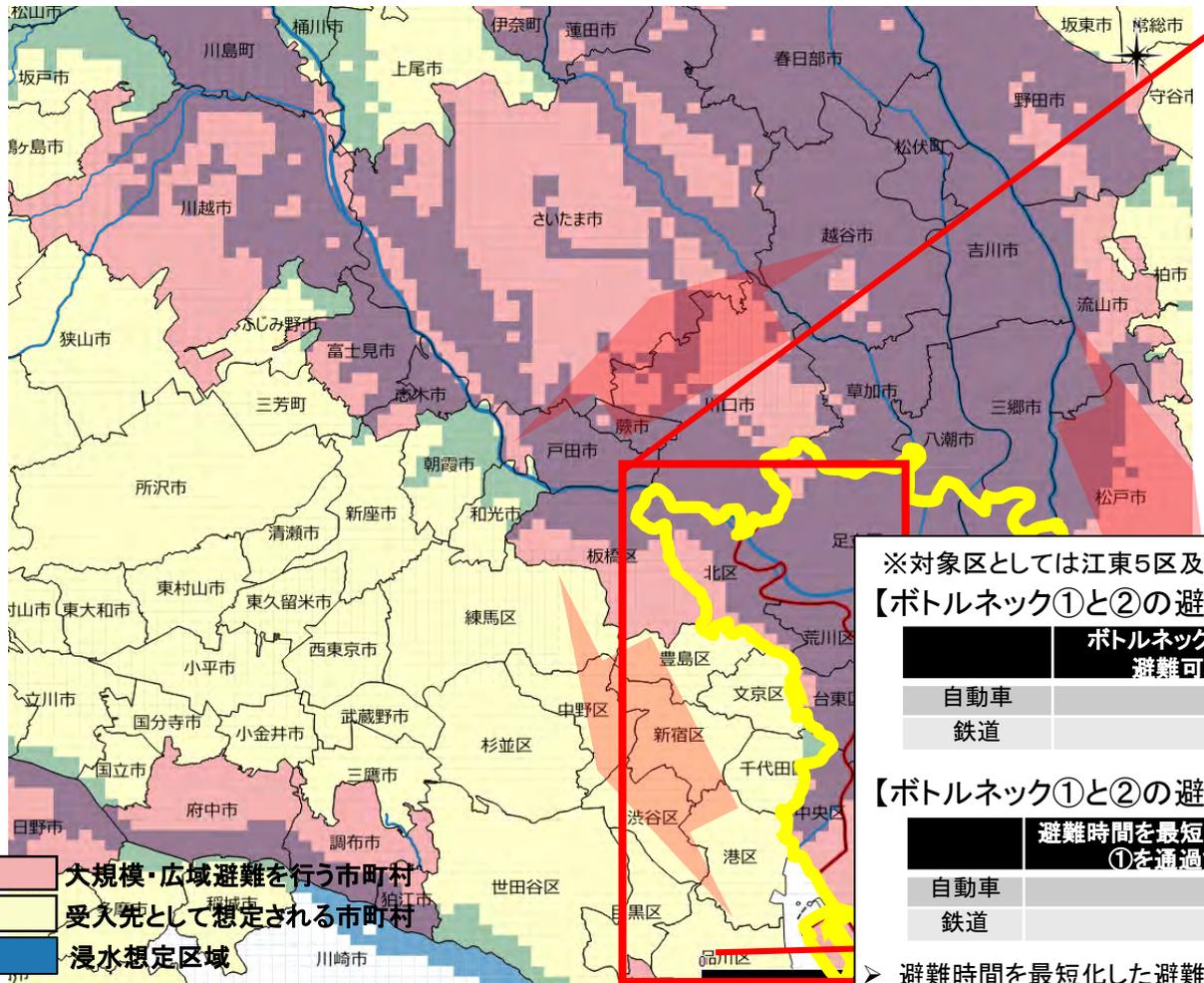
【決壊後3日時点における江東5区の避難者(まとめ)】

	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

- 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が、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、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