

高潮浸水想定区域図作成の手引き（案）

Ver. 1.00

凡例

赤字：第 2 回高潮水防強化に関する技術検討委員会（平成 27 年 3 月 24 日開催）で提示した素案からの変更箇所

平成 27 年 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り組み	- 2 -
1.3. 本手引きの位置付け	- 3 -
2. 高潮浸水想定区域図作成の概要	- 5 -
2.1. 高潮浸水想定区域図作成の基本的な考え方	- 5 -
2.2. 高潮浸水想定区域図の作成の流れ	- 6 -
3. 外力条件の設定	- 7 -
3.1. 気象	- 7 -
3.1.1. 想定する台風	- 7 -
3.1.2. 想定する低気圧	- 12 -
3.1.3. うねり性の高波の再現	- 15 -
3.2. 河川流量	- 17 -
3.3. 潮位	- 18 -
4. 堤防等の決壊条件等の設定	- 20 -
5. 高潮浸水シミュレーション条件の設定	- 22 -
5.1. 計算領域及び計算格子間隔	- 22 -
5.2. 計算時間及び計算時間間隔	- 23 -
5.3. 地形データの作成、各種施設の取扱い	- 24 -
5.4. 粗度係数	- 25 -
6. 高潮浸水シミュレーション	- 26 -
6.1. 台風による高潮浸水シミュレーション手法	- 26 -
6.2. 低気圧による高潮浸水シミュレーション手法	- 33 -
6.3. うねり性の高波による高潮浸水シミュレーション手法	- 36 -
6.4. 河川域等の水理解析を組み合わせる方法	- 37 -
6.5. 高潮浸水シミュレーションにおける留意事項	- 39 -
7. 高潮浸水シミュレーション結果の出力	- 40 -
8. その他の外力等による想定	- 42 -
9. 参考資料	- 43 -
9.1. 地形データ（海域）に関する情報	- 43 -
9.2. 地形データ（陸域）に関する情報	- 47 -
9.3. 浸水継続時間の設定について	- 50 -
9.4. 関係法令（抜粋）	- 54 -
9.5. 参考文献	- 55 -

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るものの、全国の 532 沿岸市町村の作成率は約 18%（平成 26 年 4 月時点）に留まっている。

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取りまとめた「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、台風の激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り組み

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たところであり、今後、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こととした。

①高潮に係る水位情報の通知及び周知（水防法第 13 条の 3）

都道府県知事が、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海岸（以下「水位周知海岸」という。なお、水位周知海岸には高潮が河川において影響する区間を含む。）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）に達したときは、直ちに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、これを一般に周知しなければならない。また、都道府県知事は、避難勧告等の判断に資するため関係市町村長に高潮特別警戒水位に達した旨を通知しなければならない。

②高潮浸水想定区域の指定（水防法第 14 条の 3、第 15 条）

都道府県知事は、水位周知海岸として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、水災による被害の軽減を図るため、想定し得る最大規模の高潮により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。

高潮浸水想定区域の指定があったときは、市町村地域防災計画において、その区域ごとに、氾濫危険情報の伝達方法、避難場所・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の地下街等・要配慮者利用施設等の名称及び所在地等の事項について定めるものとする。また、関係市町村長は、これ

らの事項を住民、滞在者等に周知させるため、これらの事項を記載した高潮ハザードマップの作成及び配布等の必要な措置を講じなければならない。

1.3. 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、都道府県知事が水位周知海岸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等を表示した図面（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。

なお、本手引きの活用に当たっては、事前に過去の被災実績、既往の調査・研究を収集の上、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調査・研究等を踏まえ、本手引きで定めた方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。

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 哲厳	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

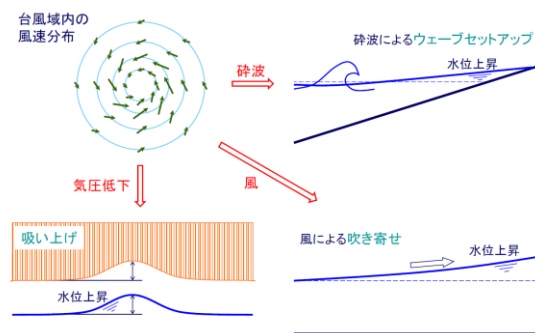
コラム 高潮の原因とその災害

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。

二つのメカニズムに加え、砕波する場合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。



高潮発生メカニズム

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、台風の中心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)
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 HP：波浪効果による潮位上昇(Wave Setup)

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。

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、我が国における既往最大規模の台風を基本とし、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。

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・北陸地方については、温帯低気圧（以下、単に「低気圧」とする。）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から、低気圧についても考慮する。また、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。その際には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、船舶等の衝突時の不測の事態についても、高潮浸水想定区域図の設定条件とする。

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。

高潮浸水想定区域における外力条件は、地球温暖化に伴う気候変動による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。しかし、現段階においては、研究途上であり不確実性を伴うことから、気候変動による将来予測を直ちに見込むことは難しい。このため、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た段階で本手引きを見直す。

1 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。

2 <解説>

3 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。

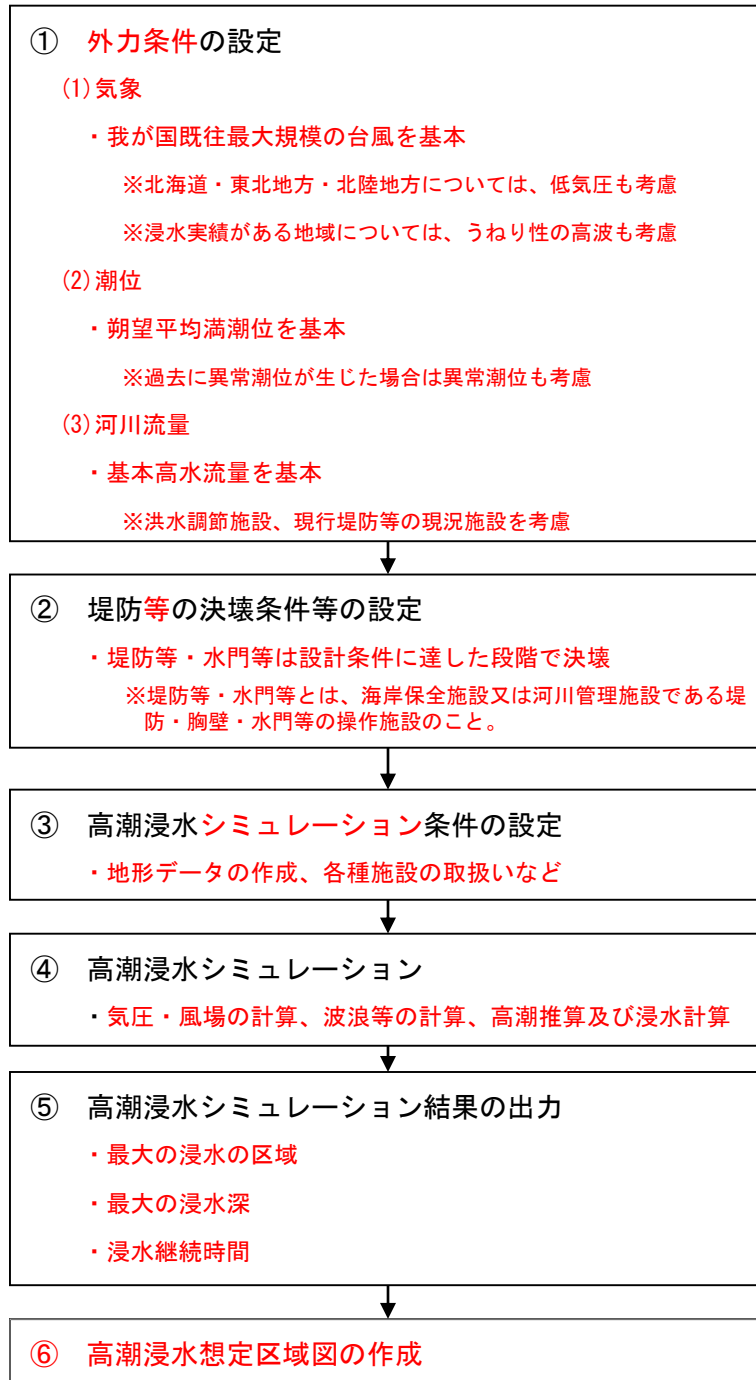


図1 高潮浸水想定区域図の作成の流れ

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の緯度により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。

＜解説＞

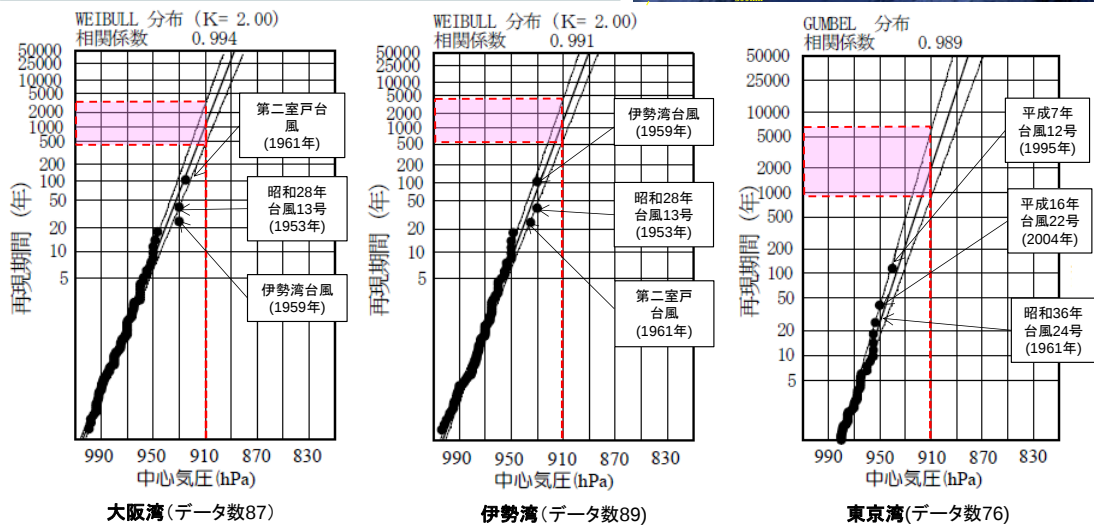
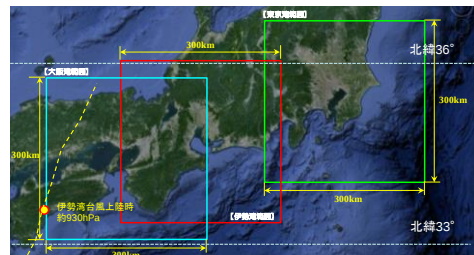
(1) 想定する台風の規模

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。

【計算条件】

・1951～2013年の気象庁データを用いて、大阪湾、伊勢湾、東京湾の周囲300km四方を通過した台風の中心気圧について統計解析を実施
※室戸台風(1934年)はデータに含まれていない。

※伊勢湾台風上陸地点(約930hPa)をカバーできる。
※対象範囲を更に狭くした場合、通過する台風のデータが減り、湾によっては、伊勢湾台風や第二室戸台風、昭和28年台風13号、平成16年台風22号等の中心気圧の低い著名な台風が対象から除外される。
※極値統計解析はGUMBEL, WEIBULL, 極値Ⅱ型分布から相関の高い分布を選定。



(出典) 気象庁資料より作成

図2 1934年室戸台風の確率評価（中心気圧）

1 既存データにおいて、日本列島の北緯 24° から 46° 付近の緯度においては北上により台
 2 風の減衰が示されていることから、既往実績に応じ、緯度により図 3 の通り中心気圧を上昇
 3 させ、対象海岸のある地域に到達した時点で中心気圧を上昇させずに一定として台風を移
 4 動させる。

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)

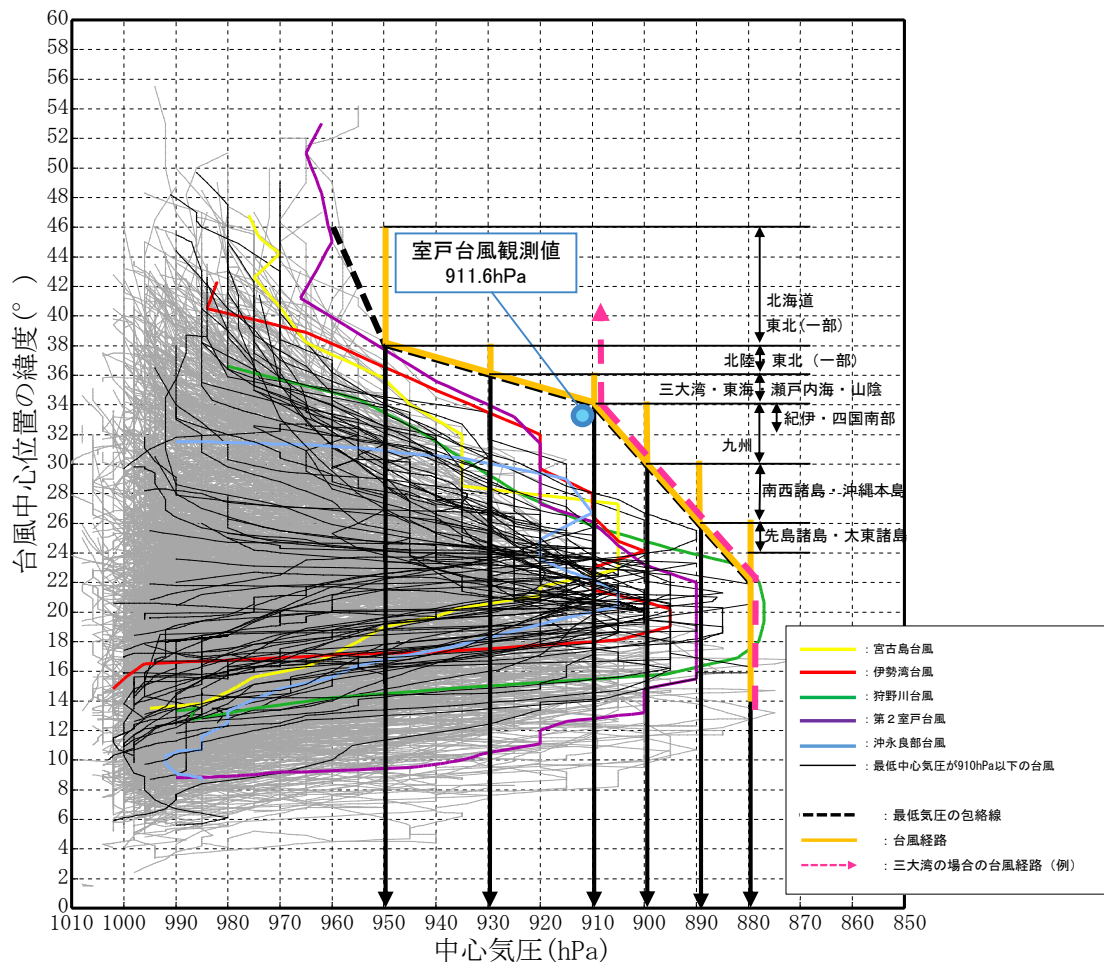


図 3 想定する台風の中心気圧の設定方法

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、台風の移動速度が速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する。

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

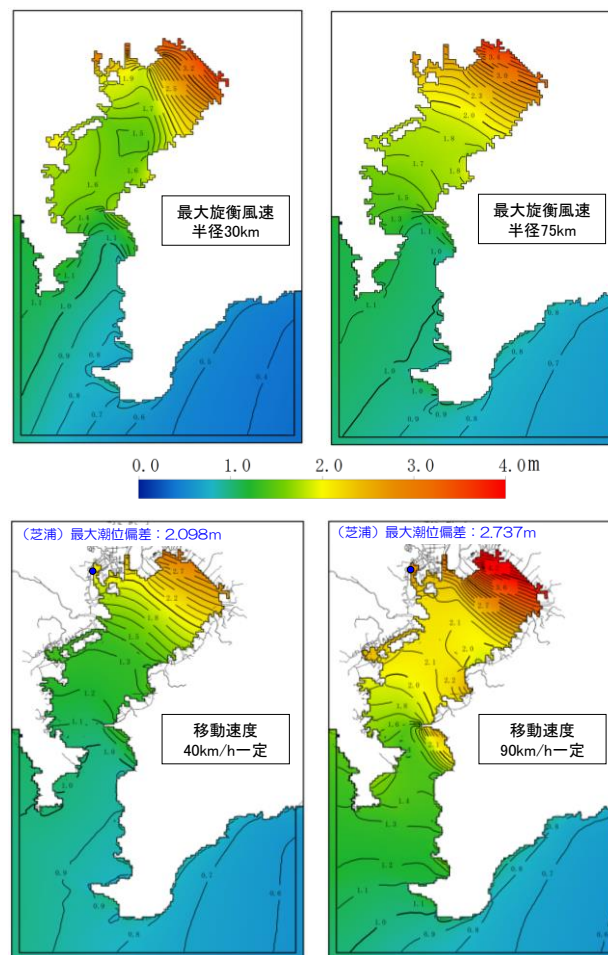


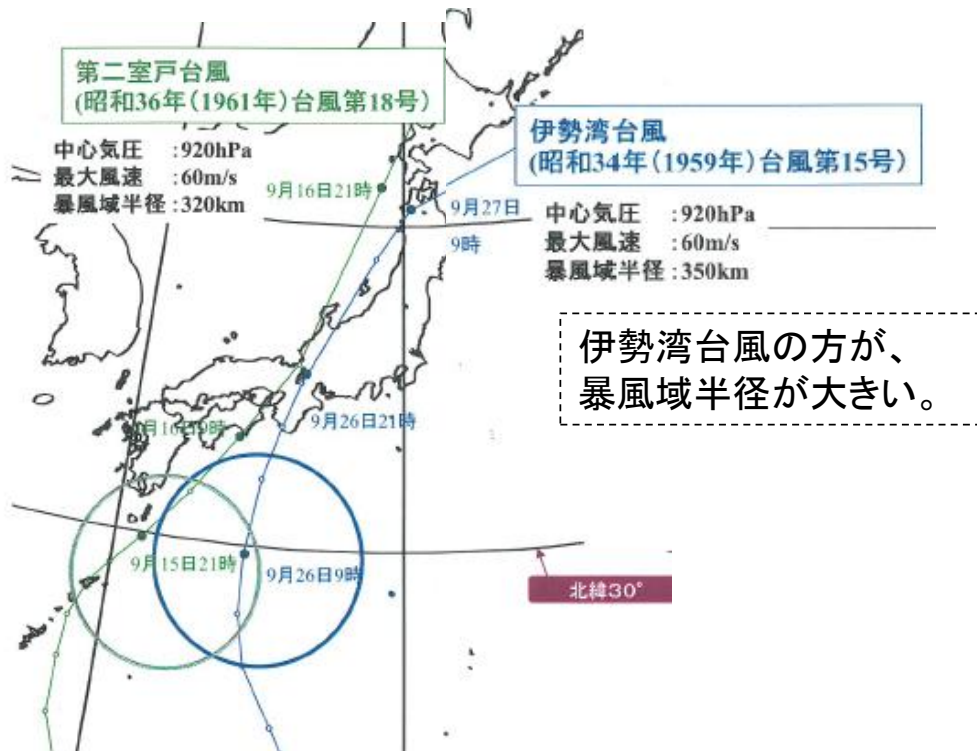
図 4 台風の最大旋衡風速半径・移動速度による潮位偏差の違い¹

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
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5 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)²

² 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。

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。

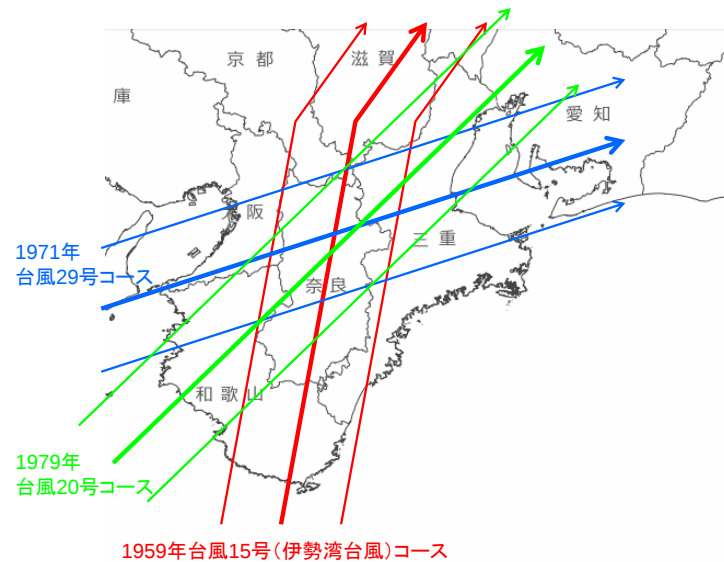


図6 伊勢湾奥における台風経路の設定イメージ

3.1.2. 想定する低気圧

北海道・東北地方・北陸地方については、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とから、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 年根室高潮の低気圧を基本とし、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。このため、これらの地域においては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。

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

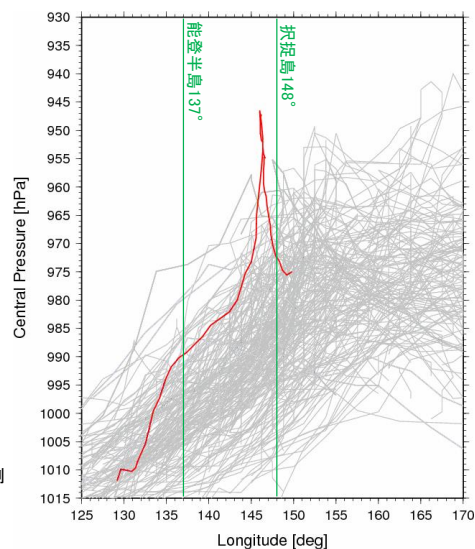
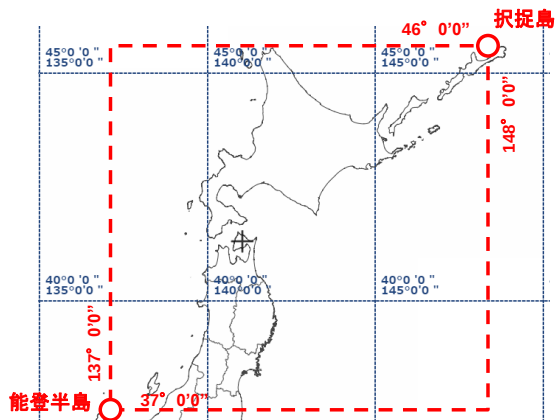
観測所	低気圧による高潮		<参考> 台風による 最大偏差 (cm)
	観測日	最大偏差 (cm)	
能登(石川県)	H20.2.23~24	191	111
花咲(北海道)	H26.12.16~19	117	72
小田原(神奈川県)	H25.4.6~9	107	99
釧路(北海道)	H18.10.6~8	93	66
網走(北海道)	H25.12.16~19	86	—
大船渡(岩手県)	H18.10.6~8	85	57
鮎川(宮城県)	H18.10.6~8	82	56
深浦(青森県)	H17.12.26~27	81	72
小名浜(福島県)	H18.10.6~8	77	70
下北(青森県)	H18.10.6~8	75	—
八戸(青森県)	H18.10.6~8	70	—
宮古(岩手県)	H18.10.6~8	63	52
舞鶴(京都府)	H15.11.19~20	60	59

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）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。

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 8 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。

なお、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。

³ 国土交通省：高潮水防強化に関する技術検討委員会（第 2 回）資料 2

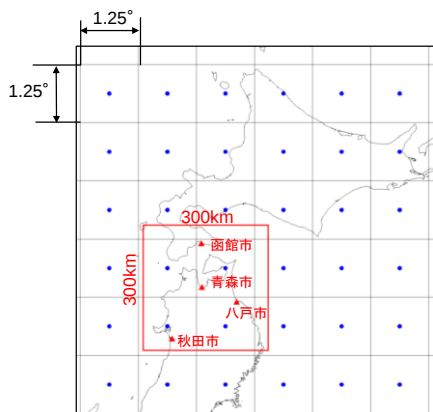


灰色：爆弾低気圧情報データベース(1996-2014)で公開されている低気圧(350事例中)の中で北緯37～46° かつ東経137～148° を通過したもの(199事例)
赤色：2014年12月16～18日の爆弾低気圧(MSM-Sより抽出)

(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

図7 2014年12月低気圧の中心気圧⁴

	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



●: JRA-55のデータ位置(1.25度間隔)
□: 青森市を中心とした300kmの範囲
▲: 人口20万人以上の都市

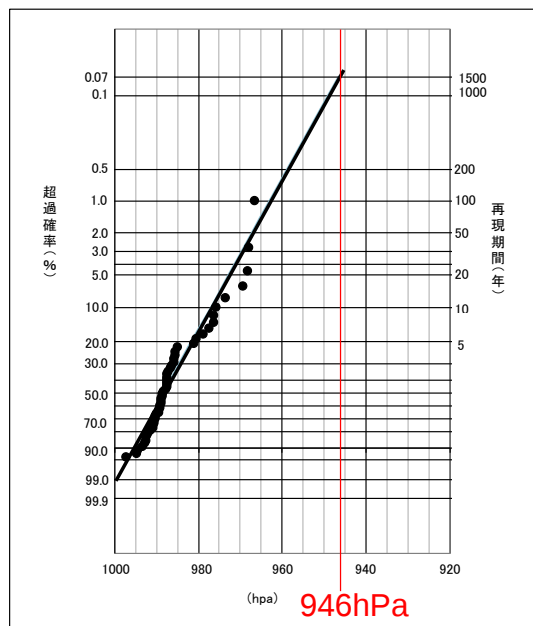


図8 2014年12月低気圧の確率評価(中心気圧)

⁴ 国土交通省：高潮水防強化に関する技術検討委員会（第2回）資料2

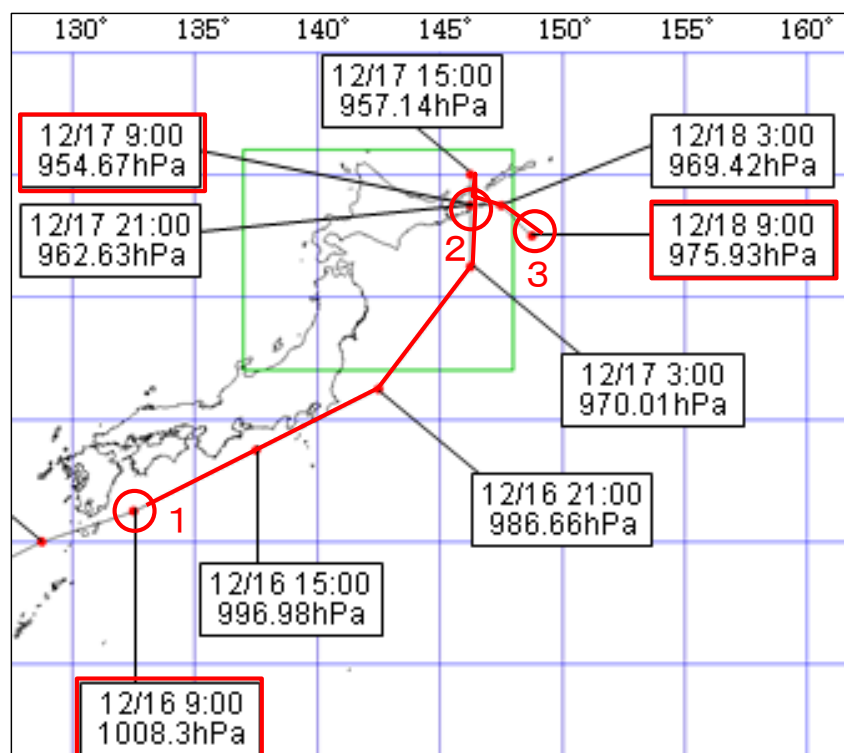


図9 2014年12月低気圧の経路図

3.1.3. うねり性の高波の再現

寄り回り波等の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>

単に台風や低気圧により潮位が上昇する高潮とは別に、富山湾の寄り回り波や1966年の富士海岸の高波等、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、このような地域において高潮浸水想定区域図を作成する場合には、寄り回り波等のうねり性の高波の再現についても考慮する。

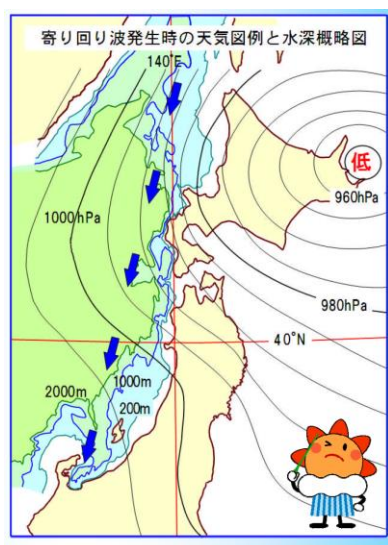
なお、うねり性の高波は発生源となる気圧・風場・海域が広範囲にわたり、精度よく再現計算することが難しいことから、こうした不確実性に留意しつつ、浸水実績を極力再現するものとする。

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。



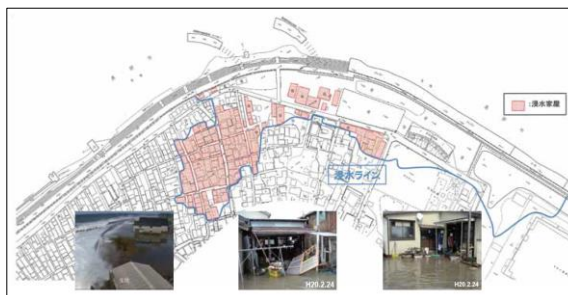
寄り回り波発生時の天気図例と水深概略図



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） 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～（H25年3月）

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（H20年8月）

黒部河川事務所：平成20年2月24日 下新川海岸高波災害（H24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（HP）

波浪学入門 磯崎一郎 著

3.2. 河川流量

背後に人口・資産が集積し、高潮時に相当な流量が想定される河川においては、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流量を基本とし、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、背後に人口・資産が集積し、高潮時に相当な流量が想定される国管理の河川等においては、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流量を基本とし、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「基本高水流量（現況施設考慮）」とする。)

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ものとする。

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、木曽三川、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 号時の木曽川・長良川、2011 年台風第 15 号時の木曽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考慮しないこととする。

3.3. 潮位

基準となる潮位（天文潮）は、朔望平均満潮位で一定とすることを基本とする。

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。

各海岸で天文潮のピークと高潮のピークが重なるようにするため、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。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（もしくは低く）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。

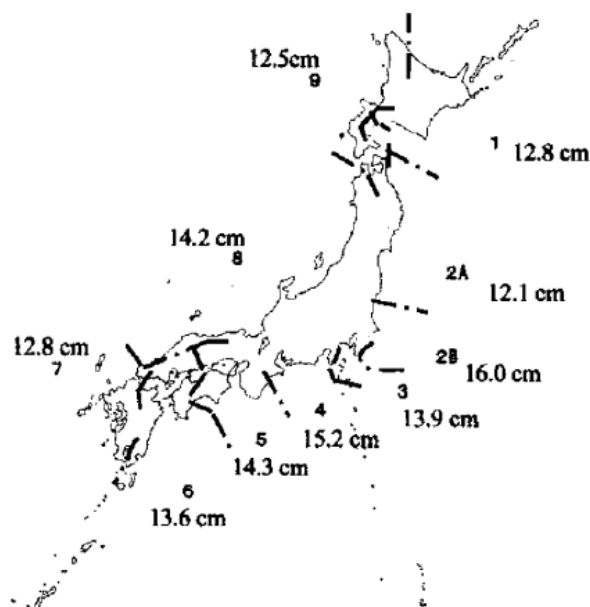


図10 異常潮位の最大偏差の平均値⁵

⁵全国沿岸域における異常潮位の広域的出現特性（下野、磯部ら；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、その高さと時刻は地球と月およ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。

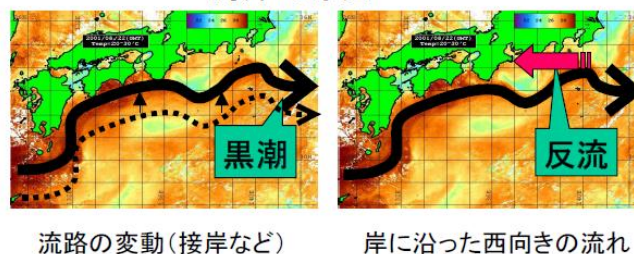
潮位偏差を生じる代表的なものには、台風などで起きる高潮や地震で引き起こされる津波がありますが、潮位偏差の高い（または低い）状態が広範囲に数週間を超えて長時間続くことがあります。これが「異常潮位」と呼ばれる現象です。この異常潮位という現象は、季節に関係無く発生していますが、天文潮が年間でも高くなる夏から秋にかけて異常潮位が起きると浸水被害が発生することが多くなります。

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	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



異常潮位の要因例

(参考文献)

異常気象レポート 2005 (気象庁)

1 (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、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。
水門等については、操作規則通り操作されることとする。

<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、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、潮位が設計潮位を超える、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、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。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、基本高水流量（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）で比較するなどして高潮による影響が明らかな区間を設定し、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。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）⁶」に準ずる。なお、高潮による影響が明らかな区間については、シミュレーションの計算精度を踏まえて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、海岸管理者又は河川管理者の意見を聴くものとする。

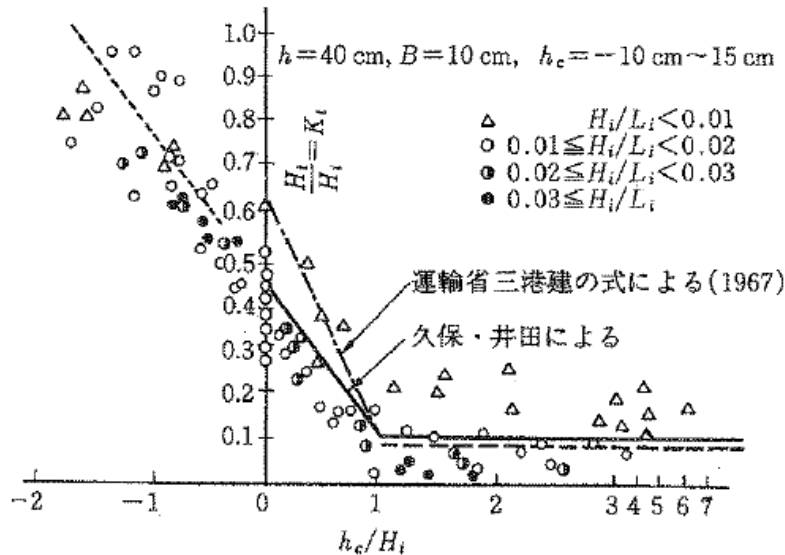
(2) 水門等

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、操作規則通りに操作されることとし、最悪の事態を想定し、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。

⁶ 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.19，2015（予定）

1 (3) 沖合施設等

2 離岸堤、人工リーフ、津波防波堤等の沖合施設については、設計条件を越えた（設計波を
3 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
4 ては、図 11 等を参考に極力計算に反映する。



5

6 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

7

図 11 離岸堤天端高と透過率の関係⁷

⁷ 久保弘一・井田康男(1973): 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

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計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、うねり等が精度よ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の変化、陸域への氾濫等の高潮の挙動を精度良く推計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よ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、反射等の波浪変形、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あるいは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、成分格子間隔を $1/3$ あるいは $1/2$ 等の割合で小さくしていく。

台風経路の設定等の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。

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⁸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。

⁸ 森信人・千田優・安田誠宏・間瀬肇(2014)：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，I_286-I_290

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、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⁹。

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。

⁹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，pp1-52，2002.

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あたっては、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各種施設については、地形データとして反映する。

<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、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情報が得られる航空レーザ測量の結果等を活用して地形データを作成することを基本とする。¹⁰

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（T.P.）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あたっては、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、地形データとして反映する。

計算格子より大きな線的構造物については、格子に沿う形状に近似し、地形データとして設定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、連続した格子により地形データとして設定することを基本とする。

②堤防等の開口部

堤防等に計算格子よりも狭い閉鎖されない開口部が存在する場合には、当該箇所のメッシュで潮位に対して一定の流出量を与える等、極力計算に反映する。

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、高潮により浸水の恐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、当該箇所のメッシュで水位に対して一定の流出量を与える等、極力計算に反映する。

¹⁰ 海域及び陸域に関する地形データについては、参考資料に掲載している。

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。

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

(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 경우가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）¹¹⁾」を参考とする。

表4 粗度係数の設定例¹²⁾

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として扱う場合には、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4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。

¹¹⁾ 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.14，2015（予定）

¹²⁾ 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫(1998)：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，pp356-360

1 6. 高潮浸水シミュレーション

2 6.1. 台風による高潮浸水シミュレーション手法

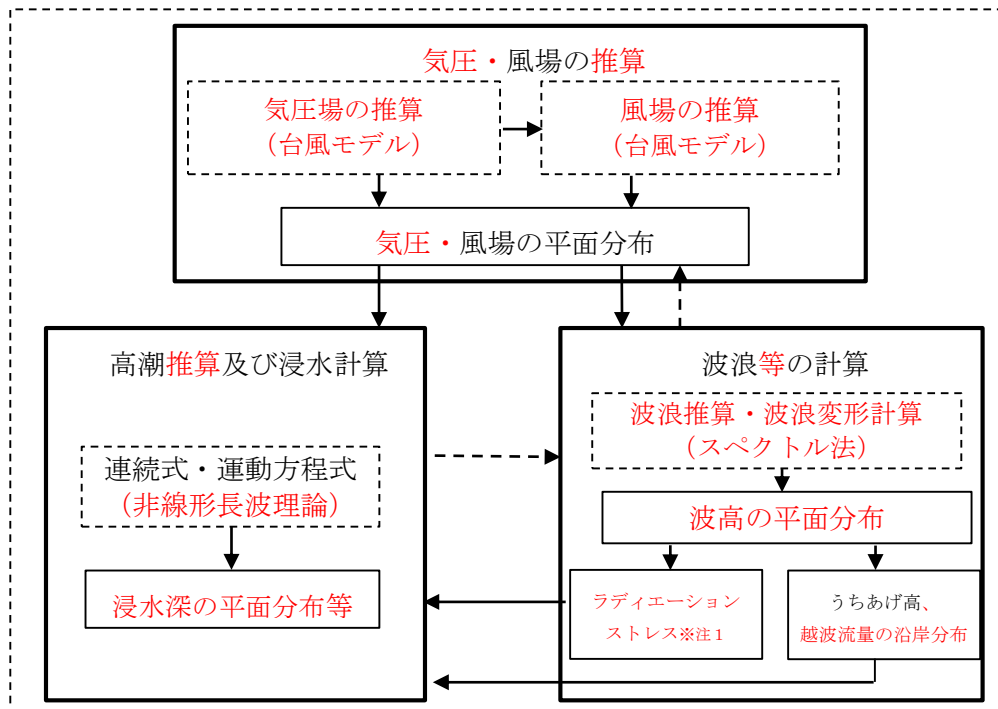
台風による高潮浸水シミュレーションは、想定台風の規模・経路から①気圧・風場の推算、②波浪等の計算、③高潮推算及び浸水計算について各々の計算結果を連結することを基本とする。

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。

3 <解説>

4 (1) 台風による高潮浸水シミュレーションの考え方

5 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。



6

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

8 ※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。

9

図 12 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

台風の気圧分布の推定式は、実際の気圧場に比較的好く合致^{13, 14}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 13 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。

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。

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

(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 0.6~0.7 が用いられており、実績台風の検証によって定める。なお、実績台風の検証にあたり、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合は、藤井・光田(1986)¹⁵の方法などを参考とするとよい。

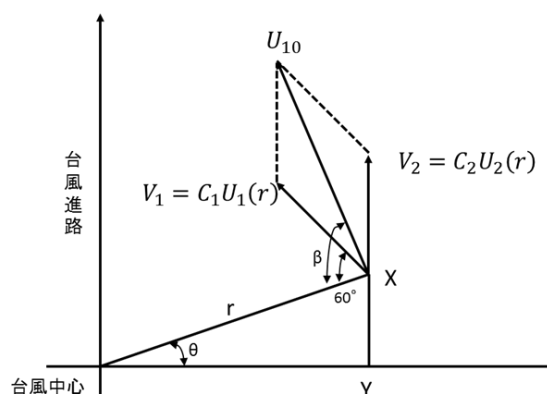


図 13 海上風算出の模式図

¹³ 磯部 雅彦・藤城 透(1997)：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

¹⁴ 村上和夫・森川雅行・堀江毅(1985)：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

¹⁵ 藤井 健・光田 寧(1986)：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

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

3 ②波浪等の計算

4 a) 波浪推算・波浪変形計算

5 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
6 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
7 いることを基本とする。

$$8 \quad \frac{\partial S(f, \theta)}{\partial t} + C_g \nabla S(f, \theta) = F_{net}(f, \theta)$$

9 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
10 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
11 $F_{net}(f, \theta)$ 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
12 と呼ばれ、一般に、次の3つの物理機構に分けて扱われる。

$$13 \quad F_{net} = F_{in} + F_{nl} + F_{ds}$$

14 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
15 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
16 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
17 ルギーが消散する効果を表す。

18 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
19 とし、WAM、WaveWatchⅢ、SWANなどの実用化されているモデルを用いる。波浪推算の
20 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
21 データによる検証を行い、適宜補正する。

22 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
23 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
24 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。

25 b) 波のうちあげ高の算定方法

26 高潮浸水想定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
27 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
28 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
29 図(図14)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) として
30 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
31 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。

32 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
33 岸保全施設の技術上の基準・同解説(平成16年6月)に示される改良仮想勾配法、豊
34 島の算定図、高田の式等を用いて算定してもよい。

1

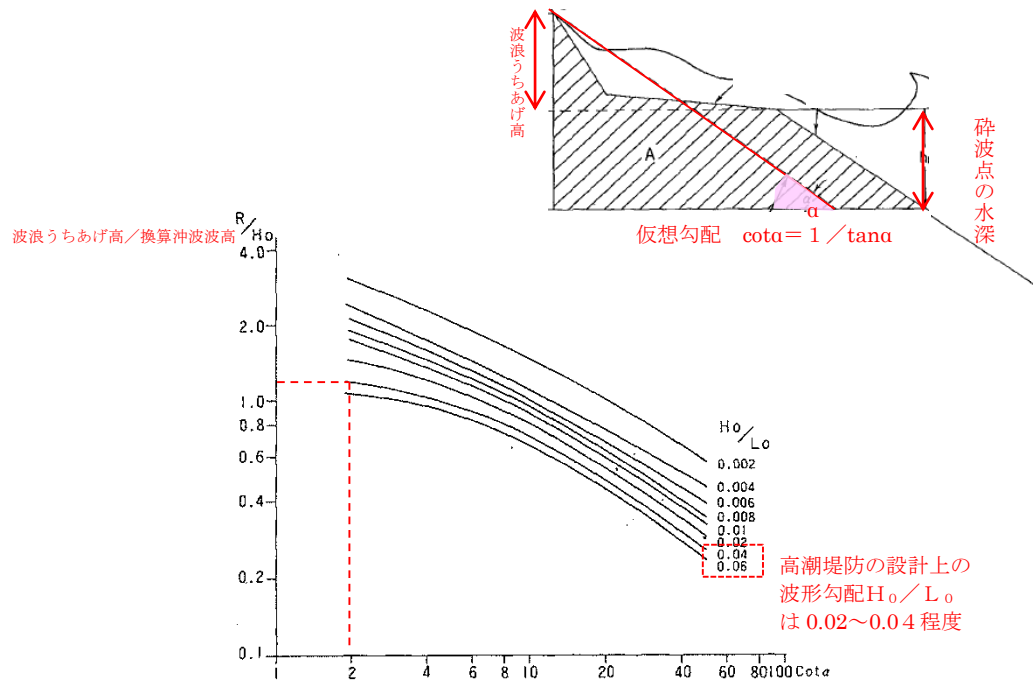


図 14 改良仮想勾配法による波のうちあげ高算定図¹⁶（一部加筆）

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・同解説に示される合田の越波流量算定式、越波流量算定図や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。

¹⁶ 中村充・佐々木康雄・山田穰二(1972)：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

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。

【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 および 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} および 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} および底面せん断応力 τ_{by} は次式により与えられる。

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

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

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

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

C_D は海面の抵抗係数であり、本多・光易(1980)による式¹⁷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、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おり、林ら(2012)¹⁸、横田ら(2013)¹⁹等の文献を参考に、海上10mの風速30m/s以上の海面抵抗係数については、再現計算を通じて適切に設定することとする。

また、 w_x および 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。

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

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

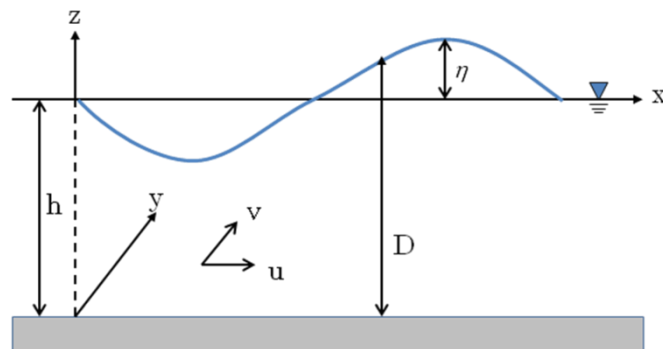


図 15 支配方程式の座標系

¹⁷ 本多忠夫・光易 恒(1980):水面に及ぼす風的作用に関する実験的研究, 第27回海岸工学講演会論文集, pp. 90-93

¹⁸ 林祐太・安田誠宏・森信人・中條壮太・間瀬肇(2012): 気候変動に伴う可能最大高潮の不確実性の評価に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 68, No. 2, pp. I_1231-I_1235.

¹⁹ 横田雅紀・橋本典明・網屋凌太・児玉充由(2013): 波浪データに基づく海面抵抗係数の風速依存性に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 69, No. 2, I_136-I_141.

(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毎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）²⁰や小谷ら（1998）²¹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。即ち、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^{22,23}。

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あたっては、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・風速を観測値に合わせて計算値に補正係数を乗する方法や、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²⁴などがある。

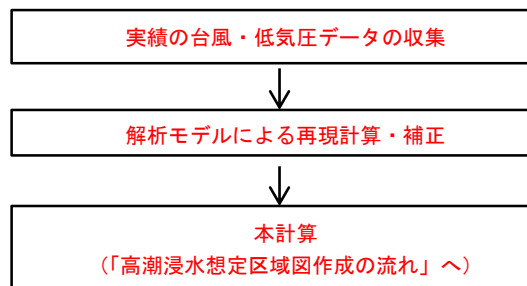


図 16 解析モデルの再現計算の流れ

²⁰ 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.

²¹ 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.

²² 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.

²³ 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.

²⁴ 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

1 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。

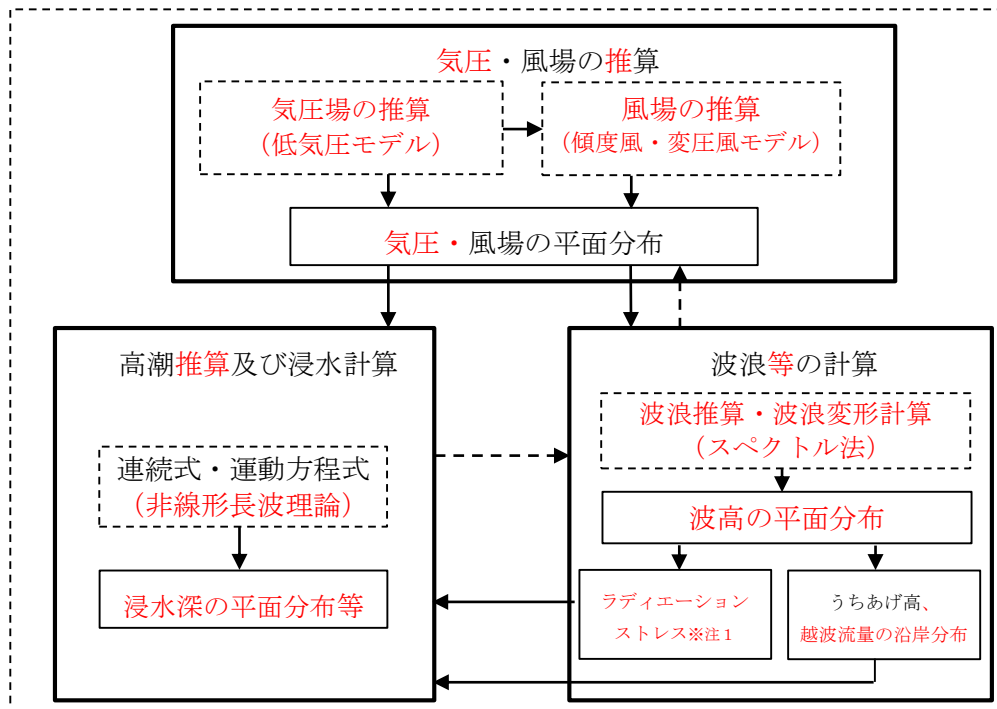
①気圧場は想定する低気圧の天気図、②風場の推算は傾度風モデル又は変圧風モデル、波浪等の計算はスペクトル法、③高潮推算及び浸水計算は海底での摩擦及び移流項を考慮した非線形長波理論（浅水理論）を基本とする。

2 <解説>

3 (1) 低気圧による高潮浸水シミュレーションの考え方

4 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。

5



6

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

8 ※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。

9

図 17 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、遠心力が釣り合って、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²⁵により求めることとする。

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

²⁵ 高橋浩一郎(1947): 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

1 ii) 変圧風モデル (Bijvoet^{バイフット}モデル)

2 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
3 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)
4 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
5 デルであることに留意する必要²⁶がある。

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

7 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、

8 α は海上風と地衡風となす角、a₁, a₃, a₄ : 海面気温と海水表面温度の差との関係から算定

10 ② 波浪等の計算

11 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。

12 ③ 高潮推算・浸水計算

13 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。

15 (3) 境界条件

16 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
17 ションに準ずる。

18 (4) 再現計算による検証

19 6. 1. 台風による高潮浸水シミュレーションに準ずる。

²⁶ 光田寧・藤井健・塚本修(1983) : 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

6.3. うねり性の高波による高潮浸水シミュレーション手法

周期の長いうねり性の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。

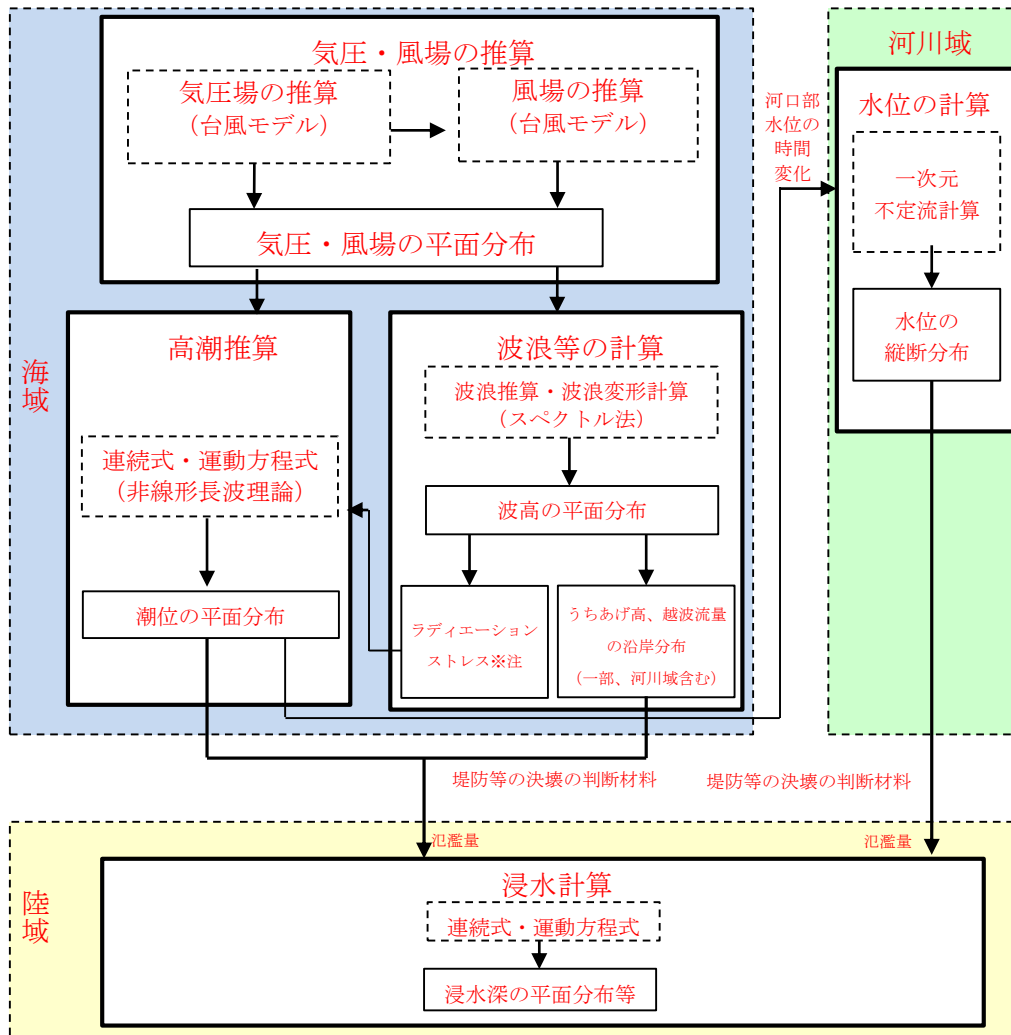
6.4. 河川域等の水理解析を組み合わせる方法

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、ウェイブセットアップを考慮する際に必要となる。

図 18 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）²⁷⁾」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）²⁸⁾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）²⁹⁾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³⁰⁾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。

²⁷⁾ 国土交通省：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版），P15-P18，2015（予定）

²⁸⁾ 高山知司・平石哲也・立石義博(1989)：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

²⁹⁾ 平石哲也・望月徳雄・佐藤一央・丸山晴広・金澤剛・榎本達也(1996)：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

³⁰⁾ 加藤史訓・諏訪義雄・殿最浩司・真期俊行・志方建仁(2009)：高波による浸水の想定手法，土木学会論文集中集 B2(海岸工学)，Vol. B2-65，No. 1，pp. 1306-1310

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有効な手法であるが、実現象とは一定の乖離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、実現象との一定の乖離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稀である。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、立ち退き避難(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・改訂や高潮避難計画の策定、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等の情報を設定する。

洪水氾濫の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)³¹⁾」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メッシュ構成で計算することや、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)³²⁾」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極力整合を図る。

特に、立ち退き避難(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、浸水深の色の統一方法等については、今後、有識者会議で意見を聴いた上で、平成27年度中にハザードマップ作成の手引きをとりまとめる予定である。

³¹⁾ 国土交通省：洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)，P20-P22，2015(予定)

³²⁾ 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)，2015(予定)

1

2

表 5 浸水深の区分の例³³

浸水深区分	区分の考え方
10m 以上	3 階建ての建物（或いは 3 階部分までが）が完全に水没する
5m 以上 10m 未満	2 階建ての建物（或いは 2 階部分までが）が水没する
2m 以上 5m 未満	木造家屋のほとんどが全壊する
1m 以上 2m 未満	津波に巻き込まれた場合、ほとんどの人が亡くなる
0.3m 以上 1.0m 未満	避難行動がとれなく（動くことができなく）なる

3

4

³³ 国土交通省：津波浸水想定の設定の手引き（Ver. 2.00），P. 45，平成 24 年 10 月

1 8. その他の外力等による想定

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も、高潮浸水想定区域図の設定条件とする。

2 (1) 想定最大規模より小さい規模の高潮浸水の想定

3 危機管理に活用し、市町村が避難勧告等の対象範囲を判断することができる³⁴情報として
4 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
5 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
6 想定を行う。

7 (2) 不測の事態が発生した場合の高潮浸水の想定

8 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
9 場合、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。

³⁴ 内閣府(防災担当)：避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン，P. 39，平成 26 年 3 月

9. 参考資料

9.1. 地形データ（海域）に関する情報

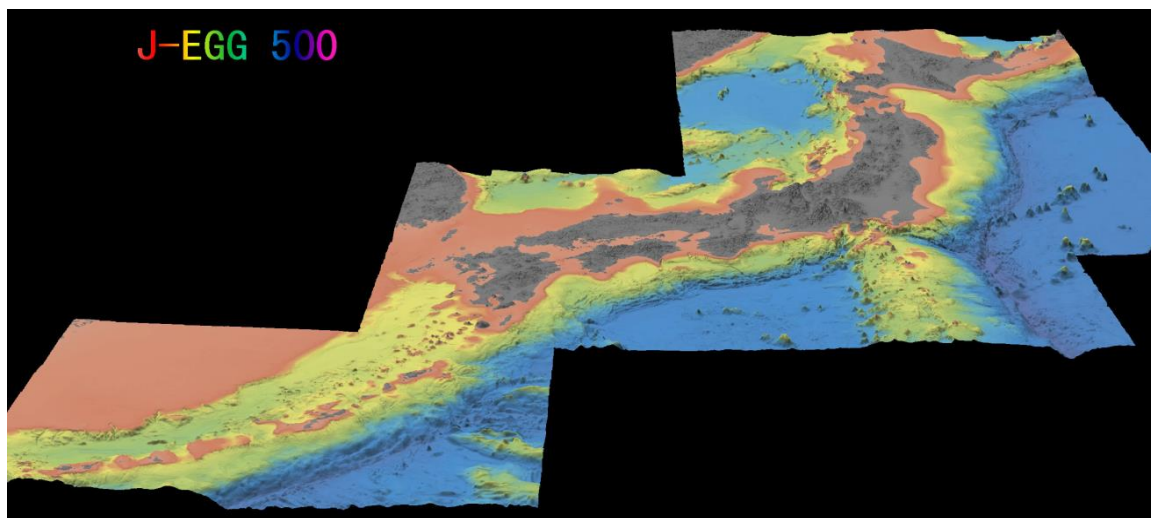
①海上保安庁海洋情報部

○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海洋情報課／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 WEB サイトからダウンロード可能)

○問合せ先

機 関	住 所	WEB サイト
海上保安庁海洋情報部海洋情報課/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	http://www.jodc.go.jp/index_j.html



J-EGG500 のデータ範囲

1

○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 Web サイトの E 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)		

2

3

○問合せ先

機関	住所	WEB 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	http://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/SODAN/annai.html

4

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。

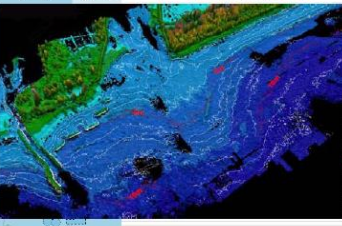
①東北沖海底地形データセット(震災以前の海底地形測量成果)

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)

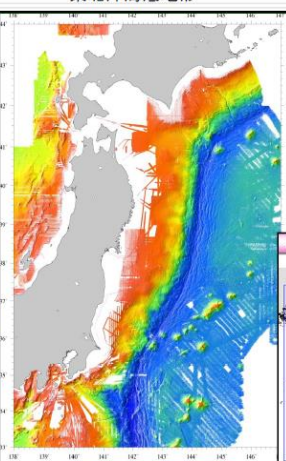
③津波シミュレーション用メッシュデータセット(既存の津波防災情報図作成に使用した成果)



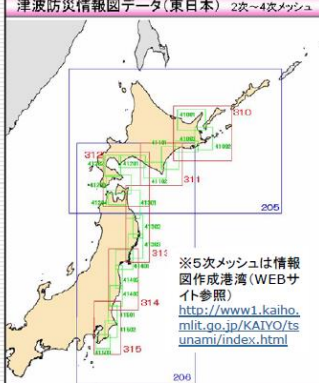
航空レーザー測量区域



航空レーザー測量成果(仙台)

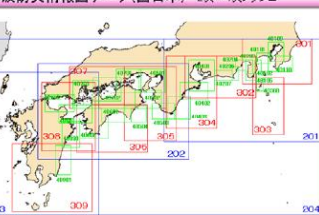


東北沖海底地形



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

5

1 ②一般社団法人 日本水路協会

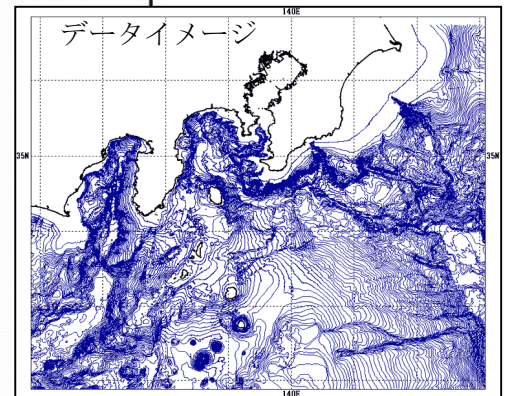
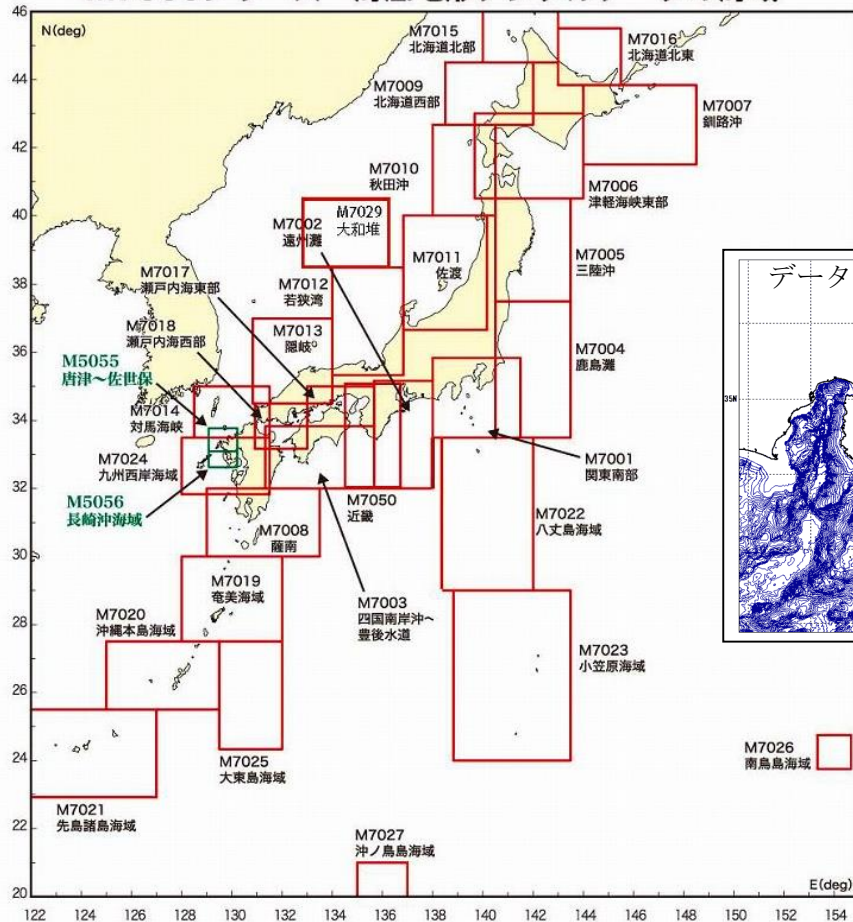
2 ○データ一覧

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・沿岸域から沖合い 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。

3 ○問合せ先

機関	住所	WEB 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	http://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）
- ・ 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

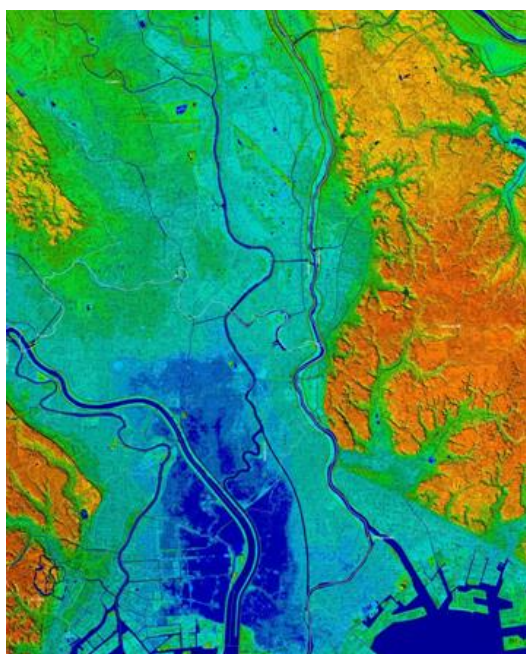
○データ一覧

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 WEB サイトからダウンロード可能）
上記以外の航空レーザ測量による標高データ	国土地理院 応用地 理部応用地図課	上記以外の整備中又は整備予定の航空レーザ測量による 5mメッシュ及び 2mメッシュデータ等のより高精度な標高データ

※陸域の地形データの整備範囲については、次頁以降を参照の上、問い合わせすること。

○問合せ先

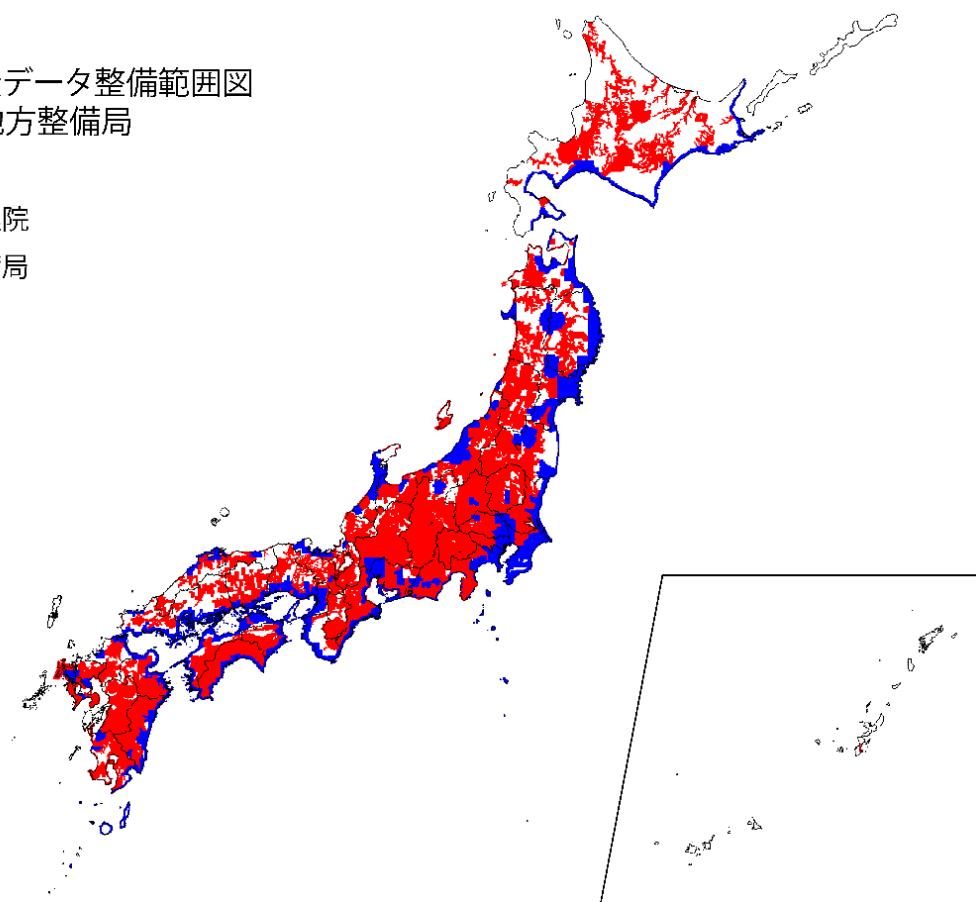
機 関	住 所	WEB サイト
国土地理院	〒305-0811 茨城県つくば市北郷 1 番 TEL. 029-864-1111（代表）	http://fgd.gsi.go.jp/download/



航空レーザ測量による標高データ イメージ

航空レーザ測量データ整備範囲図
国土地理院&地方整備局
2015/5/11

■ 国土地理院
■ 地方整備局



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) http://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 http://www.cgiar-csi.org/	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/SELECTION/inputinput.asp
SRTM-30 (Shuttle Radar Topography Mission Data at 30 Arc-Seconds) 30 秒(900m)メッシュデータ	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) http://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言う。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、立ち退き避難（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。

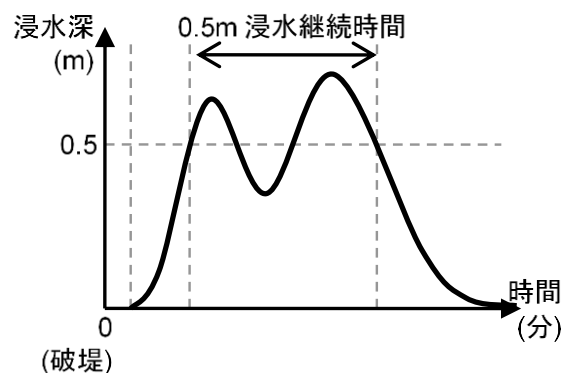
算定にあたっては、潮位や河川水位の時間変化の他、浸水域内の排水条件を適切に設定する必要がある。

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。



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等、計算にあ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

1 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。

2

3 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

4 本とする。

5 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

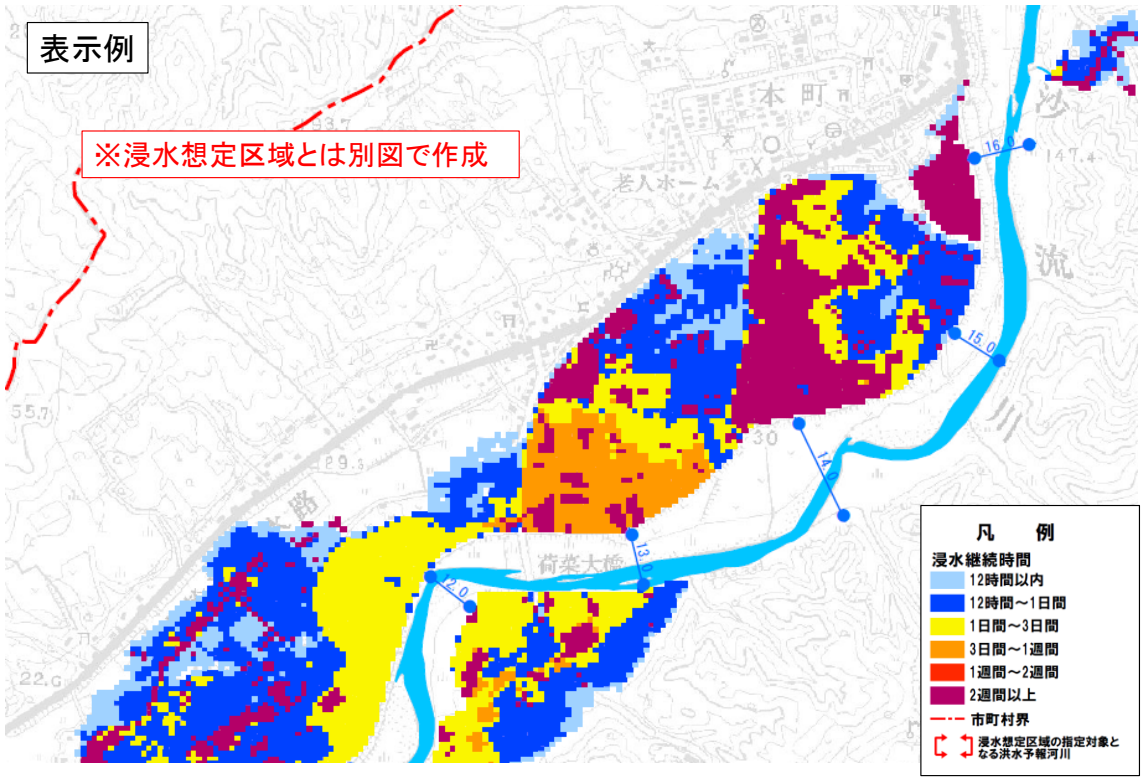
6 数個選択するものとする。

7

8

浸水継続時間の表示階級区分例

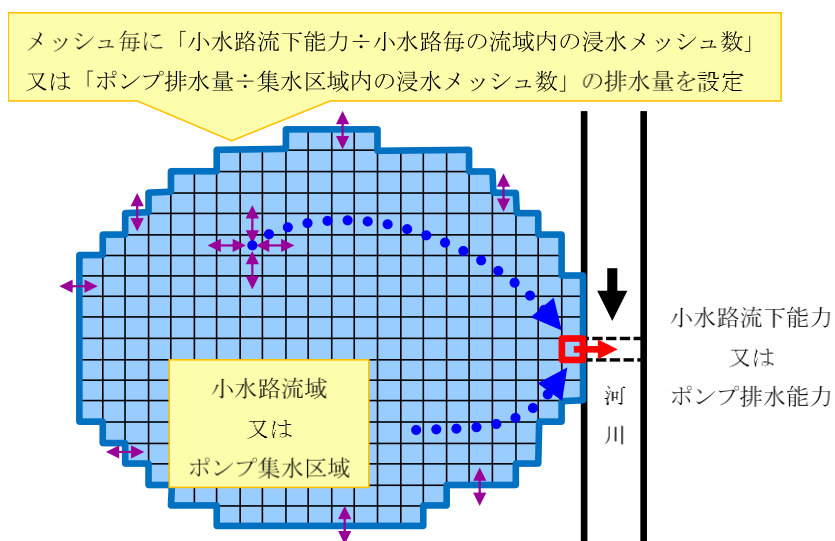
階級	(参考) 配色 (RGB 値)
672 時間 (4 週間) 以上	 180, 0, 104
336 時間 (2 週間) 以上 672 時間 (4 週間) 未満	 255, 40, 0
168 時間 (1 週間) 以上 336 時間 (2 週間) 未満	 255, 153, 0
72 時間 (3 日間) 以上 168 時間 (1 週間) 未満	 250, 245, 0
24 時間 (1 日間) 以上 72 時間 (3 日間) 未満	 0, 65, 255
12 時間以上 24 時間 (1 日間) 未満	 33, 140, 255
12 時間未満または浸水深 0.5m 未満	 160, 210, 255



浸水継続時間の設定イメージ

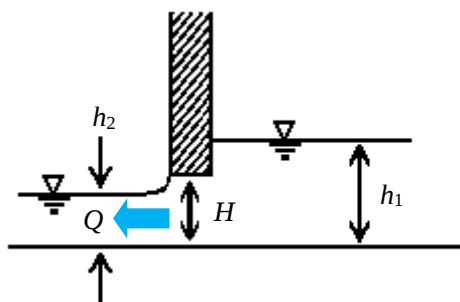
②浸水域内の排水条件の設定

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。



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。



$$\begin{aligned}
 h_2 &\geq H & Q &= 0.75BH \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \\
 h_2 < H, \quad h_1 &\geq \frac{3}{2}H & Q &= 0.51BH \sqrt{2gh_1} \\
 h_2 < H, \quad h_1 &< \frac{3}{2}H & Q &= 0.79Bh_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}
 \end{aligned}$$

ただし、 $\frac{h_1}{h_2} \geq \frac{3}{2}$ の場合は、 $h_2 = \frac{2}{3}h_1$ と置き換える。

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うえ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. 関係法令（抜粋）

<水防法>

（目的）

第1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）

法第15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）

9.5. 参考文献

(1) 書籍・ウェブサイト等

- ①NHK 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）
(<http://www.nhk.or.jp/sonae/column/20120912.html>)
- ②気象庁ウェブサイト
(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)
- ③九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門 気象学・気候力学分野
(川村隆一 研究室)：爆弾低気圧データベース
(http://fujiin.geo.kyushu-u.ac.jp/meteorol_bomb/)
- ④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>)
- ⑤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)
- ⑥宮崎海上保安部：転覆のメカニズムと対策について ウェブサイト
(<http://www.kaiho.mlit.go.jp/10kanku/miyazaki/uminoanzen/kogatasen-point/date/tenpukuziko/kogatasen-point.htm>)
- ⑦磯崎一郎：波浪学入門
- ⑧気象庁：異常気象レポート 2005
(<http://www.jma.go.jp/jma/press/0510/28a/report2005.html>)
- ⑨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/>)

(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）， 2015.（予定）
- 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）， 2015（予定）
- ③国土交通省：津波浸水想定の設定の手引き（Ver. 2.00）， 2012.
(http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/saigai/tsunami/shinsui_settei.pdf)
- ④内閣府(防災担当)：避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン， 2014.
(http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/guideline/guideline_2014.html)
- ⑤海岸保全施設技術研究会編：海岸保全施設の技術上の基準・同解説， 2004.

(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
(http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/saidai_takashio/index.html)
- ②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.
(<http://www.mlit.go.jp/saigai/newstage.html>)
- ③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.
(http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000870.html)
- ④国土交通省：ゼロメートル地帯の高潮対策検討会 提言，2006.
(http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/past_shinngikai/shinngikai/takashio/)
- ⑤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.
(http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/takanami/)
- ⑥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.
(<http://committees.jsce.or.jp/ceofnp/node/5>)
- ⑦ナショナル・レジリエンス（防災・減災）懇談会（第 17 回）資料：「高潮災害の特徴と将来」（磯部雅彦）
(<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/resilience/dai17/Siryo2-2.pdf>)

(4) 各種論文等

- ①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.
- ②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.
- ③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, I_286-I_290，2014.
- ④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，pp356-360，1998.
- ⑤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.
- ⑥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.
- ⑦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.
- ⑧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

- 1 海岸工学講演会論文集, 土木学会, pp. 309-312, 1972.
- 2 ⑨本多忠夫・光易 恒: 水面に及ぼす風的作用に関する実験的研究, 第 27 回海岸工学講演
3 会論文集, pp. 90-93, 1980.
- 4 ⑩林祐太・安田誠宏・森信人・中條壮大・間瀬肇 (2012): 気候変動に伴う可能最大高潮
5 の不確実性の評価に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 68, No. 2,
6 pp. I_1231-I_1235.
- 7 ⑪横田雅紀・橋本典明・網屋凌太・児玉充由 (2013): 波浪データに基づく海面抵抗係数
8 の風速依存性に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 69, No. 2, I_136-I_141.
- 9 ⑫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
10 講演会講演集, pp. 70-74, 1979.
- 11 ⑬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
12 北地域災害科学研究, 第 26 巻, pp. 63-65, 1990.
- 13 ⑭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
14 会第 51 回年次学術講演会講演概要集 第 2 部, pp. 242-243, 1996.
- 15 ⑮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
16 推算, 海岸工学論文集 第 48 巻, pp. 286-290, 2001.
- 17 ⑯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.
- 18 ⑰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 -
19 京都大学防災研究所年報 第 26 号, B-2, pp. 587-598, 1983.
- 20 ⑱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
21 工学論文集, No. 36, pp. 153-157, 1989.
- 22 ⑲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
23 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 ⑳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
25 木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. B2-65, No. 1, pp. 1306-1310, 2009.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28

<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

29