

紀淡海峡の複数閘門運河と湾口沈埋函道路の併用堤防の建設による大阪湾臨海域の副首都化の提案

－ 大阪湾低地と浅海域における巨大水災害制御による都市産業空間の安全・高度利用化と複眼的な副首都化を目指した国難の危機管理 －

金子 大二郎¹

¹ 正会員 (株)遙感環境モニター, 代表取締役 工博
E-mail: kand.rsem@gmail.com

本研究は、産業集積地帯でありながら高潮襲来地帯として知られる東京湾・伊勢湾・大阪湾の中で、国の産業・経済上において重要であるにも拘わらず、低地が最も広く分布するために水災害から護りにくい大阪湾を防災対策の研究対象とした。東日本太平洋沖地震に続く東南海地震が懸念され、その想定される巨大な津波の来襲リスクがあるばかりでなく、気候温暖化によって強大化することによって懸念されているスーパー台風による高潮を合わせて制御することを目標とする。一方で、大阪湾臨海部の安全化によって大阪圏を国力の中心となり得る副都化を目指し、米国のニューヨークの様な経済の副首都化によって産業のバックアップまたは国力継続 (BCP化) 策として、本研究は、国難を回避することも合わせて検討している。

Key Words: tsunami, storm surge, Oosaka bay, countermeasure, caisson, enforced levee, collapse-free

1. はじめに

東京湾と大阪湾は津波や高潮による巨大災害を防ぐためには、低地と工業化と都市化が進み、災害防止のハードの工事には不利な地形をしている。その結果、避難以外に有効な手立てが乏しく、人的被害や経済的被害が甚大となることが想定されている。

そこで、臨海部の大半が歴史的に低地にあるために、最も護りにくい大阪湾を対象として、大阪湾全体を安全化する方策を検討した。即ち、湾口部の水流を制御することによって水災害の根本的な防御を目指す。その効用は、大阪湾臨海部の高度化を図り、なお且つ、現在までに首都移転が実現できなかったことを考慮して、複眼的な大阪圏域の副都心化に配慮し、国家経済のBackup機能を果たす役割を込めて国難の危機管理の計画とした。

2. 計画の必要性についての議論

(1) 新たに巨大災害対策としての視点を加えた大阪臨海域の新たな開発に関する実原可能性を再検討

1) この紀淡海峡において、大阪湾内へ流入する高潮・津波を人工的に制御する方策について、ハード対策を以下の様に検討した。

2) 紀淡海峡は最大水深が150m級の大水深であって、工事の実現性については最初に技術的検討が必要である。

3) その次に、費用対効果 (B/C) も検討せねばならないが、大阪湾沿岸において想定される津波・高潮の災害額は、巨大であるばかりか繰り返される可能性がある。従って投資効果は十分として、主たる課題は前述の津波・高潮を防御する構造物の技術的検討が中心となる。

3) かつて、紀淡海峡の横断橋について和歌山市加太から淡路島の洲本市のルートが検討されてきたが、投資効果からの判断によって中止されている。

しかし、地球環境が変わり、スーパー台風による常襲的な災害が懸念される時代となった。また、歴史的津波

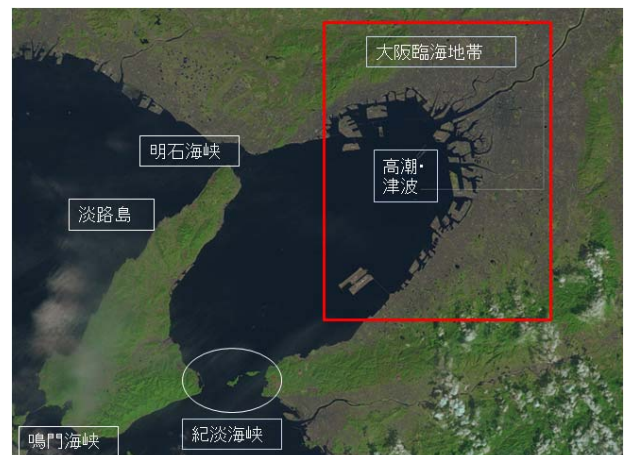


図-1 大阪湾臨海部の巨大水災害を防止するための紀淡海峡の地形形状とその防災への活用 (Landsat7画像より切り出し)。

の襲来が、既往の隣接地において再び襲う確率が高まっている。既に湾岸土地利用の進展によって、巨大な災害と人的被害が予想される深刻な事態が迫る現状となっている。即ち、過去に断念した大規模土木事業を再検討する時代となっていると判断する。

4) 前述のスーパー台風や線状降水帯による大規模な河川氾濫の頻発の可能性に対し、①大阪北部における崩壊しない強靱化河川堤防と共に、②大阪湾南部からの津波・高潮対策を措置することによって、③国難とも表現された災害の時代を背景として認識し、過去に検討された“横断橋の経済的視点”のみならず、新たに④根本的な防災対策として紀淡海峡の海水流動を制御し、⑤大阪湾の防災上の脆弱性を一挙に解決することを目標とする。

これらの方法について、具体的に工法の細部を以下に検討した。

(2) 大阪湾域の地形的特徴と弱点

大阪湾は、太平洋東北沖地震以後に、東南海地震という巨大地震による最大級の歴史的な大規模津波が来襲する災害への対策が検討されてきた。また、近年はスーパー台風による高潮災害が想定されている。しかしながら、その対策となると、歴史的に大阪湾の低地帯が大坂城（5世紀の難波の宮の位置）の周辺を除き、かつては古代の海であった背景があって、広大な低地帯の上に大阪湾岸に神戸市から堺市に至るまでの大規模な連続する都市域が形成されてきた。臨海域は海面埋め立てにより、臨海工業地帯と都市機能の発達のために、大規模な津波や高潮を防ぐための海岸施設を堤防の様な直線的な形状のハード対策を施すことが困難な土地利用となっている。発生頻度は低い破壊力の大きい津波については、人的被害の視点から避難が災害対策の中心となってきた。しかしながら、近年のスーパー台風の発生の顕著化により、発生頻度の低い場合には建設物の投資効果の視点からも避難が優先されてきたが、頻度の明らかな増大を伴う状況変化を受けてきた。即ち、台風襲来の度に巨額な被害を日本各地で起こしており、津波の来襲の想定確率と台風のコースによって発生する高潮災害という二つの災害に対し、避難だけでは被害額が重なるばかりか、人的被害も繰り返される確率が高まっており、有効なハード対策が必要な事態となっている。しかし、同様な地形条件にある伊勢湾や東京湾についても共通する問題として、早くから内閣府防災担当により被害予測と対策が検討されてきた。それにも拘わらず、抜本的対策とは言えない、有効な防災対策が困難な状況が前記の三湾について続いている。即ち、巨大災害が懸念される地区について確信的な方針が見当たらない状況なのである。

(3) 高潮対策への著者によるこれまでの考え方

津波や高潮に対しては、函体内蔵型海岸堤防を築き、日常利用のために函体上の盛土が公園ともなる利用を

図ってきた。一方で、土地利用の進んだ市街域の場合には、公的費用に加えて民間資金も取り入れたPublic Private Partnership (PPP)の制度を利用することにより、土地所有者の協力を得てマンション等を併設し、土地利用者からの買収や退去を伴うことなく、防災事業を円滑に進める方針であった。従って、道路や鉄道等の直線的な土地利用の条件がある位置に、函体内蔵型海岸堤防を築く計画であった。しかし、PPPを利用しても現実の施工となると、被災後の復興の場合でなければ円滑な工事の進展に必要な合意形成が容易でないのである。その結果、海岸線の長い東京湾や大阪湾の場合は、事前の防災対策の実現が困難視される現状である。道路や鉄道を函体内に内蔵することを考え、そして盛土によって公園利用が可能となっても、短い距離ならば比較的歓迎されるであろうが、延長の長い高潮・津波対策ともなると、地元との調整が容易でないと考えるのが真実であろう。

3. 大阪湾の全体を俯瞰する広域的な視点からの対策案の必要性

それ故に、前述の巨大災害について具体的に防御を検討すると、洋上からの津波の伝播と回折による大阪



図-2 大阪湾岸の荒川下流の浸水域と函体内蔵型堤防の配置計画 (○印が防災丘陵型河川堤防, ●印は防災丘陵型高潮海岸堤防, 浸水図は大阪湾高潮浸水想定区域図 [想定最大規模]より。

湾臨海域への侵入と陸上への遡上を如何に防ぐかとする基本的であって有効な方法の検討が必要となる。その場合に、大阪市を中心とする近畿圏の大規模に連続する都市圏に対し、敦賀湾一帯に分布する4か所の原発からの汚染拡大を想定する事故を俯瞰するために、衛星画像を使って全域を観察すると、特徴的な琵琶湖（なぜこのような形の湖がこの位置にあるのかの地質構造）と、大阪湾の紀淡海峡の山の尾根が沈降した様な連続した三つの島が、紀淡海峡を半ば塞いでいるという特徴に気付く。

奇妙な印象であるのは淡路島についても同様である。不思議な形状の大きな島が南西から北東に神戸市に向かっていている。これらの山がちな地形は、あたかも大阪湾を瓜型に囲んでいる様に見える。それとは逆に、大阪府周辺は古代の巨椋湖の様に、淀城付近まで昔は湿地帯であって、水災害対策としては極めて不利な地形であった。一方では、東京湾の東部のみの低地（古代の海面）、或いは伊勢湾の名古屋城の西部の木曾三川が古代に海面であったことが知られていても、東京西部や名古屋東部は丘陵地帯であって、大阪城（難波宮や旧本願寺跡）を除く全域が流入河川の流送土砂によって沖積層となった大阪湾に比較すれば、東京や名古屋は都会部の半分の地域が比較的に安全な丘陵地帯にある。従って、大阪湾については津波や高潮による海面上昇の変位分の海水が大阪湾に流入するのを、紀淡海峡において阻止する方法が考えられる。そのために、阻止の具体性があるかの検討が必要になる。

4. 大阪湾の湾口の特徴と海岸防災上の問題点

(1) 大阪湾口の築堤運河化が可能であるか否か？

如何に岬や島によって地形的に人工的な防災構造物が可能に見えても、その現実的な視点から距離と最大水深の程度が重要となる。なお、瀬戸内海の大規模橋の建設の様子、浅い海域または島を利用した吊橋形式が採用されてきた。大阪湾口においても紀淡海峡に建設が実際に検討されてきたが、費用に対する便益の視点から断念されている。東京湾口についても富津岬と海鹿島および観音崎を結ぶ吊橋が検討されたが、湾口幅が大阪湾紀淡海峡の4.7kmよりも20.9kmと幅広（旧第三海保のアシカ島は航行の阻害物として撤去）なため、東京湾は大阪湾よりも工事が困難であって、中止されてきた。なお、最大水深については大阪湾が約130m、東京湾が104mであって、最終氷河期の終わる1万年前までは、古東京川の長い渓谷になっており、現在の海底地形にも顕著に痕跡が残っている。一方、大阪湾の場合は、淡路縁りのみに氷河期の潮汐による狭窄部の深掘れが-130mと著しい。同様に、明石海峡においても潮汐によると見られる深掘れが見られる。参考までに明石海峡大橋の橋脚は津波や高潮の場合には浅水域に侵入すると水深方向

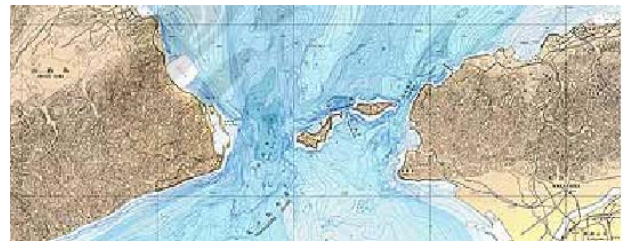


図3 大阪湾南部の紀淡海峡や東京湾口においては、いずれも費用・便益の視点から計画中止に至るといふ、大工事にして且つ難工事である。しかし、現在は交通の重要性と地域開発ばかりでなく、新たに湾奥における巨大な水災害を防止する目的が新たに加わり、投資効果を再検討する意義があるという気候変動の時代となった。

に流速が一樣となるため、流体力に対抗するには既存の建設例がある万トン級の函体の沈設と、その基礎となる割石マウンドが必要となる。

(2) 紀淡海峡の運河閘門に関する概略形状

なお、明石海峡の吊橋基礎は、全長3,911m、基礎の水深は63.5m、直径85m、重量が1トン以上の割栗石を10m級に敷き詰めた基礎マウンドになっている。また、釜石の津波防波堤のマウンドと災害復旧後のケーソンサイズも参考となる。但し、紀淡海峡は潮流が大きいという相違があることに注意せねばならない。また、紀淡海峡の海中構造物のスケールに類似の形式に重力ダムがあり、世界の最大級の有名な重力ダム、高さを重視して選定すると、アタチュルクダム（トルコ）が166m、三峽ダム（中国）が162m、アスワンダム（エジプト）が111m、である。これらの中で3,800mのアスワンダムが長さの視点から最も近い形状と推測する。

よって、紀淡海峡の場合には、釜石津波防波堤の割石マウンドと、アスワンダム級の重力式ダムが想定される。大きく相違する形状は、発電による放水ではなく、例えば5個の閘門（1門は常に開放、北航行2門、南航行2門）を配置する。通常は開放しており、非常時には南北の航行用の各2門を閉塞させねばならない。閘門の幅はスエズ運河型の深さ24m（幅は205mと広過ぎで不適）、従って閘門幅はパナマの新型式によって拡張された55mと仮に設定する。但し、津波に対して閘門の開閉のためには、パナマ運河を真似てこの幅まで拡張するのは稼働上において問題を生じる可能性がある。従って、必要に応じて閘門の幅を再検討する必要がある。

以上、著者は細部の検討の素案として提案しており、大きな課題も残るため、細部についてはご容赦願いたい。

5. おわりに

紀淡海峡を5閘門によって海水流動を制御した場合の

効果を記して、計画案の結論とします。

大阪湾口における海水流動の閘門化による制御がもたらすの便益は、次の通りである。

- 1) 有効な対策が困難な大阪湾の津波に対し、防御することが可能となり得る。
- 2) 高潮防御が困難な海岸地形の条件を克服し、防災と港湾・産業利用が共に安全化する。
- 3) 広大な湾中央部までの遠浅水面の埋め立て利用による土地造成や、大型建築物の整備が容易となる。
- 4) 森も備えた大型の海浜型都市公園が整備可能。
- 5) 六甲アイランドを越える多数の都市開発と移転先の確保によって、現在の大阪湾岸域の再開発が容易となろう。
- 6) 大阪湾の陸上と海面が、副首都に必要な空間的広がりを持つ潜在能力を持つことを活用し、国難ともなりうる可能性がある巨大水災害を制御し、大幅に減災し発展することが可能となる。
- 7) 現在まで、首都移転の実現性が遠ざかり、一方で、東京一極集中の問題と国の制御も危うくする程のリスクを軽減するために、バックアップとも言うべき日本のBCPに役立つ、複眼的な副首都を大阪湾に想定し整備する。
- 8) 東京湾の巨大水災害防御は、湾口部の工事が比較的易しい大阪湾の建設の進捗を参考にし、その後この難工事を検討する。
- 9) なお、本案による湾口の海水制御が可能となれば、建設されたら経済効果が極めて高く、被災時の人的被害や経済的被害を免れるばかりか、大阪湾臨海域の安全化がもたらす経済的効果は広大かつ湾東岸の浅海域の臨海部の埋め立てと都市開発により、副首都化するであろう。その効果は、日本国の経済・行政基盤の安定化に計り知れない複眼的な安定性をもたらすと考えている。
- 10) 逆に、湾口整備の負の効果として鳴門海峡への影響によって更に潮流が急流化すると考える。また、高松市や和歌山市における海面上昇や津波高が増すことが予想されるため、影響を調査した後に、消波・無反射等の対策を考慮する必要がある。

以上、関係者の方々に御一考と御意見を期待します。

謝辞：

本研究に使用した衛星画像と連結したGISデータは、千葉大学環境リモートセンシング研究センターの共同利用研究費による支援を受けました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Daijiro KANEKO, Views for Restart of Coastal Nuclear Stations in Japan Aiming at Energy Balance and National Reduction of

CO2 Exposure - Defending against Tsunami Inundation by Collapse-Free Embankments -, Ocean Science Meeting, CB15 OTP02-3, 18p, 27 February-4 March, 2022. (Virtual)

- 2) Daijiro KANEKO, Continental Ocean Sciences and Impacts to Inland Human Lives and Habitats, AGU Fall Meeting 2021, Ocean Science, OS45A-02, eLightning, December 2021. (New Orleans, Virtual). <https://doi.org/10.1002/essoar.10509156.1> (doi: 10.1002/essoar.10509156.1)
- 3) Daijiro KANEKO, SY033-801430, New Designs for Coastal Levees as Stable and Safe Structures Against Unexpected Sizes of Tsunami, Storm Surges, and River Flooding - Emerging Disasters by Historical M9 Earthquakes and Super Typhoons around Coastal Mega Cities for Human Habitats in Modern Era -, AGU Fall Meeting 2021, Science and Society, SY15E-0589, Poster, 13-17 December, 2021. (New Orleans, Virtual, iPoster) <https://doi.org/10.1001/essoar.10509156.1>
- 4) 金子大二郎：スーパー台風による高潮と河川氾濫を想定した防護区域の法指定と函体内蔵型多目的堤防，一東京湾奥部低地帯の防災整備計画への適用一，土木学会土木計画学研究・講演集 Vol.60, 44 総合防災計画, 7059, 10p, 2019.
- 5) 金子大二郎，細山田得三：公園を兼ねた函体内蔵型堤防の巨大災害用構造要件，- 多目的利用と安定性に関する規模別函体構造の概略設計 -，土木学科全国大会第 75 会年次学術講演会, III-1101, 2p, 2020.
- 6) 内閣府：首都圏水害広域避難検討会，資料3 避難手段・誘導に関する課題の解決に向けた検討方針について，46p, 2018.
- 7) 日本学術会議，土木工学・建築学委員会低頻度巨大災害分科会：低頻度巨大災害分科会，第 1~第 5 議事録。2018~2019.
- 8) 国土交通省：「ゼロメートル地帯の高潮対策検討会」提言本文，20p, 2018.
- 9) 内閣府，首都圏水害広域避難検討会，洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難検討ワーキンググループ，洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難に関する定量的な算出方法と江東 5 区における具体的な検討，83p, 2018.
- 10) 金子大二郎，細山田得三：衛星による木造住宅率と津波浸水深を用いた避難人命リスクの評価—地理・社会モデルの開発と鎌倉海岸への適用—，土木学会論文集 F6 (安全問題)，Vol. 73, No. 1, pp. 58-70, 2017.
- 11) 金子大二郎：津波避難ビル群の安全特性と人命リスク評価方法の開発 - 相模湾の藤沢市への適用 -，土木学会第 73 回年次学術講演会，IV-152, 2p, 2018.
- 13) 金子大二郎：津波避難人命リスクに対する防災丘陵の構造要件 - 概念特性と鎌倉市の津波防災への適用 -，土木学会第 74 回年次学術講演会，CS12-69, 2p, 2019.
- 14) 細山田得三，金子大二郎，大竹剛史：津波脆弱性海岸における盛土構造体による津波対策工評価のための数値実験，土木学会論文集 B1, Vol. 71, 特別号・水工学論文集，Vol. 59, 228, 6p, 2015.

(2022.03.06 受付)