

伊勢湾沿岸の高潮災害対策

Countermeasures against Storm Surge Disasters along Ise-Bay Area

岩田 好一朗

Koichiro IWATA

1. はじめに

自然災害は、異常現象と人間の文化や社会生活の係わりの中で発生するので、人間の社会経済活動様式の変化に伴い災害の質と量が変化する。高潮災害もまた然りである。ここ数年、台風来襲に伴い記録的な異常高潮や異常高波が次々と発生している。2004年には、台風来襲に伴い高知県の菜生海岸に波高16m程度の巨大波浪が来襲して、数名の尊い人命を奪った。2005年8月末には、巨大台風「カトリナ」による異常高潮で、アメリカ合衆国のニューオーリンズでは、1,200人余の尊い命が失われ、同市の7割が水没した悲惨な高潮災害が起きている。

“ゼロメートル地帯”を抱えている伊勢湾沿岸域は、異常高潮に対する潜在的脆弱性が極めて高い地域であり、後述するように、1953年の13号台風と1959年の15号台風（伊勢湾台風）により甚大な高潮災害を被ってきたことは周知の事実である。1959年の伊勢湾台風による高潮災害以来、伊勢湾沿岸では甚大な高潮災害が発生していないのは、それ以降の高潮防災対策が有効であることを証左していると考えられるが、しかし一方で、海岸堤防の老朽化が進んでいることや、地球温暖化に伴う海面上昇が顕在化することを考えれば、“高潮災害の防止”は伊勢湾沿岸域に課されている至上命題であることを再確認しなければならない。本小論では、これまでの伊勢湾沿岸における高潮災害とその対策の変遷および高潮防災対策の現状についてハード面を主体にして述べる。

2. 三河湾・伊勢湾沿岸の海岸保全基本計画¹⁾

1999年（平成11年）の海岸法の改正により、従来の“災害からの海岸防護”一辺倒から、“災害からの海岸防御”に加えて、“海岸環境の整備と保全”および“公衆の海岸の適正な利用”が目的に追加され、「防護」、「環境」と「利用」の3つが調和するような総合的な海岸保全を推進するとともに、地域の特性を考えた海岸づくりを目指すことになった。現在、三河湾・伊勢湾沿岸域の保全は、下記のような基本理念に基づいて鋭意行われている。すなわち、

『三河湾・伊勢湾沿岸の「あるべき姿」とは、沿岸の人々に残る伊勢湾台風等の記憶を教訓とし、近年脅威となっている大地震への不安を払拭すべく、災害からの安全を確保するとともに、穏やかな内湾を背景として白砂青松で知られる海岸や内湾に存在する干潟や藻場などの多様な自然環境の保全・復元に努め、水辺で育まれてきた歴史的風土や生活文化・レクリエーション・産業活動などの多様な場として地域の発展に寄与するなど、これらが地域の特性を生かしながら沿岸全体にバランスよく調和されることである。このため、沿岸域の諸問題を総合的にとらえ、関連組織はお互いに協調・連帯を図りながら、地域住民とともに全国に誇れる安全で魅力ある三河湾・伊勢湾沿岸域を創造し、良好なかたちで将来に引き継ぐものとする』

そして、図1に示すように、高度な生産・物流・交流機能など、多面的な利用が行われている海岸が連なっているゾーンを「高度利用ゾーン」、沿岸域を特徴付ける優れた自然環境が残されている海岸が連なっているゾーン「自然利用ゾーン」として大きく区分し、さらに、地域特性に応じて「高度利用ゾーン」を、桑名・四日市ブロック（三重県木曽崎町～楠町）、名古屋港・常滑ブロック（愛知県弥富市～常滑市北部）、衣浦ブロック（美浜町北部～一色町北部）と三河港ブロック（蒲郡市西部～田原市西部）の4ブロックに区分している。一方、「自然利用ゾーン」については、知多ブロック（常滑市・美浜町・南知多町）、蒲郡・幡豆ブロック（一色町北部～蒲郡市西部）、渥美ブロック（田原市西部～渥美町伊良湖岬）、鈴鹿・津ブロック（鈴鹿市～三雲町）と松阪・伊勢ブロック（松阪市～二見町（神前岬））の5ブロックに区分している。

この基本理念に基づき、「防護」、「環境」と「利用」が調和した海岸堤防として更新された例として、鈴鹿・津ブロックの香良洲地区と賛崎地区の海岸堤防を示しておく（写真1、2参照）。

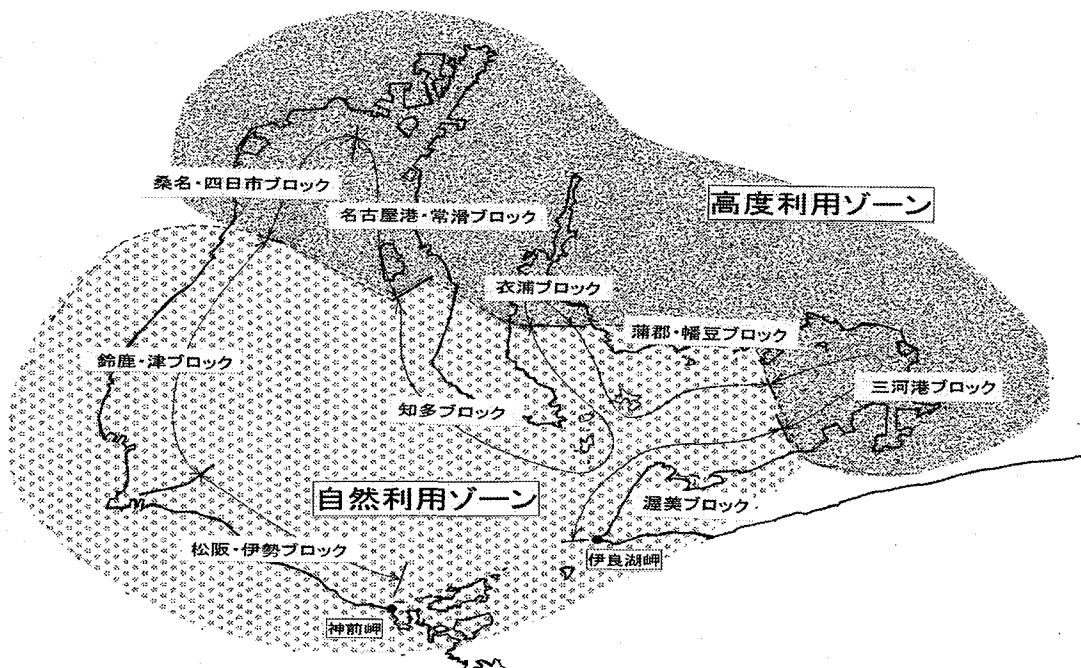


図1 伊勢湾沿岸域の「高度利用ゾーン」と「自然利用ゾーン」およびブロック区分

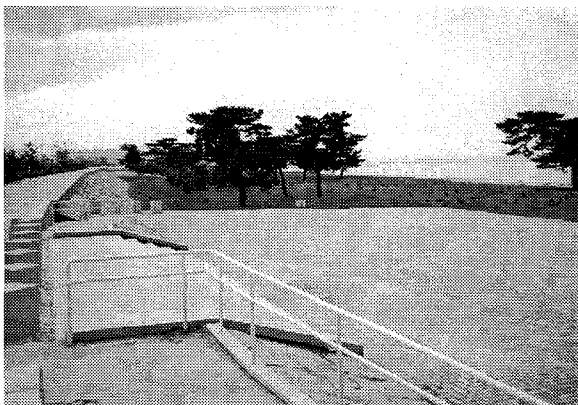


写真1 香良洲地区の海岸堤防

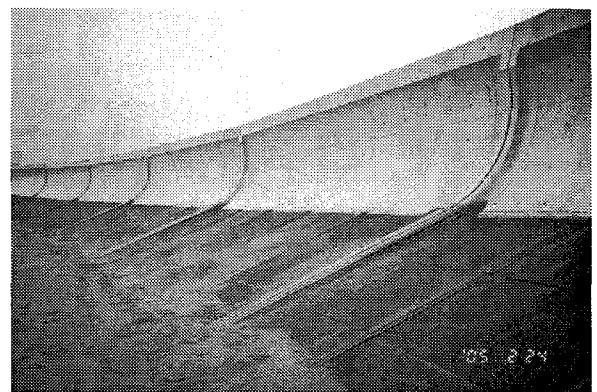


写真2 賛崎地区の海岸堤防

3. 過去の高潮浸水地区と人口集中地区（D I D）

愛知県渥美町の伊良湖岬から三重県二見町の神前岬に至る三河湾・伊勢湾沿岸の海岸線の延長は687kmであり、この内、要保全海岸線延長は約485kmである。伊勢湾沿岸域の海拔ゼロメートル地帯（地盤高さが朔望平均満潮位以下の地帯）は約425km²であり、東京湾、伊勢湾と大阪湾の三大湾の中で最大の面積を持つ。また、伊勢湾は水域面積2,342km²の規模を持つ我が国で最大級の半閉鎖性内湾であるため、これまで幾度となく甚大な高潮災害に見舞われてきた。後述するように、1953年（昭和28年）の台風13号と1959年（昭和34年）の台風15号（伊勢湾台風）により伊勢湾沿岸域は甚大な高潮災害を被ってきたが、この両台風の異常高潮による浸水被災地域と2000年の人口集中地区（DID）¹⁾を重ねて示したものが図2であり、同図は高潮浸水危険地区の“ハザードマップ”としての機能も併せ持つと考えられる。同図に示すように、高潮浸水地域に人口集中地区が集中している。愛知県では県総人口の約50%、三重県では約58%の人口をこの浸水被災地区で抱えており、その数は増加傾向にある。このため、高潮災害に対する潜在的被災規模が以前にも増して大きくなっていることを充分認識しておかなければいけない。

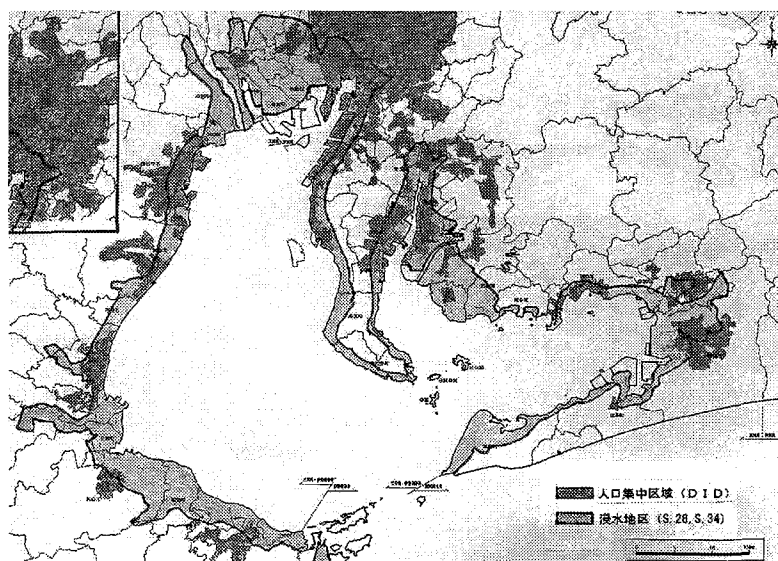


図2 異常高潮による浸水地区(S.28,S.34)とDID地区

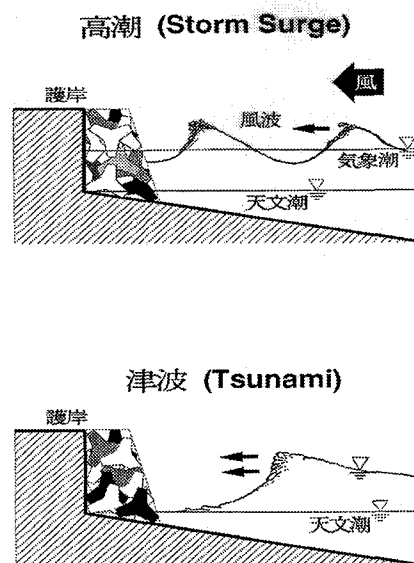


図3 高潮と津波の概念図

4. 高潮災害の発生機構

高潮は台風や前線などの気象擾乱と海岸地形の相互作用により誘起されるので、高潮発生時に異常高波も同時に発生する（図3参照）。この点で、津波(tsunami)とは、かなり性質を異にする。異常気象により引き起こされた潮位変化を気象潮 (meteorological tide) あるいは潮位偏差 (sea level departure) と言う。したがって、高潮発生時の海面の高さは、図3に示すように、天文潮位 (astronomical tide) と気象潮が重なった高さとなり、その上に高波浪が重なることになる。

この高波浪は強大な破壊力を持つため、海岸保全施設の被害は甚大になることが多い。気象潮の計算法については、本小論では省略するが、“気圧低下による海面上昇”と“風の吹き寄せによる海面上昇 (wind setup)” および“波による海面上昇 (wave setup)” の三要素が重ね合わさったもの

として求められる。このうち“気圧低下による海面上昇”の効果が卓越する。高潮災害には1次災害や2次災害があるが、高潮による1次災害の主な発生機構は下記のように考えられる。

- ① 高波浪による衝撃砕波圧や砕波力の作用、堤脚洗掘などで、海岸堤防や防波堤などの海岸港湾構造物が破壊される。
- ② 海岸港湾構造物の損傷がなくても、高波の越波により構造物背後地に海水が浸入する。
- ③ 高潮により潮位が高くなるため、海岸堤防や護岸などの海岸港湾構造物の天端から海水が越流浸入する。
- ④ 船舶などが海岸保全施設に衝突し、そのため破堤した箇所から海水が侵入する。
- ⑤ 河口から高潮や高波が河川を遡上して、河川堤防を越流して堤内地が浸水する。

5. 過去における高潮災害とその災害防止対策の経緯

5・1 1953年以前の高潮災害とその防災対策について²⁾

過去の資料によれば、伊勢湾沿岸で発生した高潮災害としては、「三代実録」に記録されている887年9月（仁和3年）の高潮災害が最初であろうと思われる。以来、伊勢湾沿岸域では幾多の甚大な高潮災害が発生してきたが、信頼における資料は徳川年間から多く残されるようになった。近世の木曾川河口部デルタの干拓と新田開発は、徳川時代の17世紀末から盛んになった。豪農および豪商が藩直営に代わり自らの資本を使い大規模な海面干拓を行うようになったため、甚大な高潮災害に見舞われている。徳川年間における甚大な高潮災害は1681年8月（天和元年）、1714年9月（正徳4年）、1722年9月（享保7年）、1791年9月（寛政3年）、1808年9月（文化5年）と1855年9月（安政2年）の6大高潮災害である

が、このうち、1722年9月（享保7年）の高潮災害は徳川年間における最大の激甚高潮災害であり、藩内で死者、4,500人、田畑の損害高39万石相当、荒廃地4.5万石相当、堤防破堤約20km、倒壊家屋約1.7万軒といわれており、1959年の伊勢湾台風による高潮災害に匹敵するとされている。

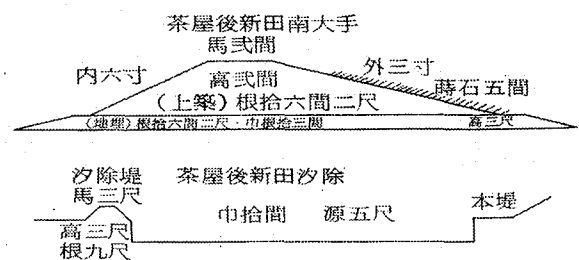


図4 江戸時代後期の海岸堤防と潮除堤の1例

徳川年間における潮除堤や海岸堤防の構築技術は、度重なる高潮災害とその防災活動を通して向上していった。徳川時代末期の海岸堤防と潮除堤の一断面を図4に例示するが、海岸堤防の天端幅が4m弱であり、表法面を3割程度の勾配とした石蒔法面にして耐波力を増強している。

明治・大正年間には15件の高潮災害が発生しているが、1907年（明治40年）に名古屋港で2.7mの高潮偏差を記録している。また、1912年（大正元年）の高潮災害で150人の死者がでている。この頃の臨海干拓地は、主として農業生産のために使用されており、このような土地利用状況が昭和初期まで続いた。この頃の海岸堤防や護岸は、徳川年間の干拓堤防、明治維新以降の民営の干拓堤防や護岸などであり、おもに石積・石張三和土を使った天端の低い堤防であり、コンクリート構造でないため高潮や高波の作用に強くない構造物であった。

第二次世界大戦後の昭和年代になると、沿岸臨海域は臨海工業地帯として使用されるようになり、伊勢湾北部の臨海部は中京工業地帯として日本の経済を支える重要な地域となった。この頃、1945

年に枕崎台風、1949年にキティー台風、1950年にジューン台風などの大型台風が相次いで日本を上陸したが、台風の進路から外れた伊勢湾沿岸部には大した高潮災害は生じなかった。この頃の被災した海岸堤防の復旧天端高さは、

海岸堤防の天端高＝ 被災潮位＋半波高
で決められたものが多い³⁾。

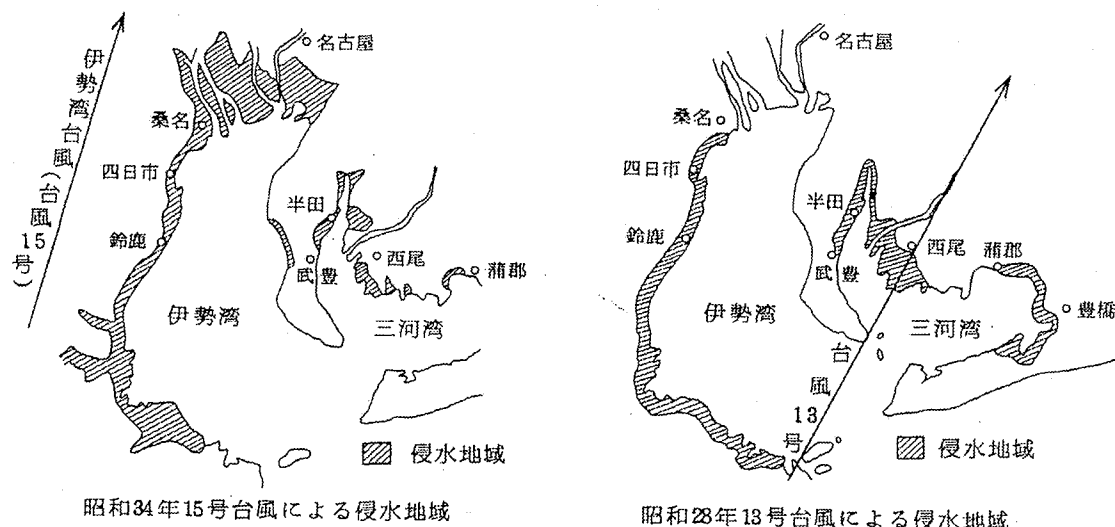


図5 1953年の13号台風と1959年の伊勢湾台風の進路と高潮浸水地区⁴⁾

5・2 1953年の台風13号による高潮災害とその防災対策^{3)、4)}

1953年9月25日、伊勢湾・三河湾を横断した台風13号により（図5参照）、三河湾沿岸と伊勢湾中南部沿岸に甚大な高潮災害が発生した。この高潮災害の内訳は、表2に示されているが、三重県の決壊堤防総延長は約59km、愛知県の被災堤防総延長は約70kmに達し、愛知県と三重県合わせて約145億円の海岸被災総額となった。これは、戦後最大の海岸被災額であった。愛知県では、台風の進路にあたった三河湾で大きな高潮災害が発生したが、台風の進路の西側にあたった伊勢湾北部では発生した高潮は小さく、名古屋港では最大潮位偏差は1.0m程度であった。このため、伊勢湾北部沿岸での高潮による堤防被災は軽微であった。

一方、三重県では、干拓地が少なく、ほとんどが砂浜に構築された土堤に近い堤防が多いため、伊勢湾に面する三重県南部沿岸は高潮と高波により未曾有の大災害を受けた。破堤は、表護岸のあるものは越波により裏法から決壊し、土堤は表法と裏法ともに全面的に決壊した（写真3参照）。

この台風13号による高潮災害の復旧のために、災害復旧費に改良費を加えた「海岸災害防止事業」が初めて国の手で開始され、海岸堤防や護岸の築造工法などに抜本的な検討が加えられて改良が進め



写真3 三重県明和町の海岸堤防の破堤⁵⁾
(1953年台風13号による)

られた（図6参照）。すなわち、海岸堤防の構造については⁶⁾、

- ①表法被覆工厚を 50 c m のコンクリート張りとした。
- ②堤防の天端幅を 4 m とし、コンクリート被覆厚を 20 c m とした。
- ③波返工の天端幅を 50 c m、堤体天端から 50 c m の高さとした。
- ④裏法面のコンクリート被覆工厚を 15 c m とした。
- ⑤堤体土砂の吸出し防止のため、目地の背後に枕版（幅 50 c m、厚さ 20 c m）を設置した。

堤防の天端高については、

- ①計画潮位を、台風 13 号による各地の潮位偏差および大正 10 年 9 月 26 日の名古屋港の既往最高潮位を考慮して、全海岸に対して一律潮位偏差 1.6 m を採用し、これに各海岸の朔望平均満潮位に加えた。
- ②計画波は、風速 25 m / s とし、Molitor 式で推算した。
- ③計画潮位上の波頂高は重複波あるいは反射衝撃波の波頂高とした。
- ④実際は、波の飛沫が激しく作用するため、余裕高さとしてパラペットを設けた。

そして、この甚大な高潮災害を契機として、これまで関係省庁で不統一に行われていた海岸防災に一貫性を持たせるために、海岸防災事業に関する基本法として「海岸法」が 1956 年（昭和 31 年）に制定された。そして、この直後の

1958 年（昭和 33 年）に、日本で最初の海岸堤防などの海岸保全施設の築造工法を示した「海岸保全施設築造基準」が策定され、同築造基準に初めて堤防の表法、天端と裏法の 3 面をコンクリートで被覆する工法、いわゆる「3 面張り工法」が記載された。伊勢湾沿岸では、この「3 面張り工法」による海岸堤防の整備が、天端パラペットと表法についてはコンクリート被覆工として施工されたが、当時の財政状況が好ましくなかったもので、天端や裏法のコンクリート被覆施工については、第 2 期工事として残されたものが多く整備が進まなかった。その最中に、日本の高潮災害史上最悪の高潮災害が、1959 年（昭和 34 年）に伊勢湾沿岸で発生した。

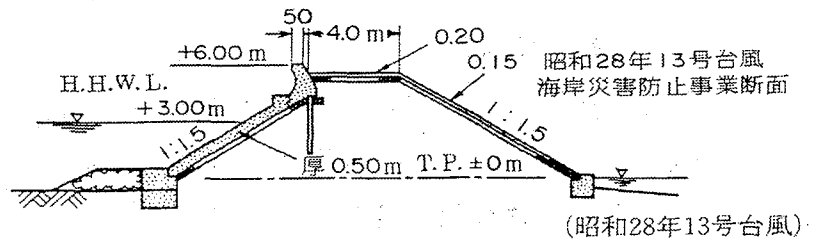


図6 台風13号後の海岸堤防の復旧断面⁶⁾

5・3 1959年の台風15号（伊勢湾台風）による高潮災害とその防災対策^{3)、4)、6)}

1) 被害状況： 1959 年 9 月 26 日潮岬に上陸した台風 15 号は、中心気圧が 943 h p の超大型台風であった。伊勢湾の西側を通過した時は、伊勢湾にとって最悪の南南東の風となり、このため、伊勢湾奥にある名古屋港では、21 時 30 分ごろ最高潮位が T.P.+3.89m（気象潮が 3.55m）にも達し、日本の高潮災害史上、比類のない甚大な高潮災害が発生した。特に、1953 年の台風 13 号による高潮災害を被らなかった伊勢湾奥部沿岸部の被災は甚大であった。写真 2 および 3 は海岸堤防の破堤状況を例示したものであるが、「3 面張り工法」でもコンクリート強度不足で、強力な作用波力に耐えることができなかった場合もあったことなどが明らかになった。愛知県および三重県の両県で、浸水面積が 31,000ha、死者・行方不明者 4,651 名、負傷者 33,025 人、被災所帯数 259,492 人、

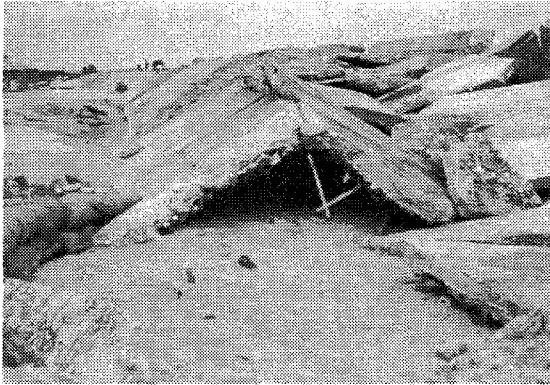


写真4 土砂吸出しによる海岸堤防の破堤⁷⁾



写真5 波力による海岸堤防の破壊⁷⁾

被災人口 1,204,608 人であった。鍋田地区では4ヶ月近くも海水に浸った。このような前代未聞の激甚高潮災害を引き起こした主な原因は下記のようなものであった。

- ①台風の規模が例外的に大きく、異常潮位が海岸堤防の設計潮位を大幅に上回った。
- ②「海岸災害防止事業」による海岸堤防の建設で、天端や裏法面がコンクリートで被覆されていない未完工箇所、越波により堤体中詰土砂が流出して堤体が倒壊した。
- ③異常波浪が生じ（有義波高 2.4m、最大波高 4.3m）、強大な碎波力が堤体に作用したため、堤体自体が強度不足で倒壊した。
- ④木曽三川および中小都市河川を高潮が遡上し、河川堤防を越流して海水が堤内地へ侵入した。
- ⑤破堤口からの海面の干満に応じて海水が出入りする、満潮位より低い地域では長期間に亘って湛水した。
- ⑥貯木場近くでは、1本5～6トンもする木材が漂流したため凶器となり、流木により著しい人的被害や家屋被害が生じた。
- ⑦数は多くないが、漂流船舶の堤防へ激突により生じた堤体の裂け目などの損傷部からの海水が陸域に浸入し、さらに、波の作用により堤防が倒壊した。
- ⑧伊勢湾北部の臨海部は徳川年間に干拓された土地が多く、その地盤高はほとんどゼロメートルであり、中には-0.5m～-1.6mの所もあった。
- ⑨伊勢湾北部は中京工業地帯の中核になっており、人口密度が比較的高かった。
- ⑩高潮の陸域での進入速度が速かった。名古屋臨港域では、6～7m/sの進入速度であったといわれている。
- ⑪夜間に台風が来襲し、さらに強風雨と停電のため、台風情報や警報の伝達が不十分となり、十分な防災体制が取れなかった。
- ⑫明治以来、特に大きな高潮が発生しなかったため、高潮に対する警戒心が少なかった。

2) 防災対策： この伊勢湾台風による甚大な高潮災害により、

- ①高潮防護施設の設計法の見直し、
- ②臨海低平地の防潮システムの整備、
- ③河口部の河川堤防の天端高さの決定法、
- ④予警報および災害情報の伝達システムと非難誘導および避難場所の整備、
- ⑤流木、流船、流車対策、

⑥災害対策の法整備

などの検討精力的に行われた。この時期は、日本経済が復興期から高度成長期への転換期であり、海域埋立てによる工場用地の造成および沿岸地域の高度利用が不可欠であるという観点から、政府も国土保全の科学技術開発に精力を注いだ。被災直後の昭和34年11月上旬から、建設省、運輸省、農林省、大蔵省、科学技術庁、経済企画庁、総理府と学識経験者が加わった「伊勢湾等高潮対策協議会」により、高潮災害防止対策が検討された。特に高潮防波堤計画の対策となる①水理基準、②地区別堤防高さと③高潮対策計画等について検討がなされ、高潮災害防止対策に幾つかの画期的な対策が取られることになった。その中でも特徴的な対策の幾つかを紹介しておきたい。

(1)「高潮防波堤」の建設：

被害が甚大であったので、災害復旧費に改良を加えた「伊勢湾等高潮対策事業」が特別措置法として制定され、被災堤防の全面的な改良復旧工事が行われた。後述するように、防潮構造物や防波

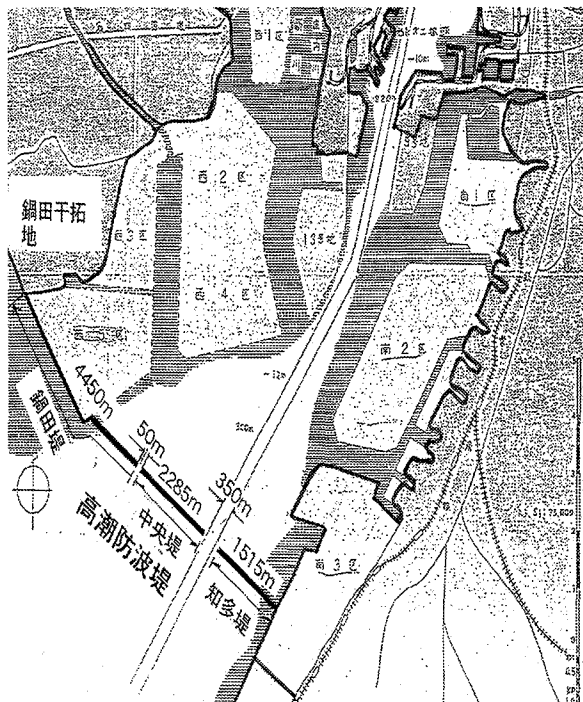


図7 高潮防波堤の建設位置⁸⁾

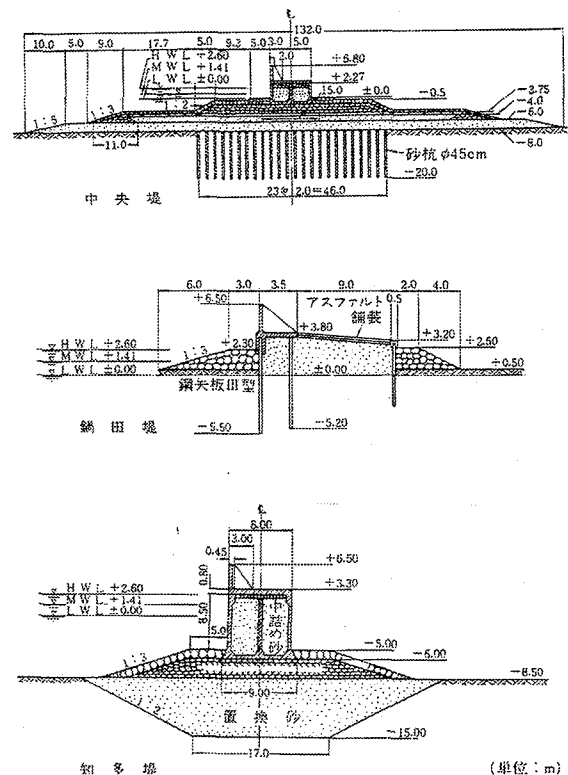


図8 高潮防波堤の断面図⁸⁾

構造物の築造工法に検討が加えられたが、浸水が著しかった臨海低平地（ゼロメートル地帯）を高潮から防御するため、陸域での防潮堤以外に、図7と図8に示す鍋田干拓地から対岸の知多半島の新見に至る総延長8.2kmの高潮防波堤が沖合に建設された。これは、高潮を1.0m~1.4m低減させる画期的な工法であった。

(2)「海岸保全施設築造基準」の見直し：

1958年に策定された「海岸保全施設築造基準」の見直しが行われた。すなわち、

- ① 重要な海岸堤防を完全にコンクリート被覆工の「3面張り」にした（図9参照）。
- ② 海岸堤防の構造については、つぎの方針が立てられた。

*表法被覆工厚は新設の場合50cm、

補強の場合は 40 cm とした。

* 天端と裏法のコンクリート被覆工厚を 25 cm とした。

* 堤防天端幅は 5.5m を基準とした。

* 堤防天端が地盤より 5m 以上高いときは、原則小段を設けることにした。

* 波返工は top heavy にしないように、鉄筋を使用して重量の軽減を図った。

③ 設計潮位として、伊勢湾台風時の潮位偏差と波浪を採用し、天体潮位を台風期満潮位（7月～10月の4ヶ月）の平均満潮位とした。なお、設計潮位で朔望平均満潮位を採用しなかったのは、これに伊勢湾台風による潮位偏差を加えると、設計潮位が非常に大きくなり、その発生頻度が極めて小さくなることから、実際の計画にそぐわないと判断されたためである。

すなわち、設計潮位は、

＝台風期の平均満潮位＋伊勢湾台風時の潮位偏差

④ 海岸施設の計画天端高さを、

＝台風期平均満潮位＋伊勢湾台風時の潮位偏差＋設計波高＋余裕高

とした。

作用波頂高については、伊勢湾台風時の実測波浪などを利用して推算された設計波高の 1.3 倍程度として取扱い、計画潮位に加えて計画堤防高さを決定した。表 1 は、木曾三川河口部の海岸堤防の計画堤防高を示したものであり、天端高

さは T.P. +7.5m の高さになっている。

この『伊勢湾等高潮対策協議会』で決定された上記の③と④による設計条件は、いわゆる、『伊勢湾ルール』と称される設計条件であり、現在も使用されている。以来、重要な高潮計画には、超大型台風の伊勢湾台風を基本とする「伊勢湾台風モデル」が計画条件として全国的に使用されるようになった。

⑤ 河口部の河川堤防の天端高さは高潮と高波を考慮して決定することとした。

(3) 流木防止対策：

貯木水域面積や貯木量を大幅に削減するとともに、木材流出防止工を構築した。

(4) 「災害対策基本法」の制定：

伊勢湾台風による高潮災害が契機となり、災害対策の総合性、計画性、実効性を確保するために、

表 1 計画堤防高さ（木曾三川河口部）⁴⁾

計画堤防高	計画堤防高＝天体潮位＋偏差＋打ち上げ高 ＝T.P. 0.90m＋3.55m＋2.90m ＝T.P. 7.50m
天体潮位	大正2年～昭和35年の名古屋港台風期（8月～10月）平均満潮位 T.P. 0.90m
偏差	伊勢湾台風時の最大偏差 3.55m
計画波高	伊勢湾台風時の名古屋～朝明川間の有義波高を、被災状況とMolitor公式等から推定した 2.20m
打ち上げ波高	打ち上げ波高＝衝突前係数×計画波高 ＝1.3×2.20m＝2.90m

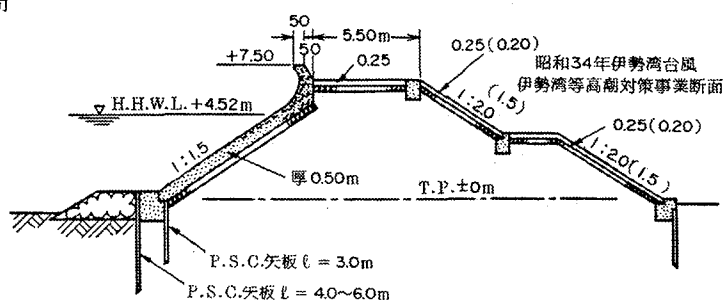


図 9 伊勢湾台風後の海岸堤防の復旧断面⁶⁾

1961年に「災害対策基本法」が制定された。この法により、国、都道府県、市長村および指定公共機関が災害対策の責務を遂行することになった。

(5) 防災情報システム：

「災害対策基本法」で防災情報システムの重要性が強調され、災害時の情報の収集・伝達の手段として中央防災無線網、都道府県防災行政無線網、市長村防災行政無線網などが整備された。災害予警報については、気象庁が津波、高潮、波浪と洪水に関する予報・警報の担当となった。

上記の施策により伊勢湾・三河湾沿岸域の高潮防災対策が進んだが、この伊勢湾台風による高潮災害以降、高天端の海岸堤防一基で高潮災害から陸域を防護する工法、いわゆる“線の防護方式”が全国的に普及していった。この“線の防護方式”により確かに高潮災害が少なくなったが、しかし海辺と陸域を遮断し、時には海岸環境を破壊する結果をもたらしたので、海岸の利用や海岸環境保全にとって極めて不都合になった。このため、高潮災害防止工法に検討が加えられ、1980年ごろから、離岸堤、砂浜造成や緩傾斜護岸など複数の低天端の海岸構造物を組み合わせる高潮高波災害を防ぐ方式、すなわち“面的防護方式”へと防護方式が大転換されて現在に至っている。

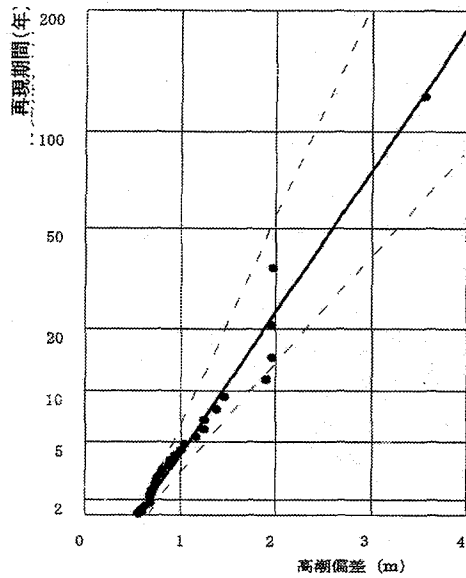
6. 高潮災害防止のための防護水準の再検討

1999年（平成11年）に海岸法が改正になり、「防護」と「利用」と「環境」が調和した潤いのある海岸創りが始まった。また、1999年9月の台風18号により熊本県八代海沿岸において想定を上回る高潮が発生し、甚大な被害を受けた。伊勢湾沿岸域については、1999年は1959年（昭和34年）の伊勢湾台風による高潮災害からの復旧整備された海岸保全施設が40年経過した節目の年に当たった。そして、1945年当時整備された海岸堤防などの海岸保全施設が老朽化や地盤沈下による堤防高の不足などにより改良や更新を迎える時期にあり、これらの海岸保全施設の改良や更新に際して、設計高さが適切かどうかを検討する必要がでてきた。

すなわち、伊勢湾沿岸の海岸保全施設の計画高さは既述した『伊勢湾ルール』で決められてきたが、①伊勢湾海域の埋立てなどにより海岸線に変化が生じたこと（1960年（昭和35年）で約1,000haの埋め立てが1995年（平成7年）で約9倍の9,000haに増加したこと）、②高潮計算や波浪計算の数値計算手法が進歩したこと、および③潮位観測記データが蓄積されたなどの理由により、高精度の高潮・高波浪の予測が可能になった。このため、今後の高潮防災対策をより効果的にするために、国と地元自治体および学識経験者などから構成される『伊勢湾高潮検討委員会』が組織され、1999年（平成11年）から約2年間に亘り、

- ①海岸保全施設の現状を正確に把握する。
- ②高精度の高潮推算モデルを構築し、その妥当性の検証を行った上で、
- ③想定台風時の高潮予測計算と波浪予測計算を行い、
- ④背後域への高潮浸水シミュレーションを実施して、
- ⑤高潮に対する海岸保全施設の点検を行なう

ことを中心とした調査検討が精力的に行われ、高潮防災対策の見直し作業がおこなわれた。また、この検討委員会では、伊勢湾台風と同規模台風が伊勢湾台風と異なるコースを取った場合、最悪どの程度の高潮偏差や高波浪が生ずるのかについても同時に検討された。これは、高潮に対する今後の防護水準を議論する上で重要であり、伊勢湾台風の再来に対する防護水準を“レベル1”、伊



【名古屋港】

図10 高潮偏差と再現期間の相関図⁹⁾

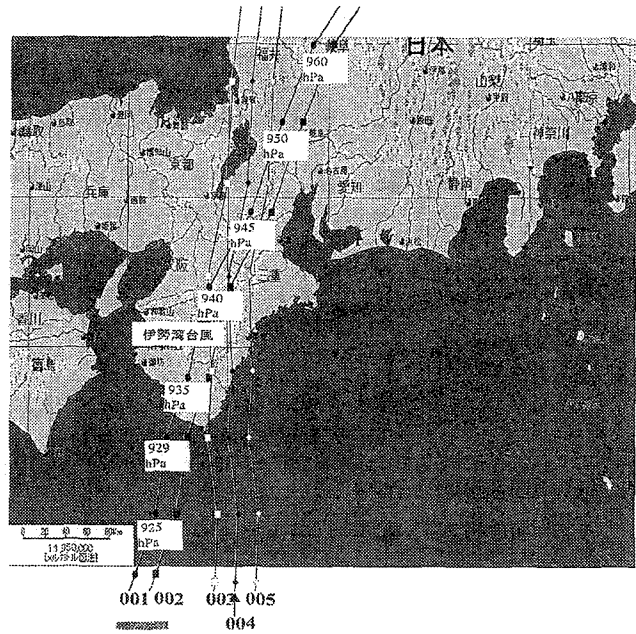
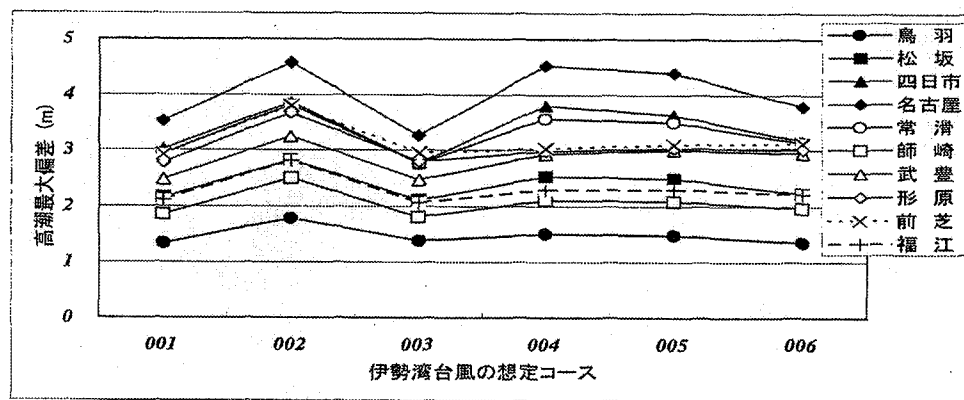
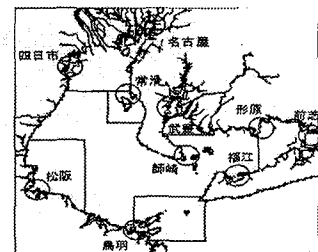


図11 台風の想定進路⁹⁾

代表点	001	002	003	004	005	006
鳥羽	1.33	1.78	1.38	1.51	1.48	1.35
松坂	2.15	2.82	2.11	2.53	2.49	2.22
四日市	3.01	3.86	2.77	3.81	3.64	3.16
名古屋	3.52	4.57	3.26	4.53	4.39	3.79
常滑	2.93	3.82	2.76	3.56	3.50	3.13
師崎	1.85	2.50	1.81	2.11	2.09	1.96
武豊	2.48	3.24	2.47	2.93	3.00	2.94
形原	2.78	3.67	2.80	2.98	3.03	3.02
前芝	2.92	3.81	2.95	3.03	3.10	3.12
福江	2.11	2.81	2.07	2.30	2.30	2.22



001 : 伊勢湾台風

002 : 伊勢湾台風コース (中心深度 : -36 hPa)

003 : 伊勢湾台風コースの (東 0.2°)

004 : 伊勢湾台風の回転コース(北) (東 0.4°)

005 : 伊勢湾台風の回転コース(北) (東 0.6°)

006 : 伊勢湾台風の回転コース(北) (東 0.8°)

図12 伊勢湾台風の想定コースごとの潮位偏差の計算値⁹⁾

勢湾台風が 1959 年と異なった経路を取り最悪の高潮偏差が生ずる場合に対する防護水準を“レベル 2”としてとらえる、いわゆる 2 段階評価を想定したためである。

その結果、下記のことが指摘された⁹⁾、¹⁰⁾。

1) 高潮偏差について：

①湾口付近から湾奥に向かうにつれて偏差が大きくなり、名古屋、豊橋、四日市での高潮偏差は、伊勢湾台風発生時の観測地とほぼ同じ程度の 2.8m ～3.44m であると予想され、この再現確率は湾奥で約 100 年に 1 回程度である（図 10 参照）。

②伊勢湾台風と同じ規模の台風が最悪コースを取る場合、伊勢湾沿岸では 1.6m～4m 程度の高潮偏差が発生し（図 11 の“002”コース）、図 12 に示すように、伊勢湾台風再来の場合より大きな高潮偏差が生じると予想され、この再現確率は湾奥で約 200 年程度である。

ことなどが指摘された。

2) 推算波浪について：

推算波浪値（2001 年）については、伊勢湾外から伊勢湾内に侵入して来る外洋波浪も計算では考慮されている。このため、湾内波のみを考慮した協議会値（1959 年）と比べると、より実際の波浪環境場に近い状況下での推算値である。推算波浪は、図 13 に示すように、外洋波の影響を受ける鈴鹿・楠、美浜・師崎海岸、一色海岸や幡豆海岸などでは波浪が大きくなり、一方で防波堤が整備された四日市港、名古屋港や衣浦港などでは、防波堤背後部にあたる場所では波浪は小さくなる。このため、外洋波浪の影響を受ける場所では、堤防越波量が大きくなる（後述の図 15 参照）。なお、図 13 において、—で示された計画波高は 1959 年の『伊勢湾等高潮対策協議会』で決められた値である。また、推算波高（伊勢湾台風）は 1959 年の伊勢湾台風の再来の場合の値、推算波高（伊勢湾台風回転経路）は 1959 年の伊勢湾台風の規模はそのまま、最大の高潮偏差が生じる台風経路の場合の値であり、2001 年の『伊勢湾高潮検討委員会』で推算された波高である。

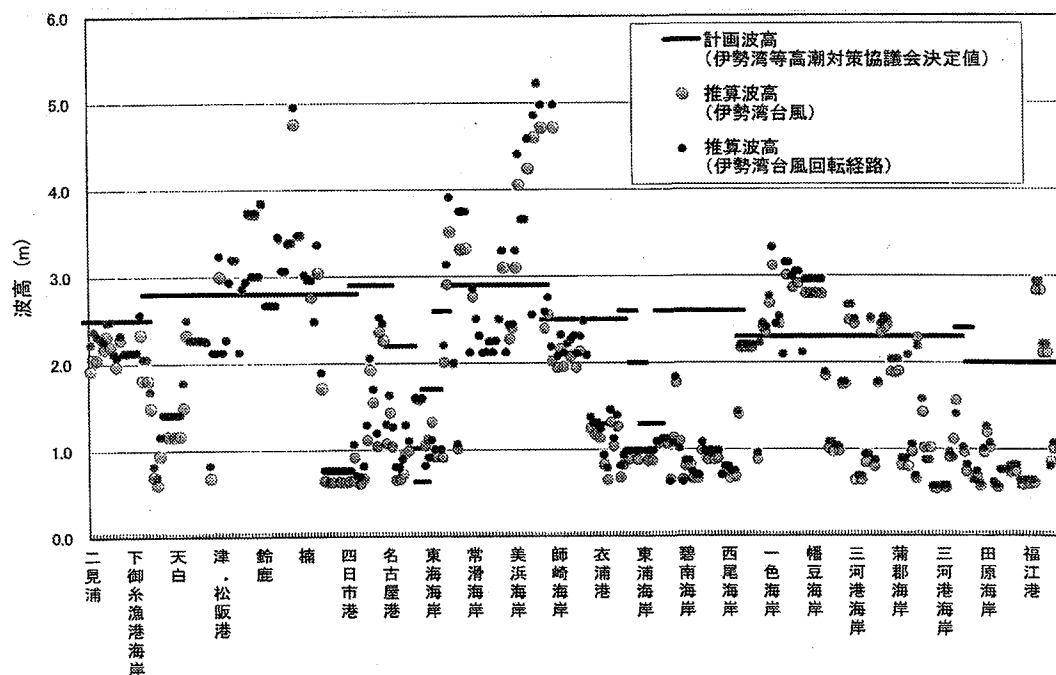


図 13 推算有義波高の沿岸部分布（2000 年）と協議会値（1959 年）との比較⁹⁾

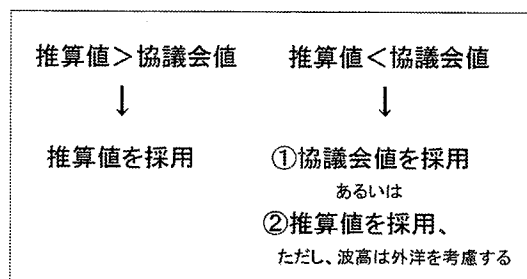
なお、推算波浪値（2001 年）の精度は向上しているが、しかし、残念ながらその妥当性を検証する実測資料がない。このため、波浪推算結果の妥当性に関しては今後の検証課題として残されていることに注意を要する。

3) 海岸保全施設の点検結果：

①伊勢湾台風が再来し、天文潮位が伊勢湾台風発生時（名古屋港：TP. +0.35m）の場合；海岸保全施設の計画天端高が必ずしも十分でない海岸が 305 箇所中 7 箇所（約 2 %）見られる。

②伊勢湾台風が再来し、天文潮位が台風期平均満潮位（名古屋港：TP+0.97m）の場合；海岸保全施設の高さが必ずしも十分でない海岸が 305 箇所中 17 箇所（約 6 %）見られる。ことなどが指摘された。

『伊勢湾高潮検討委員会』の調査結果を受けて、愛知県では海岸保全施設の今後の高潮防護水準としての高潮偏差として、図 1 4 に示すように、(1)『伊勢湾高潮検討委員会』の推算値（2001 年）が昭和 3 4 年の『伊勢湾等高潮対策協議会』の協議会値（1959 年）より大きい場合は、「推算値」（2001 年）を採用し、(2)「推算値」（2001 年）が「協議会値」（1959 年）より小さい場合は、高潮偏差として「協議会値」（1959 年）を採用するのを原則とするが、「推算値」（2001 年）を使用する場合には、設計波浪として外洋波を考慮する方針が採用された¹¹⁾。



このように、愛知県沿岸では、海岸保全施設整備の現状を考え、設計潮位を

図 1 4 新規の海岸保全施設整備に使用する潮位偏差

「台風期平均満潮位 + 既往最大潮位偏差（伊勢湾台風偏差）」
で与えるもとした。

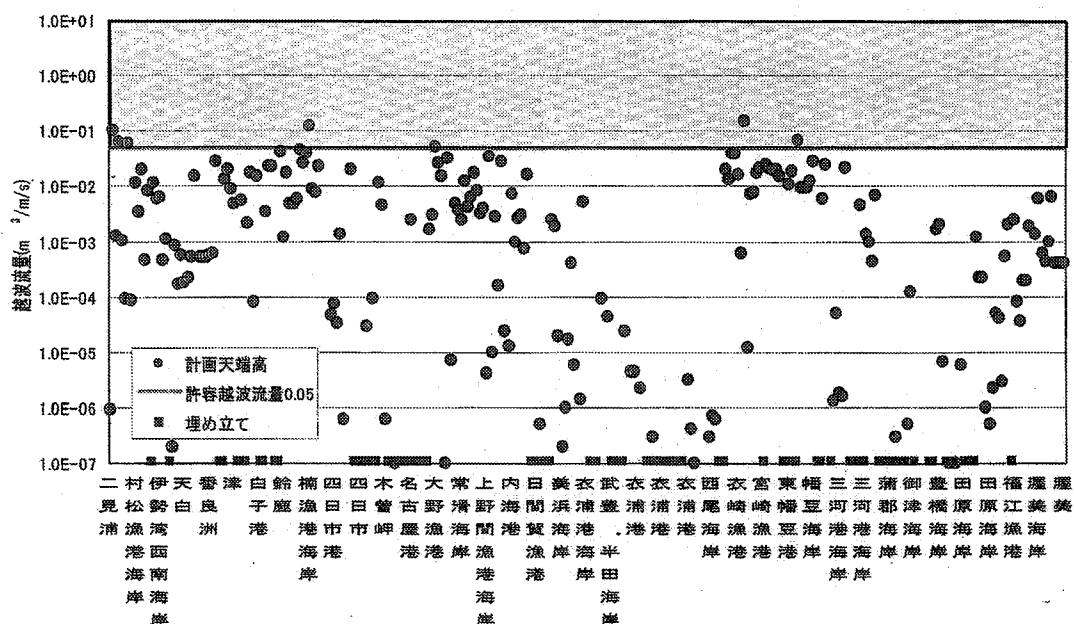


図 1 5 伊勢湾沿岸域での海岸堤防の越波量（設計潮位：伊勢湾台風時最高潮位）¹⁰⁾

ここで、既往最大潮位偏差（伊勢湾台風偏差）としては、推算値（2001 年）あるいは協議会値（1959 年）のうち、大きい方の値を採用する。なお、三重県の海岸では、設計潮位を「朔望平均満潮位＋協議会値」で与えている。また、国土交通省の直轄海岸では、設計潮位を「台風期平均満潮位＋協議会値」で与えており、伊勢湾沿岸域で設計潮位の取り方については若干のずれが認められる。

愛知県では、この『伊勢湾高潮検討委員会』の波浪推算結果を受けて、全海岸域の越波流量を $0.05 \text{ m}^2/\text{m}/\text{s}$ 以下にし、さらに背後地の海岸利用形態を考慮して越波流量をさらに極力低くすることを整備の長期目標としている。しかし、中期的には防災事業の優先性を考慮して、設計高潮位を「既往最大潮位（伊勢湾台風時潮位）」に下げ、越波流量を $0.05 \text{ m}^2/\text{m}/\text{s}$ 以下にすることを最優先課題とし（図 1 5 参照）、その整備に邁進している。

海岸堤防の計画天端高さを満たしていない海岸堤防が存在することを既述したが、ここでもう少し海岸堤防の現況高さについて述べておきたい。2005 年 9 月時点の調査では、図 1 6 に示すように、伊勢湾奥部のゼロメートル地帯の海岸堤防（三重県川越町～愛知県東海市の海岸堤防から二線堤を除いた堤防）の総延長 54km のうち、約 10% にあたる 14 km の海岸堤防の天端高さは計画堤防高さより低くなっているのが現状である。一方、伊勢湾奥のゼロメートル地帯にある河川堤防の天端高さについても、総延長の 12% 相当の 10 km が計画堤防高さより低くなっている。

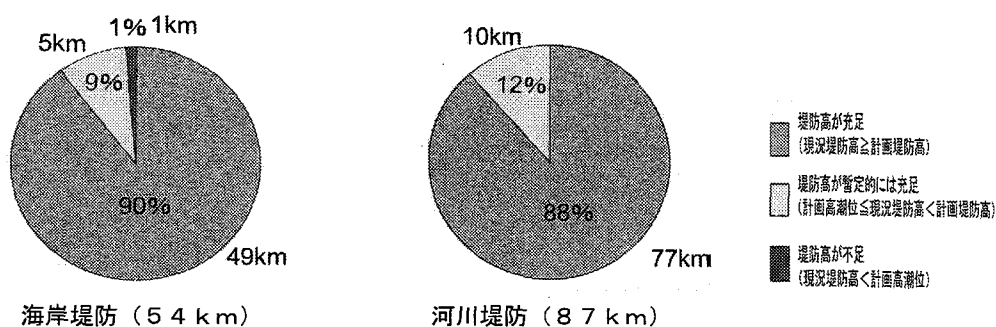


図 1 6 伊勢湾奥部のゼロメートル地帯の堤防高さの整備状況^{1 2)}

7. ゼロメートル地帯の高潮対策のあり方

高潮災害対策の基本は堤防などの海岸保全施設整備によるハード面からの対策であるが、設計高潮位を超える想定外の巨大高潮の来襲の可能性もあわせ考えると、ハード面のみでなく不測の事態に備えたリスクマネジメントなどのソフト面から被害をできる限り小さくする対策を講じなければいけない。巨大台風「カトリナ」によるアメリカ合衆国のニューオーリンズで発生した今世紀最大の高潮災害を踏まえて、2005 年度、国土交通省により行政機関と学識経験者で構成された『ゼロメートル地帯の高潮対策検討会』が組織され、2001 年 1 月に、“ゼロメートル地帯の今後の高潮対策のあり方”について提言をおこなっている^{1 3)}。提言書は、

『これまでの高潮計画に沿って堤防整備等のハード対策により浸水を万全の対策を講じることにも最も重点を置くものの、不足の事態に備えたリスクマネジメント対応のセーフティネットとして大規模浸水を想定した被害最小化対策を講じることが不可欠である』との基本認識に立ち、推進すべき具体的施策として、

- (1) これまでの高潮計画に沿って浸水を防止するための万全の対策
- (2) 大規模浸水を想定した被害最小化対策
- (3) 高潮防災知識の蓄積・普及

が必要であることを提示し、さらに

- (4) 高潮防災に関する更なる安全に向けての検討課題として、

- ①現存の高潮防護施設の超外力に対する構造的な耐力の評価に関する調査研究、
- ②設計外力としての高潮の発生確率評価に関する調査研究、
- ③高潮防護施設の効果的な維持管理に資する点検手法の高精度化、補修技術及び老朽化対策に関する調査研究、
- ④高潮による破堤箇所への迅速な復旧工法の開発に関する調査研究、
- ⑤地球温暖化による海面上昇に対する施設対策および沿岸域における土地利用のあり方に関する調査研究、
- ⑥沿岸域の防災に関わる制度面（税制、保険制度も含む）での調査検討、

が必要であることを指摘している。

ここで更に、上記の（１）～（３）項目の具体的な施策について説明をしておきたい。

（１）については、①高潮防護施設の着実な整備、②高潮防護施設の信頼性の確保（防護施設の確実な点検と応急対策計画の策定と計画的な実施）、③平時の管理体制の強化（海岸・河川管理者による施設点検の強化・データベース化、高潮情報収集・伝達体制の強化と水防管理者の取り組みの強化）の施策を具体化することが必要である。

（２）については、①浸水域の最小化（浸水区域の拡大を防止するための侵入水制御、浸水した場合の速やかな排水の確保、高潮防護施設の迅速な復旧の確保）、②浸水時でも被害に遭いにくい住まい方への転換（個々の地域の危険度が実感できる情報提供、まちづくりと連携した被害軽減策への誘導、浸水や避難を想定した建築構造化の推進、事業所などにおける機器の適正な配置等への誘導と止水版、土のうの常備などの備えへの誘導）、③迅速かつ確実な避難・救援の実現（浸水時にも機能する避難場所の確保、浸水時にも機能する避難路の確保、的確な避難誘導のための情報提供、あらゆる手段を活用した高潮情報の提供と地方自治体職員の高潮防災に関するスキルアップと危機管理行動計画の策定）と④迅速な救援・復旧・復興を考慮した施設機能の維持等（ライフラインの浸水時における機能維持、港湾等における適切な係留船等の管理による流出防止と臨海部における有害物質の流出防止）の施策を具体化することが必要である。

（３）については、①高潮防災に関する知識の蓄積と普及（知識の蓄積・普及のための教材作成及び人材育成と防災活動拠点の確保）に関する施策の具体化が必要である

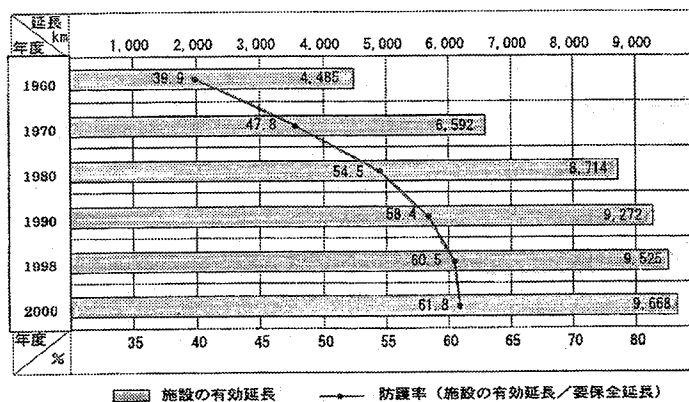
伊勢湾沿岸域では、上記（１）～（４）については、既にハード面とソフト面からこれまで精力的に取り組み、例えば、『伊勢湾高潮検討委員会』（2001年）を組織して海岸堤防の設計基準の見直し検討を先行的に行い、その最新成果を設計面に導入しているなど、具体的な施策として実施しているものも多い。しかし、ハード面では津波・高潮防災ステーションの整備など、ソフト面では迅速な非難勧告が発動できる高潮情報提供体制の更なる整備、浸水災害危険地区と避難場所を明記したハザードマップの整備などが海岸保全施設整備のハード面と統一的に結びつけられることなど、今後さらに内容の高密度化や整備作業の迅速化を図る施策項目があるように思われるが、その中で

も、現時点で早急に対応すべき課題は、海岸堤防、防潮壁や水門・閘門・樋門などの海岸保全施設の老朽化対策と耐震性の向上であろう。特に伊勢湾奥部のゼロメートル地帯の地盤の多くは沖積砂層が厚く堆積しているため、地震に対して非常に揺れやすく液状化し易い。老朽化した海岸堤防や水門などが液状化などにより甚大な被害を受けると、これらの施設の高潮防災機能が失われてしまう。この点からも、切迫している東海・東南海地震に対する海岸堤防の耐震性向上が急務であろう。

8. 海岸保全施設の老朽化対策

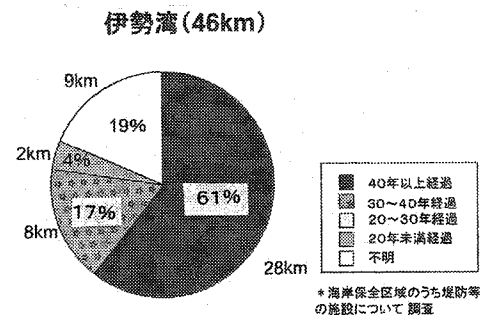
8・1 老朽化の現状：

我が国の海岸保全施設の防護水準は充分ではないため、施設の建設や改良が進められてそのストック量は年々増加している。その一方で、築後 30～40 年経過した施設の割合が増大しており、図 18 に示すように、2000 年度には、築後 40 年経過した施設が全施設の 46% を占め、築後 30 年以上を経過した施設の割合が全施設の 68% 強を占めるに至った¹³⁾。その多くが厳しい気象・海象・地盤条件下にあるため海岸保全施設の老朽化が進行しており、今後維持補修すべき海岸保全施設の



出典：海岸統計（2000 年度）

図 17 海岸保全施設の築後年数（全国）¹⁴⁾



* 海岸保全区域のうち堤防等の施設について 調査

図 18 伊勢湾奥の海岸保全施設の築後年数¹²⁾

量が増加し、それらの更新や維持補修費用の割合が増加するのは確実である。言うまでもなく、海岸保全施設の老朽化による強度低下は施設の防護機能低下につながるもので、海岸保全施設のライフサイクルを通して、老朽化の実態と老朽化による機能低下を把握し、一定水準の防護機能や場合によっては利用面での機能を維持していくことが必要である。

伊勢湾沿岸海岸堤防は 1953 年の 13 号台風と 1959 年の台風 15 号（伊勢湾台風）による高潮災害の復旧事業として整備されたため、築後 30～50 年経過した海岸保全施設が多い。図 18 に示すように、伊勢湾奥部のゼロメートル地帯の海岸堤防（三重県川越町～愛知県東海市の海岸堤防から二線堤を除いた堤防）は 40 年以上経過したものが全体の 61% にも達している。そして、30 年以上経過したものは全体の 78% にも達する¹²⁾。

一方、このゼロメートル地帯の河川堤防の耐震対策については、本論では図示しないが、94% 相当の 81 km の河川堤防に耐震対策がなされている。しかし、海岸堤防については、僅か 17% 相当の 8 km のみが耐震対策が済んでいるだけで、83% 相当の 38 km の海岸堤防が耐震対策を必要としている。また、海岸保全施設の水門・陸閘などの耐震対策についても、77 箇所中僅か 4 箇所のみ耐

震対策が済んでいるだけで、65 箇所が耐震対策必要箇所であることを付記しておきたい¹²⁾。

さて、老朽化が進んでいる海岸堤防を写真 6、写真 7 に例示するが、裏法天端部に雑木が繁茂している箇所、パラペット打ち継ぎ部にクラックが入り弱くなっている箇所（写真 6）、天端水叩部には堤体土砂吸い出に伴うひび割れが発生している箇所、表法面に大きなひび割れが発生している箇所（写真 7）などが三河湾・伊勢湾沿岸で散見される。また、名古屋港湾区域に建設された高潮防波堤も不等沈下やクラックにより老朽化が進んでいるので、その対策も必要と考えられる。

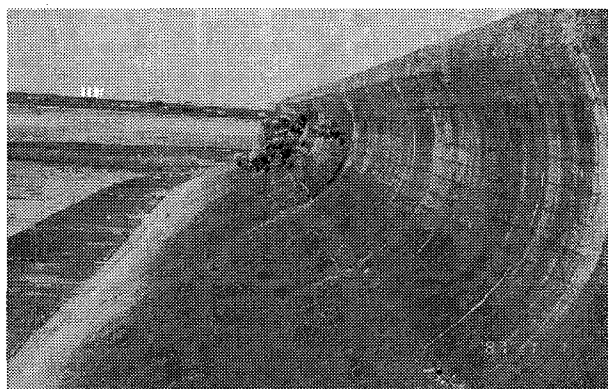


写真 6 パラペット打ち継ぎ部のひび割れ

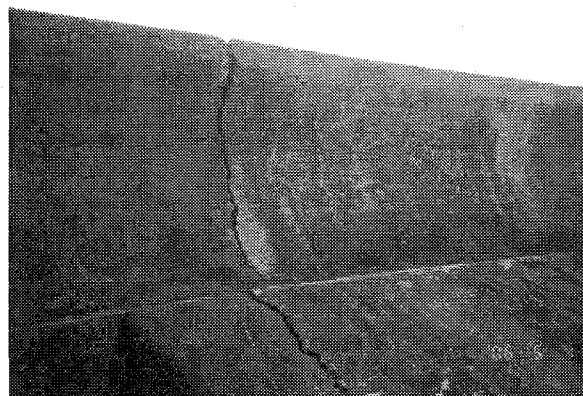


写真 7 表法面の大きなひび割れ

以上、幾つかの損傷劣化事例を紹介したが、これ以外の損傷劣化状態も多い。さて、

- 老朽化が進んだ海岸堤防の耐波力はどれ位なのだろうか？
- 補強・補修工法はどうあるべきなのか？
- 更新時期をどのように考えたらよいのだろうか？

伊勢湾沿岸域の海岸堤防の老朽化度合は海岸堤防の形式や海象・気象・地盤条件などにより異なるが、海岸堤防の陸側直背後に水域がある場合は、直背後に水域が無い場合と比べて損傷劣化速度が速いことなどが明らかになってきたが、老朽化の機構面で未だ不明の点も多い。海岸保全施設の維持管理、改良や更新に際して利用できる有益な資料がないので、当面は試行錯誤の繰り返しで止むを得ないと思われるが、海岸保全施設の維持管理を効率的に行うためには、海岸管理者は海岸保全施設の定期的点検作業（1 次点検や場合によっては 2 次点検）¹⁵⁾ を丹念に行い、損傷劣化発生の箇所とその原因およびその変状の経年変化などに関する資料を蓄積していくことが必要である。

8・2 築後 50 年経過した海岸堤防のコンクリート被覆工

ここ数年、築後 40 年以上経過した海岸保全施設の実態調査が行われるようになり、幾つかの重要な調査結果が報告されている^{16)～18)}。伊勢湾西南海岸の松名瀬地区の海岸堤防は築後 50 年経過しており、空洞化とひび割れの発生などにより老朽化が進んだため、後述するように改良改築中である。この改築に先立ち行われた海岸堤防のコンクリート被覆工のコア抜き強度試験などにより、つぎの事柄が指摘されている。

- ① 表法コンクリート被覆工の圧縮強度は、図 1 9 に示すように、50 年前の建設当時の基準強度値の 21N/mm^2 を上回っているところが多い。
- ② 表法被覆工のコンクリート強度は、土中部の方が空気に曝された地上部より大きい（図 1 9

参照)。コンクリート中性化深さについても、土中部の方が空中部より著しく浅い。

- ③ 裏法被覆工のコンクリート圧縮強度は、図20に示すように、13.2~50.1N/mm²に分布し、建設当時の基準強度の21N/mm²より小さい箇所もあるが、平均強度値が28.5N/mm²であり、基準強度値を上回っている。また、圧縮強度はワイブル分布でほぼ予測できる。

$$p(x) = \frac{\int_{\gamma}^{\infty} f(x) dx}{\int_{\gamma}^{\lambda} f(x) dx} f(x), f(x) = \frac{m}{\alpha} (x - \gamma)^{m-1} e^{-\frac{(x-\gamma)^m}{\alpha}}; x < \gamma \text{ で } f(x) = 0, x > \lambda \text{ で } p(x) = 0$$

ここで、 α は尺度のパラメーター、 m は形状のパラメーター、 γ は最低値、 λ は最大値である。

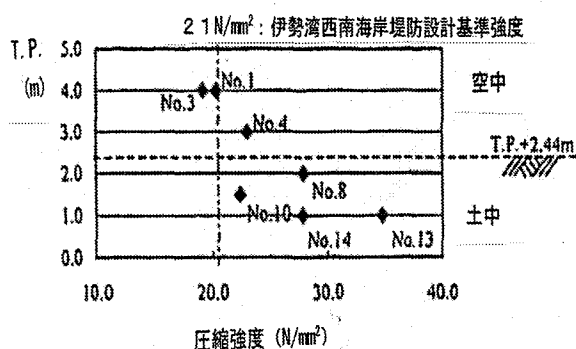


図19 表法被覆工の圧縮強度¹⁶⁾

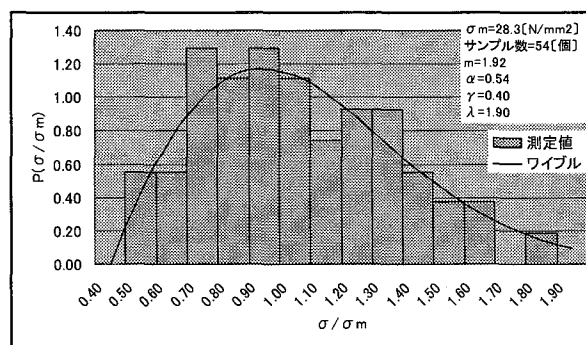


図20 裏法被覆工の圧縮強度の分布¹⁸⁾

- ④ 表法面より裏法面でひび割れがよく発生する。裏法面のひび割れは、乾燥収縮に起因すると思われる打継ぎ縦目地間のほぼ中央部で発生し易い。上下3段打継ぎ施工の場合、ひび割れ幅は下段、中段、上段の順で大きくなり、またコンクリート強度は下段、中段と上段の順で小さくなる¹⁸⁾。
- ⑤ このため、裏法面の老朽化は天端から法尻に向かって進展する。

伊勢西南海岸の松名瀬地区では、上記の調査結果を利用して、ひび割れと空洞化が進んだ海岸堤防を完全に取り壊して更新するのではなく、空洞部を充填し、設計強度以上の被覆工を巧みに残して利用し、同時に耐震性向上を図る補修・補強・改築工事が行われているので略記する¹⁵⁾。築後50年経過したコンクリート三面張り海岸堤防の老朽化が進み、また地盤の液状化が予測されたため、図21に示すように、コンクリートの打替えなどで補修して、被覆工の強度を補強する。そして、表法面と裏法面を覆土することにより“押さえ盛土”効果により耐震性を向上させる。さらに、この盛土部に植栽・植樹を行い、景観に優れ、自然と触れ合う場を提供できるよう、

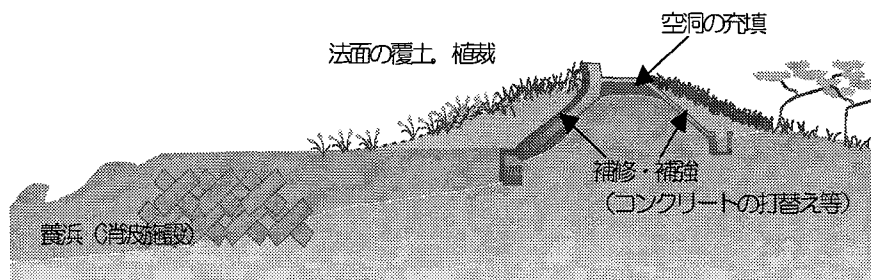


図21 松名瀬海岸で改築中の海岸堤防の概念図¹⁶⁾

“津・松阪ブロック”の海

岸整備の基本方針に沿うような、「防護」、「利用」と「環境」が調和した新しい海岸堤防に改築中であり、老朽化対策を兼ねた新しい海岸堤防の整備工法の1つとして注目を集めている。

8・3 ライフサイクルマネジメントの必要性^{14)、19)}

海岸保全構造物の生涯は、調査を含めた企画・設計の準備段階に始まり、完成した後維持管理され、最後に老朽度の判断により解体・処分されて終わる。構造物のライフサイクルを通して、老朽化と機能低下を正確に把握して適切に維持管理を行うことにより、最小のコストで所要の機能を確保していくライフサイクルマネジメント（Life Cycle Management；LCMと略称）が必要である。構造物の生涯を通しての費用がライフサイクルコスト（Life Cycle Cost；LCCと略称）である。このLCCを最小にする維持管理で重要なことは、コスト（C）と同時に防護効果（B）を考慮する必要があることである。すなわち、LCMでは住民に保証する防護水準を設定しライフサイクルを通しての費用対効果（ B/C ）の最大化を図るマネジメントが必要になる。しかし、海岸保全施設へのLCM導入に際しては、解決すべき技術的課題が多く残されていること、海岸管理者の体制を整備する必要があることなどのため、先ず短期的な目標と長期的な目標を定めて、できることから導入を図ることが望まれる。その後、海岸保全施設に関する変状連鎖や機能の低下予測、補修効果に関する情報や知見を蓄積しLCMを高度化していくのが現実的である。

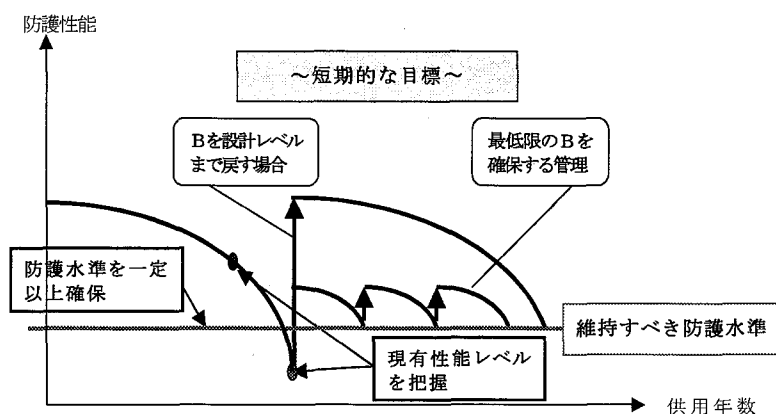


図2-2 短期のLCMの概念図¹⁴⁾

短期的な目標は、図-2-2に示すように、ライフサイクルコ

ストの最小化にあまり重点を置かず、ライフサイクルを通して防護水準を一定以上に保証する維持管理体系を構築することである。また、長期的な目標は、点検技術と機能低下の予測評価技術の精度を向上させ、ライフサイクルを通じて維持すべき防護水準を最小のコストで対応できる仕組みを構築することにある。そのためには、①定期点検を丹念に行って構造物の変状記録を残す、②機能評価に用いた点検結果や検討結果を履歴として残すとともに、③補強・補修工法の革新などを行なうことが必要である。

9. おわりに：

以上、伊勢湾沿岸における高潮防災対策について、ハード面を主体にして述べてきた。既往最大の高潮を越える巨大高潮が来襲する可能性を視野に入れながら、ハードとソフトの両面から高潮災害の防止に取り組まなければならない。わが国では、沿岸域に人口と財産や産業経済活動が集中しているので、アセットマネジメントの視座からも高潮防災対策の高度化を図る必要がある。

伊勢湾沿岸では、海岸保全施設の老朽化対策と耐震性向上策を急ぎ、ソフト面での迅速な非難勧告が発動できる高潮情報提供体制の更なる整備、浸水災害危険地区と避難場所を明記したハザード

マップの整備などが海岸保全施設整備のハード面と統一的に結びつけられることが望まれる。そして、地域住民は行政機関と積極的に協働して、高潮災害防止活動を行なうことが必要である。

参考文献：

- 1) 三河湾・伊勢湾沿岸海岸保全基本計画(2003)：愛知県・三重県，87p.
- 2) 木曾三川～その流域と河川技術(1988)：建設省中部地方建設局，953p.
- 3) 伊勢湾台風復旧工事誌，上巻，下巻（1963）：建設省中部地方建設局，575p., 670 p.
- 4) 伊勢湾台風災害復興誌（1964）：愛知県，499p.
- 5) 伊勢湾を襲った台風～昭和28年13号台風の記録（2004）：国土交通省三重河川国道事務所.
- 6) 豊島 修（1968）：1968年度水工学に関する夏期研修会講義集，水工学シリーズ 68-05，pp.5-1－5-28.
- 7) 伊勢湾台風による構造物被災状況－岩垣雄一京都大学名誉教授による－（2001）：京都大学防災研究所，間瀬肇助教授作成.
- 8) 名古屋港高潮防波堤建設史概要（1987）：運輸省第五港湾建設局設計室.
- 9) 平成11年度伊勢湾高潮検討調査報告書(2000)：運輸省第五港湾建設局・(財)沿岸技術開発研究センター委員会，229p.
- 10) 平成12年度伊勢湾波浪検討調査報告書（概要版）(2001)：国土交通省中部地方整備局・(財)沿岸開発技術研究センター，61p.
- 11) 岩田好一朗（2006）：伊勢湾沿岸の高潮対策，海岸，Vol.45，pp.14-17.
- 12) ゼロメートル地帯の高潮対策検討会第1回検討会資料(2005)，国土交通省.
- 13) ゼロメートル地帯の今後の高潮対策のあり方について(2004)，ゼロメートル地帯の高潮対策検討会，17p.
- 14) 難波喬司・横田弘・橘義規・田中樹由・岩田好一朗（2003）：海岸保全施設におけるLCM（ライフサイクルマネジメント）の導入検討，海岸工学論文集，第50巻，p.916-920.
- 15) 伊勢湾西南海岸老朽化判定マニュアル（案）(2004)：国土交通省中部地方整備局・三重河川国道事務所，43p.
- 16) 田中浩光・田中茂信・大中武易・土屋文人(2004)：築後50年を経過した海岸保全施設の評価，海岸工学論文集，第51巻，pp.876-880.
- 17) 横田弘・岩波光保・関根好幸（2003）：海岸保全施設の老朽化実態とその進行モデルの構築，海岸工学論文集，第50巻，pp.911-915.
- 18) 山内祐子・三崎真澄・吉田吉治・田中茂信・岩田好一朗（2006）：築後50年経過した海岸堤防の裏法面の老朽化に関する一考察，研究発表会講演概要集，土木学会中部支部，pp.203-204.
- 19) 難波喬司・久米秀俊・横田弘・田中樹由・岩田好一朗（2004）：海岸保全施設の維持管理へのライフサイクルマネジメントの導入手法の提案と検討例，海岸工学論文集，第51巻，pp.881-885.