

清水港の防災・減災力強化に向けた検討 ～高潮・高波に負けない港を目指して～

板倉颯¹

¹清水港湾事務所 企画調整課（〒424-0922 静岡県静岡市清水区日の出町7番2号）

2019年10月に発生した「台風第19号」は、東京湾に大きな被害を与え、東京湾の高潮・高波対策を再構築する契機となった。駿河湾においても多くの被害が確認され、清水港でも同様に、港湾物流機能の低下を引き起こした。今後は、従前の対策以上に気象海象の激甚化や港の変化を考慮した防災・減災の検討が必要となる段階に突入したと考えられる。これらを踏まえ、清水港湾事務所では、行政機関・港湾物流企業関係者らと共に地域検討会を創設し、清水港の防災・減災力強化に資する議論を開始した。本論文は、当該検討会の初動過程を報告する第1次報である。

キーワード：高潮・高波，台風第19号，港湾，駿河湾

1. はじめに

清水港では過去大型台風に見舞われた際、浸水等港湾施設の被害が度々生じており、台風の大型化等により、近年は被害が大きくなる傾向にある。特に、令和元(2019)年に日本各地で猛威をふるった台風第19号襲来時において、港内の各地区において多大な被害が生じ、一部の施設においては物流機能が一時的に停止する等の事態が発生した。

清水港の港湾物流機能低下は、静岡県やその近隣背後圏の地域経済に重大な影響を及ぼすこととなる上、その期間が長期化することで中部全体や国内の経済活動の停滞を招く深刻な事態となることも想定される。近年は、超大型台風襲来をはじめとする異常な気象・海象が全国各地で発生し、港湾をはじめ重要インフラにおいて甚大な被害が発生している。

この現状から、著者らは、従前の対策だけではなく、異常な気象・海象と港の地形や主要施設等の特性を考慮した効果的な短期、中長期の対策を検討し、早期に具現化することが求められると考える。

本稿では、第2章で2019年台風19号による清水港の被災状況を分析する。第3章では、異常な気象・海象を前提として関係機関や港湾企業等を含めて検討していくべき事柄を整理する。第4章では、清水港湾事務所として

取り組むべき事柄を報告する。

2. 2019年台風第19号による被害分析

(1) 清水港の機能配置からみた高潮被害への脆弱性

明治32(1899)年、開港当時の清水港は、天然の防波堤の役割を持つ三保半島に囲まれた折戸湾奥部（江尻，日の出，富士見）に港湾機能が集約・限定されていた（図-1）。

その後、地域の発展と共に港勢拡大が必要となったことから、昭和から平成にかけて袖師，興津，新興津地区へと順に、港外側へ用地が拡張されていった。拡張されたエリアを中心に、高潮・高波による被害がこの数年間で相次いでいる。用地拡張に併せてこれを防護する防波堤も新たに整備・延伸された（図-2）。今日では、港全域にわたりチップやセメントのバルク貨物，LNG等のエネルギー資源，コンテナやRORO貨物等取扱貨物も多岐にわたり、種々の港湾物流機能が稠密に配置された物流拠点が形成された。しかし、三保半島の外側に用地を拡張したために、高潮・高波の影響も受けやすくなったとも考えられる。

また、この物流拠点機能を支える主要な港湾の施設は、基本的に図-3のように堤外地に配置されており、コンテナターミナルやその他岸壁等の港湾施設は、前面に高潮対策の防潮堤が整備された堤内地に比べその被害を受け



図-1 昭和45年の清水港

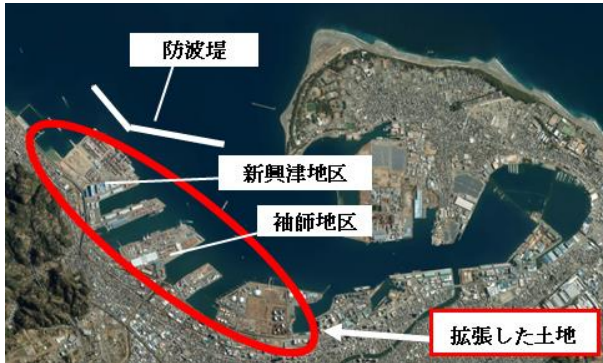


図-2 平成30年の清水港

やすく、被害が生じやすい傾向にある。

(2)2019年台風第19号の特徴

近年、我が国では観測史上最大級とされる超大型台風の来襲による大規模災害が頻発・深刻化している。港湾における被害も例外ではなく、記憶に新しいところでは平成30(2018)年の台風第21号による神戸港の被害や、令和元(2019)年台風第15号による横浜港の被害等が挙げられる。

令和元(2019)年10月に発生した2019年台風第19号もまた、東日本通過(図-4)時に関東・甲信・東北等で甚大な被害を及ぼした最大級の台風であった。最大降雨量は東日本の17地点で500ミリ超、風速は関東地方を中心に7箇所で最大瞬間風速40m超、また高潮については東京都三宅島で潮位230cmと、従来の記録を37cm上回る高潮位を記録した。静岡県でも3・6・12・24時間降水量で観測史上1位を記録したほか、県内各地の港湾においても過去最高潮位を10cm～30cm超える値を観測した。

このように各地で大雨・強風・高潮の歴代観測記録を更新し甚大な被害を及ぼした台風第19号により、駿河湾沖を通過する際に清水港においても記録的な高潮位・高波浪が確認され、これに伴う顕著な高潮・高波が港に来襲し、大きな被害を及ぼす結果となった。

(3)台風第19号による清水港の被害の特徴

a) 清水港の災害対策

清水港では、官民が連携した港湾整備とともに、地震津波や気象・海象対応に関する以下のような様々な

取組を推進してきた。その結果、清水港の防災力は着実に向上し、港湾物流拠点としての競争力の向上にも貢献してきた。

① ハード対策

- ・防波堤の整備(粘り強い化含む)
- ・防潮堤の整備
- ・液状化対策
- ・防護柵などによる物資流出対策
- ・その他

② ソフト対策

- ・広域的な連携体制の整備
- ・物資流出防止の為、ロープ・網・重しでの固定
- ・可動式荷役機械の固定
- ・防潮堤の適正な開閉
- ・その他

b) 清水港の被害分析

台風第19号の襲来に備え、清水港では過去の台風と同様に前記のようなソフト対策を主に講じていたにも関わらず、その被害は港内奥の一部防波堤の倒壊や岸壁・物揚場の関係施設の一部破損、防護フェンス等の破損や、空コンテナの倒壊等が発生し、新興津地区から日の出地区の臨港地区が広範囲にわたり浸水するなど高潮・高波に起因する被害が多数発生した。また、それらの被災した施設は、その復旧作業に多くの時間や労力を費やすことが必要となった。

特に、港湾物流に影響を及ぼす被害の発生状況を見ると、江尻・日の出～興津・新興津地区に集中しているこ

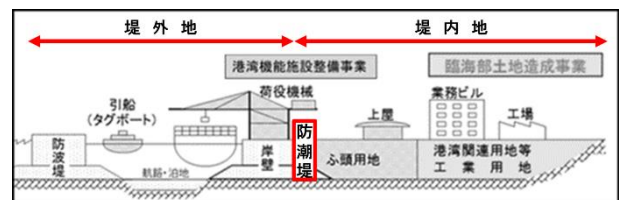


図-3 港湾施設の一般的な機能配置図



図-4 台風第19号進路図



図-5 清水港の被害発生状況

とがわかる（図-5）。

当時、観測された波高データを元に当局の概略の解析では、被害の集中した地区の当時の海象状況を推定したところ、潮位に関しては、清水港の既往最高潮位（141cm）を超える過去最高の170cmを記録したものの、各地区の岸壁天端高（220cm～260cm）を越える値ではなかった。しかし高波に関しては、高波浪かつ長周期の波が一定時間、港内に来襲したと考えられ、その影響により岸壁前面の波高は約300cm（水面からの高さは、1/2の150cm）を越えて、越波に至った可能性がある。結果的には、被害の発生した区域の岸壁では、高波により30cm～100cm程度の越流があったと想定される。（図-6）

特に、物流機能の強化のために拡充した地区のうち港内側に位置する袖師地区の波高が、他地区に比べ高い値となる結果となった。この時、風向は北北東から吹いてより、防波堤と新興津地区の間から波浪が侵入した

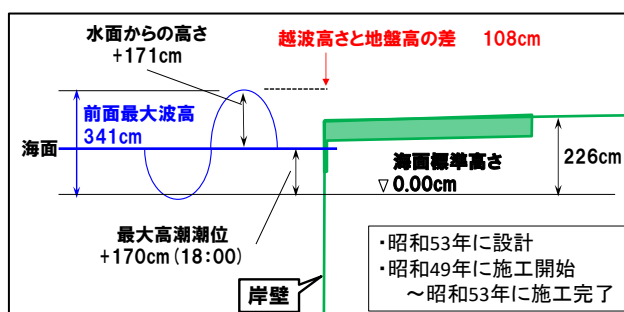


図-6 波高の推定結果概略図

ことが考えられるが、なぜ、港内側に位置する袖師地区の波高が大きくなったのかは定かでないため、被害発生のメカニズムの解析は、今後の検討会を進めるうえでの課題とし、台風のコース、港形、波高、波向、風向など各種要素の特性をとらえさらなる検討を進めて行く必要があると考えている。

また、このような高潮・高波の今後の展望を予測する1つの指標として名古屋技術調査事務所の協力を得て、清水港における波浪の長期トレンドを、過去に実施した65年分の波浪推算データを用いて単回帰分析を行い整理した。目的変数を年最大波高と年最大波高の周期、説明変数を年（西暦）として、それぞれ整理を行った。その結果を図-7に示す。整理の結果から、年最大波高の係数が0.008（波高が年毎に0.8cm上昇）と増加傾向、年最大

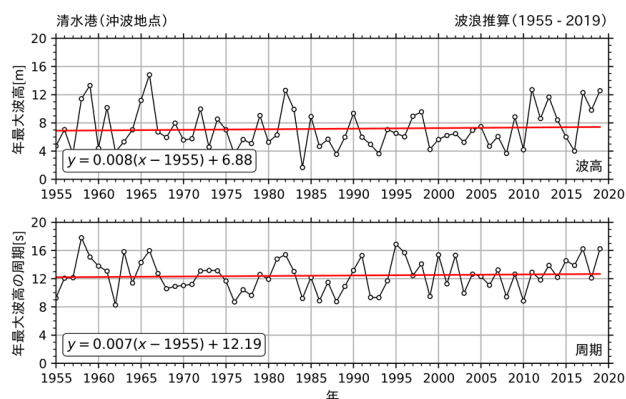


図-7 清水港における波浪の長期トレンド

波高の周期の係数は0.007（周期が年毎に0.007秒延びる）と増加傾向であることが分かった。最大波高の増加は、年々、越波の可能性が高くなっていることを示す。また最大波高の周期の増加は、1周期毎の波浪の質量が増えるため、越波時の危険性の増加を示すものと考えられるため、今後の将来的な対策の検討の要素として活用していきたい。

3. 地域が一体となった防災・減災対策の検討

(1)新たな防災・減災対応のあり方

各地区において過去整備された防波堤や防潮堤は、波向・波高・潮位等の自然現象の発現状況を基に、荷役作業時の静穏度確保や港湾施設及び背後地の防護等の目的をふまえた配置計画に基づいたものである。しかし、今回の被害状況を勘案すると「本来想定していた方向とは別の角度から波浪が発生し、防波堤・防潮堤で防げない箇所があった」等、過去のデータとは異なる現象が生じていた可能性が想定される。

このような状況を踏まえると、今後も継続的に港湾物流拠点としての機能を維持して行くためには、今までの対応に加え、①港湾の施設整備に伴う港の形状変化。②近年の台風の大型化に代表される異常な自然現象による気象・海象条件の特徴。③近年の港湾の被害を踏まえた従来対応の検証等、今までとは異なる被害を及ぼす要因や原因の調査分析・究明等を適切に行いながら、それに対する効果的な対応を効率的に図ることが求められる。

新たな防災・減災対策を効率的かつ効果的に図って行く上で、以下の留意すべき要素が考えられる。

- ・発生が危惧されるリスクの共有
- ・実際の被害や防災対応状況などの情報の共有
- ・被害発生メカニズムの解析
- ・脆弱性をもつ弱点の洗い出しとバックアップ機能の充実方法
- ・効果的な対策のイメージの共有と実現に向けた課題とプロセスの共有
- ・防災・減災を着実に進める上での短・中・長期的対応すべき事項の整理と実施
- ・それぞれの関係者の役割の明確化

(1)地域検討会の構成

このような要素を関係者間で議論または検討しながら、地域が一体となってハード・ソフトを問わず出来る対応を少しずつでも着実に進捗して行くことが重要である。

このため、清水港湾事務所は、必要な減災・防災対策の議論・検討を行う場として「清水港 防災・減災に関する地域検討会」を令和元年12月に設置した。（写真-1）

構成については、多様な要素を多角的な視野で議論するため、行政、港湾企業物流関係者らを含めた以下のものとした。

- ① 大学
 - ・名古屋大学
- ② 民間企業
 - ・鈴与（株）
 - ・清水コンテナターミナル（株）
 - ・清水埠頭（株）
 - ・清水港上屋利用組合
 - ・（株）東洋信号通信社
- ③ 行政機関
 - ・国土交通省 清水港湾事務所
 - ・静岡県
 - ・静岡市

(2) 検討内容

第1回の検討会では以下の内容について検討を行った。

a) 港湾関係者間の情報共有・連携の推進

ここでは、港湾関係者間の当時の対応や被害の情報共有や連携体制の整理等を行った。

地域の防災・減災力を効果的に向上させるためには、港湾関係者間の情報共有・連携が必要不可欠であり、具体的には以下3つの取組を推進することとした。

- ・港湾関係者相互の高潮・高波・暴風に係るリスクの共有ならびに対策の検討
- ・港湾関係者各々が必要とする事前防災行動計画「フェーズ別高潮・暴風対応計画」の作成と関係者への共有
- ・各港湾BCP協議会や既存の防災会議を活用した高潮・暴風対策等に関する連携強化

b) 被害状態の整理及び対策の検討

ここでは、関係者間との情報共有により顕在化した各地区の被害を基に対策の検討を行った。

その結果、台風第19号以外にも平成30年に発生した台風21号・令和元年の台風15号による被害も含め、被害に



写真 - 1 地域検討会の風景

については大きく2つのモードに分けられ、1つは浸水による、港湾貨物等の流出や電気設備の機能損失等によるもの、もう1つは、暴風または高潮・高波により空コンテナの倒壊や防護フェンスを含む港湾関連施設が破損等をしたものであることが分かった。また、「様々な方向からの波浪の進入」や「外洋から到達したうねり性波浪」が被災理由の一端である可能性が示唆された。

これらの対策として、「防波堤改良（延伸・上部かさ上げ・消波機能強化）」「フラップゲート・浮上式ゲート等の新技術による堤外地の浸水対策」「民間企業の持つ各種ソフト対策を活用した減災対策」等が挙げられた。

c) 対策の実施に向けた課題抽出

ここでは、挙げられた対策案の実施に伴う課題等について、議論を実施した。

議論の結果として、適切な対策を実施するためには、前述した「様々な方向からの波浪の進入」や「外洋から到達したうねり性波浪」等による被害の可能性等について詳細の究明が必要不可欠であり、そのためにはさらなる調査・解析が必要とされた。

4. 今後の整備局の取組み

(1) 地域検討会を踏まえた清水港湾事務所の取組

地域検討会における議論等を踏まえ、清水港湾事務所では、令和2年の取組として以下を実施する予定である。

- ・台風第19号発生時の現地の状況を踏まえ、港内の新規の数カ所において海象計等を用いた波浪観測の実施
- ・観測した波浪観測データ並びに既存データによる既往台風通過時の波浪現象の再現方法の確立
- ・台風第19号通過時の現象をシミュレーションにより再現

これにあわせて、台風シーズン前後の適切な時期に地域検討会を開催し、駿河湾全域に範囲を広げた波浪特性

の整理と清水港への波の伝播の関係や被害特性の把握分析など、本年の台風等に備えた緊急的な対策、中長期の恒久的な対策の検討・実施にむけて、関係者との調整を鋭意進めることとしている。

(2) 港湾施設の耐波性能照査の実施

また、名古屋技術調査事務所では、近年の大型台風の頻繁な来襲を受け、港湾施設の補強や港湾BCPへの反映を目的に、港の施設に作用する沖波設計波の見直しと各港湾の耐波性能照査を今年度の業務として実施している。検討内容の項目については以下の通りである。

- ・波浪推計
- ・沖波推算
- ・提前波の設定
- ・港湾施設の安定性照査
- ・浸水シミュレーション

この業務で行う検討内容・結果や考察等を清水港で実施している地域検討会の議論または結果と適宜タイアップを行えば、より高度な検討・対策を実施できると考えられるため、しっかりと連携して進めて行くこととする。

5. おわりに

本論文では、清水港の港湾関係者の連携の下で実施中の防災・減災力強化に向けた取組の現状を整理した。今後は、「清水港 防災・減災に関する地域検討会」定期的に開催しつつ、関係者間の共通認識のもと議論を蓄積し、清水港における短・中・長期的な防災・減災力強化に資する効率的かつ効果的な対策の検討・実施に取り組んで参りたい。

謝辞：本報告の作成に当たり、ご指導・ご協力を頂いた関係者の方々に深く感謝し、お礼申し上げます。