

高潮浸水想定区域図作成の手引き

Ver. 2.10

令和3年7月

農林水産省	農村振興局 整備部 防災課
農林水産省	水産庁 漁港漁場整備部 防災漁村課
国土交通省	水管理・国土保全局 河川環境課
国土交通省	水管理・国土保全局 海岸室
国土交通省	港湾局 海岸・防災課

目次

1. はじめに	- 1 -
1.1. 背景	- 1 -
1.2. 高潮水防強化に向けた取組	- 2 -
1.3. 高潮浸水想定区域図作成の手引きの作成・改定の経緯	- 4 -
1.4. 本手引きの位置付け	- 5 -
1.5. 高潮浸水想定区域図の作成に当たっての留意事項	- 5 -
2. 高潮浸水想定区域図作成の概要	- 11 -
2.1. 高潮浸水想定区域図作成の基本的な考え方	- 11 -
2.2. 高潮浸水想定区域図の作成の流れ	- 14 -
3. 外力条件の設定	- 15 -
3.1. 気象	- 15 -
3.1.1. 想定する台風	- 15 -
3.1.2. 想定する低気圧	- 22 -
3.1.3. 高波をもたらす気象条件	- 26 -
3.2. 河川流量	- 28 -
3.3. 潮位	- 29 -
4. 堤防等の決壊条件等の設定	- 31 -
5. 高潮浸水シミュレーション条件の設定	- 35 -
5.1. 計算領域及び計算格子間隔	- 35 -
5.2. 計算時間及び計算時間間隔	- 37 -
5.3. 地形データの作成、各種施設の取扱い	- 38 -
5.4. 粗度係数	- 40 -
6. 高潮浸水シミュレーション	- 41 -
6.1. 台風による高潮浸水シミュレーション手法	- 41 -
6.2. 低気圧による高潮浸水シミュレーション手法	- 49 -
6.3. 高波による高潮浸水シミュレーション手法	- 52 -
6.4. 河川域等の水理解析を組み合わせる方法	- 53 -
6.5. 高潮浸水シミュレーションにおける留意事項	- 55 -
7. 高潮浸水シミュレーション結果の出力	- 56 -
8. 最大規模以外の外力等による高潮浸水想定	- 58 -
9. 参考資料	- 62 -
9.1. 地形データ（海域）に関する情報	- 62 -
9.2. 地形データ（陸域）に関する情報	- 66 -
9.3. 浸水継続時間の設定について（洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）より）	- 69 -

9.4. 家屋倒壊条件の設定について.....	- 72 -
9.5. 関係法令（抜粋）.....	- 77 -
9.6. 参考文献.....	- 80 -

1. はじめに

1.1. 背景

(1) 高潮対策に関する現状の課題

我が国は、三大湾の沿岸にゼロメートル地帯が存在するなど、高潮による影響を受けやすい国土を有している。千人を超える死者が発生するような甚大な高潮災害は、昭和34年の伊勢湾台風を最後に発生していないが、地盤沈下の進行によるゼロメートル地帯の拡大、大都市圏の水害リスクの高い地域における中枢機能の集積や地下空間の高度利用の進行、災害の発生頻度の減少等により、住民が危機を感じる力が弱まっているなど、高潮災害に対して、国土、都市、人が脆弱化している。

高潮対策については、ハード対策として、これまで主に既往最大の高潮を設計外力とする海岸保全施設の整備を行ってきた。これら施設については、未だ高さや構造等の十分な性能を満たしていないものや、老朽化により機能が低下しているものがあり、引き続き対策を推進する必要がある。また、ソフト対策として、平成16年3月に関係省庁により「津波・高潮ハザードマップマニュアル」を策定し、近年、高潮災害が発生した八代海、瀬戸内海を中心に高潮ハザードマップが作成されていたものの、全国の645沿岸市町村の作成率は平成26年4月時点で約18%に留まっていた。

海岸堤防等の整備により安全度を向上するとともに、施設の能力を超える規模の高潮が発生する可能性は常にあることから、高潮災害が発生することを前提として、住民による早期の確実な避難を促進する対策を含め被害を最小化する減災対策を強化する必要がある。

(2) 最大規模の外力の想定

東日本大震災においては、海岸堤防等の施設規模を大幅に上回る津波の発生により、甚大な被害が発生した。この教訓を踏まえ、津波対策については、平成23年6月の中央防災会議において、比較的発生頻度の高い津波（レベル1）に対しては、施設の整備による対応を基本として人命、財産等を守ることを目指すことに加え、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波（レベル2）に対しては、なんとしても人命を守るという考え方にに基づき、まちづくりや警戒避難体制の確立などを組み合わせた多重防御の考え方が導入された。

こうした津波対策と同様に、洪水・高潮等の外力についても、未だ経験したことのない規模の災害から命を守り、社会経済に壊滅的な被害が生じないようにすることが重要であることから、国土交通省においてとりまとめた「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」（平成27年1月）の中で、水害、土砂災害、火山災害に関する今後の防災・減災対策の検討の方向性として、最大規模の外力を想定して、ソフト対策に重点をおいて対応するという考え方が示された。

(3) 気候変動に対する懸念

近年、海外においては、2005年にアメリカ合衆国を襲った「ハリケーン・カトリーナ」による高潮災害（死者1,800人以上、避難者約130万人）や2013年にフィリピンを襲った台風第30号（ハイエン）による高潮災害（死者・行方不明者7,000人以上、避難者約400万人）のように、多数の死者・孤立者と大量の避難者が発生する大規模な高潮災害が発生している。さらに、今後、地球温暖化に伴う気候変動による海面水位の上昇、台風の強化が懸念されている。このような状況を踏まえ、平成27年2月に社会資本整備審議会河川分科会気候変動に適応した治水対策検討小委員会から公表された「水災害分野における気候変動適応策のあり方について～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～中間とりまとめ」の中で、今後は、浸水想定区域の対象とする外力を、想定し得る最大規模のものとするとともに、洪水だけでなく、内水、高潮も対象とすべきであり、その際、地方公共団体、企業、自治組織、住民等が避難等の検討ができるよう、必要に応じて、浸水深だけでなく浸水継続時間を提示するべきであるという考え方が示された。また、地球温暖化に伴う気候変動により懸念される外力の増大を見込むべきであるが、気候変動予測に関する研究は進められているものの、現段階においては低頻度の現象に地球温暖化が及ぼす影響等についての研究は途上であり、気候変動予測の結果を直ちに見込むことは難しい、とされている。

1.2. 高潮水防強化に向けた取組

上記の背景を踏まえ、平成27年5月に改正水防法が成立し、同年7月に施行されており、高潮においても設計外力を超え、最大規模までの高潮の発生という最悪の事態を視野に入れ、想定し得る最大規模の高潮に対する危機管理・避難警戒体制の充実を図るため、以下の取組を進めていく必要がある。

① 都道府県知事が行う高潮に係る水位情報の通知及び周知（水防法第13条の3）

都道府県知事は、当該都道府県の区域内に存する海岸で高潮により相当な損害を生ずるおそれがあるものとして指定したものについて、高潮特別警戒水位（警戒水位を超える水位であって高潮による災害の発生を特に警戒すべき水位をいう。）に達したときは、その旨を当該海岸の水位を示して直ちに当該都道府県の水防計画で定める水防管理者及び量水標管理者に通知するとともに、必要に応じ報道機関の協力を求めて、これを一般に周知させなければならない。

② 関係市町村長への通知（水防法第13条の4）

第13条の3の規定により通知をした都道府県知事は、災害対策基本法第60条第1項の規定による避難のための立退きの勧告若しくは指示又は同条第3項の規定による屋内での待避等の安全確保措置の指示の判断に資するため、関係市町村の長にその通知に係る事項を通知しなければならない。

③ 高潮浸水想定区域（水防法第 14 条の 3）

都道府県知事は、第 13 条の 3 の規定により指定した海岸のほか、当該都道府県の区域内に存する海岸のうち高潮による災害の発生を警戒すべきものとして国土交通省令で定める基準に該当するものについて、高潮時の円滑かつ迅速な避難を確保し、又は浸水を防止することにより、水災による被害の軽減を図るため、国土交通省令で定めるところにより、想定し得る最大規模の高潮であつて国土交通大臣が定める基準に該当するものにより当該海岸について高潮による氾濫が発生した場合に浸水が想定される区域を高潮浸水想定区域として指定するものとする。

④ 高潮浸水想定区域における円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置（水防法第 15 条）

市町村防災会議は、第 14 条の 3 第 1 項の規定による高潮浸水想定区域の指定があつたときは、市町村地域防災計画において、少なくとも当該高潮浸水想定区域ごとに、都道府県知事が行う高潮に係る水位情報の通知若しくは周知の伝達方法、避難施設その他の避難場所及び避難路その他の避難経路に関する事項、防災訓練として市町村長が行う高潮に係る避難訓練の実施に関する事項、高潮浸水想定区域内地下街等、要配慮者利用施設及び大規模な工場その他の施設の名称及び所在地、その他洪水時等の円滑かつ迅速な避難の確保を図るために必要な事項について定めるものとする。

また、高潮浸水想定区域をその区域に含む市町村長は、市町村地域防災計画において定められた事項を住民、滞在者その他の者に周知させるため、これらの事項を記載した印刷物の配布その他の必要な措置を講じなければならない。

⑤ 地下街等の利用者の避難の確保及び浸水の防止のための措置に関する計画の作成等（水防法第 15 条の 2）

第 15 条第 1 項の規定により市町村地域防災計画にその名称及び所在地を定められた地下街等の所有者又は管理者は、単独で又は共同して、当該地下街等の利用者の洪水時等の円滑かつ迅速な避難の確保及び洪水時等の浸水の防止を図るために必要な訓練その他の措置に関する計画を作成しなければならない。（第 1 項）

第 1 項の地下街等の所有者又は管理者は、同項に規定する計画で定めるところにより、同項の地下街等の利用者の洪水時等の円滑かつ迅速な避難の確保及び洪水時等の浸水の防止のための訓練を行わなければならない。（第 8 項）

第 1 項の地下街等の所有者又は管理者は、同項の地下街等の利用者の洪水時等の円滑かつ迅速な避難の確保及び洪水時等の浸水の防止を行う自衛水防組織を置かなければならない。（第 9 項）

⑥ 要配慮者利用施設の利用者の避難の確保のための措置に関する計画の作成等（水防法第 15 条の 3）

第 15 条第 1 項の規定により市町村地域防災計画にその名称及び所在地を定められた要配慮者利用施設の所有者又は管理者は、当該要配慮者利用施設の利用者の洪水時等の円滑か

つ迅速な避難の確保を図るために必要な訓練その他の措置に関する計画を作成しなければならない。(第1項)

第1項の要配慮者利用施設の所有者又は管理者は、同項に規定する計画で定めるところにより、同項の要配慮者利用施設の利用者の洪水時等の円滑かつ迅速な避難の確保のための訓練を行わなければならない。(第5項)

第1項の要配慮者利用施設の所有者又は管理者は、同項の要配慮者利用施設の利用者の洪水時等の円滑かつ迅速な避難の確保を行う自衛水防組織を置くよう努めなければならない。(第6項)

⑦ 大規模工場等における浸水の防止のための措置に関する計画の作成等（水防法第15条の4）

第15条第1項の規定により市町村地域防災計画にその名称及び所在地を定められた大規模工場等の所有者又は管理者は、当該大規模工場等の洪水時等の浸水の防止を図るために必要な訓練その他の措置に関する計画を作成するとともに、当該計画で定めるところにより当該大規模工場等の洪水時等の浸水の防止のための訓練を実施するほか、当該大規模工場等の洪水時等の浸水の防止を行う自衛水防組織を置くよう努めなければならない。

このように、都道府県知事による高潮浸水想定区域の指定は、関係市町村長による高潮ハザードマップの作成及び配布等の措置を義務化するだけでなく、地下街等、要配慮者利用施設及び申出のあった大規模工場等の所有者又は管理者にも避難確保や浸水防止のための措置を義務化又は努力義務化するものである。

1.3. 高潮浸水想定区域図作成の手引きの作成・改定の経緯

農林水産省及び国土交通省は、平成27年2月に「高潮水防の強化に関する技術検討委員会」（委員長：磯部雅彦 高知工科大学学長）を設置し、最大規模の高潮に関する浸水想定図の作成に当たって必要となる想定し得る最大規模の高潮の設定方法、堤防等の決壊・越流条件等の技術的な事項について関係有識者の意見を聴き、平成27年7月に「高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver.1.00」を作成した。

また、平成29年7月に高潮浸水想定区域図の作成における海面抵抗係数の設定に関する通知を発出して「高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver.1.00」の内容を補強するとともに、令和元年6月には浸水継続時間の表示色を変更した「高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver.1.10」を公表している。

都道府県においては高潮浸水想定区域図の作成が進められているが、検討実績が蓄積されてきたこと、高波の影響を考慮した高潮浸水シミュレーションの検討を加速する必要があること、令和元年台風第15号に伴う高波によって高潮浸水想定区域を越えて浸水が発生した事例があったこと及び調査・研究等による知見を踏まえて見直しを行う必要があることなどから、令和2年2月に「高潮浸水想定区域図に関する検討会」（座長：磯部雅彦 高

知工科大学学長)を設置し、「高潮浸水想定区域図作成の手引き」を点検し、改定に向けた検討を行った。

令和3年5月には、災害対策基本法が改正され、避難勧告が廃止、避難指示に一本化され、「避難情報に関するガイドライン」(内閣府(防災担当))が改定された。さらに、ハザードマップの作成対象を拡大し、浸水リスク情報の空白域を解消するために、水防法第14条の3第1項が改定されたことを受け、「高潮浸水想定区域図作成の手引き Ver.2.10」を公表した。

1.4. 本手引きの位置付け

本手引きは、水防法第14条の3に基づき、都道府県知事が当該都道府県の区域内に存する海岸で高潮により相当な損害を生ずるおそれがあるものとして指定したもの(以下「水位周知海岸」という。)について高潮浸水想定区域、浸水した場合に想定される水深及び浸水継続時間を表示した図面(以下「高潮浸水想定区域図」という。)を作成するための技術的支援として、高潮浸水シミュレーション手法を中心に定めたものである。

ここで、水防法における「高潮」には高波も含まれることから、本手引きにおいても高波を含めて「高潮」としている。

本手引きにおいて、想定最大規模の高潮による浸水想定は、現実的・科学的にあり得ないものは除いた中で、防災行動を必要とする全ての範囲を浸水域として想定できるよう、最大のものと考えている。

そのため、本手引きの活用にあたっては、事前に過去の被災実績、既往の調査・研究を収集のうえ、当該海岸における高潮の特性等を十分に把握する必要がある。

また、高潮浸水想定区域を指定しようとする海岸の状況、過去の被災実績及び過去台風の擬似温暖化実験等の調査・研究、技術の進歩に伴う地形測量や水理解析の精度向上等を踏まえ、最新の知見の活用を積極的に活用する。

さらに、本手引きで定めた手法以外で高潮浸水想定区域図を作成することが適切な場合は、これにより作成することができることとする。

1.5. 高潮浸水想定区域図の作成にあたっての留意事項

(1) 高潮ハザードマップ作成への支援

高潮ハザードマップは、平時に住民が見て水害リスクを認識し、どのように避難をするのかについて考え、いざという時に的確な避難行動につながるようにするためのものである。

高潮浸水想定区域をその区域に含む市町村は、高潮浸水想定区域図に市町村地域防災計画に定められた事項等を記載した高潮ハザードマップを作成し、印刷物の配布やインターネットの利用等により住民に提供することとされている。地形特性や浸水形態によって、市町村界を越えた広域的な避難計画が必要となる場合もあるため、都道府県は、高潮浸水想定区域図の浸水域と浸水深、暴風域に入る前に確実に立退き避難が必要な区域、氾濫水の到達時間や浸水継続時間等の浸水に関する情報等を市町村に提供し、市町村が適切な避難情報

を重点的に記載できるよう、高潮ハザードマップの作成を支援することが重要である。

また、高潮浸水想定区域図等を市町村に提供するに当たり、避難場所等必要な事項の記載や住民への配布を前提に適切な縮尺で作成することや、住民の避難行動につながる、わかりやすく統一された表示をすることが必要である。

なお、「水害ハザードマップ作成の手引き」では、高潮ハザードマップの作成に当たって、都道府県が市町村と行う調整や情報提供・意見交換について解説している。

(2) 高潮浸水想定区域に指定されていない区域における浸水可能性について

高潮浸水想定区域は、想定最大規模の高潮を前提として、現況の海岸の整備状況に照らして浸水が想定される区域を示すものであり、その他の区域との水災に対する安全性の違いを明確に分けるものではない。計算モデルの精度、計算に反映できない詳細地形や構造物などの影響で、浸水計算の結果には不確実性があり、例えば、浸水解析の前提と異なる条件で高潮が発生した場合や、河川の氾濫、内水（雨水出水）による氾濫等が発生した場合などには、高潮浸水想定区域に指定されていない区域においても浸水が発生し得るものである。

したがって、高潮浸水想定区域に指定されないことをもって、浸水の可能性が否定されるものではなく、高潮浸水想定区域図の公表に当たっては、その旨について十分な周知が図られる必要がある。

(3) 家屋倒壊等氾濫想定区域について

家屋倒壊等氾濫想定区域は、想定最大規模の高潮が生起し、近傍の堤防が決壊したり、波が乗り越えたりした場合に、現行の建築基準に適合する一般的な建築物の倒壊・流失をもたらすような氾濫や波の直撃等が発生することが想定される区域を示すものである。

このため、家屋倒壊等氾濫想定区域外の区域であっても、古い木造建築物である場合や、局所的に速い氾濫流が発生した場合などには、家屋の倒壊等が発生し得るものである。

したがって、家屋倒壊等氾濫想定区域外の区域であることをもって、家屋の倒壊等の可能性が否定されるものではなく、暴風域に入る前に確実に立退き避難が必要な区域は家屋倒壊等氾濫想定区域全体を含むものとしたうえで、その境界は厳密でないことなどについて、公表に当たって十分な周知が図られる必要がある。

(4) 市町村からの意見聴取について

高潮浸水想定区域に関する現地の状況に精通している市町村からは、浸水解析の実施や高潮浸水想定区域の指定に先立ち、高潮浸水想定区域に影響を及ぼす現地の状況について確認するなどの観点から、また、既存の高潮浸水想定区域図を変更する場合は、市町村等による高潮浸水想定区域における円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置を講じるための従前の取組との一貫性を確保する観点から、あらかじめ意見を聴く必要がある。

加えて、災害対策基本法第 61 条の 2 に基づき、市町村長は屋内での待避等の安全確保措置等の判断に際し、海岸管理者等に助言を求めることができ、助言を求められた海岸管理者等は、その所掌事務に関し、必要な助言をするものとされていることから、高潮浸水想定区域図とあわせて、暴風域に入る前に確実に立退き避難が必要な区域や想定規模を超える高潮が発生した場合などに想定される状況についても情報提供しておくことが望ましい。

なお、「避難情報に関するガイドライン」（内閣府（防災担当））には、海岸保全施設の整備状況が概ね同レベルの範囲や海岸保全施設で防護される区域の住家等の有無等を考慮して、市町村が避難情報の発令対象区域を定めることなどが示されていることから、こうした取組との整合にも留意する必要がある。

(5) 高潮浸水想定区域図の変更について

高潮浸水想定区域図の変更は、以下のような場合に行うよう努める。

- ① 一連区間の海岸保全施設や河川管理施設の供用等、整備の進捗により高潮浸水想定区域の大幅な変更が見込まれる場合
- ② 対象とする高潮等の外力の変更により高潮浸水想定区域の大幅な変更が見込まれる場合
- ③ 土地利用の大規模な変更、大規模構造物の建設、連続盛土の改変や地形の大規模な改変等により、高潮浸水想定区域の大幅な変更が見込まれる場合
- ④ 技術の進歩等により地形測量や氾濫解析等の精度が向上したことで、高潮浸水想定区域の変更が必要と判断される場合
- ⑤ 上記のほか、高潮浸水想定区域における円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置を講じるために必要と認められる場合

(6) 高潮浸水想定区域図データ電子化について

高潮浸水想定区域図の作成等に使用・作成したデータについては、浸水想定に関する情報をより有効に活用すること、海岸地形や浸水域の将来の変化に応じた再計算等を前回の計算と整合性を確保しつつ容易に行うことを目的とし、作成主体において電子化し、保管するとともに、関係機関へ提供する。

高潮水防の強化に関する技術検討委員会 委員名簿

◎磯部 雅彦	高知工科大学 学長
佐藤 慎司	東京大学大学院工学系研究科 教授
関谷 直也	東京大学大学院情報学環 特任准教授
高橋 重雄	国立研究開発法人港湾空港技術研究所 理事長
中北 英一	京都大学防災研究所 副所長 教授
中山 哲巖	国立研究開発法人水産総合研究センター水産工学研究所 水産土木工学部長
山田 正	中央大学理工学部 教授

◎：委員長

(敬称略、五十音順)

事務局

農林水産省	農村振興局 整備部 防災課
農林水産省	水産庁 漁港漁場整備部 防災漁村課
国土交通省	水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室
国土交通省	水管理・国土保全局 砂防部 保全課 海岸室
国土交通省	港湾局 海岸・防災課

高潮水防の強化に関する技術検討委員会 開催履歴

第1回	平成27年2月5日開催
第2回	平成27年3月24日開催
第3回	平成27年6月26日開催

高潮浸水想定区域図に関する検討会 委員名簿

◎磯部 雅彦	高知工科大学 学長
河合 弘泰	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 海洋情報・津波研究領域長
佐藤 慎司	高知工科大学 システム工学群 教授
関谷 直也	東京大学大学院 情報学環 総合防災情報研究センター 准教授
中北 英一	京都大学 防災研究所 気象・水象災害研究部門 教授
三上 信雄	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産工学研究所 水産土木工学部 部長
山田 正	中央大学理工学部 教授

◎：座長

(敬称略、五十音順)

事務局

農林水産省	農村振興局 整備部 防災課
農林水産省	水産庁 漁港漁場整備部 防災漁村課
国土交通省	水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室
国土交通省	水管理・国土保全局 砂防部 保全課 海岸室
国土交通省	港湾局 海岸・防災課

高潮浸水想定区域図に関する検討会 開催履歴

	令和2年2月28日設置
第1回	令和2年4月22日開催
第2回	令和2年6月15日開催

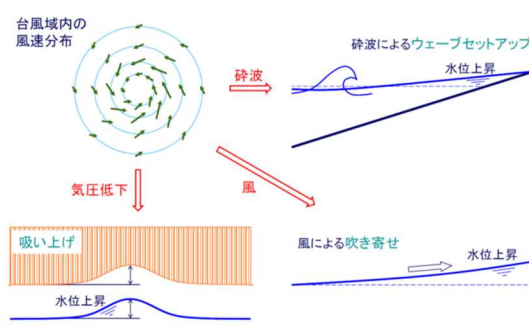
コラム 高潮の原因とその災害

台風など強い低気圧が来襲すると、波が高くなると同時に海面の水位も上昇します。これを高潮といいます。高潮も波の一種ですが、周期が数時間と非常に長いので、波というよりむしろ海の水位が全体的に上昇する現象として観察されることになります。

高潮の発達には二つのメカニズムがあります。一つは大気圧の低下に伴い、海面が吸い上げられるように上昇する「吸い上げ」と呼ばれる現象です。大気圧が1hPa低下すると海面は約1cm上昇します。平常時の大気圧は1,013hPa程度であるため、台風の中心気圧が910hPa程度になると、台風の中心では海面が約1m上昇することになります。

二つ目のメカニズムは、湾口から湾奥に向けて強風が吹き続けることにより、湾の奥に海水が吹き寄せられて海水面が上昇する

「吹き寄せ」です。この「吹き寄せ」による海水面の上昇は、風速が速いほど、湾の長さが長いほど、湾の水深が浅いほど大きくなります。北半球では、台風など熱帯性低気圧の常襲地帯で、南に開いた長い湾、しかも湾内の水深が浅い場合には、高潮の水位上昇量が大きくなります。



高潮発生メカニズム

二つのメカニズムに加え、砕波する場所

より岸側においては、「ウェーブ・セットアップ」という砕波による海水面の上昇が加わります。

世界的には、ベンガル湾やメキシコ湾、日本では、東京湾、伊勢湾、大阪湾、有明海や周防灘などがこれらの条件に合致し、過去に大きな高潮災害が繰り返し発生しています。

また、台風の東側は風が強くなるので、特に高波・高潮の警戒が必要です。

北半球では、台風に向かって反時計回りに吹き込むようにらせん状の風が発達します。台風はらせん状の風を伴いながらほぼ北向きに進むため、中心の東側では、らせん状の北向きの風と台風の移動に伴う北向きの風の相乗効果で、非常に風が強くなるのです。



高潮により浸水した高松市街（平成16年）

台風が南向きの湾の西側を通過すると、湾口から湾奥に向けて強い北向きの風が作用するため、「吹き寄せ」による水位上昇が大きくなります。

(参考文献) NHK WEB: そなえる防災コラム「台風と共に来襲する高波・高潮」(佐藤慎司)
(<https://www.nhk.or.jp/sonae/column/20120912.html>)

(3) 9) ナショナル・レジリエンス(防災・減災)懇談会(第17回)説明資料「高潮災害の特徴と将来」(磯部雅彦)

気象庁 WEB: 波浪効果による潮位上昇(Wave Setup)

(<https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/knowledge/tide/wavesetup.html>)

2. 高潮浸水想定区域図作成の概要

2.1. 高潮浸水想定区域図作成の基本的な考え方

高潮浸水想定区域図は、最悪の事態を想定し、我が国既往最大規模の台風を気象の基準とし、潮位偏差が最大となるよう複数の経路を設定し、作成することを基本とする。

河川流量、潮位、堤防の決壊等の諸条件についても、最悪の事態を想定する。

高潮浸水想定区域図の作成に当たっては、浸水区域、浸水深、浸水継続時間を求める。

高潮浸水想定区域を指定しようとする海岸の状況、過去の被災実績及び過去台風の擬似温暖化実験等の調査・研究、技術の進歩に伴う地形測量や水理解析の精度向上等を踏まえ、最新の知見を積極的に活用する。

気候変動による将来予測に関する調査・研究等により、新たな知見が得られ、高潮浸水想定区域制度が見直された段階で本手引きを見直す。

<解説>

高潮浸水想定区域図は、最悪の事態を想定して作成する。対象とする海岸は、高潮による浸水被害が想定される地域の人口及び資産の集積や、経済活動の状況等から相当な損害が生じるおそれがある海岸を指すものであり、都道府県知事が総合的に判断すべきものであるが、海岸保全施設の設置等により高潮による被害から防護する海岸（海岸保全区域を指定した海岸）のほか、例えば、地形等の条件から浸水被害が発生するおそれの高い県庁所在地、地域の中核的な都市、三大都市圏等に係る海岸、その他高潮対策を行う海岸等が想定される。

台風による高潮については、我が国における既往最大規模の台風を気象の基準とし、各海岸で潮位偏差（潮位と天文潮の差）が最大となるよう複数の経路を設定して高潮浸水シミュレーションを実施し、その結果を重ね合わせ、最大の浸水深が示されるよう作成することを基本とする。なお、たとえ高潮による潮位偏差が小さくても、地盤高が低ければ浸水する可能性があることにも留意し、高潮浸水想定を検討を行うことが必要である。

河川流量、潮位、堤防の決壊等の諸条件についても、最悪の事態を想定する。

高潮浸水想定区域図の作成に当たっては、浸水区域、浸水深、浸水継続時間を求める。

北海道・東北地方・北陸地方では温帯低気圧（以下、単に「低気圧」という。）によって台風による高潮よりも大きな潮位偏差が観測されていることを踏まえ、どの地方においても台風だけでなく低気圧についても考慮する。

また、浸水実績の有無にかかわらず、想定最大の台風・低気圧により発生する高波についても考慮する。さらに、寄り回り波等の周期の長いうねり性の高波による浸水実績がある地域については、これらについても考慮する。

高潮浸水シミュレーションは、Myers の式による台風モデルと非線形長波方程式による流れのモデルを用いた計算を基本とするが、十分な信頼性があり、本手引きで定める外力条件による高潮と同規模の高潮が設定できるのであれば、大気と海面を結合して解く計算手法、その他の手法により高潮浸水シミュレーションを実施してもよい。いずれの方法でも隣接する都府県と高潮浸水想定区域等に著しい不整合が生じないかなど、あらかじめ十分に調整する必要がある。

水防法に基づく想定最大規模の高潮による高潮浸水想定区域図のほか、必要に応じて、最大規模より小さいが設計条件を超える外力や船舶等の衝突等の不測の事態について条件を設定した浸水想定や、想定最大規模の高潮等に対して堤防等の施設が決壊しない条件での浸水想定を行う。

施設の整備状況、建築物の立地状況等により浸水想定区域及び浸水深が変化することが想定されるため、高潮浸水の挙動に影響を与えるような状況の変化があった場合には、再度、高潮浸水シミュレーションを実施し、高潮浸水想定区域を適宜見直す。

また、高潮浸水想定区域を指定しようとする海岸の状況、過去の被災実績及び過去台風の擬似温暖化実験等の調査・研究、技術の進歩に伴う地形測量や水理解析の精度向上等を踏まえ、最新の知見を積極的に活用する。

高潮浸水想定区域における外力条件は、現段階においては、気候変動による将来予測を直ちに高潮浸水想定に反映させる制度とはなっていないが、高潮や海面上昇等の沿岸に関する気候変動の研究は着実に進んでいる¹ため、気候変動に伴う海面上昇や台風の将来変化を見込んで設定する必要がある。このため、外力の将来予測については、現在進められている調査・研究等により、新たな知見が得られ、高潮浸水想定制度が見直された段階で本手引きを見直す。

なお、これまでに都道府県の検討において採用されるなど、十分な知見が得られている手法で高潮浸水想定区域図を作成することが適切な場合は、これにより作成してもよい。

また、高潮浸水想定区域図を作成する場合は、可能な限り、隣接県との情報共有や使用データの整合を図り、極端な不整合が生じないようにすることに留意が必要である。何らかの事情により隣接県と異なる条件設定をせざるを得ないときは、対外的に説明できる理由を整理しておくことが必要である。

¹詳細については、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書(AR5)、中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会：日本における気候変動による影響に関する評価報告書,2015.を参照

<参考>活用しやすいように工夫をした事例

兵庫県における高潮浸水想定では、最悪の事態を想定し、全ての防潮堤・堤防や水門・陸閘等は潮位（水位）や波が一定の条件に達した段階で破壊することとしている。一方で、防潮堤・堤防や水門・陸閘等が破壊しなくても相当の損害を生ずるおそれがあることを示すため、海岸保全施設や河川堤防をいかなる条件でも破壊しない条件としたものも公開している。

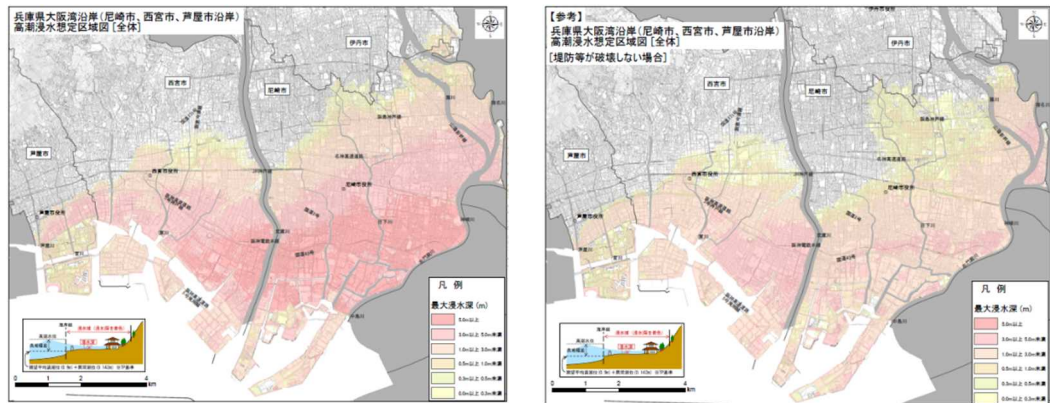


図1 想定最大規模の高潮（左図：堤防等が破壊する場合、右図：堤防等が破壊しない場合）

また、福岡県における高潮浸水想定では、豊前豊後沿岸では、想定される最大規模の高潮は東進型又は北西進型の方向の台風である一方で、福岡県・山口県で高潮被害や潮位偏差が生じた台風の多くは北東進型のコースである。また、近100年間程度のうち、豊前豊後沿岸に接近した台風の中心気圧で最小のものは935～945hPaであった。そこで、来襲頻度が高い北東進型のコースを通り、実際に来襲したことがある中心気圧の規模（930hPaを想定）での浸水範囲を参考に公表している。

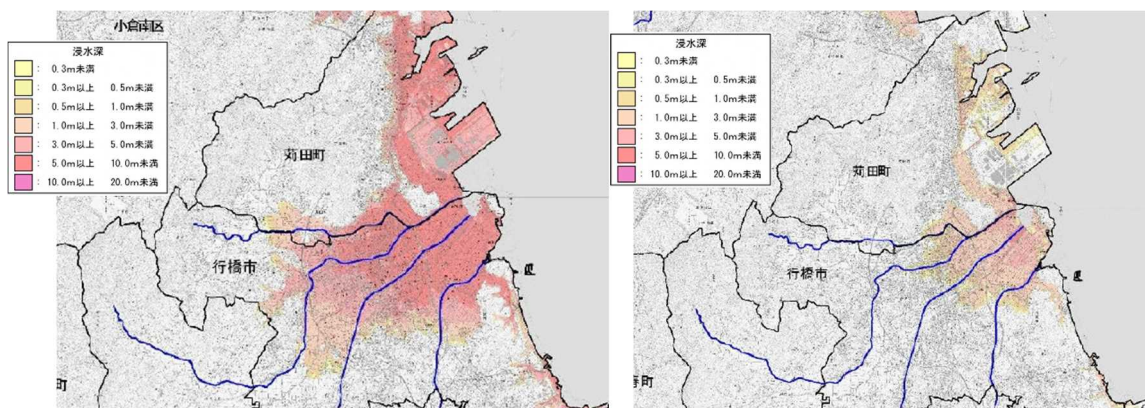


図2 浸水が予想される範囲（左図：想定し得る最大規模、右図：既往最大規模相当）

2.2. 高潮浸水想定区域図の作成の流れ

高潮浸水想定区域図の作成は、①外力条件の設定、②堤防等の決壊条件等の設定、③高潮浸水シミュレーション条件の設定、④高潮浸水シミュレーション、⑤高潮浸水シミュレーション結果の出力、⑥高潮浸水想定区域図の作成の手順で実施する。

<解説>

高潮浸水想定区域図を作成するための検討の流れは、次の手順で実施する。

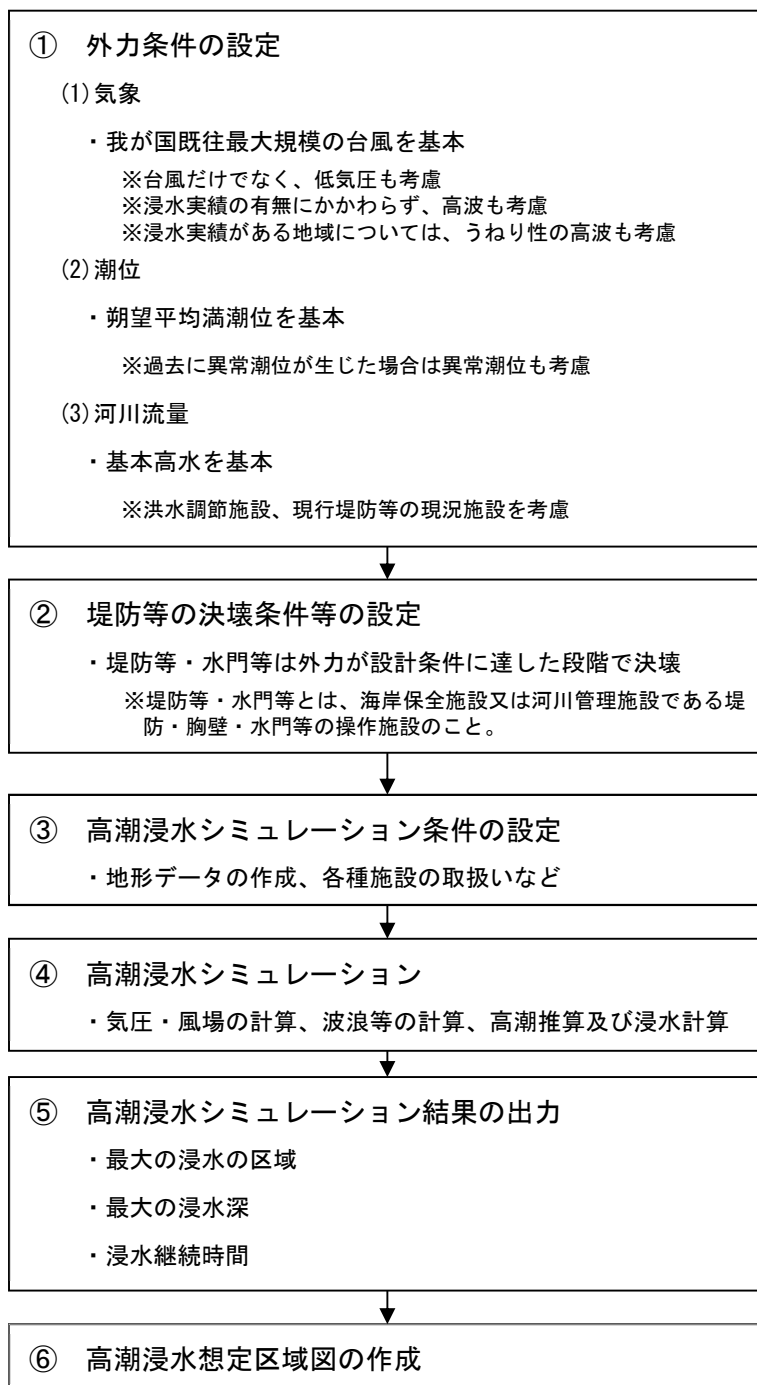


図3 高潮浸水想定区域図の作成の流れ

3. 外力条件の設定

3.1. 気象

3.1.1. 想定する台風

想定する台風の中心気圧は、室戸台風を基本とし、既往実績に応じ対象とする海岸における緯度を考慮して台風の中心気圧を増減させる。最大旋衡風速半径、移動速度については、伊勢湾台風を基本とする。

各海岸で潮位偏差が最大となるよう、当該地域等で大きな潮位偏差を生じた複数の台風の経路を平行移動させ、想定する台風の経路を設定することとする。

なお、波浪の影響が大きく越波による浸水が卓越する海岸では、波高が最大となるような台風の経路も選定する。さらに、選定した経路について、その地域で考えられる範囲で、対象海岸にとって最も危険な移動速度を設定する。

最大規模の台風を想定するため、台風が経路上の地形により減衰することは考慮しなくてもよい。ただし、アンサンブル気候予測データベース等による信頼のおける科学的知見に基づいて適切に与えてもよい。

<解説>

(1) 想定する台風の規模

想定する台風の中心気圧は、我が国既往最大規模の室戸台風(1934年、上陸時 911.6hPa)を基本とする。既往の観測データが限られているが、1951年から2013年の気象庁のデータを用いて室戸台風の中心気圧を三大湾において確率年評価すると1/500~1/数千年程度である。

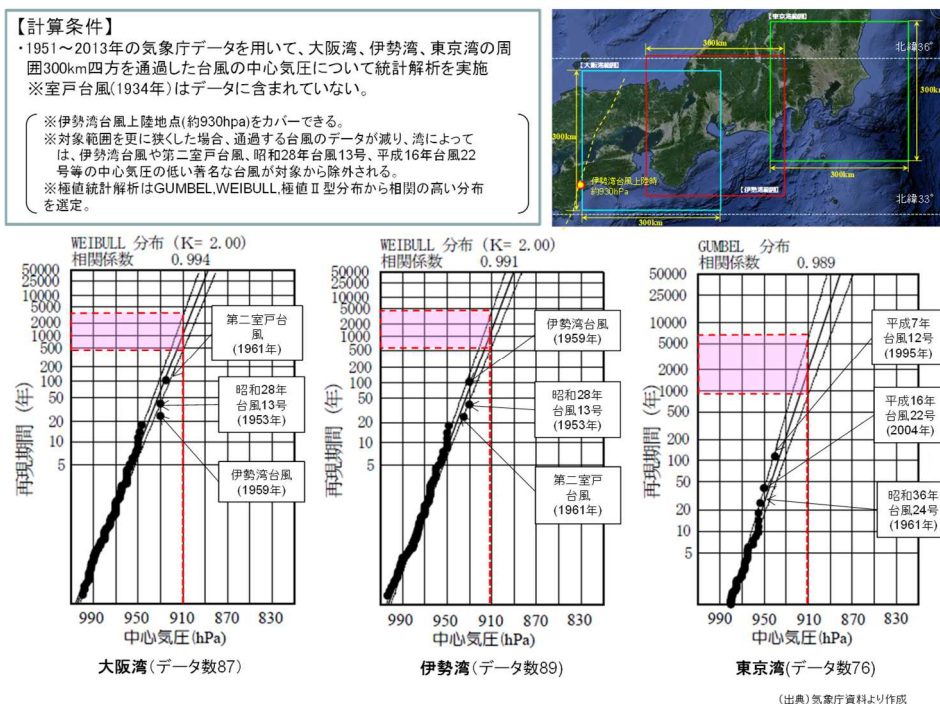


図4 1934年室戸台風の確率評価(中心気圧)

既存データ（図5）において、日本列島の北緯 24° から 46° 付近の間では北上により台風の中心気圧が高くなることから、緯度により中心気圧を上昇させる。対象海岸のある地域に到達した時点で、表1のとおり緯度により中心気圧を一定として台風を移動させる。

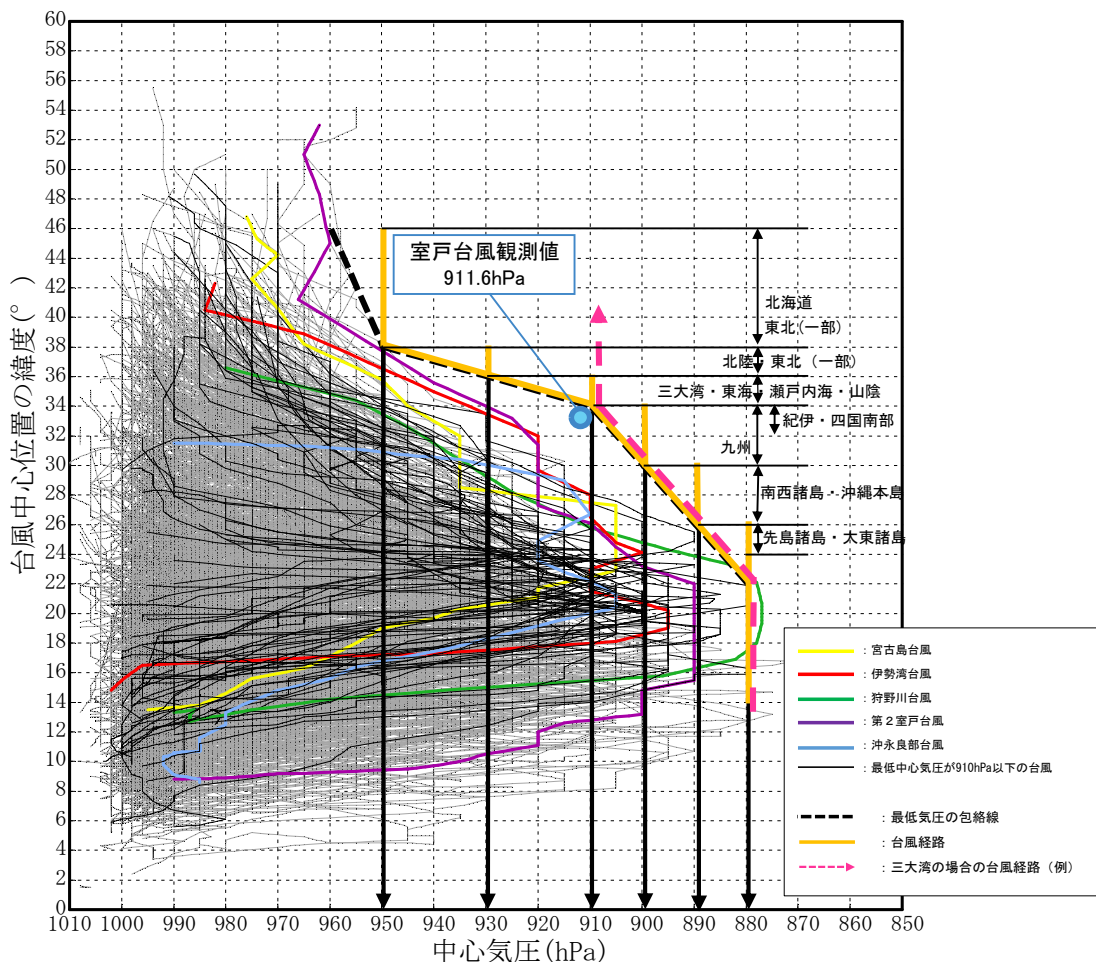


図5 想定する台風の中心気圧の設定方法

表1 各地域における想定する台風の中心気圧

地域	北緯	中心気圧	都道府県
北海道・東北(一部)	38° 以北	950hPa	北海道、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県
東北(一部)・北陸	36～38°	930hPa	福島県、茨城県、新潟県、富山県、石川県、福井県
三大湾・東海・瀬戸内海・山陰	34～36°	910hPa	千葉県、東京都(御蔵島より南の伊豆諸島及び小笠原諸島を除く)、神奈川県、静岡県、愛知県、三重県、大阪府、兵庫県、岡山県、広島県、山口県、香川県、京都府、鳥取県、島根県、長崎県(対馬に限る)
紀伊・四国南部・九州	30～34°	900hPa	和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県(対馬を除く)、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県(薩南諸島を除く)、東京都(御蔵島より南の伊豆諸島及び小笠原諸島に限る)
南西諸島・沖縄本島	26～30°	890hPa	鹿児島県(薩南諸島に限る)、沖縄県(先島諸島及び大東諸島を除く)
先島諸島・大東諸島	24～26°	880hPa	沖縄県(先島諸島及び大東諸島に限る)

室戸台風（1934年）の襲来は気象庁の統計開始（1951年）以前であったため、半径（最大旋衡風速半径）、移動速度については、データが整理されていない。一般に、最大潮位偏差は、台風の移動速度が大きいほど最大風速が大きくなるため大きくなる。半径の違いによる最大潮位偏差への大きな影響はないが、半径が大きいほど潮位の上昇が湾全体へ及ぶ。統計開始以降、上陸時の中心気圧が低い台風は、第1位が第二室戸台風（1961年）、第2位が伊勢湾台風（1959年）であるが、暴風域半径と移動速度は伊勢湾台風の方が大きい。このため、想定する台風の半径、移動速度については、伊勢湾台風を基本とし、一定のまま移動させる。

ただし、地形条件等により基本とする台風条件以外でも、大きく浸水が広がる可能性があるため、基本以外の台風条件（半径、移動速度等）での感度分析も推奨する。なお、感度分析は、本多・鮫島（2018）²が参考になる。

表2 想定する台風の設定方法

項目	設定方法	設定根拠
上陸時中心気圧	地域に応じて設定	
最大旋衡風速半径	75km	伊勢湾台風
台風の移動速度	73km/h	伊勢湾台風

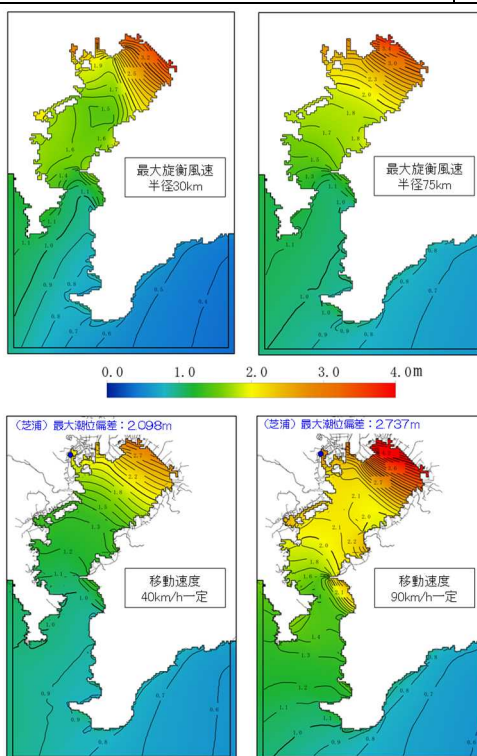


図6 台風の最大旋衡風速半径・移動速度による潮位偏差の違い³

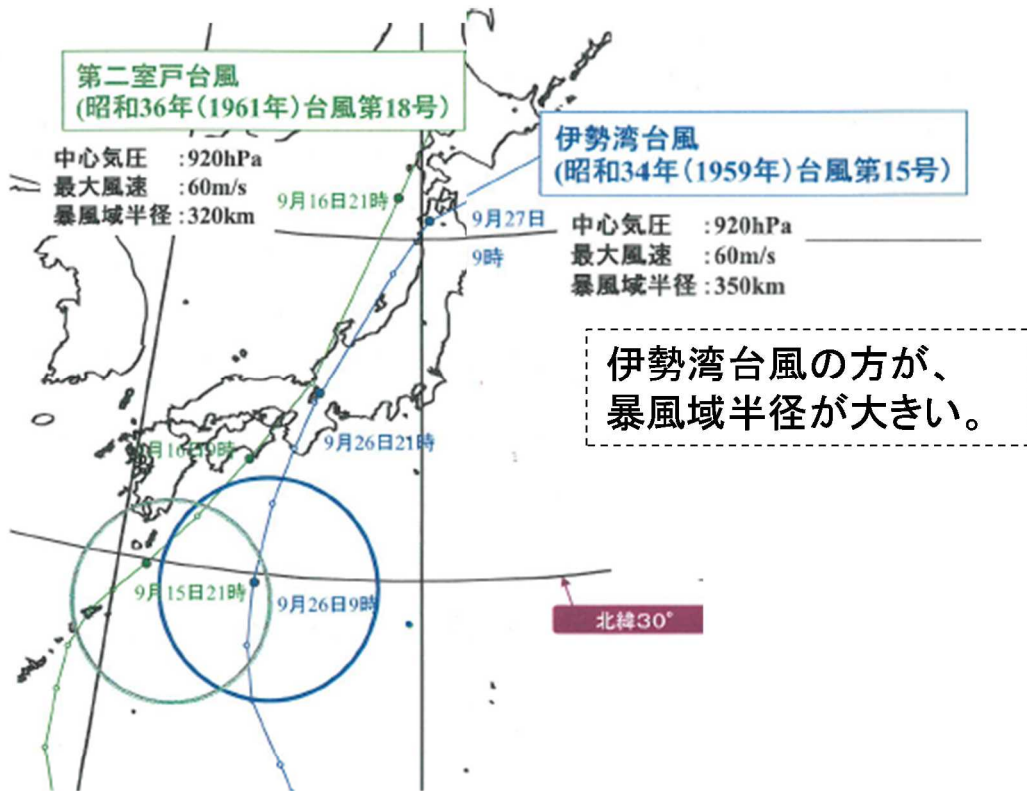
² (4) 1) 本多和彦・鮫島和範：伊勢湾台風級 940hPa での高潮の試算例：三大湾内の高潮推算における台風パラメーターの影響，国土技術政策総合研究所資料，No.1039，2018。

³ (3) 1) 国土交通省：高潮水防強化に関する技術検討委員会（第1回）資料4

上陸時(直前)の中心気圧が低い台風

順位	台風番号	上陸時 気圧 (hPa)	上陸日	上陸場所
1	6118 【第二室戸台風】	925	1961年9月16日	高知県室戸岬の西
2	5915 【伊勢湾台風】	929	1959年9月26日	和歌山県潮岬の西

(出典)気象庁HP から作成



(出典)ゼロメートル地帯の高潮対策検討会資料

- 伊勢湾台風の移動速度
上陸前約59km/h～上陸後83km/h
- 第二室戸台風の移動速度
上陸時約40km/h～敦賀付近約50km/h*

*: 気象庁の台風データから作成

伊勢湾台風の方が、
速度が速い。

図7 第二室戸台風と伊勢湾台風の比較(半径と移動速度の違い)⁴

⁴ (3) 1)国土交通省:高潮水防強化に関する技術検討委員会(第1回)資料4

(2) 想定する台風の経路

各海岸で潮位偏差が最大となるよう、当該地域等で大きな潮位偏差を生じた、進入角度の異なる複数の台風経路を平行移動し、想定する台風の経路を設定する。なお、波浪の影響が大きい海岸では、波高が最大となるような台風の経路も設定する。

具体的には、過去に大きな潮位偏差を生じた台風の経路を参考に進入角度の異なる3方向以上の経路(例:「南から北」、「西から東」、「南西から北東」)を選定し、それらの経路をそれぞれ約10~20kmピッチで平行移動させて複数の経路を設定することを基本とする。

台風の経路により、湾奥部の被害が大きい、湾口部の被害が大きいなどの違いが生じ得ることから、高潮浸水シミュレーション結果を重ね合わせ、最大の浸水深が示されるよう高潮浸水想定区域図を作成する。なお、各経路の潮位偏差のいずれかが卓越することが明らかな場合は全ての経路に対して高潮浸水シミュレーションを行う必要はない。

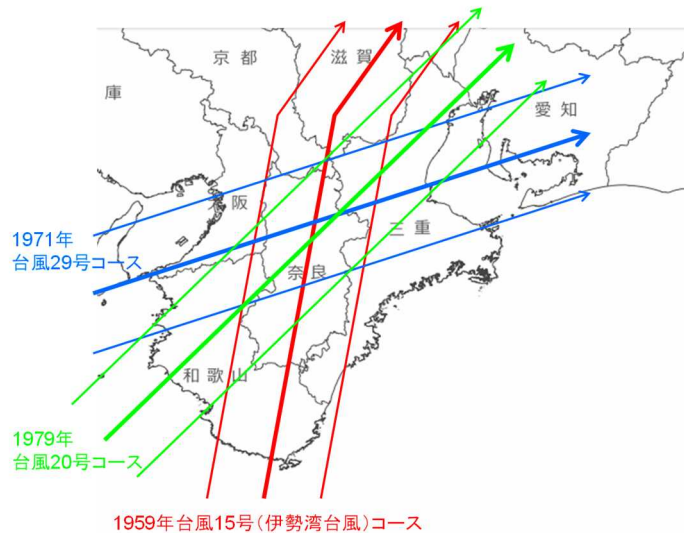


図8 伊勢湾奥における台風経路の設定イメージ

(3) 台風の経路上の地形による影響

最大規模の台風を想定するため、台風が経路上の地形により減衰することは考慮しなくてもよい。

なお、地形による影響を考慮し、メガアンサンブル将来予測である d4PDF⁵を活用して現実的に起こり得る台風経路を選定した事例がある。

<参考>大阪府における検討事例

大阪府の例では、九州や四国を通過し地形の影響を大きく受けると考えられる台風経路を対象に、d4PDFを活用して「①移動速度」、「②中心気圧」を精査している。精査の結果、

⁵ (1) 1) 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (<http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/>)

上陸後に緯度が1度あがるごとに「②中心気圧」が6.4~7.4hPa上昇することが明らかとなった。そのため、上陸後の気圧変動率を考慮した上で、潮位偏差が最大となる台風の経路を算定している。

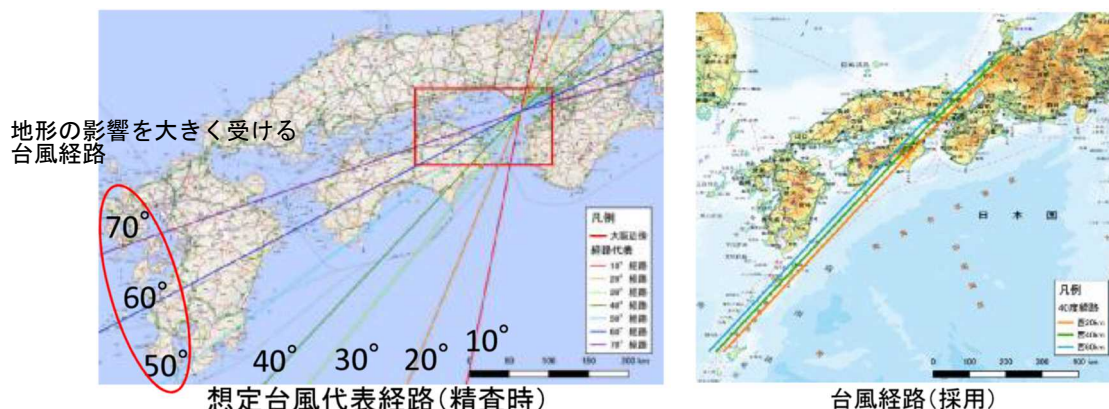


図9 地形による影響を考慮して台風経路を算定した事例（大阪府）⁶

(4) 波浪の影響が大きい海岸における台風の移動速度の設定

台風の移動速度が小さくなると最大風速も小さくなるが、一方で風の吹送時間は増加する。したがって、台風の移動速度が小さい方が波浪の規模が増大する場合がある。さらに、移動速度が小さい方が、高波に伴う越波の継続時間が長くなり、浸水被害が拡大する場合がある。このため、波浪の影響が大きく、越波による浸水が卓越する海岸については、吹送距離、吹送時間とともに波エネルギーの移動速度も考慮して、その地域で考えられる範囲で、対象海岸にとって最も危険な移動速度を設定する。移動速度等を変えた計算例としては君塚ら（2018）⁷が参考になる。

具体的には、気象庁のベストトラックデータなどから過去に対象海岸周辺海域を通過した台風や被害を生じた台風の移動速度を分析し、対象海岸における代表的な台風の移動速度を3通り程度設定する。これを基に、(2)で設定した台風経路の移動速度を変化させる。代表断面における累積越波量等を指標とし、対象海岸にとって最も危険な移動速度を設定する。

<参考>神奈川県を海岸を対象とした移動速度の検討事例

神奈川県横浜市金沢区福浦周辺の海岸を対象に、最も危険な移動速度を選定した例を示す。過去に対象海域で被害を生じた台風の移動速度が25km/h~70km/h程度であったことを参考に、伊勢湾台風の移動速度73km/hを上限として、20km/h、30km/h、73km/hの3通りの移動速度を設定した(図10参照)。

⁶ (3) 2)大阪府河川整備審議会：令和元年度 第3回高潮専門部会 資料1

⁷ (4) 2)君塚政文・高山知司・河合弘泰・宮田正史・平山克也・川口浩二・野田恵史・宇都宮好博：シナリオ台風の最大風速半径と移動速度による高潮と波浪の変化，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.74, No.2, pp.I_247-I_252, 2018.

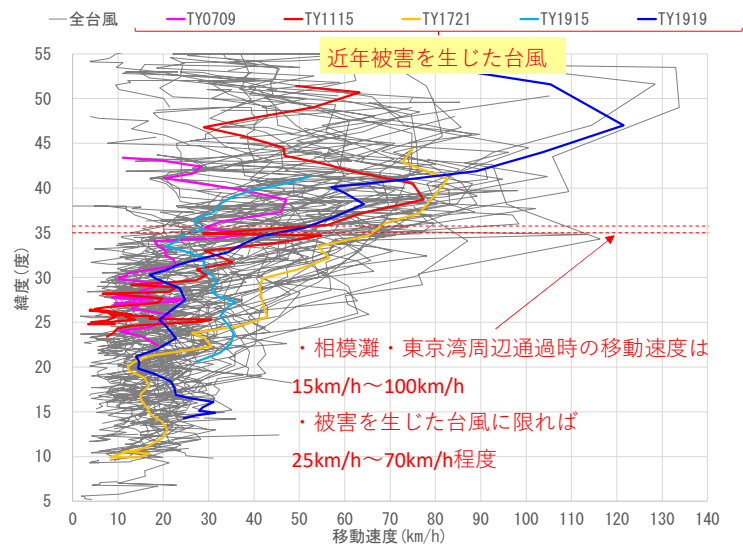


図 10 相模灘・東京湾周辺を通過した台風の移動速度・緯度分布

代表断面における累積越波量の比較を図 11 に示す。この海岸の場合は、移動速度 20km/h の場合の累積越波量が最も大きいことがわかった。したがって、想定する台風の移動速度として 20km/h を採用した。

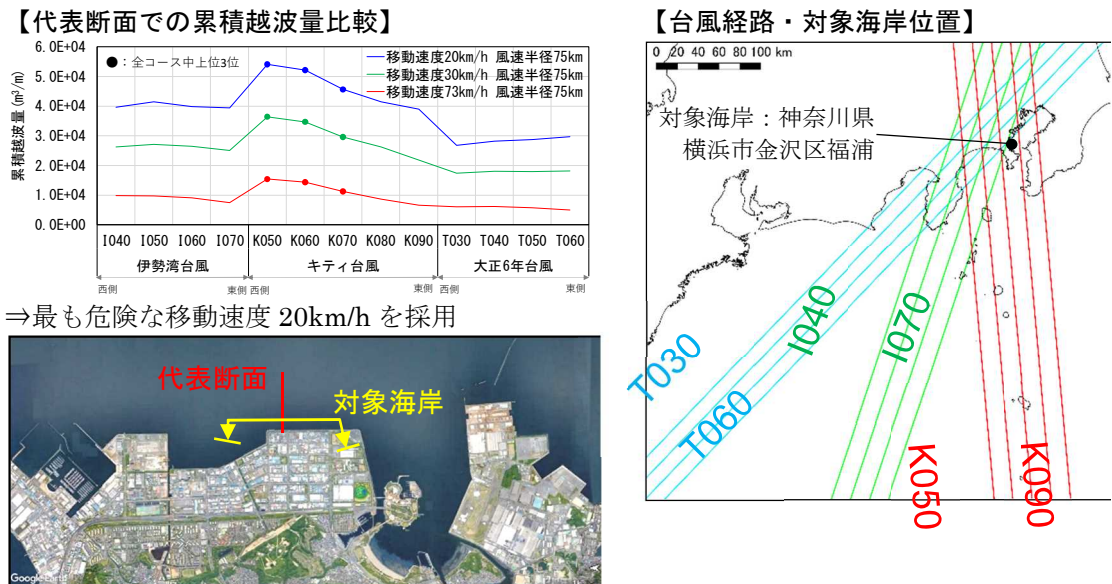


図 11 累積越波量を指標とした台風の移動速度の設定例

3.1.2. 想定する低気圧

低気圧による高潮で、北海道・東北地方・北陸地方では、台風による高潮よりも大きな潮位偏差が観測されていることを踏まえ、どの地域においても台風だけでなく低気圧についても考慮する。

想定する低気圧については、2014年に根室で顕著な高潮を発生させた低気圧や各海岸で顕著な高潮を発生させた低気圧を基本とし、各海岸で潮位偏差が最大となるよう経路を平行移動して設定する。

<解説>

2003年以降の観測記録によると北海道・東北地方・北陸地方では、低気圧による高潮で、台風による高潮よりも大きな潮位偏差が観測されている。これを踏まえ、これらの地域及びどの地域においても低気圧による高潮についても考慮することとする。

なお、舞鶴（京都府）、小田原（神奈川県）においても、低気圧による潮位偏差の方がわずかに卓越しているが、このような地域では室戸台風を基本とした台風モデルによる高潮が卓越すると考えられる。

台風・低気圧の潮位偏差のいずれかが卓越することが明らかな場合は両方行う必要はない。

表3 潮位偏差 50cm 以上を観測した潮位観測所のデータ（2003年～2018年）

観測所	低気圧による高潮		<参考> 台風による 最大偏差 (cm)
	観測日	最大偏差 (cm)	
能登（石川県）	H20.2.23~24	191	111
小田原（神奈川県）	H25.4.6~9	107	99
網走（北海道）	H25.12.16~19	86	79
大船渡（岩手県）	H18.10.6~8	85	77
鮎川（宮城県）	H18.10.6~8	82	76
深浦（青森県）	H17.12.26~27	81	72
小名浜（福島県）	H18.10.6~8	77	70
下北（青森県）	H18.10.6~8	75	—
八戸（青森県）	H18.10.6~8	70	—
宮古（岩手県）	H18.10.6~8	63	65
舞鶴（京都府）	H28.1.17~21	63	59

出典：気象庁 WEB データより、国土交通省作成

※北海道では、台風と低気圧の両方が顕著な潮位偏差を発生させている。観測地点によって既往最大が台風と低気圧にばらつくのは整理期間が短いなどの理由が考えられる。

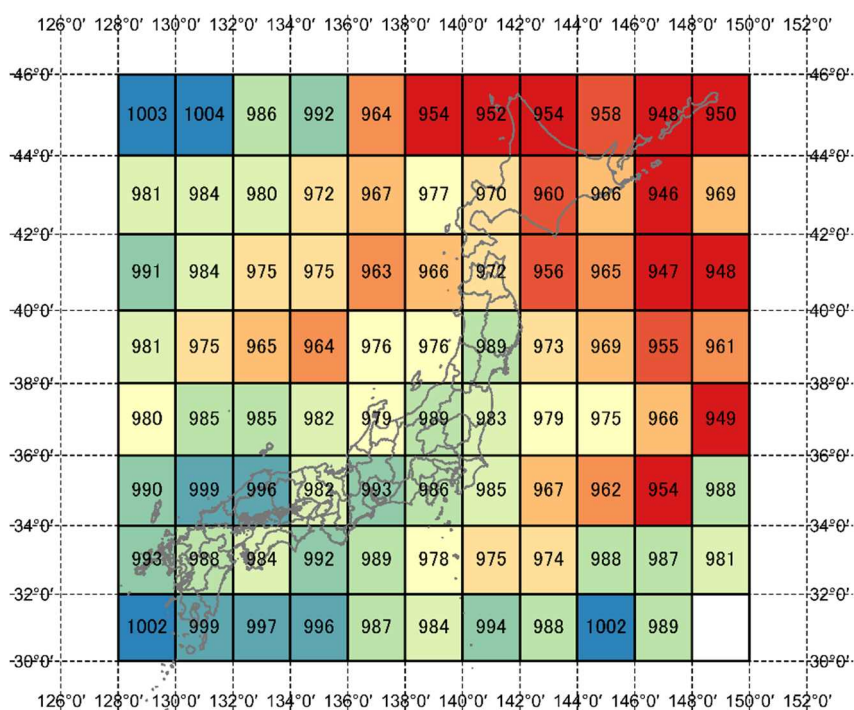
想定する低気圧の中心気圧については、1996年以降で北海道・東北地方・北陸地方において我が国既往最大規模の低気圧である 2014年 12月に根室で高潮を発生させた低気圧（946hPa）や各海岸で顕著な高潮を発生させた低気圧を基本とし、経路については、当該

低気圧を平行移動することにより、各海岸で潮位偏差が最大となるよう複数の経路を設定する。なお、当該低気圧を平行移動する際の中心気圧は、対象地域での過去の実績（図 12）を参考に設定する。

既往の観測データが限られているが、1958 年から 2014 年の気象庁のデータを用いて 2014 年 12 月の低気圧の中心気圧を北海道・東北地方の人口 20 万人以上の 4 都市を含む図 16 の範囲において確率年評価すると 1/1,500 年程度である。また、2014 年 12 月の低気圧は、根室市付近で 24 時間以上停滞しており、少なくとも 1 度は満潮と重なるほどの停滞状況であった。

ただし、本手引きで基本とする低気圧は、これまで我が国で観測された「既往最大」の低気圧である。「想定最大」とは厳密には異なることに留意が必要である。現時点では、想定最大の低気圧の推定が技術的に困難であるため、既往最大の低気圧を基本とするが、関連研究の進展にあわせて低気圧の設定条件を見直すことが望ましい。

また、日本列島を南北に挟んで通過する 2 個の低気圧である「二つ玉低気圧」のモデル化が今後の課題として挙げられる。



※爆弾低気圧情報データベース（1996 年～2019 年の 442 事象）と MSM-S(GPV)のデータを用いて作成

図 12 各エリアの最低中心気圧（低気圧）

<参考>

青森県陸奥湾や北海道根室市での低気圧を対象とした高潮浸水想定検討事例を以下に示す。最低中心気圧の発生時において、青森港海岸に入射する方向で風速が大きい位置が青森港海岸に当たるよう、平行移動した低気圧経路として設定し、各径路について、10km 平行移動した経路を設定している。

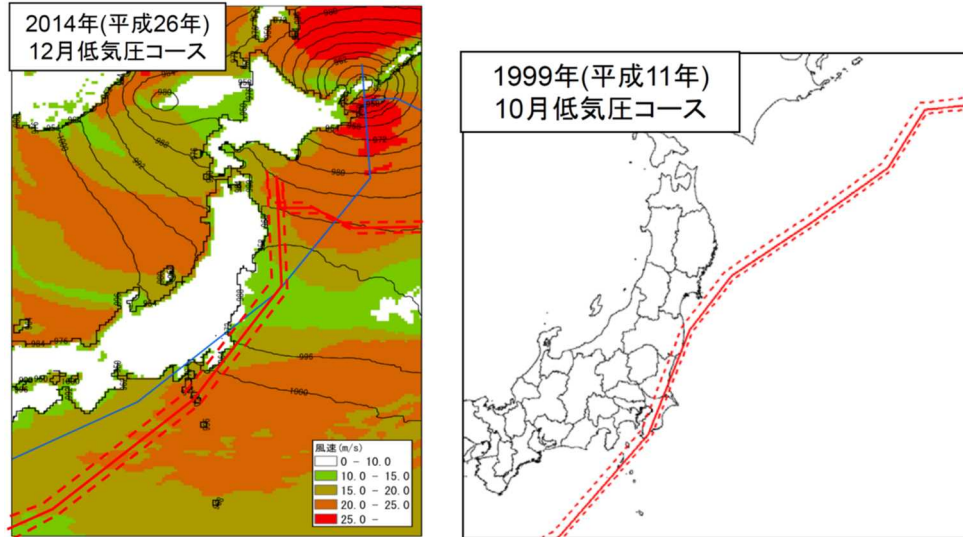


図 13 想定低気圧経路図⁸

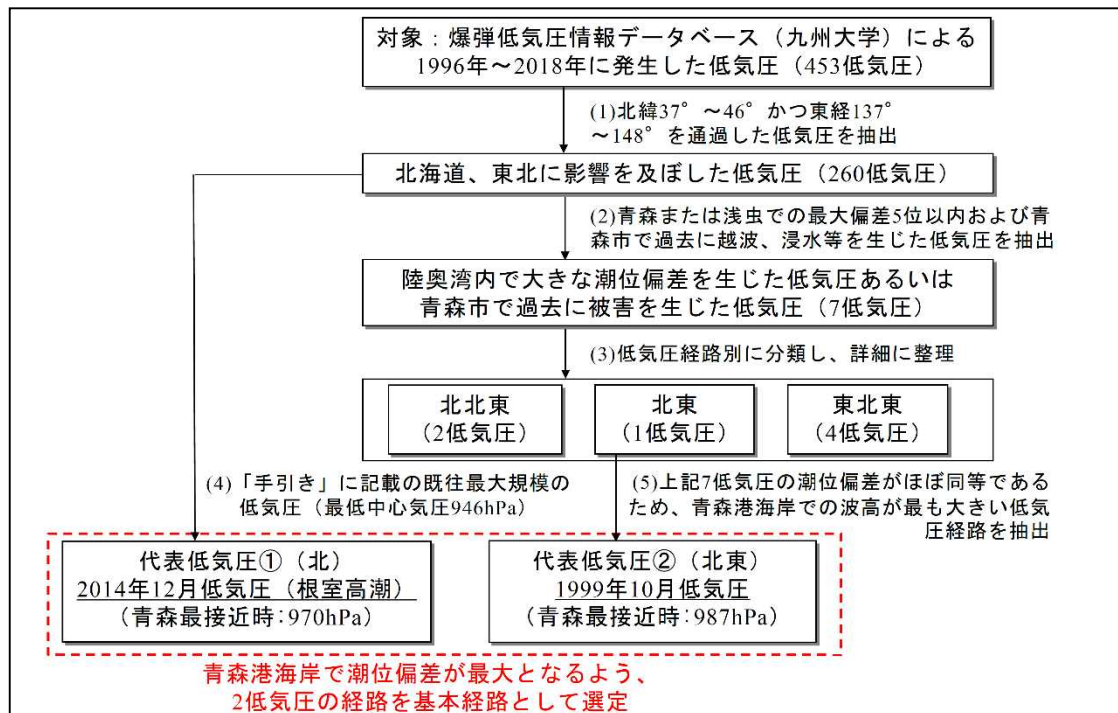
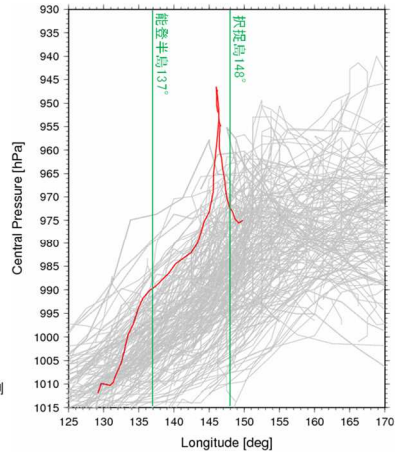
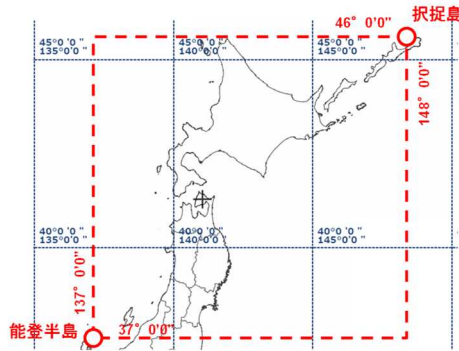


図 14 低気圧事例の整理方針⁸

⁸ (3) 3) 青森県：青森港高潮浸水想定検討会 第2回資料，2019.



灰色：爆弾低気圧情報データベース(1996-2014)で公開されている低気圧(350事例中)の中で北緯37~46°かつ東経137~148°を通過したもの(199事例)
 赤色：2014年12月16~18日の爆弾低気圧(MSM-Sより抽出)

(出典)「爆弾低気圧情報データベース」(九州大学川村隆一研究室)、気象庁データ(MSM-S)より、北海道大学山田朋人准教授作成

(http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/meteorol_bomb/)

図15 2014年12月低気圧の中心気圧⁹

気象庁の最新全球モデル	
算定に使用しているモデル	JRA-55
モデル規模	全球モデル
データの格子間隔	1.25°
データ出力の時間間隔	6時間
データ期間	1958年1月~現在

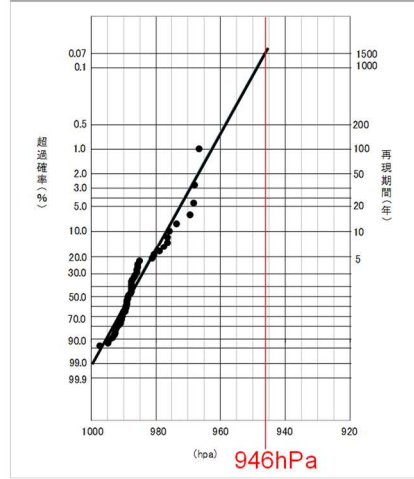
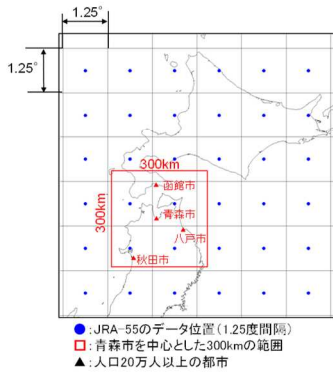


図16 2014年12月低気圧の確率評価(中心気圧)¹⁰

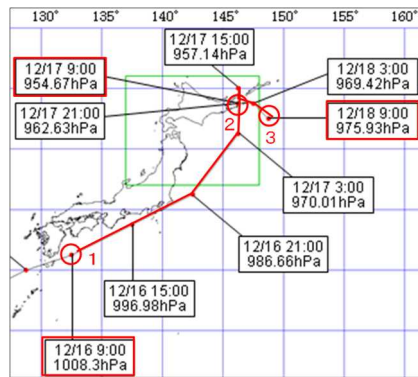


図17 2014年12月低気圧の経路図¹⁰

⁹ (3) 1)国土交通省：高潮水防の強化に関する技術検討委員会（第2回）資料2

¹⁰ (3) 1)国土交通省：高潮水防の強化に関する技術検討委員会（第3回）資料2

3.1.3. 高波をもたらす気象条件

浸水実績の有無にかかわらず、想定最大の台風・低気圧により発生する高波についても考慮する。

さらに、周期の長いうねり性の高波についても、浸水実績がある地域においては考慮する。

<解説>

水防法における「高潮」には高波も含まれることから、本手引きにおいても高波を含めて「高潮」としている。

高潮浸水想定区域図は、我が国既往最大規模の台風を気象の基準とし、潮位偏差が最大となるよう複数の経路を設定し、作成することを基本としているが、最悪の事態を想定し、浸水実績の有無にかかわらず、想定最大の台風・低気圧により発生する高波についても考慮する。

さらに、単に台風や低気圧により潮位が上昇する高潮とは別に、周期の長いうねり性の高波が海岸堤防等を越波したことにより浸水した地域もある。このため、このような波浪が支配的な地域において高潮浸水想定区域図を作成する場合には、うねり性の高波の再現についても考慮する。

なお、うねり性の高波は発生源となる気圧・風場・海域が広範囲にわたり、精度良く再現計算することが難しいことから、こうした不確実性に留意しつつ、浸水実績をできる限り再現するものとする。また、こうした不確実性があることから、想定最大の高潮・低気圧を対象とした高潮浸水シミュレーションにおいて、波浪の周期のみを長い周期(15～20秒程度)として越波量を計算したケースも追加検討することが望ましい。

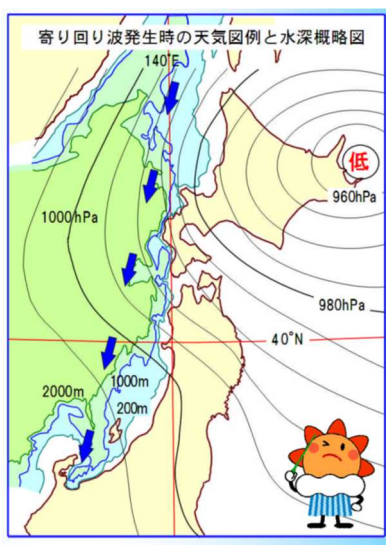
特に、富山湾の寄り回り波や1966年の富士海岸の高波等、浸水実績がある地域については考慮する。

コラム うねり性の高波の原因とその災害

うねりは、その場所に吹く風によって起こされる波である風浪よりも周期が長く、離れた場所の発達した風浪が、余波となって伝わって来た波であり、その場所で吹く風とは直接関係なく起こり得るものです。陸岸近くの浅い海域に達すると、海底の摩擦の影響でうねりの前方にブレーキがかかるため、うねりの後方が追いついて波長が短くなる一方波高は急激に高くなり、うねり性の高波を発生させます。

うねり性の高波の代表的な例として富山湾における寄り回り波があります。この高波は富山湾沿岸で一様に波が高まるのではなく、特に氷見、新湊、入善、滑川など限定された海岸で高まる性質があることから寄り回り波という言葉で呼ばれています。寄り回り波は、主に冬季において、低気圧が日本海北部を発達しながら通過し日本の東海上で停滞すると、北海道の西海上では北よりの暴風が吹き、この風で発生したうねりが富山湾に進入し、海底谷等起伏に富んだ富山湾特有の海底地形により局所的な高波が発生します。また、うねりが伝わるまでに半日から1日かかることから、富山湾の風や波が比較的静かになった頃に不意に打ち寄せ、古来より多くの被害が発生しています。

近年では、平成20年2月24日、富山県黒部市、入善町で、寄り回り波が堤防を越波、直立堤が倒壊するなど、約4.7ha、黒部市42棟、入善町119棟が浸水し、死者1名、重傷者2名の高波災害が発生しています。



寄り回り波発生時の天気図例と水深概略図



高波の越波状況（黒部市生地地区）

直立堤の倒壊状況（入善町五十里地区）



黒部市生地地区の浸水被害

- (参考文献) (1) 2) 気象庁富山地方气象台：寄り回り波を知る～波浪災害に備えて～（平成25年3月）
(3) 7) 国土交通省河川局：高波災害対策検討委員会中間取りまとめ（平成20年8月）
(1) 3) 黒部河川事務所：平成20年2月24日 下新川海岸高波災害（平成24年3月）
宮崎海上保安部：転覆のメカニズムと対策について
(<https://www.kaiho.mlit.go.jp/10kanku/miyazaki/uminoanzen/kogatasen-point/date/tenpukuziko/kogatasen-point.htm>)
(1) 4) 磯崎一郎：波浪学のABC，成山堂書店，173p.，2006.

3.2. 河川流量

一級河川や、背後に人口・資産が集積し、洪水時に相当な流量が想定される河川等においては、高潮時に洪水が同時に発生することを想定し、河川の流量を設定することを基本とする。

河川の流量は、河川整備基本方針で定める基本高水を基本とし、現況施設を考慮して設定する。

<解説>

(1) 河川流量の設定方法

高潮時に洪水が同時に発生することは否定できない。このため、最悪の事態を想定し、一級河川や、背後に人口・資産が集積し、洪水時に相当な流量が想定される河川等においては、高潮時に洪水が同時に発生することを想定し、河川流量を設定することを基本とする。

河川流量は、河川整備基本方針で定める基本高水を基本とし、既設の洪水調節施設による調節、高潮による影響が明らかな区間より上流における河川堤防の天端越流を考慮して設定する。(以下「基本高水(現況施設考慮)」という。)

河川流量のピークと潮位偏差のピークについては、最も影響が大きいと考えられる自己流区間最下流端(計画高潮位と自己流の計画高水位の交点)などにおいて重ね合わせることをとする。

河川流量や河口砂州の取り扱いなどの設定に当たっては、河川管理者の意見を聴くものとする。

(2) 想定最大規模の降雨による洪水と想定最大規模の高潮の同時生起の取扱い

三大湾に流入する多摩川、荒川、江戸川、木曾三川、庄内川、淀川、大和川について、1970年以降50cm以上の潮位偏差を生じた高潮時の河川流量を確認したところ、2004年台風第23号時の木曾川・長良川、2011年台風第15号時の木曾川で比較的大きな流量となっているが、河川整備計画において河道の整備目標としている流量以下であった。

ピークの時間差については、台風上陸前に前線による降雨があり、河川流量のピークの方が潮位偏差のピークより早かった例もあるが、多くの場合、潮位偏差のピークより河川流量のピークが遅れていた。

このように、これまで高潮時にそれほど大きな河川流量となっていないこと、ピークがずれることが多いことから、そもそも各々の生起確率が極めて小さい想定最大規模の降雨による洪水と想定最大規模の高潮が同時に生起し、ピークが重なり合うことは基本としないこととする。

3.3. 潮位

基準となる潮位（天文潮）は、朔望平均満潮位を基本とする。

過去に当該海岸で異常潮位が生じた場合は、異常潮位の各々の最大偏差の平均値を朔望平均満潮位に加えることとする。

<解説>

(1) 天文潮

基準となる潮位（天文潮）は、最悪の事態を想定し、朔望平均満潮位とすることを基本とする。なお、海岸堤防の設計の基準となる潮位について、一般的に朔望平均満潮位としている例が多いが、海岸堤防の設計における基準となる潮位として台風期の朔望平均満潮位を用いている場合にはこれを用いてもよい。

各海岸で潮位偏差のピークと満潮位が重なるよう満潮の時刻を設定する。その際、天文潮の時間変動を考慮せず、朔望平均満潮位で一定とすることを基本とする。ただし、台風の移動速度を伊勢湾台風より著しく小さく設定した場合には、朔望平均満潮位のもとで高潮・高波が長時間継続する非現実的な結果になるおそれがあるため、必要に応じて、越流量や越波流量の算定に用いる潮位に関して、天文潮の時間変化についても考慮してもよい。なお、ゼロメートル地帯において、浸水継続時間を検討する際等には、天文潮の時間変化を考慮する。

(2) 異常潮位

異常潮位とは、台風などによって引き起こされる高潮や地震に伴う津波とは異なった原因で、潮位がある程度の期間（概ね1週間から3か月程度）継続して高く（又は低く）なる現象のことである。これまで、我が国の広い範囲で、数週間程度継続する異常潮位がほぼ毎年発生している。このため、過去に当該海岸で異常潮位が生じた場合は、異常潮位の最大偏差の平均値を朔望平均満潮位に加えることとする。

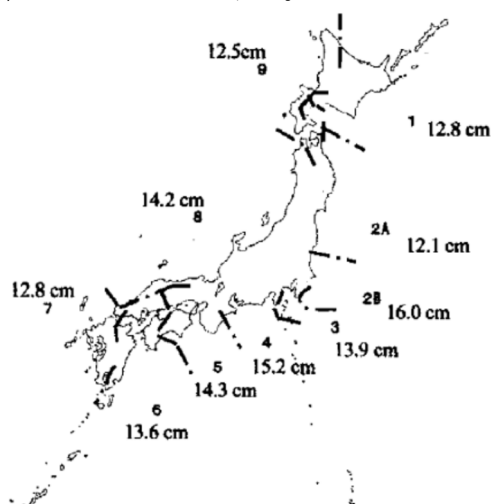


図 18 異常潮位の最大偏差の平均値¹¹

¹¹ (4) 3) 下野 隆司, 仲井 圭二, 永井 春生, 松本 英雄, 渡邊 和重, 磯部 雅彦: 全国沿岸域における異常潮位の広域的出現特性, 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp.1221-1225, 2004.

コラム 異常潮位とは

通常、海面は1日にほぼ2回、規則的に昇降を繰り返し、その高さ与时刻は地球と月及び太陽の運行からあらかじめ推測することが可能で、「平常潮位」、「天文潮」と呼んでいます。しかし、実際に観測される潮位は、さまざまな要因で天文潮と異なり、観測される潮位と天文潮の差を潮位偏差と呼んでいます。

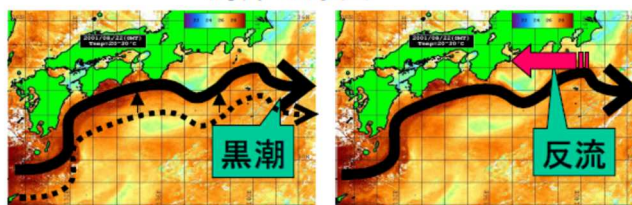
潮位偏差を生じる代表的なものには、台風などで起きる高潮や地震で引き起こされる津波がありますが、潮位偏差の高い（又は低い）状態が広範囲に数週間を超えて長時間続くことがあります。これが「異常潮位」と呼ばれる現象です。この異常潮位という現象は、季節に関係無く発生していますが、天文潮が年間でも高くなる夏から秋にかけて異常潮位が起きると浸水被害が発生することが多くなります。

近年発生した主な異常潮位

発生年月	継続期間	発生した範囲	原因と考えられる現象		主な被害
1999年10月	月上旬～11月中旬	東海～紀伊半島南岸	反流	冷水渦	床上浸水・冠水
2001年7月	7月上旬～9月上旬	沖縄本島	暖水渦		浸水・冠水
2001年9月	9月上旬～10月中旬	東海～九州沿岸、瀬戸内海	接岸		浸水・冠水
2003年8月	8月下旬～9月下旬	沖縄本島	暖水渦		浸水・冠水
2004年6月	～2005年2月	東海～紀伊半島沿岸	反流	冷水渦	なし

主な発生要因は、中規模渦（暖水渦）の接近、黒潮の接岸、沿岸反流の強化、南岸に沿った東よりの風の継続など様々です。

海洋の原因



流路の変動（接岸など）

岸に沿った西向きの流れ

異常潮位の要因例

（参考文献）気象庁：異常気象レポート 2005

(<http://www.jma.go.jp/jma/press/0510/28a/report2005.html>)

(3) 副振動

九州から薩南諸島にわたる地域等で発生する「あびき」に代表される副振動は、気圧の急変や台風による海洋長波の伝播によるものと考えられる。副振動は、高潮とは発生メカニズムが異なり、また、継続時間が比較的短いことから、想定最大規模の高潮と同時生起し、ピークが重なり合うことは考慮しない。今後新たな知見が得られた場合には、その段階で必要に応じ見直す。

4. 堤防等の決壊条件等の設定

堤防・水門等は、外力が設計に用いた外力条件（以下「設計外力」という。）に達した段階で決壊するものとして扱うことを基本とする。水門等については、操作規則どおり操作されることとする。また、背後地の地盤高や形状によっては、決壊しない条件による浸水範囲の方が広がる場合があることに留意が必要である。

<解説>

(1) 堤防等

海岸保全施設又は河川管理施設である堤防等は、最悪の事態を想定し、外力が設計条件に達した段階（うちあげ高が堤防天端高を超える、潮位が設計高潮位を超える、越波流量が許容越波流量を超える）で決壊するものとして扱うことを基本とする。

海岸堤防等については、決壊幅の範囲を具体的に設定することは困難であるため、外力が設計条件に達した全ての区間で決壊するものとして扱うことを基本とする。ただし、最高潮位が背後地盤高を越えず、越波による浸水が卓越する海岸では、背後地の地盤高や形状等の条件によって、堤防・護岸等の線的構造物により排水が阻害され、決壊しない条件の浸水範囲の方が広がる場合がある。このようなケースについては、堤防・護岸等が決壊しない条件等による計算もあわせて実施することが望ましい。なお、海岸堤防等については、粘り強い構造による整備が進められており、これを見込んで設定する必要がある。ただし、具体的にどのような条件まで施設が機能するか十分な知見が得られていないため、現段階においてはその効果を考慮しないことを基本とする。施設の管理状態、実験、数値計算等を踏まえ、想定最大規模の高潮に対し、一連区間全体として一定時間決壊しないことが担保される場合等には、その効果を考慮する。決壊後の海岸堤防等は、周辺地盤の高さと同様の地形として扱う。

河川堤防については、水位が設計条件である計画高潮位や計画高水位に達した段階で決壊するものとして扱うことを基本とする。河川流量を設定する河川においては、基本高水（現況施設考慮）の水位縦断を高潮時と平常時（朔望平均満潮位）で比較し、水位の高い区間を高潮による影響が明らかな区間として設定し、当該区間で水位が設計条件に達した区間が決壊することとする。そのうえで、例えば、上流の水位が設計条件に達しても決壊せず、高い水位が保たれることにより下流が決壊する場合もあることから、決壊する箇所や順序について複数のシナリオを設定することとする。決壊幅等については、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）¹²」を参考に設定する。

なお、高潮による影響が明らかな区間については、河川や地形の特性、シミュレーションの計算精度等を踏まえて、高潮時と平常時（朔望平均満潮位）の水位差のしきい値（例：0cm、1cm、10cm、20cm）を適切に設定することとする。

堤防等の高さや決壊条件の設定に当たっては、台帳等の資料の確認とあわせ、海岸管理者

¹² (2) 1)国土交通省：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版），pp.18-19，2017.

又は河川管理者の意見を聴くものとする。

高潮浸水想定では、最悪の事態を想定するため、外力が堤防等の設計条件に達した段階で、ただちに決壊するという条件としている。一方で、実際には、短時間でも堤防等の天端高が越流時に維持することで、背後地の浸水被害の軽減や浸水到達時間を遅らせる効果があることも周知が必要である。

各施設の管理者は、設計条件よりも小さな外力で壊れることがないように、適切に点検・維持・補修を行う必要がある。

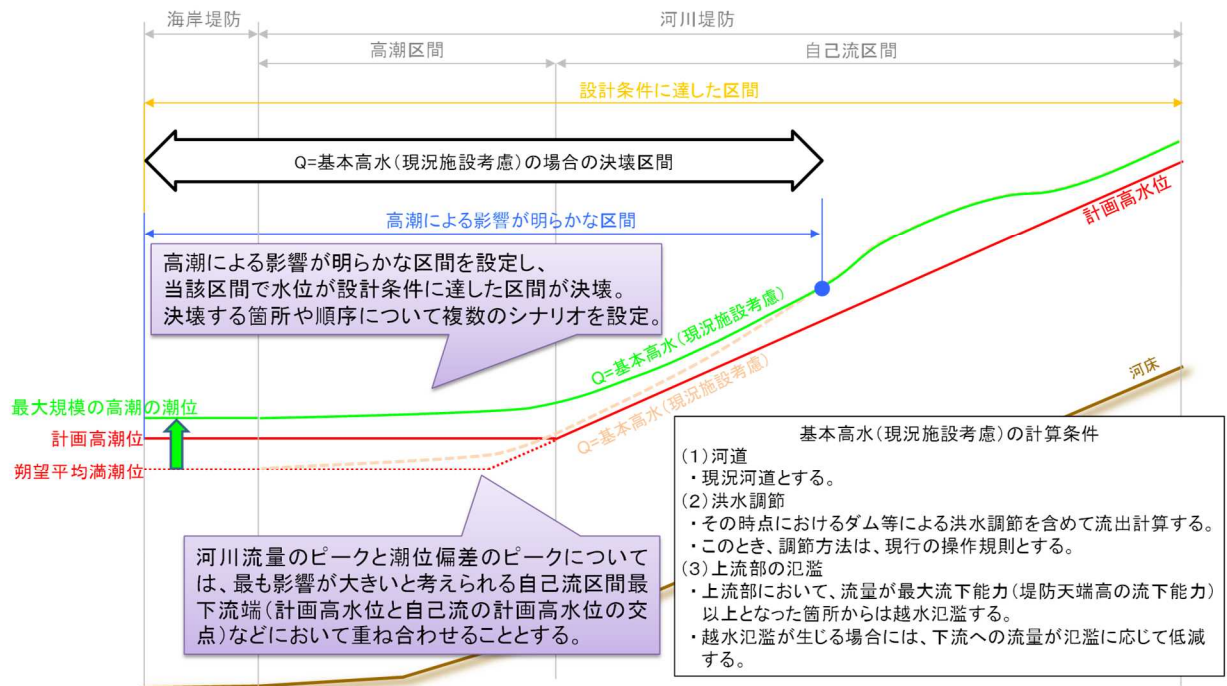


図 19 河川堤防の決壊条件の考え方 (出典：平成 27 年水防法等改正説明会資料)

＜参考＞全国の河川の設定事例

これまでに高潮浸水想定を検討が実施されている都道府県における河川の設定事例をとりまとめたものを表4に示す。河川や沿岸地域の特性に応じて、必要な条件を選択して設定する際に、全国の事例を参考にできる。

表4 高潮浸水想定での河川の設定事例（全国の事例に基づき作成）

項目	選択肢	設定事例	
河川流量の設定	①1級河川	1級河川であれば、すべて河川流量を設定する。	
	②2級河川	a	2級河川であれば、すべて河川流量を設定する。
		b	2級河川のうち、流量があるしきい値以上(1,000m ³ /s以上など)であれば、すべて河川流量を設定する。
		c	2級河川のうち、以下の条件に当てはまらない河川であれば全て河川流量を設定する。 ・水門と水門で区切られた河川 ・流量が小さく、高潮時には河口の水門が閉じる河川 ・河床勾配がほとんどなく運河と同等に扱う河川
	③洪水予報河川又は水位周知河川	洪水予報河川又は水位周知河川のうち、背後に人口・資産が集積している河川はすべて河川流量を設定する。	
河川堤防の決壊の設定	①基本事項	河川の水位がHWLに達したら当該箇所が決壊する。	
	②決壊箇所の設定	a	代表破堤地点を設定し、代表破堤地点がHWLに達したら決壊する。代表破堤地点以外は、HWLに達しても決壊させない。
		b	河川が決壊する場所を複数地点設定し、一地点づつ決壊する条件で浸水シミュレーションを実施する。
	③中小河川の堤防	中小河川の堤防の決壊も考慮する。	
高規格堤防、特殊堤の決壊条件	-	高規格堤防は決壊しない。	
支川におけるハイドログラフの与え方	-	支流から流下する河川流量のピーク水位と本川から流下する河川流量のピークが合流部で重なり合うタイミングをピークの流入時間とする。	
高潮による影響が明らかな区間を設定の際に基準とする、高潮時と平常時の水位差	①	0cm	
	②	1cm	
	③	10cm	
	④	20cm	
河川の粗度係数の設定方法	①	小谷ら(1998)の論文に基づいて粗度係数を設定する。	
	②	上流において一次元不定流計算による水位が準二次元不等流計算による水位に近づよう調整して設定する。	
海域・陸域・河川域を一体的に水理解析せず、各領域の水理解析を組み合わせる場合、海域からの氾濫と河川域からの氾濫の重ね合わせ方	①	想定台風の規模・経路から①気圧・風場の推算、②波浪等の計算、③高潮推算及び浸水計算について各々の計算結果を連結して計算を行う。	
	②	海域・陸域・河川域を一体的に水理解析せず、各領域の水理解析を組み合わせる方法を採用した場合、海域からの氾濫と河川域からの氾濫は、同時に計算している。	

(2) 水門等

海岸保全施設又は河川管理施設である水門等の操作施設については、操作規則どおりに操作されることとし、最悪の事態を想定し、外力が周辺の堤防等の設計条件に達した段階で決壊するものとして扱うことを基本とする。水門等の決壊条件の設定に当たっては、操作規則等の資料の確認とあわせ、海岸管理者又は河川管理者の意見を聴くものとする。

(3) 沖合施設等

離岸堤、人工リーフ、津波防波堤等の沖合施設については、外力が設計条件に達した（設計波を超えた）段階で周辺地盤の高さと同様の地形として扱う。なお、沖合施設の消波効果については、図20等を参考に可能な限り計算に反映する。

例えば、低いマウンドにケーソンが載った防波堤の場合、マウンドから滑落したケーソン

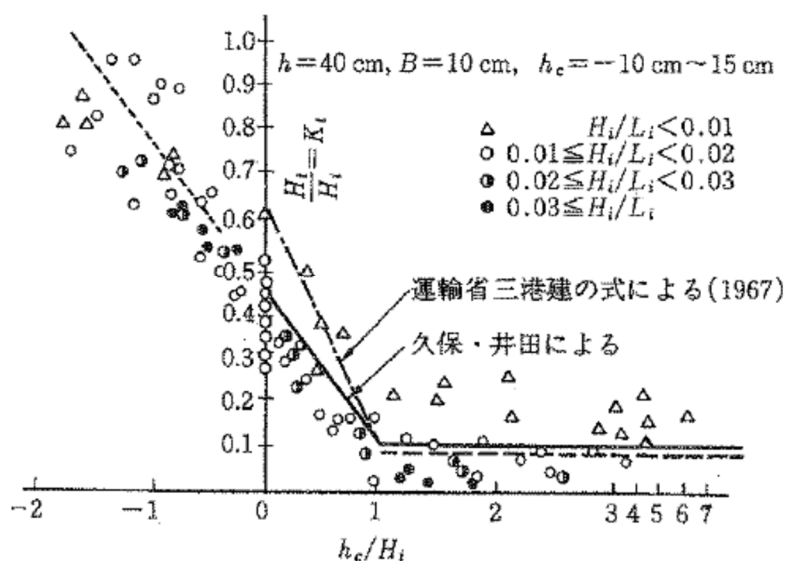
が潜堤のように寄与し、波浪を低減することが考えられるが、想定最大を考える上では、定量的な効果を評価することは難しいことから、この効果は考慮しないことを基本とする。決壊後等の施設の構造物の波浪低減効果を考慮する場合は、その条件を示した上で、各施設の管理者に意見を聴くものとする。

(4) 民有施設等

既存の民有施設等については、具体的にどのような条件まで施設が機能するか明らかでないため、最悪の事態を想定し、施設が無いものとして周辺地盤の高さと同様の地形として扱うことを基本とする。

ただし、民有護岸等を含め、線的構造物等については、施設が決壊しない条件等で計算した方が排水条件としては不利となるため、最悪の事態を想定する上で留意が必要である。民有施設等の設定に当たっては、施設所有者等から情報を収集するものとする。

民有施設等の有無による影響が、当該施設が属する民有地を越えてその周辺にまで及ぶことが想定される場合は、施設の情報を正確に把握する必要がある。特に浸水範囲の推定に影響の大きな施設の天端高や堤脚水深は、可能な限り現状を把握し、モデルに反映することが望ましい。



h_c :天端高(水面上高さ)、 H_i :入射波高、 H_t :伝達波高、 K_t :透過率(波高伝達率) B :天端幅、 h =設置水深

図20 離岸堤天端高と透過率の関係¹³

¹³ (4) 4久保弘一・井田康男：捨石堤背後の伝達波高について、第20回海岸工学講演会論文集，pp.49-54, 1973.

5. 高潮浸水シミュレーション条件の設定

5.1. 計算領域及び計算格子間隔

高潮浸水シミュレーションの計算領域は、台風、低気圧の影響範囲等を考慮して適切に設定する。

高潮浸水シミュレーションにおける計算格子間隔は、沿岸地形の影響による水位上昇や流速の変化、陸域への氾濫等の高潮の挙動を精度良く推算できるように適切に設定する。

<解説>

(1) 計算領域

高潮浸水シミュレーションの計算領域は、台風、低気圧による吸い上げ・吹き寄せや、風波・うねり等が精度良く推算できるような領域を設定する。

計算対象の海岸において朔望平均満潮位が異なる場合は、朔望平均満潮位ごとに計算することを基本とする。

(2) 計算格子間隔

高潮浸水シミュレーションにおける計算格子間隔は、沿岸地形の影響による水位上昇や流速、波浪の変化、陸域への氾濫等の高潮の挙動を精度良く推算できるように適切に設定する。

また、高潮浸水シミュレーションは津波シミュレーションに比べて現象の継続時間が長いことから計算負荷が大きいいため、外洋から沿岸域に向けて順次細かい計算格子間隔（例：2,430m、810m、270m、90m、30m、10m）として同時に計算する方法（ネスティング）を基本とする。

外洋上では、台風の風場を適切に表現し、波浪推算において風から与えられるエネルギーを精度良く計算できるように格子間隔を設定すればよく、最小計算格子間隔は粗くしてもよい。

浅海域では風から与えられるエネルギーに加えて、屈折、砕波等の波浪変形、ラディエーションストレスが適切に計算できる格子間隔とする。

陸域の浸水計算を実施する最小計算格子間隔は 10m 又は 25m 程度を目安とする。

異なる計算格子間隔の領域を接続する際には、小領域で発生した短波長成分の一部が大領域に伝播せず再反射してしまう影響を軽減するため、格子間隔を 1/3 又は 1/2 等の割合で小さくしていく。

数多くの台風・低気圧経路から顕著な高潮・波浪が生じるものを絞り込む準備計算では最小計算格子を 270m など粗くして計算してもよい。また、経路選定段階では、ラディエーションストレスを見込まず、浸水計算もしないことで効率的に計算が可能である。

計算格子間隔は細かくすると計算精度も向上するが、計算における負荷、データ作成費用が大きくなることにも留意する必要がある。

なお、計算精度や計算効率の向上を図る観点から、解適合格子法¹⁴など他の手法についても上記と同等の信頼性がある場合には用いてもよいものとする。

¹⁴ (4) 5) 森信人・千田優・安田誠宏・間瀬肇：解適合格子法を用いた津波シミュレーションとメッシュ分割法について，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.70, No.2, pp.I_286-I_290, 2014.

5.2. 計算時間及び計算時間間隔

高潮浸水シミュレーションの計算時間は、高潮・高波の特性等を考慮して、最大の浸水の区域及び浸水深が得られるように設定する。

高潮浸水シミュレーションの計算時間間隔は、計算の安定等を考慮して適切に設定する。

<解説>

(1) 計算時間

計算開始については、高潮推算では初期水位から台風の気圧低下による不自然な波が発生しないように緩衝時間を設定し、波浪推算でも遠方で発生した波浪が当該海岸に到達するまでの助走時間を設定する。計算終了は、高潮の流入が止まった後、堤内地側の排水が完了するまで計算を行う。

(2) 計算時間間隔

高潮浸水シミュレーションの計算時間間隔は、計算格子間隔に対する計算の安定性等を考慮して、次に示す CFL 条件を満たすように設定する。

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{max}}}$$

ここに、 Δt は 計算時間間隔、 Δx は計算格子間隔、 h_{max} は最大水深、 g は重力加速度である。

ただし、実際に計算を行う場合は、数値誤差や現象の非線形性が介在するため、計算時間間隔を上記条件に比べて余裕をもって小さく設定する¹⁵。

なお、上記については、陽的な差分法における計算条件であり、それ以外の手法を用いる場合は計算の安定性等を考慮し適切に設定する。

¹⁵ (3) 8)土木学会原子力土木委員会 津波評価部会：原子力発電所の津波評価技術 本編，pp.1-52，2002.

5.3. 地形データの作成、各種施設の取扱い

地形データの作成に当たっては、航空レーザ測量の結果等を活用することを基本とする。

高潮浸水シミュレーションに影響を及ぼす堤防等の線的構造物については、地形データに施設高を反映する。

<解説>

(1) 地形データの作成

海域や陸域、河川域の地形は高潮浸水シミュレーションに大きく影響を与えるため、地形の再現に当たっては、できるだけ詳細な情報が必要である。このため、数 m 単位の格子状の数値標高データ（DEM データ）が得られる航空レーザ測量等を活用し、地表面等の標高を表す地形データを作成することを基本とする¹⁶。特に堤防・護岸等の施設の前面については、堤前水深がうちあげ高や越波流量の算定に大きな影響を与えることから、水深が過小となっていないか確認するものとする。

高潮浸水シミュレーションは海域や陸域、河川域を一体的に取り扱うものであるから使用する地形データは原則として東京湾平均海面（TP）を基準面とする。また、異なる地形データ資料の接合部については、現地の地形状況などを踏まえて、適切に処理する。

地形データを作成するに当たっては、実際の地形や地図と比較して不自然なものとなっていないか施設管理者に確認するなど、適切に設定する。

(2) 各種施設の取扱い

① 堤防等の線的構造物

堤防、防波堤、道路や鉄道の盛土等の線的構造物は高潮浸水シミュレーションに影響を及ぼすことから、平均地盤高からの比高が 50cm 以上のものは、地形データに施設高を反映する。

格子間隔より幅が広い線的構造物については、格子に沿う形状に近似し、地形データに施設高を反映することを基本とする。格子間隔より幅が狭い線的構造物は、計算格子間に壁があるもの（格子境界）として整理し、その高さを越流条件で考慮する。

中小河川については、高潮遡上の可能性を考慮して、連続した計算格子として地形データに反映することを基本とする。

既存の民有施設等を施設が無いものとして周辺地盤の高さと同様の地形として扱う場合には、接する格子と大きな段差を生じない高さとして地形データに反映することを基本とする。

¹⁶ DEM(Digital Elevation Model)データとは、航空レーザ測量計測した高さのデータから、地表面を覆う建物、橋等の人工構造物や樹木等の植生を除去し、地表面だけの標高データとしたもの。また、海域及び陸域に関する地形データの取得先については、参考資料に掲載している。

②堤防等の開口部

堤防等に格子間隔より幅が狭い閉鎖されない開口部が存在する場合には、当該箇所格子間で潮位に対して一定の流出量を与えるなど、できる限り計算に反映する。

海岸保全施設又は河川管理施設以外の港湾施設や漁港施設の水門等については、高潮により浸水のおそれがある場合に閉鎖されていることを基本とする。ただし、高潮浸水想定に大きな影響を与えるものについては、その構造や管理の状況について、施設管理者の意見を聴くものとする。

道路盛土等にボックスカルバート等の閉鎖されない開口部が存在する場合には、堤防等における開口部と同様、当該箇所格子間で水位に対して一定の流出量を与えるなど、できる限り計算に反映する。

5.4. 粗度係数

高潮が沿岸域に到達し、陸域に氾濫する場合には、海底や地面による抵抗が無視できなくなるため、高潮浸水シミュレーションにおいては、土地利用の状況に応じ粗度係数を設定する。

<解説>

高潮が沿岸域に到達し、陸域に氾濫する場合には、海底や地面による抵抗が無視できなくなるため、高潮浸水シミュレーションに用いる運動方程式において、以下のような摩擦項を考慮する。なお、建築物等を地形データに反映することが望ましいが、現在の計算における負荷、データ作成費用を考慮し、土地利用状況について粗度係数として設定することを基本とする。

$$\frac{gn^2M}{D^{7/3}}\sqrt{M^2 + N^2} , \quad \frac{gn^2N}{D^{7/3}}\sqrt{M^2 + N^2}$$

(n :粗度係数, g :重力加速度, D :全水深, M, N : x, y 方向の流量フラックス)

n はマンニングの粗度係数であり、津波の場合、陸域の遡上では市街地の建築物等によって受ける抵抗など土地利用状況に応じて数段階に分けて値を設定する方法を採用するケースが多い。海域では $0.025(\text{m}^{-1/3}\text{s})$ 程度の値が一般的には用いられる。

このため、下表のような津波遡上計算における粗度係数を参考に設定する。ただし、住宅地等について建物の抗力や空隙率を考慮した詳細な設定を行う場合には、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）¹⁷⁾」を参考とする。

表5 粗度係数の設定例¹⁸⁾

土地利用	粗度係数 ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)
住宅地（高密度）	0.08
住宅地（中密度）	0.06
住宅地（低密度）	0.04
工場地等	0.04
農地	0.02
林地	0.03
水域	0.025
その他（空地、緑地）	0.025

なお、大規模な建築物等を粗度係数ではなく地形データに反映する場合には、粗度係数を「その他（空地、緑地）」と設定するなど整合を図る。

「水域」の粗度係数については表5を目安とするが、3.2.の洪水を考慮する河川については、水面形が再現されるよう適切に粗度係数を設定する。

¹⁷⁾ (2) 1)国土交通省：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版），pp.14-15，2017.

¹⁸⁾ (4) 6)小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫：GISを利用した津波遡上計算と被害推定法，海岸工学論文集，土木学会，第45巻，pp.356-360，1998.

6. 高潮浸水シミュレーション

6.1. 台風による高潮浸水シミュレーション手法

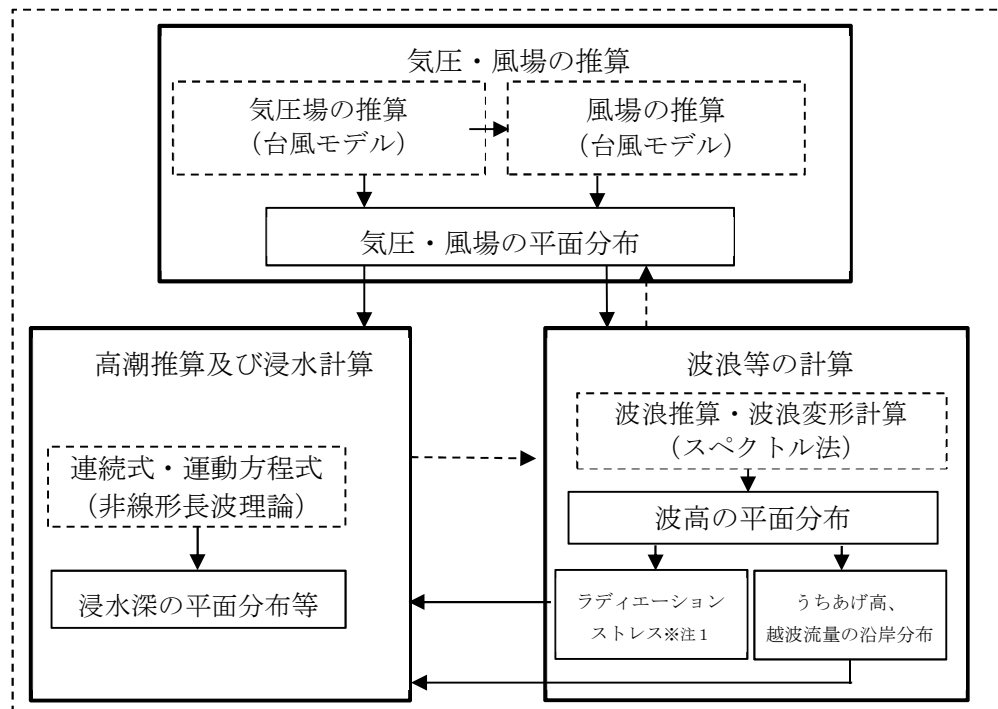
台風による高潮浸水シミュレーションは、想定台風の規模・経路から①気圧・風場の推算、②波浪等の計算、③高潮推算及び浸水計算について各々の計算結果を連結することを基本とする。

①気圧・風場の推算は Myers の式による台風モデル、②波浪等の計算はスペクトル法、③高潮推算及び浸水計算は海底での摩擦及び移流項を考慮した非線形長波理論（浅水理論）を基本とする。

<解説>

(1) 台風による高潮浸水シミュレーションの考え方

台風による高潮浸水シミュレーションは、次の手順で実施する。



※注1：ラディエーションストレス：潮位偏差の計算、ウェーブ・セットアップを考慮する際に必要となる。

※注2：点線矢印は、結合モデルなど相互作用が考慮できる場合に限る。

図 21 台風による高潮浸水シミュレーションの流れ

(2) 解析モデル

① 気圧・風場の推算

a) 気圧場の推算モデル

台風気圧分布の推定式は、実際の気圧場に比較的好く合致^{19,20}する Myers の式を基本とする。

$$P(r) = P_C + \Delta P \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right)$$

r は台風中心からの距離、 $P(r)$ は地点における気圧、 P_C は台風中心の気圧、 ΔP は台風の中心示度、 r_0 は台風半径（最大旋衡風速半径）である。

b) 風場の推算モデル

海面上 10m の風速 (U_{10}) は、図 22 のとおり、傾度風速 $U_1(r)$ と台風の移動に伴う風速 $U_2(r)$ にそれぞれ海面摩擦を考慮した変換係数 C_1 、 C_2 を乗じ、傾度風の風向を約 30° 台風の中心方向に傾け、ベクトル和で求めることとする。

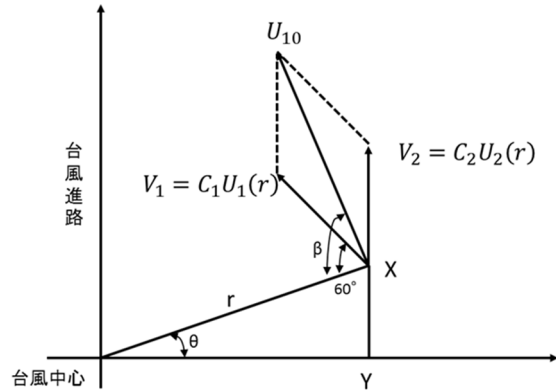


図 22 海上風算出の模式図

傾度風速は、Myers の式を傾度風の式にあてはめると次式により与えられる。

$$U_1(r) = -\frac{rf}{2} + \sqrt{\left(\frac{rf}{2}\right)^2 + \frac{\Delta P r_0}{\rho_a r} \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right)}$$

(f : コリオリ係数, ρ_a : 空気の密度)

台風の移動に伴う風速は、 V_T を台風の移動速度とすると次式により与えられる。

$$U_2(r) = \frac{U_1(r)}{U_1(r_0)} V_T$$

$$V_1 = C_1 U_1(r)$$

$$V_2 = C_2 U_2(r) = C_2 \frac{U_1(r)}{U_1(r_0)} V_T$$

$$U_{10} = V_1 \cos(\beta - 60^\circ) + V_2 \cos(90^\circ - \beta + \theta)$$

これらの変換係数 C_1 、 C_2 には一般に一定値として $0.6 \sim 0.7$ が用いられており、実績台風の検証によって定める。なお、実績台風の検証に当たり、台風の眼の外側（最大旋衡風速半径の $1/2$ 付近）において、眼の三次元構造に起因した自由大気の風速を超える海上風（超傾度風(super gradient wind)と呼ばれる）を考慮する必要がある場

¹⁹ (4) 7)磯部雅彦・藤城透：ベンガル湾奥における高潮遡上計算，海岸工学論文集，44，pp.346-350，1997.

²⁰ (4) 8)村上和男・森川雅行・堀江毅：ADI 法による高潮の数値計算法，運輸省港湾技術研究所資料，No.529，35p.，1985.

合は、藤井・光田(1986)²¹の方法などを参考とするとよい。

気圧・風場の推算について、マスコンモデルや WRF、MM5 等の手法²²を用いてもよいものとする。

②波浪等の計算

a) 波浪推算・波浪変形計算

波浪推算・波浪変形計算においては、波浪の方向スペクトルの各周波数・方向成分ごとのエネルギー成分の発達・減衰の過程を数値的に解くスペクトル法による基礎式を用いることを基本とする。

$$\frac{\partial S(f, \theta)}{\partial t} + C_g \nabla S(f, \theta) = F_{net}(f, \theta)$$

ここで、左辺の第一項は方向スペクトル $S(f, \theta)$ の局所的な時間変化を表し、第二項は方向スペクトルの移流効果による変化を表す。 C_g は群速度である。また、右辺の $F_{net}(f, \theta)$ はスペクトル成分の変化に関わる入出力を表す項でエネルギーソース関数と呼ばれ、一般に、次の3つの物理機構に分けて扱われる。

$$F_{net} = F_{in} + F_{nl} + F_{ds}$$

F_{in} は風波が発達するための外力となる風から波へとエネルギーが輸送される効果を表す。 F_{nl} は波数の異なる成分波間でエネルギーがやりとりされて、波浪のエネルギーの再配分を行う非線形相互作用を表す。 F_{ds} は砕波や内部粘性等により波浪のエネルギーが消散する効果を表す。

スペクトル法としては、非線形相互作用を直接的に考慮した第三世代モデルを基本とし、WAM、WaveWatchIII、SWAN などの実用化されているモデルを用いる²³。波浪推算の精度は、天気図の精度や風の推算精度など多くの要素に依存することから、波浪観測データによる検証を行い、適宜補正する。

波浪変形計算についても、上記のスペクトル法を用いることとするが、サーフビート等、浅海域における特殊な波浪現象の再現が必要な場合においては、ブシネスク方程式やVOF法などスペクトル法以外の手法を個別に検討してもよい。

b) 波のうちあげ高の算定方法

高潮浸水シミュレーションにおいて施設の決壊条件とする「波のうちあげ高」については、通常、詳細な地形の把握や繰り返し計算が必要となり、広範囲にわたって計算するには膨大な時間がかかる。このため、改良仮想勾配法による波のうちあげ高算定図(図23)において、地形条件を安全側に評価し $\cot\alpha=2.0$ (α :改良仮想勾配)と

²¹ (4) 9)藤井 健・光田 寧：台風の確率モデルの作成とそれによる強風のシミュレーション，京都大学防災研究所年報，第29号，B-1，pp.229-239，1986。

²² (4) 10)河合弘泰・川口浩二：内湾の高潮推算への台風ボーガスと局地気象モデルの適用性，港湾空港技術研究所報告，第46巻，第3号，pp.43-86，2007。

²³ (4) 11)川口浩二・河合弘泰：局地気象モデルを用いた台風時の風場および波浪の推算，港湾空港技術研究所資料，No.1169，19p.，2007。

して取り扱い、波形勾配 H_0/L_0 の条件からうちあげ高を算定することを基本とする。波のうちあげ高の算定に用いる波浪は、施設前面での波高(換算沖波)を用いる。

なお、上記の方法以外に、代表断面を設定し波うちあげ高を算定する方法として、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説(平成30年8月)」²⁴に示される改良仮想勾配法、豊島の算定図、高田の式等を用いて算定してもよい。

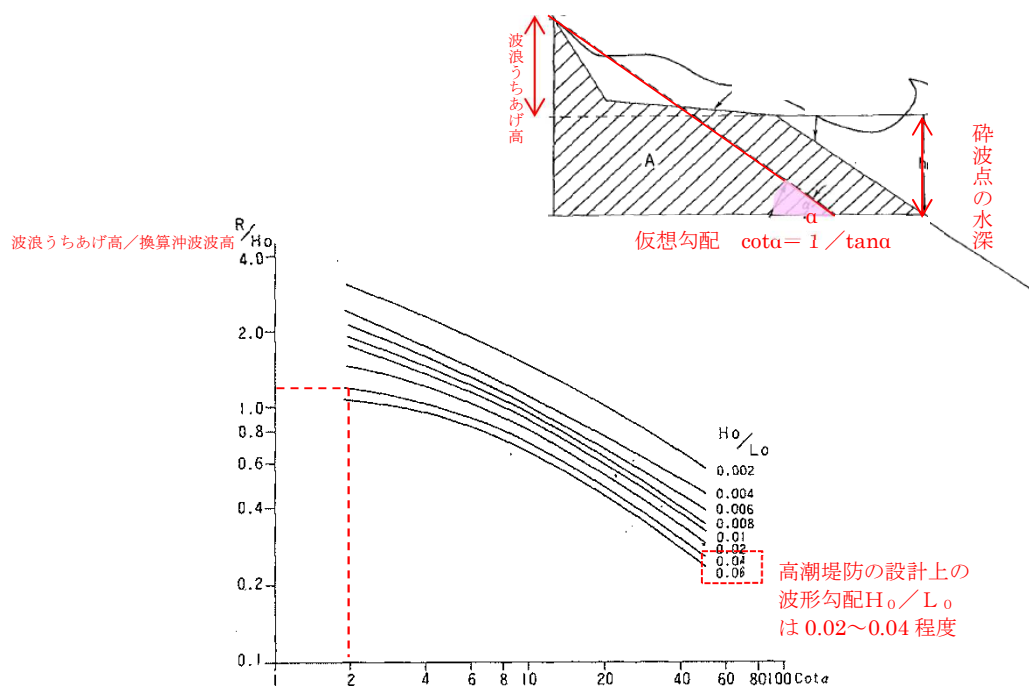


図 23 改良仮想勾配法による波のうちあげ高算定図²⁵ (一部加筆)

c) 越波流量の算定方法

高潮浸水想定における施設の決壊条件及び氾濫量の算定に用いる「越波流量」は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」に示される護岸前面の堤脚水深での進行波高を用いる合田の越波流量算定式や換算沖波波高が用いられる越波流量算定図及び高山らによる越波流量算定式を用いて評価することを基本とする。

²⁴ (2) 5)全国農地海岸保全協会・公益社団法人全国漁港漁場協会・一般社団法人全国海岸協会・公益社団法人日本港湾協会：海岸保全施設の技術上の基準・同解説,(編)一般財団法人沿岸技術研究センター, 351p., 2018.

²⁵ (4) 12)中村充・佐々木康雄・山田穰二：複合断面における波の打上げに関する研究, 第19回海岸工学講演会論文集, 土木学会, pp.309-312, 1972.

③高潮推算及び浸水計算

非線形長波の方程式に地球の自転、気圧低下、水表面に働く風の摩擦そして海底摩擦等の諸効果を組み入れた式を用いる。ただし、深い海域においては、線形長波理論を適用してもよい。

外洋に面しており、沖合にかけて海底地形が急峻に変化している海域や波長の長い波浪が発達しやすい海域では、波浪効果による潮位上昇（ウェーブ・セットアップ）が顕著になる。そのため、外洋に面した沿岸の高潮の計算については、ウェーブ・セットアップの影響を考慮することを基本とする。

【連続式】

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

【運動方程式】

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) \\ = fN - gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{D}{\rho_w} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_{sx} - \tau_{bx}) + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho_w} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) \\ = -fM - gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{D}{\rho_w} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_{sy} - \tau_{by}) + A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho_w} \left(\frac{\partial S_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) \end{aligned}$$

ここで、 η は静水面からの水位変化量、 g は重力加速度、 ρ_w は海水の密度、 P は海面での大気圧、 f はコリオリ係数（ $f = 2\omega \sin \phi$ ： ω は角速度、 ϕ は緯度）、 A_h は水平渦動粘性係数、 D は全水深である。 M 及び N は流量フラックスで水底 h から水面 η まで水平流速 u 、 v を積分して、

$$M = u(h + \eta) = uD, N = v(h + \eta) = vD$$

で与えられる。 τ_{sx} は海面せん断応力、 τ_{by} は底面せん断応力、 S_{xx} 、 S_{xy} 及び S_{yy} はラディエーションストレスである。なお、海面せん断応力 τ_{sx} 及び底面せん断応力 τ_{by} は次式により与えられる。

$$\tau_{sx} = \rho_a C_D W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

$$\tau_{sy} = \rho_a C_D W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

$$\tau_{bx} = \frac{\rho_w g \eta^2}{7D^3} M \sqrt{M^2 + N^2}$$

$$\tau_{by} = \frac{\rho_w g n^2}{D^{\frac{7}{3}}} N \sqrt{M^2 + N^2}$$

C_D は海面の抵抗係数であり、本多・光易(1980)による式²⁶が用いられることが多い。

$$C_D = (1.29 - 0.024U_{10}) \times 10^{-3} \quad U_{10} < 8 \text{ m/s}$$

$$C_D = (0.581 + 0.063U_{10}) \times 10^{-3} \quad 8 \text{ m/s} \leq U_{10}$$

なお、過去に強風速下での観測値が無いなど、再現計算による設定が困難な場合には、本多・光易 (1980) ²⁶を基本とし、風速 45m/s 以上については定数を一定とすることを推奨する。

これは、強風下では海面抵抗係数が減少傾向に転じることが指摘されている一方で、風速 40m/s までは海面抵抗係数が上昇し続ける観測結果²⁷や、風速 40m/s から 50m/s の間でも係数の明確な減少が見られない観測結果²⁸が得られていることを踏まえた設定である。

また、 W_x 及び W_y は海上風の風速、 n は粗度係数である。

ラディエーションストレスは次式により与えられる。

$$S_{xx}(-h) = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho g \{ (1 - R_1(-h)) \cos^2 \theta + R_2(-h) \} \times E(f, \theta) d\theta df$$

$$S_{xy}(-h) = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho g \{ (1 - R_1(-h)) \cos \theta \sin \theta \} \times E(f, \theta) d\theta df$$

$$S_{yy}(-h) = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho g \{ (1 - R_1(-h)) \sin^2 \theta + R_2(-h) \} \times E(f, \theta) d\theta df$$

h は水深、 θ はx軸に対する波の入射角であり、 R_1 、 R_2 は次式で表される。

$$R_1(z) = \frac{\sinh 2k(h+z)}{\sinh 2kh} + \frac{2kz}{\sinh 2kh}$$

$$R_2(z) = \frac{\sinh 2k(h+z)}{\sinh 2kh} - \frac{2kz}{\sinh 2kh}$$

²⁶ (4) 13)本多忠夫・光易 恒:水面に及ぼす風の作用に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第27巻, pp.90-93, 1980.

²⁷ (4) 14)Powell, M. D.: High wind drag coefficient and sea surface roughness in shallow water, *Final Report to the Joint Hurricane Testbed*, 2008.(http://www.nhc.noaa.gov/jht/07-09reports/final_Powell_JHT08.pdf)

²⁸ (4) 15)Holthuijsen L. H., Powell, M. D. and Pietrzak, J. D.: Wind and waves in extreme hurricanes, *Journal of Geophysical Research*, vol.117, C09003, doi: 10.1029/2012JC007983, 2012.

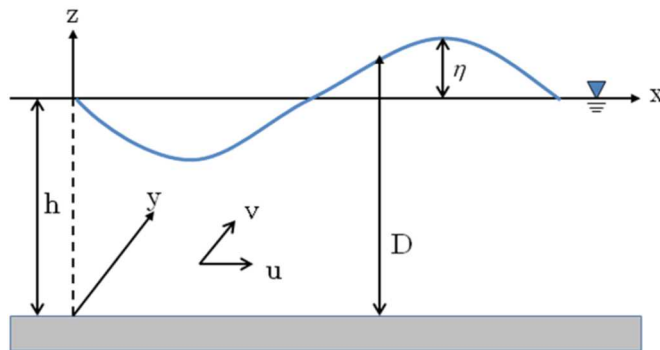


図 24 支配方程式の座標系

(3) 境界条件

①高潮浸水の先端条件

高潮浸水シミュレーションにおいては、陸上への氾濫における高潮浸水の先端条件の処理には、計算過程で時刻ステップごとに各計算格子に水があるか否かを判別し、隣接する計算格子の水位との関係も考慮して、岩崎・真野（1979）²⁹や小谷ら（1998）³⁰の設定方法等により流量を設定する。

氾濫域以外では、海域と陸域の境界は直立壁と考え完全反射と仮定する。すなわち、岸に直角な流量の成分を 0 と与える。

$$M \text{ 又は } N = 0$$

高潮浸水の先端部での計算の打ち切り水深については、1cm 程度を目安とする^{31,32}。

②沖側境界条件

計算領域は有限であるから沖側に人工的な境界を設定する。沖側境界へは完全無反射で通過するものと仮定する。

(4) 再現計算による検証

(2) の解析モデルのパラメータ等の設定に当たっては、実績の台風を用いて、①気圧・風場の推算、②波浪等の計算、③高潮推算による再現計算を行い、風・波浪・潮位偏差の計算結果と観測データの比較により、各種データのピーク値や時間変化を概ね再現できているかを確認し、必要に応じて解析モデルのパラメータの補正やモデルの再構築を行う。解析モデルのパラメータ等の補正としては、気圧・風場の推算について地形の影響を考慮し風向・

²⁹ (4) 16) 岩崎敏夫・真野明：オイラー座標による二次元津波遡上の数値計算，第 26 回海岸工学講演会講演集，pp.70-74，1979.

³⁰ (4) 6) 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫：GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法，海岸工学論文集，第 45 巻，pp.356-360，1998.

³¹ (4) 17) 松富英夫：仮想水深法、打ち切り水深法による陸上氾濫計算の精度に関する一考察，東北地域災害科学研究、第 26 巻，pp.63-65，1990.

³² (4) 18) 今津雄吾・今村文彦・首藤伸夫：氾濫計算を安定に行うための先端条件の検討，土木学会第 51 回年次学術講演会講演概要集 第 2 部，pp.242-243，1996.

風速を観測値に合わせて計算値に補正係数を乗じる方法や、モデルの再構築に当たっては高潮推算について密度成層を考慮し水深方向に多層モデルを構築する方法³³などがある。

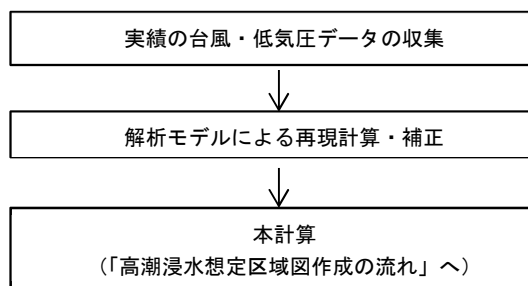


図 25 解析モデルの再現計算の流れ

³³ (4) 19) 柴木秀之・加藤史訓・山田浩次：密度成層と Wave Setup を考慮した土佐湾異常高潮の推算，海岸工学論文集，第 48 巻， pp.286-290, 2001.

6.2. 低気圧による高潮浸水シミュレーション手法

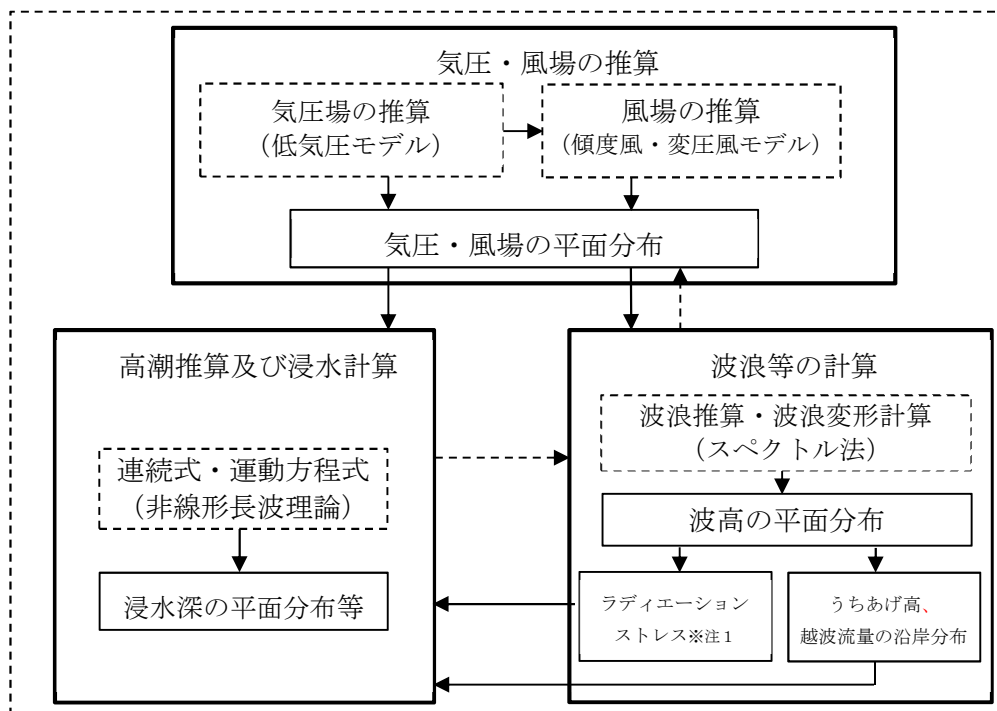
低気圧による高潮浸水シミュレーションは、想定する低気圧の経路・発達過程・停滞時間から①気圧・風場の推算、②波浪等の推算、③高潮推算及び浸水計算について各々の計算結果を連結することを基本とする。

①気圧場は想定する低気圧の天気図、②風場の推算は傾度風モデル又は変圧風モデル、波浪等の計算はスペクトル法、③高潮推算及び浸水計算は海底での摩擦及び移流項を考慮した非線形長波理論（浅水理論）を基本とする。

<解説>

(1) 低気圧による高潮浸水シミュレーションの考え方

低気圧による高潮浸水シミュレーションは、次の手順で実施する。



※注1：ラディエーションストレス：潮位偏差の計算、ウェーブ・セットアップを考慮する際に必要となる。

※注2：点線矢印は、結合モデルなど相互作用が考慮できる場合に限る。

図 26 低気圧による高潮浸水シミュレーションの流れ

(2) 解析モデル

①気圧・風場の推算

a) 気圧場の推算モデル

低気圧による気圧場については、想定する低気圧の天気図から対象とする低気圧周辺の等圧線データ（気圧 1,010hPa 以下）を抽出するとともに、数時間おきの等圧線データから時系列の気圧分布データとなるよう、内挿し設定することを基本とする。

b) 風場の推算モデル

風場については、傾度風モデル又は変圧風モデルを用いることを基本とする。

i) 傾度風モデル

等圧線が曲線状の場合、気圧傾度力、コリオリ係数、遠心力が釣り合っ、等圧線に沿って吹く定常な風を傾度風という。傾度風の風速 U_{gr} は次式で与えられ、気圧分布に応じた風場を推算できる。

$$U_{gr} = \pm r \left(\sqrt{\frac{f^2}{4} \pm \frac{1}{\rho_a r} \frac{\Delta P}{\Delta r} - \frac{f}{2}} \right)$$

ρ_a : 空気の密度(= $1.1 \times 10^{-3}(g/cm^3)$) , r : 等圧線の曲率半径,

$f(= 2\Omega \sin \varphi)$: コリオリ係数, Ω : 地球時点の角速度(= $7.29 \times 10^{-6}(s^{-1})$) , φ : 緯度,

$\Delta P/\Delta r$: 気圧傾度(等圧線に直角な距離 Δr に対する気圧の変化 ΔP とする)

実際の風は、海面又は地表面との間に働く摩擦力の影響によって風速が減少し、風向も等圧線の接線とある角度 (α) をなす。この角度はその地点の緯度や気圧配置によって異なる。海面上 10m の風速 (U_{10}) は、傾度風速 (U_{gr}) との比率を緯度別に示した以下の表 6³⁴により求めることとする。

表 6 緯度別、角度別の風速 (U_{10}) と傾度風速 (U_{gr}) の比率

緯度	角度 α	風速比 U_{10}/U_{gr}
10°	24°	0.51
20°	20°	0.60
30°	18°	0.64
40°	17°	0.67
50°	15°	0.70

³⁴ (4) 20)高橋浩一郎：外挿法に基づく量的天気予報の研究（その1），研究速報，第13号，1947.

ii) 変圧風モデル (バイフットモデル)

傾度風モデルでは、いわゆる爆弾低気圧のように気圧の時間変化が大きい場合には精度が悪くなることが知られており、気圧場の時間変化に伴う効果（変圧風の効果）の考慮が必要な場合には変圧風モデルを用いる。なお、風速 25m/s 以下を想定したモデルであることに留意する必要³⁵がある。

$$v = \frac{\left(\frac{a_1}{f} G_y - \frac{a_3}{f^2} \frac{\partial G_y}{\partial t} - \frac{a_4}{f^2} \frac{\partial G_x}{\partial t}\right) \sec \alpha}{1 + \frac{a_4}{f^2} \frac{\partial G_x}{\partial x}}$$

v は海上風速、 t は時間、 G_x, G_y は気圧傾度力の x, y 成分、 f がコリオリ係数、

α は海上風と地衡風となす角、 a_1, a_3, a_4 は海面気温と海水表面温度の差との関係から算定

② 波浪等の計算

6.1. 台風による高潮浸水シミュレーション手法に準ずる。

③ 高潮推算・浸水計算

6.1. 台風による高潮浸水シミュレーション手法に準ずる。

(3) 境界条件

① 高潮浸水の先端条件、② 沖側境界条件については、6.1. 台風による高潮浸水シミュレーションに準ずる。

(4) 再現計算による検証

6.1. 台風による高潮浸水シミュレーションに準ずる。

³⁵ (4) 21) 光田寧・藤井健・塚本修：日本海における季節風時の波浪予知（1）－海上風の推定－，京都大学防災研究所年報，第 26 号,B-2, pp.587-598, 1983.

6.3. 高波による高潮浸水シミュレーション手法

周期の長い高波に関して気圧配置を再現して行う高潮浸水シミュレーションについては、実績の低気圧の経路・発達過程・停滞時間から、①気圧・風場の推算、②波浪等の推算、③高潮推算及び浸水計算について各々計算結果を連結することを基本とする。

<解説>

低気圧による気圧場については、実績の低気圧の天気図から対象とする低気圧周辺の等圧線データを抽出するとともに、数時間おきの等圧線データから時系列の気圧分布データとなるよう、内挿し設定することを基本とする。

風場の推算は 6.2. 低気圧による高潮浸水シミュレーション手法に準ずる。

波浪等の推算、高潮推算及び浸水計算は 6.1. 台風による高潮浸水シミュレーション手法に準ずる。

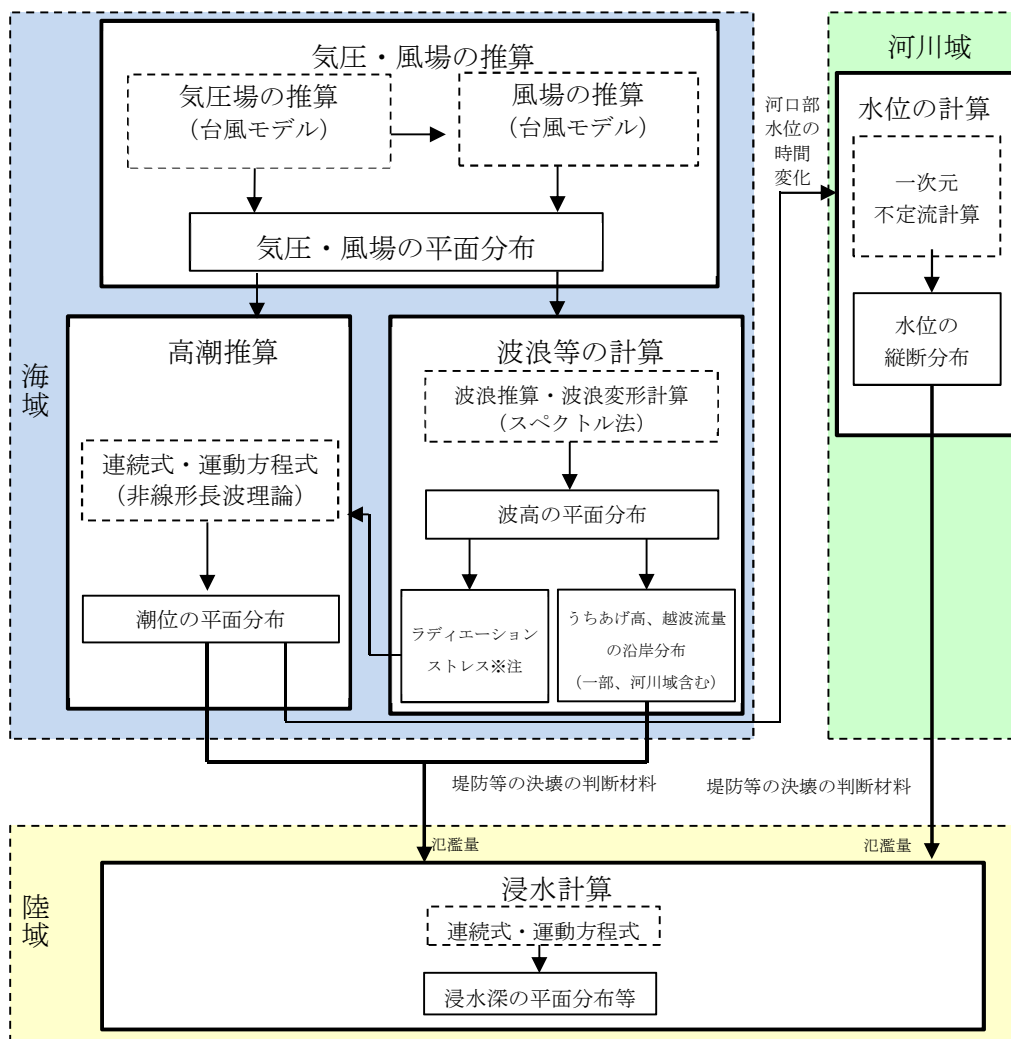
6.4. 河川域等の水理解析を組み合わせる方法

海域・陸域・河川域を一体的に水理解析せず、各領域の水理解析を組み合わせる方法を採用してもよい。

<解説>

(1) 河川域等の水理解析を組み合わせる方法の考え方

河川域において洪水浸水シミュレーション手法と整合を図る場合などにおいては、海域・陸域・河川域を一体的に水理解析せず、各領域の水理解析を組み合わせる方法を採用してもよい。海域と陸域を分離する水理解析を行う場合、海域で潮位、波浪、うちあげ高、越波量を時系列で計算し、その結果をもとに、決壊時刻や氾濫量を計算し、陸域の計算に引き継ぐものとする。河川域を分離する水理解析を行う場合、河口部等で海域でのシミュレーション結果を引き継ぎ、一次元不定流モデルで水位を計算することを基本とする。



※注：ラディエーションストレス：潮位偏差の計算、ウェーブ・セットアップを考慮する際に必要となる。

図 27 高潮浸水シミュレーションの流れ（各領域の水理解析を組み合わせる方法の場合（台風の場合））

(2) 氾濫量

海域・陸域・河川域の各領域の水理解析を組み合わせる計算においては、海域及び河川域と陸域の境界で越流量、越波流量を計算して氾濫量を浸水計算に引き継ぐ。

a)越流量

海域と陸域に境界においては、堰の正面越流公式を用いることを基本とする。河川域と陸域の境界においては、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）³⁶⁾」に基づき条件に適合した越流公式を選択する。

b)越波流量

越波流量については、合田の越波流量算定図を用いて平均的な越波流量を算定することを基本とする。うねり性波浪の場合には、シングルサンメーション法（高山ら，1989）³⁷⁾で不規則波の水位変動を算定し、それを基に堰の越流公式を準用する方法（平石ら，1996）³⁸⁾により越流量の時系列変化（短時間越波流量）を算定する方法³⁹⁾も適用できる。

(3) 計算精度に関する留意事項

海域・陸域・河川域の各領域の水理解析を組み合わせる方法の場合には河川域の計算に風や気圧の効果が考慮されないため、高潮のみの計算について、非線形長波の方程式による計算（海域と河川域、風・気圧効果考慮）と一次元不定流計算（河川域、風・気圧効果未考慮）とを比較し、必要に応じ河川域の計算結果に反映させる。

水位の縦断形や浸水深等の時系列を確認し、計算が適切に行われているか確認する。

³⁶⁾ (2) 1)国土交通省：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版），pp.15-18, 2017.

³⁷⁾ (4) 22)高山知司・平石哲也・立石義博：多方向不規則波の造波信号発生法に関する検討，海岸工学論文集，No.36，pp.153-157, 1989.

³⁸⁾ (4) 23)平石哲也・望月徳雄・佐藤一央・丸山晴広・金澤剛・榎本達也：護岸越波流量における波の多方向性の影響，港湾技術研究所報告，No.35 Vol.1，pp.39-64, 1996.

³⁹⁾ (4) 24)加藤史訓・諏訪義雄・殿最浩司・真期俊行・志方建仁：高波による浸水の想定手法，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.B2-65，No.1，pp.1306-1310, 2009.

6.5. 高潮浸水シミュレーションにおける留意事項

高潮浸水シミュレーションは高潮浸水想定の有効な手法であるが、計算精度に限界があることに留意する。

<解説>

高潮浸水シミュレーションは高潮浸水想定の有効な手法であるが、6.1. (4)再現計算による検証を行い各種パラメータ等の補正を行うものの、以下のような計算条件・計算過程による計算結果への影響があることから、実現象を完全には再現できず、計算精度に限界があることに留意する。

(1) 計算条件による影響

① 気象・海象データによる影響

高潮については津波のように面的な痕跡データを収集している事例はまれである。また、検証に用いることができるデータは、潮位を連続観測している箇所における潮位偏差の時間変化や波浪観測所における波浪（波高、周期）の時間変化、高潮・波浪の起動力となる気圧・風の連続観測地点における気圧・風速・風向の時間変化等と限られており、再現性確認においても限界がある。

② 海底地形データによる影響

高潮浸水シミュレーションでは、海底地形や海岸地形による影響が考慮されている。海底地形データの精度は計算結果に影響を及ぼす。

(2) 計算過程による影響

高潮浸水シミュレーションでは、使用する解析モデルの種類、差分の形式、計算時間間隔や計算格子の大きさ、高潮浸水の先端部での計算の打ち切り水深等に起因して計算結果への影響が発生する。また、計算格子間隔と地形勾配の変化、道路盛土等の規模との相対比によっても計算結果に影響が発生する。

7. 高潮浸水シミュレーション結果の出力

高潮浸水シミュレーションの計算結果として、

- ・最大の浸水の区域
- ・最大の浸水深
- ・浸水継続時間

を出力する。

<解説>

(1) 高潮浸水シミュレーション結果の出力

高潮氾濫による浸水状況がわかるように、高潮浸水シミュレーションの結果として、高潮浸水想定区域図で表示すべき最大の浸水の区域や浸水深を出力する。

また、立退き避難（水平避難）の要否の判断や企業 BCP の作成等に有効な情報である浸水継続時間についても出力することとする。

高潮ハザードマップの作成・改定や高潮避難計画の作成、地域防災計画の見直し、タイムラインの検討等への活用に留意し、必要に応じて、時系列ごとの浸水区域・浸水深、潮位・波浪・氾濫流の平均流速の平面分布図、家屋倒壊等氾濫想定区域等の情報を設定する。

洪水氾濫の浸水深、浸水継続時間については既に「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）⁴⁰」に定められていることから、高潮についてもこれに準じて想定する。排水にかかる水門の操作や排水施設の稼働条件については、別途実施した「浸水時における排水施設の稼働条件に関する調査について」を参考に、施設管理者に確認して設定する。

なお、ゼロメートル地帯で破堤延長が長い場合、数週間以上の長期にわたって湛水が継続する場合などは、高潮浸水シミュレーションよりも粗い計算格子間隔で計算することや、ポンドモデル等を用いた計算を行ってもよい。

データは、「浸水想定区域図データ電子化ガイドライン（第3版）⁴¹」に従って出力するものとする。また、国土地理院が運営する「地点別浸水シミュレーション検索システム」において、任意の事業所等の位置から関係する台風コース別・時系列の浸水想定を検索が可能となるよう、国土地理院へ所定の方法により提供するものとする。

(2) 浸水深の区分と表示色の例について

浸水深の区分と表示色については、津波浸水想定及び洪水の浸水想定区域図等とできる限り整合を図る。

特に、立退き避難（水平避難）の要否の判断の観点から、浸水深の区分を設定することとする。

なお、浸水深の区分や色の統一方法等については、平成27年度に有識者会議で意見を聴いた上で、平成28年4月に「水害ハザードマップ作成の手引き（国土交通省水管理・国土

⁴⁰ (2) 1)国土交通省：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版），pp.20-22,pp.31-32, 2017.

⁴¹ (2) 2)国土交通省：浸水想定区域図データ電子化ガイドライン（第3版），271p., 2019.

保全局河川環境課水防企画室)」が公表されている。

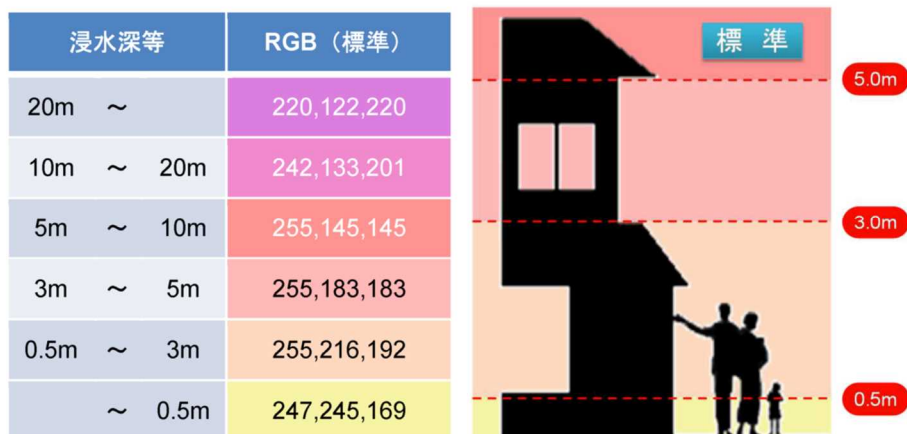


図 28 浸水深による色分けの例⁴²

⁴² (2) 3)国土交通省：水害ハザードマップ作成の手引き，pp.37-38，2016.

8. 最大規模以外の外力等による高潮浸水想定

水防法に基づく想定最大規模の高潮による高潮浸水想定区域図のほか、必要に応じて、最大規模より小さいが設計条件を超える外力や船舶等の衝突等の不測の事態について条件を設定した浸水想定や、想定最大規模の高潮等に対して堤防等の施設が決壊しない条件での浸水想定を行う。

気候変動が沿岸に及ぼす影響に関する研究成果や海岸保全施設の整備等の適応策に関する情報が十分に活用できる場合には、必要に応じて、気候変動に伴う海面上昇や台風の将来変化を見込んだ高潮浸水想定を行う。

<解説>

(1) 想定最大規模より小さい規模の高潮浸水の想定

危機管理に活用し、市町村が避難情報の発令対象範囲を判断することができる⁴³情報として活用するとともに、住民、企業等に高潮のリスクを周知するため、必要に応じて、想定最大規模の高潮のほか、これまでに当該地域で発生した高潮など、外力条件を複数設定して浸水想定を行う。

(2) 不測の事態が発生した場合の高潮浸水の想定

必要に応じて、不測の事態に備え、コンテナ、自動車、船舶等の漂流物が堤防を破壊する場合、設計条件よりも小さな外力で施設が破壊する場合や水門が閉鎖・開放できない場合等についても浸水想定を行う。

(3) 堤防等の施設が決壊しない条件での高潮浸水の想定

必要に応じて、想定最大規模の高潮等に対して堤防等の施設が決壊しない条件でも浸水想定を行う。これは、仮に堤防等の施設が決壊しなくても広範囲にわたって浸水が想定され、暴風域に入る前に立退き避難等が必要であることを周知するために役立つ。

加えて、これは、高潮特別警戒水位の設定における越流氾濫開始箇所及び越流開始時刻の把握や堤防等の施設による減災効果を説明することにも役立てられる。

ただし、想定最大規模の高潮等に対して堤防等の施設が決壊しないと誤解されないよう、丁寧な説明が必要である。

(4) 新たな知見による高潮浸水の想定

必要に応じて、これまでに都道府県の検討において採用されるなど、十分な知見が得られている手法で高潮浸水想定区域図を作成することが適切な場合は、これにより作成してもよい。

⁴³ (2) 4)内閣府(防災担当)：避難情報に関するガイドライン，pp.87-93，令和3年5月

(5) 気候変動に伴う海面上昇や台風の将来変化を見込んだ高潮浸水の想定

気候変動適応法（平成 30 年 12 月施行）及び気候変動適応計画（平成 30 年 11 月閣議決定）等を踏まえ、国土交通省は、農林水産省と共同で「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」（令和元年 10 月 2 日設置）において、気候変動に伴う海面水位の上昇や台風の強大化等による沿岸地域への影響及びこれまでの海岸保全の取組を踏まえつつ、今後の海岸保全のあり方や海岸保全の前提となる外力の考え方、気候変動を踏まえた整備手法等について検討を行い、令和 2 年 7 月に「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言」を公表した。

こうした最新の状況に留意し、気候変動が沿岸に及ぼす影響に関する研究成果や海岸保全施設の整備等の適応策に関する情報を十分に活用できる場合には、必要に応じて、気候変動に伴う海面上昇や台風の将来変化を見込んだ高潮浸水想定を行う。気候変動に伴う台風の将来変化を見込む手法の一つに、擬似温暖化実験がある。

また、気候変動により増大する水災害リスクに対して、水災害対策とまちづくりのより一層の連携のための方策等については、国土交通省の「水災害対策とまちづくりの連携のあり方検討会」（令和元年 12 月 25 日設置）における検討（水災害に関する各種ハザード情報のあり方の検討、各種ハザード情報の具体的なまちづくりへの反映手法の検討）等が参考になる。

<参考>

様々な機関から提供される気候変動に関するデータ等も参考になる。環境省国立環境研究所気候変動適用センターは、A-PLAT（気候変動適用情報プラットフォーム）で各都道府県の観測された気候変化、将来気候、気候変動影響、複数のモデルによる将来影響予想など最新のデータを参照することが可能である⁴⁴。また、2020 年度に、我が国の基盤的な気候予測データセットとして、気象庁の予測データ、文部科学省の研究プロジェクト（創生・統合・SI-CAT）で得られた予測データが提供される予定である⁴⁵。

また、気候変動下の想定最大規模の高潮を推定するために、「擬似温暖化+台風コースシフト」が実用的な手法として存在する。「擬似温暖化」は各地域で計画対象となるような実際に生じた台風が存在する場合、それを将来気候の環境場（大気場、海面水温）のもとで領域気候モデルを用いて数値計算し降雨量や気圧、風速を算定し、河川流量や潮位偏差、高波の温暖化影響を推測するという手法である。台風コースシフトとは、気象学的に（渦位を保存させて）台風の存在位置をシフトさせたのち、同様に領域気候モデルを用いて数値計算（新たなコースや物理量は領域気候モデルが算出）し、さらに最悪な河川流量や潮位偏差、

⁴⁴ (1) 6) 国立研究開発法人国立環境研究所：気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）、
<https://adaptation-platform.nies.go.jp/index.html>

⁴⁵ (3) 12) 気象庁：第 2 回気候変動に関する懇談会 資料 3

高波の温暖化影響を推測するという手法である⁴⁶。

図 29 は、1959 年 9 月に伊勢湾を来襲した伊勢湾台風を「擬似温暖化」して多数の「台風コースシフト」数値計算を行い^{47,48}、そのうえで潮位偏差及び浸水の計算を行った結果である⁴⁹。「擬似温暖化」により潮位偏差及び浸水域や深さが増大し、さらに「台風コースシフト」によりこれらがさらに悪化することが示されている。

このような数値計算は、伊勢湾台風のような計画対象となる実際に生じた台風（種台風）が存在する地域では困難なく実施可能である。また、d4PDF や d2PDF のようなメガアンサンブル将来予測結果が発表されたことより、その結果から種台風を抽出すれば「台風コースシフト」のみで全国どこでも実施可能となった⁵⁰。

⁴⁶ (4) 25)Ishikawa, H., Y. Oku, S. Kim, T. Takemi, and J. Yoshino: Estimation of a possible maximum flood event in the Tone River basin, Japan caused by a tropical cyclone. *Hydrological Processes*, Vol.27, pp.3292-3300, doi: 10.1002/hyp.9830, 2013.

⁴⁷ (4) 26)Takemi, T., R. Ito, O. Arakawa: Robustness and uncertainty of projected changes in the impacts of Typhoon Vera (1959) under global warming. *Hydrological Research Letters*, Vol.10, pp.88-94, doi: 10.3178/hrll.10.88, 2016.

⁴⁸ (4) 27)Xinyu Jiang, Nobuhito Mori, Hirokazu Tatano and Lijiao Yang : Simulation-Based Exceedance Probability Curves to Assess the Economic Impact of Storm Surge Inundations due to Climate Change: A Case Study in Ise Bay, Japan, 15p., *Sustainability*, 11, 1090, 2019. (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

⁴⁹ (4) 28)Shibutani, Y., Kim, S.Y., Yasuda, T., Mori, N., Mase, H.: Sensitivity of future tropical cyclone changes to storm surge and inundation: Case study in Ise Bay, Japan. *Coastal Engineering Proceedings*, 1, 27, 2014.

⁵⁰ (4) 29)澁谷容子・森信人・金洙列・中條壯大・間瀬肇：狩野川台風のバリエーションに基づく東京湾の高潮と浸水範囲に及ぼす気候変動の感度評価、土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.73, No.2, pp.I_1399-I_1404, 2017.

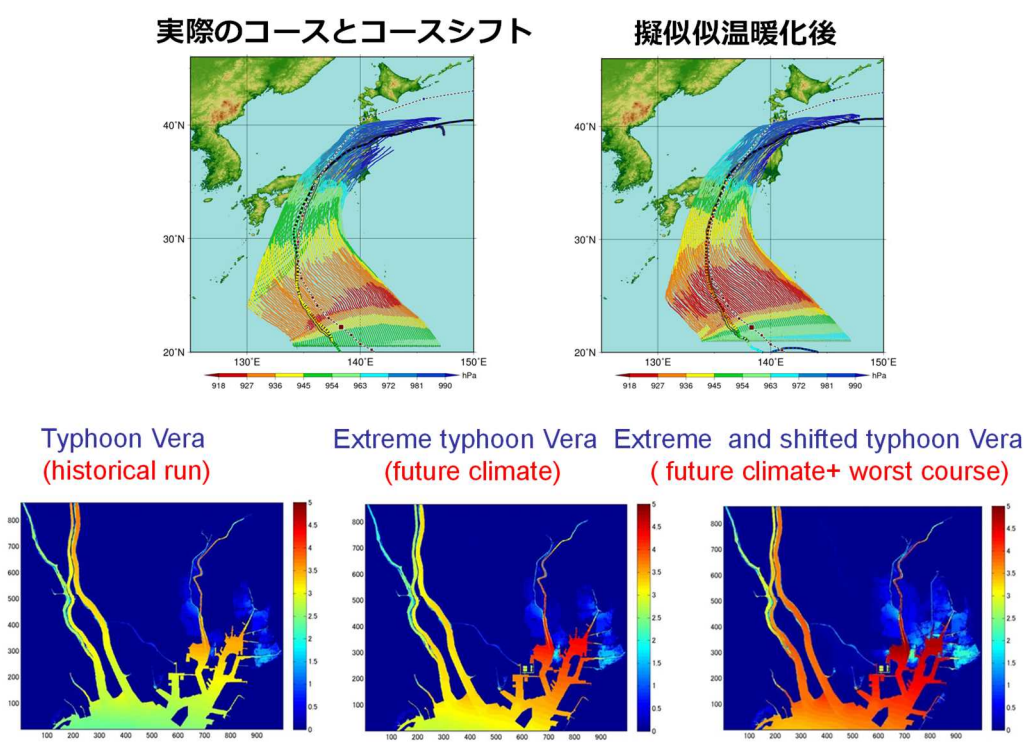


図 29 伊勢湾台風の「擬似温暖化」の検討事例

(文部科学省 統合的気候変動予測モデル高度化プログラム)

金田ら(2017)⁵¹は、この手法を用いて温暖化後の気候下におかれた伊勢湾台風のシミュレーションを 5 つのモデルで実施し、地球温暖化後は伊勢湾台風が急激な中心気圧低下を経て強度を増す可能性が高いことを示した。

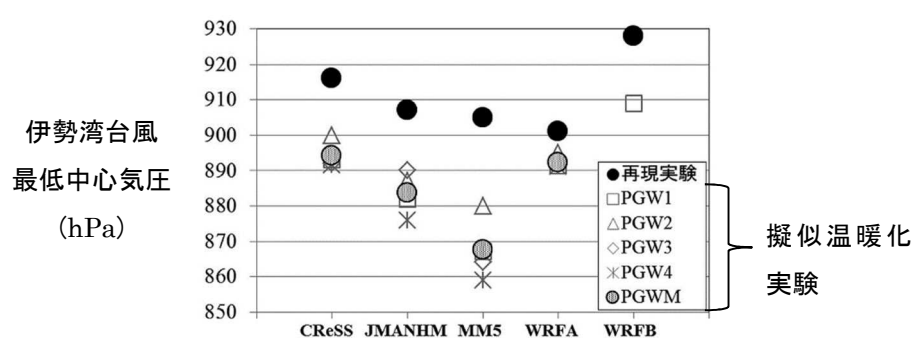


図 30 現在気候及び気候変動後の将来気候における伊勢湾台風の最低中心気圧のシミュレーション結果

(金田ら(2017)の第2図に加筆)

⁵¹ (4) 30) 金田幸恵・木村富士男・吉野純・高薮出・佐藤友徳：第46回メソ気象研究会の報告—擬似温暖化実験のメソ気象研究に対する可能性—, 天気, 64巻, 2号, pp.119, 2017.

9. 参考資料

9.1. 地形データ（海域）に関する情報

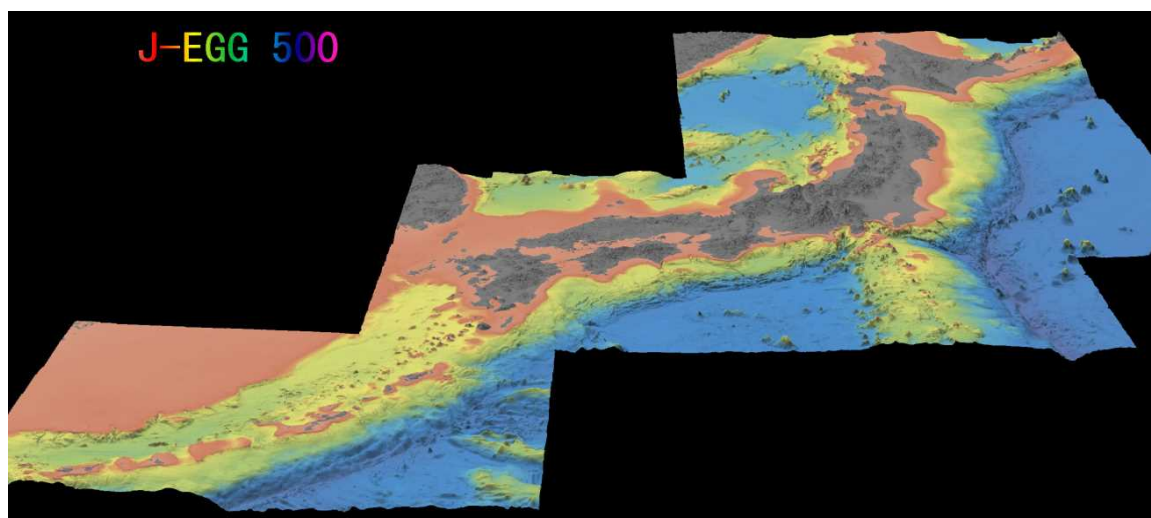
①海上保安庁海洋情報部

○データ一覧

資料名	機関	備考
日本周辺の 500m メッシュ海底地形データ(J-EGG500)	海上保安庁海洋情報部情報利用推進課／日本海洋データセンター(JODC)	海洋情報部をはじめとした 各種海洋調査機関によって得られた膨大な量の水深測量データを統合し、多くの人が使用しやすいように等間隔で格子化した水深のデータセット。 (下記ウェブサイトからダウンロード可能)

○問合せ先

機関	住所	ウェブサイト
海上保安庁海洋情報部情報利用推進課／日本海洋データセンター(JODC)	〒135-0064 東京都江東区青海 2-5-18 TEL. 03-5500-7131	https://www.jodc.go.jp/jodcweb/index_j.html



J-EGG500 のデータ範囲

○データ一覧

資料名	機関	備考
東北沖海底地形データセット (震災以前の海底地形測量成果)	海上保安庁海洋情報部/海の相談室	日本海洋データセンターにて公開している500mメッシュデータよりも詳細な海底地形データセット。 なお、広く一般に公開しているものではなく、防災活動に活用される研究機関・地方自治体等の組織からの提供依頼に対し個別に対応している。 (下記ウェブサイトのメール問い合わせフォームに必要事項を入力の上送信)
仙台湾・宮古湾航空レーザー測量データ(平成23年6月実施測量成果)		
津波シミュレーション用メッシュデータセット(既存の津波防災情報図作成に使用した成果)		

○問合せ先

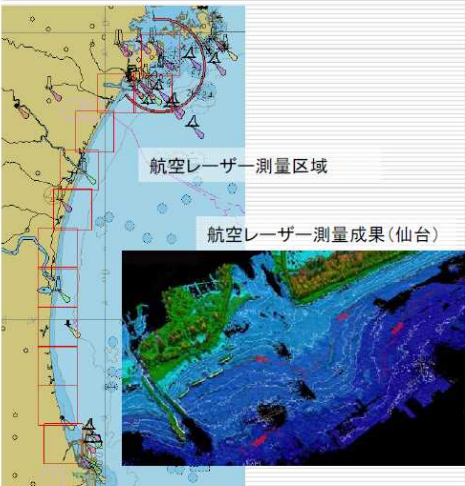
機関	住所	ウェブサイト
海上保安庁海洋情報部 海の相談室	〒135-0064 東京都江東区青海 2-5-18 TEL.03-5500-7155	https://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/SODAN/annai.html

防災活動にご活用ください

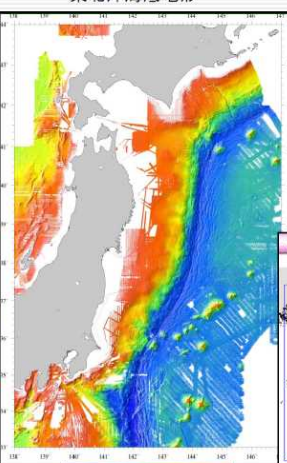
海底地形データセット

海底地形データの利用に関する問い合わせ先
海上保安庁 海洋情報部 海洋情報課
海の相談室 (<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/SODAN/annai.html>)
上記URLのEメール問い合わせフォームに必要事項を入力して送信してください。
その際、題名を「海底地形測量データの提供依頼」としてください。
※データ利用時の留意事項等については、海上保安庁より申請者に説明します。

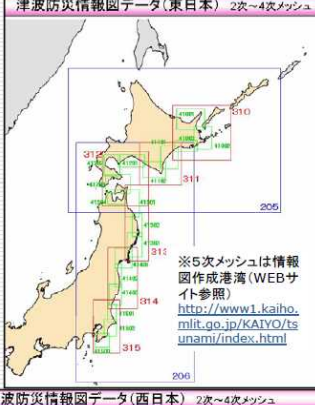
①東北沖海底地形データセット(震災以前の海底地形測量成果)
②仙台湾・宮古湾航空レーザー測量データ(震災後の6月実施測量成果)
③津波シミュレーション用メッシュデータセット(既存の津波防災情報図作成に使用した成果)



航空レーザー測量区域
航空レーザー測量成果(仙台)

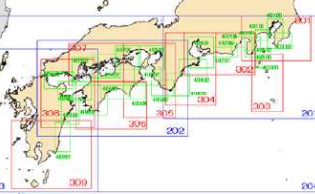


東北沖海底地形



津波防災情報図データ(東日本) 2次~4次メッシュ

※5次メッシュは情報図作成港湾(WEBサイト参照)
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAIYO/tsunami/index.html>



津波防災情報図データ(西日本) 2次~4次メッシュ

②一般社団法人 日本水路協会

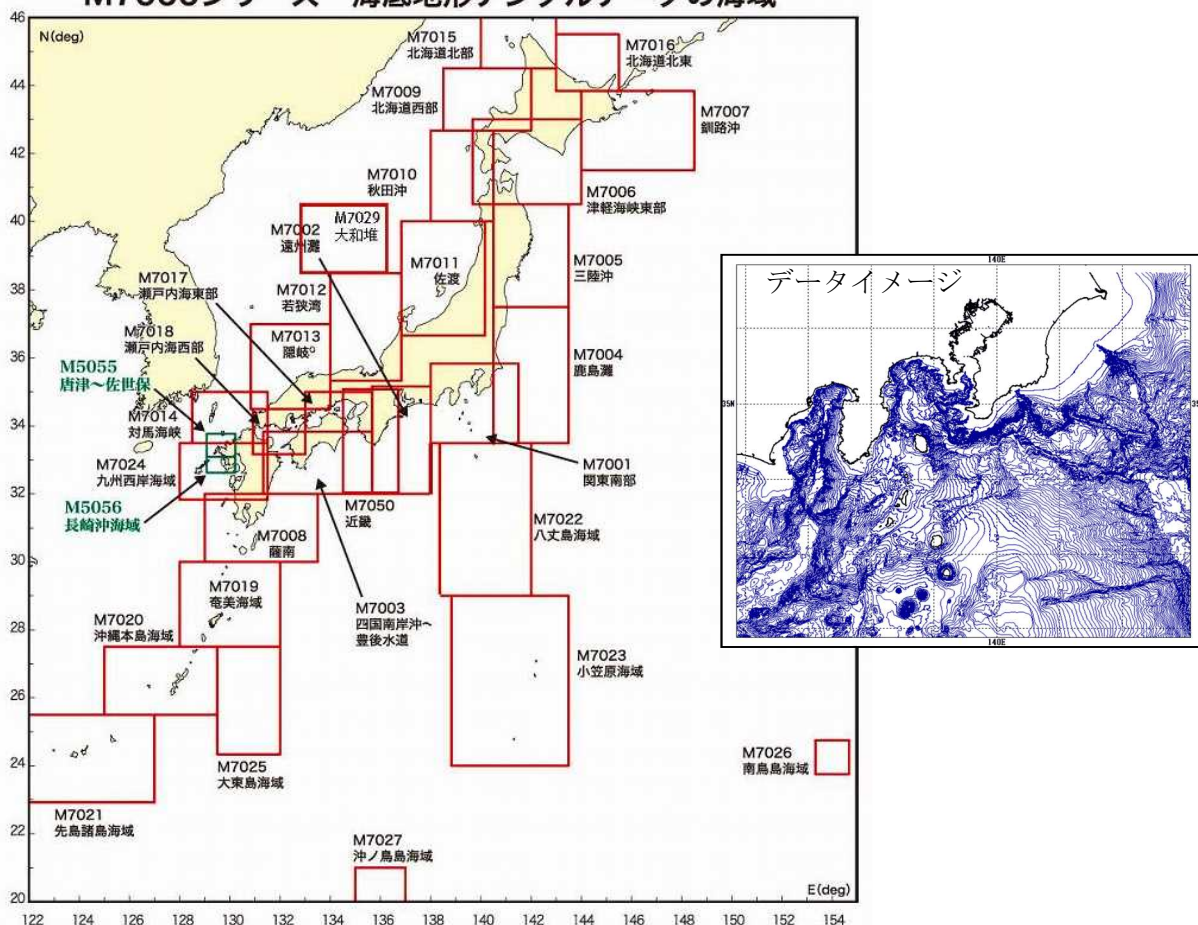
○データ一覧

資料名	機関	備考
海底地形デジタルデータ (M7000、M5000 シリーズ)	一般財団法人 日本水路協会	M7000 シリーズ: 海浜・沿岸域から沖合 60~70 マイルまでをカバーする海底地形データを提供。等深線間隔は海域により異なる。 M5000 シリーズ: M7000 シリーズから一部の沿岸海域を切り出したもので、等深線などの格納データは同等。

○問合せ先

機関	住所	ウェブサイト
一般財団法人 日本水路協会	〒144-0041 東京都大田区羽田空港 1-6-6 第一綜合ビル 6 階 TEL. 03-5708-7070	https://www.jha.or.jp/

M7000シリーズ 海底地形デジタルデータの海域



③その他

上記のほか、海域の地形データのうち、外洋での地形データについては、公的機関や研究者によって既に作成されているものを利用することが多い。

沿岸部での地形データについては、海図などからデジタル化を行ったもののほか、以下を利用してもよい。

- ・ JTOPO30 (日本近海 30 秒グリッド水深データ) : (財) 日本水路協会
- ・ 深浅測量データ : 海岸管理者
- ・ 河川測量データ、河口部測量データ : 河川管理者
- ・ 湖沼図[縮尺 : 1/10,000] : 国土地理院
- ・ 港湾平面図、漁港平面図 : 港湾管理者、漁港管理者
- ・ GEBCO (大洋水深総図) : BODC (英国海洋データセンター)
- ・ ETOPO-1 1 分メッシュ全球地形データ(NGDC) (陸域+海域)
: NOAA (アメリカ海洋大気庁)

9.2. 地形データ（陸域）に関する情報

①国土地理院

○データ一覧

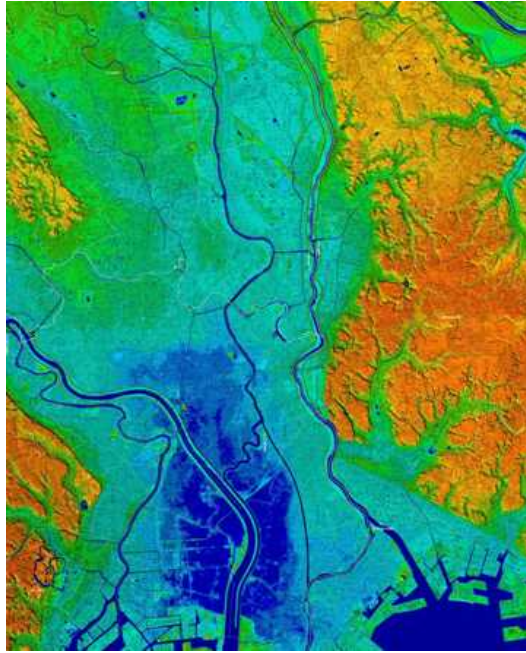
資料名	機関	備考
基盤地図情報（数値標高モデル） 5m、10m メッシュ	国土地理院 基本図 情報部画像調査課	日本全国を整備している陸域の地形（標高）データ。5m メッシュデータは、航空レーザ測量などから作成した高精度の標高データで、沿岸部、河川流域、都市部等を中心に整備している。10m メッシュデータは、1:25,000 地形図の等高線から作成されたもので、精度は 5mメッシュデータに劣るが全国整備している。（下記ウェブサイトからダウンロード可能）
航空レーザ測量データ	国土地理院 応用地 理部 環境地理課	上記データを作成した際の実データや、より詳細な標高データ。なお、広く一般に公開しているものではなく、地方公共団体等からの災害対策等の目的での提供依頼に対し個別に対応している。（問い合わせ先:gsi- lp@ml.mlit.go.jp）

※「航空レーザ測量データによる基盤地図情報（数値標高モデル）5m メッシュの整備範囲は、下記 URL を参照。

http://maps.gsi.go.jp/#5/36.350527/138.757324/&base=std&ls=std%7Cfgd_dem5a_area_dtil&disp=11&lcd=fgd_dem5a_area_dtil&vs=c1j0l0u0f0&d=vl

○問合せ先

機関	住所	ウェブサイト
国土地理院	〒305-0811 茨城県つくば市北郷 1 番 TEL. 029-864-1111（代表）	https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php



航空レーザ測量による標高データ イメージ



②その他

上記のほか、以下の資料を利用してもよい。

- ・ 地方公共団体が整備している 1:2,500 地形図（都市計画基図）の等高線や個々の標高値、航空測量データ
- ・ 国土地理院発行の縮尺 1:25,000 地形図の等高線

ただし、1:25,000 地形図では 10m 間隔の等高線で標高が表現されているため、浸水被害が発生しやすい水際線付近の低平地の標高を忠実に再現することは困難な場合があることに留意する必要がある。

また、補間できないデータがある場合は、下記のデータも参考とする。

○参考データ一覧

資料名	機関	備考
ASTER GDEM 1 秒(30m)メッシュ データ	METI (経済産業 省) /NASA	人工衛星搭載センサ「ASTER」を用いて、地球の陸域全てを対象に数値地形データ (ASTER 全球 3 次元地形データ) 北緯 83 度～南緯 83 度を 1 秒でメッシュ化した標高データ (下記 URL からダウンロード可能) https://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/J/
SRTM-3 (Shuttle Radar Topography Mission Data at 3 Arc-Seconds) 3 秒(90m)メッシュ データ	NASA 補正データの提 供機関： CGIAR-CSI https://cgiarcsi.community/	スペースシャトルに搭載された合成開口レーダーの観測により作成された標高グリッドデータ 北緯 60 度～南緯 56 度を 3 秒でメッシュ化した標高データ (下記 URL からダウンロード可能) http://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/
SRTM-30 (Shuttle Radar Topography Mission Data at 30 Arc-Seconds) 30 秒(900m)メシ ュデータ	NASA	スペースシャトルに搭載された合成開口レーダーの観測により作成された標高グリッドデータ 北緯 90 度～南緯 60 度を 30 秒でメッシュ化した標高データ (下記 URL からダウンロード可能) https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/

9.3. 浸水継続時間の設定について（洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）より）

浸水継続時間とは、任意の地点において、氾濫水到達後、一定の浸水深（例えば0.5mを基本とする）に達してからその浸水深を下回るまでの時間をいう。浸水継続時間は、高潮時に避難が困難となる一定の浸水深を上回る時間の目安を示すものであり、立退き避難（水平避難）の要否の判断や企業等の自衛水防に有効な情報となる。

算定に当たっては、潮位や河川水位の時間変化のほか、浸水域内の排水条件を適切に設定する必要がある。

なお、浸水継続時間は、長時間（おおむね24時間）にわたり浸水するおそれのある場合に設定するものとする。

①浸水継続時間の設定手法

浸水継続時間は、各計算メッシュについて、想定する台風の経路ごとの浸水計算結果による浸水継続時間のうち、最も長い値をその計算メッシュの浸水継続時間（最大包絡）とする。浸水継続時間の目安となる浸水深は0.5m（避難が困難となり孤立する可能性のある水深）を基本とし、この浸水深以上が継続する時間を表示するものとする。

また、一旦水が引いて0.5mを下回った後、再び増水して0.5mを上回った場合は、最初に0.5mを上回ってから、最終的に0.5mを下回るまでの通算時間（0.5mを下回っている時間を含む）とする。

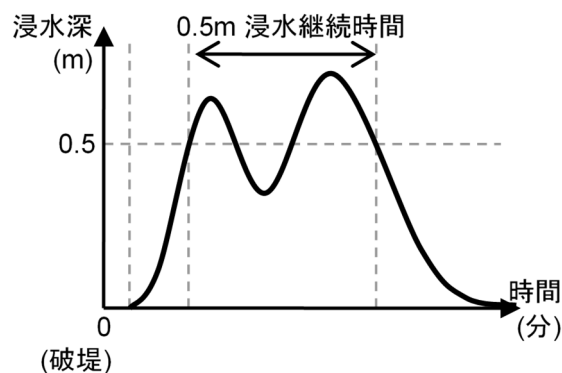


図31 浸水継続時間

浸水解析は、各地点の最大浸水深の算定に加え、浸水継続時間及び排水完了時間を算定するため、計算領域全体の浸水深が一定の浸水深を下回るまで計算を行う必要がある。ただし、窪地などで排水されないメッシュについては、適切に排水モデルを組み込むか、計算打ち切り時間の判定から外すなど、計算に当たって留意する必要がある。

なお、計算時間が極めて長くなる場合においては、上記排水完了の目安となる浸水深のいずれかで計算を打ち切ることも可能とする。また、各地点の最大浸水深が得られた後、適宜浸水解析を打ち切り、あらかじめ排水過程において浸水解析と同等の精度を有することを

確認した池モデル等の方法で浸水継続時間の算定を行うことができる。

浸水継続時間は、浸水区域及び浸水深を描画した図とは別の図として表示することを基本とする。

浸水継続時間の表示は、以下の区分を標準とし、図が煩雑とならないよう、適切な区分を数個選択するものとする。

表7 浸水継続時間の表示階級区分例

階級	(参考) 配色例 (RGB 値)
～ 12 時間	 160, 210, 255
12 時間 ～ 24 時間 (1 日間)	 0, 65, 255
24 時間 ～ 72 時間 (3 日間)	 250, 245, 0
72 時間 ～ 168 時間 (1 週間)	 255, 153, 0
168 時間 ～ 336 時間 (2 週間)	 255, 40, 0
336 時間 ～ 672 時間 (4 週間)	 180, 0, 104
672 時間 ～	 96, 0, 96

②浸水域内の排水条件の設定

浸水域内の大規模な河川については「排水河川」として設定を行い、氾濫水が当該河川へ流入することにより堤内地の排水が時系列で進行していく現象を表現する。排水河川以外の農業用排水路や道路側溝等小水路については排水流域を設定し、「小水路流下能力÷各流域内の浸水メッシュ数」により各メッシュの排水量を求め、堤内地の氾濫ボリュームを減少させる等の方法により排水現象を表現することができる。

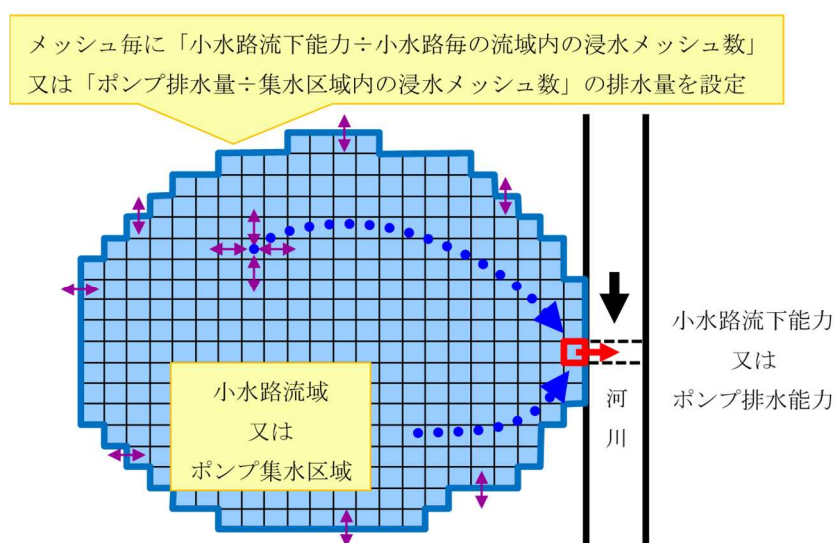


図32 小水路・ポンプ排水のモデル化の例

排水施設の操作については、排水施設の稼働条件の調査の結果を踏まえ、想定される浸水時に排水機能が確実に確保できる既設の排水機場及び水門等（水門・樋管・樋門）を対象とする。水門等については堤内水位が外水位よりも高い状況下において水門等から排水を実施し、外水位が高い場合は閉鎖する操作を基本とする。水門及び樋管からの排水量については外水位と堤内水位、水門幅等の施設諸元から、正面越流公式、ボックス通過流量の実験式を使用して算定することができる。

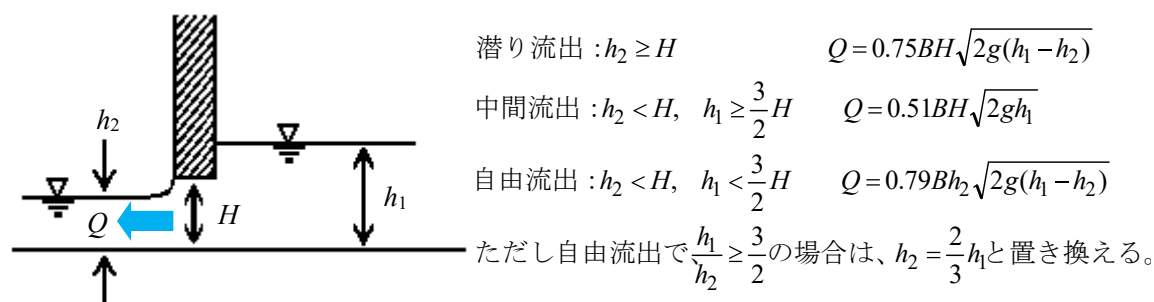


図 33 ボックスカルバート、樋管等からの流出量

排水機場については、排水機場ごとに集水区域を設定し、「ポンプ排水量÷集水区域内の浸水メッシュ数」で算定したボリュームを浸水メッシュより均等に差し引いて排水を実施する。排水ポンプ等の稼働を考慮する場合は、浸水時の稼働条件について、燃料補給体制やアクセス路の確保などを踏まえた排水機能の継続性にも留意する。なお、浸水想定区域図作成時点で浸水時の排水施設の機能が不確実な場合には、稼働条件や操作員のアクセス等を整理した上で検討を行うこととする。内水対策用の排水機場（救急排水機場）や排水ポンプ車等の危機管理対応については、必要に応じて考慮するものとする。

なお、小水路の流下能力やポンプ排水量については施設諸元と潮位、河川水位、堤内水位等から適切に与える。また、潮位や河道の水位が低下する等して、堤内側の水位が潮位や河道の水位より高くなった場合には、決壊区間において堤内地から海や河道へ逆流するものとし、この場合の逆流量は正面越流公式により与える。

浸水継続時間等の算出のためには、すべてのメッシュについて排水を適切に考慮する必要があることに留意する。

なお、潮位低下やその後の天文潮による変動、河川水位低下に伴う、決壊区間からの氾濫水の流出（逆流）についても、適切に考慮するものとする。その際、必要に応じて決壊区間の修復時期を適切に設定するものとする（復旧計画に従い、3日目以降1日あたり〇km仮締切を実施、等）。

9.4. 家屋倒壊条件の設定について

想定される浸水深が小さく、浸水継続時間が短い区域では、身を守る方法として、家屋内の高い場所に待避して浸水から逃れる「垂直避難」を行うことも考えられる。しかし、海岸や河川に近いなど、波や氾濫水の流れの力が大きく、家屋が倒壊する危険がある場所などでは、垂直避難を選択肢とせず、暴風域に入る前に確実に立退き避難（水平避難）をしなければならない。

そのため、高潮による浸水が発生した場合に家屋が倒壊するおそれがある区域をあらかじめ示しておくことは、台風等が接近した際に適切な立退き避難を促すために役立つと考えられる。ただし、暴風によって屋根や窓などが損傷するなど、海水の浸入以外の要因によって垂直避難に適さない状況になることも想定されるため、家屋倒壊条件の設定の有無にかかわらず立退き避難が基本であることに留意しなければならない。

暴風域に入る前に確実に立退き避難が必要な区域は、高潮時の家屋倒壊等氾濫想定区域を踏まえた上で、さらに海岸や堤防・護岸から一定の距離内にある範囲全体とする、共助を考慮して自治会単位とするなど、地域防災上の活用を念頭に置いて広めに設定することが望ましい。

その前提として、家屋倒壊条件の設定を検討する場合、堤防決壊に伴う氾濫流の流体力の作用については、浸水想定区域内で想定される越波や浸水の過程を踏まえて、以下の①～③に示す設定事例等を参考にできる。

また、海岸や堤防・護岸から一定の距離内にある範囲では、越波が家屋を直撃するおそれがある。越波の直撃等による波力は、高潮浸水計算に用いる非線形2次元長波方程式では評価できないため、④に示す考え方等により堤防・護岸からの越波の最大飛散距離を別途計算し、その結果を参考に越波による家屋倒壊の危険性がある範囲を推定することが考えられる。

① 河川氾濫による家屋倒壊条件の設定

洪水時の家屋倒壊等氾濫想定区域の設定には、氾濫流が通過する過程で家屋が倒壊等に至る状況を想定し、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）」⁵²では、下図のように倒壊等限界を試算している。なお、これはモデル的な木造2階建て家屋を想定している。

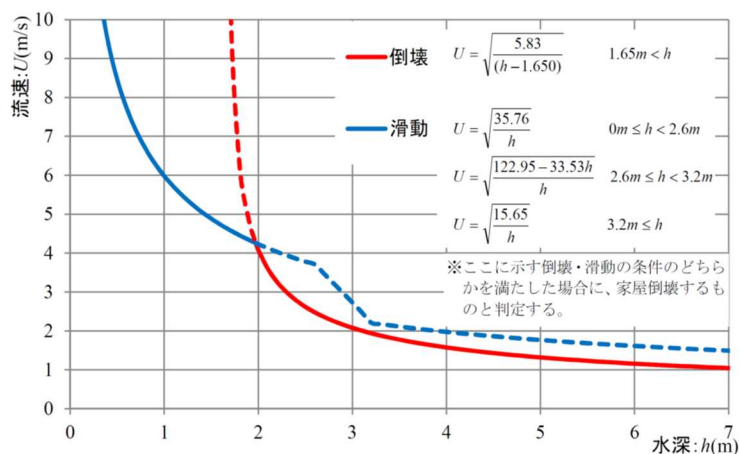


図 34 木造家屋の倒壊限界等の試算例

⁵² (2) 1)国土交通省：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版），p.24., 2017.

② 津波氾濫による家屋倒壊条件の設定

津波による家屋倒壊被害は、南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループが「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）」⁵³において、人口集中地区とそれ以外の地区で浸水深別・建物構造別に被害率を分析し、浸水深毎に被害率を設定して算出している。

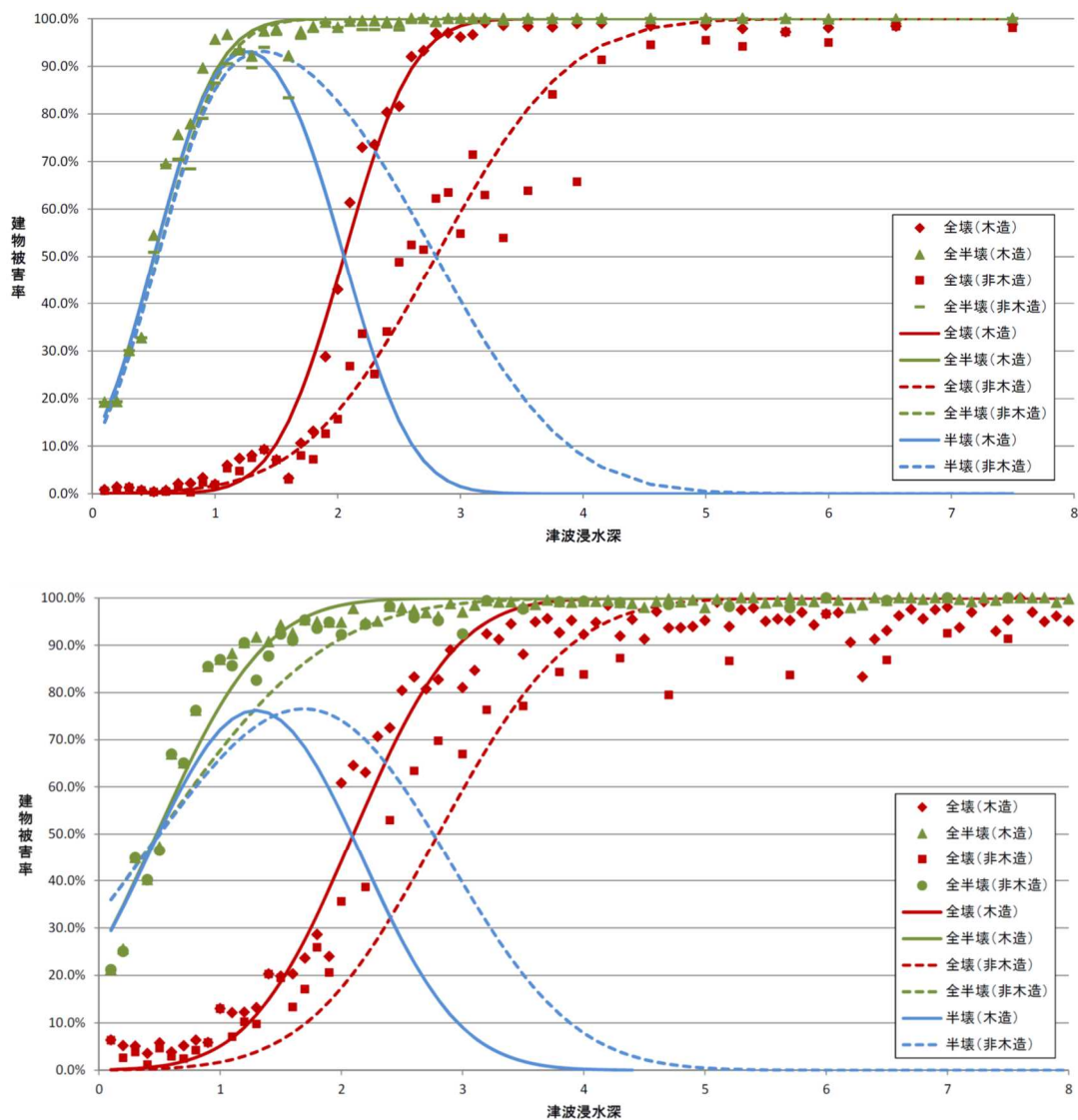


図 35 津波浸水深ごとの建物被害率(上：人口集中地区、下：人口集中地区以外)

⁵³ (3) 11)中央防災会議 防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：南海トラフの巨大地震 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要，南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）， p.8, 2012.

(http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20120829_gaiyou.pdf)

③ 高潮による家屋倒壊条件の設定

ハリケーンによる高潮については、田島ら（2006）⁵⁴で、家屋の倒壊・流失と強い関係を示すと考えられる被災因子パラメータとして、浸水深 h 、軌道流速振幅 U に加えて、構造物に作用する流体抗力を想定した U^2h の算定結果と家屋流失率の関係を整理している。

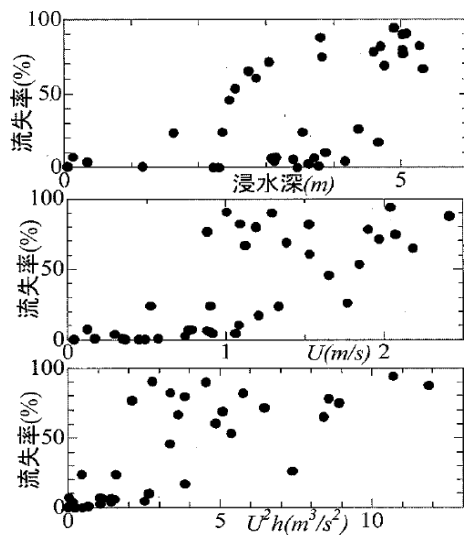


図 36 被災外力因子パラメータと家屋流失率の関係

⁵⁴ (4) 31) 田島芳満・佐藤慎司・藤原弘和：Hurricane Katrina による Biloxi 周辺の高潮被害分布とその外力特性の検証，海岸工学論文集，第 53 巻，pp. 406-410，2006.

④ 越波の飛散範囲の計算方法

越波の飛散範囲は、高田(1972)⁵⁵による越波の最大飛散距離の推定式で推定できる。この式は、規則波を外力とした越波の水理模型実験の結果から導いたものであるが、うちあげ高 R に不規則波の最大うちあげ高 R_{max} を代入することで、不規則波による越波の飛散範囲も計算できる。最大うちあげ高 R_{max} は、玉田ら(2015)⁵⁶の式等で計算できる。

【高田(1972)による越波の最大飛散距離の推定式】

天端水平面上に落下する越波の最大の飛散距離 l_Q と、無越波時の波のうちあげ高 R との関係は次のような一般式で近似的に示される。

$$l_Q = (R - H_c)\{a \cot \theta + b(\cot \theta_c - \cot \theta)\}$$

ここで、 H_c は護岸天端高、 θ は護岸の法勾配である。また、 a, b は実験定数である。例えば、高田(1972)の実験結果に対する重回帰分析より $a = 1.28, b = 0.47$ と推定できる。また、 θ_c は R/H_0 を最大とする臨界傾斜角度であり、以下の Miche の式で算定できる。

$$\frac{H_0}{L_0} = \sqrt{\frac{\theta_c \sin^2 \theta_c}{\pi \pi}}$$

(H_0 : 沖波波高、 L_0 : 沖波波長)

【玉田ら(2015)による最大うちあげ高の算定式】

$$(R_{max})_{99\%,100} = 2.15R_s = 1.54R_{2\%}$$

$$R_{2\%}/H_0' = 2.99 - 2.73 \exp(-0.57 \tan \beta / \sqrt{H_0' / L_0})$$

$$\tan \beta = (h_b + R_{2\%})^2 / 2A$$

ここで、 $(R_{max})_{99\%,100}$ は最大うちあげ高、 $R_{2\%}$ は 2% 最大うちあげ高、 H_0' は換算沖波波高、 L_0 は沖波波長、 $\tan \beta$ は海底勾配、 h_b は碎波水深、 A は $R_{2\%} \sim h_b$ の 2 点間の実断面の面積である。

⁵⁵ (4) 32) 高田彰：越波の飛散分布について，第 19 回海岸工学講演会論文集，pp.285-295，1972.

⁵⁶ (4) 33) 玉田崇・間瀬肇・安田誠宏：CLASH データセットに基づく打上げ・越波統合算定モデルの直立護岸への拡張，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.71，No.2，I_847-I_852，2015.

9.5. 関係法令（抜粋）

<水防法>（高潮浸水想定区域関係）

（目的）

第一条 この法律は、洪水、雨水出水、津波又は高潮に際し、水災を警戒し、防御し、及びこれによる被害を軽減し、もつて公共の安全を保持することを目的とする。

（都道府県知事が行う高潮に係る水位情報の通知及び周知）

第十三条の三 都道府県知事は、当該都道府県の区域内に存する海岸で高潮により相当な損害を生ずるおそれがあるものとして指定したものについて、高潮特別警戒水位（警戒水位を超える水位であつて高潮による災害の発生を特に警戒すべき水位をいう。）を定め、当該海岸の水位がこれに達したときは、その旨を当該海岸の水位を示して直ちに当該都道府県の水防計画で定める水防管理者及び量水標管理者に通知するとともに、必要に応じて報道機関の協力を求めて、これを一般に周知させなければならない。

（高潮浸水想定区域）

第十四条の三 都道府県知事は、第13条の3の規定により指定した海岸について、高潮時の円滑かつ迅速な避難を確保し、又は浸水を防止することにより、水災による被害の軽減を図るため、国土交通省令で定めるところにより、想定し得る最大規模の高潮であつて国土交通大臣が定める基準に該当するものにより当該海岸について高潮による氾濫が発生した場合に浸水が想定される区域を高潮浸水想定区域として指定するものとする。

- 2 前項の規定による指定は、指定の区域、浸水した場合に想定される水深その他の国土交通省令で定める事項を明らかにしてするものとする。
- 3 都道府県知事は、第一項の規定による指定をしたときは、国土交通省令で定めるところにより、前項の国土交通省令で定める事項を公表するとともに、関係市町村の長に通知しなければならない。
- 4 前二項の規定は、第一項の規定による指定の変更について準用する。

（浸水想定区域における円滑かつ迅速な避難の確保及び浸水の防止のための措置）

第十五条

- 3 浸水想定区域をその区域に含む市町村の長は、国土交通省令で定めるところにより、市町村地域防災計画において定められた第一項各号に掲げる事項を住民、滞在者、その他の者に周知させるため、これらの事項（次の各号に掲げる区域をその区域に含む市町村にあつては、それぞれ当該各号に定める事項を含む。）を記載した印刷物の配布その他の必要な措置を講じなければならない。

一・二 （略）

＜水防法施行規則（高潮浸水想定区域関係）＞

（高潮浸水想定区域の指定）

第七条 法第十四条の三第一項に規定する高潮浸水想定区域（以下単に「高潮浸水想定区域」という。）の指定は、同項に規定する想定し得る最大規模の高潮であって国土交通大臣が定める基準に該当するものによって堤防等の決壊が想定される当該海岸の全ての区間において堤防等が決壊することを想定して行うものとする。

- 2 高潮浸水想定区域の指定に当たっては、堤防等の構造及び管理の状況を勘案するものとする。
- 3 前項の場合には、都道府県知事は、堤防等の構造及び管理の状況について、海岸管理者その他の関係のある施設の管理者の意見を聴くものとする。
- 4 第一条第六項^{※1}の規定は、高潮浸水想定区域の指定について準用する。この場合において、同項中「想定最大規模降雨」とあるのは、「想定し得る最大規模の高潮であって国土交通大臣が定める基準に該当するもの」と読み替えるものとする。

（高潮浸水想定区域の指定の際の明示事項）

第八条 法第十四条の三第二項の国土交通省令で定める事項は、次に掲げる事項とする。

- 一 指定の区域
- 二 浸水した場合に想定される水深
- 三 浸水継続時間^{※2}

（高潮浸水想定区域等の公表）

第九条 法第十四条の三第三項の規定による同条第二項の国土交通省令で定める事項の公表は、当該事項を定めた旨について、都道府県の公報又はウェブサイトへの掲載その他の適切な方法により行うとともに、これらを表示した図面を都道府県知事の指定する場所において閲覧に供することにより行うものとする。

- 2 前項の図面には、高潮浸水想定区域の指定の前提となる高潮が想定し得る最大規模の高潮であって国土交通大臣が定める基準に該当するものであることを明示しなければならない。

※1 水防法施行規則第一条第六項

（洪水浸水想定区域の指定）

- 6 洪水浸水想定区域の指定は、想定最大規模降雨により、地上部分の浸水は想定されない地下街等（地下街その他地下に設けられた不特定かつ多数の者が利用する施設（地下に建設が予定されている施設又は地下に建設中の施設であって、不特定かつ多数の者が利用すると見込まれるものを含む。）をいう。以下同じ。）であって、当該地下街等と連続する施設から浸水するものの存する区域を含めて行うことができる。

※2 浸水継続時間

同規則第二条第三号により定義される、浸水した場合に想定される浸水の継続時間（長時間にわたり浸水するおそれのある場合に限る。）

＜国土交通省告示（高潮浸水想定区域関係）＞

国土交通省告示第八百七十号

水防法（昭和二十四年法律第九十三号）第十四条の三第一項の規定に基づき、想定し得る最大規模の高潮に係る国土交通大臣が定める基準を定める告示を次のように定める。

平成二十七年七月十七日

国土交通大臣 太田 昭宏

想定し得る最大規模の高潮に係る国土交通大臣が定める基準を定める告示

第一 想定し得る最大規模の高潮

水防法第十四条の三第一項に規定する想定し得る最大規模の高潮（以下「想定最大規模高潮」という。）は、第二及び第三により定めるものとする。ただし、その他の手法によって、第二及び第三により定められる想定最大規模高潮に相当するものを定めることが適切と認められる場合は、この限りでない。

第二 気象の基準

想定最大規模高潮において想定する気象の基準は、日本に接近した台風のうち既往最大規模の台風を基本とし、水防法第十四条の三第一項に基づき高潮浸水想定区域を指定する海岸における緯度を考慮して中心気圧を増減し、潮位偏差が最大となるよう経路を設定したものであること。

第三 天文潮の基準

想定最大規模高潮において想定する天文潮の基準は、朔望平均満潮位を基本とし、最大となる潮位偏差と満潮位が重なるよう満潮の時刻を設定したものであること。

附 則

この告示は、水防法等の一部を改正する法律（平成二十七年法律第二十二号）の施行の日（平成二十七年七月十九日）から施行する。

9.6. 参考文献

(1) 書籍・各種データベース

- 1) 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース,
<http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/>
- 2) 気象庁富山地方気象台：寄り回り波を知る～波浪災害に備えて～リーフレット,2013.
<http://www.jma-net.go.jp/toyama/yorimawarinami/yorimawarinami.html>
- 3) 黒部河川事務所：平成20年2月24日 下新川海岸高波災害 パンフレット,2012.
http://www.hrr.mlit.go.jp/kurobe/jigyo/panf/panf_dl/h20takanami.html
- 4) 磯崎一郎：波浪学のABC, 成山堂書店, 173p., 2006.
- 5) 国立情報学研究所：デジタル台風～台風画像と台風情報～ウェブサイト,
<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>
- 6) 国立研究開発法人国立環境研究所：気候変動適応情報プラットフォーム (A-PLAT) ,
<https://adaptation-platform.nies.go.jp/index.html>

(2) 各種マニュアル・手引き類

- 1) 国土交通省：洪水浸水想定区域図作成マニュアル (第4版), 118p., 2017.
- 2) 国土交通省：浸水想定区域図データ電子化ガイドライン (第3版), 271p., 2019.
- 3) 国土交通省：水害ハザードマップ作成の手引き, 124p., 2016.
- 4) 内閣府(防災担当)：避難情報に関するガイドライン, 132p., 2021.
- 5) 全国農地海岸保全協会・公益社団法人全国漁港漁場協会・一般社団法人全国海岸協会・
公益社団法人日本港湾協会：海岸保全施設の技術上の基準・同解説, (編) 一般財団法人
沿岸技術研究センター, 351p., 2018.

(3) 各種委員会報告

- 1) 国土交通省：高潮水防強化に関する技術検討委員会 資料, 2015.
- 2) 大阪府河川整備審議会：令和元年度 第3回高潮専門部会 資料, 2019.
- 3) 青森県：青森港高潮浸水想定検討会 第2回資料, 2019.
- 4) 国土交通省：新たなステージに対応した防災・減災のあり方, 2015.
- 5) 社会資本整備審議会河川分科会気候変動に適応した治水対策検討小委員会：水災害分野における気候変動適応策のあり方について～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～中間とりまとめ, 2015.
- 6) 国土交通省：ゼロメートル地帯の高潮対策検討会 提言, 2006.
- 7) 国土交通省河川局：高波災害対策検討委員会中間取りまとめ, 2008.
- 8) 土木学会原子力土木委員会 津波評価部会：原子力発電所の津波評価技術, 2002.
- 9) 磯部雅彦：「高潮災害の特徴と将来」, ナショナル・レジリエンス (防災・減災) 懇談会 (第17回) 資料, 2015.

- 10)中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会：日本における気候変動による影響に関する評価報告書， pp.242-253, 2015.
- 11)中央防災会議 防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告） 資料， 2012.
- 12)気象庁：第2回気候変動に関する懇談会 資料， 2019.

(4) 各種論文等

- 1)本多和彦・鮫島和範：伊勢湾台風級 940hPa での高潮の試算例：三大湾内の高潮推算における台風パラメーターの影響，国土技術政策総合研究所資料， No.1039， 2018.
- 2)君塚政文・高山知司・河合弘泰・宮田正史・平山克也・川口浩二・野田恵史・宇都宮好博：シナリオ台風の最大風速半径と移動速度による高潮と波浪の変化，土木学会論文集 B2 (海岸工学)， Vol.74, No.2, pp.I_247-I_252, 2018.
- 3)下野 隆司， 仲井 圭二， 永井 春生， 松本 英雄， 渡邊 和重， 磯部 雅彦：全国沿岸域における異常潮位の広域的出現特性， 海岸工学論文集， 第 51 卷， pp.1221-1225, 2004.
- 4)久保弘一・井田康男：捨石堤背後の伝達波高について， 海岸工学論文集， 第 20 卷， pp.49-54, 1973.
- 5)森信人・千田優・安田誠宏・間瀬肇：解適合格子法を用いた津波シミュレーションとメッシュ分割法について，土木学会論文集 B2 (海岸工学)， Vol.70, No.2, pp.I_286-I_290, 2014.
- 6)小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫：GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法， 海岸工学論文集， 土木学会， 第 45 卷， pp.356-360, 1998.
- 7)磯部雅彦・藤城透：ベンガル湾奥における高潮遡上計算， 海岸工学論文集 ， 第 44 卷， pp.346-350, 1997.
- 8)村上和夫・森川雅行・堀江毅：ADI 法による高潮の数値計算法， 運輸省港湾技術研究所資料， No.529, pp.35, 1985.
- 9)藤井 健・光田 寧：台風の確率モデルの作成とそれによる強風のシミュレーション， 京都大学防災研究所年報， 第 29 号， B-1, pp.229-239, 1986.
- 10)河合弘泰・川口浩二：内湾の高潮推算への台風ボーガスと局地気象モデルの適用性， 港湾空港技術研究所報告， 第 46 卷， 第 3 号， pp.43-86, 2007.
- 11)川口浩二・河合弘泰：局地気象モデルを用いた台風時の風場および波浪の推算， 港湾空港技術研究所資料， No.1169, 19p., 2007.
- 12)中村充・佐々木康雄・山田穰二：複合断面における波の打上げに関する研究， 海岸工学論文集， 第 19 卷， pp.309-312, 1972.
- 13)本多忠夫・光易恒：水面に及ぼす風の作用に関する実験的研究， 海岸工学論文集， 第 27 卷， pp.90-93, 1980.

- 14) Powell, M. D.: High wind drag coefficient and sea surface roughness in shallow water, *Final Report to the Joint Hurricane Testbed*, 2008.
(http://www.nhc.noaa.gov/jht/07-09reports/final_Powell_JHT08.pdf)
- 15) Holthuijsen L. H. Powell, M. D. and Pietrzak, J. D.: Wind and waves in extreme hurricanes, *Journal of Geophysical Research*, vol.117, C09003, doi: 10.1029/2012JC007983, 2012.
- 16) 岩崎敏夫・真野明：オイラー座標による二次元津波遡上の数値計算，第 26 回海岸工学講演会講演集，pp.70-74, 1979.
- 17) 松富英夫：仮想水深法、打ち切り水深法による陸上氾濫計算の精度に関する一考察，東北地域災害科学研究、第 26 巻，pp.63-65,1990.
- 18) 今津雄吾・今村文彦・首藤伸夫：氾濫計算を安定に行うための先端条件の検討，土木学会第 51 回年次学術講演会講演概要集 第 2 部，pp.242-243,1996.
- 19) 柴木秀之・加藤史訓・山田浩次：密度成層と Wave Setup を考慮した土佐湾異常高潮の推算，海岸工学論文集，第 48 巻，pp.286-290, 2001.
- 20) 高橋浩一郎：外挿法に基づく量的天気予報の研究（その 1），研究速報，第 13 号，1947.
- 21) 光田寧・藤井健・塚本修：日本海における季節風時の波浪予知（1）－海上風の推定－，京都大学防災研究所年報，第 26 号，B-2，pp.587-598, 1983.
- 22) 高山知司・平石哲也・立石義博：多方向不規則波の造波信号発生法に関する検討，海岸工学論文集，第 36 巻，pp.153-157, 1989.
- 23) 平石哲也・望月徳雄・佐藤一央・丸山晴広・金澤剛・榊本達也：護岸越波流量における波の多方向性の影響，港湾技術研究所報告，No.35 Vol.1，pp.39-64,1996.
- 24) 加藤史訓・諏訪義雄・殿最浩司・真期俊行・志方建仁：高波による浸水の想定手法，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.B2-65，No.1，pp.1306-1310, 2009.
- 25) Ishikawa, H., Y. Oku, S. Kim, T. Takemi, and J. Yoshino: Estimation of a possible maximum flood event in the Tone River basin, Japan caused by a tropical cyclone. *Hydrological Processes*, Vol.27, pp.3292-3300, doi: 10.1002/hyp.9830, 2013.
- 26) Takemi, T., R. Ito, O. Arakawa: Robustness and uncertainty of projected changes in the impacts of Typhoon Vera (1959) under global warming. *Hydrological Research Letters*, Vol.10, pp.88-94, doi: 10.3178/hrl.10.88, 2016.
- 27) Xinyu Jiang, Nobuhito Mori, Hirokazu Tatano and Lijiao Yang : Simulation-Based Exceedance Probability Curves to Assess the Economic Impact of Storm Surge Inundations due to Climate Change: A Case Study in Ise Bay, Japan, 15p., *Sustainability*, 11, 1090, 2019.(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
- 28) Shibutani, Y., Kim, S.Y., Yasuda, T., Mori, N., Mase, H.: Sensitivity of future tropical cyclone changes to storm surge and inundation: Case study in Ise Bay, Japan. *Coastal Engineering Proceedings*, 1, 27, 2014.

- 29) 澁谷容子・森信人・金洙列・中條壯大・間瀬肇：狩野川台風のバリエーションに基づく東京湾の高潮と浸水範囲に及ぼす気候変動の感度評価，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.73，No.2，pp.I_1399-I_1404，2017.
- 30) 金田幸恵・木村富士男・吉野純・高薮出・佐藤友徳：第46回メソ気象研究会の報告—擬似温暖化実験のメソ気象研究に対する可能性—，天気，64巻，2号，pp.119，2017.
- 31) 田島芳満・佐藤慎司・藤原弘和：Hurricane Katrinaによる Biloxi 周辺の高潮被害分布とその外力特性の検証，海岸工学論文集，第53巻，pp.406-410，2006.
- 32) 高田彰：越波の飛散分布について，第19回海岸工学講演会論文集，pp.285-295，1972.
- 33) 玉田崇・間瀬肇・安田誠宏：CLASH データセットに基づく打上げ・越波統合算定モデルの直立護岸への拡張，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.71，No.2，pp.I_847-I_852，2015.

(5) 港湾空港技術研究所による高潮災害の報告書等

- 1) 河合弘泰・有川太郎・浅井正・本多和彦・藤木峻・関克己：台風1330号にともなう高潮等によるフィリピンの港湾およびその周辺地域における被害調査報告，国土技術政策総合研究所資料，No.816+港湾空港技術研究所資料，No.1301，45p.，2015.
- 2) 河合弘泰・平石哲也・丸山晴広・田中良男：台風9918号による高潮の現地調査と追算，港湾空港技術研究所資料，No.971，43p.，2000.
- 3) 高橋重雄・大木泰憲・下迫健一郎・諫山貞雄・石貫国朗：台風9918号による護岸の被災とその対策に関する水理模型実験，港湾空港技術研究所資料，No.973，50p.，2002.
- 4) 河合弘泰・平石哲也：ハリケーン・カトリーナによる米国メキシコ湾岸の高潮災害の現地調査，港湾空港技術研究所資料，No.1121，27p.，2006.

(6) 気候変動に関して今後参考となる文献等

※下記に挙げているような気候変動に関する文献など最新の情報を、適宜参考にすることが望ましい。

- 1) 中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会：気候変動影響評価報告書，2020.
- 2) 環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁：気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート
- 3) 文部科学省・気象庁：日本の気候変動2020，2020.

<相談窓口>

(全般について)

国土交通省 水管理・国土保全局 海岸室

〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3 TEL : 03-5253-8472

(高潮浸水シミュレーションについて)

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室

〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地 TEL : 029-864-3163