

新潟西海岸の侵食対策

The Shore Protection of Niigata West Coast

中 田 博 昭

Hiroaki NAKATA

はじめに

新潟海岸は、信濃川の運ぶ多量の土砂により生成発達してきたものと考えられている。信濃川は、越後平野を南から北へと縦貫する、延長約370kmの大河川である。古来、数限りない氾濫を繰り返し、その都度、莫大な土砂を下流に押し流し、汀線を前進させてきた。なお、これに比べると、阿賀野川は清流として名高く、その沖積作用はほとんど期待できないとされている。この様にして、新潟海岸は明治に至るまで前進を続けてきた。

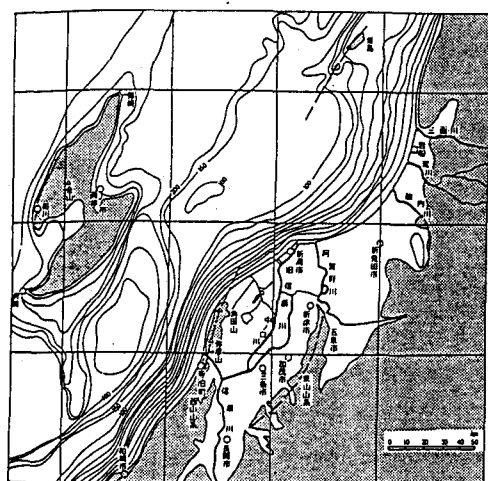
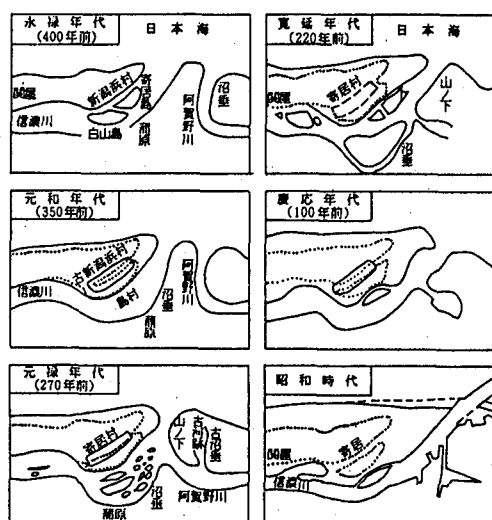


図1-1 新潟地方地形図



点線は古新潟および島村のこん跡を示す。海岸点線は久遠前の想定線を示す。

図1-2 信濃川、阿賀野川河口変遷図

この新潟海岸も、やがて、明治に入ると、河口突堤の建設、河川改修工事、大河津分水の通水等が行われたことにより、流出土砂が減少し、大規模な海岸決壊が起こった。例えば、西海岸では明治以降現在までに、最大で350mも汀線が後退している。

これに加え、昭和30年頃、新潟市を中心に、かなり広範囲にわたって大規模な地盤沈下が起こった。このため、施設は沈下によってその機能を失い、決壊はさらに促進される結果となった。

海岸侵食に対する防護工事は、昭和初期から開始されてはいたが、本格的な対策は、昭和26年に新潟港技術調査委員会が海岸侵食対策工事の全体計画を策定したことによって始まった。この計画に沿って、潜堤、離岸堤、突堤が建設されたことにより、現在、汀線に大きな変化はなく、一応の小康が保たれている。

しかしながら、なお、離岸堤の沈下は続いており、崗上げの繰り返しによりその機能を確保しているに過ぎず、また、離岸堤前面の侵食も確実に進んでおり、このままの状態では、やがて、離岸堤の全面崩壊と言った事態も予想される状況にある。このため、早急に新たな侵食対策工事を実施する必要性が生じている。一方、地元では昔のような幅広い砂浜を復元し、レクリエーションの空間とし活用する構想もあり、要請に応じていく必要がある。

このような背景から、現在、新潟西海岸では、新しい試みとして、面的防護工法による侵食対策事業が進められている。ここでは、わが国の代表的侵食海岸である新潟海岸の決壊の歴史と、これに対する過去の対策工事の経緯、および新たな対策としての面的防護工法について紹介することとしたい。

1. 新潟海岸の決壊の歴史

信濃川による新潟海岸の形成過程は次のように考えられている。信濃川により運ばれた土砂は、いったん、海中に放出され、主として冬季の風波期間中に東、西、あるいは沖向きに移動を行う。その一部分は、東に運搬され、一種の拡散に似た形式で海岸形成に寄与する。他の一部は、河口の砂しを漸次東に伸ばして、新しい地形を造成する。更に他の一部は選択淘汰作用を受けて、沖合いに運ばれ、そこに堆積して河口三角州外縁の発達に寄与することとなる。

新潟海岸は、本来、発達のよい沖積海岸であり、ごく最近に至るまで、このような発達の過程を歩んで来た。その後、激しい海岸決壊に見舞われ、その範囲は河口の西方約6 km、東方約2 kmに及び、河口三角州も大部分がその影響下に入った。

1. 1 信濃川に対する自然改造工事

先ず、このような決壊の原因となった、一連の自然改造工事について概観する。

なお、以下の記述は、海岸への影響という一面からのみ述べたものであり、洪水の危険からの解消など、これらの工事により地域の受けた恩恵はきわめて大きなものであった。

(1) 河身改修工事

明治8年から始まり、同35年に一応終了したが、その後も上流の千曲川・犀川流域で砂防工事行われるなどほとんど絶え間なく工事が行われ、発電用ダムの建設を含めて、信濃川流域の流送土砂を大きく減少させる原因となった。

(2) 河口突堤

明治29年から始まった信濃川流末工事、その後の補強工事を経て、大正13年にほぼ現在見られるような突堤に完成された。これにより河口から流出する土砂は以前に比べ東方にそれ易くなり、また突堤部分の流速が増大したため、海中に流出される土砂は沖合いに押しやられるようになった。

(3) 大河津分水

越後平野を洪水から防ぐ目的で、信濃川河口より上流約58 kmの大河津から日本海の寺泊までの約10 km区間に新河道を開削したもので、明治42年着工、大正11年に通水に至っている。これにより旧河道における掃流力は減少し、下流に堆積する土砂の割合が増大すると共に、海中に放出される土砂は微細な浮遊体が主体となった。また流量の激減にともない、流掃土砂量が減少し、土砂供給源としての能力は著しく減少することとなった。

(4) 関屋分水

近年になって、大河津分岐点から下流の支川工事が進み、旧信濃川の流量が増大したことによる洪水の危険から新潟市街地を守ると共に、川幅を狭めて東西に分断された新潟市街地の一体化を図り、さらに河口に位置する新潟港の港湾機能向上とを図ろうとしたものである。昭和38年度から着工され、47年に通水し、56年に概成している。

これらの中では、河口突堤の築造と、大河津分水の通水とが重要である。先ず、突堤の出現により河口三角州が東西に分断され、西海岸と供給源との有効距離がかなり増大したところへ、さらに大河津分水工事のために、供給土砂量は激減することとなったのである。

1. 2 海岸決壊の経過

信濃川に対する自然改造工事が大規模に行われるようになった明治中期以降の汀線の移動状況につ

いて見てみる。図1-3、1-4は西海岸および東海岸の決壊の推移を、図1-5、1-6は日和山展望台付近（西海岸）および昭和石油裏の砂丘および海底勾配のの変化状況を示している。

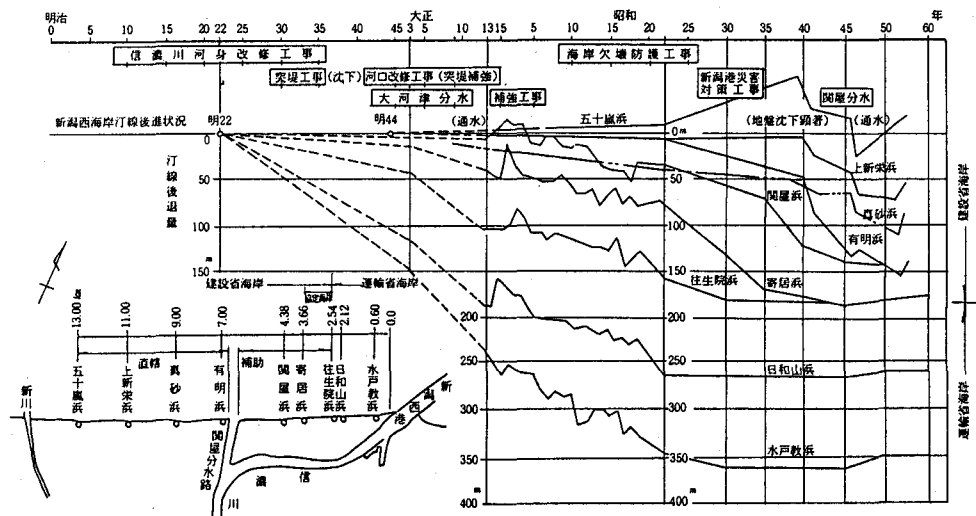


図1-3 西海岸の欠陥の推移

西海岸については、明治22年から大正3年の、主として河口突堤による影響だけが作用していた期間は、水戸教浜から関屋浜にいたる長さ4kmの区間において、年平均2.64mの後退が生じている。ところが、大河津の通水や河口における大規模な浚渫が行われた大正3年～13年の間の平均後退量は5.05mとなって以前のほぼ倍となっている。その後、大正13年から昭和19年までは、年平均後退量は、2.52mと大河津以前の状態に復している。これを地点別にみると、突堤元付けに近いほど決壊は大きく、約6km離れた地点での後退量はほとんど0に近くなっている。

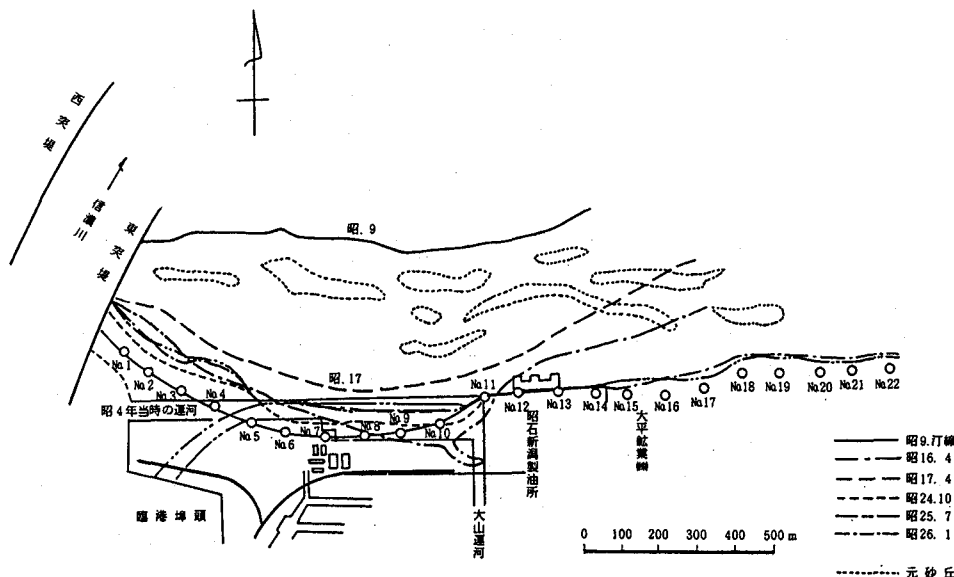


図1-4 東海岸の欠陥の推移

次に東海岸についてみると、東突堤元付け部から約2 km付近までの汀線後退量が顕著であって、突堤から約5 km離れた阿賀野川周辺は一応安定した海岸線を保っている。この東海岸の決壊傾向は西海岸とは異なり、西海岸が突堤築造後早くも決壊を始めたのに対し、東海岸では、突堤築造後も汀線はむしろ前進し、決壊が始まったのは、それより18年後の大河津分水の完工後であった。大正10年から昭和17年までの21年間約200 m、年平均では約10 mと言う後退速度であった。そして、これは突堤築造前の前進速度をわずかに下回る率であった。

このことは東海岸の特性を示しており、河口突堤築造後も、河口から放出される洪水流は依然として莫大な土砂を運び出し、その流心は突堤先端から次第に東にそれ、その岸よりの部分は、一種の死水状態もしくは緩慢な循環流となり、土砂が堆積し易くしていた。

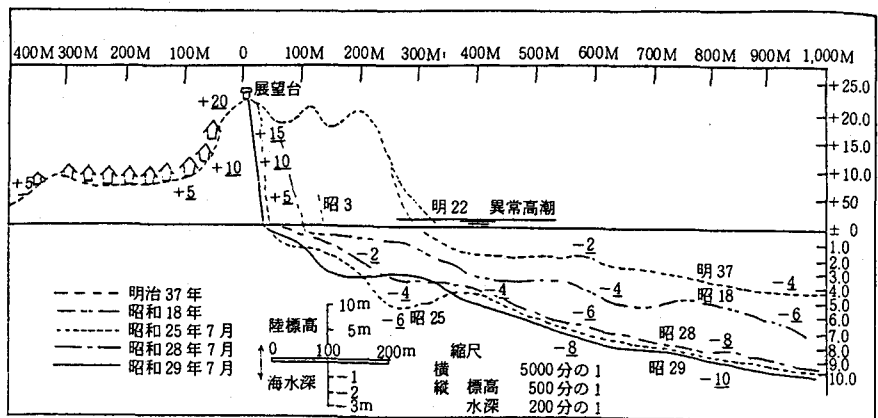


図1-5 日山展望台付近の砂丘および海底勾配

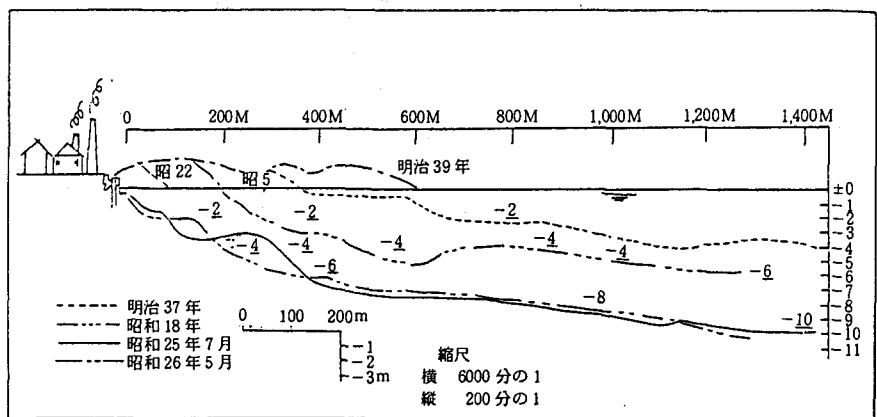


図1-6 昭和石油裏の砂丘および海底勾配

2. 海岸保全対策工事

2. 1 初期の対策

新潟海岸決壊に対する防護工事については、昭和8年頃から、西海岸元付け部護岸と旧測候所前面の防護工事が実施されている。しかしながら、当時の防護工事は、甚だ局所的、応急的なものであった。終戦直後の昭和20年、21年、冬季の時化により西突堤基部及び東突堤から昭和石油間の砂丘が決壊、海水が港内に流入することとなり、初めて本格的な海岸保全対策が考えられるようになった。

この様な状況のもとに、昭和21年12月、新潟港技術調査委員会が設置された。委員会は、新潟

港の埋没と新潟海岸の侵食の原因の探求を目的としたもので、運輸省、建設省、気象台、経済安定本部、海上保安庁、新潟県、新潟市等の機関の長、専門家により構成されていた。また、この委員会に平行する形で、昭和23年に国土の保全開発の見地より経済安定本部資源調査会に漂砂対策研究会が設けられ、その現地調査委員会として、同年8月新潟県海岸対策委員会が設置された。そして、この委員会からの委嘱により、新潟港技術調査委員会は新潟市の海岸対策についての検討も行うこととなった。一方、その中間報告や工事に対する検討にもとづいて、図-1に示すように防護工事も平行して進められた。

2. 2 技術調査委員会の結論と対策

昭和26年11月、この委員会から、潜堤を中心とする海岸決壊防止対策工事の基本計画が報告された。決壊防止対策工事の考え方、および決壊防止対策工事の全体計画の概要は以下のようなものであった。また、工事に要する費用は、港内浚渫による補給土砂分を除き、総額約5億円と見積られていた。

(1) 決壊防止対策の考え方

海岸決壊が冬季の波長の短い波浪の碎波によって生ずる離岸流、底曳流及び海岸に平行な横方向の流れによって、碎波帯内の底質が沖合いに移動することによって起こると考えられるから、決壊を防止するためには、波の勢力を弱め、これらの流れを阻止することが原則と考えられる。波の勢力を完全に抑えるためには、防波堤を設ければよいわけであるが、これは工費が高すぎるので経済効果が余程大きくなければ実施不可能である。そこで、経済的に波の勢力を弱める手段として潜堤を考えたのであるが、この最も経済的な位置は、碎波による磯波帯の底質の攪乱を阻止する点からは、岸から300～350m沖合い、水深5.0～6.0mの付近、すなわち冬季の第一碎波線が最も良いことになるわけであるが、この場合でも構造物の高さが4.0～5.0mになって工費が相当かさむので、最終碎波線に当たる付近、すなわち海岸から100～150m沖合いの水深3.0m付近を設置箇所として、それより岸側の底質の移動防止によって海岸決壊を防止する。

(2) 新潟海岸決壊防止対策工事全体計画

西海岸については

1) 決壊の甚だしい水戸教浜から日和山浜にかけて、岸からの距離100～150m、水深3.0mの位置に延長1,500m潜堤を設置し、さらに内側に縦堤を設置して潜堤内側の流れを阻止する。また簡易な平行護岸を設けて砂丘の後退を防ぐ。

2) 元付付近の既設の波止堤の横堤は潜堤によって連結する。

3) 日和山浜以西の約700mの区間は、突堤のみをもって一応防護する。

4) 新潟港内の埋没土砂を浚渫し、これを潜堤内側に排土する。

東海岸については

1) 決壊の甚だしい昭和石油裏は鋼矢板パラベット付き護岸を築造して防護する。

2) 昭和石油裏から東突堤までの間は突堤を設けて漂砂の補促に役立てる。

3) 東突堤の岡上げにより、東突堤基部に堆積した土砂の港内航路への流入を防止する。

4) 港内埋没土砂のできるだけ多くを東海岸に排土する。

2. 3 昭和30年度計画

昭和26年11月に決定した全体計画に基づいて工事は進められ、30年度には一部を残して一応の完成の予定であった。29年度の冬季風浪は異常に激しく、日和山浜東方では、民家までわずか30mの距離まで決壊が進み、また施工区域外で人家の転落や立ち退きが生じる等の被害を受けた。こ

の様な状況に対処するため、計画区域の拡張を含む計画の変更が検討され、30年度以降4か年での完成を予定とした、施工済み分2億円を含む総事業費10億円の新計画が認められた。変更計画の概要は以下に示す通りである。

西海岸については

1) 潜堤工については、海岸防護の効果が良いことから日和山地先に220m新設すると共に、潜堤及び潜堤付近の海底の洗掘対策として、テトラポッドによる嵩上げを行う。天端高は、潜堤に維持天端高-0.2mに対し、沈下実績から+0.5mとされた。

2) 縦堤工については、潜堤新設に伴う分に加え、寄居浜までの増設を行うと共に、パイル一列打ち堤は透過度が高く、効果が期待できない結果となったため、2列打ち石詰縦堤に変更する。

3) 護岸工については、230mの増工を行うと共に、一部、工法の再検討を行う。

東海岸については

1) 潜堤工については、昭和石油裏との護岸工の安全性が確認されたことから、潜堤工による対策工から護岸工、縦堤工へと変更する。

2) 縦堤工については、東突堤、昭和石油間に3基のほか7基を計画する。

3) 護岸工については、昭和29年をもって新設計画を終了する。

その後、この変更計画に基づいて工事は進められ、昭和34年をもって一応工事を完了した。

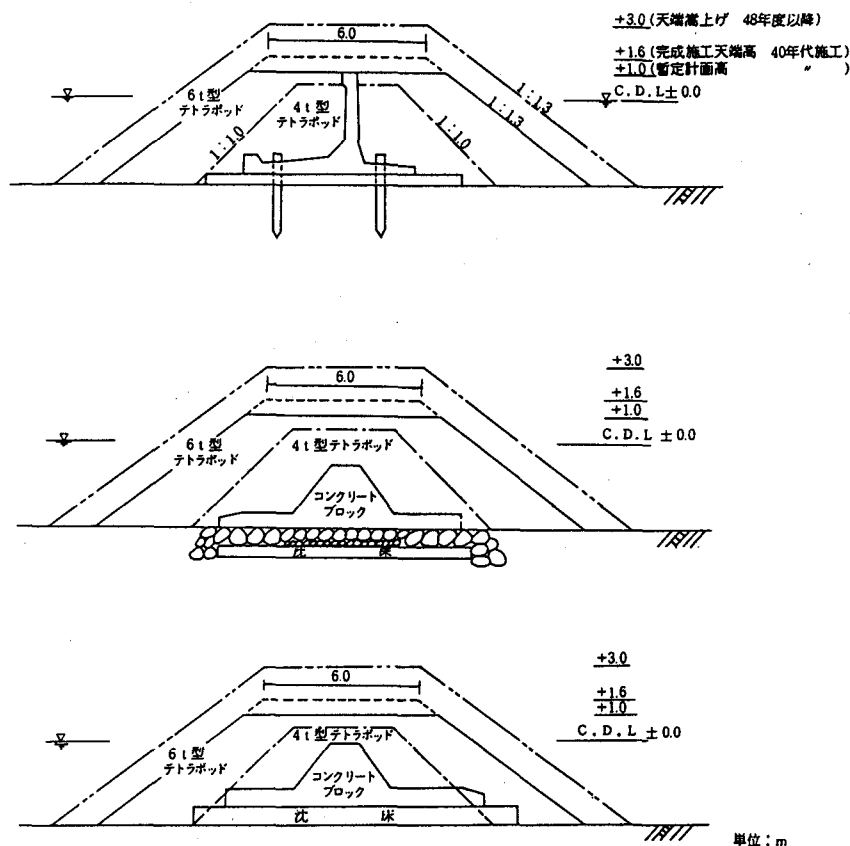
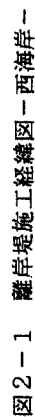


図2-2 嵩上げ断面



2. 4 昭和35年以降の計画

昭和35年、経済企画庁の地盤沈下審議会において、昭和35年から40年までの沈下量を0.7m、昭和35年から45年までの沈下量を1.2mと見込み、地盤沈下対策事業を進めて行くとの方針が出された。このため、潜堤の岡上げ天端は地盤沈下を考慮して+1.2m（維持天端高+0.5m）で補強工事が行われることとなった。

その後、40年度以降の現地調査等により、離岸堤が消波機能を維持するには+1.0m以上必要であり、また沈下対策としては天端高+3.0あれば効果が高いとの結論が出された。このため、昭和46年度以降、天端高+3.0までの岡上げが開始され、昭和50年ほぼ全域の岡上げを終了した。

一方、東海岸では地盤沈下対策として、護岸や縦堤の岡上げ、補強などの工事を実施してきたが、東海岸の背後には工場や民家などが接近していたことから、侵食防止対策として、昭和42年度に延長2540mの離岸堤および突堤の建設が開始され、55年度に終了した。離岸堤の天端高は当初+1.1mとして計画された。しかしながら、一年間の最大沈下量が、42年度施工箇所で1.9m、44年度の施工箇所では3mを示すなど、全般に沈下が激しかったため、45年度からは、既設部分も含め、+3.0mで施工されている。

西、東の両海岸とも、離岸堤の沈下はその後も続いており、岡上げ工事は今も続けられている。

3. 地盤沈下とその対策

3. 1 新潟市における地盤沈下の経緯

新潟市の地盤沈下については、すでに、昭和5年の一等水準点の測量により確認されており、32年間の最大で12cmの沈下が認められている。しかしながら、新潟市周辺は主として信濃川によって作られた比較的新しい沖積層であることから、特に注目されることはなかった。昭和26年の測量により、最大沈下量が21年間で17cmと、年平均沈下量が以前の倍となっていることが判明した。その後、30年の測量により沈下量がさらに増大していることが明かにされた。

そして、昭和32年に第一港湾建設局長を委員長とする「新潟地区地盤調査委員会」が発足、続いて33年には、科学技術庁資源調査会が「新潟地盤沈下特別委員会」を設置した。この委員会は34年6月に、「新潟周辺の地盤沈下の主原因は、地下水の急激な大量揚水であるとする説を重視せざるを得ない。」との報告を提出した。これをうけて、34年9月通産省からの勧告規制と言うかたちで、新潟市の大半を含む広い地域で、天然ガスの採取が中止された。この結果、35年3月の水準測量では、規制区域が最大1.5mm/dに増速したのに対し、規制区域内では34年3月の最大1.4mm/dが0.7mm/dに減速した。

一方、同じ34年に経済企画庁は「地盤沈下対策審議会」を設置し、35年に地盤対策の基本方針が審議会から発表された。これによると、35年から40年までの地盤沈下量を0.7m、35年から45年までの沈下量を1.2mと見込み、地盤沈下対策を実施することとしている。

これに基づいて昭和35年7月、新潟地盤沈下恒久対策事業全体10ヶ年計画および5ヶ年計画が策定され、36年度から事業に着手された。

3. 2 新潟地盤沈下恒久事業計画

新潟地盤沈下恒久対策全体計画の概要は以下の通りである。

1) 東海岸岡上げおよび補強工について

東導流堤より船江町にいたる区間は、推定沈下量に見合う堤体や根固めテトラポッドの岡上げ、背面盛り土を行い、昭和石油前面を除く既設の堤体基礎がコンクリート矢板の区間は、M. I. P. による補強を計画して堤体の安定を図ると共に、全区間に止水工を計画する。

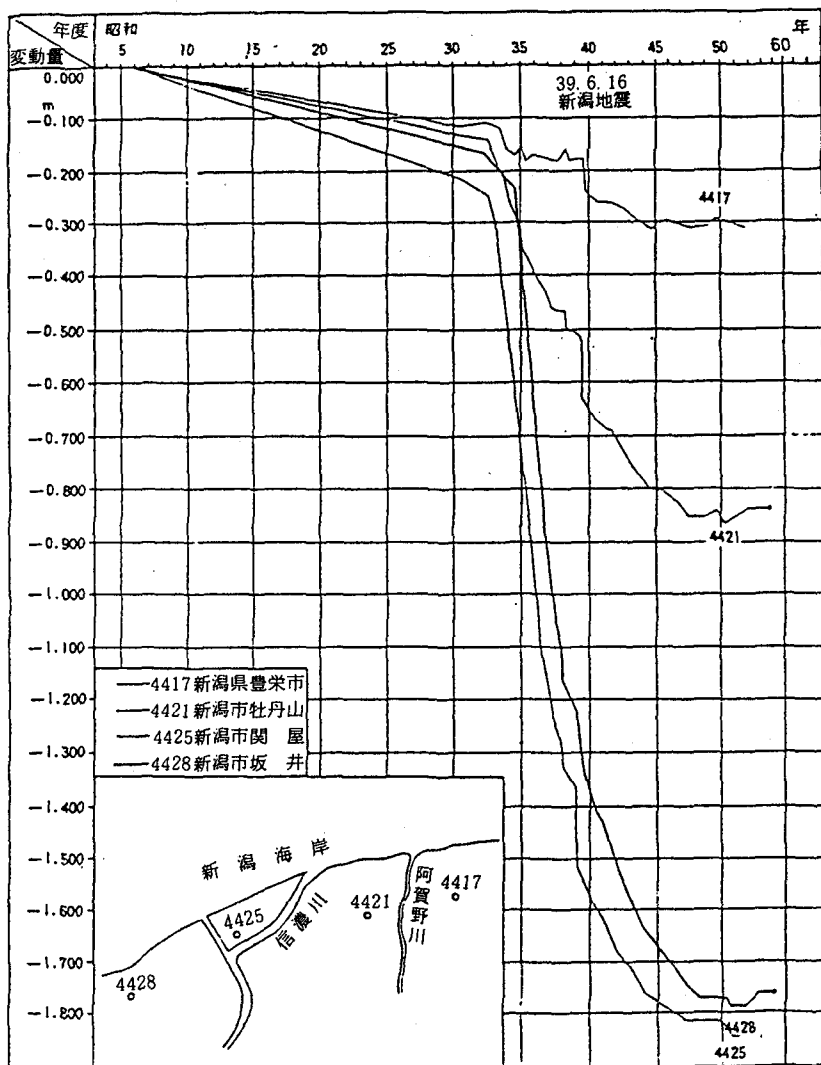


図3-1 新潟市周辺の地盤沈下

2) 護岸新設工について

船江町既設護岸より港湾区域まで護岸工を計画する。それより以東は建設省所管工事として本工事と規を一にして計画されるものとする。護岸前面の洗掘により堤体基部からの背面土の流失を防ぐため前年度施工と同断面とし、基部はφ40cmのM. I. P. 連続壁上部打ちとする。

3) 縦堤補強ならびに新設工について

既設縦堤中、昭和33年度施工部分は1.00mの沈下を見込み施工してあるので、中詰め石の補充で機能は維持できると考えられるが、昭和30年度以前に施工された縦堤は沈下が甚だしく、機能が極めて低下しているので、4tテトラポッドとコンクリートパイルによる補強方法を比較検討した結果、既設堤はこれを放棄し、同数の縦堤を新設することにした。また、全縦堤に先端部分の洗掘防止と機能増を目的として、4tテトラポッドによる補強工を計画する。

4) 西海岸潜堤工について

西海岸の構造物は決壊対策ならびに災害復旧工事としてその大部分が昭和30年度に竣工しているが、地盤沈下のため、その機能が極度に低下している。潜堤の沈下は、その主原因は地盤沈下と判断されるが、決壊に起因することも皆無とは言えない。原因は早急に探求されなければならないが、本計画では最小限推定沈下量のみ嵩上げ補強を計画する。

5) 縦堤補強について

西海岸縦堤は、昭和27年～30年度に施工され、機能低下が著しいため、東海岸と同様既設堤を放棄し、同数の縦堤を新設することとする。

6) 護岸嵩上げ補強工について

東海岸同様に推定沈下量に見合う堤体、本体、根固めテトラポッドの嵩上げ補強工を計画する。

その後、この新潟地盤沈下恒久対策事業計画に基づいて事業が進められたが、沈下が進んだことにより、事業は年々状況の変化を来し、昭和38年7月改訂計画が策定され、41年度に前期計画が、続いて46年度に後期計画が終了した。そして、海岸侵食対策については、「2. 4 35年度以降の計画」に記したような経過を経て現在に至っている。

4. 新たな保全対策

これまでに述べてきたような対策により、現在の新潟西海岸は汀線の後退も収まり、一応の安定を保っているように見える。しかしながら、その安定は、離岸堤の嵩上げや港内の維持浚渫土砂の投入等により、辛うじて保たれているというのが実状である。離岸堤前面では、今も、浚渫は確実に進んでいる。このための抜本的対策として、現在西海岸では、新たな保全対策として面的防護対策が進められている。以下にその概要を紹介することとする。

4. 1 新潟西海岸の自然条件

(1) 地形

1) 沖合いの地形

新潟海岸の沖合いの地形を見ると、図1-1に示すように、特に水深60m以深では、佐渡ヶ島及び粟島のためかなり複雑になっている。しかし、60m以浅になると等深線の線形は単調になり、滑らかな曲線を描きつつ海岸線に平行に走るようになる。水深60m以浅の海底勾配は、荒川河口から信濃川河口の間のほぼ中央付近が最も緩やかであり、その両側に向かって徐々に旧勾配になっている。また、佐渡ヶ島の南には佐渡ヶ島海盆があり、最大水深は500mにも達している。

2) 浅海域の地形

新潟市街前面の海浜地形を見ると、西港付け根より約3 kmにわたって、連続離岸堤に覆われている。砂浜はその背後に数十mの幅であり、その範囲は連続離岸堤の西側2 km付近までである。海浜の断面は、離岸堤の設けられている区域を除き、一段あるいは二段の沿岸砂州が存在し、平均的な海岸勾配は、 $1/80 \sim 1/90$ 程度である。

(2) 気象・海象

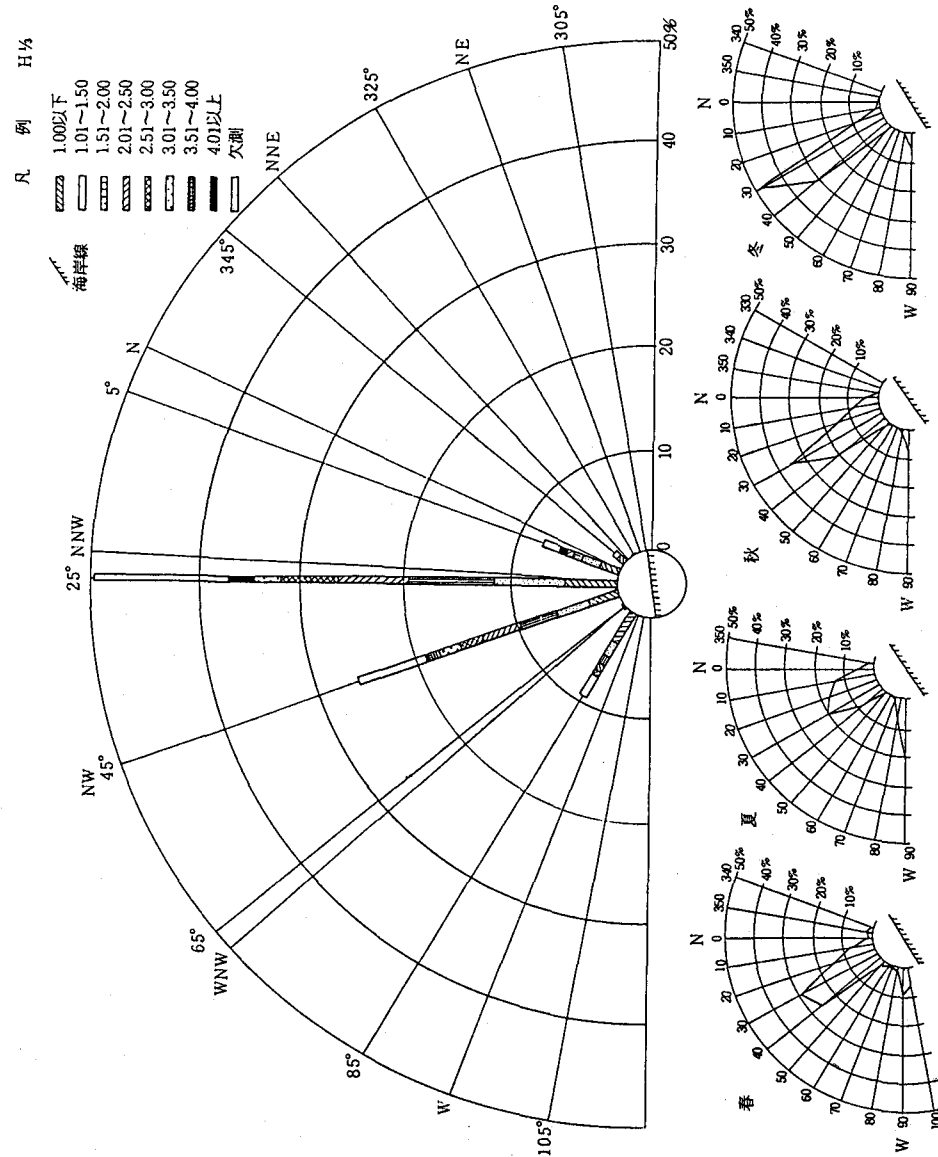


図4-1 波高の方向別発生頻度 (S47~S56)

1) 風況

新潟海岸の風は、全体的には、各季節とも、S方向の風が卓越するが、強風（風速10m以上）の発生は、NNW～W方向に集中し、特に冬季の発生頻度が高い。この冬季の強風の発生頻度は、強風の全発生頻度の60%を占め、秋期と合わせたいわゆる寒候期（9月～2月）では全体の80%となっており、強風のほとんどがこの時期に集中している。また、強風のほとんどは海風（WSW～NE）である。

2) 潮位

新潟西港における昭和47～57年の10年間の潮位記録によると、月別には、3月が最低、8月が最高となり、その差は約30cmである。年平均潮位は、10年間の平均でT. P + 48cmであり、潮位差は、朔望平均潮位差で平均43cmである。

3) 波浪

通年の平均波高は、1.27m、平均周期は、6.4sであるが、冬季における平均波高と周期は、それぞれ1.76m、7.1sとなり、冬季の方が大きい。比較的静穏な2m以下の波の発生率をみると、通年では80.9%であるのに対し、冬季では64.4%と少なく、冬季に高波浪がおおい。

図4-1に波高の発生頻度図を示すが、波向きの卓越方向は、全年、寒候期ともN30°方向に集中しており、これは当海岸のの汀線にほぼ直角である。この海岸の波向きがN40°より北側に分布しているのは、佐渡ヶ島の遮蔽効果によるものと考えられる。

(3) 流況・漂砂

西海岸区域は、沿岸部で西に向かう流れが卓越するとされている。これは平均的にみると、波向が汀線にほぼ直角方向であるのに対し、図4-2に示すように、荒天時には波の発達期には西方向の波が入射し、波の最盛期には、汀線に対し東方向の波が多くなることから、流れの方向も東から西へと変化することになり、全体としては西に向かう流れが卓越することになると考えられている。昭和58年の現地観測によっても、波の最盛時には、離岸堤の近傍でも強い西向きの流れが観測されている。

漂砂も、この流れと同様、西方向の流れが卓越している。これは、西海岸の侵食傾向が西港よりから西方向へと進行して言ったことから伺える。

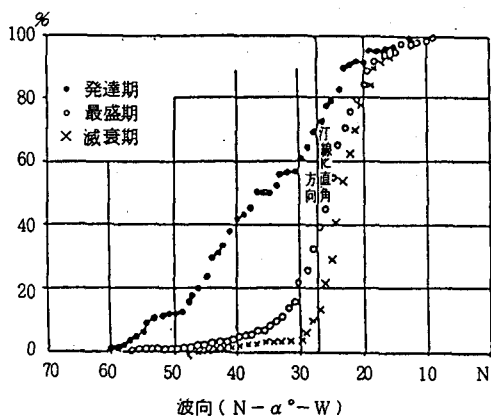


図4-2 波高の累加曲線（波高0.6m以上）

杉山道彦：新潟西海岸について、第6回海岸工学講演会、1959

(4) 底質

図4-3は、西海岸の底質粒径の平面分布を示している。図中() ないの数字は、歪度を示し、大部分が1に近いことから、流計の分布が中央粒径に近いものが多く含まれていることを示している。全体として中央粒径は、汀線から沖合いに向かって細粒化し、汀線から水深6 m付近までは、 $1.0 \sim 2.5 \phi$ ($0.5 \sim 0.177 \text{ mm}$) の中砂～細砂が主体であり、その沖側では、 $2.6 \sim 3.5 \phi$ と、沖に向かって次第に細くなる。

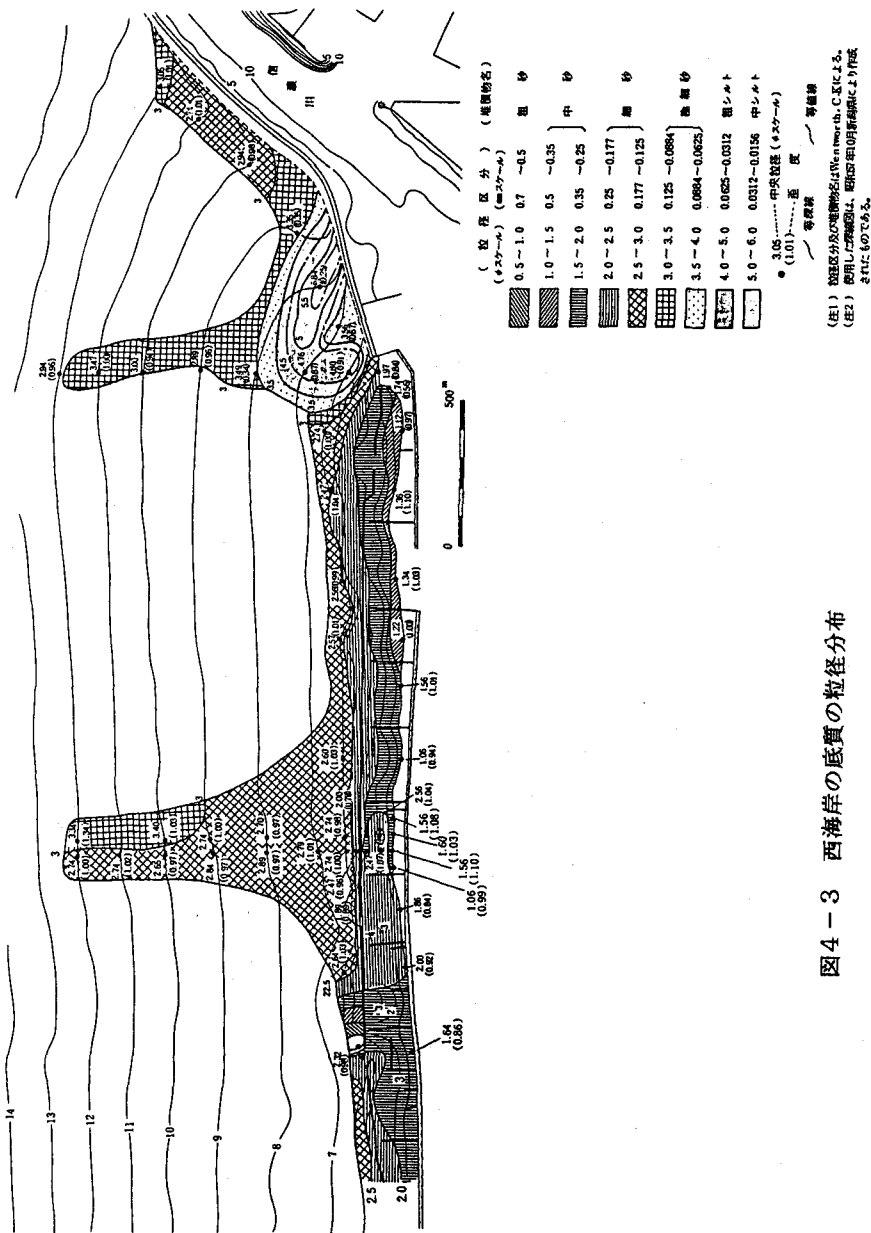


図4-3 西海岸の底質の粒径分布

沿岸方向の底質分布については、沖側の海底部では、粒径、分級度とも沿岸方向にほぼ一定であり、全体的な傾向はみられない。しかし、関屋分水付近では、やや東西に粒形が細くなる傾向がみられ、東西の沿岸両方向に若干の砂移動の傾向がうかがえる。海浜部では、連続離岸堤の設置されている部分では、底質の平均粒径が、西港付近から西側2.5 km付近までの間で減少する傾向がみられ、離岸堤背後の底質移動方向が西方向に卓越していることを示している。

4. 2 新潟西海岸の現況と問題点

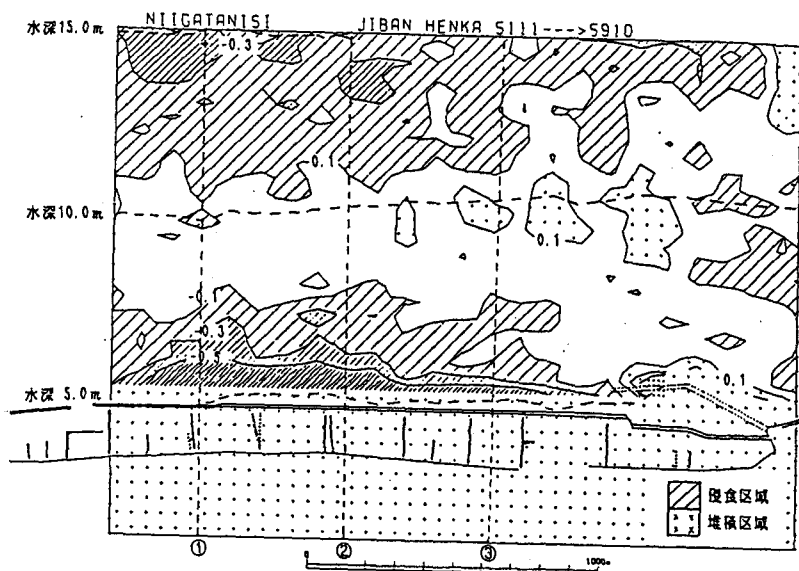


図4-4 地形変化量分布（昭和51年11月～59年10月；単位：m）

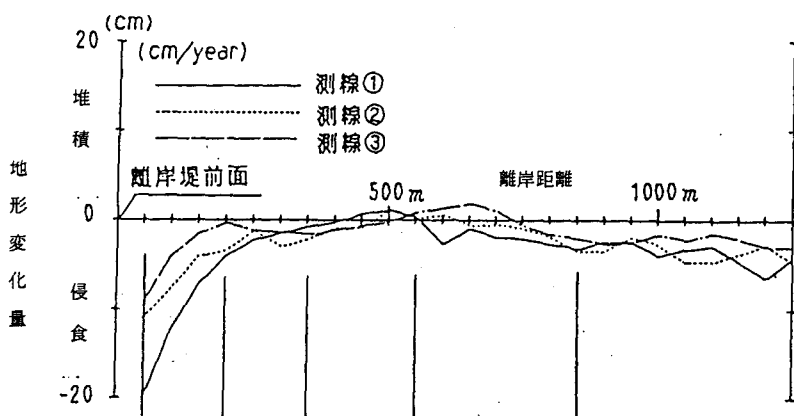


図4-5 離岸堤からの距離と地形変化速度（単位：cm/年）

図4-4は、昭和51年から59年の深浅測量結果に基づく地形変化量を示し、図4-5は代表断面における離岸堤からの距離と地形の変化速度との関係を示している。これによれば、現離岸堤前面から概ね300～500m付近は比較的安定しているが、それより陸側では侵食が続いており、大きいところで年間20cm程度、小さいところでも5cm程度水深が増加傾向にある。また、さらに沖合いでも水深はわずかながら増加傾向にある。

新潟海岸では、地盤沈下も考慮しなければならないが、年間沈下量で2cm程度と落ち着いてきており、水深変化への影響は小さい。

現離岸堤の前面での、このような侵食が進むと以下のような問題が生じることとなる。

図4-6は離岸堤の当初施工時と現況の断面を示している。測定は孔間弾性波探査法によって行われた。維持岡上げを繰り返した結果であるが、最深では海底下-10m近くまでブロックが埋没沈下している。なお、ブロックの沈下の機構については、パイピング現象、波による砂の液状化等が挙げられているが、沈下量が大きく、必ずしも明らかではない。現在、離岸堤の沈下は全体的には減少傾向にあるが、この様に多くのブロックが沈下していることにより、現離岸堤の沈下量が減少する傾向となったと考えられる。しかし、離岸堤前面の水深が増大すれば、離岸堤の沈下は続くものと予想され、その費用は毎年のこととなるため膨大なものとなる恐れがある。

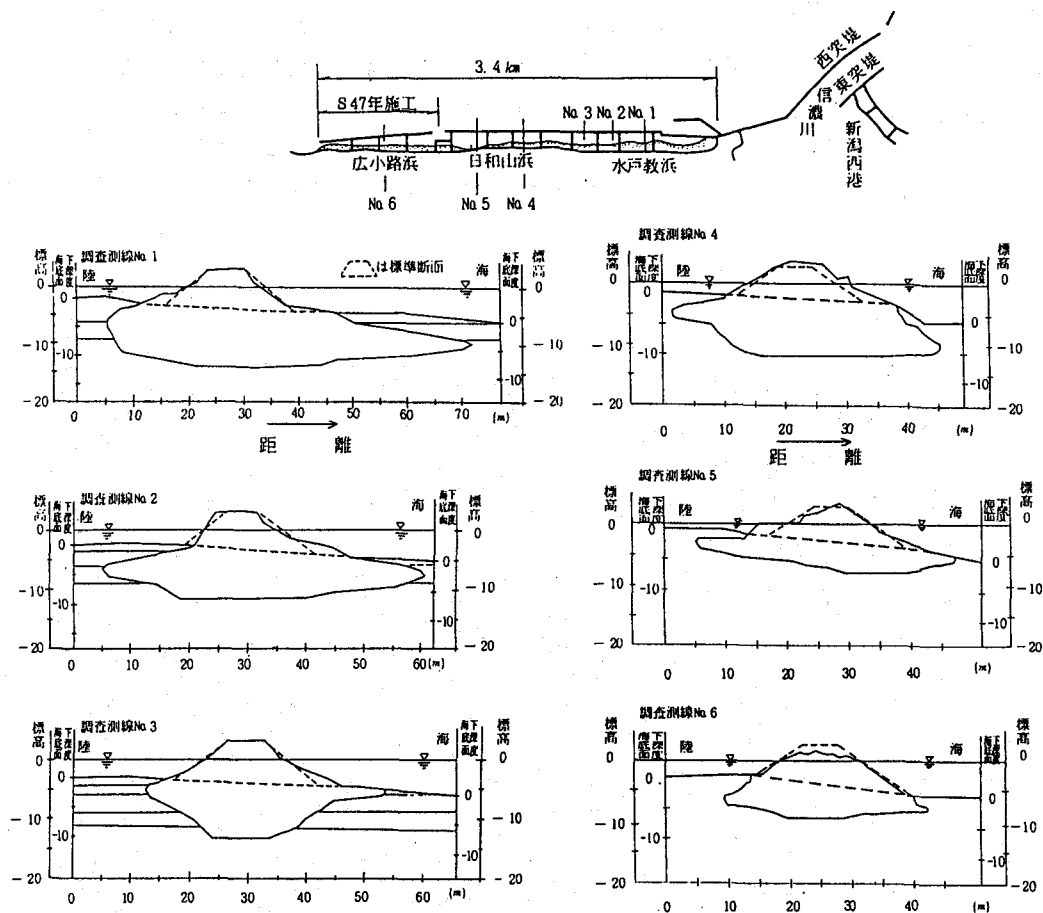


図4-6 離岸堤の沈下状況図

また、離岸堤前面の水深が増大すれば、波高も増大することになる。このため、水深の増大がこのまま推移すれば、やがて、離岸堤は十分な安定を保てなくなり、離岸堤の崩壊、そして海岸の欠壊と言う深刻な事態を招く恐れがある。

新潟西海岸の背後地域は、日本海側最大の都市新潟の中心地であり、通称新潟島と言われる地域である。また、直背後に人工密集地、市街地が近接しているため、海岸の欠壊のは極めて大きな被害をもたらすものと考えられる。また西海岸は、海洋性レクリエーション、特に海水浴場として古くから利用されている。現在、砂浜の減少により海水浴としての利用は低下してきてはいるが、50万人を超える利用者がある。そして、海岸背後には市民の憩いの場として海浜公園等の建設も進められており、本格的な海洋レクリエーションの場として、海浜の回復を望む声が高まってきている。

このような、状況に対処するためには、もはや従来のような現離岸堤の改良や岡上げによることは困難であるため、より安定で高質な防護機能を持った抜本的な保全対策を緊急に構じる必要とされている。

4. 3 新たな保全対策の概念

新たな保全対策は、離岸堤前面に來襲する波浪を減衰させ、底質が沖合に流失することを防止する機能を有すると共に、海底地形への影響を極力少なくすることが必要である。このため、低反射の構造物とすると共に、設置位置についても、長期的にも短期的にも海底地形の変動の少ない位置に設置する必要がある。これは、新たな構造物についても、前面の侵食が進めば、構造物自身の安定性が損なわれ、十分な防護機能が発揮できなくなり、現離岸堤と同様な問題が生じることとなるためである。とりわけ、新潟西海岸のような侵食性の高い海岸では、一度侵食された海底地形の復元は困難と考えられ、構造物による海底地形への影響を少なくすることは、極めて重要であると考えられる。

また新潟西海岸には、砂浜の復元に対する市民の要請も高く、高質かつ多様な利用の出来る海洋性レクリエーションの場としての期待も大きい。



図4-7 新たな保全対策のイメージ

これらの状況に対処するため、新たな保全対策として、「面的防護工法」を採用することとした。面的防護工法とは、緩傾斜護岸、養浜、人工リーフ、潜堤、突堤等を組み合わせ、波や津波のエネルギーを面により徐々に吸収して、海岸を防護しようとする工法である。ここでは、幅広潜堤、突堤、養浜工とを組み合わせた防護工法とした。そして、この工法の利点としては次のような利点を持っている。

①海岸の侵食防止をはじめ、波のエネルギーを徐々に吸収するため、しぶきや越波による被害をより効果的に防止できる。また、面的施設であるため、構造物が被災した場合でも、瞬時にその機能を失うと言うことはなく粘り強い防護効果かが期待できる。

②波浪を面で受け止めるため、反射波等も少なく、構造物自体の安定性が良い。 ③自然の海岸に近い構造であり、人々の憩いの場、遊びの場として多様な利用が出来る。

この様な利点を有していることから、従来の「線的」防護方式に比べ、海岸防護の方式としては、より高質なものとなろう。図4-7は面的防護工法により蘇った新潟西海岸の予想図である。

4. 4 潜堤

新潟西海岸の侵食対策で重要なことは、現離岸堤で見られるような侵食を、新たに設置する防護施設前面で生じさせないことである。このためには、防護施設のを極力低反射型の構造物とすることである。

従来ある構造物の中で、最も低反射とされる消波ブロック傾斜堤の現離岸堤でも前面の侵食を生じていることから、新たな構造物は現離岸堤のような堤体構造は採用できないと考えられる。このため、天然海浜の消波機構に目を向けると、水深が浅くなっていく過程で、碎波変形等により波のエネルギーが減殺されている。そして、高波浪時には陸側の砂が沖に移動してバーを形成し、これが波浪のエネルギーを減殺してその背後を防護している。そこで、新たな防護施設の構造として、天然海浜にみられるバーを模した潜堤構造とすれば、周辺の実地地形への影響を少なくして、海岸を防護することができると考えられる。

この潜堤の機能としては、入射波を減衰させ、現離岸堤前面の侵食を防止すること、そして反射波等を小さくし、潜堤前面に洗掘や新たな侵食を生じさせないこと、および潜堤そのものの沈下を生じさせないことが求められている。

潜堤の水理特性については、既往の研究事例や当局での実験結果もあり、総じて天端幅を大きくするほど、天端水深を小さくするほど伝達率を小さくすることが出来る。ここで検討している潜堤では、所要の伝達率を得るためには、天端水深を小さくするほど経済的なものとする事が出来る。

一方、潜堤の反射率は主として天端水深に支配されており、天端水深を大きくすることにより反射率を小さくすることが出来る。二次元実験結果から、天端水深を入射波の半波高以上とすれば、かなり反射波を低減できることが判明している。寒候季のエネルギーピーク波は $H_0 = 3.0\text{ m}$ 、 $T_0 = 8.0\text{ s}$ であることから、これを代表波とする。すると、潜堤の天端水深は、代表波の波高が 3 m であることから、 1.5 m 以上ということになる。これに対応して、潜堤の背後水深における海底面の変形限界波高 1.0 m まで代表波を減衰させるには、天端幅は 4.0 m 程度とすることが必要である。また、天端を水面に近づけると碎波による波圧の増大が考えられるが、 1.5 m 程度の天端水深とすれば問題はないものと考えられる。なお、潜堤には底質の沖合いへの流失防止機能を持たせるため、堤体には不透過部を設ける必要がある。模型実験により、反射率は 0.2 程度と小さくできることが確認されている。

潜堤の設置位置については、海底地形の長期的、短期的な安定性の観点から検討された。西海岸の

深浅測量の結果では、現離岸堤前面の水深は、概ね5～6mで、その沖合いは海底勾配が約1／100程度で深くなっている。近年における長期的な傾向を表していると考えられる51年～59年の変動を図一に見てみる。海底地形の長期的変動傾向からは、現離岸堤から概ね300～500mの付近が比較的安定している。また、それよりも現離岸堤に近いところでは、年間5～20cmの侵食が生じており、この区域を防護する必要がある。短期的な海底地形の変動は水深が増大するに従い収束し、ある程度以上の水深では、海底地形の変動は小さくなると言われている。深浅測量の結果によれば、関屋以西の海岸では概ね水深が8～9m以深が短期的に安定しており、同様の底質、波浪条件の西海岸でも水深8～9m以深の位置では、海底地形の短期的変動が小さくなると考えられる。

また、水理模型実験によれば、-8m地点に潜堤を設置すれば前面の底質移動は軽微と推定され、また、潜堤背後の静穏度では、現離岸堤の沖合い400mに離岸堤を設置した場合が、300mや500mの場合より優れていた。そして、周辺への影響等からは、300mの場合は妥当ではなかった。

以上の結果から、潜堤は現離岸堤の沖合い400m、水深-8m付近に配置することとされた。図4-8は潜堤の標準断面を示す。

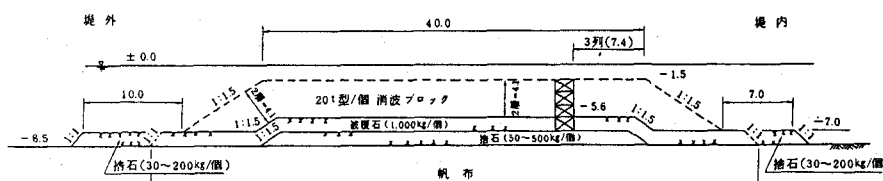


図4-8 潜堤の標準断面

4. 5 突堤等そのほかの構造物

模型実験等の結果によれば、潜堤のみを設置した場合、潜堤周辺に背後の水位上昇に起因する流れが発生することにより、現離岸堤の前面地形に影響が生じる恐れがある。このため、潜堤と共に突堤を配置することが必要となる。実験等の結果から、突堤間隔は現突堤を延伸する形で450m程度とし、延長は200m程度とされた。突堤の構造については、反射波や沿い波による突堤周辺への影響を小さくするため、潜堤により十分防護されない間は、当面消波構造とすることとされた。

また、新潟市民の砂浜復元の要請に応え、海岸を市民の憩いの場として、海洋性レクリエーションの場として多様な利用を可能し、質の高い防災機能を確保するために、養浜を行うこととしており、現在、養浜工について、試験工事を初めとした検討を続けている。

4. 6 観測施工の導入

新潟西海岸の保全対策は、面的防護工法により工事が進められている。しかしながら、新潟西海岸のように、微妙なバランスの元に小康状態を保っている自然を相手にする場合は、対策工事の実施に当たっては、特に慎重な配慮が必要とされる。このため、観測施工方式を導入して、海底地形、波浪、流況などについての現地観測と予測を繰り返し、その結果を計画、設計、施工に反映させることにしており、工事による影響を十分に把握しつつ、慎重に工事を進めている。なお、予測シミュレーションについては、観測データを元に必要に応じて修正を行い、精度の向上を図っている。

おわりに

新潟海岸の決壊と保全対策の経緯について述べた後、現在西海岸において進められている面的防護

工法についてその概要を紹介した。新潟海岸については、その侵食量が大きかったことに加え、地盤沈下が加わり、その対策も複雑な経緯をたどり現在の姿になっている。また、調査についても様々な角度から様々な種類の質量的に膨大な調査がなされて来ている。このため、限られた紙面でその全貌を紹介することは難しく、先人の努力の跡を必ずしも的確に伝えられなかったのではと危慮するところである。なお、本報告は、新潟海岸に関する調査資料の中から主として参考文献に挙げた資料を元にまとめたものである。

参考文献

- 1) 新潟海岸の欠漬について：新潟県土木部、昭和35年3月
- 2) 新潟海岸の欠漬について（第2輯）：新潟県土木部、昭和39年3月
- 3) 日本海の荒波に立ち向かう海岸保全技術：神田勝己、みなとの防災、第107号、1990、港湾海岸防災協議会