

「水害による被害推計の手引き（試行版）」

＜たたき台＞

目 次

I. 水害による被害推計の基本的な考え方	1
1. はじめに	1
2. 評価項目と定量化指標について	2
(1) 人的被害	5
(2) 医療・福祉施設等の被害	7
(3) 防災拠点施設の被害	9
(4) 交通途絶による波及被害	10
(5) ライフラインの機能停止による波及被害	11
(6) 経済被害の域内・域外への波及被害	13
(7) 地下空間の被害	15
(8) 文化財の被害	17
(9) 水害廃棄物の発生	18
II. 指標の算出手法	19
1. 人的被害	19
(1.1) 浸水区域内人口	19
(1.2) 浸水区域内の災害時要援護者数	19
(1.3) 死者数	20
(1.4) 最大孤立者数	23
(1.5) 3 日以上孤立者数	24
(1.6) 10 年あたり避難回数	26
(1.7) 10 年あたり総避難者数	27
(1.8) 避難等に充てることができる時間	28
2. 医療・福祉施設等の被害	29
(2.1) 機能停止する医療施設	29
(2.2) 医療施設の機能停止により影響を受ける入院患者数	30
(2.3) 医療施設の機能停止により影響を受ける人工透析患者数	31
(2.4) 避難が必要となる水深まで浸水する社会福祉施設等	32
(2.5) 避難が必要となる水深まで浸水する社会福祉施設等の入居者数	32
3. 防災拠点施設の被害	34
(3.1) 機能停止する主要な防災拠点施設	34

4. 交通途絶による波及被害	35
(a) 道路	35
(4. 1) 途絶する主要な道路	35
(4. 2) 道路途絶により影響を受ける通行台数	36
(4. 3) 道路途絶により増加する走行時間等	37
(b) 鉄道	38
(4. 4) 途絶する主要な鉄道	38
(4. 5) 鉄道途絶により影響を受ける利用者数	39
5. ライフラインの機能停止による波及被害	40
(5. 1) 電力の機能停止による影響人口	40
(5. 2) ガスの機能停止による影響人口	40
(5. 3) 上水道の機能停止による影響人口	47
(5. 4) 下水道の機能停止による影響人口	49
(5. 5) 通信の機能停止による影響人口	51
6. 経済被害の域内・域外への波及被害	53
(6. 1) 産業連関分析等の経済モデルを用いた経済波及被害額	53
(6. 2) 高い市場占有率を有する企業の被災に伴うサプライチェーンへの影響	55
7. 地下空間の被害	56
(a) 地下鉄	56
(7. 1) 浸水する地下鉄路線	56
(7. 2) 地下鉄の浸水により影響を受ける利用者数	57
(b) 地下施設	58
(7. 3) 浸水する地下施設	58
(7. 4) 地下施設の浸水により影響を受ける利用者数	58
8. 文化財の被害	59
(8. 1) 浸水する文化財	59
9. 水害廃棄物の発生	60
(9. 1) 水害廃棄物の発生量	60

Ⅲ. 参考資料

復旧期間の考え方	61
(a) 交通途絶による波及被害	62
(b) 医療・福祉施設等の被害	64
(c) ライフラインの機能停止による波及被害	65
(d) 経済被害の域内・域外への波及被害	68
(e) 地下空間の被害	69

I. 水害による被害推計の基本的な考え方

1. はじめに

国土の 7 割を山地・丘陵地が占める我が国においては、利用できる土地の大半が氾濫のおそれがある沖積平野等であり、古代より洪水と戦いながら現在の国土を構築してきている。

戦後のカスリーン台風、伊勢湾台風をはじめ、全国各地で大規模な水害が発生したこと等も踏まえ、河川毎に目標とする安全度を設定し、堤防等の治水施設の整備を計画的に進めてきているものの、近年においても平成 12 年東海豪雨水害や平成 16 年の豊岡水害等、甚大な被害が発生している。また、海外においても、2002 年ヨーロッパ水害、2005 年アメリカ・ハリケーン・カトリナ水害、2010 年パキスタン水害、2011 年タイ・チャオプラヤ川水害等の大規模な水害が近年相次いで発生している。

これらの水害においては、1,000 名を超える死者・行方不明者や 100 万人を超える避難者、電気等のライフラインの長期間にわたる供給停止被害等が発生したこともあった。また、サプライチェーンが寸断されたことによる国内外への経済被害の波及、医療・社会福祉施設の入院患者・入所者をはじめとする災害時要援護者の孤立、地下施設への浸水による都市機能の麻痺等、新たな被害形態が見られるようになった。

河川事業の事業評価においては、費用便益分析によって事業の投資効果を評価しているが、現在計上している便益は、治水事業の様々な効果のうち貨幣換算が可能な項目を被害軽減額として算出したものであり、治水事業の効果の一部の計上に留まっている。

近年の水害被害の状況を踏まえ、今後の治水事業をより効果的・効率的に進めるためには、貨幣換算が可能な項目だけを事業評価の対象とするのではなく、貨幣換算の困難さ、便益の重複計上といった課題があり現時点で便益への計上を行っていない評価項目についても、定量的に推計することが求められている。そこで、本手引き（試行版）においては、重要と考えられる評価項目のうち定量化が可能な項目についてはその推計手法をまとめ、定量化が困難な項目については定性的な記述手法を記載した。

各項目の指標の算出手法については、今回それぞれの事業者に対してヒアリングを行い浸水した際の一般的な状況、影響等を把握して、定量化の際の基本的な考え方、計算に必要な具体の閾値等をできるだけ記載しているが、流域において特徴的な施設がある場合等においては、個別に追加のヒアリング等を実施し計算に反映することが望ましい。

また、この推計手法により流域のリスクをわかりやすく表現することが可能となるため、警戒避難体制の整備、水害発生時の応急対策立案、土地利用の誘導等の危機管理対策の立案支援等へ活用することができる。さらに、流域リスクの情報を提供し普及啓発していくことで、自助・共助意識の向上や、自主的な浸水対策の促進が期待される。

今回提案した定量化指標については、全国の河川で簡便に算出できるよう、データの入手の難易度、計算労力等を勘案し、一定の想定に基づいた推計手法を例示的に記載したものである。このような推計手法はその検討が緒に就いたばかりであり、本手引き（試行版）はその第一歩となるものである。各河川での試行にあたっては、ここに記載した推計手法のみにとらわれることなく、各河川や氾濫域の特徴を踏まえた新たな指標の設定や、推計手法の工夫を講じていくことが望まれる。それらの試行錯誤を重ね、蓄積した知見を反映

し、本手引き（試行版）の充実を図っていくことが必要である。

なお、現在の費用便益分析における被害軽減額は、流量規模の異なる複数の洪水を対象に算出した被害額にその生起確率を乗じて年平均の期待額を算出している。今回、推計手法を記載した指標については、費用便益分析と同様に年平均値として算出するとわかりづらくなる場合があるため、流域の特性やその具体用途等に応じて、複数の洪水規模で事業の効果を評価することも考えられる。

2. 評価項目と定量化指標について

治水経済調査マニュアル（案）で「治水事業のストック効果」として示されているものを中心に、計算技術上の理由から便益計上が困難であった評価項目を再整理し、本手引きで定量化手法を設定した評価項目と、その評価項目における指標例について、次表に示す。

治水経済調査マニユアル（案）における「治水事業のストック効果」の再整理		
評価項目		定量化指標
直接被害		
資産被害		
一般資産被害	家屋	居住用・事業用の建物の浸水被害
	家庭用品	家具・自動車等の浸水被害
	事業所償却資産	事業所固定資産のうち、土地・建物を除いた償却資産の浸水被害
	事業所在庫資産	事業所在庫品の浸水被害
	農漁家償却資産	農漁業生産に関わる農漁家の固定資産のうち、土地・建物を除いた償却資産の浸水被害
農産物被害	農漁家在庫資産	農漁家の在庫品の浸水被害
		浸水による農作物の被害
公共土木施設等被害		公共土木施設、公益事業施設、農地、農業用施設の浸水被害
人的被害		
人的被害	・浸水区域内人口 ・災害時要援護者数 ・死者数 ・孤立による被害 ・避難に関する被害 等	・浸水区域内人口 ・浸水区域内の災害時要援護者数 ・死者数 ・最大孤立者数 ・3日以上孤立者数 ・10年あたり避難回数 ・10年あたり総避難者数 ・避難等に充てることができる時間 等
重要施設被害		
医療・福祉施設等の被害	医療施設、社会福祉施設等	・機能停止する医療施設 ・医療施設の機能停止により影響を受ける入院患者数 ・医療施設の機能停止により影響を受ける人工透析患者数 ・避難が必要となる水深まで浸水する社会福祉施設等 ・避難が必要となる水深まで浸水する社会福祉施設等の入居者数等 等
防災拠点施設の被害	役所、警察、消防等の防災拠点施設	・機能停止する主要な防災拠点施設 ・機能停止する主要な防災拠点施設 等
間接被害		
稼働被害		
営業停止被害	家計	浸水した世帯の平時の家事労働、余暇活動等が阻害される被害
	事業所	浸水した事業所の生産の停止・停滞（生産高の減少）
	公共・公益サービス	浸水した公共・公益施設サービスの停止・停滞
波及被害		
応急対策費用	家計	浸水世帯の清掃等の事後活動、飲料水等の代替品購入に伴う新たな出費等の被害
	事業所	家計と同様の被害
	国・地方公共団体	家計と同様の被害および市町村等が交付する緊急的な融資の利子や見舞金等

	交通途絶による波及被害	道路、鉄道、空港、港湾等	道路や鉄道等の交通の途絶に伴う周辺地域を含めた波及被害	・途絶する主要な道路 ・道路途絶により影響を受ける交通量 ・道路途絶により増加する走行時間等 ・途絶する主要な鉄道 ・鉄道途絶により影響を受ける利用者数 等
	ライフラインの機能停止による波及被害	電力、水道、ガス、通信等	電力、ガス、水道等の供給停止に伴う周辺地域を含めた波及被害	・電力の機能停止による影響人口 ・ガスの機能停止による影響人口 ・上下水道の機能停止による影響人口 ・下水道の機能停止による影響人口 ・電話の機能停止による影響人口 ・電力の機能復旧に要する期間 ・ガスの機能復旧に要する期間 ・上下水道の機能復旧に要する期間 ・下水道の機能復旧に要する期間 ・通信の機能復旧に要する期間 等
	経済被害の域内・域外への波及被害	事業所	中間産品の不足による周辺事業所の生産量の減少に伴う域内外経済への波及被害	・産業連関分析等の経済モデルを用いた経済波及被害額 ・高い市場占有率を有する企業の被災に伴うサプライチェーンへの影響 等
精神的被害				
	資産被害に伴うもの		資産の被害による精神的打撃	
	稼働被害に伴うもの		稼働被害に伴う精神的打撃	
	人身被害に伴うもの		人身被害に伴う精神的打撃	
	事後的被害に伴うもの		清掃労働等による精神的打撃	
	波及被害に伴うもの		波及被害に伴う精神的打撃	
その他				
	地下空間の被害		地下鉄、地下街等の地下施設の浸水被害、複雑に接続された地下空間内の浸水拡大に伴う逃げ遅れ被害、都市機能の麻痺、及びその波及被害等	・浸水する地下鉄路線 ・地下鉄の浸水により影響を受ける利用者数 ・浸水する地下施設 ・地下施設の浸水により影響を受ける利用者数 等
	文化財の被害		文化財、文化的施設の被害	・浸水する文化財 等
	水害廃棄物の発生		水害廃棄物の仮置き場所・処分場の不足や、衛生環境上の問題発生等の被害	・水害廃棄物の発生量 等
	リスクブレイアム		被災可能性に対する不安	
	浸水前の社会経済活動レベルに戻るまでの時間・影響の考慮		浸水により低下した個人や地域の社会経済活動レベルが、浸水がなかった場合のレベルまで戻るまでの時間と、その影響を考慮	
高度化便益				
	※高潮に対する便益計上手法について検討が必要			
	従前より便益として計上している項目 追加・修正を行った項目 定量化指標として検討を行った項目 従前より便益として計上されておらず、今回も定量化をしなかった項目			

（１）人的被害

近年、世界各地で大規模な水害が発生し、多くの人命が失われている。2005年に発生したハリケーン・カトリーナによる水害では、ニューオーリンズ市においては人口の75%にあたる約36万人（約14万戸）の住居が浸水し¹⁾、死者数はニューオーリンズ市を含むルイジアナ州で1,600人弱、全米では1,800人以上と推定されている²⁾。2010年にパキスタンで発生した水害においては死者1,980人以上³⁾、2011年にタイで発生した水害では死者815人に及んでいる⁴⁾。

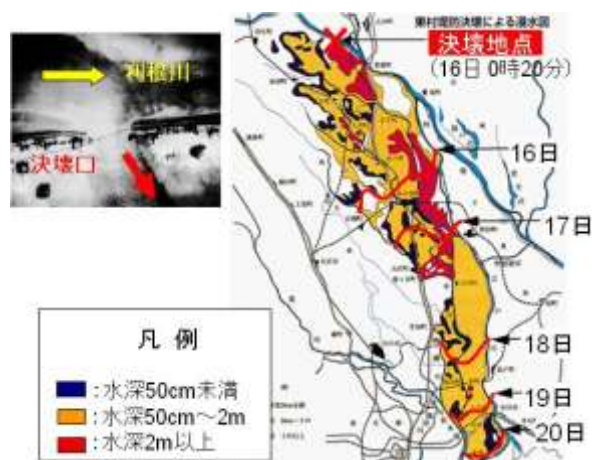
我が国においても、カスリーン台風による水害では、河川の氾濫（利根川、渡良瀬川、桐生川）による死者は364人⁵⁾、伊勢湾台風による災害では、死者・行方不明者約5,098人、負傷者38,921人に及んだ⁶⁾。

また、平成16年台風23号による死者（土砂災害によるものを除く）51人のうち28人を65歳以上の高齢者が占める等⁷⁾、災害時要援護者は人的被害を受けるおそれが高い。

水害による人的被害、特に死者数を減少させることは、治水施策にとっての最重要課題の一つである。人的被害のリスクが高い地域を知ることができれば、被害軽減のための避難計画の立案等に活用することができる。



ハリケーン・カトリーナによる災害



カスリーン台風の利根川本川破堤
による浸水実績

<指標例>

- ・ 浸水区域内人口
- ・ 浸水区域内の災害時要援護者数
- ・ 死者数
- ・ 最大孤立者数
- ・ 3 日以上孤立者数
- ・ 10 年あたり避難回数
- ・ 10 年あたり総避難者数
- ・ 避難等に充てることができる時間 等

（２）医療・福祉施設等の被害

浸水による医療・福祉施設等の被害は、入院患者・入所者をはじめとする災害時要援護者に対して深刻な影響を及ぼす。また、被災により救急・救命医療が施せなくなると命に関わる事態となる。

平成 16 年の台風 23 号においては、兵庫県豊岡市の公立豊岡病院が浸水した。予定していた手術を 5 日間延期し、透析治療が不可能になったため患者 2 名を防災ヘリで他院へ転院させた⁸⁾。

また、平成 17 年の台風 14 号においては、宮崎市の潤和会記念病院が 1.5m 浸水し、医療機器を始め 1 階館内各室、各設備、非常用電源などが水没し、ライフラインは途絶し、飲料水の確保も困難となった。完全な復旧までに 1 ヶ月半を要した⁹⁾。

2005 年のハリケーン・カトリナ水害においては、500 人の入院患者と 100 人の職員が孤立する病院が発生し、水と食料の分配を巡って暴動が起きる寸前となった。電力も通信手段も喪失し、病院内の温度は 43℃に上昇し、心肺維持装置は手作業で行うなど全て手作業となった¹⁰⁾。

また、平成 23 年の東日本大震災においては、人工透析患者が避難所生活によって十分に透析を受けられなくなったことが原因で死亡したと考えられる例が確認されている¹¹⁾。

浸水による影響を明らかにすることで、医療・福祉施設等における浸水防止対策の立案や業務継続計画（BCP）の立案、避難計画立案に活用することができる。また行政にとっては、避難支援が必要な災害時要援護者（入院患者・入所者）の人数と施設名を把握することができるため、避難計画や孤立者支援策等の検討に活用することができる。



平成 16 台風 23 号 円山川の氾濫
公立豊岡病院（駐車場）の被災状況¹²⁾



平成 17 台風 14 号による大淀川の氾濫
潤和会記念病院の엑스線室 MRI の被災状況¹³⁾

<指標例>

- ・機能停止する医療施設
- ・医療施設の機能停止により影響を受ける入院患者数
- ・医療施設の機能停止により影響を受ける人工透析患者数
- ・避難が必要となる水深まで浸水する社会福祉施設等
- ・避難が必要となる水深まで浸水する社会福祉施設等の入居者数等 等

(3) 防災拠点施設の被害

市区町村役場、警察署、消防署等の防災拠点施設が被害を受けた場合には、氾濫時の応急対策活動のみならず、復旧・復興活動においても影響を及ぼすことになる。

平成 12 年 9 月台風 14 号では、愛知県西枇杷島町の町役場庁舎の受電施設及び非常用発電機が水没し、防災機能に支障が生じた¹⁴⁾。また、平成 16 年 10 月台風 23 号では、京都府大江町の町役場 1 階にある防災情報無線室が浸水し、町民に災害情報や避難を伝える機能を喪失するなど、自治体における防災機能が麻痺した。

防災拠点施設の被災予測を行うことで、浸水防止対策の立案やバックアップ施設の選定、業務継続計画（BCP）の立案等に活用することができる。



平成 12 年台風 14 号により浸水した
西枇杷島町役場ロビー¹⁵⁾



平成 16 年台風 23 号により浸水した
大江町役場¹⁶⁾

<指標例>

- ・機能停止する主要な防災拠点施設 等

（４）交通途絶による波及被害

浸水による交通途絶は人流・物流の停滞や迂回交通の発生など大きな影響を及ぼす。平成 12 年に発生した東海豪雨水害では、多くの交通機関が不通となった。道路では、東名高速が約 14 時間、国道 1 号が約 13 時間通行止めとなったほか、鉄道では、東海道新幹線が約 1 日、東海道本線が約 3 日運行を停止した¹⁷⁾。愛知県内では夕方のラッシュ時と大雨のピークが重なり、大量の帰宅困難者が発生するなど、ＪＲ東海だけで少なくとも約 33 万人に影響が出た。

浸水によって途絶する道路、鉄道を把握することで、氾濫のおそれがある場合における通行止めや運休等の事前対策、それを踏まえた避難や応急対策活動に必要な路線の確保計画の検討等に活用することができる。



平成 12 年東海豪雨
名鉄新名古屋駅で一夜を明かす人々¹⁸⁾



平成 12 年東海豪雨
国道 1 号一色大橋付近の状況¹⁹⁾

<指標例>

（a）道路

- ・途絶する主要な道路
- ・道路途絶により影響を受ける台数
- ・道路途絶により増加する走行時間等 等

（b）鉄道

- ・途絶する主要な鉄道
- ・鉄道途絶により影響を受ける利用者数 等

(5) ライフラインの機能停止による波及被害

浸水によるライフラインの機能停止は、社会経済活動への直接的な影響に加え、被災後の復旧・復興の遅延にも影響を及ぼす。

2005 年のハリケーン・カトリーナによる災害では、15 基の火力発電所の内 5 基、変電所 263 箇所が浸水被害を受け、最大 300 万世帯が停電し、ニューオーリンズ市内における復旧率は、3 週間後で 19%、4 ヶ月後で 95%だった²⁰⁾。電力と通信の途絶により、現金引き出しや、キャッシュカード等の取り扱いができなかったため、水、食料、ガソリン等が買えない状況となった。また、水没住宅からガス漏れが起これ、それが原因で火災が生じた²¹⁾。

平成 12 年に発生した東海豪雨水害では、中部電力管内において最大 334,000 戸が約 6 日間停電、約 5,700 戸が最長 7 日間の都市ガス供給停止、約 1,500 世帯が最長 4 日間固定電話が不通、携帯電話では基地局が最長 12 日間の停波となるなどのライフラインの被害が発生した²²⁾。

平成 17 年 9 月の台風 14 号による宮崎市の富吉浄水場の冠水では、約 31,000 世帯（約 5 万人）の給水に影響を与えると同時に、断水解消までに約 45 日を要した²³⁾。また、平成 23 年の東日本大震災では、東北地方の太平洋沿岸を中心に、下水処理場が 120 箇所被災し、48 箇所が稼働停止、63 箇所が施設損傷した。

社会経済活動にとって必須の施設であるライフラインの被害推計は、流域の水害被害の深刻さを判断するのに非常に重要な指標となる。特に電力途絶は、災害時の応急活動に支障が出ることや、医療機関等における患者の生命維持に関わる場合があるとともに、他のライフラインへ波及被害が発生するおそれがある。ライフラインの機能停止による被害を把握することで、各事業者における業務継続計画（BCP）、浸水防止対策、ライフライン途絶に備えた危機管理対策、ライフラインの早期復旧方策の検討等に活用することができる。



平成 17 台風 14 号により
冠水した富吉浄水場²⁴⁾ (宮崎県宮崎市)



2005 年ハリケーン・カトリーナ
水害による電力施設の損傷²⁵⁾

<指標例>

- ・電力の機能停止により影響を受ける人口
- ・ガスの機能停止により影響を受ける人口
- ・上水道の機能停止により影響を受ける人口
- ・下水道の機能停止により影響を受ける人口
- ・通信の機能停止により影響を受ける人口
- ・電力の機能復旧に要する期間
- ・ガスの機能復旧に要する期間
- ・上水道の機能復旧に要する期間
- ・下水道の機能復旧に要する期間
- ・通信の機能復旧に要する期間 等

（６）経済被害の域内・域外への波及被害

大規模な水害が発生した場合、被災地域の社会経済活動のみならず他地域へも影響が広く波及する。平成 12 年 9 月に発生した東海豪雨水害の場合、自動車産業を中心に、経済被害は東海地方だけでなく、全国へ波及した。

トヨタ自動車㈱本社 (愛知県豊田市)	全国24 工場(関連会社9 社含む)で生産停止し、完成車ベースで約17,000 台の生産先送り。(日経新聞H12.9.13 朝刊)
ダイハツ工業㈱本社 (大阪府池田市)	池田工場、京都工場、滋賀工場でトヨタグループからの部品供給が途絶えたため操業停止。(岐阜新聞H12.9.13 朝刊)
アイシン軽金属㈱ (富山県新湊市)	12 日早朝に現地に到着するはずのトラック便が愛知県に入らず立ち往生、12 日操業停止。(北國新聞H12.9.14 朝刊)
トヨタ自動車九州㈱ (福岡県宮田町)	東海地方の物流が停止し、12 日午後3 時から始める予定であった夜間帯の生産ラインを停止。 (北國新聞H12.9.14 朝刊)
マツダ㈱本社 (広島県府中町)	東海理化西枇杷島工場の操業停止で、四国地方2 工場の生産を一時停止。 (中日新聞H12.9.15 朝刊)
富士重工業㈱矢島工場 (群馬県太田市)	名古屋地区からの部品納入が滞り、14 日、15 日操業を停止。 (日経新聞H12.9.18 朝刊)

東海豪雨水害における域外への波及影響事例

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災においては、自動車部品メーカーの生産拠点が多数壊滅的被害を受け 100 社以上が再開できない状況となったため、自動車各社の在庫部品は 3 月 25 日（被災から約 2 週間）までに底を突き、東日本以外のほとんどの生産拠点でも生産を停止した。部品供給の滞りの影響は、4 月、5 月には海外の生産工場にもおよび、数日間の生産停止や生産台数を 30～50%に引き下げるなどの影響が海外メーカーも含め拡大した^{26)、27)}。

平成 23 年 10 月のタイ王国のチャオプラヤ川洪水では、日系企業が進出しているタイ中部の工業団地で浸水被害が発生し、日系企業約 440 社が冠水し、多くの企業が操業停止となった²⁸⁾。特にサプライチェーン（供給網）が寸断されたことで、組立工場は浸水しなくとも、2 次、3 次サプライヤーの被災による供給停止で、操業できないなどの波及被害が顕在化した。トヨタ自動車はタイ工場の浸水により、日本の 7～8 割、北米の 9 割の工場が稼働を停止し、タイ洪水に起因する 1 ヶ月間の減産台数は世界全体で 15 万台になった²⁹⁾。ソニーはデジタル一眼カメラのボディを生産する唯一の工場が被災したため、発売予定だった新製品の発売時期を延長した³⁰⁾。

経済波及被害を把握することで、その地域の被災が他地域の経済活動に与える影響を知ることができるとともに、各企業における業務継続計画（BCP）、浸水防止対策、立地戦略の立案等に活用することができる。

<指標例>

- ・産業連関分析等の経済モデルを用いた経済波及被害額
- ・高い市場占有率を有する企業の被災に伴うサプライチェーンへの影響 等

（７）地下空間の被害

地下空間が浸水した場合には、人的被害に直結し、排水や電源設備の被災などにより復旧に時間を要するなど、甚大な影響を及ぼす。特に大都市においては複雑に接続しあった地下空間が形成されているため、地下空間に収容されている施設の全容の把握や、氾濫水の進入・拡大経路の予測を困難としている。普段は使われておらず意識されていなくとも、ひとたび浸水が始まると物理的に接続されている地下空間を伝って浸水域が拡大し、広範囲にわたってビルの電気設備等が機能停止するおそれがある。

福岡水害では、福岡市地下鉄が浸水し、平成 11 年には約 4 時間の不通、平成 15 年には約 23 時間不通となった。また、平成 12 年の東海豪雨水害では、名古屋市営地下鉄 4 駅が浸水し、最大 2 日間不通となった³¹⁾。

1992 年、シカゴにおける河川での杭打工事に起因して、かつて石炭貨物用に用いられていた地下トンネルに水が浸入した。このトンネルはシカゴ市街地に張り巡らされ、電線等の収納空間として使用されていたため、当時世界一の高さであったシアーズタワー等の超高層ビルを含むビル群の地下の電気設備が機能を停止した。この浸水により約 200 棟が被害を受け、地下鉄、ATM 等も使用できなくなった^{32), 33)}。2001 年には台湾で発生した洪水により、台北市に存在する 6 路線ある地下鉄のうち、5 路線が浸水した³⁴⁾。2002 年に発生したプラハの洪水では、地下鉄全線 3 路線が浸水し、18 駅が水没し、復旧まで約半年を要した³⁵⁾。

地下空間の被害形態を解明することにより、地下鉄、地下施設及びそれに接続されているビル等の管理者の業務継続計画（BCP）、浸入・浸水域拡大防止対策、避難計画の立案等に活用することができる。



平成 11 年福岡市地下鉄入口の浸水状況³⁶⁾



2002 年プラハの洪水
により水没した地下鉄車両

<指標例>

- ・ 浸水する地下鉄路線
- ・ 地下鉄の浸水により影響を受ける利用者数
- ・ 浸水する地下施設
- ・ 地下施設の浸水により影響を受ける利用者数 等

（８）文化財の被害

平成 10 年 9 月の高知水害では、高知県立美術館の一階展示コーナーや空調設備が浸水し、県展出典作品などと合わせ、約 10 億円の被害が発生した。再開まで約 3 ヶ月を要した。

平成 15 年 7 月の豪雨では、福岡県飯塚市にある国の登録有形文化財で江戸歌舞伎小屋様式の嘉穂劇場が浸水、1 階の舞台や客席が壊滅的な被害を受けた。修復、再開まで約 1 年 1 ヶ月を要した。

文化財や伝統工芸品の浸水被害を把握することで、展示品の移動計画、氾濫時の応急対策の検討等に活用することができる。



平成 10 年高知水害による高知県立美術館の浸水³⁷⁾



平成 15 年豪雨で浸水した福岡県飯塚市嘉穂劇場内部の状況³⁸⁾

＜指標例＞

- ・ 浸水する文化財 等

（９）水害廃棄物の発生

大規模な水害が発生した場合、一時に大量の廃棄物が発生する。被災地における早期の復旧・復興を実現するためには、水害廃棄物の収集、運搬、中間処理及び最終処分等を迅速かつ円滑に行う必要がある。しかし、被災直後は道路の通行止めが生じること、水害廃棄物は、水分を多く含んだ状態で排出されること等によって、平常時と同じ収集・運搬・処理は困難となる。

平成16年台風23号による兵庫県豊岡市の被災では、可燃ごみが約2万トン発生し、約7ヶ月の処理期間を要した³⁹⁾。

発生量を推計することで、被災時に必要な廃棄物の仮置き場の確保、処理方法の検討等に活用することができる。



平成16年台風23号による
ゴミの大量発生（豊岡市：円山川）



平成18年7月豪雨災害により発生した
多量の廃棄物（鹿児島県大口市：川内川）

<指標例>

- ・ 水害廃棄物の発生量 等

Ⅱ．指標の算出手法

1．人的被害

(1.1) 浸水区域内人口

治水対策の対象となる人口を推計する。

【推計手法】

浸水区域内人口 = (浸水区域内の居住人口)

【考え方】

浸水深 0cm 以上となる計算メッシュを浸水区域と設定し、そこに居住する人口を対象とする。

(1.2) 浸水区域内の災害時要援護者数

人的被害を受けるおそれが高いと考えられる災害時要援護者の人数を推計する。

【推計手法】

浸水区域内の災害時要援護者数 = (浸水区域内人口) × (当該地域の災害時要援護者の割合)

【考え方】

洪水時における被災リスクは、自律的な移動の困難さ、又は危険性の認識の困難さによって高まると考えられる。そこで、推計対象とする災害時要援護者は、浸水区域内人口のうち、高齢者、障害者、乳幼児、妊婦等⁴⁰⁾とする。

(1.3) 死者数

浸水による死者数を避難率別に推計する。

【推計手法】

$$\text{死者数} = P_1 \times (1 - \varepsilon) \times s_1 + P_2 \times (1 - \varepsilon) \times s_2$$

P_1 : 浸水区域内人口 (65 歳以上)

P_2 : 浸水区域内人口 (65 歳未満)

ε : 避難率

s_1 : 住宅階数・浸水深に応じた死亡率 (65 歳以上)

s_2 : 住宅階数・浸水深に応じた死亡率 (65 歳未満)

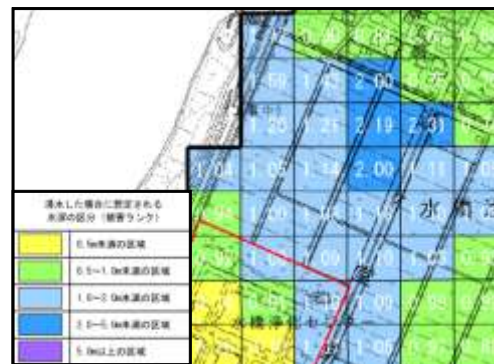
【考え方】

死者数の推計にあたっては、米国陸軍工兵隊とオーストラリアがスポンサーとなって開発した LIFESim モデルをベースに米国陸軍工兵隊がハリケーン・カトリーナによるニューオーリンズ周辺での人命損失の検証のために採用したモデル⁴¹⁾を適用する。

65 歳以上の場合には住宅・建物の最上階の居住階まで避難し、65 歳未満の場合にはさらに屋根の上等に避難することとする。避難した先の床面からの最大浸水深により、危険水位帯、準危険水位帯、安全水位帯の 3 つに危険度を分類する。以上のように年齢、建物の階数から危険度別の人数を算出し、各々の分類毎に設定した死亡率を乗じて死者数を推計する。

実際の計算においては、計算メッシュ毎に、年齢別 (65 歳以上、未満)、居住する住宅の階数別 (1 階、2 階、3 階以上) に分類した人口に危険度を乗じた値の総和から死者数を算出する。

なお、既往水害における避難率は大きな幅があるため、避難率は 0%、40%、80% の 3 つのケースを設定することとする。

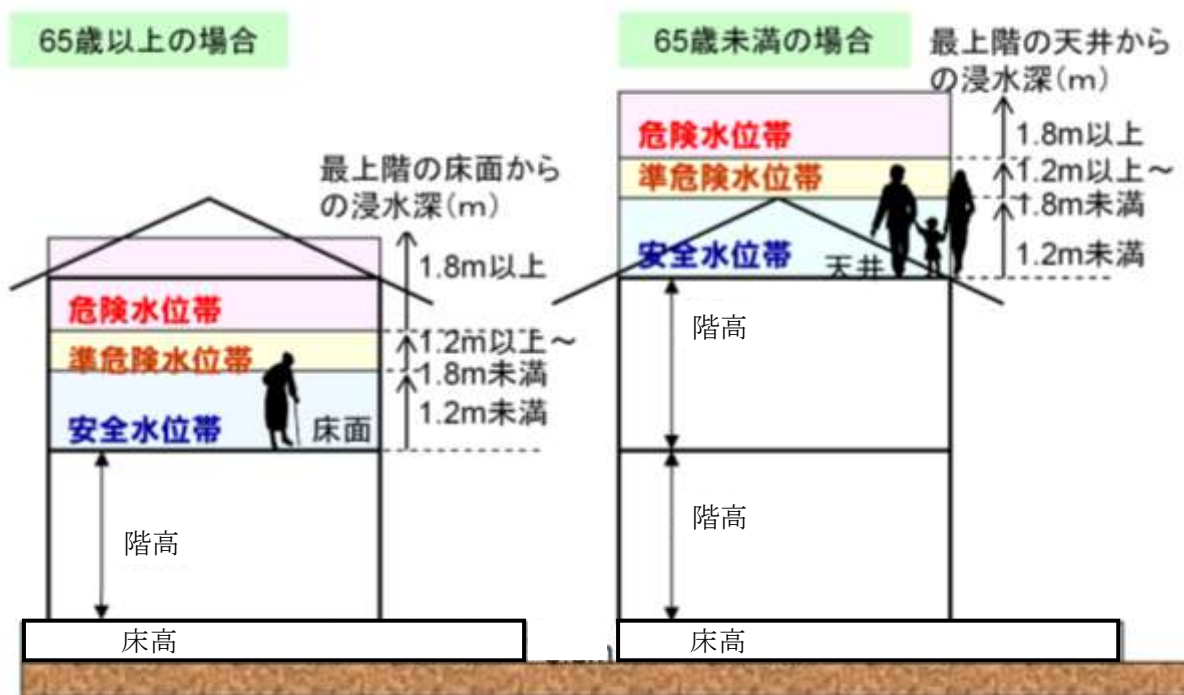


推計に使用する計算メッシュのイメージ

<参照データ>

「年齢別人口」については国勢調査を使用する。「階数別人口」については、「住宅・土地統計調査」⁴²⁾の「第5表 住宅の建て方(4区分)、構造(5区分)、階数(9区分)、建築の時期(13区分)別住宅数—全国」を用いるものとするが、市町村等の資料があれば、それを活用することも考えられる。

<LIFESim モデルの適用>⁴³⁾⁴⁴⁾



<浸水深に応じた死亡率 s の分類>

	死亡率 (%)
危険水位帯	91.75
準危険水位帯	12.00
安全水位帯	0.023

<1 階床高の設定>

LIFESim モデルでは 2feet (約 60cm) と設定されているが、本手引きにおいては下記により 50cm と設定する。

- ・床の高さは、直下の地面からその床の上面まで 45cm 以上とすることが定められていること⁴⁵⁾
- ・基礎高は実態として 30～40cm が 34.6%、40cm 以上が 56.2%⁴⁶⁾、平均約 44cm⁴⁷⁾ となっており、床高はこれに土台の高さ、床厚が加わること

<階高の設定>

LIFESim モデルでは 1 階の床から 2 階の床までを約 2.7m と設定している。下記により、我が国においても天井高さに梁高、床厚を加えると約 2.7～2.9m と考えられることから、2.7m と設定する。

- ・居室の天井高さは、室の床面から 2.1m 以上と定められており³⁶⁾、天井の上の梁高、床厚を加えると最低でも 2.5m 以上であること

- ・居室の天井高の調査結果では、2.3～2.5m の住宅が全体の約 85%を占めており³⁷⁾、これに梁高、床厚を加えると約 2.7～2.9m と考えられること

＜避難率 ε の設定＞

避難率の設定は、下表を踏まえ、0%、40%、80%を基本とするが、氾濫特性・状況（天候、時間帯、曜日、地域特性）を考慮して、これとは異なる避難率を設定することもあると考えられる。

なお、既往水害の避難率調査においては、避難率の母数の設定方法が異なっていたり、浸水後に避難した人や浸水区域内の避難所に避難した人を計上した避難率となっていたりする等、調査によって定義が異なっていることに留意が必要である。

浸水被害を受けた地域における避難率

災 害 名	発災年	避難率 (%)
長崎豪雨 ⁴⁸⁾	1982 年	13
東海豪雨 ⁴⁹⁾	2000 年	44
台風 9 号・北上川 ⁵⁰⁾	2002 年	32
新潟・福井豪雨 ⁵¹⁾	2004 年	19（見附市） 23（三条市） 36（中之島町）
台風 23 号豊岡水害 ⁵²⁾	2004 年	33
カトリーナ災害（ニューオリンズ市） ⁵³⁾	2005 年	約 80

(1.4) 最大孤立者数

氾濫とともに刻々とで変化する孤立者数の最大数を推計する。

【推計手法】

最大孤立者数

$$= \text{MAX} \{ (\text{避難困難な浸水となる区域の人口}) \times (1 - (\text{避難率})) \}$$

【考え方】

氾濫による孤立者数を時系列に算出し、その最大値を抽出する。避難率については、『(1.3) 死者数』と同様に 0%、40%、80% の 3 パターンで設定する。

なお、避難困難となる浸水深については、下記を踏まえ 50cm 以上と設定する。

<浸水深と避難困難となる水位との関係>⁵⁴⁾

以下に記載した過去の水害時の状況等を踏まえて、避難困難となる浸水深を 50cm と設定する。

- ・大人でも浸水深が 50cm を超えると避難が困難になると言われている⁵⁵⁾。
- ・東海豪雨水害時にゴムボートなどで救出されて避難した時の浸水深は、膝の高さ以上であった⁵⁶⁾。
- ・伊勢湾台風の際に避難した人のアンケート結果では、浸水深が大人の男性で 70cm 以下、女性で 50cm 以下の場合に避難可能であった⁵⁷⁾。
- ・米国陸軍工兵隊が採用した人的被害シミュレーションモデルでは、避難が困難になる浸水深を約 60cm としている⁵⁸⁾。
- ・成年男子の場合、水深が膝程度 (40～50cm 程度) のときには、流速がある程度あったとしても安定して歩くことができる。

(1.5) 3 日以上孤立者数

3 日以上避難が困難な浸水深となり孤立する人口を推計する。

【推計手法】

3 日以上孤立者数

$$= (\text{避難困難な浸水が 3 日以上継続する区域の人口}) \times (1 - (\text{避難率}))$$

【考え方】

大規模な水害が発生すると、広域にわたり上下水道、電気、ガス等のライフラインの機能が停止するおそれがある。その結果、飲料水が欠乏し、冷蔵庫に保存している生鮮食料品や冷凍食品等も数日で利用できなくなる。各家庭における飲料水や食料等の備蓄は、3 日分以内の家庭が多いものと推察され、3 日以上孤立すると飲料水や食料等が不足し、健康障害の発生や最悪の場合は生命の危機が生ずるおそれがある。

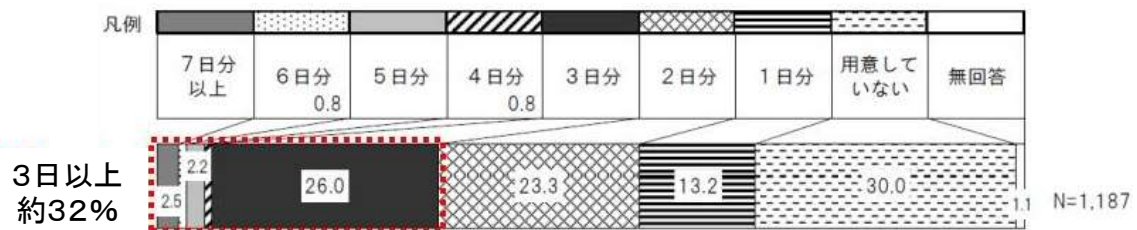
以上のことから、避難が困難となる浸水深が 3 日以上継続する区域における人口を推計する。

避難率については、『(1.3) 死者数』と同様に 0%、40%、80%の 3 パターンで設定する。避難が困難となる浸水深は、徒歩による移動が困難となる浸水深である 50cm 以上として設定する。

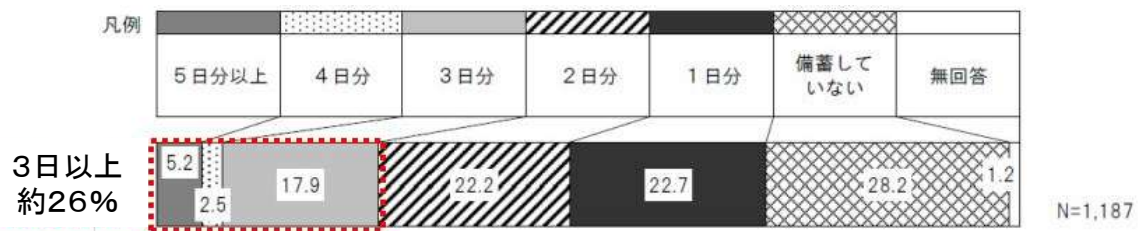
<災害に備えた飲料水や食料の備蓄量>

- ・ 静岡県調査では、各家庭の備蓄量の平均は約 2 日分で、3 日分以内の家庭が約 9 割を占める。
- ・ 首都直下地震対策大綱では、地震に備えた各家庭における備蓄量として最低限 3 日分の食料・飲料水等の備蓄等の自助の必要性について記載している。

Q あなたのお宅では、非常持ち出し用を含めて家族の何日分の食料を用意していますか。



Q あなたのお宅では、何日分の飲料水を備蓄していますか。
ご家族ひとり1日あたり3リットルで計算してください。



平成19年度東海地震についての県民意識調査(平成19年8月、静岡県総務部防災局防災情報室)

Q あなたは、大地震に備えて飲料水や食料はどのくらい備蓄していますか。



平成20年度第37回県政に関する世論調査(平成21年3月、千葉県総合企画部報道広報課広報室)

(1.6) 10年あたり避難回数

避難が必要となる水位まで到達する洪水が10年間に発生する回数を推計する。

【推計手法】

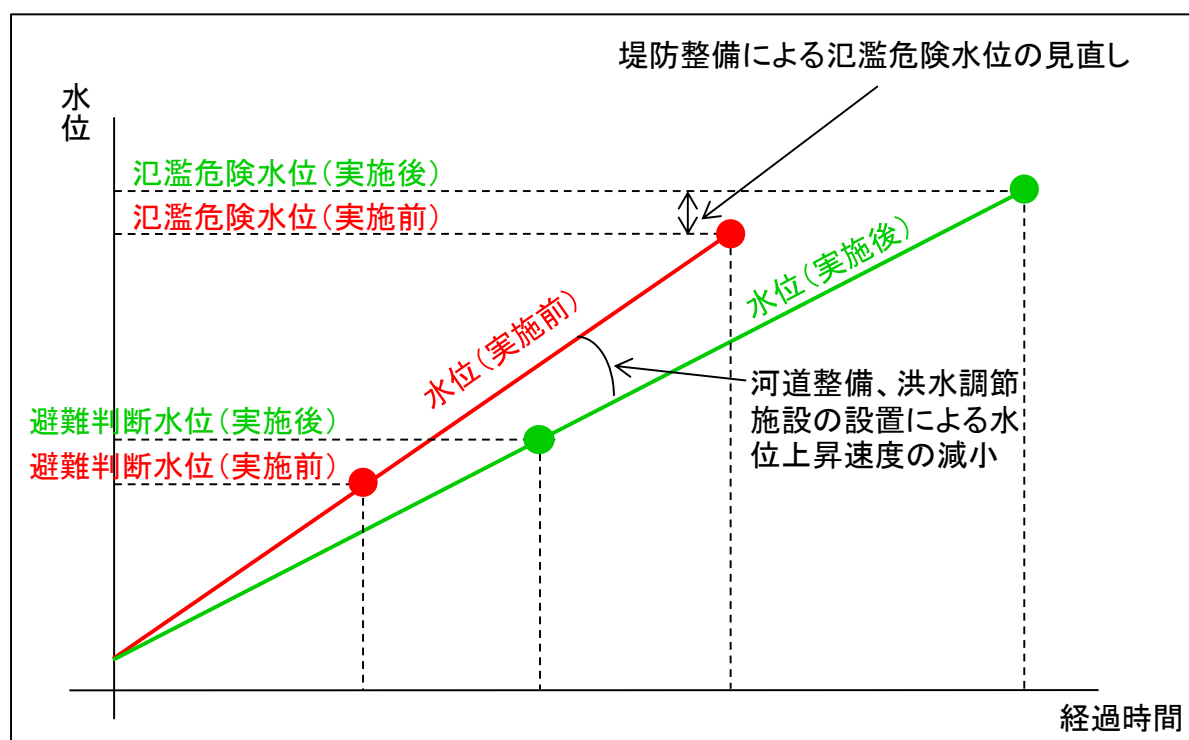
10年あたりの避難回数

= (10年間に避難判断水位に到達する回数)

【考え方】

避難勧告の発令の目安とされる「避難判断水位」は、氾濫のおそれのある水位である「氾濫危険水位」を基に、避難行動や情報伝達に要する時間に上昇すると見込まれる水位分を考慮して設定される。具体的には洪水の波形、特に洪水初期における水位上昇速度や、避難場所までの距離、情報伝達にかかる時間等に基づき、各河川の「避難判断水位」が設定されていることを踏まえ、以下の考え方により『10年あたり避難回数』を推計する。

堤防整備等により「氾濫危険水位」を現状よりも高く設定することが可能になると、それに伴って「避難判断水位」を高くすることが可能となる。また、河道整備や洪水調節施設の設置等により水位上昇が緩やかになる場合には、「氾濫危険水位」の変化にかかわらず「避難判断水位」を高く設定することができる。このように事業の実施に伴って「避難判断水位」を現状よりも高く設定すると、「避難判断水位」への到達頻度が減少することが期待できる。



このような考え方にに基づき、事業実施後の「避難判断水位」を設定し、事業実施後の治水施設においてシミュレーションを実施することにより、10年間に避難判断水位以上に達する回数を算出する。「避難判断水位」が複数地点において設けられている河川においては、各地点の回数を平均する等、その河川特性に応じて推計する。

なお、「10年間」としたのは、避難判断水位の設定にあたっては、一般的に過去10年間程度の水位上昇を参考にしているためであり⁵⁹⁾、河川特性を踏まえ適宜10年以外の期間に設定することも考えられる。

(1.7) 10年あたり総避難者数

10年あたり避難回数に避難対象者を乗じた指標を推計する。

【推計手法】

10年あたり総避難者数

$$= \Sigma (10 \text{ 年あたり避難回数}) \times (\text{当該氾濫ブロックの避難対象者数})$$

※「当該氾濫ブロックの避難対象者数」は当該氾濫ブロックにおける『(1.1) 浸水区域内人口』とする。

【考え方】

10年あたり避難回数に避難対象者数を乗じたものとするこで、治水事業の実施による浸水区域の減少に伴う避難対象者の減少数を推計する。「避難判断水位」を設定している地点毎に避難判断水位到達回数が異なるため、氾濫ブロック毎に総避難者数を算出し、その総和を用いる。

(1.8) 避難等に充てることができる時間

避難情報の伝達や避難行動に充てることができる時間を推計する。

【推計手法】

避難等に充てることができる時間

$$= (\text{氾濫危険水位に到達する時刻}) - (\text{避難判断水位に到達する時刻})$$

【考え方】

避難勧告の発令の目安となる「避難判断水位」に到達する時刻から、破堤するおそれが高い「氾濫危険水位」までの時刻までの間が、実質的に避難行動や避難情報の伝達に充てることができる時間となる。

治水事業の実施により「氾濫危険水位」を見直すこととなっても、河川や流域の特性から「避難判断水位」を見直さない場合がある。このような河川においては、『(1.6) 10年あたり避難回数』の指標では避難に関する効果を適切に評価できないため、『避難等に充てることができる時間』という指標を設ける。

なお、災害時要援護者については「避難判断水位」に到達する前から、避難を始めることが期待されているが、本手引きでは簡略化のために「避難判断水位」を目安にしている。

2. 医療・福祉施設等の被害

(2.1) 機能停止する医療施設

浸水により機能が停止する医療施設を記述する。

【推計手法】

機能が停止する医療施設を抽出し、記述する。

【考え方】

災害発生時に医療施設が浸水すると、必要な医療体制が確保できなくなる。地域の拠点となる医療施設が機能停止すると特に影響は大きくなると考えられ、そのような医療施設としては、災害拠点病院、高度救命救急センター、救命救急センター、救急指定病院が挙げられる。また、地域に一つしか医療施設がない等、地域の医療状況によっては、これらに該当しなくとも地域の拠点となる医療施設として重要となる。これらの医療施設のうち、浸水により機能停止する施設を記述する。

なお、浸水深 50cm 以上で、徒歩による移動が困難となり、医療施設への人的・物的なアクセスが困難となることを踏まえ、医療施設が機能停止となる浸水深は 50cm 以上と設定することを基本とする。ただし、医療施設の浸水深が浅くても、ライフラインの機能が停止することで医療機能に支障が生じる場合もあることに留意が必要である。

< 浸水深と医療施設の機能支障との関係 >

30 [cm] : 自動車が行き来困難

50 [cm] : 徒歩による移動困難、床上浸水

70 [cm] : コンセントに浸水し停電（医療用電子機器等の使用困難）

※参照データ

病院の位置情報は、国土数値情報ダウンロードサービス⁶⁰⁾「公共施設」、災害拠点病院データベース⁶¹⁾、日本救急医学会 HP 全国救命救急センター一覧⁶²⁾、自治体 HP 等で提供されている医療機関情報より取得する。

(2.2) 医療施設の機能停止により影響を受ける入院患者数

浸水により機能が停止する医療施設の入院患者数を推計する。

【推計手法】

$$\text{入院患者数} = U \times [(B_h \times N_h) + (B_c \times N_c)]$$

U : 病床利用率

B_h : 当該二次医療圏の1病院あたり病床数

N_h : 浸水により機能が停止する病院数

B_c : 当該二次医療圏の1診療所あたり病床数

N_c : 浸水により機能が停止する診療所数

【考え方】

浸水する病院を抽出し、病床数、病床利用率を用いて、浸水した医療施設の機能停止により影響を受ける入院患者数を推計する。

なお、医療施設が機能停止となる浸水深は、徒歩による移動が困難となる50cmと設定することを基本とする。ただし、医療施設の浸水深が浅くても、ライフラインの機能が停止することにより、医療機能に支障が生じる場合もあることに留意が必要である。(2.1と同様)

※参照データ

「病床利用率」、「当該二次医療圏の1病院あたり病床数」、「当該二次医療圏の1診療所あたり病床数」、については、厚生労働省「地域保健医療基礎統計」の「都道府県・二次医療圏別にみた医療施設数」⁶³⁾を利用する。二次医療圏を用いるのは厚生労働省における地域別の統計データのなかで最も詳細に区分されているためである。都道府県によって市町村別データが整備されていたり、病院別のデータが利用できる場合もあるため、自治体等に確認した上で利用するデータを選定する。

(2.3) 医療施設の機能停止により影響を受ける人工透析患者数

医療施設の機能停止により人工透析を受けることができなくなる患者数を推計する。

【推計手法】

$$\text{人工透析患者数} = D_h \times N_h + D_c \times N_c$$

D_h : 当該都道府県の1病院あたり透析患者数

N_h : 浸水により機能が停止する病院数

D_c : 当該都道府県の1診療所あたり透析患者数

N_c : 浸水により機能が停止する診療所数

【考え方】

定期的な治療が必要なため医療施設が浸水により被災した場合に影響が大きい疾病者（通院・入院含む）の代表指標として、統計データがあり、全国に約30万人⁶⁴⁾の患者が存在する人工透析患者への影響を推計する。

なお、医療施設が機能停止となる浸水深は、徒歩による移動が困難となる50cmとして設定することを基本とする。ただし、医療施設の浸水深が浅くても、ライフラインの機能が停止することにより、医療機能に支障が生じる場合もあることに留意が必要である。（2.1と同様）

※参照データ

「1病院あたりの透析患者数」、「1診療所あたりの透析患者数」は、厚生労働省「地域保健医療基礎統計」の「人工透析を実施した医療施設数・実施件数の年次推移，病院—一般診療所・都道府県別」⁶⁵⁾における「年間実施件数」を130回（1人が1年あたりに実施する透析回数）⁶⁶⁾で除して、算出する。

(2.4) 避難が必要となる水深まで浸水する社会福祉施設等

浸水により避難が必要となる社会福祉施設等を記述する。

【推計手法】

避難が必要となる水深まで浸水する社会福祉施設を抽出し、記述する。

【考え方】

自律的移動が困難、または危険性の認識が困難なことを要因として、避難において特別な配慮（事前避難等）を要する災害時要援護者が、集団で入居している施設を対象とする。対象とする施設のうち、浸水によって避難が困難となる社会福祉施設等を抽出し、記述する。

なお、社会福祉施設等が浸水することにより避難が必要となる浸水深は、徒歩による移動が困難となる 50cm 以上として設定する。ただし、社会福祉施設等の浸水深が浅くても、ライフラインの機能が停止することにより、避難が必要となる場合もあることに留意が必要である。（2.1 と同様）

<対象とする社会福祉施設等>

避難において特別な配慮が必要である高齢者、障害者、乳幼児が集団で入居、通園している社会福祉施設等を対象とする。具体的には、老人福祉施設、身体障害者施設、知的障害者更生施設、保育園、幼稚園を対象とする。

※参照データ

施設の位置情報は、河川現況調査、国土数値情報ダウンロードサービス⁶⁷⁾「公共施設」等より取得する。

(2.5) 避難が必要となる水深まで浸水する社会福祉施設等の入居者数等

浸水により避難が必要となる社会福祉施設等に入居している人数、保育園及び幼稚園に通園している園児数を推計する。

【推計手法】

避難が必要となる水深まで浸水する社会福祉施設等の入居者数等 $= \sum P$

P : 浸水して避難が必要となる社会福祉施設の入居者数、保育園、幼稚園の園児数

【考え方】

浸水する社会福祉施設等の入居者数を推計する。対象とする社会福祉施設等は『(2.4) 避難が必要となる社会福祉施設等』と同じとし、避難が困難となる浸水深は、徒歩による移動が困難となる 50cm 以上として設定する。ただし、社会福祉施設等の浸水深が浅くても、ライフラインの機能が停止することにより、避難が必要となる場合もあることに留意が必要である。(2.1 と同様)

<対象とする社会福祉施設等>

避難において特別な配慮が必要である高齢者、障害者、乳幼児が集団で入居、通園している社会福祉施設等を対象とする。具体的には、老人福祉施設、身体障害者施設、知的障害者更生施設に入居者数と、保育園、幼稚園の園児数を対象とする。

※参照データ

社会福祉施設の入居者数は、自治体等に問い合わせることで把握する。

3. 防災拠点施設の被害

(3.1) 機能停止する主要な防災拠点施設

浸水により機能が停止する市区町村役場、警察、消防等の防災拠点施設を記述する。

【推計手法】

機能が停止する市区町村役場、警察署、消防署、及びそれらの出先事務所等を抽出し、記述する。

【考え方】

市区町村役場、警察、消防等の防災拠点施設は、水害時の水防活動や避難誘導、救助・救命をはじめとする応急活動を担うほか、被災後の復旧・復興活動においても重要な機能を担う。これらの防災拠点施設の機能が停止すると、災害対応業務に著しく支障が生じるおそれがある。

行政機能が停止する浸水深は、徒歩による移動が困難となる 50cm 以上として設定する。(2.1 と同様)

※参照データ

施設の位置情報は河川現況調査等より取得する。

4. 交通途絶による波及被害

(a) 道路

(4.1) 途絶する主要な道路

浸水により途絶する道路を記述する。

【推計手法】

- ・通行に支障をきたす浸水深となる区域を通過する主要な道路の路線名、区間を記述する。
- ・有料道路等については、浸水により利用できなくなるインターチェンジ名を記述する。インターチェンジが利用停止に伴い、通行できなくなる有料道路等の区間が発生する場合には、それも記述する。

【考え方】

道路が途絶することによる影響は、市街地における面的な交通機能喪失や、幹線道路途絶による広域的な影響、地域間の重要な連絡道の被災等、地域の道路事情や氾濫特性により様々である。浸水する路線のうち地域にとっての重要性を勘案し、道路の抽出を行う。

なお、自動車の通行に支障が生じる浸水深は以下を踏まえ、30cm 以上として設定する。

<浸水深と自動車通行との関係>

- 10 [cm] : 乗用車のブレーキの効きが悪くなる⁶⁸⁾
- 20 [cm] : 道路管理者によるアンダーパス等の通行止め基準⁶⁹⁾
- 30 [cm] : 自治体のバス運行停止基準⁷⁰⁾
乗用車の排気管やトランスミッション等が浸水⁷¹⁾
- 60 [cm] : J A F の実験でセダン、S U V とともに走行不可⁷²⁾

※参照データ

道路の位置情報は国土地理院数値地図⁷³⁾等より取得する。

(4.2) 道路途絶により影響を受ける通行台数

途絶道路の通行台数の総和を推計する。

【推計手法】

道路途絶により影響を受ける通行台数

$$= \Sigma \{ (\text{途絶道路区間の平日 24 時間交通量(台数)}) \}$$

【考え方】

途絶道路の平日 24 時間交通量（台数）の総和を推計する。交通量データは道路交通センサス⁷⁴⁾等より取得する。

(4.3) 道路途絶により増加する走行時間等

途絶した道路を迂回することによる走行時間の増加、及びそれに伴う経済的な損失を推計する。

【推計手法】

$$\text{増加する走行時間} = \Sigma ((\text{迂回経路による走行時間}) - (\text{被災前経路の走行時間}))$$

簡易手法：道路途絶により移動できなくなった経路の代替路として、主要な交通経路を対象に迂回経路を仮定する。迂回経路毎に道路交通センサス（交通量、旅行速度）等を用いて、交通量から走行時間の差分を求め、迂回による走行時間増加の総和を推計する。迂回による走行時間増加の総和（台・分）に時間価値原単位（円/台・分）を乗じて貨幣換算することもできる。（迂回交通量が迂回先ルートの特容交通量を上回らない、すなわち渋滞が発生しない場合のみ適用可能である）

標準手法：道路事業の事業評価に用いられる「費用便益分析マニュアル」⁷⁵⁾に示されている交通量配分の手法を適用し、複数の迂回ルートに対し、日平均交通量データを用いて、各迂回ルートの交通量を求める。迂回経路毎に交通量（速度）から走行時間の差分を求め、迂回による（日平均）走行時間増加の総和を推計する。迂回による走行時間増加の総和（台・分）に時間価値原単位（円/台・分）を乗じて貨幣換算することもできる。

【考え方】

途絶する区間を抽出し、迂回経路を求め、それにより増加する走行時間増加の総和を推計する。迂回による走行時間増加の総和（台・分）に時間価値原単位（円/台・分）を乗じて貨幣換算することもできる。

氾濫後に刻々と変化する浸水深によって、利用不可能となる道路が変化することに留意が必要である。

なお、走行時間増加の総和を求めるのではなく、地域を代表する発着点を設定し、その間の走行時間の増加を記述することも考えられる。

ここに掲げた手法以外にも既往の文献においては、迂回により走行時間が増大することに伴う移動とり止めの経済損失を加算する等の推計手法も試みられている

^{76), 77), 78)}。

(b) 鉄道

(4.4) 途絶する主要な鉄道

浸水により途絶する鉄道を記述する。

【推計手法】

- ・ 運行に支障をきたす浸水深となる区域に存在する鉄道の路線名を記述する。
- ・ 連続的な高架または盛土構造である場合には、その高さに留意する。

【考え方】

途絶する鉄道の路線名を記載する。路線のなかで1箇所でも運行に支障をきたす浸水深に達していれば、影響を受けると考えられる区間の運行が停止するものとする。浸水する当該路線の事業者ヒアリングすることで、影響を受ける運行区間を設定する。高架構造や盛土が連続する区間は浸水による影響を受けないため、留意する。

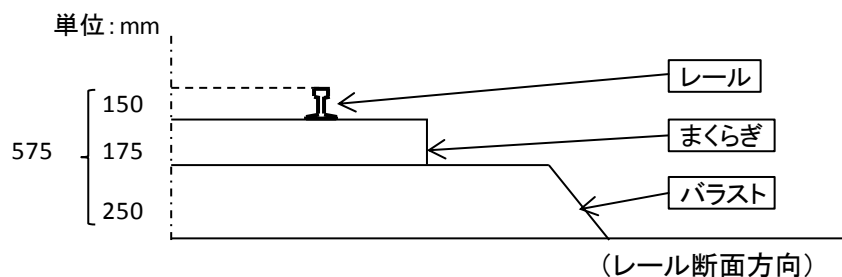
鉄道事業者からのヒアリングを踏まえ、鉄道の運行に支障が生じる浸水深は 60cm 以上として設定する。

<浸水深と鉄道の運行との関係>

鉄道事業者からのヒアリングによると、以下のとおりである。

0 [cm] : 土砂を含む水の浸水によりポイント設備が故障するおそれ

60 [cm] : 鉄道レールが冠水する浸水深



鉄道軌道断面図

(大塚他⁸⁸⁾を基に水管理・国土保全局が作成)

(4.5) 鉄道途絶により影響を受ける利用者数

途絶鉄道の利用者数の総和を推計する。

【推計手法】

$$\begin{aligned} & \text{鉄道途絶により影響を受ける利用者数} \\ & = \Sigma (\text{途絶する鉄道路線の1日利用者数}) \end{aligned}$$

※地下鉄への浸水による影響は、『(7.1) 浸水する地下鉄路線』、『(7.2) 地下鉄の浸水により影響を受ける利用者数』で整理している。

【考え方】

浸水する路線毎に、鉄道途絶により影響を受ける利用者数を推計する。「浸水する鉄道路線の1日利用者数」は大都市交通センサスを活用する⁷⁹⁾。センサスデータが活用できない地域については、鉄道事業者にヒアリングして設定する。

5. ライフラインの機能停止による波及被害

(5.1) 電力の機能停止による影響人口

浸水により停電が発生する住宅等の居住者数を推計する。

【推計手法】

① 浸水深 70～100cm

$$\text{影響人口} = \sum P \times (\alpha + (1 - \alpha) \times 1 / f)$$

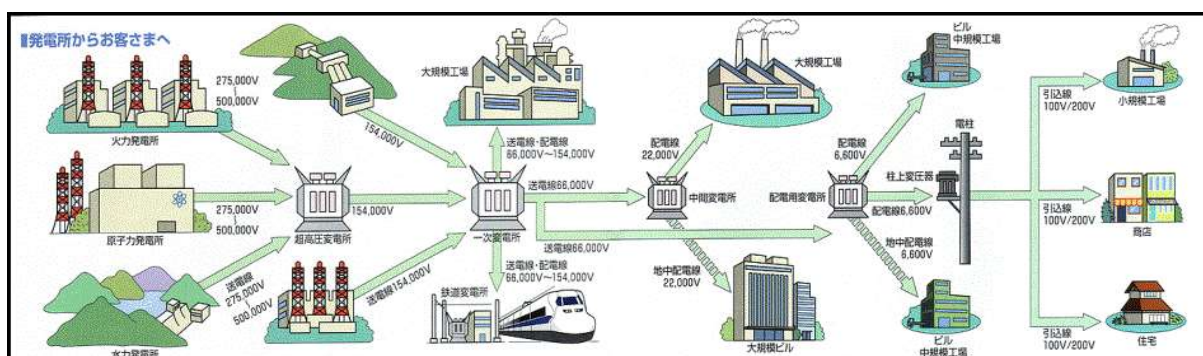
② 浸水深 100cm 以上

$$\text{影響人口} = \sum P \times \{ \alpha + (1 - \alpha) \times (1 / f + (1 - 1 / f) \times \beta) \}$$

P：メッシュ内人口（当該浸水深）、 α ：全住宅に対する戸建て住宅・長屋の割合、

f：集合住宅等の平均階数、

β ：浸水深 100cm 以上で棟全体が停電となる集合住宅等の割合



中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調査会」第4回資料2より

【考え方】

電力が利用できなくなる要因としては、発電所や変電所等の供給側施設の浸水によるものと、住宅やビル等の需要側施設の浸水によるものとが考えられる。

需要者側施設（コンセント、受変電設備）及び需要側に最も近い供給側施設である路上開閉器（地中線で配電する場合に路上等に設置され、電流の「入」「切」を制御する設備）は、比較的低い浸水深（70cm）から機能停止し始めるため、本手引きにおいてはこれらの施設が浸水により機能停止することを停電の原因として推計する。

一方、供給側施設については、例えば発電所から変電所までの送電網等は仮に1カ所の施設が停止しても周囲の送電系等からバックアップが可能であること等から、供給側施設が機能停止した場合の影響範囲の設定には、システム全体の把握が必要になる等の労力を要するのに加え、計算にあたり複数の条件設定が必要になるので、本手引きでは推計対象としていない。

電力事業者からのヒアリングによると、家屋のコンセントが浸水した場合には、漏電ブレーカが動作し、家屋全体が停電することがわかった。また、受変電設備、路上

開閉器といった配電系統が浸水した場合には、変電所の保護リレーが動作し、一時的にその配電系統から供給されているエリアが停電するものの、遠隔操作もしくは現地作業による切り替え等により、停電範囲は浸水区域程度に限定されることがわかった。

これを踏まえ、浸水による停電範囲は浸水区域に計算メッシュを超えることはないと考え、メッシュ毎に浸水深と停電との関係を設定する。

①浸水深 70～100cm

70cm でコンセント（床高 50cm+コンセント設置高 20cm）に浸水し、屋内配線が停電するため、以下のとおり設定する。

- ・戸建て住宅等は使用不能となる。
- ・集合住宅等の 1 階は使用不能となる。



床から 20cm に差込口がある
コンセントとモジュージャック

<コンセントが浸水深 70cm で浸水するとした考え方>

床高 50cm については『(1.3) 死者数』で設定したとおりである。電気事業者からのヒアリングによると、コンセントの高さは床から 20cm 程度が標準的であると考えられ、コンセントに浸水した場合、家屋の漏電遮断器（漏電ブレーカ）が動作し、当該住宅は停電することになる。以上より、70cm 以上の浸水深で各住宅において電力が使用できなくなると設定した。

②浸水深 100cm 以上

①に加え、100cm 以上の浸水により、地上に設置された受変電設備（6, 600V 等の高圧で受電した電気を使用に適した電圧まで降下させる設備）及び地中線と接続された路上開閉器が浸水するため、集合住宅等の棟全体が停電する場合がある。集合住宅等のうち、棟全体が停電となる割合は次のとおりである。

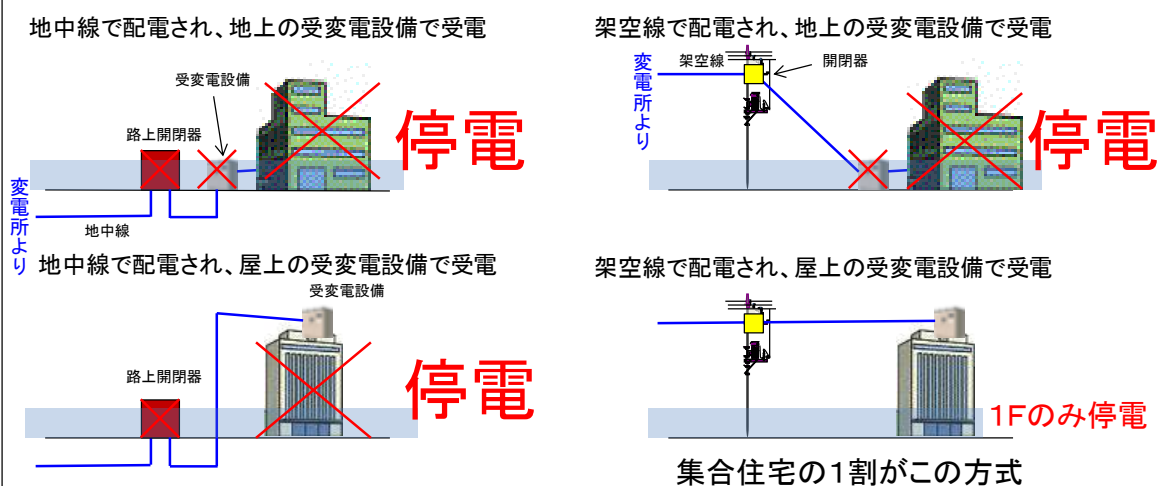


受変電設備



路上開閉器

②浸水深100cm以上の場合



< 浸水深 100cm 以上で棟全体が停電となる集合住宅等の割合 β （9 割）の考え方 >

集合住宅等においては、1 階にある世帯のコンセントに浸水したとしても、家屋の漏電遮断器（漏電ブレーカ）は世帯毎に設置されているため、他の階の世帯には影響を及ぼさない。一方、集合住宅等には棟毎に受変電設備を有しており、地上または屋上に設置されている。地上に設置されている受変電設備については、電力事業者からのヒアリングによると、概ね 100cm 程度の浸水深で機能停止し、棟全体が停電するため、浸水深が 100cm 以上で集合住宅等の電力が利用できなくなると設定した。

また、変電所から集合住宅等への配電形態は架空線による場合と、地中線による場合があり、地中線により配電されている場合は地上に路上開閉器が設置されている。電力事業者からのヒアリングにより、路上開閉器は 100cm 程度の浸水深で機能停止すると考えられるため、地中線により配電されている集合住宅等は浸水深が 100cm 以上

で電力が利用できなくなると設定した。

以上により、受変電設備の設置場所（地上または屋上）、配電形態（架空線または地中線）の組み合わせ 4 通りのうち「受変電設備が屋上に設置され」、かつ「架空線から配電される」場合のみ、浸水深が 100cm 以上であっても、2 階以上の世帯は浸水の影響を受けずに電力を使用できることとなる。

電力事業者からのヒアリングによると、集合住宅等の受変電設備が屋上に設置されている割合は、「大都市部」で約 3 割、「その他地域」で約 1 割である（「大都市部」：埼玉県浦和地区、「その他地域」：栃木県黒磯地区を代表的事例とした電力事業者による調査）。配電形態については、現時点では詳細なデータが存在しないが、地中線の配電形態をとるのは大都市部の中心地域が大部分を占めることが、電力事業者からのヒアリングにより確認できた。そこで、「その他地域」では全て架空線で配電されており、「大都市部」においては 2/3 程度が地中線で配電されていると仮定した。この仮定により、浸水深 100cm 以上であっても 2 階以上の世帯が浸水の影響を受けない集合住宅の割合は、「大都市部」、「その他地域」とともに約 1 割となる。すなわち停電割合 β は 9 割となり、簡便に計算することができる。

※参照データ

α 、 f は「住宅・土地統計調査」⁸⁰⁾ の「第 5 表 住宅の建て方(4 区分)，構造(5 区分)，階数(9 区分)，建築の時期(13 区分)別住宅数—全国」を用いるものとするが、市町村等の資料があれば、それを活用することも考えられる。

(5.2) ガスの機能停止による影響人口

浸水によりガスが使用不能となる住宅等の居住者数を推計する。

【推計手法】

A) 都市ガス

①浸水深 100～200cm

$$\text{影響人口} = \Sigma P \times (\alpha + (1 - \alpha) \times 1 / f)$$

②浸水深 200cm 以上

$$\text{影響人口} = \Sigma P$$

B) LP ガス

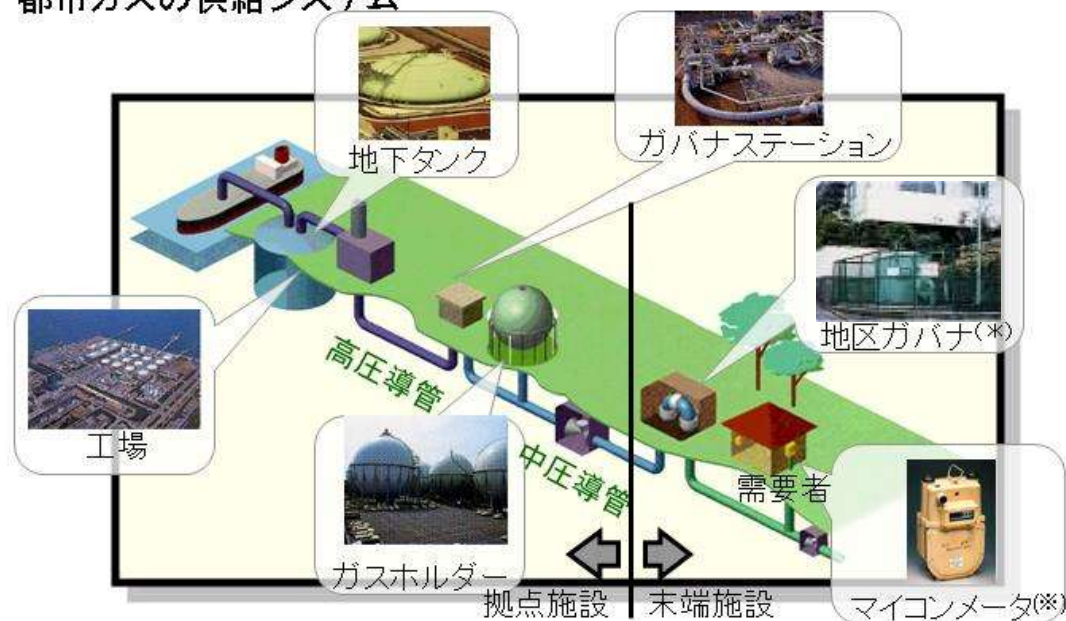
③浸水深 140cm 以上

$$\text{影響人口} = \Sigma P$$

P : メッシュ内人口 (当該浸水深)、 α : 全住宅に対する戸建て住宅・長屋の割合、

f : 集合住宅等の平均階数

都市ガスの供給システム



中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調査会」第4回資料3より

【考え方】

都市ガス事業者からのヒアリングによると、都市ガスの供給施設のうちタンクや地下の導管等は水密構造となっていることに加え、ガスそのものの圧力で送る仕組みのため、浸水や停電の影響を受けにくい。そのため、施設の中でも浸水による影響を受けやすい「地区ガバナ」(需要者へ送るガスの圧力を調整する設備)、及び「マイコンメータ」(ガス使用量を計測するとともに、ガス漏れ、地震発生時などの緊急時に

自動的に供給を遮断する安全装置を備えたガスメータ)に着目し、推計することとする。

地区ガバナは1基あたり2,000～3,000戸をカバーしているが、個々の位置とカバーエリアを把握することには多大な労力を要するため、地区ガバナは計算メッシュ毎に存在し、そのカバーエリアも計算メッシュと同一であると仮定し、計算メッシュ毎に地区ガバナの浸水による影響人口を算出することとする。

マイコンメータの浸水による影響については、メッシュ毎の住宅等の戸建て・集合住宅の違い、階数より影響人口を算出する。

A) 都市ガス

①浸水深 100～200cm

都市ガス事業者からのヒアリングによると、100cm程度でマイコンメータが浸水し、ガスの使用ができなくなることがわかったため、以下のとおり設定する。

- ・戸建て住宅等は使用不能となる。
- ・集合住宅等については1階が使用不能となる。



都市ガスのマイコンメータ

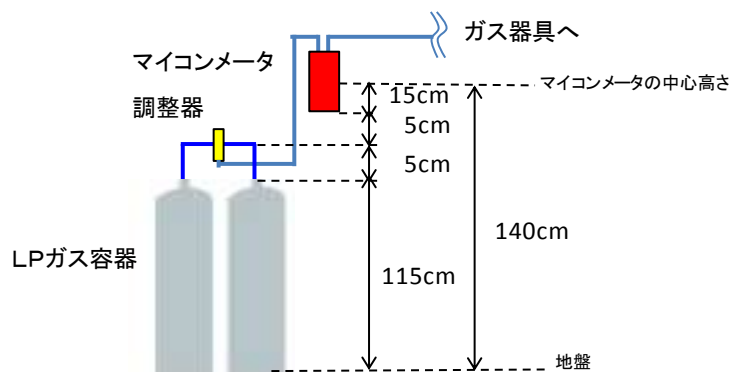
②浸水深 200cm 以上

地区ガバナは大気圧をもとにガス圧を調整する施設である。都市ガス事業者からのヒアリングによると、浸水深 200cm程度で大気圧を検知する機能に支障をきたし始め、適切な圧力で安全にガスを供給することができなくなることがわかったため、戸建て、集合住宅ともに使用不能となるものとする。

B) LP ガス

③浸水深 140cm 以上

LP ガスのマイコンメータは 140cm 前後の高さに設置されていると考えられるため、地上に設置されたマイコンメータが浸水し、戸建て、集合住宅ともに使用不能となるものとする。



液化石油ガス設備工事施工管理マニュアル（設備工事管理者編）⁸¹⁾
を基に水管理・国土保全局が作成

※参照データ

α 、 f は「住宅・土地統計調査」⁸²⁾ の「第 5 表 住宅の建て方(4 区分)，構造(5 区分)，階数(9 区分)，建築の時期(13 区分)別住宅数—全国」を用いるものとするが、市町村等の資料があれば、それを活用することも考えられる。

(5.3) 上水道の機能停止による影響人口

浸水により上水道が使用不能となる住宅等の居住者数を推計する。

【推計手法】

次の①と②をそれぞれ計算メッシュ毎に算出し、重複のないように合計する。

①浄水場が機能停止する場合

影響人口 = (浸水により機能停止する浄水場の給水区域内人口)

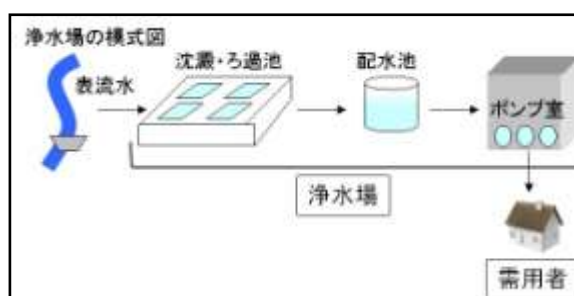
②浄水場が機能停止しない場合

影響人口 = $\Sigma P \times (1 - \alpha) \times g \times \beta$

P : メッシュ内人口 (浸水深 100cm 以上)、 α : 全住宅に対する戸建て住宅・長屋の割合、

g : 全人口に対する 3 階以上の集合住宅等に入居している人口の割合、

β : 浸水深 100cm 以上で棟全体が停電となる集合住宅等の割合



「東京の水道」(東京都) より

【考え方】

上水道が機能停止する要因として、

①浸水により浄水場の揚水ポンプ等が故障し、上水機能が停止する場合

②停電によって集合住宅等の揚水ポンプ停止により使用不能となる場合

の 2 通りが考えられる。

①と②の双方の影響を受ける住宅等も存在することから、①浄水場が機能停止する場合には給水人口を、②集合住宅等の停電については居住人口を、それぞれ影響人口として計算メッシュ毎に算出し、重複なく合計することが必要である。機能停止する

浄水場の給水範囲を計算メッシュに反映する作業にあたっては、施設管理者へのヒアリングを実施する。

浄水場が機能停止に至る浸水深は、浸水対策の有無によって大きく異なるため、個々の浄水場について各浄水場の管理者にヒアリングを実施して設定する。

なお、供給側施設の一つである給水所のポンプが浸水し機能停止することで、上水道の供給が困難になる場合もある。しかし、給水所の機能停止については、浄水場のポンプ圧力等で直接送水するなどの応急的な対応が可能であり、影響区域を特定することに多大な労力を要するため、本手引きでは推計対象としていない。

①浄水場が機能停止する場合

浄水場が機能停止する浸水深については、各浄水場の管理者へのヒアリングを実施して、施設の地盤高や浸水対策の有無を確認し設定する。浸水対策を実施していないことが確認された場合には、建物入口のドアや路面上の換気口等からの氾濫水の浸入により、一般的に浄水場内で最も低い場所に設置されていることが多い揚水ポンプ及びその関連施設が機能停止すると考え、水管理・国土保全局が水道事業者からヒアリングした結果を基に 20cm 以上の浸水深で機能停止すると設定する。ただし、自然流下方式の浄水場の場合は、揚水ポンプが存在しないため、他の施設が機能停止する浸水深を設定する。

機能停止する浄水場の給水区域と機能停止しない浄水場の給水区域に重複がある場合は、各浄水場の給水能力を基に当該メッシュの人口を按分し、影響人口を推計するものとする。

②浄水場が機能停止しない場合

3 階以上の集合住宅等においては上階に水を供給するために電動の揚水ポンプが設置されていることが多いことから、浄水場が機能停止しない場合であっても、停電で各棟の揚水ポンプが停止することにより上水道が使えなくなる場合がある。そこで、『(5.1) 電力の機能停止による影響人口』で設定したように、100cm 以上浸水となった区域の集合住宅等については、9 割が停電となり上水道が使用不能になると考える。

※参照データ

α 、 g は「住宅・土地統計調査」⁸³⁾の「第5表 住宅の建て方(4区分)、構造(5区分)、階数(9区分)、建築の時期(13区分)別住宅数—全国」を用いるものとし、 g については階別の住宅戸数割合をもって、階別の人口割合と見なす。なお、市町村等の資料があれば、それを活用することも考えられる。 β は前述のとおり9割とする。浄水場の位置情報は国土数値情報ダウンロードサービス「公共施設」より取得可能である。

(5.4) 下水道の機能停止による影響人口

浸水により排水が不可能となる下水処理場、中継ポンプ場の集水区域内に居住する人口を推計する。

【推計手法】

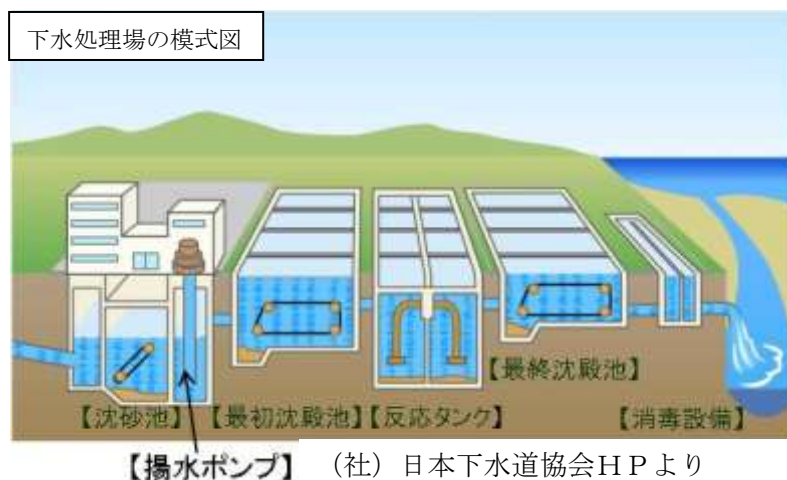
次の①と②をそれぞれ計算メッシュ毎に算出し、重複のないように合計する。

①下水処理場が機能停止する場合

影響人口 ＝（排水が不可能となる下水処理場の集水区域内人口）

②中継ポンプ場が機能停止する場合

影響人口 ＝（排水が不可能となる中継ポンプ場の集水区域内人口）



【考え方】

下水処理場が浸水した場合には様々な施設が機能低下することが考えられるが、下水事業者からのヒアリングによると、最終的に河川等に排水するための排水ポンプ、または施設内の揚水ポンプ以外の機能については、薬剤投入による簡易消毒等により応急的な対応は可能であるため、ポンプ等の機能停止をもって下水処理場の機能停止とする。

下水処理場が機能停止しない場合であっても、中継ポンプ場が浸水して機能停止した場合には、その中継ポンプ場が受け持つ集水区域内では下水道が使用できなくなるため、下水処理場と中継ポンプ場の双方について機能停止するか否かを確認する。

したがって、下水道が機能停止する要因として、

①浸水により下水処理場のポンプ等が故障し、機能停止する場合

②浸水により中継ポンプ場が機能停止する場合

の2通りが考えられる。

①と②の双方の影響を受ける住宅等も存在することから、①下水処理場、②中継ポンプ場、それぞれの機能停止による影響人口を計算メッシュ毎に算出し、重複なく合計することが必要である。機能停止する下水処理場、中継ポンプ場の集水範囲を計算メッシュに反映する作業にあたっては、施設管理者へのヒアリングを実施する。

下水処理場等については施設が低地にある場合が多く、近年の浸水被害を踏まえて浸水対策が施されていることも多いため、各施設の管理者に必ずヒアリングを実施し、施設の地盤高や浸水対策の有無を確認した上で、機能停止となる浸水深を設定する。浸水対策を実施していないことが確認された場合には、物入口のドアや路面上の換気口等からの氾濫水の浸入により、下水処理場のなかで最も低い場所に設置されていることの多いポンプ及びその関連施設が建機能停止すると考え、水管理・国土保全局が下水道事業者からヒアリングした結果を基に 20cm 以上の浸水深で機能停止すると設定する。

< 参照データ >

下水処理場の位置情報は国土数値情報ダウンロードサービス「公共施設」より取得可能である。下水処理場、中継ポンプ場の集水区域については、各施設の管理者からのヒアリングにより設定する。

(5.5) 通信の機能停止による影響人口

浸水により固定電話、固定通信（インターネット等）が使用不能となる住宅等の居住者数を推計する。

【推計手法】

①浸水深 70～100cm

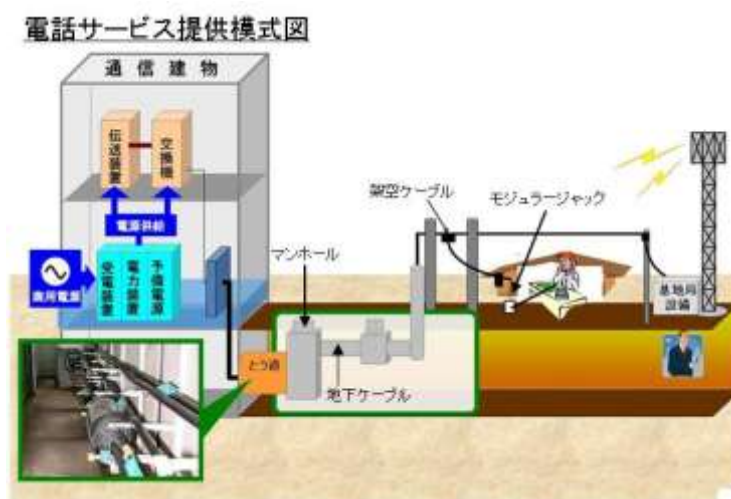
$$\text{影響人口} = \sum P (\alpha + (1 - \alpha) \times 1 / f)$$

②浸水深 100cm 以上

$$\text{影響人口} = \sum P$$

P：メッシュ内人口（当該浸水深）、 α ：全住宅に対する戸建て住宅・長屋の割合、

f：集合住宅等の平均階数



(NTT 東日本より提供)

【考え方】

通信施設の機能停止については、供給側施設の浸水によるものと、需要側施設の浸水によるものとが原因として考えられる。交換機等の設備が入った通信建物等の供給側施設については、施設毎に浸水対策、電源喪失対策がとられており、サービス提供に影響の出る浸水深を網羅的に調査することは多大な労力を要する。一方、需要側施設については比較的低い浸水深（70cm）から機能停止が始まるため、本手引きでは需用側施設の浸水を通信機能停止の原因として推計する。

需要側施設の機能停止については、戸建て住宅や集合住宅等のコンセント及びモジュラージャックへの浸水や、集合住宅等に設置された主配線盤等の浸水によるものが原因と考えられる。

①浸水深 70～100cm

通信事業者からのヒアリングによると、モジュラージャックの高さはコンセントとほぼ同じであり、70cm の浸水深でモジュラージャック及びコンセントに浸水すると考えられるため、

- ・戸建て住宅等は使用不能となる。
- ・集合住宅等について、1 階が使用不能となる。

なお、古い住宅ではモジュラージャックがコンセントより高い位置にある場合があり、コンセントに浸水しても、モジュラージャックには浸水していない状態も考えられる。その場合には、停電対応型の電話機を用いれば電話線から供給される電力によって通話できることがあるが、このような条件を満たした住宅の割合を調査したデータが存在しないため、ここでは推計の対象とはしない。

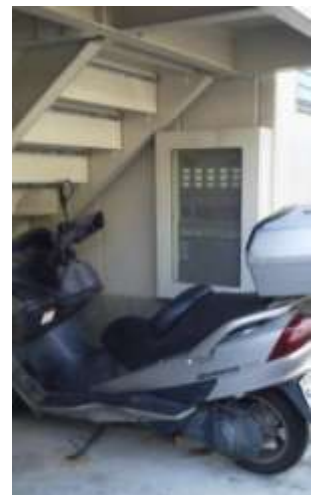


床から 20cm に差込口がある
コンセントとモジュラージャック

②浸水深 100cm 以上

通信事業者からのヒアリングにより、集合住宅等の主配線盤等はほとんどが地上に設置されており、100cm 程度の浸水深で機能停止すると考えられるため、戸建て住宅等、集合住宅等ともに使用不能となる。

なお、主配線盤とは、集合住宅、オフィスビル等に設置されている通信线路の集線盤である。光ファイバ等のブロードバンド施設、ケーブルテレビ等も配線されていることが多く、MDF (Main Distributing Frame) とも呼ばれる。



主配線盤

※参照データ

α 、 f は「住宅・土地統計調査」⁸⁴⁾ の「第 5 表 住宅の建て方(4 区分)，構造(5 区分)，階数(9 区分)，建築の時期(13 区分)別住宅数—全国」を用いるものとするが、市町村等の資料があれば、それを活用することも考えられる。

6. 経済被害の域内・域外への波及被害

(6.1) 産業連関分析等の経済モデルを用いた経済波及被害額

水害による被災地内外への経済的な波及被害を、産業連関分析によって推計する。

【推計手法】

- ・地域レベルあるいは県レベルでの生産関数 $Y=A \cdot L^{\alpha} \cdot K^{\beta}$ を導出し、被災地域の生産設備の損傷による生産額の低下を把握する。
- ・水害による被災地域の生産額の減少を、最終需要の減少という負のインプットとして捉え、被災地域内及び他地域の生産額の減少へと波及することをアウトプットとして捉える産業連関分析による推計を行う。

【考え方】

生産関数とは、労働(L)・資本(K)などの生産要素の投入量とそれから得られる生産量(Y)との技術的關係を示す関数であり、一般的な生産関数としてコブ・ダグラス型生産関数 $Y=A \cdot L^{\alpha} \cdot K^{\beta}$ がある。ここでYは生産量、Lは労働投入量、Kは資本投入量、A、 α 、 β は定数、 α は労働分配率、 β は資本分配率を表す。 $(\alpha + \beta = 1)$

水害による事業所の直接的な被害(生産設備の損傷)は生産額(域内生産額の減少)の減少をもたらすが、その生産額の減少を生産関数を用いて推計する。

生産額の減少を被災地域の最終需要の減少とみなし、域内・域外への波及による生産額の減少を、産業連関表を用いた分析(産業連関分析)によって推計する(一次波及)。さらに二次的な波及効果を考える場合には、その生産額の減少が雇用者所得の減少、消費(最終需要)の減少をもたらし、それが域内・域外へ波及することにより生産額が減少する量も推計する。

産業連関表は、財・サービスといった産業ごとの生産構造(どの産業からどれだけの原料等を調達しているか)、販売構造(どの産業に向けてどれだけの製品を販売しているか)をみることができ、経済構造の把握、生産波及効果の計算などに利用されるものである。

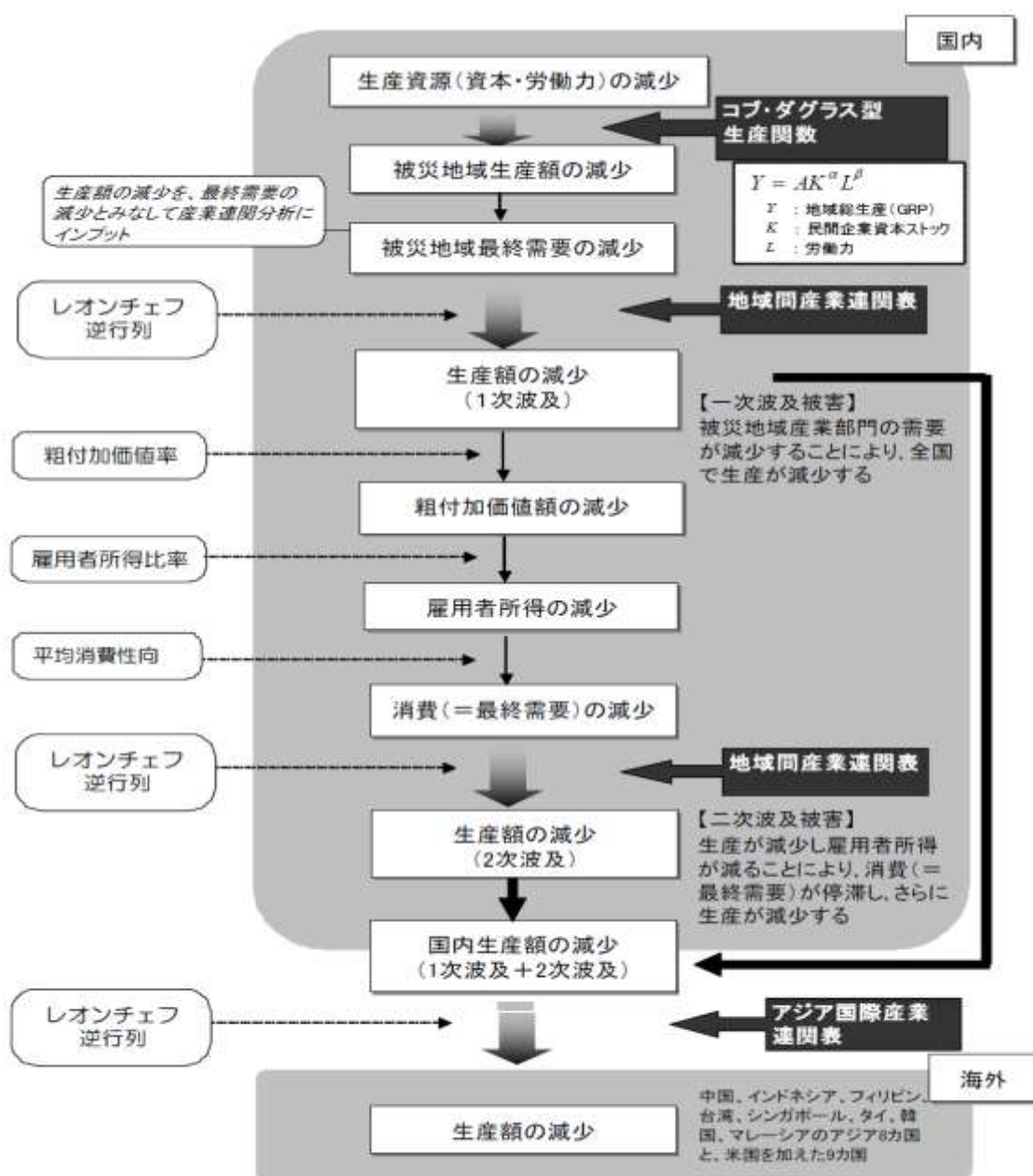
全国、地域間、都道府県といったどの地域レベルの産業連関表を適用するか等の推計手法の設定については、既往の文献^{85), 86)}を参考にしつつ、被災地域と他地域との社会経済的なつながりや、被害規模等によって判断する。

生産額が減少する期間(復旧期間)の設定については、被災規模により大きく異なるため、過去の水害のうち被災規模が似ていると考えられる事例を参考として、適宜設定する。

※参照データ

労働(L)・資本(K)については、県民経済計算（内閣府）⁸⁷⁾や民間企業資本ストック年報（内閣府）⁸⁸⁾、毎月勤労統計調査（厚生労働省）⁸⁹⁾を用いて設定する。生産関数のパラメータ A、 α 、 β の推定にあたっては、適用する産業連関表の地域レベルと整合のとれたデータによって行う。産業連関表はその対象とする地域範囲別で、総務省による産業連関表（全国版）⁹⁰⁾、経済産業省による地域間産業連関表⁹¹⁾、各都道府県による都道府県別産業連関表等があり、推計の対象とする地域範囲（全国、地域間、都道府県）を設定し、それに対応する産業連関表を用いる。

（計算手法の例）中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」において、「中部圏・近畿圏の内陸地震に係る被害想定手法」として用いられた計算フロー⁹²⁾



(6.2) 高い市場占有率を有する企業の被災に伴うサプライチェーンへの

影響

高い市場占有率を有する企業の被災に伴うサプライチェーンへの影響を記述する。

【推計手法】

既往水害における浸水した企業（群）の復旧期間の事例、市場占有率を参考に、高い市場占有率を有する企業の被災に伴う影響予測を記述する。

例：「●●分野での世界シェア○○%を占める企業群が被災し、完全復旧まで××日間が必要であり、●●産業において世界的な影響が生じるおそれがある」

【考え方】

水害によって高い市場占有率を有する企業が被災した場合、サプライチェーンに大きな影響が及ぶことが考えられる。

自治体の経済産業部局や業界団体へのヒアリングにより、浸水区域内に立地する高い市場占有率を有する企業を抽出し、浸水の可能性を推測する。

なお、徒歩による移動が困難となった場合には人的・物的なアクセスが困難になると考えられるため、生産活動に支障が出る浸水深は50cm以上と設定する。

<浸水深と生産活動への支障との関係>

30 [cm]：自動車が走行不能

50 [cm]：徒歩による移動困難、床上浸水

70 [cm]：コンセントに浸水し停電

7. 地下空間の被害

(a) 地下鉄

(7.1) 浸水する地下鉄路線

地下鉄の浸水により影響を受ける路線を記述する。

【推計手法】

- ・ 浸水区域に出入口や換気口等が存在する地下鉄路線を抽出し、地下鉄の管理者に問合せ、地下鉄の出入口の敷高や浸水対策を確認した上で、浸水の可能性を検討する。
- ・ 浸水する可能性があると考えられる場合には、地下の浸水域が拡大していく状況等を算出し、浸水する路線名、駅名等を記述する。

【考え方】

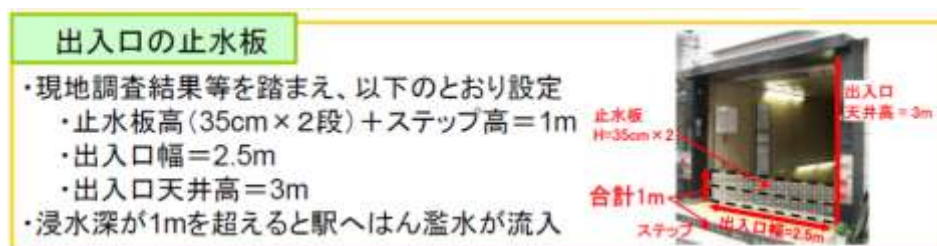
地下鉄への浸水については、避難に遅れが生じると人的被害に直結するおそれがある。また、地上とは異なる浸水拡大経路をとることや、排水に多大な労力を要し影響が長期化することが懸念されている。

地下鉄内に一度浸入した氾濫水は内部の地下トンネルを通じて浸水域が拡大していくおそれがあるため、既存の文献等を参考にしながら^{93), 94)}、施設の分類や構造、地上との接続状況について確認し、浸水経路を推計する。

地下鉄事業者が浸水対策をしていることが多いため、地下鉄が浸水し始めると考えられる浸水深は、以下を参考に個別に設定する。

<地上の浸水深と地下鉄の浸水との関係>

地下鉄が浸水し始めると考えられる地上の浸水深は、地下施設の入り口に設置されている止水板等の高さについて、地下鉄事業者からの聞き取りに基づき設定する。また、浸水経路と考えられる地下のトンネル内には防水扉が設置されていることもあることに留意する。



地下鉄の出入口における浸水対策の事例（止水板）

(7.2) 地下鉄の浸水により影響を受ける利用者数

浸水する地下鉄の利用者数を推計する。

【推計手法】

影響を受ける利用者数 $= \Sigma$ (浸水する地下鉄路線の 1 日利用者数)
--

【考え方】

地下鉄の浸水は、人的被害のおそれが高く、復旧も長期間にわたるため、それにより影響を受ける地下鉄路線毎の利用者数を把握し、それを集計して推計する。

※参照データ

「浸水する地下鉄路線の 1 日利用者数」は大都市交通センサスを活用する⁹⁵⁾。センサスデータが活用できない地域については、鉄道事業者にヒアリングして設定する。

(b) 地下施設

(7.3) 浸水する地下施設

浸水により影響を受ける地下施設の状況を記述する。

【推計手法】

- ・ 浸水区域に出入口や換気口等が存在する地下施設を抽出し、地下施設の管理者に問い合わせる等により、出入口の敷高や浸水対策を考慮し、浸水の可能性を検討する。
- ・ 浸水する可能性があると考えられる場合には、氾濫水が拡大していく状況等を算出し、浸水する地下施設の名称や影響等について記述する。
- ・ 地下空間を通じて、ビル等の地下設備に浸水が及ぶことがあるため、その可能性を検討し、地下空間が浸水することにより影響を受けるビル群の区域について記述する。

【考え方】

地下鉄と同様、地下施設への浸水についても、避難に遅れが生じると人的被害に直結するおそれがある。また、地上とは異なる浸水拡大経路をとることや、排水に多大な労力を要し影響が長期化することが懸念されている。

地下空間については、地下施設同士や地下鉄、周辺の商業ビルの地下設備等と複雑に繋がっていたり、現在は使われなくなった地下空間が地下施設同士を連絡している場合もある。ビルの電気設備は地下に設置されていることも多いため、地下の浸水により、周辺一帯のビルが停電し都市機能が麻痺するおそれもある。地下に存在する施設の調査には多大な労力を要するが、可能な限りその把握に努める。

(7.4) 地下施設の浸水により影響を受ける利用者数

浸水により影響を受ける地下施設の利用者数を推計する。

【推計手法】

影響を受ける利用者数 $= \Sigma$ (浸水する地下施設の1日あたり利用者数)

【考え方】

地下施設の管理者等に問い合わせることで、浸水する地下施設毎の利用者数を把握し、それを集計して推計する。

8. 文化財の被害

(8.1) 浸水する文化財

浸水するおそれのある文化財を推計する。

【推計手法】

浸水に対する脆弱性、移動の可能性について、浸水区域にある文化施設、文化財の詳細を調査し、破損や滅失等による影響が大きい場合、想定されるシナリオを作成・記載する。

例：「●●美術館にある絵画は▲点にも及び、その全てを浸水しない高さに移動させることは非常に困難であるため、その多くが損壊されるおそれがある。」

【考え方】

被害が発生する浸水深、浸水する文化財の種別及び数量を推計する。その際に移動が可能かどうかとも考慮し、影響を受ける浸水深を個別に設定する。

※参照データ

施設等の位置情報は、国土数値情報ダウンロードサービス⁹⁶⁾「観光資源データ」より取得する。
ただし、図書館、博物館は「公共施設」より取得する。

9. 水害廃棄物の発生

(9.1) 水害廃棄物の発生量

水害廃棄物の発生量を推計する。

【推計手法】

水害廃棄物の発生量： $=X \times W$

X：床上浸水建物数、W：発生原単位

【考え方】

水害廃棄物は、床上浸水に至ると大量発生すると考えられることから、床上浸水する建物のみを対象として推計する。

発生原単位 W は以下により設定する。

＜水害廃棄物の発生原単位＞

過去の災害時に発生した廃棄物の量を用いて推計した原単位は幅が広いが、床上浸水（浸水深 50cm 以上）した家屋・事業所から算出した原単位である 3.79 t/棟を原単位とする。ただし、浸水の流速や水深等の被災形態によって異なると考えられるため、今後も実態把握に努め、適切な値を検討していく必要がある。

- ・平成 13 年度以前に水害を受けたことのある 171 市区町村を対象としたアンケート調査の結果から、床上浸水被害における原単位は、3.79 t/棟と推定⁹⁷⁾
- ・平成 11 年以降の水害による災害救助法が適用された市町村に対する災害廃棄物に関するアンケート調査結果から災害廃棄物の発生原単位は、全壊：12.87t/棟、大規模半壊：9.79t/棟、半壊：6.51t/棟、一部損壊：2.48t/棟、床上浸水：4.61t/棟、床下浸水：0.62t/棟⁹⁸⁾
- ・FEMA が設定している水害廃棄物発生量は、原単位で 33～390 t/棟(全壊)⁹⁹⁾
- ・新潟県中越沖地震での解体廃棄物発生量は、57～85 t/棟(全壊)¹⁰⁰⁾
- ・東日本大震災における津波廃棄物量の推計においては、阪神・淡路大震災の原単位 113 t/棟を用いて推計(全壊)¹⁰¹⁾

Ⅲ. 参考資料

復旧期間の考え方

復旧に要する期間は、施設被害や波及被害等の大きさを示す上で重要な項目であり、被害推計と併せて設定する。しかし、現在の知見に基づく復旧期間の設定には、以下の課題があることに留意が必要である。

第一に、水害規模による復旧期間の違いである。小規模な水害においては復旧にさほど時間を要しないが、大規模かつ壊滅的に被災した場合には、非常に長期間を要することとなる。例えば、ハリケーン・カトリーナで甚大な浸水被害を受けたニューオリンズ市では、被災から5年を経過した2010年においても人口は被災前の75.5%までしか回復していない等¹⁰²⁾、未だに復旧が十分に進んでいない。

第二に、復旧に必要な資材状況等による復旧期間の違いである。被災施設の補修にあたっては、損傷箇所の部品等の在庫状況や生産体制、作業人員の確保などの諸条件に左右される。特にライフラインをはじめとする大規模設備類は受注生産であることが多いため、部品調達には長期間を要することが多い。

第三に、住民、企業、ライフライン等の各部門の復旧状況が、他の部門の復旧速度に影響を与えることによる復旧期間の違いである。大規模な水害によってライフラインの復旧に時間を要すると、企業再開にも影響を与えることにもなる。また、企業が被災地域から撤退してしまうと、人口の地域外流出につながり、それがさらに他の企業活動に波及することもある。

以上のような点に留意の上、過去の事例を参考にしつつ、氾濫ブロック毎、水害規模毎に復旧期間を設定することが考えられる。なお、復旧期間を一つに設定することが適切でない場合には、幅を持った復旧期間を設定することも考えられる。

以下に参考となる復旧期間の事例を記載する。

(a) 交通途絶による波及被害

<道路>

道路通行止めの復旧期間は大きく分けて道路施設の損傷を含む場合と含まない場合とに分けられる。水管理・国土保全局が保有している過去の被災事例によると、低い浸水深で道路施設の損傷がない場合、概ね1日程度で復旧しているが、法面崩壊や橋脚流出など損傷内容によっては孤立解消や迂回路確保まで1ヶ月以上要する場合もある。

・過去の被災事例①

平成 22 年、豪雨により道道天人峡美瑛線で橋台上部が流出し、天人峡温泉につながる唯一の道が不通となり、温泉客ら 300 人以上が孤立した。迂回路開通まで約 4 日間不通となった¹⁰³⁾。



平成 22 年豪雨による道路寸断状況

・過去の被災事例②

平成 22 年、豪雨により山口県周南市の国道 489 号では、法面崩壊によって全面通行止めとなった。迂回路開通まで 55 日を要した¹⁰⁴⁾。



平成 22 年豪雨による法面崩壊状況

＜鉄道＞

鉄道運行停止の復旧期間は大きく分けて軌道等の鉄道施設の損傷を含む場合と含まない場合とに分けられる。水管理・国土保全局が保有している過去の被災事例によると、鉄道施設の損傷を含まない場合、1～5 日程度で復旧しているが、橋脚流出など損傷内容によっては復旧まで1 年以上要する場合もある。

・過去の被災事例①

平成 21 年、豪雨により兵庫県佐用町の J R 姫新線では、盛土が流出するなどの被害が発生した。復旧まで 2 ヶ月を要した¹⁰⁵⁾。



平成 21 年豪雨による
JR 姫新線の盛土流出状況

・過去の被災事例②

平成 22 年、豪雨により山口県美祢市・山陽小野田市の J R 美祢線では、橋梁が流出したほか、盛土が約 20m にわたって流出¹⁰⁶⁾するなど、甚大な被害が発生した。復旧までに 1 年 2 ヶ月を要した。



平成 22 年豪雨による
JR 美祢線の橋梁流出状況¹⁰⁷⁾

(b) 医療・福祉施設等の被害

病院や社会福祉施設の機能が低下する原因として受変電設備等の電源が損傷する場合と、医療機器等の重要設備が損傷する場合が考えられる。水管理・国土保全局が保有している過去の被災事例によると、受変電設備の損傷については、電源車による応急対応などにより2日程度で電力使用が可能になった場合があるが、特殊な医療機器などが損傷した場合は復旧まで長期間かかることが予想される。

・過去の被災事例①

平成17年台風14号により、宮崎市内の病院では、床上150cmの浸水となり、MRIやCT等の大型重量機器が水没した。500名以上のボランティア支援により、2週間後に外来診療を再開し、完全な復旧までには1ヶ月半を要した¹⁰⁸⁾。



平成17年台風14号による大淀川の氾濫
潤和会記念病院のエックス線室MRIの被災状況¹⁰⁹⁾

・過去の被災事例②（紀宝町役場からのヒアリング）

平成23年台風12号により、三重県紀宝町の相野谷地区で唯一の診療所が屋根まで浸水した。1週間で片付けを行い、投薬のみ再開した。3週間で仮設診療所を開設し、4ヶ月後に備品をそろえたが、当初の6割程度の価格で購入できる備品とした。浸水時に未請求だった診療費の整理には5ヶ月を要した。7ヶ月後に屋根と外壁を残し、建て替えた。

(c) ライフラインの機能停止による波及被害

<電力>

電力事業者からのヒアリングによると、路上開閉器が浸水した場合には洗浄または交換してから使用することとなり、約2日間を要する。変電所については、被災箇所が少数であれば、変圧器を備えた車両により2日程度で応急的な代替機能を確保することは可能である。しかし、変電所は浸水すると、損傷がなくても洗浄に約2週間を要し、機器の取替が必要な場合には、復旧期間は在庫状況等に依存し、長期化するおそれがある。

また、需要者への通電再開の際には漏電有無の確認等を戸別に行う必要がある。

・過去の被災事例

2005年8月のハリケーン・カトリーナ来襲時には、最大で300万世帯が停電した¹¹⁰⁾。ニューオーリンズ市内における復旧率は、3週間後で19%、4ヶ月後で95%だった¹¹¹⁾。



浸水による電力施設の損傷

<ガス>

都市ガスについて、地区ガバナが浸水、機能停止した場合は、復旧に3～6日¹¹²⁾程度要した事例がある。ガス事業者からのヒアリングによると、マイコンメータが浸水により故障した場合、都市ガス、LPガス双方ともに交換が必要となり、1軒あたり数十分程度で交換可能であるが、ガス管に水が浸入した場合には復旧作業に1軒あたり半日程度を要する。供給再開時には戸別に需要者の立ち会いが必要である。

・過去の被災事例①

平成23年紀伊半島豪雨で浸水した地域のLPガス事業者へのヒアリングによると、被災地域の顧客のうち、1/4のガス容器が流出した。また、3割程度の顧客がゴム管を介してガス管内に水が浸入した。ガス管への浸水により火力が弱くなってしまっているため、調理等の使用であれば問題ないものの、風呂の湯沸かし等の大きな火力を必要とする場合には、満足に使用できないこともある。各戸のガス施設の復旧作業には半日を要する。地域にガス事業者が1社しかいないため、地域全体の完全な復旧までは約3年を要する見込みである。

・過去の被災事例②

2005 年 8 月のハリケーン・カトリーナ来襲時には、水没した住宅からガス漏れ及びそれによる火災が発生する等の大きな被害が出た。ニューオリンズ市内における復旧率は、3 週間後で 36%、4 ヶ月後で 81%だった¹¹³⁾。

＜上水道＞

水道事業者からのヒアリングによると、浸水により浄水場の電気系統等の重要設備が故障した場合には 1～2 週間程度、沈殿・濾過池に土砂が混入した場合は 2 週間以上を処理再開までに要することがある。また、ポンプ等の大型設備が破損した場合、復旧まで数ヶ月以上を要することもある。

・過去の被災事例①

平成 17 年台風 14 号による洪水では、浄水場の多くが機能停止し、宮崎県内 57,000 戸余りで断水した。特に宮崎市の富吉浄水場は、施設浸水により、応急復旧・断水解消まで 45 日を要した¹¹⁴⁾。



冠水して一面泥水に浸った富吉浄水場¹¹⁵⁾

・過去の被災事例②

2005 年 8 月のハリケーン・カトリーナ来襲時には、約 44 万人への供給能力を持つ Carrollton 浄水場が電源の停止により機能停止した。数日後から徐々に再稼働したが、完全復旧まで約 5 週間を要した¹¹⁶⁾。

<下水道>

下水道事業者からのヒアリングによると、浸水によりポンプ等の大型設備が故障した場合は、復旧までに数ヶ月以上を要することがある。

・過去の被災事例

平成 23 年に発生した東日本大震災において、来襲した津波により仙台市南蒲生浄化センターが浸水。土木・建築構造物が破壊され、機械・電気設備が冠水、流失するなど、処理機能に壊滅的な被害を受けた。復旧までは 5 ヶ年程度を要すると見込まれている¹¹⁷⁾。



津波により浸水する南蒲生浄化センター

<通信>

通信事業者からのヒアリングによると、浸水により通信拠点ビルの電源設備等が故障した場合は、部品の調達に時間を要するため、復旧までに 1 ヶ月以上を要することがある。

・過去の被災事例

平成 23 年発生した東日本大震災においては、地震で発生した津波等により、約 150 万回線が被災した。原発エリアと避難エリアを除き復旧まで約 50 日を要した¹¹⁸⁾。



津波により被災した通信設備

(d) 経済被害の域内・域外への波及被害

企業の被災は直接浸水等の被害を受ける場合以外にも、サプライチェーン（供給網）の寸断によって被害が波及する場合がある。復旧までの時間は、ライフラインの復旧状況や、交換部品等の調達状況、地域の人口流出程度等にも左右されるため、長期化するおそれがある。最悪の場合、競合企業にシェアを奪われたり、被災前の調達・納入業者との取引が中止したりする場合もあり、被災前の状態にまで戻らない、あるいは被災地域から撤退することもある。

・過去の被災事例

平成 23 年 10 月のタイ王国のチャオプラヤ川洪水では、日系企業が進出しているタイ中部の工業団地で浸水被害が発生し、日系企業約 440 社が冠水し、多くの企業が操業停止となった¹¹⁹⁾。特にサプライチェーンが寸断されたことで、組立工場は浸水しなくとも、2 次・3 次サプライヤーの被災による供給停止で、操業できないなどの波及被害が顕在化した。トヨタ自動車はタイ工場の浸水により、日本の 7~8 割、北米の 9 割の工場が稼働を停止し、タイ洪水に起因する 1 ヶ月間の減産台数は世界全体で 15 万台になった¹²⁰⁾。ソニーはデジタル一眼カメラのボディを生産する唯一の工場が被災した。約 1 ヶ月後に代替施設で生産を再開したものの、発売予定だった新製品の発売時期を延期した^{121) 122)}。



2011 年タイ洪水における工業団地の浸水状況¹²³⁾

(e) 地下空間の被害

都市部における地下空間の高度利用は、避難が困難であることや、排水や電源設備の被災などにより復旧に時間を要するなど、甚大な影響を及ぼす。

・過去の被災事例①

2002 年 8 月に発生したプラハの洪水では、地下鉄全線 3 路線が浸水、18 駅が水没し、復旧まで約半年を要した¹²⁴⁾。



プラハの洪水により水没した地下鉄車両

・過去の被災事例②

2001 年 9 月、台北で地下鉄の全 65 駅中 15 駅が水没し¹²⁵⁾、新交通システム（MRT）運行管制の中核システムが冠水、完全復旧まで 3 ヶ月を要した¹²⁶⁾。

参考文献

- 1) McCarthy, K., Peterson, D.J., Sastry, N. and Pollard, M.: The Repopulation of New Orleans After Hurricane Katrina, Rand Gulf States Policy Institute, pp.11, 17, 2006.
- 2) Graumann, A., Houston, T., Lawrimore, J., Levinson, D. Lott, N., McCown, S., Stephens, S. and Wuertz, D.:Hurricane Katrina – A Climatological Perspective – Pre-liminary Report, NOAA’ s National Climatic Data Center, p.3, 2005.
- 3) NDMA : Pakistan Floods 2010 Learning form Experience, 2010.
- 4) Emergency Operation Center for Flood HP : Storm and Landslide.
<http://disaster.go.th/dpm/flood/flood.html>
- 5) (独) 防災科学研究所 HP : カスリーン台風 60 年企画展.
<http://dil.bosai.go.jp/disaster/1947kathleen/003.html>
- 6) 伊勢湾台風 30 年事業実行委員会 : 次世代にひきつぐあの教訓伊勢湾台風.
- 7) 牛山素行 : 2004 年台風 23 号による人的被害の特徴, 自然災害科学, Vol.24, No.3, 2005.
- 8) 原田玻瑠美, 小畑美紀枝, 森本七重, 山崎由美子 : 台風 23 号 病院を遅う 床上浸水した公立豊岡病院のその時, 看護管理, Vol.15 , No.2, 2005.
- 9) 日本災害看護学会 HP : 災害経験 台風 14 号による病院被災体験と現在の取組み.
http://www.jsdn.gr.jp/news_backno13.html
- 10) U.S. House of Representatives : A Failure of Initiative, 2006.
<http://www.gpoaccess.gov/katrinareport/mainreport.pdf>
- 11) 読売新聞 HP : 社会 避難所生活の人工透析患者 2 人死亡, 平成 23 年 4 月 2 日.
<http://www.yomiuri.co.jp/national/news/20110402-0YT1T00309.htm>
- 12) 神戸新聞但馬支局編 : 円山川決壊—台風 23 号記録と検証, 神戸新聞総合出版センター, 2005.
- 13) 潤和会記念病院 (宮崎市) 提供.
- 14) 国土交通省河川局 : 災害列島 2000.
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/2000/home.html
- 15) 中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調査会」: 第 4 回専門調査会 資料 9, 2008.
- 16) 京都府丹後振興局 HP : 台風 23 号被害の紹介.
<http://www.pref.kyoto.jp/tango/forest/1266387824864.html>
- 17) (社) 中部建設協会 : 忘れない、東海豪雨 東海豪雨から 10 年, 2010.
- 18) (社) 日本損害保険協会 : 東海豪雨 その時企業は, pp35, 2005.
http://www.sonpo.or.jp/archive/publish/bousai/pdf/0003/book_tokaigou00.pdf
- 19) 国土交通省河川局 : 災害列島 2000.
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/2000/home.html
- 20) The Brookings Institution:Katrina Index, 2006. 12.
- 21) Federal Financial institutions Examination Council : Lessons Learned From Hurricane Katrina, 2006.
http://www.ffiec.gov/pdf/katrina_lessons.pdf
- 22) 木村秀治, 石川良文, 片田敏孝, 浅野和広, 佐藤尚 : 都市型水害における事業所被害の構造的特質に関する研究 : 土木学会論文集D, Vol.63 No.2, 88-100, 2007.
- 23) 宮崎市総務部危機管理室 : 平成 17 年 台風 14 号災害の概要.
<http://www.city.miyazaki.miyazaki.jp/www/contents/1280990692829/activesqr/common/other/4c5a5f68002.pdf>
- 24) 国土交通省河川局 : 災害列島 2006.
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/2006/index.html
- 25) FEMA HP : Photo Library.
<http://www.fema.gov/photolibrary/>
- 26) 産経新聞 HP : [経済・IT ニュース]「カンバン方式」限界 工場の部品調達深刻, 中古車急騰、生活再建の足かせ 新車の代替需要増、不足する下取り, 平成 23 年 3 月 24 日.
<http://sankei.jp.msn.com/economy/news/110324/biz11032421350028-n1.htm>

-
- <http://sankei.jp.msn.com/economy/news/110424/biz11042408020003-n1.htm>
- 27) 読売新聞 HP: 経済 トヨタ、海外大幅減産…中国・北米で通常の3割, 平成23年4月20日.
<http://www.yomiuri.co.jp/atmoney/news/20110420-OYT1T01050.htm>
- 28) 日本貿易振興機構 (JETRO) HP: 緊急特集 タイ洪水に関する情報, 平成23年12月26日時点.
<http://www.jetro.go.jp/world/asia/th/flood/complex.html>
- 29) ロイター通信, 平成23年11月8日午後7時現在.
<http://jp.reuters.com/article/businessNews/idJPJAPAN-24051720111108>
- 30) ロイター通信, 平成23年10月21日午後8時現在.
<http://jp.reuters.com/article/idJPJAPAN-23752020111021>
- 31) (社) 中部建設協会: 忘れない、東海豪雨 東海豪雨から10年, 2010.
- 32) John Wren: THE GREAT CHICAGO FLOOD, 2007.
- 33) Hanania stories for the Houston Chronicle 1992.
- 34) Compton, Ermolieva, Linnerooth-Byer: Integrated Flood Risk Management for Urban Infrastructure.
- 35) 京都大学防災研究所巨大災害研究センター: 欧米先進国における水害に対する総合減災システムの調査.
- 36) 国土交通省九州地方整備局 HP: 防災の取り組みと過去の災害, [17]福岡水害.
http://www.qsr.mlit.go.jp/bousai/index_c17.html
- 37) 高知新聞企業出版部: 報道写真集 豪雨パニック 98 高知大水害の記録, pp16-17, 高知新聞社.
- 38) 嘉穂劇場 HP: 復旧のための調査設計.
<http://www.kahogekijyo.com/suigai/suigai.html>
- 39) 豊岡市: 台風23号の被害と対応.
- 40) 中央防災会議「災害時要援護者の避難対策に関する検討会」: 「災害時要援護者の避難支援ガイドライン」, 2006.
http://www.bousai.go.jp/hinan_kentou/060328/index.html
- 41) Interagency Performance Evaluation Task Force: Performance Evaluation of the New Orleans and Southeast Louisiana Hurricane Protection System - Final Report, Volume VII, pp108-109, US Army Corps of Engineers, 2007.
- 42) 総務省統計局 HP: 住宅・土地統計調査 統計表一覧.
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/kekka.htm>
- 43) 中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調査会」: 第9回専門調査会 資料1, 2008.
- 44) 池内幸司, 越智繁雄, 安田吾郎, 岡村次郎, 青野正彦: 大規模水害時の氾濫形態の分析と死者数の想定, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.67, No.3, 133-144, 2011.
- 45) 建築基準法施行令 第21条, 第22条.
- 46) 住宅金融公庫監修・豊かな住生活を考える会編著: 図解日本の住宅がわかる本, pp.119, 141, PHP 研究所, 1994.
- 47) 住宅金融支援機構: 平成14年度 公庫融資住宅の仕様について.
http://www.jhf.go.jp/about/research/tech_h14_spec.html
- 48) 東京大学新聞研究所「災害と情報研究班」: 「1982年7月長崎水害」における住民の対応, 1984,
- 49) 廣井脩, 村中明, 市澤成介: 2000年東海豪雨災害における災害情報の伝達と住民の対応, 東京大学社会情報研究所調査研究紀要, Vol19, 2003.
<http://www.hiroi.iii.u-tokyo.ac.jp/index-houkokusho-rist-tokaigou.pdf>
- 50) 牛山素行, 今村文彦, 寶馨: 台風0206号接近時の住民の災害対応の実態と課題, 京都大学防災研究所年報, 第46号 B, 2003.
<http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/dat/nenpo/no46/46b0/a46b0t26.pdf>
- 51) 廣井脩, 中村 功, 田中 淳, 中森広道, 福田 充, 関谷直也, 黒澤千穂: 2004年7月新潟・福島豪雨水害における住民行動と災害情報の伝達, 東京大学社会情報学環 情報学研究 調査報告編 23号, 163-287, 2005.
<http://www.hiroi.iii.u-tokyo.ac.jp/index-houkokusho-rist-2004-niigata-gou.pdf>
- 52) 中村功, 中森広道, 福田充, 関谷直也, 廣井脩, 田中淳: 2004年台風23号による水害と情

-
- 報伝達の問題, 災害時における携帯メディアの問題点 (NTT ドコモ モバイル社会研究所), pp43-98, 2005. 3.
<http://cidir-db.iii.u-tokyo.ac.jp/hiroii/pdf/report/saigairep/saigairep067.pdf>
- 53) City of New Orleans : 2007, New Orleans One Year After Katrina.
- 54) 池内幸司, 越智繁雄, 安田吾郎, 岡村次郎, 青野正彦 : 大規模水害時における孤立者数・孤立時間の推計とその軽減方策の効果分析, 土木学会論文集B1(水工学), Vol. 67, No. 3, 145-154, 2011.
- 55) 須賀堯三監修, 利根川研究会編集 : 利根川の洪水 語り継ぐ流域の歴史, 山海堂, 1995.
- 56) 廣井脩 : 2000 年東海豪雨災害における災害情報の伝達と住民の対応, 2003.
<http://www.hiroii.iii.u-tokyo.ac.jp/index-houkokusho-rist-tokaigou.pdf>
- 57) 消防科学総合センター : 「地域防災データ総覧」風水害・火災編, 1985.
- 58) Interagency Performance Evaluation Task Force: Performance Evaluation of the New Orleans and Southeast Louisiana Hurricane Protection System - Final Report, Volume VII, pp108-109, US Army Corps of Engineers, 2007.
- 59) 国土交通省河川局 (平成 18 年 12 月 6 日治水課都市河川室長通知) : 洪水予報河川における避難判断水位の設定要領について, 2006.
- 60) 国土交通省国土政策局 GIS HP : 国土数値情報ダウンロードサービス.
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 61) 災害拠点病院等データベース Web 版.
<http://www.edm.bosai.go.jp/project/project1/hospitalInfo/index.php>
- 62) 日本救急医学会 HP : 全国救命救急センター一覧.
<http://www.jaam.jp/html/shisetsu/qq-center.htm>
- 63) 厚生労働省 HP : 地域保健医療基礎統計.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/142-1.html>
- 64) (社) 日本透析医学会 HP : 2011 年 12 月公表の数値.
<http://docs.jsdt.or.jp/overview/pdf2011/p03.pdf>
- 65) 厚生労働省 HP : 地域保健医療基礎統計.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/142-1.html>
- 66) 読売新聞 HP : 病院ガイド 特集 透析療法 (人工透析) の基礎知識.
<http://hospital.yomidr.jp/special/HT00010/>
- 67) 国土交通省国土政策局 GIS HP : 国土数値情報ダウンロードサービス.
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 68) 須賀堯三監修, 利根川研究会編集 : 利根川の洪水 語り継ぐ流域の歴史, 山海堂, 1995.
- 69) 須賀堯三監修, 利根川研究会編集 : 利根川の洪水 語り継ぐ流域の歴史, 山海堂, 1995.
- 70) 浜松市 : 地域防災計画 一般対策編「第 2 章 災害予防計画」.
<http://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/admin/policy/bousaikaikaku/ippan/ippan022.htm>
- 71) 須賀堯三監修, 利根川研究会編集 : 利根川の洪水 語り継ぐ流域の歴史, 山海堂, 1995.
- 72) JAF HP : 冠水路走行テスト.
<http://www.jaf.or.jp/eco-safety/safety/usertest/submerge/detail1.htm>
- 73) 国土地理院 HP : 数値地図 25000 (地図画像について).
<http://www.gsi.go.jp/MAP/CD-ROM/25000/t25000.htm>
- 74) 国土交通省道路局 HP : 道路 IR, 整備効果事例/道路関係データ.
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/ir-data.html>
- 75) 国土交通省道路局, 都市地域整備局 : 費用便益分析マニュアル, 2008.
http://www.mlit.go.jp/road/ir/hyouka/plcy/ki jun/bin-ekiH20_11.pdf
- 76) 高橋尚人, 内田賢悦, 加賀屋誠一, 浅野基樹 : 交通行動の中止を考慮した災害時における交通ネットワークモデルを用いた有珠山噴火による交通途絶の影響算定, 北海道開発土木研究所報, No. 612 号, 2004. 5.
- 77) 高橋尚人, 内田賢悦, 浅野基樹, 加賀屋誠一 : 交通行動の中止を考慮した災害時の道路途絶の影響算定 - 有珠山噴火を対象として -, 北海道開発土木研究所報, No. 622 号, 2005. 3.
- 78) 梶谷義雄 : 地震災害時におけるライフライン被害の産業部門への影響評価 - 小地域メッシュ

-
- 統計を活用した 2004 年新潟県中越地震時の交通分析, 日本地震工学会論文集, 第 10 巻, 第 2 号, 2010.
- 79) 国土交通省総合政策局 HP: 公共交通政策, 大都市交通センサス.
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000007.html
- 80) 総務省統計局 HP: 住宅・土地統計調査 統計表一覧.
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/kekka.htm>
- 81) 経済産業省原子力安全・保安院, 高压ガス保安協会: 液化石油ガス設備工事施工管理マニュアル (設備工事管理者編).
- 82) 総務省統計局 HP: 住宅・土地統計調査 統計表一覧.
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/kekka.htm>
- 83) 総務省統計局 HP: 住宅・土地統計調査 統計表一覧.
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/kekka.htm>
- 84) 総務省統計局 HP: 住宅・土地統計調査 統計表一覧.
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/kekka.htm>
- 85) 木村秀治, 石川良文, 片田敏孝, 浅野和広, 佐藤尚: 都市型水害における事業所被害の構造的特質に関する研究, 土木学会論文集 D, Vol. 63 No. 2, pp88-100, 2007. 4.
- 86) 石川良文, 片田敏孝, 木村秀治, 佐藤尚: 水害による地域経済への影響の事後分析.
- 87) 内閣府 HP: 県民経済計算.
http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/sonota/kenmin/kenmin_top.html
- 88) 内閣府 HP: 国民経済計算, 民間企業資本ストック.
http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/sonota/minkan/minkan_top.html
- 89) 厚生労働省 HP: 厚生労働統計一覧, 毎月勤労統計調査 (全国調査・地方調査).
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/30-1.html>
- 90) 総務省統計局 HP: 統計データ, 産業連関表.
<http://www.stat.go.jp/data/io/index.htm>
- 91) 経済産業省 HP: 統計, 地域間産業連関表.
<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/tiikio/index.html>
- 92) 中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」: 第34回専門調査会資料5、2008.
- 93) 戸田圭一, 川池健司, 深草新, 山本大介: 地上・地下を統合した都市水害モデルによる神戸市の地下街浸水解析, 地下空間シンポジウム論文・報告集, Vol. 13, pp. 225-230, 2008.
- 94) 中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調査会」: 第 13 回専門調査会 資料 1~8、2009.
http://www.mlit.go.jp/road/ir/hyouka/plcy/ki jun/bin-ekiH20_11.pdf
- 95) 国土交通省総合政策局 HP: 公共交通政策, 大都市交通センサス.
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000007.html
- 96) 国土交通省国土政策局 GIS HP: 国土数値情報ダウンロードサービス.
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 97) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課: 水害廃棄物対策指針, 2005.
http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=6839&hou_id=6059
- 98) 平山修久、河田恵昭: 水害時における行政の初動対応からみた災害廃棄物発生量の推定手法に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol. 33, 2005.
<http://kuir.jm.kansai-u.ac.jp/dspace/bitstream/10112/3704/1/KU-1100-KAWATA-351.pdf>
- 99) Debris Management Guide, FEMA Publication 325, July 2007.
<http://www.fema.gov/pdf/government/grant/pa/demagde.pdf>
- 100) 環境省関東地方環境事務所廃棄物・リサイクル対策課: 大規模災害時の建設廃棄物等の有効利用及び適正処理方策検討調査報告書, 2006.
http://kanto.env.go.jp/to_2006/data/1226a_all.pdf
- 101) 平山修久: 0311 東北地方太平洋沖地震における津波廃棄物発生量の推定結果について (速報), 廃棄物資源循環学会 HP: 災害廃棄物対策・復興タスクチーム.
<http://eprc.kyoto-u.ac.jp/saigai/report/2011/03/001341.html>

-
- 102) 第7回日米治水及び水資源管理会議資料集(USACE and MLIT of Japan, 2011) .
- 103) 読売新聞：平成22年8月29日付朝刊.
- 104) 山口県：災害記録～平成22年7月大雨災害～.
<http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a10900/bousai/h220715oame.html>
- 105) 佐用町台風第9号災害検証委員会：台風第9号災害検証報告書.
- 106) 山口新聞：平成22年7月17日付朝刊.
- 107) 山口県：災害記録～平成22年7月大雨災害～.
<http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a10900/bousai/h220715oame.html>
- 108) 日本災害看護学会 HP：災害経験 台風14号による病院被災体験と現在の取組み.
http://www.jsdn.gr.jp/news_backno13.html
- 109) 潤和会記念病院（宮崎市）提供.
- 110) Federal Financial institutions Examination Council : Lessons Learned From Hurricane Katrina, 2006.
http://www.ffiec.gov/pdf/atlanta_lessons.pdf
- 111) The Brookings Institution:Katrina Index, 2006. 12.
- 112) 愛知県：平成12年9月11日からの大雨による災害の記録.
- 113) The Brookings Institution:Katrina Index, 2006. 12.
- 114) 宮崎市総務部危機管理室：平成17年 台風14号災害の概要.
<http://www.city.miyazaki.miyazaki.jp/www/contents/1280990692829/activesqr/common/other/4c5a5f68002.pdf>
- 115) 国土交通省河川局：災害列島2006.
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai2006/index.html
- 116) Jensen and Ram : Carrollton Drinking Water Treatment Plant, 2006.
- 117) 仙台市 HP：南蒲生浄化センターの被害状況.
http://www.city.sendai.jp/gesui/1197924_2478.html
- 118) NTT 東日本 HP：東日本大震災における復旧活動の軌跡.
http://www.ntt-east.co.jp/info/detail/pdf/shinsai_fukkyu.pdf
- 119) 日本貿易振興機構（JETRO）HP：緊急特集 タイ洪水に関する情報. 平成23年12月26日時点.
<http://www.jetro.go.jp/world/asia/th/flood/complex.html>
- 120) ロイター通信：平成23年11月8日午後7時現在.
<http://jp.reuters.com/article/businessNews/idJPJAPAN-24051720111108>
- 121) ロイター通信：平成23年10月21日午後8時現在.
<http://jp.reuters.com/article/idJPJAPAN-23752020111021>
- 122) 日経ビジネス 2012.3.5号.
- 123) 国土交通省水管理・国土保全局：タイ洪水被害に対する国際緊急援助隊専門家チーム（排水ポンプ車チーム）の活動, 平成24年1月4日.
http://www.mlit.go.jp/river/kokusai/disaster/thailand/thailand_jdr_120104.pdf
- 124) 京都大学防災研究所巨大災害研究センター：欧米先進国における水害に対する総合減災システムの調査.
- 125) 松尾一郎：都市複合空間における欧米の水害対策に関する研究報告, 雑誌 河川, 2003年10月10号 687巻, pp47-50.
- 126) 東京新聞：平成13年11月15日付朝刊.