

津波・高潮・暴風に対する関西都市の備え ～都市を襲う巨大災害にどう備えるか?～



特集2
ハイテク推進
セミナー

大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻
教授 青木 伸一 氏

1. はじめに

1995年の阪神淡路大震災以降、2011年の東日本大震災に代表されるように、従来の想定を超える大規模な自然災害が頻発している。2018年には、西日本豪雨災害や台風21号による大阪湾の高潮・高波・暴風災害、さらに2019年には関東地方で台風15号が甚大な暴風被害をもたらし、続く台風19号では数多くの河川堤防が決壊する過去にない規模の豪雨災害となった。太平洋側では、近い将来、南海トラフ地震による地震・津波災害が危惧されている上に、地球温暖化の影響による台風の強大化も予想されており、今後は従来の防災対策では対応できない大規模な自然災害（巨大災害）の発生頻度が増大する可能性が高い。

一方で、1970年代以降、沿岸域は高度に開発され、大阪湾でも防潮ラインの外（堤外地）に港湾・空港施設や臨海工業地帯が広範囲に開発されてきた。したがって、これからの沿岸防災の課題は、これまでの想定を超える自然外力に対して、高度に利用されている都市域をいかに守ることができるか、という点に集約できよう。

2. 巨大災害に備えるとはどういうことか?

一般に防災対策は「ハード防災対策」と「ソフト防災対策」に分類される。前者は構造物を利用して災害を制御しようとするものであり、津波や高潮に対しては、海岸堤防、防潮堤、防波堤、水門などの建設・整備が該当する。一方、「ソフト防災対策」は構造物に頼らない防災対策であり、防災教育に始まり、災害の予測技術の開発、災害モニタリング技術の開発、防災情報システムの整備、ハザードマップや避難場所・避難路の整備、など多岐にわたる。

従来進められてきたハード防災対策では、構造物の設計に当たって設計外力（災害の規模）を設定することが不可欠である。自然環境下では、この設計レベルを超える外力も当然発生しうるのであるが、構造物に対する信頼感（安心感）から、逆に設計レ

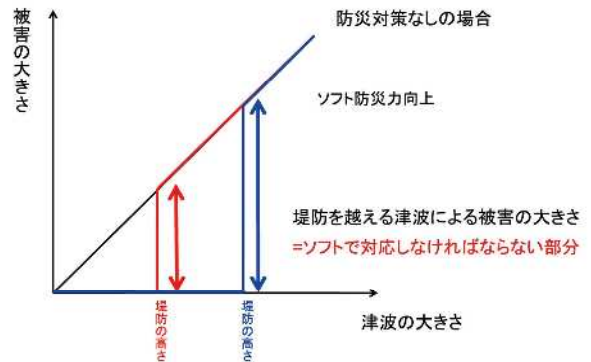


図-1 ハード防災とソフト防災の関係

ベルを超える災害に対する意識が低くなり、巨大災害に対する備えがおろそかになりがちである。一方、ソフト防災対策では、災害の特徴を知ること、災害情報の獲得、災害を避けるための手段や知恵の獲得などが必要となる。

ここで、ハード防災対策とソフト防災対策との関連について考えてみよう。図-1は、ハザード（ここでは津波）の大きさを横軸に、被害の大きさを縦軸にとって両者の関係を示したものである。ハードな防災対策が施されていない場合には、ハザードの



講師 青木 伸一 氏

大きさに比例して被害が大きくなるものとしている。図中に示す「堤防の高さ」は防災レベルに対応しており、ハード防災対策で設定する外力レベルである。この防災レベルを超えるハザードによって生じる被害については、ソフト防災で対応しなければならない部分であるが、この大きさ（図中に矢印で示している）はハード防災のレベルが高くなればなるほど大きくなっていくことがわかる。つまり、ハード防災のレベルを上げることによってソフト防災の必要度が相対的に低下するわけではなく、逆にソフト防災が対象とすべき災害の大きさが増大することに注目しなければならない。これより、防災減災技術はハード・ソフトの両輪で向上させていかなければ意味がないことがわかる。

すなわち、想定を超える巨大災害に備えるということは、「自分の命は自分で守る」ための個人のソフト防災力を向上させることに他ならない。東日本大震災以降、ソフト防災の目標を設定するためにも、なるべく科学的に最悪シナリオを考えようという方針が取り入れられ、津波防災においてはこれに基づいて対策が考えられている。高潮についても、水防法の改正により、最悪ケースの浸水マップを示すことが求められている。しかしながら、被災経験のない個人がハードな構造物で防ぎきれない巨大災害に対して十分なソフト防災力を身につけることは決して容易ではない。

3. 最悪のシナリオとは何か？

(1) 津波災害

中央防災会議・南海トラフ巨大地震モデル検討会が2012年に示した南海トラフ地震の最悪シナリオでは、これまでに経験のない大規模な津波の発生が予測されている。大阪湾では5m程度の津波の来襲が示されており、自治体は津波ハザードマップを作成して地域防災計画に反映している。しかしながら、大阪湾のように高度に開発された沿岸域では、単に津波のハザードマップを示すだけで有効なソフト防災が達成できるとは思えない。ソフト防災力を向上させるためには、いろいろな災害のシナリオを描いておく必要がある。その1つが、臨海部に位置する大規模工業地帯、特に石油コンビナート等から油やガスなど危険物質が流出し、周辺地域（海域及び陸域）を巻き込んだ大規模な災害を引き起こす可能性

である。実際に、東日本大震災では、津波の来襲によって気仙沼市の沿岸の油貯蔵施設から大量の油が流出・引火することにより、市街地の広い範囲が焼失しており、大阪湾でも類似の災害が発生することが危惧される。

大阪湾内には4箇所の「石油コンビナート等特別防災区域」が存在するが、なかでも大阪北港地区と堺泉北臨海地区は大都市に近接している。各事業所では、種々の法律に基づく安全対策が実施されているが、想定を超える大規模災害への備えは決して十分とはいえない。また、周辺地域の防災計画における具体的な取り組みは見られない。

大阪府は、2014年および2016年に石油コンビナート等における地震・津波被害想定^{1),2)}の検討結果を公表しており、これらの地区の油貯蔵施設からの漏油量の推定や周辺地域への影響の評価が行われている。周辺地域への影響については、災害の連鎖を考慮して、事業所外への流出火災、爆風圧・飛散物等の影響、市街地・避難場所・海洋への危険物拡散・火災延焼などが挙げられている。放射熱や爆風圧の影響範囲を定量評価していることや、コンビナートでの防災・減災対策案を示すなど、かなり踏み込んだ内容となっている。さらに、大阪府は上記の検討をもとにして、2017年に「大阪府石油コンビナート等防災計画」³⁾を発表している。

大阪大学工学研究科では、地球総合工学専攻の故加藤直三名誉教授の声掛けで、2014年に「石油コンビナート防災研究イニシアティブ」が立ち上がり、船舶・海洋工学、土木工学、安全工学等を専門とする学際的な研究者が集まって共同研究を開始した。研究成果の一部は、2017年に「大規模震災時の石油コンビナートの安全性に関するリスク評価技術ガイドライン」⁴⁾として発表した。その後、2018年に共同研究グループの名称を「大阪ベイエリアNatech防災研究イニシアティブ」とし、地震・津波災害に加えて高潮災害も含めた大規模Natech（自然災害に起因する産業災害）に対する防災・減災を、ソフト防災まで含めて多面的・総合的に進めることとした（図-2）。このような取り組みが身を結ぶためには、住民、地元自治体、企業、研究者などが連携し、総合的に地域のリスク低減を目指すことが必要不可欠である。

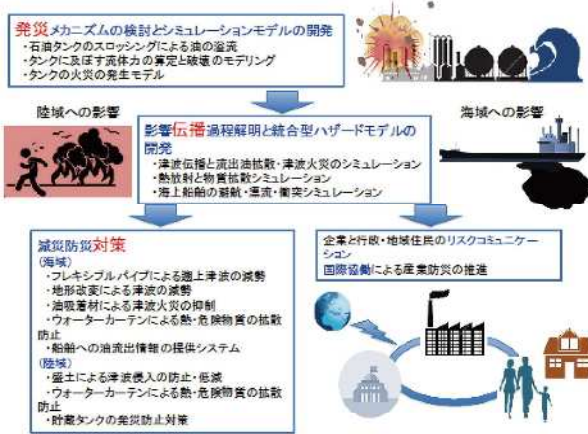


図-2 大阪ベイエリア Natech 防災研究イニシアティブの概要

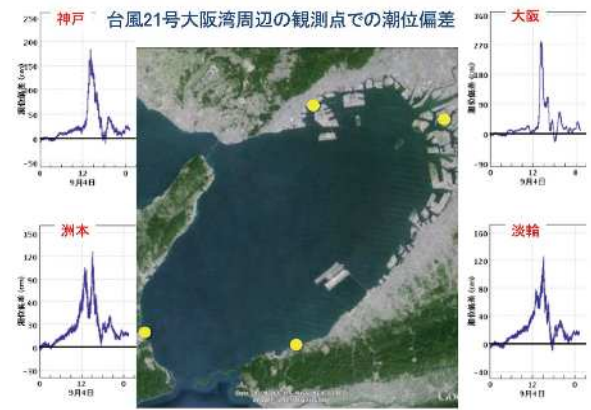


図-3 台風21号による大阪湾周辺の高潮偏差

(2) 台風災害

表-1は、我が国で発生した主な高潮災害を示したものである。大阪湾では、1934年の室戸台風、1950年のジェーン台風、および1961年の第二室戸台風によって災害史に残る高潮災害が発生しており、高潮のリスクが非常に高い内湾である。近年は半世紀以上大きな高潮が発生していなかったが、2018年の台風21号による高潮は、高潮偏差（実際の潮位と天文潮位の差）において第二室戸台風を凌ぐものであったことがわかる。図-3は、高潮偏差の変動を湾内の4地点（気象庁が潮位データを公開している、大阪、神戸、淡輪、洲本）について示したものである。これより、湾奥に位置する大阪は他の地点に比較して高潮偏差が大きくなっていることがわかる。図-4は、台風21号による潮位の時間変化を湾奥に位置する5地点について示したものである。いずれの地点においても、30分～40分程度の中に2m以上水位が上昇しており、高潮災害は非常に短

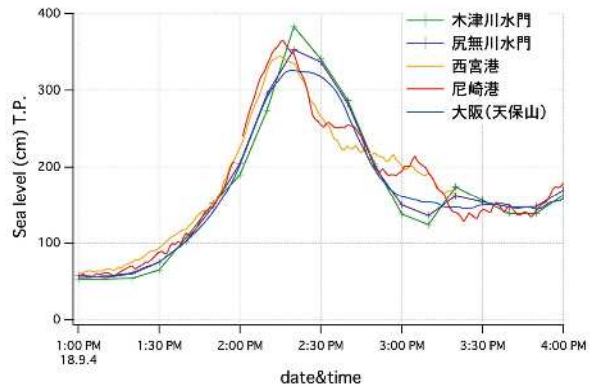


図-4 湾奥での潮位変動

表-1 我が国の主な高潮災害

発生年月	台風名	主な被災地	死者・不明者数	最大偏差 (cm)
1934. 9	室戸	阪神	3,036	310
1945. 9	枕崎	九州南部	3,122	160
1950. 9	ジェーン	大阪湾	534	270
1953. 9	13号	三河湾	478	240
1959. 9	伊勢湾	伊勢湾	5,098	345
1961. 9	第二室戸	大阪湾	200	241
1970. 8	10号	土佐湾	13	235
1991. 8	19号	周防灘	4	310
1999. 9	18号	有明海	16	180
2004. 8	16号	瀬戸内海	45	134 (神戸)
10	23号	高知	3	253 (室戸)
2009. 10	18号	三河湾	6	260
2018. 9	21号	大阪湾	11	270

時間に発生するものであることがわかる。

今回の高潮では、防潮堤の内側（堤内地）の浸水被害の発生は兵庫県の埋立地の一部に限られていたが、堤外地の港湾用地では種々の浸水被害が発生した。台風21号は、その強さや大きさは第二室戸台風に及ばなかったにもかかわらず、既往最大の高潮や高波をもたらしたが、これは台風の移動速度が非常に大きかったことが影響しており、市街地の暴風被害が大きかったこともこれに関係している。このように、台風による被害には様々な側面があり、沿岸防災を考える上で最悪シナリオを想定すること自体が難しいことがわかる。

2019年8月に兵庫県が高潮浸水想定区域図を公表した。大阪府も河川整備審議会（高潮専門部会）で検討中であり、近々公表される予定である。これらは、改制水防法に基づいて最悪ケースを示そうというものであり、今後は高潮についても、最悪ケースを想定してソフト防災対策が講じられるものと思われる。しかしながら、前述したように、台風の被

害形態は様々であり、台風の特徴によってどのような災害が発生する可能性が高いのかについての情報を得るとともに、事前に十分な準備ができるように日頃から心がけておくことが重要であろう。

4. 巨大災害に備えるために

前述のように、巨大災害に対してはハード防災では限界があるため、「自分の命は自分で守る」こと、すなわち個人のソフト防災力を向上させることが重要である。これは、言うはやさしいが実践は極めて難しい。津波や高潮のハザードマップが示され、危険なエリアが表示されることは、裏を返せば安全なエリアを示していることにもなり、そこに油断が生じやすい。東日本大震災では、多くの地域でハザードマップに示されていたよりも広い面積の浸水があったが、被災実態の調査結果によれば、人的被害の多くはハザードマップに危険地帯として示されていなかったエリアで発生している。

このようなことを避けるために、最近是最悪ケースの浸水図が示されるようになってきているが、ハザードマップを見て絶望的になってしまっただけでは意味がない。自治会などが主体となり、行政と一緒にハザードマップの有効活用を考える機会を持つことが重要である。たとえば、津波に伴ってコンビナート等から油が漏れ、津波火災が発生した場合などを想定し、安全な避難の方法を話し合い、隠れたリスクを探し出しておくことは重要であろう。実際に気仙沼では津波避難ビルが津波火災により消失した例も報告されている。台風については、事前の情報収集と避難のタイミングが重要であるが、台風のたびに個人個人が自分の防災行動をシミュレーションしておくこ

となど、日頃から訓練を積み重ねておくことが大切である。

本稿では、ソフト防災の重要性を強調したが、巨大災害に対して今後社会基盤施設をどのように整備していくべきか、ということは社会の大きな課題である。東日本大震災の被災地を見た印象では、海岸堤防が破壊に至った地域は壊滅的な被害を被っていたのに対し、津波は堤防を越えたけれども破壊しなかった地域の被害は小さかった。このことは、津波や高潮による浸水はある程度許容しても、堤防が破壊することはカタストロフィックな被害に繋がる可能性が大きいいため、できるだけ避けるべきであることを示唆している。したがって、いたずらに高い堤防を築くよりは、液状化対策などをしっかり行うこと、堤体の強化により破壊しにくい堤防に改良していくことなど、構造体としての強靱化を進めるべきではないかと考える。

参考文献

- 1) 大阪府石油コンビナート等防災本部地震・津波被害想定等検討部会，地震・津波被害想定等検討部会報告（第一次）（2014）
- 2) 大阪府石油コンビナート等防災本部地震・津波被害想定等検討部会，地震・津波被害想定等検討部会報告（第二次）（2016）
- 3) 大阪府石油コンビナート等防災本部，大阪府石油コンビナート等防災計画（2017）
- 4) 大阪大学大学院工学研究科石油コンビナート防災研究イニシアティブ，大規模震災時の石油コンビナートの安全性に関するリスク評価技術ガイドライン，研究報告書，191p.（2017）

