

「水害の被害指標分析の手引」 (H25 試行版)

平成 2 5 年 7 月

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

I. 基本的な考え方	1
1. はじめに	1
2. 本手引の活用方法	2
3. 本手引活用にあたっての留意事項	3
4. 評価項目と被害指標について	4
(1) 人的被害	7
(2) 医療・社会福祉施設等の機能低下による被害	9
(3) 防災拠点施設の機能低下による被害	11
(4) 交通途絶による波及被害	12
(5) ライフラインの停止による波及被害	13
(6) 経済被害の域内・域外への波及被害	15
(7) 地下空間の被害	17
(8) 文化施設等の被害	19
II. 指標の算出手法	21
1. 人的被害	21
(1.1) 浸水区域内人口	21
(1.2) 浸水区域内の災害時要援護者数	22
(1.3) 想定死者数	23
(1.4) 最大孤立者数	26
(1.5) 3日以上孤立者数	27
(1.6) 10年あたり避難回数	29
(1.7) 10年あたり総避難者数	29
2. 医療・社会福祉施設等の機能低下による被害	30
(2.1) 機能低下する医療施設数	30
(2.2) 機能低下する医療施設で治療している入院患者数	31
(2.3) 機能低下する医療施設で治療している人工透析患者数	33
(2.4) 機能低下する社会福祉施設数	34
(2.5) 機能低下する社会福祉施設の利用者数	35
3. 防災拠点施設の機能低下による被害	37
(3.1) 機能低下する主要な防災拠点施設数	37
(3.2) 機能低下する防災拠点施設の管轄区域内人口（警察・消防・役所等）	38
4. 交通途絶による波及被害	39
(a) 道路	39
(4.1) 途絶する主要な道路	39
(4.2) 道路途絶により影響を受ける通行台数	40
(4.3) 道路途絶（交通迂回）により増加する走行時間、経費等	41

(b) 鉄道	44
(4.4) 途絶する主要な鉄道	44
(4.5) 鉄道途絶により影響を受ける利用者数	46
5. ライフラインの停止による波及被害	47
(5.1) 電力の停止による影響人口	47
(5.2) ガスの停止による影響人口	51
(5.3) 上水道の停止による影響人口	54
(5.4) 下水道の停止による影響人口	56
(5.5) 通信（固定）の停止による影響人口	58
(5.6) 通信（携帯）の停止による影響人口	60
6. 経済被害の域内・域外への波及被害	63
(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	63
(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	66
(6.3) 浸水により被災する上場企業数	67
(6.4) 浸水により被災する事業所の従業者数	68
7. 地下空間の被害	69
(a) 地下鉄等	69
(7.1) 浸水する地下鉄等の路線、駅等	69
(7.2) 地下鉄等の浸水により影響を受ける利用者数	70
(b) 地下街・地下施設	71
(7.3) 浸水する地下街・地下施設	71
(7.4) 地下街・地下施設の浸水により影響を受ける利用者数	72
8. 文化施設等の被害	73
(8.1) 浸水する文化施設等	73
9. 水害廃棄物の発生	74
(9.1) 水害廃棄物の発生量	74
(9.2) 水害廃棄物の処理費用	75
III. 参考資料	76
1. 復旧期間の考え方	76
(a) 交通途絶による波及被害	77
(b) ライフラインの停止による波及被害	79
(c) 経済被害の域内・域外への波及被害	83
(d) 医療・社会福祉施設等の被害	84
(e) 地下空間の被害	85
(f) 文化施設等における被害	87
2. その他の被災事例	88
IV. おわりに	90

I. 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。

治水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。

今回提案した被害指標については、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。このような被害指標に基づく分析手法（以下「被害指標分析」という。）はその検討が緒に就いたばかりであり、本手引はその第一歩となるものである。各河川での適用にあたっては、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。今後、本手引は、随時新たな指標の検討を行うとともに、記載している指標の推計手法についても今後の技術的な知見の蓄積等を反映することで、充実を図っていく予定である。

なお、今後の手引の充実によって指標の算出手法が変更されたり、新たに追加されたりすることに備え、浸水深等のデータを計算メッシュ毎に保存しておく等、指標算出の労力を軽減する工夫をしておくことが望ましい。

2. 本手引の活用方法

(1) 河川事業評価への活用

事業評価における費用対効果分析として、費用便益分析に加え被害指標分析を活用することができる。被害指標分析では、流域特性や氾濫形態等に応じて指標の選択を行うとともに、被害軽減量を期待値に変換するのではなく特定規模の洪水（単数または複数）の被害軽減量で事業効果を評価することを標準とする。また、洪水規模については、整備計画相当、基本方針相当などを基本とするが、必要に応じて基本方針相当の洪水規模を超過する洪水についても対象とする。全氾濫ブロックの被害軽減量の合算値を算定することを標準とするが、流域特性や氾濫形態等に応じて、特定ブロックに限定した分析を行うこともできる。

(2) リスク評価への活用

被害指標分析により流域のリスクを分りやすく表現できることから、各河川の流域特性、氾濫形態等に応じたリスクの評価が可能となる。リスク評価結果を活用することで、リスクに応じた危機管理対策（警戒避難体制の整備、水害発生時の応急対策活動計画の策定、住まい方の誘導、防災教育・防災訓練等）の検討を行うことが可能となる。また、手引により得られる流域リスク情報を公開することで、自助・共助の意識の向上や、自主的な浸水対策の促進が期待される。

3. 本手引活用にあたっての留意事項

(1) 各指標の閾値の取り扱いについて

本手引の各指標について、浸水シミュレーションから計算ができるように、浸水深別の閾値や原単位等を設定しているが、各指標の推計手法の条件については、地域特性等の不確実性から、取り扱いについて下記の3つに分類分けをしている。

分類①

設定している推計手法（閾値、原単位等）が、地域特性等により異なる可能性が小さく、本手引を活用する際に、関係機関等への確認を要しない指標。

分類②

設定している推計手法（閾値、原単位等）が、地域特性等により異なる可能性があるため、本手引を活用する際には、できる限り関係機関等への閾値の確認を行うことが望ましい指標。

分類③

設定している推計手法（閾値、原単位等）が、地域特性等により異なる可能性が高く、本手引を活用する際には、必ず関係機関等への閾値の確認を行う必要がある指標。

【記載例】

【分類③】
(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〇〇%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」
【推計の考え方】
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、企業により、立地状況や主要な設備の設置箇所、接続する道路の状況等が異なることから、 <u>浸水による影響が発生する閾値については、企業等への確認を行い、個別に設定を行う。</u>
<指標による推計にあたっての留意事項> 企業名等が特定されることにより、経営等に影響を与える可能性があるため、被災による影響を推計するにあたっては、匿名性の確保に努めること。
<参照データ> 『全国元気なモノ作り中小企業300社』（2006年 中小企業庁）

(2) 本手引を活用したシミュレーション結果の表現における工夫について

事業評価等において、本手引の被害指標の算定結果を図示することで、それぞれの指標に基づいた治水事業の効果等の表現が可能となる。シミュレーション結果を事業評価等に用いる場合には、各種指標に基づく効果等を適切に表現できるよう、各指標で設定されている閾値を踏まえて、浸水深区分を設定するなどの工夫を行う。特に、浸水エリアと被害の影響範囲が一致しない評価項目（交通途絶等）については、浸水深エリアのみを図示するのではなく、途絶する路線名等、影響を受ける範囲を適切に表現できるよう工夫することが望ましい。

また、避難率を用いて算定する指標（想定死者数、孤立者数）については、時間帯、曜日等による避難率の不確実性から、可能な限り複数の避難率を用いて算定を行い、表現することが望ましい。

4. 評価項目と被害指標について

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。

治水経済調査マニュアル（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		
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	
農漁家在庫資産	農漁家の在庫品の浸水被害	
農産物被害	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	<ul style="list-style-type: none"> ・浸水区域内人口 ・災害時要援護者数 ・死者数 ・孤立者数 ・避難者数 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・浸水区域内人口 ・浸水区域内の災害時要援護者数 ・想定死者数 ・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 等
間接被害		
稼働被害		
家計	浸水した世帯の生活環境の悪化	
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	
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支出	
事業所	家計と同様の支出	
国・地方公共団体	家計と同様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の支出	
社会機能低下被害		
医療・社会福祉施設等の機能低下による被害	入所者の人的被害、救急医療等への影響など、医療・社会福祉施設等が浸水により機能低下し、医療・福祉サービス水準が低下することにより生じる被害	<ul style="list-style-type: none"> ・機能低下する医療施設数 ・機能低下する医療施設で治療している入院患者数 ・機能低下する医療施設で治療している人工透析患者数 ・機能低下する社会福祉施設数 ・機能低下する社会福祉施設の利用者数 等
防災拠点施設の機能低下による被害	被災者救護の停滞、危機管理対応への影響など、役所、警察、消防等の防災拠点施設が浸水により機能低下し、公的サービス水準が低下することにより生じる被害	<ul style="list-style-type: none"> ・機能低下する主要な防災拠点施設数 ・機能低下する防災拠点施設の管轄区域内人口（警察・消防・役所等） 等

波及被害	
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(交通迂回)により増加する走行時間・経費等 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
ライフラインの停止による波及被害	電力、水道、ガス、通信等 電力の停止による影響人口 ガスの停止による影響人口 上水道の停止による影響人口 下水道の停止による影響人口 通信(固定)の停止による影響人口 通信(携帯)の停止による影響人口 等
経済被害の域内・域外への波及被害	事業所 中間製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 浸水により被災する上場企業数 浸水により被災する事業所の従業員数 等
精神的被害	
被災の影響による精神的打撃	
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 浸水する地下鉄等の路線、駅等 地下鉄等の浸水により影響を受ける利用者数 浸水する地下街・地下施設 地下街・地下施設の浸水により影響を受ける利用者数 等
文化施設等の被害	文化施設等の被害 浸水する文化施設等 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 水害廃棄物の処理費用 等
リスクプレミアム	被災可能性に対する不安
水害により地域の社会経済構造が変化する被害	水害の規模が大きくなると地域全体が壊滅的な被害を受けることで復旧速度の著しい低下や復旧の長期化を招く場合があり、それが住民や企業の流出などの地域の社会構造の変化をもたらし、被災前の状態に復旧しない被害
高度化便益	

※高潮に対する便益計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⁾、伊勢湾台風による水害では、死者・行方不明者約5,098人、負傷者38,921人に及んだ⁶⁾。

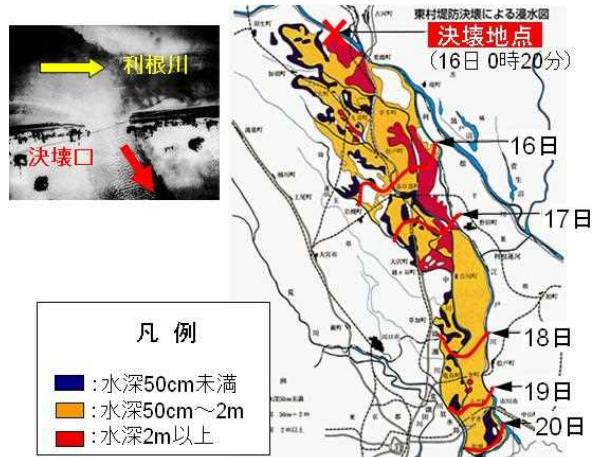
カトリーナによる水害では6万人に及ぶ住民が逃げ遅れて屋根の上などに孤立し、救助活動は約1ヶ月に及んだ⁷⁾。伊勢湾台風においては十数万人⁸⁾、カスリーン台風では約1万1千名の孤立者が発生した⁹⁾。

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¹⁰⁾、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・カトリーナによる水害



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
- ・ 想定死者数
- ・ 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

(2) 医療・社会福祉施設等の機能低下による被害

浸水による医療・社会福祉施設等の機能低下は、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¹¹⁾。

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¹²⁾。

2005 年のハリケーン・カトリーナ水害においては、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¹³⁾。

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¹⁴⁾。

浸水による影響を明らかにすることで、医療・社会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 年台風 23 号 円山川の氾濫
公立豊岡病院（駐車場）の被災状況¹⁵⁾



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¹⁶⁾

<指標例>

- ・機能低下する医療施設数
- ・機能低下する医療施設で治療している入院患者数
- ・機能低下する医療施設で治療している人工透析患者数
- ・機能低下する社会福祉施設数
- ・機能低下する社会福祉施設の利用者数 等
- ・医療施設の機能復旧に要する期間
- ・社会福祉施設の機能復旧に要する期間

※機能復旧に要する期間については、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ことが望ましいが、『Ⅲ参考資料：(1) 復旧期間の考え方』にて記述しているとおり、現時点において設定が困難であることから、今後検討が必要

(3) 防災拠点施設の機能低下による被害

市区町村役場、警察署、消防署等の防災拠点施設が機能低下した場合には、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¹⁷⁾。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¹⁸⁾



平成16年台風23号により浸水した
大江町役場¹⁹⁾

<指標例>

- ・機能低下する主要な防災拠点施設数
- ・機能低下する防災拠点施設の管轄区域内人口（警察・消防・役所等） 等
- ・防災拠点施設の機能復旧に要する期間

※機能復旧に要する期間については、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ことが望ましいが、『Ⅲ参考資料：(1) 復旧期間の考え方』にて記述しているとおり、現時点において設定が困難であることから、今後検討が必要

(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²⁰⁾。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²¹⁾



平成12年東海豪雨
国道1号一色大橋付近の状況²²⁾

<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（交通迂回）により増加する走行時間、経費等 等
- ・ 道路の機能復旧に要する期間

(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
- ・ 鉄道の機能復旧に要する期間

※機能復旧に要する期間については、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ことが望ましいが、『Ⅲ参考資料：(1) 復旧期間の考え方』にて記述しているとおり、現時点において設定が困難であることから、今後検討が必要

(5) ライフラインの停止による波及被害

浸水によるライフラインの停止は、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²³⁾。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くなったため、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り、それが原因で火災が生じた²⁴⁾。

平成12年に発生した東海豪雨水害では、中部管内において最大約33万戸が約5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²⁵⁾。

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²⁶⁾。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²⁷⁾(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²⁸⁾

<指標例>

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

※機能復旧に要する期間については、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ことが望ましいが、『Ⅲ参考資料：(1) 復旧期間の考え方』にて記述しているとおり、現時点において設定が困難であることから、今後検討が必要

(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(株)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、完成車ペースで約17,000台の 生産先送り 。(日経新聞H12.9.13朝刊)
ダイハツ工業(株)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(株) (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(株) (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(株)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(株)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²⁹⁾、³⁰⁾。

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³¹⁾。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³²⁾。本田はタイ工場の浸水により、10月4日から3月25日の5ヶ月半にわたって工場を閉鎖した。フル操業体制となるのは4月の見込みであり、洪水に備えた工場の増設等を今後実施する予定である³³⁾。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³⁴⁾。

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
- ・浸水により被災する上場企業数
- ・浸水により被災する事業所の従業者数 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³⁵⁾。

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、市庁舎、シカゴ証券取引所、当時世界最高の高さの高層ビルであったシアーズ・タワー等の地下フロアが浸水しビル機能が麻痺した。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^{36), 37)}。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³⁸⁾。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³⁹⁾。

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⁴⁰⁾



2002 年プラハの洪水により水没した地下鉄車両

<指標例>

- ・ 浸水する地下鉄等の路線、駅等
- ・ 地下鉄等の浸水により影響を受ける利用者数
- ・ 浸水する地下街・地下施設
- ・ 地下街・地下施設の浸水により影響を受ける利用者数
- ・ 地下鉄の機能復旧に要する期間
- ・ 地下街・地下施設の機能復旧に要する期間 等

※機能復旧に要する期間については、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ことが望ましいが、『Ⅲ参考資料：(1) 復旧期間の考え方』にて記述しているとおり、現時点において設定が困難であることから、今後検討が必要

（8）文化施設等の被害

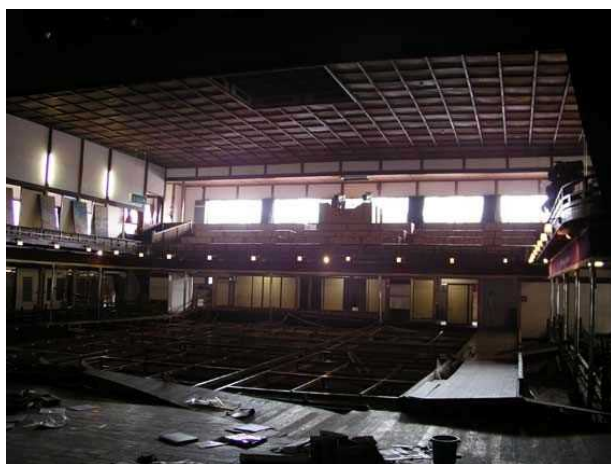
平成 10 年 9 月の高知水害では、高知県立美術館の一階展示コーナーや空調設備が浸水し、県展出典作品などと合わせ、約 10 億円の被害が発生した。再開まで約 3 ヶ月を要した。

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⁴¹⁾



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⁴²⁾

<指標例>

- ・ 浸水する文化施設等
- ・ 文化施設等の機能復旧に要する期間 等

※機能復旧に要する期間については、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ことが望ましいが、『Ⅲ参考資料：(1) 復旧期間の考え方』にて記述しているとおり、現時点において設定が困難であることから、今後検討が必要

(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⁴³⁾。

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
- ・ 水害廃棄物の処理費用 等

Ⅱ. 指標の算出手法

1. 人的被害

【分類①】

(1.1) 浸水区域内人口

浸水シミュレーションによる浸水区域内の人口を推計する。

【推計手法】

$$\text{浸水区域内人口} = P_0 + P_1$$

P_0 : 浸水区域内人口 (65 歳以上) P_1 : 浸水区域内人口 (65 歳未満)

【推計の考え方】

浸水深 0cm を上回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 $= P_0 + (P_2 + P_3 \times 2/5) + (P_2 \times 1/5 \times 1/4)$ $+ \{P_1 - (P_2 + P_3 \times 2/5) - (P_2 \times 1/5 \times 1/4)\} \times \zeta$ P ₀ ：浸水区域内人口（高齢者：65歳以上）、P ₁ ：浸水区域内人口（65歳未満） P ₂ ：浸水区域内人口（0～4歳）、P ₃ ：浸水区域内人口（5～9歳） ζ：65歳以下の人口に占める障がい者割合

【推計の考え方】

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。災害時要援護者は、高齢者、障がい者、乳幼児、妊婦等⁴⁴⁾とし、浸水区域内における災害時要援護者を推計する。

<障がい者人口（身体・知的・精神）の年齢階層別割合ζについて>

災害時要援護者数を推計するにあたり、2重計上にならないよう、障がい者については、浸水区域内人口から高齢者、乳幼児、妊婦を差し引いたものに、65歳未満の人口に占める障がい者の割合を乗じることで算定する。

なお、65歳未満の障がい者の年齢階層別の割合については、下記の表に取りまとめている、4%を用いるものとする。

障がい者（身体・知的・精神）の人口に占める割合（年齢階層別） (人)

	65歳未満	65歳以上	合計
障害者数（身体 ⁴⁵⁾ ・知的 ⁴⁶⁾ ・精神 ⁴⁷⁾	3,702,600	3,141,300	6,896,000
人口（年齢階層別） ⁴⁸⁾	96,722,000	30,793,000	127,515,000
割合	3.8%	10.2%	

<参照データ>

「高齢者」については国勢調査（65歳以上）の人口データを使用する。災害時要援護者の乳幼児については、国勢調査（0～4歳）データと国勢調査（5～9歳）データから7歳未満に換算する。

「妊婦」については、国勢調査データ（0～4歳）を用いて、近年5カ年の年平均妊婦数を算出する。妊娠期間のうち自力避難が困難となる期間は、労働基準法⁴⁹⁾の産前・産後休暇期間をもとに産前1カ月、産後2カ月とし、年平均妊婦数の1/4を妊婦における災害時要援護者として算出する。「障がい者」については、65歳未満の障がい者の年齢階層別の割合4%をメッシュ内人口（乳幼児・児童、高齢者、妊婦を除く）に乗じることにより算出する。

(1.3) 想定死者数

浸水による想定死者数を避難率別に推計する。

【推計手法】

$$\text{想定死者数} = P_0 \times (1 - \varepsilon) \times s_0 + P_1 \times (1 - \varepsilon) \times s_1$$

P_0 : 浸水区域内人口 (65 歳以上)

P_1 : 浸水区域内人口 (65 歳未満)

ε : 避難率

s_0 : 住宅階数・浸水深に応じた死亡率 (65 歳以上)

s_1 : 住宅階数・浸水深に応じた死亡率 (65 歳未満)

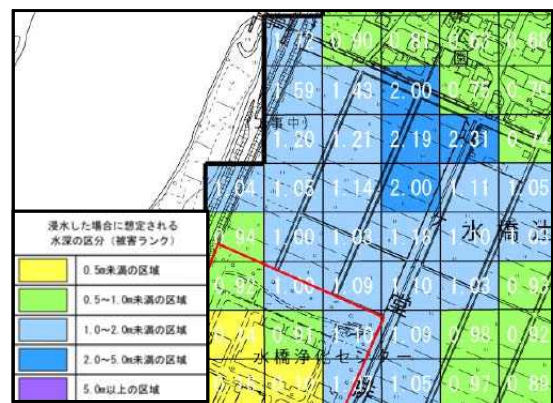
【推計の考え方】

想定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⁵⁰⁾を適用する。ただし急流河川等、流体力による影響が大きい河川については、流体力の家屋倒壊による想定死者数についても検討を行う必要がある。

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想定死者数を推計する。

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想定死者数を算出する。

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。

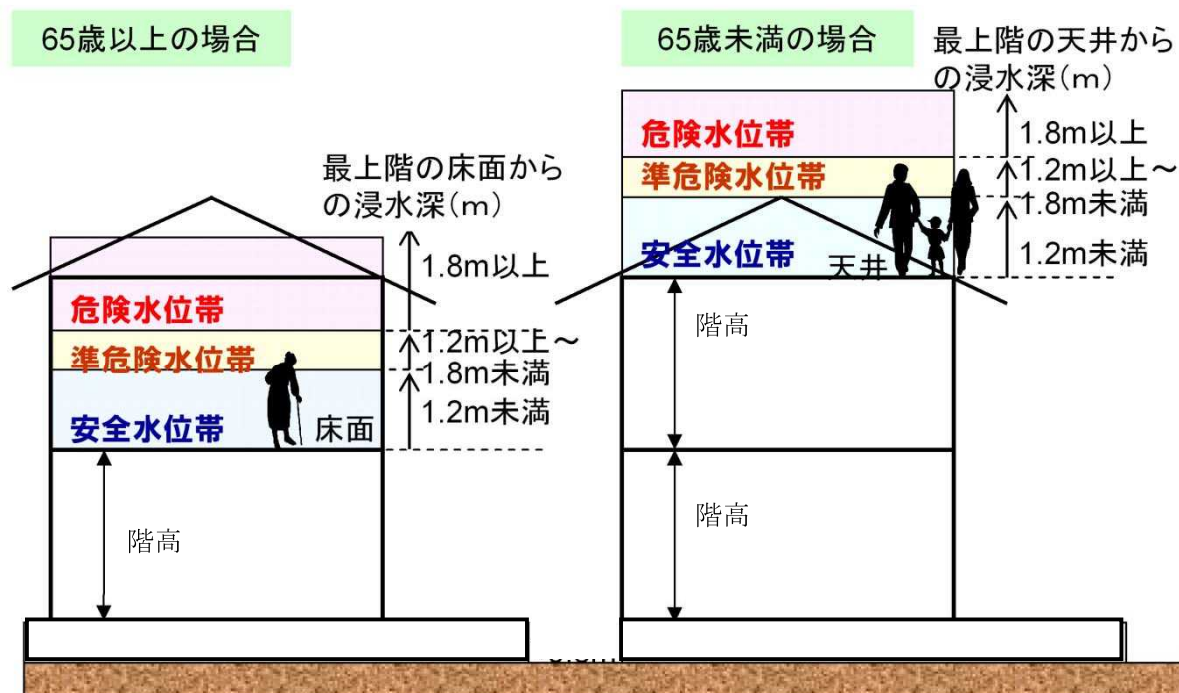


推計に使用する計算メッシュのイメージ

<参照データ>

「年齢別人口」、「階数別世帯数」については国勢調査を使用する。国勢調査には、1 階建、2 階建の区別がないため、住宅・土地統計調査⁵¹⁾の「建物階数別住宅数」を用いて、建物階数別の世帯数を算出し、建物階数別の世帯数を用いて年齢別人口を按分することで「階数別人口」を求める。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>⁵²⁾⁵³⁾



<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⁵⁴⁾
- ・基礎高は実態として30～40cmが34.6%、40cm以上が56.2%⁵⁵⁾、平均約44cm⁵⁶⁾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⁵⁰⁾ことから、2.7mと設定する。

- ・居室の天井高さは、居室の床面から2.1m以上と定められており⁵¹⁾、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⁵²⁾、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%を原則とするが、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考えられる。ただし、時間帯、曜日等による避難率の不確実性から、可能な限り複数の避難率を用いて算定を行う。

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 ⁵⁷⁾	1982年	13
東海豪雨 ⁵⁸⁾	2000年	44
台風9号・北上川 ⁵⁹⁾	2002年	32
新潟・福井豪雨 ⁶⁰⁾	2004年	19（見附市）
		23（三条市）
		36（中之島町）
台風23号豊岡水害 ⁶¹⁾	2004年	33
カトリーナ災害（ニューオリンズ市） ⁶²⁾	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

$$= \text{MAX} \{ P_0 \times (1 - (\text{避難率})) + P_1 \times (1 - (\text{避難率})) \}$$

P_0 : 浸水区域内人口 (65歳以上)

P_1 : 浸水区域内人口 (65歳未満)

【推計の考え方】

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) 想定死者数』と同様に0%、40%、80%の3パターンを原則とし、可能な限り複数の避難率を用いて算定を行う。

なお、避難が困難となる浸水深については、下記を踏まえ閾値を原則50cmとして設定する。ただし、災害時要援護者についてはより低い浸水深で避難が困難になると考えられるが、その詳細については明確な基準がないため、現段階においては、子供の避難が困難となる浸水深30cmを原則の閾値として設定する。

<浸水深と避難が困難となる水位との関係>

30 [cm] : 災害時要援護者の避難が困難となる水位

50 [cm] : 災害時要援護者以外の避難が困難となる水位

<文献等の記載内容>

以下に記載した過去の水害時の状況等を踏まえて、避難が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⁶³⁾。
- ・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⁶⁴⁾。
- ・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以上、女性で50cm以上の場合に避難が困難であった。また、子供については、30cm以上の浸水深の場合に避難が困難であった⁶⁵⁾。
- ・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⁶⁶⁾。

(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

$$= \{ P_4 \times (1 - (\text{避難率})) + P_5 \times (1 - (\text{避難率})) \}$$

P_4 : 3日以上継続する浸水区域内人口 (65歳以上)

P_5 : 3日以上継続する浸水区域内人口 (65歳未満)

【推計の考え方】

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⁶⁷⁾⁶⁸⁾、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) 想定死者数』と同様に0%、40%、80%の3パターンを原則とし、可能な限り複数の避難率を用いて算定を行う。

なお、避難が困難となる浸水深については、下記を踏まえ閾値を原則50cmとして設定する。ただし、災害時要援護者についてはより低い浸水深で避難が困難になると考えられるが、その詳細については明確な基準がないため、現段階においては、子供の避難が困難となる浸水深30cmを原則の閾値として設定する。

<浸水深と避難が困難となる水位との関係>

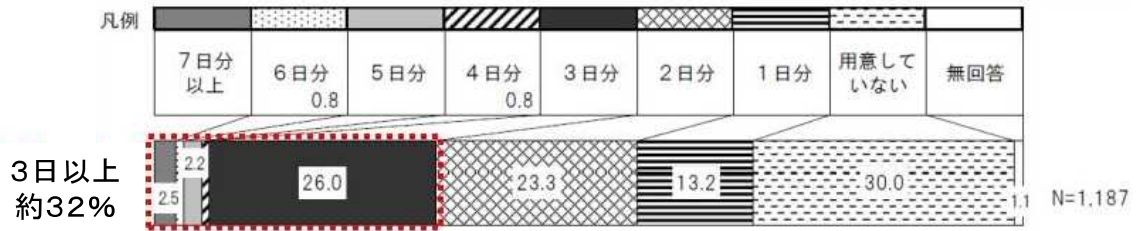
30 [cm] : 災害時要援護者の避難が困難となる水位

50 [cm] : その他の避難が困難となる水位

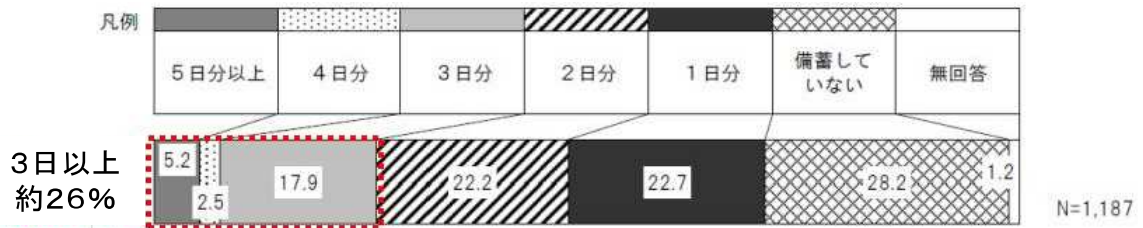
<災害に備えた飲料水や食料の備蓄量>

- ・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⁶⁷⁾。
- ・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⁶⁹⁾。

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)⁶⁷⁾

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)⁶⁸⁾

(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】

$$\begin{aligned} & 10年あたりの避難回数 \\ & = (10年間に避難判断水位に到達する回数) \end{aligned}$$

【推計の考え方】

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。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。

(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】

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

※「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。

【推計の考え方】

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ことで、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。

2. 医療・社会福祉施設等の機能低下による被害

【分類②】

(2.1) 機能低下する医療施設数

浸水により機能低下する医療施設数を記述する。

【推計手法】

浸水により機能低下する医療施設を抽出し、その数を記述する。

【推計の考え方】

地域の拠点となる医療施設が機能低下すると、地域医療に大きな影響が生じると考えられ、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、浸水により機能低下する施設を抽出し、その数を記述する。

<浸水による医療施設の機能低下の考え方>

機能低下する条件については、自動車でのアクセスが困難（患者の通院が困難）となる30cm以上の浸水による機能低下と医療設備の水没による機能低下の2つの条件が考えられるが、医療設備の水没する浸水深については、ヒアリングより30cm以下となることはほとんどないと考えられるため、自動車でのアクセスが困難となる浸水深30cmを閾値として設定することを原則とする。しかし、病院の立地状況や接続する道路の状況により、30cmを用いることが適切でない場合については、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

<浸水深と医療施設の機能低下との関係>

30 [cm] : 自動車（救急車）の走行困難、災害時要援護者の避難が困難な水位

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）

※床高は、建物によって異なるため、50cm未満でも床上となる場合もあることに注意が必要。

※自動車が走行困難となる浸水深については『(4.1) 途絶する主要な道路』で整理している。

※コンセントが浸水し停電する浸水深については『(5.1) 電力の停止による影響人口』にて整理している。

<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⁷⁰⁾「公共施設」、災害拠点病院データベース⁷¹⁾、日本救急医学会 HP 全国救命救急センター一覧⁷²⁾、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) 機能低下する医療施設で治療している入院患者数

浸水により機能低下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

【推計の考え方】

浸水する病院を抽出し、病床数、病床利用率を用いて、浸水により機能低下する医療施設で治療している入院患者数を推計する。なお、機能低下する条件については、自動車でのアクセスが困難なことによる機能低下と医療設備の水没による機能低下の2つの条件から設定する。

<アクセスが困難なことによる機能低下の考え方>

アンケート調査⁷³⁾によると、食料・飲料水・医療品の備蓄は2～3日分としている病院が多く、浸水深30cm以上で自動車による医療施設への人的・物的なアクセスが困難となることを踏まえ、医療施設の機能低下の条件は、物資の不足が生じると考えられる30cm以上の浸水深が3日以上継続することを閾値として設定することを原則とする。しかし、病院の立地状況や接続する道路の状況により、30cmを用いることが適切でない場合は、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

<医療設備の水没による機能低下の考え方>

浸水が長期化しない場合においても、浸水深によっては医療設備の水没、非常用電源の水没などによる電源喪失により医療サービスの提供が困難となる場合がある。自家発電機などの設置位置やMRI、CTなどの重要医療機器等の設置場所については、一律に設定することが困難であるため、機能が停止する浸水深は、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

<浸水深と医療施設の機能低下との関係>

30 [cm] : 自動車（救急車）の走行困難、災害時要援護者の避難が困難な水位

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）

※床高は、建物によって異なるため、50cm未満でも床上となる場合もあることに注意が必要。

※自動車が走行困難となる浸水深については『(4.1) 途絶する主要な道路』で整理している。

※コンセントが浸水し停電する浸水深については『(5.1) 電力の停止による影響人口』にて整

理している。

<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」⁷⁴⁾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る場合や、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) 機能低下する医療施設で治療している人工透析患者数

医療施設の機能低下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 ：浸水により機能が低下する病院数

D_c ：当該都道府県の1診療所あたり透析患者数

N_c ：浸水により機能が低下する診療所数

【推計の考え方】

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の代表指標として、統計データがあり、全国に約30万人⁷⁵⁾の患者が存在する人工透析患者への影響を推計する。

<アクセスが困難（通院困難）なことによる機能低下の考え方>

人工透析患者については、そのほとんどが通院による治療であることから⁷⁶⁾、機能低下する浸水深については、自動車によるアクセス（通院）が困難となる浸水深30cmを閾値として設定することを原則とする。ただし、病院の立地状況や接続する道路の状況により、30cmを用いることが適切でない場合については、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

<浸水深と医療施設の機能低下との関係>

30 [cm]：自動車（救急車）の走行困難、災害時要援護者の避難が困難な水位

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）

※床高は、建物によって異なるため、50cm未満でも床上となる場合もあることに注意が必要。

※自動車が走行困難となる浸水深については『(4.1) 途絶する主要な道路』で整理している。

※コンセントが浸水し停電する浸水深については『(5.1) 電力の停止による影響人口』にて整理している。

<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」⁷⁷⁾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）⁷⁸⁾で除して、算出する。

(2.4) 機能低下する社会福祉施設数

浸水により機能が低下する社会福祉施設数を記述する。

【推計手法】

浸水により機能低下する社会福祉施設を抽出し、その数を記述する。

【推計の考え方】

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、浸水によって機能が低下する社会福祉施設等を抽出し、その数を記述する。

<浸水による社会福祉施設の機能低下の考え方>

機能低下する条件については、自動車でのアクセスが困難（利用者の施設利用困難）となる 30cm 以上の浸水による機能低下と介護設備等の水没による機能低下の 2 つの条件が考えられるが、介護設備等が水没する浸水深については、関係機関へのヒアリングにより 30cm 以下となることはほとんどないと考えられるため、自動車でのアクセスが困難となる浸水深 30cm を閾値として設定することを原則とする。しかし、社会福祉施設の立地状況や接続する道路の状況により、30cm を用いることが適切でない場合については、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

<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、障がい者、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、身体障がい者施設、知的障がい者更生施設、保育園、幼稚園を対象とする。

<浸水深と社会福祉施設の機能低下との関係>

30 [cm] : 自動車が走行困難、災害時要援護者の避難が困難となる水位

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（介護設備等の使用困難）

※床高は、建物によって異なるため、50cm 未満でも床上となる場合もあることに注意が必要。

※自動車が走行困難となる浸水深については『(4.1) 途絶する主要な道路』で整理している。

※コンセントが浸水し停電する浸水深については『(5.1) 電力の停止による影響人口』にて整理している。

<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⁷⁹⁾「公共施設」等より取得する。

(2.5) 機能低下する社会福祉施設の利用者数

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】

浸水の影響により機能低下する社会福祉施設等の利用者数 $= \Sigma P_5$

P_5 : 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

【推計の考え方】

浸水により機能低下する社会福祉施設等の利用者数を推計する。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、機能低下する条件については、自動車によるアクセスが困難なことによる機能低下と介護等設備の水没による機能低下の2つの条件から設定する。

<アクセスが困難なことによる機能低下の考え方>

アンケート調査⁸⁰⁾によると、食料・飲料水の備蓄は、3日分としている社会福祉施設が多く、浸水深30cm以上で、自動車による社会福祉施設への人的・物的なアクセスが困難となることを踏まえ、社会福祉施設の機能低下の条件は、物資の不足が生じると考えられる30cm以上の浸水が3日以上継続することを閾値として設定することを原則とする。しかし、社会福祉施設の立地状況や接続する道路の状況により、30cmを用いることが適切でない場合については、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

<介護等設備の水没による機能低下の考え方>

浸水が長期化しない場合においても、浸水深によっては介護等設備の水没、非常用電源の水没などによる電源喪失により介護・保育サービスの提供が困難となる場合がある。ただし、自家発電機などの設置位置や介護等設備の設置場所については一律に設定することが困難であるため、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

<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、障がい者、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、身体障がい者施設、知的障がい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。

<浸水深と社会福祉施設の機能低下との関係>

30 [cm] : 自動車が走行困難、災害時要援護者の避難が困難となる水位

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（介護設備等の使用困難）

- ※床高は、建物によって異なるため、50cm未満でも床上となる場合もあることに注意が必要。
- ※自動車が走行困難となる浸水深については『(4.1) 途絶する主要な道路』で整理している。
- ※コンセントが浸水し停電する浸水深については『(5.1) 電力の停止による影響人口』にて整理している。

< 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. 防災拠点施設の機能低下による被害

【分類②】

(3.1) 機能低下する主要な防災拠点施設数

浸水により機能低下する市区町村役場、警察、消防等の防災拠点施設数を記述する。

【推計手法】

機能が低下する市区町村役場、警察署、消防署、及びそれらの出先事務所等を抽出し、その数を記述する。

【推計の考え方】

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低下が生じると、災害対応業務に著しく支障が生じるおそれがある。これらの防災拠点施設のうち、浸水により機能低下する施設を抽出し、その数を記述する。

<浸水による防災拠点施設の機能低下の考え方>

防災拠点施設については、自家発電機による停電対策等、一定の浸水対策を行っていると考えられることから、機能に影響が生じる浸水深を一律に設定することは困難である。ただし、浸水深 30cm にて緊急車両やパトロール車による出動が困難となることから、浸水深 30cm を機能低下の閾値として設定することを原則とする。しかし、防災拠点施設の立地状況や接続する道路の状況により、30cm を用いることが適切でない場合については、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

<浸水深と防災拠点施設の機能低下との関係>

30 [cm] : 自動車（緊急車両、パトロール車）が走行困難

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（防災無線等の使用困難）

※床高は、建物によって異なるため、50cm 未満でも床上となる場合もあることに注意が必要。

※自動車が走行困難となる浸水深については『(4.1) 途絶する主要な道路』で整理している。

※コンセントが浸水し停電する浸水深については『(5.1) 電力の停止による影響人口』にて整理している。

<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。

(3.2) 機能低下する防災拠点施設の管轄区域内人口（警察・消防・役所等）

市区町村役場、警察、消防等の防災拠点施設が浸水し機能低下することにより、影響を受ける管轄区域内の人口を推計する

【推計手法】

防災拠点施設の機能低下による影響人口 = ΣP_6

P_6 : 機能低下する警察・消防・役所等の管轄区域内人口

【推計の考え方】

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っていることから、浸水による機能低下により災害対応業務に著しく支障が生じるおそれがある。これらの防災拠点施設のうち浸水により機能低下する防災拠点施設を抽出し、影響を受ける防災拠点施設の管轄区域内人口を推計する。

<浸水による防災拠点施設の機能低下の考え方>

機能低下する条件は、『(3.1) 機能低下する主要な防災拠点施設数』と同様に、浸水深 30cm を閾値として設定することを原則とする。なお、各防災拠点施設の管轄区域については、重複している可能性があるため、2重計上に注意する。

<浸水深と防災拠点施設の機能低下との関係>

30 [cm] : 自動車（緊急車両、パトロール車）が走行困難

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（防災無線等の使用困難）

※床高は、建物によって異なるため、50cm 未満でも床上となる場合もあることに注意が必要。

※自動車が走行困難となる浸水深については『(4.1) 途絶する主要な道路』で整理している。

※コンセントが浸水し停電する浸水深については『(5.1) 電力の停止による影響人口』にて整理している。

<参照データ>

防災拠点施設の管轄区域は、各管理者に問い合わせることで把握する。

4. 交通途絶による波及被害

(a) 道路

【分類②】

(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。

【推計の考え方】

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。

<浸水による道路途絶の考え方>

自動車の通行に支障が生じる浸水深は以下を踏まえ、浸水深 30cm を閾値として設定することを原則とする。しかし、盛土構造や高架等により道路が高い場合やアンダーパス等により低い浸水深でも影響を受ける場合については、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

<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が悪くなる
- 20 [cm] : 道路管理者によるアンダーパス等の通行止め基準
- 30 [cm] : 自治体のバス運行停止基準**
乗用車の排気管やトランスミッション等が浸水
- 60 [cm] : J A F の実験でセダン、S U V とともに走行不可⁸¹⁾

<参照データ>

道路の位置情報は国土地理院数値地図⁸²⁾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

$$= \Sigma \{ (\text{途絶道路区間の平日 24 時間交通量(台数)} \times t_1/24) \}$$

t_1 : 道路が途絶する期間 (浸水期間+復旧期間)

【推計の考え方】

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、道路の抽出を行い、途絶道路の平日 24 時間交通量 (台数) を、自動車の通行に支障が生じる浸水深 30cm 以上となる途絶期間で按分した台数の総和を影響台数として推計する。

しかし、盛土構造や高架等により道路が高い場合については、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

については、浸水期間と復旧期間の日数の合計にて設定することが望ましいが、復旧期間の設定が困難と考えられるため、当面は浸水期間のみで設定する。

<浸水による道路途絶の考え方>

機能低下する条件は、『(4.1) 途絶する主要な道路』と同様に、浸水深 30cm を閾値として設定することを原則とする。

<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
- 20 [cm]: 道路管理者によるアンダーパス等の通行止め基準
- 30 [cm]: 自治体のバス運行停止基準**
乗用車の排気管やトランスミッション等が浸水
- 60 [cm]: J A F の実験でセダン、SUVともに走行不可⁸¹⁾

<参照データ>

道路の交通量の情報は、国土交通省『道路交通センサス』より取得する。

(4.3) 道路途絶（交通迂回）により増加する走行時間、経費等

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】

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

【推計の考え方】

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、経費の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）については時間価値原単位（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^{83), 84), 85)}。

<迂回による走行時間の推計方法>

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 of 許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」⁸⁶⁾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。

<迂回による走行経費の推計方法>

途絶した道路を迂回することによる走行経費は、走行時間に含まれない項目を対象とし、燃料費、油脂（オイル）費、タイヤ・チューブ費、車両整備（維持／修繕）費、車両償却費等の項目を対象として算定する。

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費用増加の総和を推計する。交通需要推計結果のリンク別のデータを用いて、迂回経路による走行経費の増加を算定する。

なお、走行経費原単位は、道路種別（高速道路、一般道）、沿道状況（市街部、非市街部（平地部）、非市街部（山地部））、日平均走行速度より車種別に設定する。

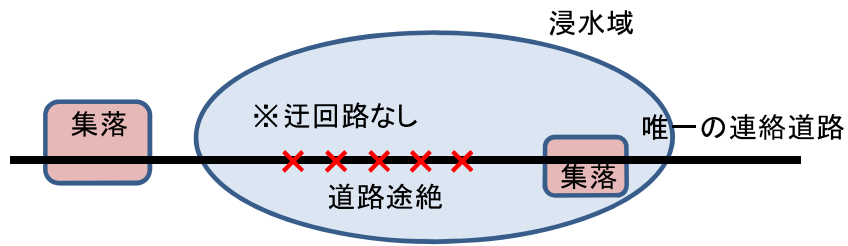
<道路途絶による迂回の設定方法>

○浸水範囲と迂回路の捉え方

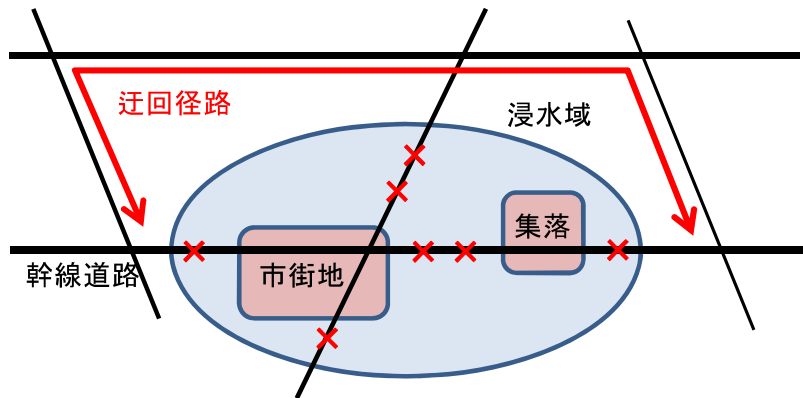
浸水範囲・規模と集落・市街地の立地、道路網との関係は、中山間地域や地方部、都市部によって異なることから、浸水域と道路途絶（交通迂回）の関係も様々なパターンが想定されるが、典型例として次の3パターンが考えられる。特に、C：都市部の場合で示すようなパターンの場合には、外部通過交通と内部発生交通の両者の迂回交通が混在することや、そのため渋滞の発生も想定される。

上述のような複数の道路途絶箇所の発生とネットワークでの迂回交通量の変化を把握するためには、動的な交通量解析を用いた交通量配分の算定が必要となるが、今後、算定手法の簡易化を検討することが望ましい。

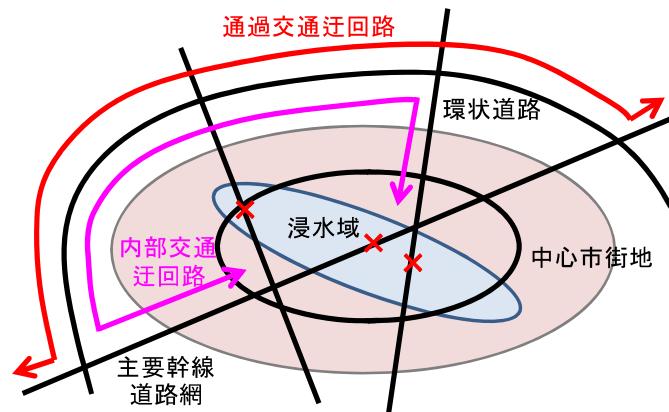
【A：中山間地域（唯一の幹線道路：迂回路なし）】



【B：地方部】



【C：都市部】



浸水域と道路途絶・迂回の関係（典型例のイメージ）

(b) 鉄道

【分類③】

(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。
- ・運行停止区間の設定にあたり、一連区間となっている折り返し運行区間、自動列車停止装置（ATS）等の制御区間については、一部が浸水した場合においても、一連区間全体まで影響が波及することに留意する。
- ・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。

【推計の考え方】

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。鉄道事業者へのヒアリングにより、下記の確認が取れている。

- ・ポイントは、レールと同じ高さに設置しているため、枕木よりも浸水深が大きくなると支障が生じる。
- ・盛土構造の場合は、盛土部まで浸水すると、土が緩む可能性があるため、運行可能か確認する必要がある。
- ・バラスト部が浸水した場合は、付近に通信ケーブル（信号ケーブル）があることから、確認が必要となる。
- ・LRT、路面電車の場合は、道路面と軌道面が同一高さのため、10cm程度の浸水深にて運行が停止する可能性がある。

浸水する当該路線の事業者に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。また、LRTや路面電車については、道路面を走行する特性から、通常の鉄道とは浸水深による影響が異なることに留意する。

ヒアリング結果より、鉄道の運行に支障が生じる閾値は、浸水深 60cm を閾値として設定し、また路面電車、LRT については、浸水深 10cm を閾値として設定することを原則とする。ただし、各事業者への調査が可能であれば、管理者等への確認を行い、個別に設定することが望ましい。

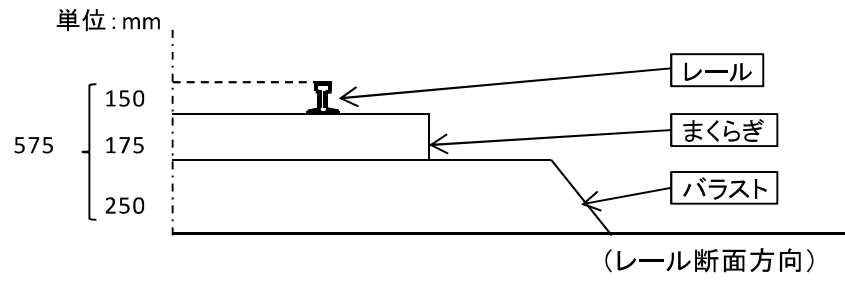
<浸水深と鉄道の運行との関係>

10[cm]：運行が困難となるおそれ（路面電車・LRT）

30[cm]：通信ケーブルに支障がでるおそれ（鉄道）

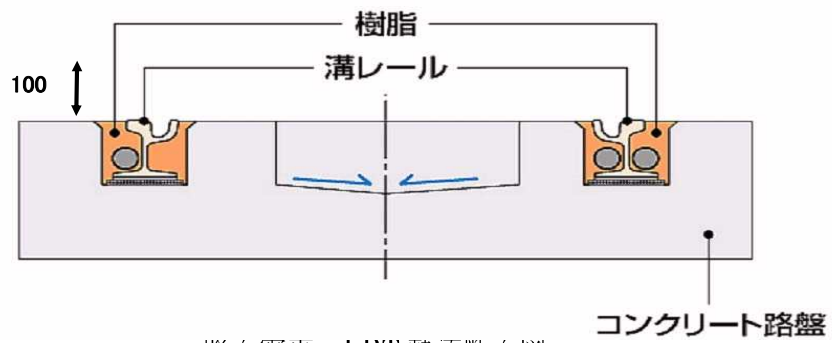
50[cm]：土砂を含む水の浸水によりポイント設備が故障するおそれ（鉄道）

60[cm]：鉄道レールが冠水する浸水深（鉄道）



鉄道軌道断面図

(ヒアリング結果を基に水管理・国土保全局が作成)



路面電車・LRT 軌道断面図

(LRT都市サミット広島 2009_鉄道局講演資料⁸⁷⁾)

(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】

$$\begin{aligned} & \text{鉄道途絶により影響を受ける利用者数} \\ & = \Sigma (\text{途絶する鉄道路線の1日利用者数} \times t_2 / 24) \\ & \quad t_2: \text{鉄道が途絶する期間 (浸水期間+復旧期間)} \end{aligned}$$

※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。

【推計の考え方】

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。推計にあたっては、途絶する鉄道の日あたりの利用者数を、運行に支障が生じる途絶期間で按分することで算定する。影響人数を推計する。「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⁸⁸⁾。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。なお、鉄道が途絶する期間については、浸水期間と復旧期間の日数の合計にて設定することが望ましいが、復旧期間の設定が困難と考えられるため、当面は浸水期間のみで設定する。

<浸水による鉄道途絶の考え方>

機能低下する条件は、『(4.4) 途絶する主要な鉄道』と同様に、鉄道の運行に支障が生じる閾値は、浸水深 60cm を閾値として設定し、また路面電車、LRT については、浸水深 10cm を閾値として設定することを原則とする。

<浸水深と鉄道の運行との関係>

10[cm] : 運行が困難となるおそれ (路面電車・LRT)

30[cm] : 通信ケーブルに支障がでるおそれ (鉄道)

50[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 (鉄道)

60[cm] : 鉄道レールが冠水する浸水深 (鉄道)

<参照データ>

道路の交通量の情報は、国土交通省『大都市交通センサス』等により取得する。

5. ライフラインの停止による波及被害

【分類②】

(5.1) 電力の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

$$\text{影響人口} = \sum P \times (\alpha + (1 - \alpha) \times 1 / f_0)$$

② 浸水深 100cm～340cm

$$\text{影響人口} = \sum P \times \{ \alpha + (1 - \alpha) \times (1 / f_0 + (1 - 1 / f_0) \times \beta) \}$$

③ 浸水深 340cm 以上

$$\text{影響人口} = \sum P \times \{ \alpha + (1 - \alpha) \times (f_1 / f_0 + (1 - f_1 / f_0) \times \beta) \}$$

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_0 ：集合住宅等の平均階数

f_1 ：集合住宅等の浸水階数

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

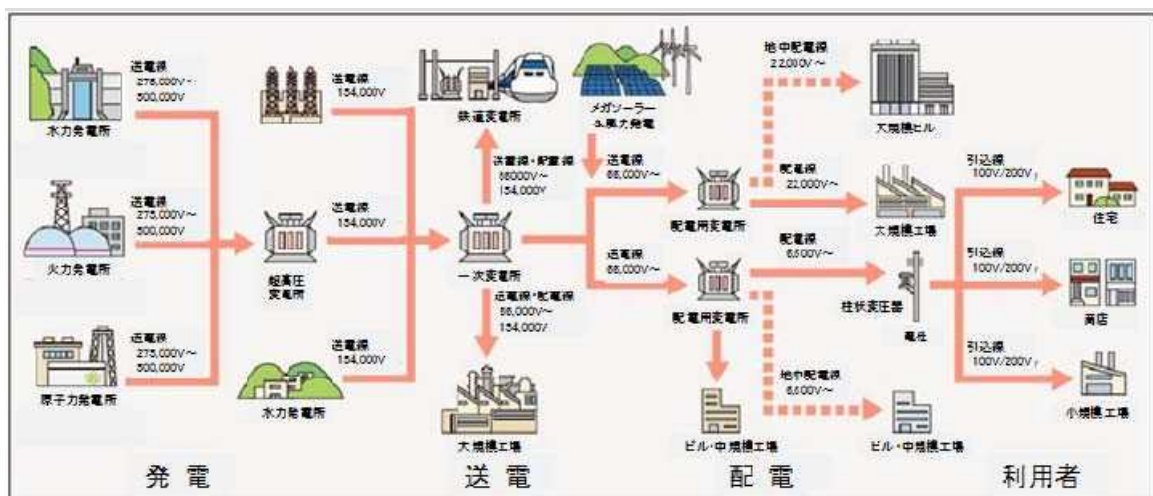


図 東京電力提供資料より

【推計の考え方】

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。

電力事業者へのヒアリングにより、下記の確認がとれている。

- ・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。また、需要側施設と比較すると一定程度の浸水対策がなされている。
- ・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、比較的低い浸水深から機能が停止し始める。

- ・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。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。

以上を踏まえ、本手引においては、浸水による電力の停止の推計方法を原則として次のように設定した。

供給側施設からのアプローチでは、その全体像の把握に多大な労力を要するのに加え、計算にあたりバックアップ・システムを考慮した複数の条件設定が必要になる。また、浸水対策がなされている供給側施設よりも、低い浸水深で需要側施設が停止し始めると考えられるため、需要側施設からのアプローチをとることとする。需要側施設が浸水したことによる停電範囲は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。



<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) 想定死者数』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。

水深 100cm～340cm

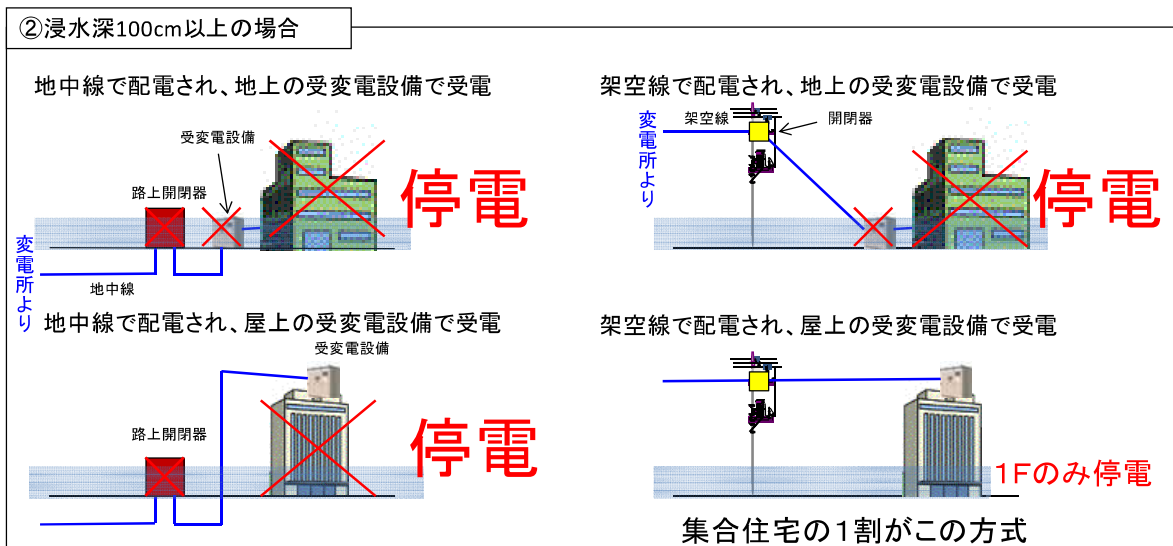
①に加え、100cm 以上の浸水により、地上に設置された受変電設備（6, 600V 等の高圧で受電した電気を使用に適した電圧まで降下させる設備）及び地中線と接続された路上開閉器が浸水するため、集合住宅等の棟全体が停電する場合があります。集合住宅等のうち、棟全体が停電となる割合は次のとおりである。



受変電設備



路上開閉器



<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。

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。

電力事業者へのヒアリングによると、地上に設置されている受変電設備、及び路上開閉器はともに概ね 100cm 程度の浸水深で停止し、棟全体が停電することが確認できた。そこで、地上に受変電設備を設置している場合、または地中線により配電されている場合は、ともに浸水深が 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。

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。

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。

② 水深 340cm 以上

受変電設備等の浸水により、棟全体が停電とならない集合住宅においては、浸水深に応じて階数毎に停電が発生する。停電条件は、各階のコンセントの高さとする。

（1 階床高 50cm+階高 270cm×（階数－1）＋コンセント設置高 20cm）

< 参照データ >

α 、 f は「住宅・土地統計調査」⁸⁹⁾ 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

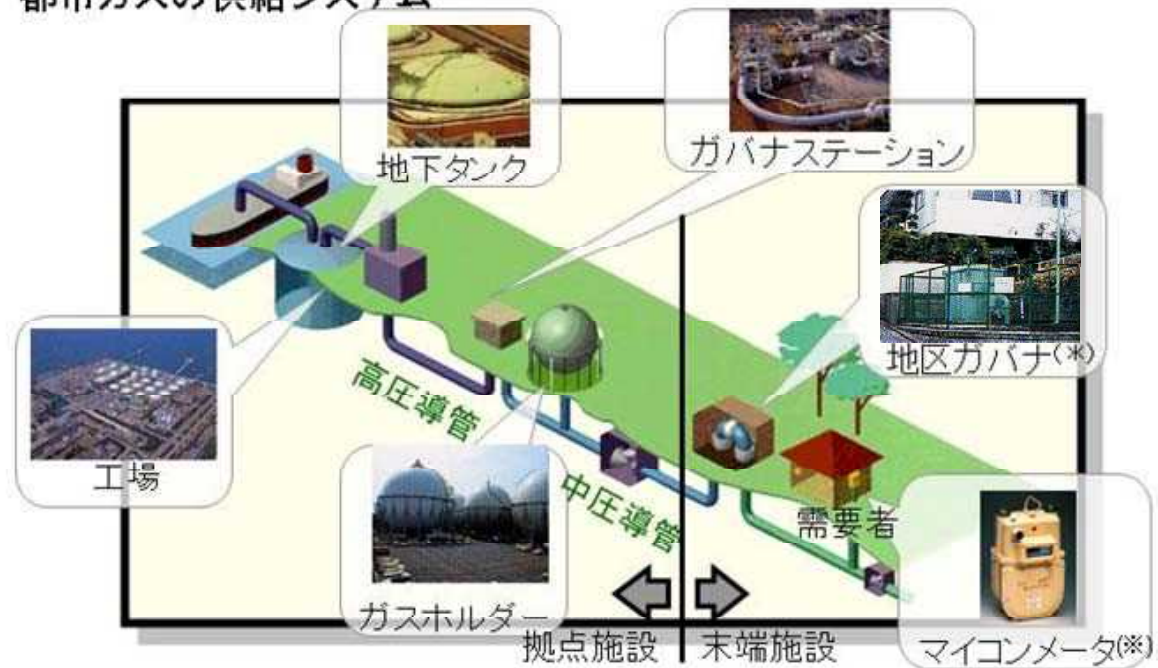
③浸水深 140cm 以上

$$\text{影響人口} = \Sigma P$$

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

【推計の考え方】

ガスが利用できなくなる要因としては、タンク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。

ガス事業者へのヒアリングにより、下記の確認がとれている。

○ガス事業者

- ・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。
- ・供給側施設の中でも「地区ガバナ」（需要者へ送るガスの圧力を調整する設備）は大気圧をもとにガス圧を調整する施設であり、浸水による影響を受けやすい。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。また、地区ガバナは1基あたり2,000～3,000戸をカバーしている。
- ・需要側施設では、「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）は100cm程度で浸水し、ガスの使用ができなくなる。
- ・ガスコンロの上10cm程度浸水すると、ガスコンロのガス噴出口より家庭用のガス管に水が入り、ガスの圧力が減少することから、給湯器等の使用に影響が出る。

以上を踏まえ、本手引においては、浸水によるガスの停止の推計方法を原則として次のように設定した。

推計の対象として考える施設は地区ガバナとマイコンメータとする。地区ガバナについては、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。また、マイコンメータの浸水については、メッシュ毎の戸建て・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

マイコンメータが浸水するため、以下のとおり設定する。

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



都市ガスのマイコンメータ

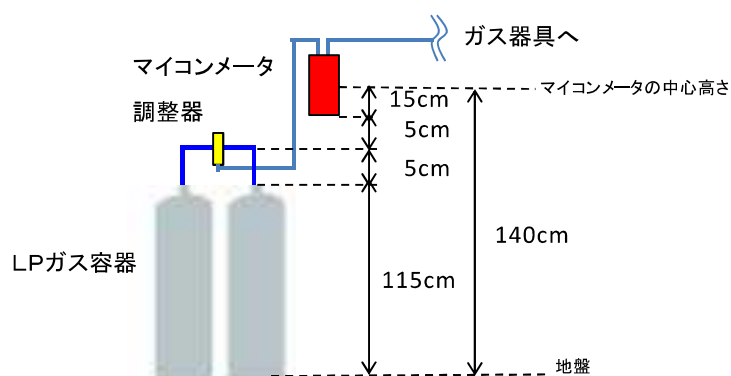
②水深 200cm 以上

地区ガバナが浸水し、戸建て、集合住宅ともに使用不能となるものとする。

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）⁹⁰⁾
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」⁸⁹⁾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浄水場が停止する場合

影響人口 = (浸水により停止する浄水場の給水区域内人口)

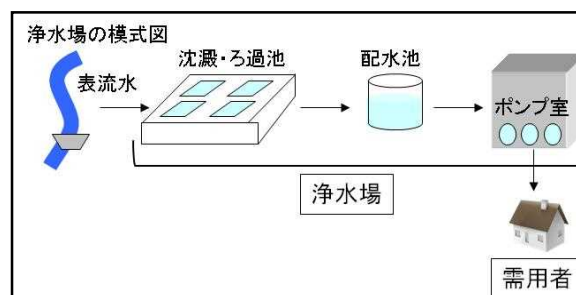
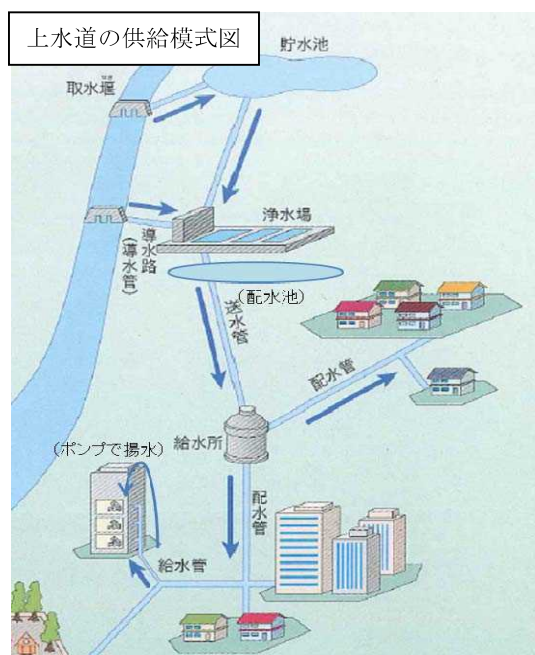
②浄水場が停止しない場合

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

【推計の考え方】

上水道が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。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による確認を行う。

浄水場が停止に至る浸水深は、近年の浸水被害や東日本大震災の津波被害等を踏まえて揚水機能等を確保するための浸水対策が施されることも想定されることから、個々の浄水場の管理者に対してヒアリングによる確認を行い設定する。

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、本手引では推計対象としていない。

① 浄水場が停止する場合

浄水場が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行い、施設の地盤高や浸水対策の有無を確認した上で、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、一般的に浄水場の中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停止すると考え、浸水深 20cm を上水道が停止する閾値として用いてもよいものとする。

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、他の施設が停止する浸水深を設定する。

停止する浄水場の給水区域と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、『(3.1) 電力の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」⁸⁹⁾ 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)別住宅数一全国」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】

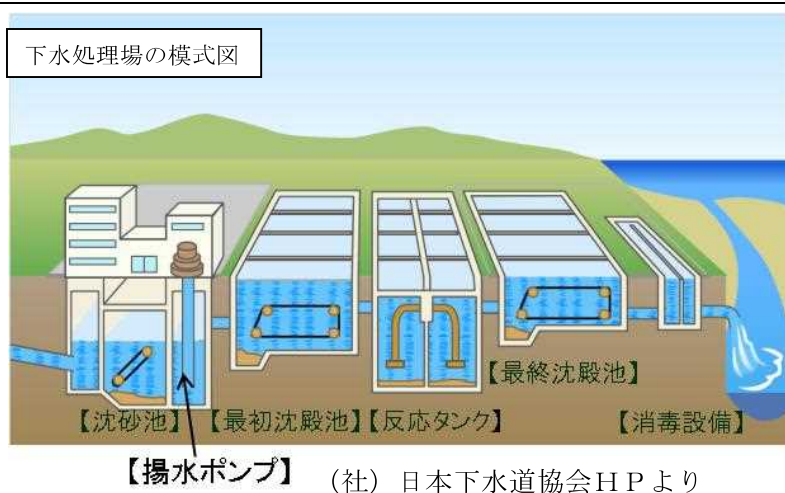
次の①と②をそれぞれ計算メッシュ毎に算出し、重複のないように合計する。

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)



【推計の考え方】

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、下水事業者へ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ことがわかっている。そこで、ポンプ等の停止をもって下水処理場の停止とする。

下水処理場が停止しない場合であっても、中継ポンプ場が浸水して停止した場合には、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停止するか否かを確認する。

したがって、下水道が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、停止する場合
- ② 浸水により中継ポンプ場が停止する場合

の2通りが考えられる。

- ① 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。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により確認を行う。

下水処理場等については施設が低地にある場合が多いが、近年の浸水被害や東日本大震災の津波被害等を踏まえて揚水機能等を確保するための浸水対策が施されることも想定されることから、下水道管理者へのヒアリングによる確認を行い、施設の地盤高や浸水対策の状況を確認した上で、下水道が停止する浸水深を設定する。ヒアリングにより浸水対策を実施していないことが確認された場合には、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停止すると考え、浸水深 20cm を下水道が停止する閾値として用いてもよいものとする。

なお、下水道の処理機能が停止すると、洪水が収まった後、十分な処理が行えないまま河川に排水することもあるなど、環境面等への影響が出る可能性があることについても留意が必要である。

<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（固定）の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

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

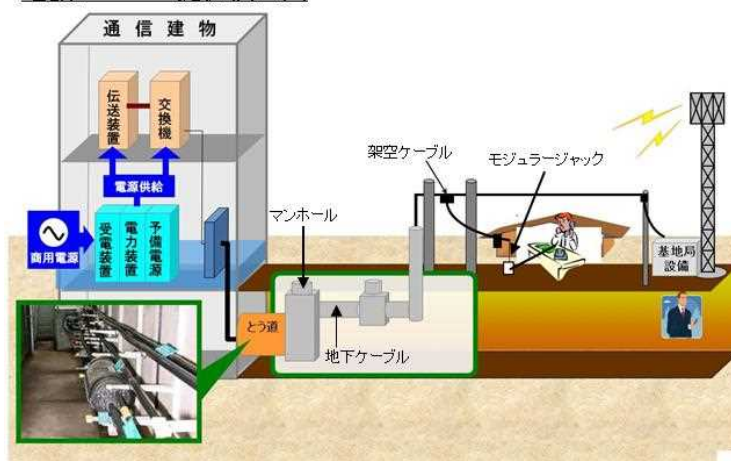
②浸水深 100cm 以上

$$\text{影響人口} = \Sigma P$$

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

電話サービス提供模式図



(NTT 東日本より提供)

【推計の考え方】

通信施設の停止については、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が原因として考えられる。

通信事業者へのヒアリングにより、下記の確認がとれている。

- ・ 交換機は、通信事業者の管理する建物内に設置されており、浸水対策が講じられている。
- ・ 需要側施設については、戸建て住宅や集合住宅等のコンセント及びモジュージャック、集合住宅等に設置された主配線盤等があり、これらはいずれも比較的低い浸水深から停止が始まる。
- ・ モジュージャックの高さはコンセントとほぼ同じであり、70cmの浸水深でモジュージャック及びコンセントに浸水する。
- ・ 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線路の集線盤で

あり、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。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程度の浸水深で停止する。

以上を踏まえ、本手引においては、浸水による通信（固定）の停止の推計方法を原則として次のように設定した。

供給側施設については、供給停止に至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。また、浸水対策がなされている供給側施設よりも、低い浸水深で需要側施設が停止し始めると考えられるため、需要側施設からのアプローチをとることとする。

①浸水深 70～100cm

モジュージャック及びコンセントに浸水するため、

- ・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ージャック

②浸水深 100cm 以上

集合住宅等の主配線盤等が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。

<参照データ>

α、f は「住宅・土地統計調査」⁸⁹⁾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。

主配線盤



(5.6) 通信（携帯）の停止による影響人口

浸水により携帯電話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】

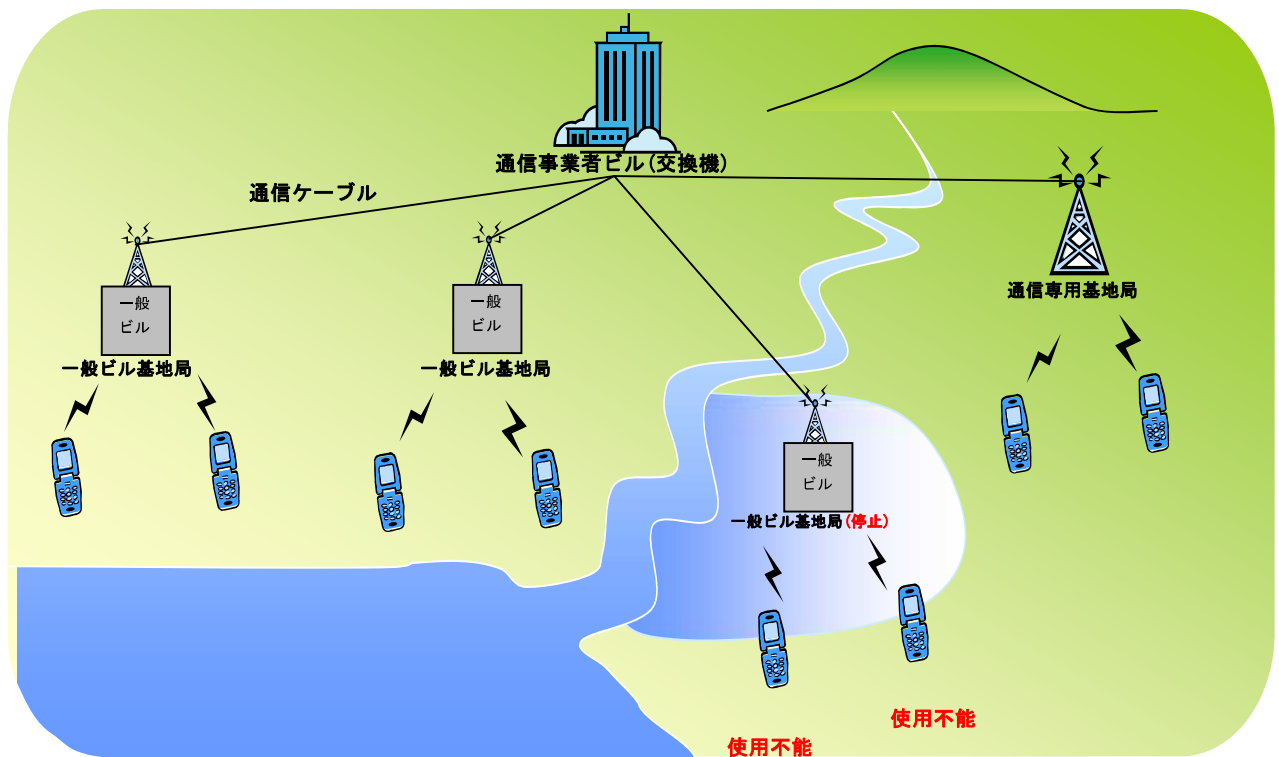
最大浸水深 100cm 以上となり、100cm を超えてから 24 時間を経過後も 30cm 以上の浸水が続く浸水区域内人口

$$\text{影響人口} = \Sigma P \times \beta \times \gamma$$

P : メッシュ内人口 (100cm 以上浸水メッシュ内人口)

β : 浸水深 100cm で基地局が収納されている建物が停電となる割合

γ : 全基地局のうち浸水対策を講じていない基地局の割合



浸水による携帯電話への影響概念図

【推計の考え方】

携帯電話については持ち運びが可能な性質から、住宅の浸水による電源喪失により充電が困難になるなど被害は生じるものの、携帯式の充電器や浸水していない家屋において充電が可能であることから、その影響を正確に予測することは困難である。そのため携帯電話への影響が想定される原因については、サービス供給側施設の停止のみに着目し推計することとする。ここで供給側施設とは、交換機（基地局間の相互接続を行う機械）、通信ケーブル、基地局（携帯電話端末の電波を送受信する施設）をいう。

通信事業者へのヒアリングにより供給側施設について下記の確認がとれている。

- ・交換機は、通信事業者の管理する建物内に設置されており、浸水対策が講じられている。
- ・通信ケーブルには地下ケーブルと架空線がある。地下ケーブルについては水密構造となっており、架空線は地上 7m に設置されているため浸水による影響を受けにくい。
- ・基地局には、一般の民間企業が所有しているビルに基地局を設置しているもの（以下：一般ビル設置基地局）と、通信会社が通信専用として建設した建物の基地局（以下：通信専用基地局）とが存在する。
- ・通信専用基地局は浸水対策が講じられていることが多く、一般ビル設置基地局は浸水対策が講じられていないことがほとんどである。基地局は受変電設備等を通じて電力の供給を受けているため、浸水対策を実施していない受変電設備等が浸水した場合は、停電による影響を受ける。
- ・基地局のカバーエリアは地域によって幅があり 100m～数 km である。
- ・停止する基地局数が少ない場合には、近隣の基地局等でバックアップすることが可能であるが、電波が届きにくくなる。

以上を踏まえ、交換機及び通信ケーブルについては浸水による影響を受けないものとし、基地局の機能が停止することで携帯電話に影響が生じる影響を推計する。カバーエリアは地域によって大きな幅があるため、計算メッシュと同一として設定し推計を行うこととする。基地局のバックアップ機能については、その効果を定量化することが困難であるため、停止した基地局が受け持つ在圏者数をそのまま影響人口として推計することとする。なお、携帯電話普及率については、総務省公表値より 100%⁹¹⁾として設定する。これらの設定により、計算メッシュ毎の浸水深に応じて基地局の停止を判断し、当該のメッシュ人口を計上すれば、影響人口を推計することができることとなる。

<全基地局のうち浸水対策を講じていない基地局の割合 γ （5割）の考え方>

各通信事業者の基地局における浸水対策の程度はさまざまであり、網羅的に調査し設定することは困難であるが、事業者へのヒアリングにより概ね 5割程度であることがわかっている。そこで「浸水対策を講じていない基地局の割合は全基地局の半分である」と設定することとする。ただし、各河川の氾濫域における各基地局の浸水対策状況の調査が可能であれば、個別に設定することが望ましい。

<浸水深 100cm 以上で基地局が停止する割合 β の考え方>

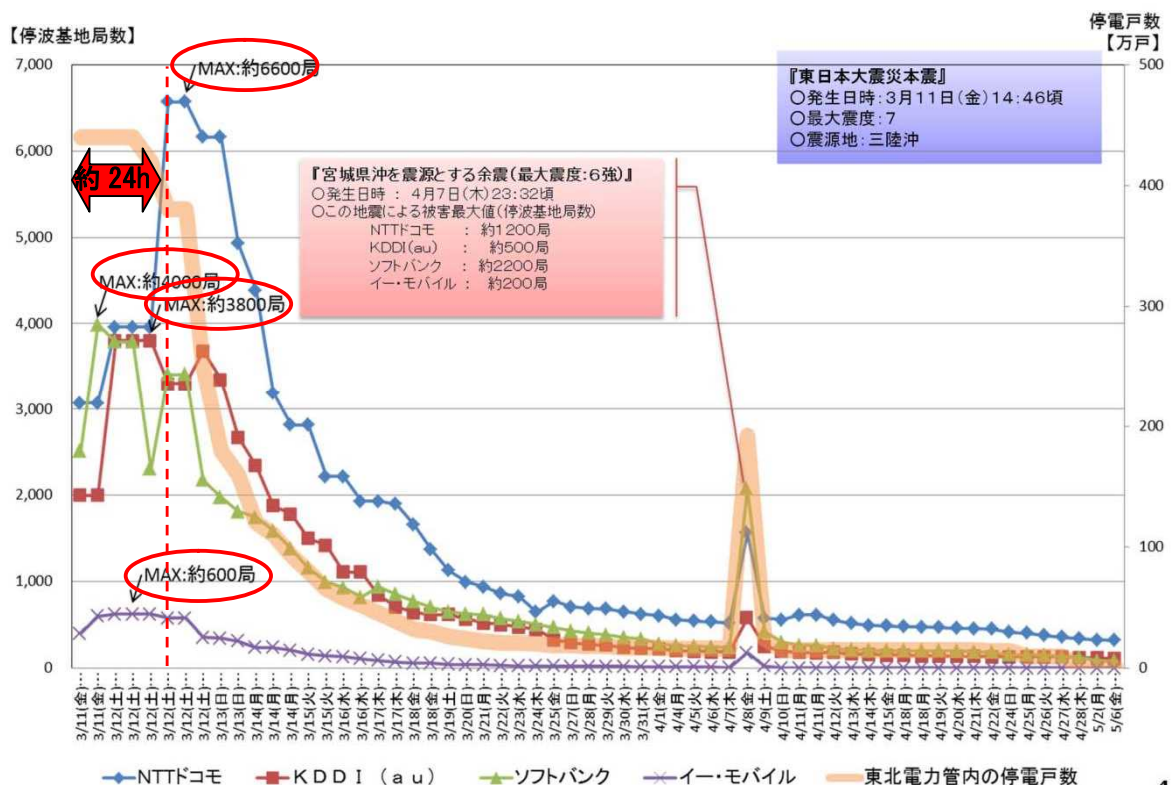
浸水対策を講じていない基地局の多くは一般ビル設置基地局であるため、ビルの浸水による影響の考え方を適用する。『(3.1) 電力の停止による影響人口』にて設定したとおり、浸水深 100cm 以上で 9割が停止するものとして設定する。

＜30cm以上の浸水が24時間継続した場合に影響が出るとした考え方＞

基地局の予備電源には、自家発電によるものとバッテリーによる2つのパターンがあるが、ともに備蓄している燃料、電池を消費してしまうと、自動車による燃料補給、バッテリーの交換が必要となる。『(4.1) 途絶する主要な道路』にて設定したように30cm以上浸水している場合は自動車の通行が困難となるため、備蓄燃料、電池を消費した時点で30cm以上浸水している地域においては、燃料補給、バッテリー交換ができないため、基地局の機能は停止することとなる。

一方、下図の東日本大震災における携帯電話基地局の停波局数の推移を見てみると、各通信事業者の基地局は6時間程度から停波局数が増加し始め、24時間程度に全事業者の停波局数が最大となる。これは予備電源の電力が停止したことにより停波したものと考えられることから、24時間を予備電源の容量として設定する。

以上のことから、30cm以上の浸水深が24時間以上続く地域においては、基地局の機能が停止し、携帯電話の使用が不可能になると設定する。



東日本大震災時における携帯電話基地局の停波局数の推移⁹²⁾

6. 経済被害の域内・域外への波及被害

【分類①】

(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。

【推計の考え方】

水害による直接的な生産能力の低下を把握する。これは、設備の浸水だけではなく、ライフラインの停止や道路の途絶などによる影響も加味することが望ましい。このようなデータが入手可能でない場合は、簡易な生産関数を仮定することで評価することも考えられる。

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。

生産額の減少に伴う被災地域の最終需要の減少を推計し、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要素の投入構造(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^{93), 94)}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

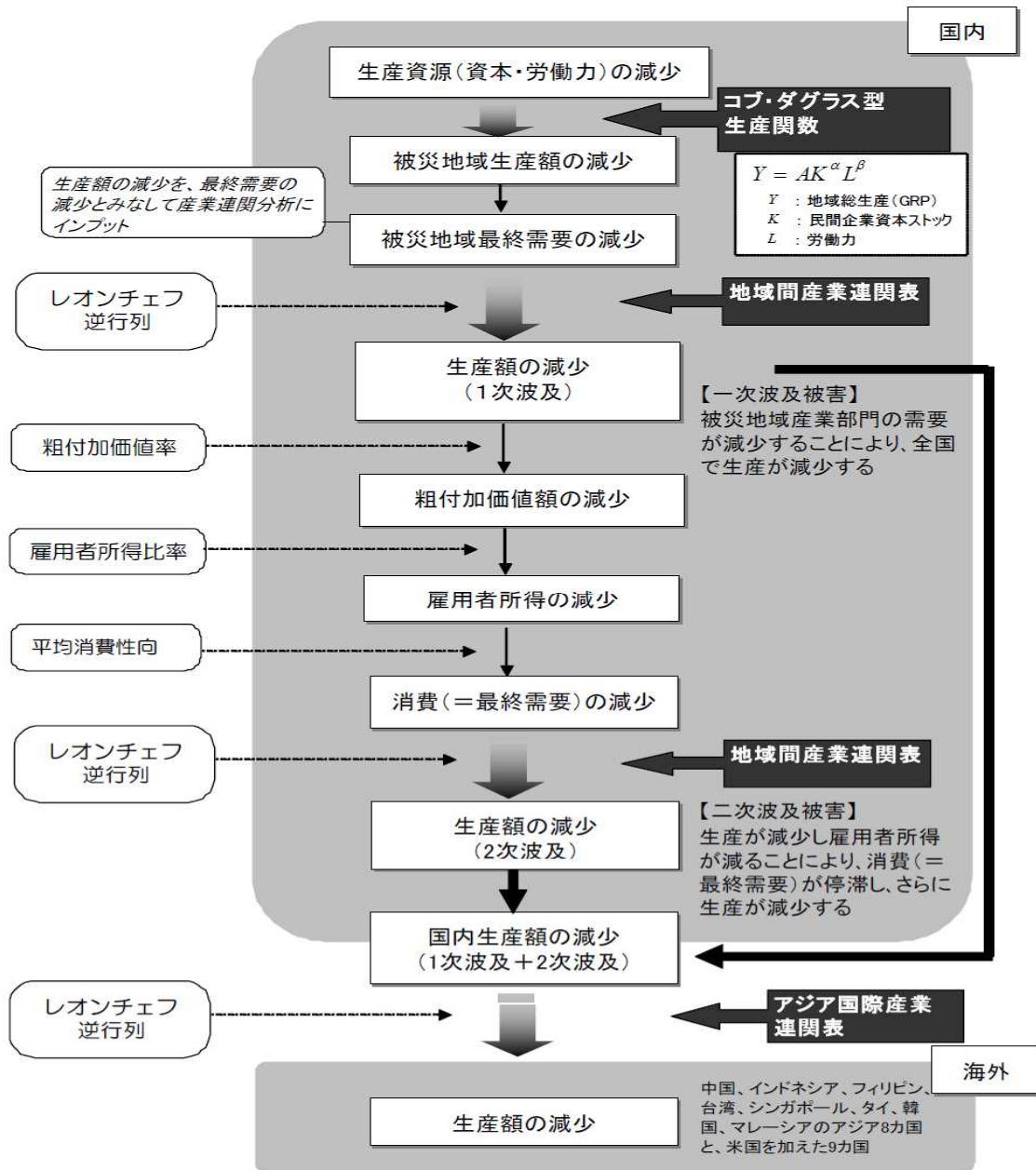
労働(L)・資本(K)については、県民経済計算（内閣府）⁹⁵⁾や民間企業資本ストック年報（内閣府）⁹⁶⁾、毎月勤労統計調査（厚生労働省）⁹⁷⁾を用いて設定する。生産関数のパラメータ A、 α 、 β の推定にあたっては、適用する産業連関表の地域レベルと整合のとれたデータによって行う。

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）⁹⁸⁾、経済産業省による地域間産業連関表⁹⁹⁾、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。また事業項目分類の設定については、被災地域の事業所特性を踏まえて、検討対象とする産業分類を設定する。但し、各主要データは大分類では取得可能であるが、中分類では取得できないデータがあることに留意する必要がある。

産業大分類(13部門)		産業中分類(34部門)			
1	農林水産業	1	農林水産業		
2	鉱業	2	鉱業		
3	製造業	3	飲食料品	製造業	
4	建設	4	繊維製品		
5	電力・ガス・水道	5	パルプ・紙・木製品		
6	商業	6	化学製品		
7	金融・保険	7	石油・石炭製品		
8	不動産	8	窯業・土石製品		
9	運輸	9	鉄鋼		
10	情報通信	10	非鉄金属		
11	公務	11	金属製品		
12	サービス	12	一般機械		
13	分類不明	13	電気機械		
		14	情報・通信機器		
		15	電子部品		
		16	輸送機械		
		17	精密機械		
		18	その他の製造工業製品		
		19	建設		電気・ガス・水道
		20	電力・ガス・熱供給業		
		21	水道・廃棄物処理		
		22	商業	サービス行	
		23	金融・保険		
		24	不動産		
		25	運輸		
		26	情報通信		
		27	公務		
		28	教育・研究		
		29	医療・保健・社会保障・介護		
		30	その他の公共サービス		
		31	対事業所サービス		
		32	対個人サービス		
		33	事務用品		
		34	分類不明		

産業連関表における大分類（13部門）と小分類（34部門）

(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¹⁰⁰⁾



(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」

【推計の考え方】

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、企業により、立地状況や主要な設備の設置箇所、接続する道路の状況等が異なることから、浸水による影響が発生する閾値については、企業等への確認を行い、個別に設定を行う。

<指標による推計にあたっての留意事項>

企業名等が特定されることにより、経営等に影響を与える可能性があるため、被災による影響を推計するにあたっては、匿名性の確保に努めること。

<参照データ>

『全国元気なモノ作り中小企業300社』（2006年 中小企業庁）

(6.3) 浸水により被災する上場企業数

企業規模の比較的大きい、上場企業の浸水による被災数を推計する。

【推計手法】

$$\begin{aligned} & \text{浸水により被災する上場企業数} \\ & = \Sigma (\text{影響が生じる浸水深以上の上場企業数}) \end{aligned}$$

【推計の考え方】

水害によって企業規模の比較的大きい上場企業が被災した場合、経済に大きな影響が及ぶことが考えられることから、浸水区域内に立地する上場企業数を推計する。

<浸水による企業活動低下の考え方>

企業活動においては、自動車の走行の可否が与える影響が大きいことが、事業者等へのヒアリングにより確認が取れている。このことから、水深 30cm を閾値として設定することを原則とする。

ただし、企業の立地状況や、接続する道路の状況により、30cm を用いることが適切でない場合については、企業等への確認を行い、個別に設定を行うことが望ましい。

<浸水深と企業活動低下との関係>

30 [cm] : 自動車（救急車）の走行困難、災害時要援護者の避難が困難な水位

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

※床高は、建物によって異なるため、50cm 未満でも床上となる場合もあることに注意が必要。

※自動車が走行困難となる浸水深については『(4.1) 途絶する主要な道路』で整理している。

※コンセントが浸水し停電する浸水深については『(5.1) 電力の停止による影響人口』にて整理している。

<参照データ>

上場企業のデータ（位置情報等）については、インターネット等により把握を行う。

(6.4) 浸水により被災する事業所の従業者数

浸水により被災する事業所の従業者数を推計する。

【推計手法】

$$\begin{aligned} & \text{浸水により被災する事業所の従業者数} \\ & = \Sigma (\text{影響が生じる浸水深以上の事業所の従業者数}) \end{aligned}$$

【推計の考え方】

浸水により企業活動が低下する上場企業の従業者数を推計する。

<浸水による生産活動低下の考え方>

機能低下する条件は、『(6.3) 浸水により被災する上場企業数』と同様に、水深 30cm を閾値として設定することを原則とする。

<浸水深と企業活動低下との関係>

30 [cm] : 自動車（救急車）の走行困難、災害時要援護者の避難が困難な水位

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

※床高は、建物によって異なるため、50cm 未満でも床上となる場合もあることに注意が必要。

※自動車が走行困難となる浸水深については『(4.1) 途絶する主要な道路』で整理している。

※コンセントが浸水し停電する浸水深については『(5.1) 電力の停止による影響人口』にて整理している。

<参照データ>

インターネットにより各企業の従業者数を把握する。インターネットによる各企業の従業者の把握が困難な場合については、産業基本統計（総務省統計局）の産業別の事業所あたりの従業員数を用いる。

7. 地下空間の被害

(a) 地下鉄等

【分類③】

(7.1) 浸水する地下鉄等の路線、駅等

浸水により影響を受ける路線、駅等を記述する。

【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等の路線、駅等を抽出し、地下鉄、地下路線を有する鉄道会社の管理者に問合せ、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。
- ・可能な限り路線や駅構内における地下空間の接続状況の把握に努め、結節点からの拡散に留意しつつ、地下の路線が浸水することにより影響をうける路線名、駅等を記述する。

【推計の考え方】

地下鉄等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。

地下鉄等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^{101), 102) 103)}、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。

地下鉄や地下路線を有する鉄道事業者が浸水対策をしていることが多いため、地下鉄等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等の浸水との関係>

地下鉄等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、地下鉄や地下路線を有する鉄道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やトンネル内防水ゲート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¹⁰⁵⁾ (防水扉)



トンネル内浸水対策¹⁰⁵⁾ (防水ゲート)

(7.2) 地下鉄等の浸水により影響を受ける利用者数

浸水する地下鉄等の利用者数を推計する。

【推計手法】

影響を受ける利用者数

$$= \Sigma (\text{途絶する地下鉄等の路線の 1 日利用者数} \times t_3 / 24)$$

t_3 : 地下鉄が途絶する期間 (浸水期間 + 復旧期間)

【推計の考え方】

地下鉄などの地下路線を有している鉄道の浸水は、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等の路線毎の利用者数を把握し、それを集計して推計する。推計にあたっては、途絶する地下鉄等の路線の利用者数を、運行に支障が生じる途絶期間で按分した利用者数の総和を影響人数として推計する。なお、地下鉄が途絶する期間については、浸水期間と復旧期間の日数の合計にて設定することが望ましいが、復旧期間の設定が困難と考えられるため、当面は浸水期間のみで設定する。

< 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¹⁰⁴⁾。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) 地下街・地下施設

【分類③】

(7.3) 浸水する地下街・地下施設

浸水により影響を受ける地下街・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街・地下施設を抽出し、地下街・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、浸水する地下街・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、可能な限り広域にわたる地下空間の接続状況の把握に努め、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。

【推計の考え方】

地下鉄と同様、地下街・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、地下街・地下施設が相互に連結されていたり、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街・地下施設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、地下への浸水により、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、管理者等へのヒアリング等により可能な限りその把握に努める。

(7.4) 地下街・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街・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 $= \Sigma$ (浸水する地下街・地下施設の1日あたり利用者数)

【推計の考え方】

地下街・地下施設の管理者にヒアリング等を行うことで、浸水する地下街・地下施設毎の利用者数を把握し、それを集計することで推計を行う。

<参照データ>

浸水する地下街・地下施設の1日あたり利用者数は、各管理者に問い合わせることで把握する。

8. 文化施設等の被害

【分類③】

(8.1) 浸水する文化施設等

浸水するおそれのある文化施設等、それに伴い破損や滅失等のおそれがある文化財等について推計する。

【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が所有する文化財等の詳細を調査し、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1：「●●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。」

例2：「●●動物園には、絶滅危惧種である○○が飼育されているが、そのすべてを浸水しない場所へ避難させることは非常に困難であるため、その多くが死滅するおそれがある。」

【推計の考え方】

浸水する文化施設等が所有する文化財等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も考慮し、影響を受ける浸水深を個別に設定する。なお、被害推計の対象とする文化施設とは、国宝、重要文化財等のみならず、歴史的建造物、寺社仏閣、博物館、美術館、図書館、動物園、植物園、水族館等を含めた幅広い文化的価値を有する施設を対象とする。なお、文化施設等において影響が生じる浸水深は、被災する施設や文化財により異なるため、管理者等への確認を行い、個別に設定を行う。

<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¹⁰⁵⁾「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

【分類②】

(9.1) 水害廃棄物の発生量

浸水により発生する水害廃棄物量を推計する。

【推計手法】

$$W = 3.49 \times B$$

W : 水害廃棄物推定量 (t)、B : 浸水深 50cm 以上の住家の棟数 (棟)

【推計の考え方】

水害廃棄物発生量は、近年の水害による被災棟数と水害廃棄物発生量の関係から設定した式より推計する。

<水害廃棄物量の推定方法>

本推定式は、環境省が公表している水害廃棄物指針（平成 17 年 6 月）のデータを元に、近年の主要水害（平成 12 年～平成 24 年）で発生した水害廃棄物発生量のデータを追加し、回帰分析により設定したものである。

なお、本推定式には、住家以外（事業所等）の被害棟数を説明変数として考慮しておらず、住家の被災棟数のみによって全体の水害廃棄物を推計する式となっていることに留意が必要である。

<既往文献における水害廃棄物量の推定方法>

- ・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にて、床上浸水被害における住家 1 棟あたりの廃棄物発生量は、3.79 t/棟と推計¹⁰⁶⁾。
- ・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住家 1 棟あたりの廃棄物発生量は、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¹⁰⁷⁾と推計。

<参照データ>

シミュレーションに用いるメッシュデータには住家棟数についての情報がないため、当面はメッシュデータに存在する世帯数に、「住宅・土地統計調査」の 1 世帯あたりの住宅戸数を乗じることで算出される住宅総数を住家棟数として代用する。

(9.2) 水害廃棄物の処理費用

【分類②】

浸水により発生する水害廃棄物の処理費用を推計する。

【推計手法】

$$C = W \times U$$

C：廃棄物処理費用、W：水害廃棄物推定量（t）、

U：1 tあたりの廃棄物処理単価（28,000 円/t）

【推計の考え方】

『(9.1) 水害廃棄物の発生量』の水害廃棄物発生量に処理単価を乗じることで、水害廃棄物の処理費用を推計する。

水害廃棄物処理単価は地域によって異なることから、地域の実情に合った単価を設定することが望ましい。ただし、データの蓄積がない等の理由から地域の実情に応じた単価を設定することが出来ない場合については、「リサイクル対策に関する政策評価書¹⁰⁸⁾ 総務省（平成19年8月）」から設定した1トンあたり約28千円を用いることとする。なお、この値は平常時の処理単価であり、水害時には廃棄物の仮置き場が必要になること等により、高額になると考えられることに留意が必要である。また、廃棄物量が被災自治体の処理能力を超えるため、他の自治体への輸送、広域処理を行わなければならないような大規模水害が発生した場合には、中小洪水に比べると処理単価がさらに高くなると考えられる。

これらのことから、大規模水害時の処理単価については、東日本大震災の津波を含む大規模な水害のデータを蓄積し、適切な値を検討していく必要がある。

Ⅲ. 参考資料

1. 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ーリンズ市では、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¹⁰⁹⁾、未だに復旧が十分に進んでいない。

第二に、復旧に必要な人材や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、相互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。

また、都市部における大規模水害の場合には、浸水域が広大となるため、浸水範囲が徐々に縮小し、それに合わせてガレキや泥の除去等の道路啓開が展開されることが想定される。道路途絶期間の設定は、浸水範囲の縮小に合わせた道路啓開を想定して、設定することが望ましい。

・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¹¹⁰⁾。



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¹¹¹⁾。



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。また、経営規模や経営状況により、将来における収支の見通しが立たない場合においては、復旧が長期化、もしくは復旧を断念する場合もあるため留意が必要である、

・過去の被災事例①

平成21年、豪雨により兵庫県佐用町のJR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¹¹²⁾。



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

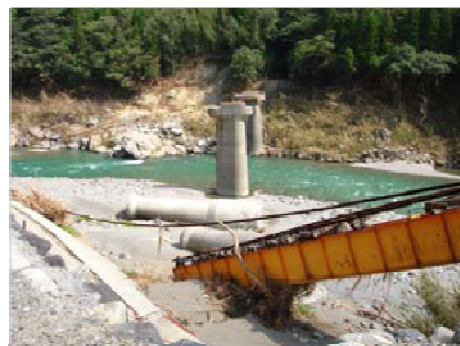
平成22年、豪雨により山口県美祢市・山陽小野田市のJR美祢線では、橋梁が流出したほか、盛土が約20mにわたって流出¹¹³⁾するなど、甚大な被害が発生した。復旧までに1年2ヶ月を要した。



平成22年豪雨による
JR美祢線の橋梁流出状況¹¹⁴⁾

・過去の被災事例③

H17年9月6日の台風14号の豪雨により、宮崎県が出資する第三セクター「高千穂鉄道」では、鉄橋が流失するなど、甚大な被害が発生した。その後、再開を目指したが、資金を確保できなかったことから、経営継続を断念しH19年9月廃線が確定した。¹¹⁵⁾



平成17年豪雨による
高千穂線の橋梁流出状況¹¹⁶⁾

(b) ライフラインの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①

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¹¹⁷⁾。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¹¹⁸⁾。



浸水による電力施設の損傷

・過去の被災事例②

H12年9月の東海豪雨では、変電所の冠水や配電線の断裂などにより、中部管内で最大約33万件が停電した。完全復旧には約5日間を要した¹¹⁹⁾。



浸水による変電所の冠水

中部電力提供

・過去の被災事例③

2012年10月のハリケーン・サンディでは、ニューヨーク市やニュージャージー州に大きな被害をもたらし、東部一帯で最大約800万件が停電した¹²⁰⁾。また、地下トンネルへの浸水による交通麻痺および地下変電施設の浸水による停電等により、災害では27年ぶりとなるニューヨーク証券取引所の2日間の閉鎖など社会経済活動の中枢に大きな影響を及ぼした。

<ガス>

都市ガスについて、地区ガバナが浸水、停止した場合は、復旧に3～6日¹²⁵⁾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3月に発生した東日本大震災においては、仙台市ガス局管内においては約36万戸へのガス供給が停止した。4月16日までには東部沿岸地区等、津波被害が甚大で復旧作業ができなかった地区や、避難勧告区域などを除き、都市ガスの供給を再開した。¹²¹⁾



製造設備被害状況（配管・架構）¹²²⁾

・過去の被災事例②

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③

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。ニューオー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¹²³⁾。

<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。浸水時に電気系統やポンプが作動していた場合には、復旧により長期間を要することになる。また、給水を再開する場合には、各家庭における給水バルブを閉める必要があり、各家庭1軒ずつバルブを確認していく作業に時間を要する。

・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¹²⁴⁾。



冠水して一面泥水に浸った富吉浄水場¹²⁵⁾

・過去の被災事例②

平成22年7月の梅雨前線豪雨により、厚狭川が氾濫したことで、鴨庄浄水場が冠水した。最大9,000世帯で断水し、応急復旧、断水解消までに約4日間を要した¹²⁶⁾。



冠水して一面泥水に浸った鴨庄浄水場¹²⁶⁾

・過去の被災事例③

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Carrolton浄水場が電源の停止により停止した。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¹²⁷⁾。

<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¹²⁸⁾。



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¹²⁹⁾。



津波により被災した通信設備

(c) 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考えられる。

・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¹³⁰⁾。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¹³¹⁾。Honda はタイ工場の浸水により、10 月 4 日から 3 月 25 日の 5 ヶ月半にわたって工場を閉鎖した。フル操業体制となるのは 4 月の見込みであり、洪水に備えた工場の増設等を今後実施する予定である¹³²⁾。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^{133) 134)}。



2011 年タイ洪水における工業団地の浸水状況¹³⁵⁾

(d) 医療・社会福祉施設等の被害

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¹³⁶⁾。



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¹³⁷⁾

・過去の被災事例②

平成21年8月の台風9号により、佐用町内の病院では、床上110cmの浸水となり、MRIやCT等の大型重量機器が水没した。ボランティア等の支援によって、8月11日には血液検査ができるようになり、8月17日よりレントゲン撮影が可能となったが、完全な復旧までには2ヶ月以上を要した¹³⁸⁾。

・過去の被災事例③（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。

(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¹³⁹⁾。



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

平成5年8月27日の台風11号の水害では、赤坂見附駅が浸水し、14時頃に丸ノ内線と銀座線が不通となった。排水作業や施設点検などを実施し、28日早朝に復旧が完了した。



丸ノ内線赤坂見附駅の冠水
東京メトロ（株）提供

・過去の被災事例③

平成12年9月11日の東海水害では、名城線平安通駅等4駅が洪水により浸水した。排水作業や施設点検など実施し、13日15時に復旧が完了した。¹⁴⁰⁾



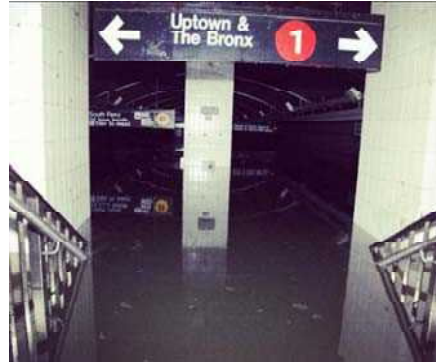
名城線平安駅の冠水
名古屋市交通局提供

・過去の被災事例③

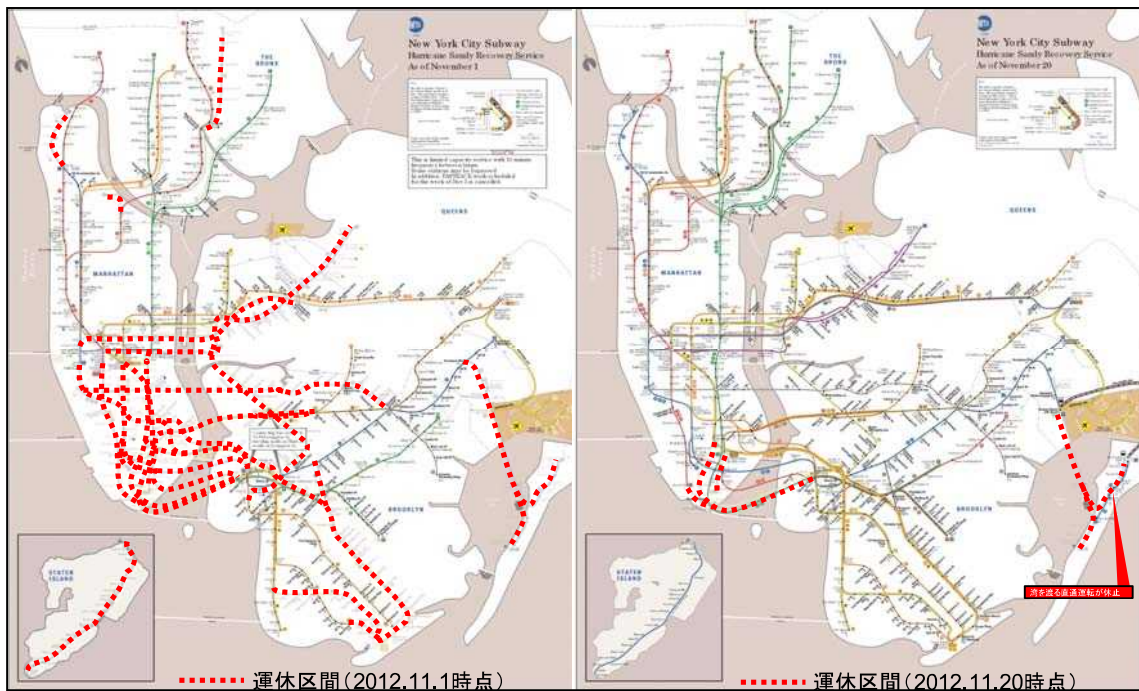
2012年10月に発生したハリケーン・サンディでは、事前に車両の避難措置を行ったにもかかわらず10日以上地下鉄が運休した区間がある等、都市機能に甚大な影響を与えた¹⁴¹⁾¹⁴²⁾¹⁴³⁾。



MTAにおける排水活動の様子
 ニューヨーク都市交通公社 (MTA) 提供



サウスフェリー駅の浸水状況
 ニューヨーク都市交通公社 (MTA) 提供



..... 運休区間(2012.11.1時点)

..... 運休区間(2012.11.20時点)

NY 地下鉄復旧状況¹⁴⁸⁾

(左図：2012年11月1日、右図：2012年11月20日)

・過去の被災事例④

2001年9月、台北で地下鉄の全65駅中15駅が水没し¹⁴⁴⁾、新交通システム (LRT) 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¹⁴⁵⁾。

(f) 文化施設等における被害

文化財や伝統工芸品は、避難させるのが困難なものや、浸水するとその価値が大きく損なわれる可能性がある。また、復元等に大きな影響を与える可能性がある。

・過去の被災事例②

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。



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⁴²⁾

・過去の被災事例②

平成 21 年 8 月の台風 9 号により、佐用町立図書館では、約 1m 程度浸水し甚大な被害が発生した。ボランティア等の支援もあったが、復旧には 1 カ月以上の時間を要し、9 月 24 日に完全復旧した。¹⁴⁶⁾

A photograph showing the interior of the Sanyo Town Library after a flood in August 2009. The floor is covered in water, and bookshelves are visible in the background. A red and blue stroller is in the foreground, and the overall scene depicts the aftermath of the disaster.

浸水後の佐用町立図書館¹⁴⁶⁾

87

2. その他の被災事例

〈火災〉

・過去の被災事例①

平成23年3月の東日本大震災では、330件の火災が発生した¹⁴⁷⁾。津波によって発生したがれき漂流物が燃えながら流され、漂着先の住宅地や林野で新たな火災を引き起こした。特に気仙沼市では、気仙沼湾内の石油タンクの損傷による漏洩油に着火したことにより次々に集落や市街地へと延焼が広がった。



岩手県山田町役場屋上から見た延焼状況
(岩手県山田町役場提供)

〈感電死〉

・過去の被災事例①

平成23年10月のタイ王国のチャオプラヤ川の洪水では、被災地で水中の漏電により感電死するケースが多発した。浸水した場所での感電死は報告が特定されただけで15県の36人に上った。

死亡状況を見ると、浸水した家の中にいた人が19人で、多くは冷蔵庫など電化製品に触れ感電した。6人は水の中を歩いていた際に感電した¹⁴⁸⁾。

・過去の被災事例②

ロシア南部のクラスノダール地方で2012年7月6日から始まった豪雨により洪水が発生し、内務省によると、7月8日夜までに171人が死亡した。ゲレンジーク地区では送電線が水に落ちて5人が感電死する事故が発生した¹⁴⁹⁾。

〈水害が関係する健康被害〉

過去の被災事例①

ハリケーン・カトリーナでは、被災者の約 6,500 人が体調不良を訴え、レリアントパークに設置した医療施設にて受診した。そのうち、約 18%にあたる 1,169 人が、嘔吐や下痢などの急性胃腸炎の症状であり、約 1,000 人以上がノロウイルスを発症した可能性があることがわかっている。¹⁵⁰⁾

〈避難途中の被災〉

・過去の被災事例①

平成 21 年台風 9 号に伴う豪雨により 8 月 9 日、兵庫県佐用町で死者 18 名、行方不明 2 名という人的被害が発生した。

久崎地区では、堤防の決壊により住宅が流出する被害が生じたが、適切な避難が行われていたため、人的被害は発生しなかった。

幕山地区においては、自宅の 2 階以上に避難した住民は難を逃れたが、平屋の住民や避難途中の住民が犠牲となった。¹⁵¹⁾

IV. おわりに

本手引は、国土交通省水管理・国土保全局が平成 23 年 9 月に立ち上げた「河川事業の評価手法に関する研究会」の中で、事業評価の評価手法の改善を目的に検討を行い、手引としてとりまとめたものである。手引の作成にあたっては、多くのライフライン事業者や交通事業者、地方自治体のご担当者の方々に資料提供等のご協力をいただくとともに、座長である京都大学の小林潔司教授をはじめとする委員の先生方からご助言をいただきました。ここに記して深く感謝の意を表します。

なお、本手引は、随時新たな指標の検討を行うと同時に、記載している指標の推計手法についても試行錯誤を重ね蓄積した知見を反映することで、充実を図っていく予定である。

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) U.S. Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs: : Hurricane Katrina - A Nation Still Unprepared, p.331, 2006.
- 8) 中部日本新聞社 : 伊勢湾台風の全容, 1959.
- 9) 埼玉県 : 昭和 22 年 9 月埼玉県水害誌, 1950.
- 10) 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.
- 11) 原田瑠璃美, 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.
- 12) 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
- 13) U.S. House of Representatives : A Failure of Initiative, 2006.
<http://www.gpoaccess.gov/katrinareport/mainreport.pdf>
- 14) 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>
- 15) 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.
- 16) 潤和会記念病院 (宮崎市) 提供.
- 17) 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
- 18) 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.
- 19) 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>
- 20) (社) 中部建設協会 : 忘れない、東海豪雨 東海豪雨から 10 年, 2010.
- 21) (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
- 22) 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
- 23) The Brookings Institution:Katrina Index, 2006. 12.
- 24) Federal Financial institutions Examination Council : Lessons Learned From Hurricane Katrina, 2006.
http://www.ffiec.gov/pdf/katrina_lessons.pdf
- 25) 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.
- 26) 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>
- 27) 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

-
- 28) FEMA HP : Photo Library.
<http://www.fema.gov/photolibrary/>
 - 29) 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>
 - 30) 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>
 - 31) 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>
 - 32) 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>
 - 33) 時事通信 HP : ホンダ、タイの自動車工場再開, 平成 23 年 3 月 26 日.
<http://www.jiji.com/jc/zc?key=%a5%db%a5%f3%a5%c0&k=201203/2012032600305>
 - 34) 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>
 - 35) (社) 中部建設協会 : 忘れない、東海豪雨 東海豪雨から 10 年, 2010.
 - 36) John Wren : THE GREAT CHICAGO FLOOD, 2007.
 - 37) Hanania stories for the Houston Chronicle 1992.
 - 38) Compton, Ermolieva, Linnerooth-Byer : Integrated Flood Risk Management for Urban Infrastructure.
 - 39) 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.
 - 40) 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
 - 41) 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.
 - 42) 嘉穂劇場 HP : 復旧のための調査設計.
<http://www.kahogekijyo.com/suigai/suigai.html>
 - 43) 豊岡市 : 台風 23 号の被害と対応.
 - 44) 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
 - 45) 厚生労働省 : 身体障害児・者実態調査 (平成 18 年)
 - 46) 厚生労働省 : 知的障害児 (者) 基礎調査 (平成 17 年)
 - 47) 厚生労働省 : 患者調査 (平成 20 年)
 - 48) 総務省人口統計 (H24 年 10 月 1 日現在)
 - 49) 労働基準法 : 産前産後休業
<http://www.sr-muraoka.com/r6-woman.html>
 - 50) 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.
 - 51) 総務省 HP : 住宅・土地統計調査 統計表一覧.
<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/kekka.htm>
 - 52) 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.
 - 53) 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.
 - 54) 建築基準法施行令 第 21 条, 第 22 条.
 - 55) 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.
 - 56) 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
 - 57) 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,

-
- 58) 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>
- 59) 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>
- 60) 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>
- 61) 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/hiroi/pdf/report/saigairep/saigairep067.pdf>
- 62) City of New Orleans: 2007, New Orleans One Year After Katrina.
- 63) 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.
- 64) 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.hiroi.iii.u-tokyo.ac.jp/index-houkokusho-rist-tokaigou.pdf>
- 65) 消防防災博物館: 避難に関する基礎知識
http://www.bousaihaku.com/cgi-bin/hp/index2.cgi?ac1=B102&ac2=&ac3=4963&Page=hpd2_view
- 66) 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.
- 67) 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、静岡総務部防災局防災情報室)
http://www.e-quakes.pref.shizuoka.jp/shiraberu/higai/toukei_kenmin/pdf/ishiki2007.pdf
- 68) 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)
<http://www.pref.chiba.lg.jp/kouhou/yoron/yoronchousa/h20-37/documents/20-2yorongaiyou.pdf>
- 69) 内閣府: 首都直下地震対策大綱
<http://www.bousai.go.jp/chubou/15/siryoi.pdf>
- 70) 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/>
- 71) 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>
- 72) 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>
- 73) 厚生労働省 HP: 災害医療等のあり方に関する検討会報告書
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001tf5g-att/2r9852000001tf6x.pdf>
- 74) 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>
- 75) (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>
- 76) 日本透析医学会: 統計データ
- 77) 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>
- 78) 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/>
- 79) 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/>
- 80) 秋田県 HP: 病院・社会福祉施設の大規模災害対策に関するアンケート結果
<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1259626494993/files/h23-3.pdf>

-
- 81) JAF HP : 冠水路走行テスト.
<http://www.jaf.or.jp/eco-safety/safety/userstest/submerge/detail1.htm>
 - 82) 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>
 - 83) 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.
 - 84) 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.
 - 85) 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.
 - 86) 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/kijun/bin-ekiH20_11.pdf
 - 87) 広島市 : L R T都市サミット広島2009
<http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/0000000000000/1260787652455/index.html>
 - 88) 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
 - 89) 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>
 - 90) 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) .
 - 91) 総務省 HP : 電気通信サービスの加入契約数等の状況.
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban03_02000122.html
 - 92) 情報通信審議会 情報通信政策部会 : 第37回資料 37-1-10, 2011.
 - 93) 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性質に関する研究, 土木学会論文集 D, Vol.63 No.2, pp88-100, 2007.4.
 - 94) 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.
 - 95) 内閣府 HP : 県民経済計算.
http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/sonota/kenmin/kenmin_top.html
 - 96) 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
 - 97) 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>
 - 98) 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>
 - 99) 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>
 - 100) 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.
 - 101) 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.
 - 102) 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/kijun/bin-ekiH20_11.pdf
 - 103) 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地下鉄等の浸水想定と被害軽減方策の効果分析, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.68, No.3, 136-147, 2012.
 - 104) 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
 - 105) 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/>
- 106) 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
- 107) 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>
- 108) 総務省：リサイクル対策に関する政策評価書（平成 19 年 8 月）
http://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/283520/www.soumu.go.jp/s-news/2007/pdf/070810_1_b_t2.pdf
- 109) 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) .
- 110) 読売新聞：平成 22 年 8 月 29 日付朝刊.
- 111) 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>
- 112) 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.
- 113) 山口新聞：平成 22 年 7 月 17 日付朝刊.
- 114) 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>
- 115) 共同通信：平成 20 年 12 月 28 日
<http://www.47news.jp/CN/200812/CN2008122701000477.html>
- 116) 大成建設技術センター報：集中豪雨による橋梁の被災原因調査解析と対策工
http://www.taisei.co.jp/giken/report/01_2006_39/paper/A039_004.pdf
- 117) Federal Financial institutions Examination Council：Lessons Learned From Hurricane Katrina, 2006.
http://www.ffiec.gov/pdf/katrina_lessons.pdf
- 118) The Brookings Institution:Katrina Index, 2006. 12.
- 119) 中部地方整備局：中部の水害 2000 年 9 月東海豪雨
- 120) ロイター通信：10 月 31 日
<http://jp.reuters.com/article/topNews/idJPTYE89T0A220121031>
- 121) 仙台市ガス局：仙台市ガス事業震災復興プラン
http://www.gas.city.sendai.jp/top/info/uploads/gas_restoration_plan.pdf
- 122) 経済産業省：総合資源エネルギー調査会都市熱エネルギー部会
ガス安全小委員会災害対策ワーキンググループ（第 1 回）
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/toshinetsu/saigai_taisaku_wg/001_02_02.pdf
- 123) The Brookings Institution:Katrina Index, 2006. 12.
- 124) 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>
- 125) 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
- 126) 厚生労働省：豪雨災害の経験と教訓 平成 22 年 7 月豪雨による厚狭川水系断水事故報告
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/tantousya/2010/dl/011.pdf>
- 127) Jensen and Ram：Carrollton Drinking Water Treatment Plant, 2006.
- 128) 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
- 129) 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
- 130) 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>
- 131) 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>
- 132) 時事通信 HP : ホンダ、タイの自動車工場再開, 平成 23 年 3 月 26 日.
<http://www.jiji.com/jc/zc?key=%a5%db%a5%f3%a5%c0&k=201203/2012032600305>
- 133) 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>
- 134) 日経ビジネス 2012. 3. 5 号.
- 135) 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
- 136) 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
- 137) 潤和会記念病院 (宮崎市) 提供.
- 138) 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
- 139) 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.
- 140) 愛知県 : 平成 12 年 9 月 11 日からの大雨による災害の記録
- 141) NKSJ リスクマネジメントレポート : ハリケーン「サンディ」の概要と大規模水害対策
- 142) MTA HP : <http://www.mta.info/>
- 143) 米国ハリケーン・サンディに関する現地調査団 : 現地調査結果の中間報告
- 144) 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.
- 145) 東京新聞 : 平成 13 年 11 月 15 日付朝刊.
- 146) 佐用町立図書館 HP
<http://www.toshokan.town.sayo.lg.jp/saigai%20hp.pdf>
- 147) 総務省 : 平成23年(1月~12月)における火災の状況(確定値)
http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h24/2407/240705_1houdou/01_houdoushiryou.pdf
- 148) 日本語総合情報サイト__タイランド : 2011 年 11 月 2 日 (15:20)
http://www.newsclip.be/news/20111102_032646.html
- 149) CNN , 2012 年 7 月 9 日 (月) ロシア南部の洪水 犠牲者 171 人に、5000 棟浸水」
<http://kaigainews1.seesaa.net/article/279948735.html>
- 150) nikkei BPnet : 2005 年 10 月 21 日
<http://www.nikkeibp.co.jp/archives/404/404909.html>
- 151) 消防防災博物館 HP : 5. 洪水災害から命を守る
http://www.bousaihaku.com/cgi-bin/hp/index2.cgi?ac1=B414&ac2=B41407&ac3=6193&Page=hpd2_view