

講 座

UDC 627.521

海 岸 侵 蝕*

正 員 京 坂 元 宇**

1. はしがき

我が国に於ては海岸に沿つた低地はすべて耕地として利用されているか或いは大小港灣、都市、部落が発達している。又山地が迫つている所は、殆んど重要な路線が海岸に沿つて走つている。港についていえば海岸線 26 100km に約 3 000 と云われ、8~9km に1つの割合で港があることになる。これらの港は多かれ少なかれ波や漂砂によつて被害をうけ港の改築や浚業が常に行われている。しかしながら、多くの価値ある土地が海に侵蝕されるか、或いは侵蝕されようとしていることが近来特に大きな問題となつてきている。米国に於ては海岸線の延長 84 000km に対し、年間約 30cm の損失と云われている。

海岸は土地と海との作用によつて成立するため、その現象は非常に複雑で、技術者や物理学者等の協力によつて種々研究されている。

2. 海岸の一般的性格

先ず海岸の構成物質について述べよう。海岸の砂礫が通常河口から排出されたものであることは明らかである。河口洲について考えて見た場合、運搬された土砂が海が穏やかな場合は逐次河口附近に埋積して、河口洲は伸びてゆくが、海岸の流れが強いと河口は著しく偏向して排出された土砂は流れに従つて海岸一帯に分布される。そしてこの場合は海岸線は直線をなして大きな出入は見られない。海岸について考慮する場合、我々は第1にその近傍の河川について注目しなければならない。即ち海岸がどの河川からの排出土砂によつて影響されているかを調べる必要がある。これは砂礫の粒径を海岸に沿つてとつて見たり、或いはその鉱物成分を河床のものと比較する等によつて判明する場合がある。例えば弓ヶ浜に於いては日野川の河口から遠ざかるに従つてその粒径が小となつていることが報告されている。又量的なことを知るためには河川の流出

土砂の測定も不可欠なものである。

次に海岸に作用する力は砕波によるものと海岸に沿う流れによるものとに區別出来よう。砕波は直接海岸の砂に作用してこれを攪乱せしめる。浜田徳一氏の報告によれば、この砂は砕波の性格によつてその堆積が陸上に及ぶ場合とその砕波点以遠に及ぶ場合等種々あることが水槽実験によつて明らかにされた。砕波の機構に関してはトロコイドの回転波では説明が出来ず、孤立波としての理論、或いは空気中の圧縮波の伝播をあてはめた理論等がある。これらの種々な理論については浜田徳一氏が種々なる峻度 (Steepness) の波について詳細に論じ更に精密なる実験を行つた。

砂の横移動は更に沿岸流によつて起されるわけである。沿岸流は海が穏やかな場合は一般の海流と關聯づけて考えることも出来るが、風が強い場合はその風による波の方向に支配されるのが普通である。更に長い突堤等の構造物や地形によつて、この沿岸流が非常に局部的に変化するようである。

強風時の波の観測は非常に困難であり、種々な方法(実体写真、漂流物、経緯儀等)によつて観測、或いは推定される。

3. 新潟地区に於ける海岸侵蝕

新潟地区の海岸侵蝕は新潟の市街地の近くでおこつているため問題は極めて重大である。即ち新潟港突堤の基部から東海岸と西海岸にかけて欠損が甚だしい。東海岸は現在砂丘によつて妨げられているが、この砂丘も順次侵蝕されている。

(1) 汀線の変化 汀線の変化を略記すれば表-1の如くなる。

表-1
西 海 岸

明治14年~22年	一進一退
明治22年~大正3年	導流堤新設、海岸線は後退をはじむ。
大正3年~13年	導流堤修築完了 大河津分水(11年)完成 海岸線後退距離は年間最大値を示す。
大正13年~昭和12年	全線にわたつて後退はげし。(平均2~3m/年)
昭和12年~	砂丘の侵蝕をはじめたため海岸線の後退量は減少す。

* 本稿は資源調査会安芸博士の許でまとめられた多くの方々への調査研究について紹介をお願いしたものである。(編集部)

** 経本資源調査会事務局

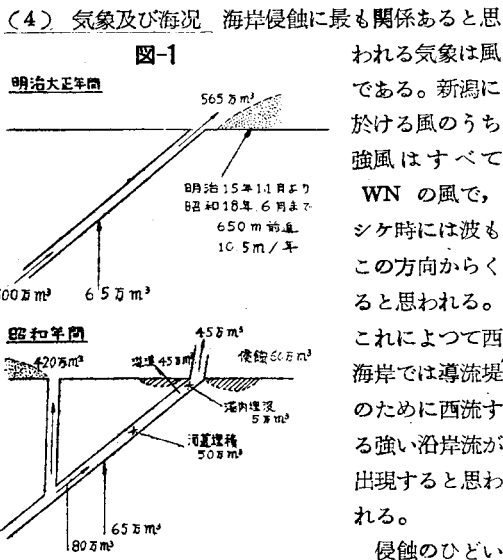
東 海 岸

明治25年~31年	150~100m 前進。
明治31年~38年	突堤完成、洲はついたが汀線変化なし。
明治38年~大正9年	100~120m 前進。
大正10年~昭和17年	約 200m 後退。
昭和17年~21年	40~50m 後退。

(2) 信濃川の変遷 この地区の海岸は信濃川による流送土砂で形成されている。故に海岸の変化を調べる場合、信濃川の変遷を知らなければならない。

信濃川は流域面積 12 254km² で明治 17 年大河津で計画高水量 5 570m³/sec で改修が着手され、大正 11 年 8 月大河津の分水工事が完成され、洗堰によって日本川では最大 270m³/sec 平均 100~150m³/sec を流す計画にした。日本川には五十嵐川、刈谷田川等の支川が流れ込み、下流万代橋では計画高水量 1 850 m³/sec となつている。信濃川の河口附近についていえば、昔信濃川は常に東に寄る傾向をもち現在の河口は古図から調べると元祿年間より 1 600m、或いは享保 15 年より 3 150m 東漸していると云われていて、真の移動量は不明であるがその傾向は非常にはげしかつたものと思われる。大正 13 年に完成した新潟港の導流堤がこれを止めたわけである。侵蝕はこの頃より始まり修築工事が完成され、又大河津分水が完成されるに従い、導流堤の両側の海岸の侵蝕が愈々増している。

(3) 流出土砂量 流出土砂量の明確な値を知ることが測定上かなり困難であるが、種々なる方法で求めた値は 1 つの index として概略の値を与え得るものと思われる。新潟海岸の流出土砂量を略図的に示すと 図-1 の如くである。



明らかなる方法で求めた値は 1 つの index として概略の値を与え得るものと思われる。新潟海岸の流出土砂量を略図的に示すと 図-1 の如くである。

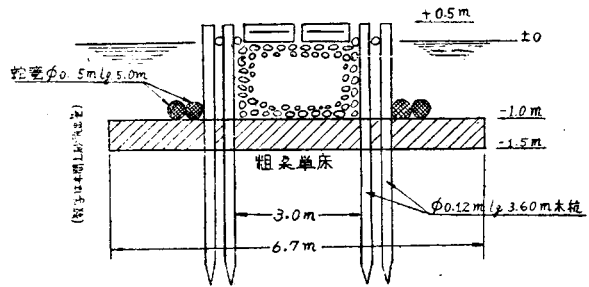
侵蝕のひどい

日和山前面の海底地形の特徴は、汀線より 200m 附近の砕波点と思われる地点に砂堆があることである。

これは冬季のシケ時には消散しているのではないかと云われる。この砂堆については波圧計に感ずる 1~3 分周期のうなりによつて、海水の定常波的振動の結果として説明せんとする試みがある。

(5) 現在行われている対策 現在海岸への供給土砂量を補給するために港内の浚渫土砂を侵蝕部へ排出している。これは導流堤基部の侵蝕防止に非常に有効である。戦時中になされた木枠護岸は直ちに破壊されてあまり役に立たなかつたようである。又コンクリート斜壁もその基部の木枠から洗われてこわされた。現在東海岸の突角部はコンクリートブロックと捨石を充分沈下させ、更にそれに強いエプロンをもつたコンクリート護岸を構築して波を防いでいる。西海岸に於て、現在施工中の突堤の一例は 図-2 の如きものである。

図-2



4. 弓ヶ浜に於ける海岸侵蝕

弓ヶ浜の附根にある皆生地区は年々侵蝕され、最近 20 年間に 300m も汀線が後退したと云われる。これに反し突端の境地区は逆に約 150m 前進している。

(1) 日野川 弓ヶ浜の成因は日野川からの流送土砂である。現在の汀線の変化もその原因は日野川にあると考えられる。日野川は流域面積 870km² で昭和 10 年以降上流右支川に砂止工が多敷築造され、又昭和 13 年より 20 年迄本川上流部では大正 10 年頃より中止されていた砂鉄が活潑に採掘された。これらは海岸に相当の影響を与えられたものと思われる。

皆生海岸は大正 12 年頃から侵蝕がはげしく特に最近 10 年間その傾向がひどい。又日野川下流の水位が急減していることは上流よりの流送土砂が減少し河床が下つた結果と見てよからう。

(2) 雨量と海岸侵蝕 海岸の侵蝕は補給土砂と波によるものであるが波の原因となる風と河からの土砂量を支配する流量更にその源である雨量と海岸について興味ある報告が土木研究所によつてなされた。これによると月雨量が少ない時は海風が陸風にくらべてあ

まり頻繁に吹かない場合、即ち波浪がはげしくないと考えられる時期でも大なる侵蝕が行われ、又逆に海風が陸風に較べて大であると月雨量が多いときでも、ある程度の侵蝕が行われる。しかしながら侵蝕への影響は風によるよりも月雨量の多少によつて左右されることが大である。即ち月雨量が多いと流量が大であり従つて日野川からの土砂の流出量が大きいのことを意味している。

(3) 波浪の実測 海岸に近い部分の波を近似的に表面波として取扱えばその週期と水深が与えられた場合、その進行速度は計算し得る。故に詳細な海底地形図があればその週期を仮定し、波の最初の線を画き、この線を等分に区切りその各点の変化を順次画くことによつて一つの直交線群が求められる。今進行する波のエネルギーが保存されるものとすれば、これは波の線とエネルギーの流れの線を与える直交線群である。今エネルギーの流れの線間の間隔を S とすれば、波高の比は碎波点を孤立波として扱い

$$\frac{H}{H_0} = \gamma K, \quad \frac{H_b}{H_0} = \gamma_b K_b, \quad K = \sqrt[3]{\frac{S_0}{S}}, \quad K_b = \sqrt[3]{\frac{S_0}{S_b}}$$

γ, γ_b は常数、添字 0 は最初の深い海に於けるもの、 b は碎波点のもの。

この様にして碎波点での波高を海岸に沿つて同時観測すれば、以上の屈折図をチェックすることが出来る。この屈折図から波のエネルギーの発散と収斂を求め欠潰し易い点を示すことが出来る。

以上の方法によつて速水頼一郎氏(京大)がなされた弓ヶ浜での結果は微細な点をのぞいてかなり計算値と実測値が合っている。

5. 富山湾沿岸に於ける海岸侵蝕

富山湾の海岸の変化は殆んど全海岸にわたつており砂浜の後退のはげしい所や更に海岸堤防や護岸の破壊のおこっている地点が多い。

(1) 海底の地形 富山湾の特徴として神通川河口の少しく東寄りから湾を2分する海底山脚が出ているため、この東と西とでは富山湾はその海底地形が異なっている。即ち大陸棚は東海岸では貧弱であり、黒部川、井貝川の東海岸に少しくみられるもの他は非常に狭くなつている。一般に大陸棚の斜面は急傾して海の方へ急に深くなつている。更に最も著しい特徴は、この大陸棚の外縁に海底峡谷が発達しその数が20をこえていることである。この様に特異な海底地形及び典型的に *Concave* な湾形が波のエネルギーの集中をおこすことが欠潰について先ず考えられる。富山湾が潮害になやまされた歴史が非常に古いのを見てもその原因の多くが近時のものとは思われない。

(2) 富山湾に流入する各河川 富山湾に流入する河川は急流で非常に多くの土砂を排出している。これが減つた場合はたしかに海岸の侵蝕がおこるものと思われる。黒部川扇状地について云えば、この扇状地の海岸が侵蝕をうける様になつたのは河道の変遷と上流部の堰堤の影響ではないかと考えられるのである。黒部川の5つの堰堤は昭和11年頃より20年頃の間に殆んど埋没してしまつている。もつともこの流出土砂80万 m^3 の扞止がどれ程影響しているかは不明である。庄川についてもその年間埋砂量及び河道内の土砂の移動等、資料はかなりととのつているがやはり海岸への影響は今の所明らかにされていない。

(3) 地盤沈下 日本海岸は大体沈下の傾向にあると云われているが、富山湾についてこれを見ても平均して年に2.8mmであり、これは汀線の水平変化に直すとわづかに2cmにすぎず、現在の欠潰の程度に較べてその要因となつていとは思われない。

6. 海岸侵蝕の原因

以上述べた如く海岸は陸地からの排出土砂と波浪との平衡状態によつて形成されている。この為排出土砂量が減少するか又は波浪の力が特に強くなる様な場合、海岸はその平衡がやぶれて変化するのである。その原因として考えられるものは次の様である。

- 1) 多量の土砂が海から排出されるのは洪水時である。故に洪水を放水路によつて本川の河口よりかなり遠距離に分けて排出した場合、本川河口部は必然的に土砂の補給が減少して河口附近の海岸は侵蝕され勝ちである。信濃川に於ける大河津分水が新潟海岸の侵蝕をおこした。放水路の計画に於ては一応はこの問題に注意して見る必要がある。
 - 2) 洪水が気象的な変動によつて減少した場合は土砂の排出量が減り海岸線は前進を停止するか、或いは後退する。この例は弓ヶ浜に対する日野川に見られるのである。
 - 3) 堰堤によつて大部分の土砂を貯溜して下流に流さぬ場合は海岸侵蝕がおこる。富山湾に於ける例はあまり明確ではないが、アメリカのボルダーダムはその下流の海岸に非常に影響していることが報告されている。
- 以上の様な時、海岸は侵蝕される危険があるわけであるが、そのうち特に侵蝕され易い地点として次の様なものがある。

- 1) 長い突堤の基部: 長い突堤は砂の横からの移動を遮断するのみでなく、強い沿岸流を誘導し、その基部にひどい侵蝕をおこさせる。この例は新潟のみでなく大部分の港湾周辺部にみられる現象である。

2) 地形的に波が集中する所：海岸の地形のみでなく海底の地形又は島等によつてもおこるものと思われる。

以上以外に南海地区の如く地盤沈下が影響し海岸が侵蝕されている地区がある。しかしながらこの場合でも侵蝕され易い場所は以上のべた地点である。

7. 海岸侵蝕の対策

海岸が欠潰されている場合、いかなる防護方法がとられるかを簡単に述べよう。

(1) 護岸 港灣の防波堤の如き構造の強い海岸擁壁は、暴風雨の際波浪がはなはだしい時に用いられ、波の直接の力を殺ぐ為種々なる型式がある。しかしながらこれは多額の工費を必要とするため、海岸から直接発達した都市がつづいている様な重要な地点に施されている。しかしこれは富山灣に面する各都市に見られる様に、波に対して強い施設をした場合、波によつて持去られ更に打ち戻される砂はとどまることなく洗い去られてしまう。この為短かい突堤を出して基部の洗掘を防いでいる。

コンクリート擁壁、矢板擁壁、石張護岸、及び胸壁の類も多く用いられている工法である。これらは前者程波の作用が強くないが、又は重要度の少し落ちる地点に造られる。これらの構造は背後海岸の勾配、砂丘の有無等地形的な性格及び波の性格、砂浜の価値等によつて決められる。しかしながらこれらは砂を止めるために用いられる水制を出すことによつて甚だしくその機能を強める。この為漂砂のある海岸にはこの工法を用いて成功した例が多い。例えば函館の大森海岸には矢板及びコンクリートの擁壁と枠及び籠類によつて密に入れられた砂止水制でその欠潰が防がれている。即ち、この場合、波はまず水制によつて固定された砂浜でその勢力を殺がれ、擁壁に作用する力は著るしく弱められるのである。この様に水制を併用することによつて擁壁の強さを加減することが出来る。しかし漂砂が少ないが、暴風が頻繁に訪づれて砂が固定する暇がないような地点ではこの工法は適さない。

これら護岸、或いは海岸堤防は海岸線に沿つて滑らかな曲線で設置する必要がある。突角部を設けるとそこに波のエネルギーが集中し破壊されるおそれがあるからである。

(2) 砂止水制及び防砂突堤 これは海岸に沿つて流れる漂砂を溜めて海岸を護るもので、通常海岸線に

垂直に出されている。これによつて砂浜さえ充分作り得るならば最も効果的な工法である。この構造や長さ、或いは間隔は海底の勾配や漂砂の量、更に海岸を護るに必要な砂浜の広さ等によつて決められるものである。これの計画に当つては自然の砂浜の状態を維持回復する様にした場合、最も安定した海岸を形成する様である。又この構造は透水性のものとし海中部分は少しく海に向つて傾斜をさせた方が砂を溜める効果は大であらう。不透水性の長い突堤を入れたため却つて侵蝕を増大し、更に強い波をうけて突堤自身が破壊されてしまつた例もある。これらの作用については種々なる模形実験がなされてその長さ及び間隔を決定せんとしている。

(3) 防波堤 海岸を欠潰させる直接の原因である波が海岸に到着する前に、その勢力を殺いでしまうために用いられるものである。通常これは海岸に平行に造られた潜堤である。我が国に於ては新潟に於いて初めて海岸を護るために用いられ、波がこれを越す時に砕けさせ、その勢力を殺ぐ計画のものである。この場合、潜堤と海岸との間の横の流れをふせぐために更に突堤が設けられている。

(4) 埋立並びに土砂補給 欠潰された海岸を人工的に再成することも考えられる。この場合注意すべきことはこれに用いられた土砂の性質をよく研究し、再びこれが洗い去られるのを防ぐために充分に、擁壁、水制等によつて保護することである。このことは埋立が土地を造成するために行われた時も同様で、有明海の如き干拓地でも云えることである。

埋立ということだけでなく欠潰されている場所に土砂を補給してやることも実際に行われて成功している。即ち、新潟港に於ける例である。この場合は港内の浚渫土砂を排出しているのである。この方法では排出された土砂を散逸せしめない様にする必要がある。

8. むすび

以上海岸の性格及び欠潰の2,3の例について述べ、更に対策を簡単に一般的にのべたのであるが、現象の地域性が非常に強いから、その地の海岸侵蝕を解明しその対策を立てる場合には、現象の観察を十分に於てこれに作用する諸因子を確かめ、出来るだけ模型実験によつてこれを確認することが必要である。原因を確かめてから構造物を順次改良してゆくことが望ましい。