

熊本県における想定最大高潮に基づく高潮減災対策の策定

滝川 清* ・有働 人志**・後藤 雅之***
倉吉 一盛****・田渕 幹修*****

“防災施設”に頼る従来型の高潮対策の在り方を再認識させられた台風 9918 号による高潮・高波被害の教訓を生かすためには、“ハード”と“ソフト”の両面からの総合的な“高潮減災対策”を具体的に考える必要がある。その際、どの程度の高潮を対象に考えていくかが重要であり、そのために“想定最大高潮”という概念を導入し、その規模を具体的に示すことによって、高潮減災に取り組む“総合的かつ具体的な施策”とその実施計画を提示した。特に、従来型の防災施設整備は、それら施策の中の一施策として位置付け、他の施策と合わせて総合的に高潮減災に取り組むという考え方を示したところに大きな意義がある。

1. はじめに

平成 11 年 9 月の台風 9918 号による高潮・高波によって、熊本県下では八代海沿岸域を中心に死者 16 名を含む過去最大級の甚大な被害を受けた。このときに発生した高潮による潮位は、松合地区で既往最大の潮位を 2.2 m も超えるものであり、もし伊勢湾台風クラスの規模であれば今回を更に約 3 m 近く超える事が報告（滝川ら、2001）されており、これらの教訓から従来型の防災施設のみによる“防災対策”では不十分であって、避難・情報対策と地域住民を含めた“減災対策”への変革が必要であることを再認識させられるものであった。

一方、平成 11 年の海岸法の改正に伴い、海岸保全にあたっては、従来からの海岸の防護に加え、環境、利用という概念が新しく盛り込まれるとともに、社会的ニーズの多様化及び複雑化に伴い、これまで主流であった防護機能確保に重点をおいた考え方が変わりつつある。このような中、熊本県では海岸環境への配慮とともに高潮災害にも強い沿岸地域づくりの早急な実現が望まれており、海岸法を踏まえながら台風 9918 号の教訓を生かした新たな防災対策への取り組みを開始した。

ここに、本研究の目的は、従来の防災施設の整備を中心とした高潮対策の在り方に加えて、ソフト対策の位置付けを“想定最大高潮”という概念を導入することによって明確にし、防護・環境・利用のバランスがとれた防災施設の整備という多様な社会的ニーズを満たしつつ、高潮災害に対する減災に必要な具体的な施策とその基本方針を提示することである。

本研究は、熊本県を対象とした、我が国初めての想定最大高潮に基づく高潮減災方策の策定に結びつくものである。

2. 高潮減災対策策定の概要

熊本県では、台風 9918 号の高潮による悲劇を二度と繰り返さないために、熊本県の自然・社会特性を踏まえながら、高潮災害から沿岸地域を守るための方策を検討し、防災や減災に役立てるために、学識経験者、関係省庁機関代表、マスコミ、病院、消防を含む防災関係機関からなる「熊本県高潮対策検討会」（座長：熊本大学、滝川教授）を設置し、平成 14 年 1 月から平成 15 年 10 月まで 4 回開催するとともに、技術的検討を行うワーキングを 14 回実施してきた。

これを通して、自然災害の恐ろしさ（台風の規模やコース、地形条件等により予測を越える高潮が生じ得ること）、防災施設のみでの対策には限界があること（ハード対策の限界）、適切な情報伝達や避難が被害を最小限に抑えるために有効であること（ソフト対策の有効性）等の重要性を再確認し、高潮対策は「防災」から「減災」への変革が必要であることを示した。

この考えに基づき、方法論として、既往台風などの経験知から推察しうる、想定可能な最大の高潮（想定最大高潮）を対象にし、その具体的にイメージされた高潮に対して、防災施設整備のみに頼らない総合的な高潮減災を考えるというアプローチをとった。

実際の検討は、①高潮災害に対する問題点と課題の整理、②台風 9918 号等を対象に広域において再現性が高い高潮計算モデル構築、③高潮計算モデルによる想定最大高潮の推定と評価、④高潮・高波に対する危険性把握、⑤高潮減災対策に対する行政と住民サイドからの総合的な取り組み方策の検討、⑥高潮減災対策の重点統合施策の策定、⑦実施と実施評価および改善を含めた具体的な実施方策の策定、等を行った。

3. 想定最大高潮の算定

「想定最大高潮」の定義は、県下沿岸域を中心とした過去の気象観測資料に基づき、適切な数値計算モデルによって得られる熊本県沿岸域全域の「想定される最大規

* 正会員 博(工) 熊本大学教授 沿岸域環境科学教育研究センター

** 熊本県土木部河川課

*** 正会員 工 修 株式会社 建設技術研究所

**** 株式会社 建設技術研究所

***** 正会員 アジアプランニング株式会社

模の台風により起こされる高潮、高波」とした。この想定最大高潮を求めることによって、高潮の脅威を再認識するとともに、減災対策を考えるにあたっての具体的な目標設定が明確となる。なお、目標設定は、地域特性、社会情勢によっても変化しうるものであることを認識する必要がある。ここで、本概念は、想定最大高潮に対して防災施設のみで対応しようとすることを示すために導入したものではないことと、これ以上の高潮が発生する可能性もあることに留意する必要がある。

算定方法は、過去熊本県下に影響を与えた台風群から5つの主要台風を選定し、県下沿岸域にくまなく最大値が発生するように様々なコースを走らせ、最大値のみを合成することによって求めた。

(1) 高潮計算モデル

a) 高潮計算モデルの選定；高潮計算モデルは、熊本大学滝川研究室の高潮数値計算単層モデルを使用した。このモデルは潮汐、高潮、波浪を一連で計算し、各々の相乗効果を再現することができる。このモデルを使用し、台風9918号での八代海湾奥部の高潮現象（最大潮位 T.P.+4.5 m）が再現されている（滝川ら、2000）。

b) 計算モデルの検証；熊本県の想定最大高潮を算定するにあたり、近年の代表的な台風である台風9119号と台風9918号等に対し、県下沿岸域全域に適用できるモデルであるか確認するための検証計算を行った。検証結果例として図-1(a) および (b) に八代海奥に位置する「八代港」での潮位偏差の検証結果を示す。各台風ともに精度良い結果が得られ、閉鎖性で比較的浅い海域である有明海や八代海を抱える熊本県に適したモデルであることが検証された。

(2) 台風条件の設定

高潮計算上、設定すべき台風の主な諸元は、①中心気圧、②台風半径、③進行経路、④進行速度である。

a) 中心気圧、台風半径；表-1 に示すように、台風の勢力を決める中心気圧及び台風半径は、過去熊本県内及びその周辺を通過した台風群の中で、被害が顕著なもの、または中心気圧が著しく低い5台風を選定し、それらが熊本県に接近した段階での中心気圧及び台風半径を使用

表-1 想定最大高潮を求めるために対象とした台風群

台 風	中心気圧	台風半径	備 考
1927 年 9 号 (有明海台風)	979 hPa	30 km	典型的な東進型台風
1942 年 16 号 (周防灘台風)	949 hPa	82 km	典型的な北進型台風
1945 年 16 号 (枕崎台風)	930 hPa	43 km	
1991 年 19 号 (リンゴ台風)	935 hPa	70 km	
1999 年 18 号 (パート台風)	940 hPa	40 km	典型的な北東進型台風
1959 年 15 号 (伊勢湾台風)	930 hPa	62 km	

した。なお、時間的な変化は考えず定常状態として使用している。また、我が国の高潮計画の基本となっている伊勢湾台風も加えた。

b) 進行経路及び進行速度；戦後九州に上陸した台風の経路を分類すると、北進型、北東進型、東進型の3つに分類される。図-2 に示すように、各経路において代表的な台風を北進型として台風4216号(周防灘台風)、北東進型として台風9918号(パート台風)、東進型として台風2709号(有明海台風)を採用し、その経路及び進行速度を、今回の高潮計算の台風諸元として採用した。この3経路を東西に0.5°単位で平行移動し（東進型は南北に平行移動）、県下沿岸で危険側になるよう台風経路を網羅した。

(3) 算定結果

図-3 に全ケース計算した結果得られた想定最大高潮の潮位の平面分布を示す。最大で T.P.+5.5 m (県北、八代海湾奥部) の潮位が得られた。この潮位の高さは台風9918号の最高潮位を約1 m 上回るものであるが、条件さえ揃えば、現実となりうる規模である。

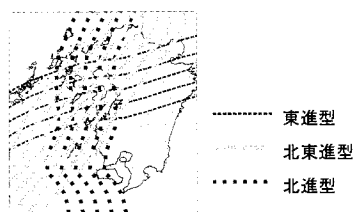
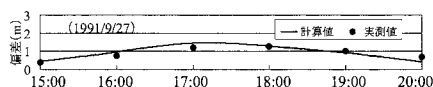
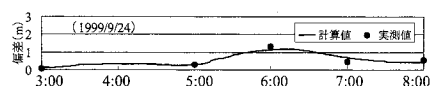


図-2 想定最大高潮を求めるための台風経路図



(a) 八代港、台風9119号



(b) 八代港、台風9918号

図-1 潮位偏差検証結果

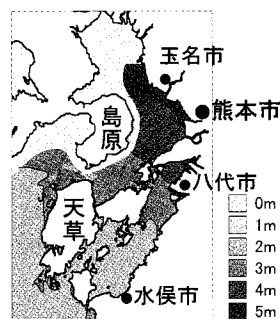


図-3 想定最大高潮の平面潮位分布

ここで、想定最大高潮のほとんどは、台風9119号(リンゴ台風)型と台風4516号(枕崎台風)型の計算によって求めた最大値による。また、想定最大高潮の規模を位置付けるために生起確率高潮として、風速と潮位偏差の値を用いて評価した結果、計算風速(近辺海上風計算最大風速44.4m/s)と計算潮位偏差(1.96m)から、熊本地方気象台で観測された風速による確率評価で1/100超、三角観測所の観測記録からなる潮位偏差による確率評価で1/100超が得られた。ここで、「超」という表現は、風速や潮位偏差などの気象資料が戦後の50年程度以下の資料に基づいている関係から、50年を大きく越える評価は信頼性が劣るため、便宜上1/100を超える確率の評価を「1/100超」と表現した。

なお、熊本県に襲来していないが、現計画の対象となっている伊勢湾台風型に対しても同様の検討を行った結果、伊勢湾台風型は、先に示した想定最大高潮の潮位偏差分布と同程度という結果になった。

このように、熊本県については、想定最大高潮と伊勢湾台風型高潮の潮位偏差の値が著しく乖離していないことに鑑み、熊本県に關係した台風(現実味があり、受け入れやすい)から求めた計算結果を最終的な想定最大高潮として採用することにした。

4. 熊本県の高潮減災対策について

(1) 高潮に対する現状と課題の認識

熊本県は、台風の常襲地帯であるとともに、沿岸域は、高潮災害を受けやすい地形特性を持っている。特に、人口、資産が集積する玉名、熊本、八代の各沿岸域は低平地にあるため、高潮災害を受けた場合の影響は大きいことが想定され、「想定最大高潮」を明らかにすることによってその危険性をより明確に確認することができる。

a) 想定最大高潮潮位と現計画潮位の違い

図-4にこれまでに求めた想定最大高潮の潮位と現計画で設定されている計画潮位の各分布を示す。場所によって異なるが、平均して1m、高いところで2m程度の

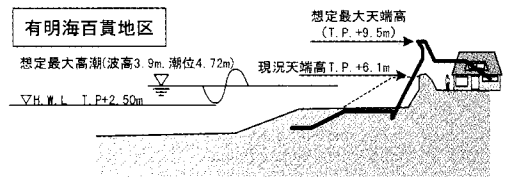


図-5 想定最大高潮で必要とする堤防高の試算例

乖離があり、玉名、熊本、八代各沿岸域の潮位が相対的に高いことがわかる。

b) 想定最大高潮による危険度評価イメージ

想定最大高潮による危険度を具体的に認識するために、防災施設の天端高を試算した。選定地区は、有明海沿岸、天草西沿岸、八代海沿岸の3地区とした。

図-5に有明海沿岸の百貫地区における試算結果の一例を示すが、「想定最大高潮」に対して例えば直立堤防で対応しようとした場合、最大で3.4mの堤防高上げが必要になるなどの結果が得られた。

c) 防災施設対応の限界とソフト対応の重要性

これまでに示してきたように、想定最大高潮に対して防災施設のみで対応するには、これまで以上のより多くの費用を要するなどの経済的な面、防災施設の巨大化や用地増などにより各種の利用制限や環境面への影響、さらには、防災施設の天端高が高くなることにより景観面への影響等が生じ、事業実施の段階で数々の問題が発生することとなる。

このようなことから、まず、防災施設の計画を膨大な時間と費用を要する想定最大高潮を対象に行うのではなく、適切な整備の水準に基づき防災施設整備(ハード対策)を行うことにより、ある一定の安全度を“地域の実情に合わせて”早期に確実に確保することが重要である。これに加えて、住民参加・協力が不可欠なソフト対策を充実させ、防災施設の防護機能を超える高潮が発生してもソフト対策が十分に機能することによって被害を最小限に抑えるような仕組みづくりが必要である。さらに、

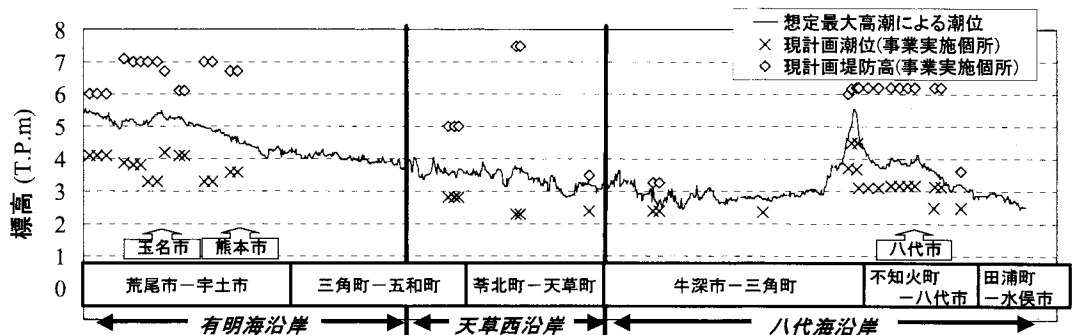


図-4 想定最大高潮の潮位沿岸域分布

ソフト対策とハード対策が別々ではなく一体と認識し対処することが重要である。

(2) 高潮対策基本方針の提示

以上のことから、熊本県の高潮対策は、これまでの高潮対策に関する現状と課題、並びに現状で想定される最大規模の高潮とその影響の程度を踏まえた上で、適切な整備の水準によって防災施設の整備を行うとともに、その水準を上回る高潮に対する備えをあらかじめ行うことによって、総合的に高潮に対する防災・減災に資することを基本とした。すなわち、図-6に示す概念のように、沿岸域の特性に応じて適切な整備水準に基づく高潮防災施設の整備を環境面や利用面に配慮しながら引き続き行うことに加えて、防災施設整備のみに頼らない、行政と住民が一体となった防災・減災のための仕組みづくりを強化することとした。

(3) 総合的な高潮対策の施策の提示

高潮対策の基本方針に基づき、防災関係機関と地域住民を対象とした情報の共有、情報の確実な伝達等が重要であること、その情報を受けた防災関係機関並びに住民が、その情報の意味を理解し、適切な行動、判断に結びつけるために必要な情報の蓄積と意識改革が重要である

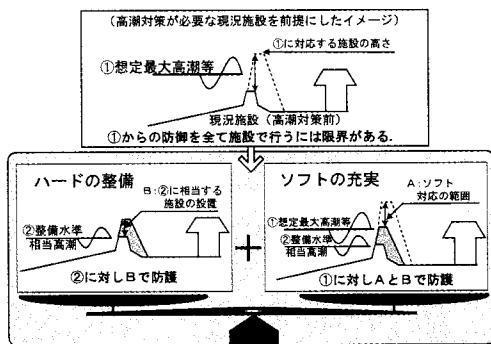


図-6 高潮対策基本方針の概念

ことを踏まえ、図-7に示す早期に着手すべき要素を重点9要素として厳選し、総合的な高潮対策に必要な熊本県の施策として位置付けた。

さらに、計画的に施策を展開し、効果をできるだけ早く発現させるために、早期着手が望まれる施策として9つの施策の中から以下の4つの施策を提示した。

a) 高潮対策ホームページの開設

高潮に関する日常的な啓発・広報、災害・防災情報等の情報拠点とするために「熊本県高潮対策ホームページ」(<http://www.pref.kumamoto.jp/existence/takashio/top.htm>)の開設を提案(図-8)。特に、日常的に閲覧が促進されるように工夫するとともに、小中学校の継続的な防災教育に資する学校教材や、行政、一般住民に対して防災・減災の方法を予備知識として提供することを目的とした。なお、想定最大高潮の推算結果を提示する事で一般住民に対しても具体的な高潮の危険性が認識できるように配慮した。

b) 防災情報提供システムの構築

各種の防災活動に役立てるために、河川や海岸におけ

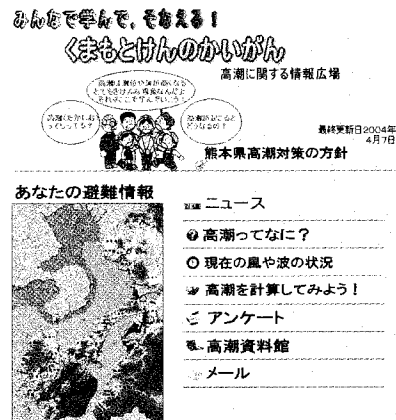


図-8 熊本県高潮対策ホームページの例

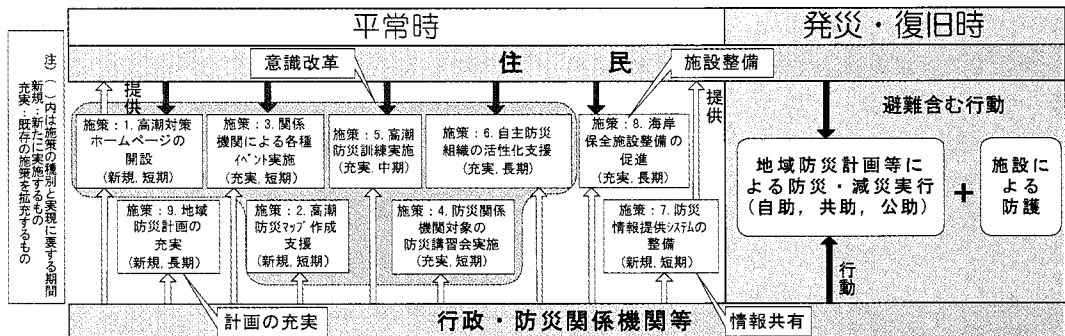


図-7 総合的な高潮対策の施策

る雨量、河川水位、潮位、風向・風速等の情報を、防災関係機関、ライフライン関係機関、住民等と共有し活用するための防災情報提供システムの構築を提案。

c) 熊本県地域防災計画充実マニュアルの策定

沿岸市町の防災活動の指針である地域防災計画に、検討会の知見、主旨を反映させるための情報提供を行うことを提案。

d) 防災施設整備の推進

沿岸全市町における確実な防護機能を確保するために、新たな高潮対策の在り方に基づき、関係機関との連携をはかりながら、引き続き海岸保全施設等の防災施設整備を行うことを提案。整備にあたっては、当面、台風9918号によって発生した甚大な高潮災害を防ぐために必要とした八代湾湾奥部での目標としている安全度と同程度を有する施設を背後地の重要性、緊急性等を勘案し実施するものとして、その設計外力を「整備水準相当高潮」として位置付けることを提案。

(4) 施策の実施にあたっての提言

また、施策が確実に実施され、効果が早期に発現されるために配慮すべき必要な事項を以下に示した。

a) 意識改革：ソフト対策とハード対策は、常に一体として実施（事業実施者は、ハード対策とソフト対策は補完関係にあるのではなく、それぞれが防護機能を発揮し、一体となって一層防災・減災に寄与するものであることを再確認することが必要）

b) 整備促進：ハード対策と並行してソフト対策をできるところから早期に実施（事業実施者は、実現までに長期間を必要とするが確実に防護機能を発揮する防災施設整備をこれまでと同様着実に実施していくとともに、併せて導入効果が早期に発現し、防災施設整備のみに頼らないで機能できるソフト対策を強力に推進することが必要）

c) 連携強化：関係機関が連携し、総合的な高潮対策の視点から計画を策定（事業実施者は、河川、道路、港湾、海岸、漁港等の防災施設整備を中心とした各種事業実施に際し、関係機関との連携を密にし、その防災施設の本来の機能に、総合的な高潮対策の視点を加味した機能を付加させることが必要）

d) 住民とのパートナーシップ：実効ある高潮対策とするためには地域住民との協働が鍵（事業実施者は、地域住民とのパートナーシップを高めるために、地域住民のニーズを十分に事業内容に反映することが必要。）

e) 自主防災強化：地域の安全は自ら守るという意識形成と災害弱者への配慮が重要（事業実施者は、地域住民が、自らの安全を守ることの重要性を認識してもらうように努力するとともに、そのために必要な情報を積極

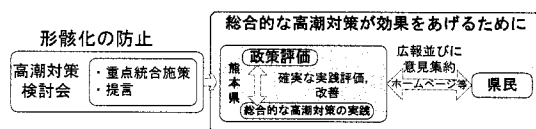


図-9 形骸化防止の為に政策評価システムの活用

的に提供することが必要。また、全ての人が、自助、公助、共助の視点に立ち、常日頃から地域づくりの中で災害弱者の存在を認識し、その中でお互いに助け合うという意識の萌芽を期待）

f) 形骸化阻止：施策の確実な実施と効果の確認、改善を常に実施（図-9に示すように、重点統合施策が確実に実施され効果ができるように、さらに問題があれば改善がはかれるように政策評価システムを活用）

5. おわりに

本研究を通じ実施した、総合的な高潮減災対策の一連の成果は、今後とも、我が国における自然災害に対する「安全・安心の確保」と「災害の減災方策」の「範」として大いに役立つものである。また、想定最大高潮は高潮ハザードマップ作成にあたっての基礎資料として活用が可能で、沿岸市町住民の啓発広報資料として積極的に活用されることが大いに期待される。

本研究で得られた成果を以下に要約する。

①高潮・高波の連成した高潮計算モデルを開発し再現性の高い結果を得た。②開発した高潮計算モデルを用いて、北進、北東進、東進型（各進路それぞれに5, 7, 5の全17コース）の各々に台風規模（5つの気圧深度と半径）の合計85ケースの高潮・高波を計算し、想定最大高潮による潮位と波高の各分布を求めた。③想定最大高潮と生起確率高潮との関連及びその危険度評価としての既設堤防高さ等との関係を明示した。これらを基に、④地域の実情に応じた、防護・環境・利用および情報・伝達等に配慮した高潮減災対策の基本指針を策定し、それに基づき具体的な重点統合9施策並びにその中から早期着手が必要と考えられる4施策を提示した。⑤各施策の行動指針とソフト対策とハード対策が確実に実施されるようにフォローアップの仕組みを提案した。

参考文献

- 熊本県土木部 (2003): 第4回熊本県高潮対策検討会資料。
- 滝川 清・田淵幹修 (2000): 台風9918号による不知火海の高潮と波浪特性, 海岸工学論文集, 第47(1)巻, pp. 291-295.
- 滝川 清・田淵幹修 (2001): 高潮・潮汐・波浪の相互作用解析に基づく出現最大を想定した高潮・高波のハザードマップの作成, 海岸工学論文集, 第48(2)巻, pp. 1366-1370.