

21 新潟海岸について

—海岸浸蝕の地形学的考察—

運輸省新潟港工事事務所長 布施敏一郎

(I) まえがき

一般に海岸を構成する物質は、大部分陸から河川、雨水流、氷河、氷山、風火山、地盛り、海渚の洗蝕等によつて、河口或は直接海岸に運び出され、更に風、波、流れ等の運搬作用によつて海岸沿いに、或は沖へ出たり、海岸に戻つたりしながら遠方へ運ばれる。このように雑多な補給コースを経た物質が集積して現在の海岸を構成しているわけであるが、その後天然砂浜に加えられた人為的攪乱により、微妙な海岸線の平衡が簡単に破れ、海岸変形をひき起す結果となる。

この最も良い例が新潟海岸であろう。地質学の研究によれば太古(有史前幾万年のことと推察される)新潟海岸附近に大陥没が起り、後幾分土地の隆起があつて浅い海湾となり、信濃、阿賀野両川によつて土砂の堆積が行われ、漸次陸地を生成して蒲原平野となつたと言われている。しかしながら明治31年より明治36年に至る間には突堤の修築工事が行われ、更に大正11年大河津分水が完成されるに及んで、西海岸への補給土量が激減し急速な汀線の後退が始つた。

新潟海岸に於ける浸蝕の機構については、新潟港技術調査委員会によつて詳細に検討されているが、本文では立場を變えて新潟海岸の生成過程を主として地形学的に概観し、更に新潟港懸案の改良計画である河口分流、閘屋分水工事の海岸欠損に及ぼす影響について考察した結果を報告して、諸賢の御批判を仰ぐ次第である。

(II) 新潟海岸の生成過程

(1) 第三紀以前

表-1は新潟縣下の火成活動と地質層序の關係を示したものであるが、この表を兎も分るとあり、今日見られる越後平野は、その過去に於ては、発展消滅の段階が何回か新しい地史に於て繰り返されていたと言える。今この越後平野の生成過程を地質学的な立場からひといいて見たいと思う。

先づ古生代(今から2億54万年前)には新潟縣は海底にあり、生物の死体や泥が堆積して長い間に一つの地層を形成した。これが秩父古生層であり、その後何らかの形で地盤が隆起し、中生代末(今から64万年前)まで日本は完全に大陸と陸続きになつていたと考えられる。しかし古第三紀に入る頃より1, 2, 3の火成活動の輪廻があり、地殻運動として次第に隆起を行つたと考えられている。そして第3の輪廻を伴う相川層の時代に西方から佐渡にまで海進が行われ、更にそれに次ぐ松野浦・日出谷層(三川層)の時代に入り越後にまで海進が及んだ。次に笠取山、鹿瀬の終りに近く、かなり著しい陸化が認められ、その浸蝕された谷に下戸、津川層の新しい海進が行われた。この頃より激しい褶曲運動が始まり、その著しい沈降によつて越後地向斜が形成され、ここに堆積されたものが土谷寺泊層であ

る。その後西山層堆積時の沈降、灰爪層堆積時の隆起、奥沼層堆積時の沈降という地殻運動の様式が認められるが、この頃弥彦、角田の山塊は既に水成から頭を出し、その内側つまり今日の越後平野の部分はちょうど内湾のような状態にあつたと考えられる。

(2) 第四紀

次に洪永期に入ると、上に述べた海湾の如き水域が漸次埋積されつゝ沈降し、ついに今日陸化するまで莫大な堆積が行われた。

さて次に続く沖積世の時代は対馬暖流影響下の海進により、今日見る西蒲原平野部は勿論越後平野の大部分までもが再び広域に亘る浅海に覆われることとなつた。

所がこのような海湾も時の進行と共に、背後地から供給される土砂礫によつて次第に入江の湾頭は埋積され、陸域の漸次的上昇と共に、海湾の外方には砂洲が発達してくる一方、入江の湾頭が沖積されて潟湖のような水域も次第に縮小されて行き、海岸線の後退と共に第2、第3の砂丘が形成された(図-1 西田彰一、茅原一也;“弥彦・角田山塊の生い立ちと最近の地史”による)。

この当時、信濃、阿賀野両川が越後平野のこの部分を流れておつたかは不明であるが、新潟縣南部にあつたものが弥彦、角田山塊の隆起及び冬季風浪の影響により著しい東漸の傾向と海岸線の前進を示したものと思われる。

(3) 現世代

海岸線の前進を古図によつて推定すれば天正以前、永祿年度(1560年)における信濃川河口は日和山の東方近くにあつたものと思われ、永祿以後(1750年)に至るまでの170年間に沿岸汀線は年平均3.6mの割合で前進している。しかしこの間の元和(1620年)から享保(1730年)年代に至る汀線では約250~260m年平均2mあまりの前進にすぎず、前記に比すれば比較的少い。勿論これは概要図から算出されたもので定量的に云々することは出来ないが、この原因を寛永10年(1633年)の阿賀野川の合流に結びつけることも考えられる。すなわち

表-1 堆積作用と火成活動の輪廻

地質時代		層 序 (新 後)	火成岩	地殻運動	年 数
新 生 代	第 四 紀	沖積層 砂		隆 やい隆	1万年
		天代田層 (障子層の隆起)		隆 やい隆	5万年
	第 三 紀	奥沼層	噴	隆 やい隆	
		灰爪層	噴	隆	4万年
		西山層	噴 ~半深	隆	
		桂谷層	噴 ~半深	隆	
	第 二 紀	寺泊層	噴 ~半深	隆	
		土谷層	噴	隆	
	第 一 紀	津川層	噴	隆	
		鹿瀬層	噴	隆	
古 代	第 三 紀	日出谷層 (三川層)	噴	隆	34万年
		龍掛山 火成岩類	噴	隆	
	第 二 紀	龍掛山 火成岩類	噴	隆	
		龍掛山 火成岩類	噴	隆	
	第 一 紀	龍掛山 火成岩類	噴	隆	
		龍掛山 火成岩類	噴	隆	
	第 一 紀	龍掛山 火成岩類	噴	隆	
		龍掛山 火成岩類	噴	隆	
	第 一 紀	龍掛山 火成岩類	噴	隆	
		龍掛山 火成岩類	噴	隆	
中 世 代	第 三 紀	龍掛山 火成岩類	噴	隆	64万年
		龍掛山 火成岩類	噴	隆	
	第 二 紀	龍掛山 火成岩類	噴	隆	2万年
		龍掛山 火成岩類	噴	隆	
古 世 代	第 一 紀	龍掛山 火成岩類	噴	隆	2億34万年
		龍掛山 火成岩類	噴	隆	

註 杉山隆二著“第三紀火成活動と地殻運動との関係”

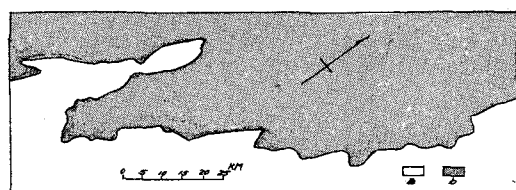
、信濃川上流より流送された土砂は、両川の流勢により遠く海中に運ばれ、このため河口は非常に深度を増すと共に汀線の移動が減じたと見るべきであろう。さらにその後寛延年度(1750年)の汀線は阿賀野川の流向の再移動により河口の変動と共に著しい前進を示している。

又河口東漸の状況について比較的近年の資料として安芸吉一博士は土木学会誌第一卷上「新潟港改修と港口の浚渫」に表-2の如き結果が示されている。この表によれば、明治25年より31年までの6年間に河口は東方に700m、すなわち、年平均120m移動し、その甚だしい年には250mに達している(図-2 新潟港技術調査報告第三報による)。

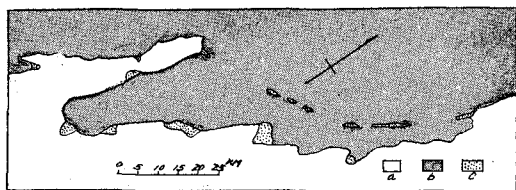
表-2 河口東漸量調査			
年代	移動量	年平均移動量	指要
明治16年(64)	0m		東方移動 を(+)で示す
明治25年(53)	+450	50.0	
明治31年(49)	+1150	116.6 (最大2500)	
計	+1,150	76.7	

かくして発達した海岸も明治の末に至り、信濃川の流末工事として突堤の築造による河口の固定、大規模な浚渫、さらに信濃川流域における洪水氾濫防止及び流送土砂軽減のため大河津分水が起工せられ大正11年完成を見るに及んで河口周辺海岸は多量の土砂補給が絶たれることとなり、海岸は反転して急速に後退の度を増すこととなった。(詳細は「海岸工学講義集(1953)」中山田正平氏「新潟海岸の欠損について」参照)

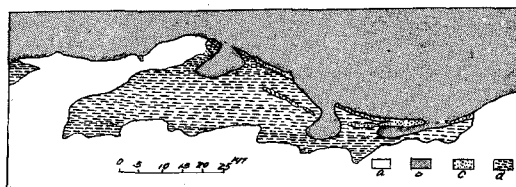
図-1 越後平野の古地理的変遷図



A: 沖積地初期



B: 縄文前期・縄文前期初期

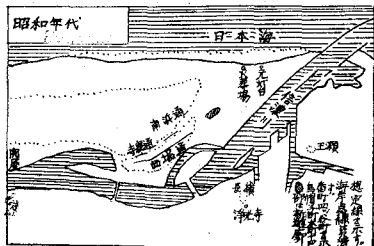
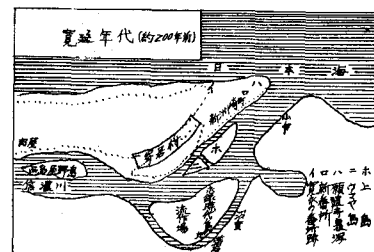
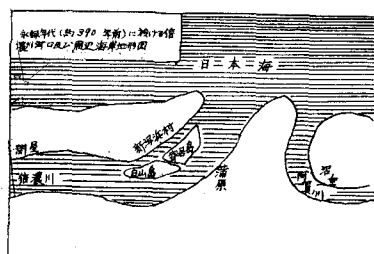


C: 縄文中期前期

a: 陸地
b: 水域

c: 沖積地の形成、砂丘
d: 沼沢地、湿原

図-2 信濃川変遷図



(Ⅳ) 新潟海岸の地形学的考察

(1) 地形学的考察について

海岸線の前進、後退は決に作用する自然力と補給土砂との微かな釣合條件の不均衡に起因するものであり、決の長期的な釣合條件を決定し、この釣合が保たれるように決に作用する自然力を制御するのに必要な知識を得るためには、詳細に地文学的な調査を行つて、河線の安定した位置や決の釣合断面を決定すべきであつて、地質地形学上の研究成果によつて、天然の決に人為的攪乱を与えた場合にどうなるだろうかという推定がむき、また推定を行ふべきである。このような考え方に基つき、新潟海岸の地形学的特性を概観して見たい。

(2) 新潟海岸の浸蝕と地形学的特性

前述せる如く新潟平野は東山、西山両山脈の向斜部に信濃川、阿賀野川の流送土砂が沖積してできたものであり、且つ海岸は礫を持たない全くの砂質海岸である。しかし海岸一帯には良く発達した砂丘が $N60^{\circ} \sim 70^{\circ}E$ の方向に走つてゐる(図-3)。

海岸線は全く單調であつて信濃川河口を頂点として東西に弛い弧状を画いており、信濃川河口附近では水深50m巨岸5km位の所までは三角洲堆積物が沈澱しており、等深線の突出が見られる(図-4)。尚突出部には階段状の平坦面が存在しているが、この成因として第一に考えられる事は三角洲の固結的な堆積であり(図-5)、第二に考えられることは海底段丘(図-6)である。しかもこの平坦面が略、海岸に並列に配列している事は海岸の後退と地盤の沈下に因連を持つものと推測される。このような海岸地形の特性がこの海岸全体としての欠漬の問題に関係していることは見逃すことの出来ない事実であらう。

すなわちこの様な突出部では波の屈折によるエネルギーの集中を招き、他の平行な等深線の水域との間に碎波の勢いに差を生ずると共に、この部分の水位が上昇し或は沖方へ或は東西方向へ向う傾斜流が形成され、何らかの形で大規模な漂砂を生ぜしめることになる。かゝつて加えて大河津分水通水以来本川流入時の粗砂、中砂の海岸流出と比較して現在では年間90万 m^3 の補給土砂が減少しており、これら二つの要素が錯綜して海岸欠漬の主原因をなしていると考えられる。

図-3 信濃川及び阿賀野川一覽図

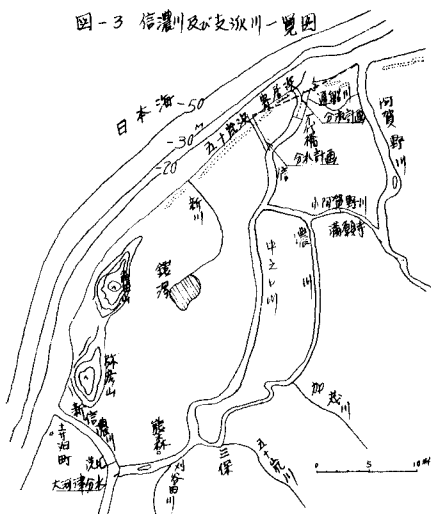


図-4 明治37年水深図

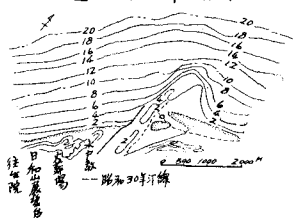
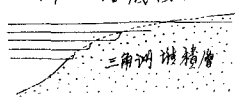


図 5 三角洲断面



図 6 海底段丘



(3) 他海岸との比較

この考え方を普遍的ならしめるため、新潟海岸に隣接して同様な傾向をもつ酒田、秋田両海岸測深図と比較してみよう。たゞし酒田港は新潟港の北方130 KM、同じく秋田港は230 KMに位置していても冬季の季節風による波浪の影響を受けており、汀線の平面形は酒田港では殆ど直線、秋田港では極めて弛い弧状をなしている。図-5～図-7は測深図から求められた海底断面図である。これらと比較するとこの三有とも汀線から水深10 mまでの海底形状は非常によく似ており、水深10 m迄への平均勾配は新潟港、酒田港、秋田港であり、水深5～6 m以深では一様な緩傾斜で水深を増している。一方これらの海岸の砂の平均粒径は汀線付近では1～0.4 mm、水深10 m内外で0.2～0.15 mmであり大きな差異は認められない。しかもこれら海岸の波の性質について考えて見ると酒田海岸は全面的に日本海に向って開いているが秋田海岸は北方を男鹿半島により遮蔽され、新潟海岸は又西方を佐渡に遮蔽されている。このためこれら沿岸の波高には相当の差が認められる。WNW方向よりの強風により日本海での沖波の波高が6 mの時、酒田海岸では沖波波高6 mとなるが、秋田海岸では5 m、新潟海岸では4 m強となつて地形による波高の差異が現われてくる。従つて波浪、海岸底質、海底勾配等の条件のみを考慮すれば、酒田、秋田海岸に於ても新潟同様の又はそれ以上の冬季の海岸欠損を示すものと考えられる。しかし事實はそうでなく、新潟周辺のみが激しい海岸欠損の状況を示している。こゝに前述せる海岸地形の特性及び補給土砂減少、部分的には西突堤の影響が新潟海岸欠損の致命的な原因の一つであるということが推論される。

(詳細は「災害とその対策」中の浜田徳一博士「新潟海岸の欠損について」参照)。

(IV) 旧信濃川分離の海岸に及ぼす影響

(1) 総説

新潟港は従来より新潟市並びにその広大な背後地に対する門戸として重要な地位を占め、その利用も裏日本随一を誇つて來てゐるが、河口港の宿命とも言われる流下土砂による港内埋没は後と絶たず、毎年多額の金を投じて維持浚渫を行うのみで世界海運界の趨勢に依じた港湾施設の整備が厚々として進まない現状である。従つて今後新潟港の飛躍的發展を期するためには、抜本的な埋没防止対策を考慮する必要が起つてくる。こゝに計画されたのが所謂「河口分流計画」であり、「関屋分水計画」である(図-10)。しかしながら新潟港の重要課題として次に掲げられるものに信濃川河口を中心とする東西海岸の欠損があり、上記計画を実施した場合海岸欠損に如何なる影響を与えるかという問題も充分考慮しなければならない事項となつてゐる。

図-7 新潟港(図 30.4～5 測深)

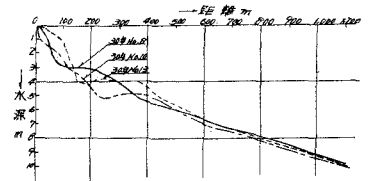
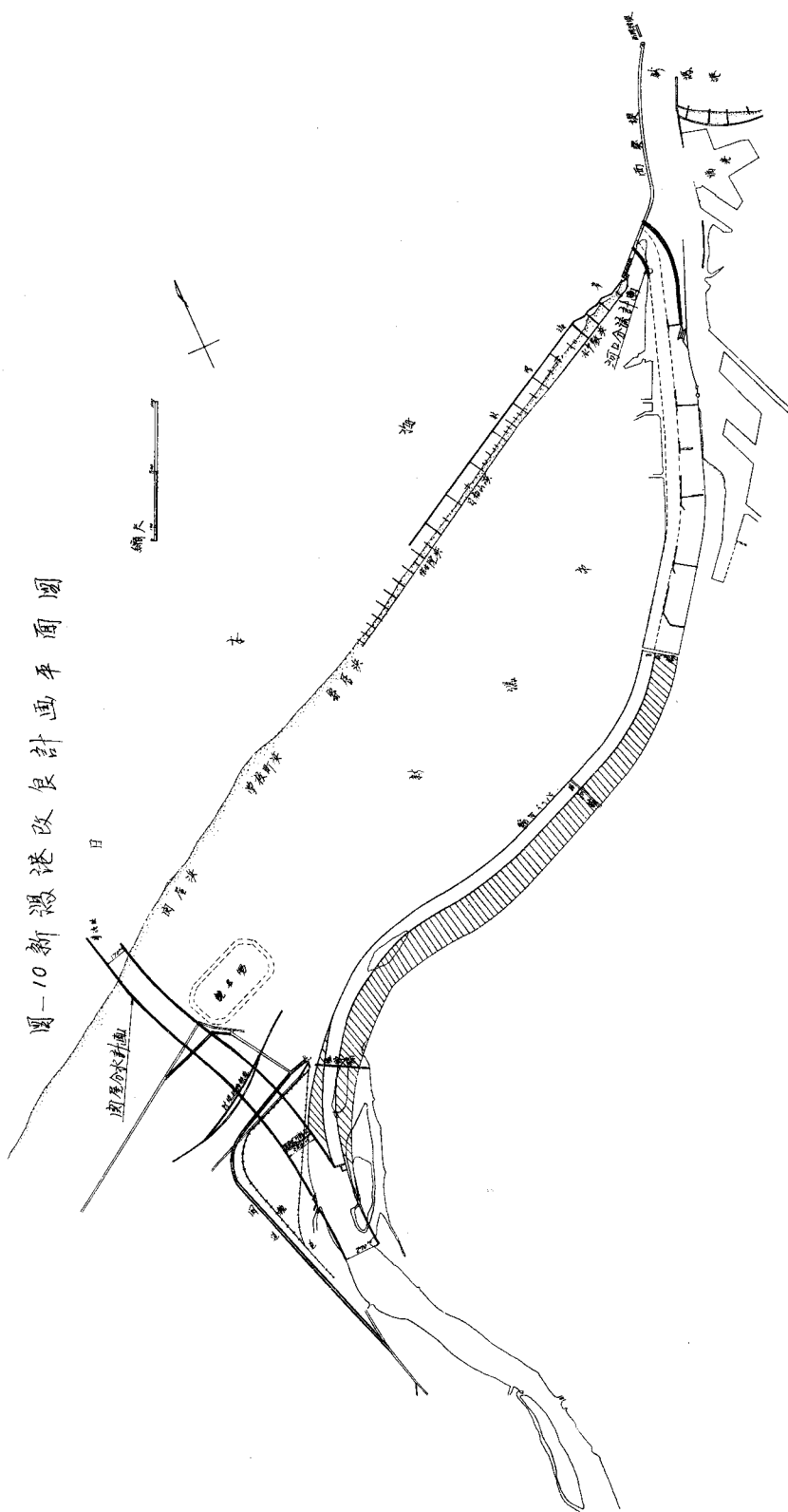


圖-10 新設港改良計畫平面圖

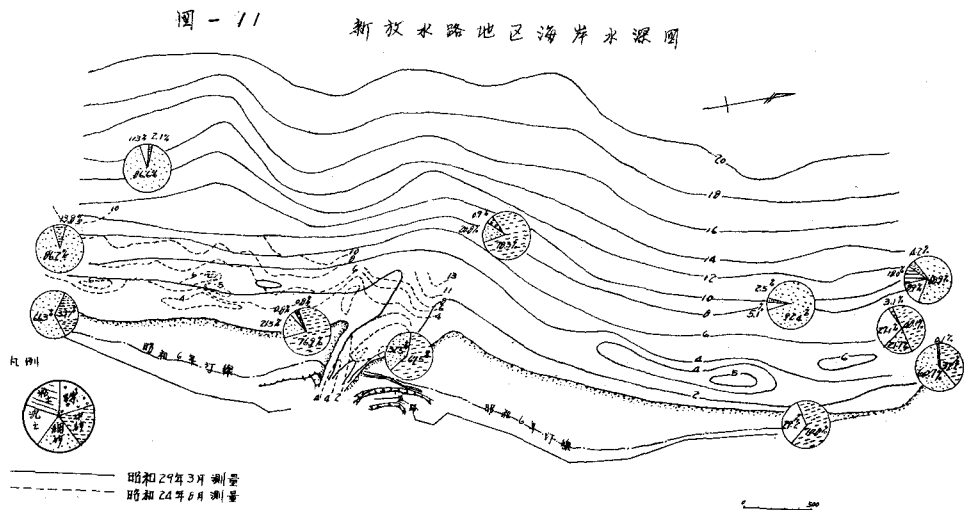


以下これまでの調査資料に基づき、この問題について若干の検討を加えてみよう。

(2) 関屋分水をした場合の海岸に対する影響

関屋分水を実施した場合面海岸はどのようなふうになるであろうか。この場合新しい河口に於ては流出する土砂によつて寺泊放水口のようにデルタが形成され、その末端は何年かの後には現在欠漬の生じている日知山展望台附近に達するであろう。

因みに昭和29年3月に行つた寺泊放水口附近一帯の測量結果を過去の唯一の資料である昭和6年の土地台帳と比較すると、左右兩岸共河口より1000~2000mの部分が最も前進しており、その量は350~400mである。又新たに出来上つた土地の面積は右岸側3.5km²、左岸側20km²の範囲内で夫々100万m²、60万m²計160万m²と概算される(図-11)



従つて寺泊放水口及び関屋分水口附近の地形、地質、風浪、補給土砂量の條件が同じで且つ欠漬現象が全くないものと仮定すれば、関屋分水口に形成されたデルタの末端が日知山展望台附近まで達するには約30年の時日を要することとなる。しかしながら、関屋分水口より流出する土砂量が寺泊放水口よりつそれに比し約半減すること及び前述の通り冬季の西方に向う沿岸流によつて阻止されることなどのため、最も欠漬の著しい突堤元付より日知山附近までの海岸に益するかどうかは頗る疑問であり、他方分水によつて港内埋没は防止される結果、ポンプ浸没による土砂補給は不可能となり、今迄より一層欠漬速度が早くなるものと想定される。

しかしほどの程度の速度で、どの程度の水深になるまで欠漬が進行するであろうか。これを定量的に推定することは非常に困難であるが、以下これにつき若干検討を加えて見よう。新潟海岸における冬季の波浪は3.5~4.5mでこれが砕波となつて直接護岸にあたるのであるから、護岸前面水深は上記の波が重複波になりうるまで急激に深度を増し、その後は海面の全面的な浸食に伴い、徐々に浸食が進行するものと思われる。この砕波と重複波の

限界水深は黒田静文氏の発表された「台風による港湾災害の特性とその対策」によれば、 $17 \times (35 \sim 45) = 60 \sim 70 \text{ m}$ となるが、両者の期間中に於ける浸食の程度を明確に把握することは困難である。しかし西突堤の基部附近は、他の接続海岸よりの沿岸流による漂砂の補給が行われぬ箇所であることより、この海面の欠損速度を以て全く土砂補給の行われぬ場合のそれに近いものと推定しうるのではないと思われる。

図-12は新潟港における昭和30年4月及び昭和31年4月の深浅図より西海岸の区域別欠損厚さを算出したものである。

これによれば西突堤附近の碎波帯に於ては、 $0.67 \sim 0.81 \text{ m}$ の欠損を示している。従つて重複波となるまでの平均欠損水深を約 0.80 m とすれば、護岸前面の水深が -60 m 程度になるまでには5年と要せず、それ以後は全般的な浸食が徐々に進行するものと思われる。

しからはその後どの程度の水深になるまで欠損が進行するであろうか、今固屋分水の新河口と阿賀野川河口とを定域とし、その間の補給土砂がないものとするれば、徐々に欠損が進行し、弛い瓶状を画いて安定するものと思われる。この極限状態における最大後退量を極めて大胆な推定であるが、西突堤元付基部より約 $1,000 \text{ m}$ と仮定するならば、基部附近の水深は現海底勾配 $1/100$ より見て約 10 m 程度になるものと推定される(山田正史：新潟港の改良について(計画編))。

このような想定が承認されるならば、固屋分水に着手すると同時に海岸護岸に着手すべきである。

如何なる構造にするかについて考慮すべき点は、毎年の水深の増加に順応すること、及び全延長に亘つて工事を進め得られること、波浪によつて砂が攪乱し吸い出されることかないこと等ではないかと考える。このためには現在の護岸前面に捨石をし、沈下に伴つてテトラポットを補給して行き、波力を軽減することもあると考える。

図-11はこのような工法による -70 m 洗掘時の規定断面図である(-70 m にとつたのは、西突堤外側の現水深を勘案したものである)。

(3) 河口分流をした場合の海岸に対する影響

分流口より排出された掃流土砂の大部分は、冬季卓越す

図-12 西海岸土量増減図

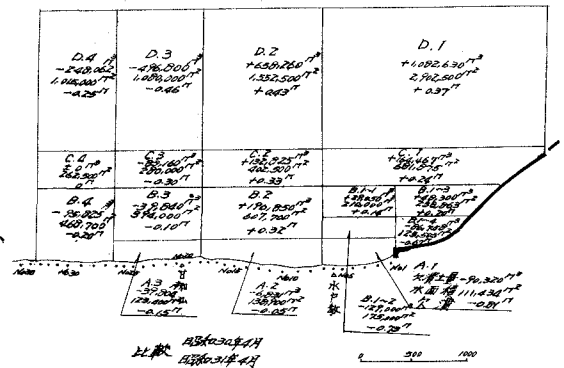
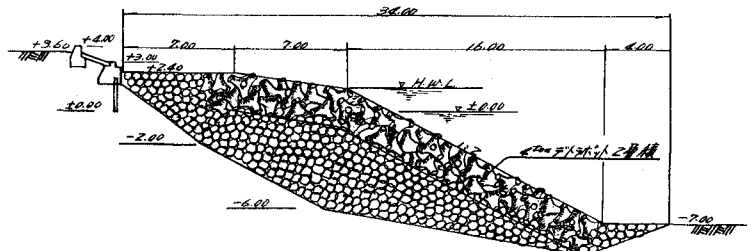


図-13 西海岸護岸補強標準断面図



る北西の波浪が西突堤にあたつて反射する海岸に略平行な強い流れにより、現在欠損の最も著しい西突堤元付から、日和山浜一帯に集中的に補給され、海岸の欠損防止に大いに役立つものと推定される。かゝる推論は、新潟港工事々務所構内における大規模な模型実験によつて、概ね立証されているし、又目下ポンプ船によつて100万^{kg}に近い港内浚渫土砂を西突堤基部に排出していること自体が既に河口分流を一部実施している状態とも考えられ、しかもこれによる補給効果は、現在のところ突堤基部より日和山以西にまで及んでいると思われることによつても裏付けられる。

この場合懸念されることは、排出土砂によつて現港口が埋没せぬかということであるが、現在ポンプ船によつて前記のような多量の浚渫土砂を同位置で排出していても、港口附近に対する影響が認められないことから、たとへ堆積が起つたにせよ極く微量のものであると考えられる。

(V) むすび

以上新潟海岸の生成過程及び河口分流、国屋分水計画の海岸に及ぼす影響について概観して来たが、新潟海岸欠損の主原因をなすものは西突堤の築造、大河津分水工事等人為的攪乱に伴う補給土砂の激減であり、このたゞ平面的に又垂直的に陸地を平坦化する作用が促進され、海岸浸食が加速度的に進行したものと考えられる。

若し、これをこのまゝ放置すれば、前記のように種々の環境条件によつて定まる或る平衡状態に達するまでは、海岸の浸食は止むところを知らないであらう。

従つてこれ以上の海岸浸食を防止するためには、何らかの形で専ら土砂補給の方策のみを講ずるか、さもなければ海岸線一帯に画期的大規模な護岸工事を施すか或は兩者折衷の方法を取るべきであらうが、かゝる海岸においては何れにせよ、海岸構造物の維持のためにも、多少の土砂の補給が不可欠の環境条件の一つであると考えられる。