

新潟海岸の欠潰について

運輸省第一港湾建設局長 山 田 正 平

は し が き

信濃川河口は近年においてこそ人工的大変革を加えられ、現在では一定位置に固定されているが、従来は自然条件のまま発達したものであり、下流緩流部を形成する一大沖積地上を河身は北東をさして新潟海岸に近接しており、河口付近はいちじるしい移動と海岸線の前進を示していた。

しかしながら、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の大河津分水工事が起工せられ、大正 11 年完了をみるに及んで航路水深維持の目的は一応達せられたが、その反面河口周辺海岸においては多量の土砂補給が断たれることとなり、海岸の後退は急速にその度を増すことになった。

以下信濃川河口周辺海岸が過去どのような変遷をしたか、また諸調査および観測によつて示された欠潰の因子は、どのような特性を示したかについて述べ、最後に欠潰防止としての対策について簡単に触れてみたいと思う。

1. 信濃川河口の変遷と工事の概要

(1) 過去における洪水 過去における信濃川の特性の最大なるものとしては、その下流平野部における頻繁かつ大規模な出水をあげることができる。内務省新潟土木出張所の記録によれば、「元禄 11 年 5 月 3 日及び享保 3 年 8 月 5 日の洪水、引続き元文、寛保、延享、宝暦の災害事ありしも、その実況は特に詳かにすべからず。然れども近世に至りては水害漸く激甚を加え、後の明治 29 年の出水のごときは各所に破堤を見、沿岸平野一帯は水底に葬られ、被害住民は爾來数年間立つ能わざるの疲弊に陥りし事あり」とある。1600 年頃よりの記録はほぼ具備しているので、1600 年以降 50 年間の洪水の回数を調べると 94 回となり、この地方の人々の苦悩は大いに察せられる。

なお、洪水による被害はどの程度であつたろうか。

文久 3 年から大正 3 年までの洪水による損害額を調べれば表—1 のごとくである。

すなわち年平均被害額は 43 万

表—1 洪水による被害額調査

円となり現行金額に換算すれば、年平均約 25 800 万円の多きにのぼる。

期 間	被 害 内 容	被害額
文久 3 年～明治 5 年(10 九年)	田畑、宅地約 86 000 町歩、家屋約 49 000 戸その他	4 320 275 円
明治 6 年～同 15 年(〃)	〃 50 000 町歩、〃 27 000 戸 〃	4 214 030 円
明治 38 年～大正 3 年(〃)	〃 5 300 町歩、〃 20 000 戸 〃	4 365 149 円
年 平 均		430 000 円

(2) 古図に示された汀線の変化

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るが、主として信濃川の流送土砂により育成せられたものと考えられ、かつ海岸は礫を持たない全くの砂質海岸であることがその特長である。

古図によれば、天正以前、永祿年度(1560 年)における信濃川河口は、日和山の東北近くにあつたものと思われ、永祿以後寛延(1750 年)に至るまでの 190 年間に左岸汀線は、年平均 3.6 m 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)年代に至る汀線は約 250～260 m、年平均 2 m あまりの前進にすぎず、前記にくらべれば比較的少ない。もとより発達した測量法のなかつた時代であり、定量的に云々はできないが、この原因を寛永 10 年(1633 年)阿賀野川合流に結びつけることも考えられる。すなわち信濃川上流より流送される土砂は、両川の流勢により遠く海中に運ばれ、河口は非常に深度を増し、このために汀線の移動が減じたとみるべきであらう。さらに寛延年度(1750 年)の汀線は、阿賀野川の流向の再移動により港口の変動とともにいちじるしい前進を示している。

なお、河口の状況については、安芸杏一博士が「新潟港改修と港口の浚渫」で報告されているが、これによると、春から秋にかけての出水により送流された土砂が、堆積して大なる門州を生じ、ときには、滞筋でも水深 -2 m に足らざる状況を呈したが、これもやがて冬の激浪により浸食され、翌春には再び -4 m 以上の水深となつた。

このため、明治 31 年(1898 年)の信濃川流末工事における導流堤築造に当つては、左岸砂嘴を開さくして新河口としたということである。

(3) 工事の概要 前記、信濃川流末工事が所期の効果を収めなかつたので、洪水の氾濫及び港口の埋塞を防御

するための根本的な構想をもつて、信濃川改修工事が明治 40 年（1907 年）に起工された。工事は河口修築工事と大河津分水工事に大別され、さらに前者は突堤築造工事と、浚渫工事に区分することができる。

（a）突堤築造工事：信濃川流末工事において築造された突堤の沈下，流出にかんがみ，方塊積の強固な構造としたもので，明治 40 年（1907 年）着工し，大正 13 年（1924 年）に竣功をみた。

（b）浚渫工事：浚渫工事は明治 43 年（1910 年）開始され，大正 3 年（1914 年）以後はようやく軌道に乗った。明治 43 年より昭和 29 年（1954 年）に至る間の浚渫土量は表一 2 のとおりである。

（c）大河津分水工事：信濃川中流部の最も日本海に接近せる大河津（河口より上流 58 km）より寺泊に至る間に延長約 10 km の放水路を開き，計画洪水量 $5\,570\text{ m}^3/\text{s}$ （現在 $9\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ）全部を導き，これを日本海に放流し，大河津以下旧川の沿岸一帯の水害を根絶せしめるとともに，新潟港の土砂埋没を軽減しようとするもので，明治 40 年（1907 年）に起工せられ，幾多の難工事を経て大正 11 年（1922 年）8 月通水を開始した。

（d）その後の修築工事：その後引続いて港内維持浚渫が行われると同時に，各種埠頭，及び接岸施設が修築され，逐年近代港湾としての型態を整えつつあつたが，一方海岸には格別の関心は払われなかつた。昭和 20 年冬季の風浪によつて，東西兩岸とも暴潮による港内への侵入を受けるに及んで，欠損はいよいよ脅威となつたので，とりあえず西突堤基部一帯には T 字型縦堤 5 基を，その他には護岸及び縦堤を配置したが，護岸はいずれも破壊され効果がなかつた。さらに昭和 25 年以降後述するとき潜堤方式による工事を進め，これと併行して，昭和 22 年以降，ポンプ浚渫船によつて新潟港浚渫土砂を西突堤基部付近に排出している。

東海岸については，同じく昭和 25 年頃より昭和石油前面に強固な直接護岸の築造を開始し，これと東突堤に至る間は縦堤を配置して，海岸線の維持につとめた。

他方旧信濃川は，大河津分水通水後河底に変動を来し，治水利水の障害となつているため，大正 12 年（1923 年）以降護岸，水制，浚渫，等により低水路を規正し，土砂の疏流並びに河床の安定をはかろうとするもので，昭和 2 年に着工し以来継続して現在なお施工中である。

2. 気象及び海象

（1）風及び波 新潟の強風は，主として 10 月より 3 月の間に起つており，1916～1950 年の統計によれば 10 m/s 以上の強風の回数はこの 6 カ月間で全体の 74% を占めている。

このうちでも特に NW～WNW の風が卓越して 54% を占め，WSW～W 28%，NNW～N 12%，その他 6% である。

一方天気図によつておもな暴風時の日本海風域の主風の方向を推定すると，やはり NW～WNW が圧倒的に多い。冬季日本海において NW～WNW の強風が卓越するが，これはいわゆる西高東低の気圧配置を生ずることに起因するので，強風の継続時間は普通 20～40 時間程度，ときには 100 時間以上に達することがあり，その期間の平均風速は普通 $10\sim13\text{ m/s}$ ，最大は 16 m/s 程度である。

新潟海岸の波は 2 つの発生域に区別される（図一 1 参照）。

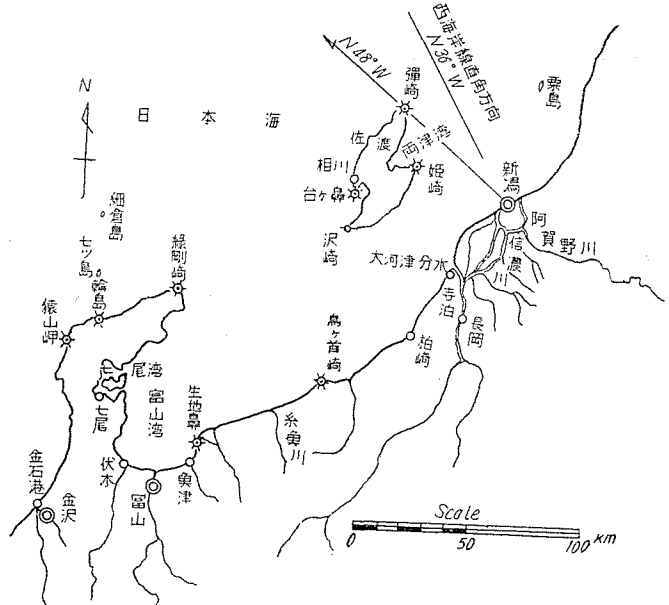
第一は日本海中央部を中心とした広い区域で，新潟海岸ではうねり性の波とし

表一 2 明治 43 年より昭和 29 年までの間の新潟港浚渫土量表

年 次	海の部 (m^3)	河の部 (m^3)	奥宮埠頭 上流部 (m^3)	合 計 (m^3)
明治 43～大正 2	1 031 000	なし	なし	1 031 000
大正 3～大正 10	1 280 000	2 025 000	なし	3 305 000
大正 11～昭和 21	なし	13 966 000	7 022 000	20 988 000
昭和 22～昭和 29	なし	11 766 400	980 000	12 746 400
合 計	2 311 000	27 757 400	8 002 000	38 070 400
年 平 均	193 000	677 000	334 000	865 000

註：表中「海の部」とは西突堤端より前方海中水深 30 尺線までの航路部分をいい，同「河の部」とは西突堤端より上流部をいう。

図一 1 日本海一般図



て観測され、波高も週期もかなり広い範囲の変化をする。この波の進んでくる方向は、新潟と佐渡の北端弾崎を結んだ線 (N 48°W) よりも東側である。

第二は、主として W よりの風によつて生ずる越佐海峡に発生域をもつ風波で、週期は短かいが、波の Steepness は比較的大きいものであり、新潟海岸では、この両方の波が合成されて現われるものと思われる。普通の暴風の風速を 10~15 m/s とすると、前者は波高 3~4 m、週期 6~9 sec、越佐海峡の風波は波高 2.0~2.5 m、週期 5~6 sec とみられる。

昭和 30. 2. 21, 22 日の間、新潟港西突堤基部沖合 200 m の海面に緊置したブイを、トランシットにより観測した結果、表—3 のような数値を得た。

また一方天気図、及び測候所の記録から、日本海の風を推定すると、20 日 10.00 時頃より、22 日 2.00 時頃まで風速 15 m/s 程度のもので、40 時間にわたつて、主として WNW の方向に卓越したと考えられるので、21 日午後の日本海の沖波は波高最大 5.2 m、週期 9 sec 程度であり、また越佐海峡に生じうる波は、おおむね波高 2.3 m、週期 6.3 sec 程度と推定される。

表—3 西突堤基部 200 m 沖における波の観測値

月	日	時刻	平均波高 (m)	平均週期 (sec)	波 向
2.	21	10.00	3.95	9.8	N 28°W
	21	13.00	4.16	9.5	N 27°W
	22	9.00	3.37	10.5	N 28°W
	22	11.00	3.03	11.0	N 35°W
	22	14.00	2.40	10.5	N 38°W

この推定値と観測値とをあわせて考えるときは長時間強風が継続すれば新潟海岸の波は、明らかに日本海の沖波に支配されていることがわかる。さらに問題とすべきことは、その波向が新潟と佐渡北端弾崎を結んだ方向より 10°~20° 東側に、また風向 WNW よりは 30°~40° 東側に寄っていることである。このことは、日本海の沖波は新潟の西北西 50 km の海上に横たわる佐渡ヶ島の濾過作用により波向、波高ともかなりの変化をうけ新潟海岸に到達しているものといえよう。昭和 25. 12 月、運輸技術研究所井島技官により行われた実体写真撮影の結果によると、新潟海岸に到達した磯波は普通距岸 300~400 m 付近に Bar が発達し、その内側にほとんど一定水深の海棚があるという場合には、Bar 付近を第 1 砕波帯、その内側の海棚の端部付近を第 2 砕波帯、海棚が終つて汀線地帯に入る付近を最終砕波帯、さらに内側汀線付近を汀線砕波帯と区分できるものとされ、暴風時第 1 砕波帯で砕けた波は、その質量輸送の作用によつて、1/1000 程度の水面勾配をもつて汀線に向い水位が上昇する。また波高の減少程度よりみて 1 回の砕波により波はそのエネルギーの 60~70% 程度を失うものと思われる。さらに波高は第 1 または第 2 砕波帯付近で最も大きく、その Steepness は普通 0.05 くらいであり、海棚部分で漸次波高は減少し、Steepness は 0.03 程度となり最終砕波帯でまた少しく高くなり Steepness もまた 0.05 程度になる。

最近の西海岸防堤工事完了部分の防堤による砕波の効果は、新潟県信濃川工事事務所が、西突堤基部より 1500 m の海岸において昭和 29. 2~3 月にわたり観測したところによれば、波が高いほど減衰率が大きく、波高 3.4 m の沖波は防堤内において 1.3 m に減少した結果を示し、防堤内の Steepness は荒天時平均 0.032 程度と観測された。

(2) 沖の流れ 新潟海岸では、潮差は小さく、沖の流れに対しては潮汐による流れよりも、吹送流と波浪流が影響を持ち、さらに越佐海峡を流過する対馬海流の分流が大きく影響しているようで、沖合では恒流は東北に向うものと考えられる。

碇置観測によれば、東海岸の流れはほとんど西向きの 10~15 cm/s の流速を有しているが、西海岸では方向流速とも変動が多く不規則であつた。測流板による結果から、西海岸においては漲潮時南下し、落潮時北上すると考えられる。以上のように、比較的静穏な場合の流れは一般に微弱であるが、荒天時には、強風が砕波帯の外側にも強い流れを発達させているようである。すなわち昭和 30. 1 月、2 月及び 4 月の 3 回にわたり、荒天時にヘリコプターによつて浮子を投入し、流況、波浪等の観測を行つたのであるが、2. 22 日に行つたものについて述べれば次のとおりである。

浮子には、1 斗空缶を用い、その下部には十字に組合せた漂流板をつけたもので、缶の周囲に 2~3 分ごとに発火する 16 発の花火をつけ、機上で点火後投入して、発火ごとに測角して漂流経路を観測した。

当日の気象は、風向西、風速 10~2 m で、波向は上空からの観測によれば、N-38°W でほぼ海岸線に直角であり、波高観測結果は平均 2.4 m、週期は 12~9 s、平均 10.5 s であつて、第 1 砕波線の位置は距岸 300 m であつた。距岸 500 m に投入された浮子は、強い流れによつていずれも東北方に 47~64 cm/s の速度で流れ、その後まもなく沖に姿を消したが、そのうち 1 個は 26 日早朝遠く 130 km をへだてた酒田港北岸において発見された。

4. 18 日に行われた観測では、風向 NNE、風速 5 m/s、波向 N 13°W、波高 2.6~2.9 m、週期 10 s という

条件であり、浮子は平均 27~32 cm/s の速度で西方に漂流し、そのうち砕波帯内に入るやたちまち速度を増し、84~96 cm/s で流送された。

また西突堤付近 -7.0 m 程度の砕波帯外に設置した底層流速計（海底上約 1.0 m）の記録によれば、風速約 5 m 以下の場合には、流向は不規則で流速も 10 cm/s 程度にすぎないが、西よりの強風が吹き始めると流向は風向に近接し、さらに風速に追従して流速は増大し、最高 55 cm/s を示している（図-2 参照）。

以上のような諸例から、新潟海岸における砕波帯外の流れは、本海岸に卓越する W~NW の強風にたいしてきわめて敏感であり、その影響は深部までも及んでいるものと思われる。

(3) 汀線付近の流れ 実体写真による観測結果からも、砕波帯内では汀線に向つて上昇する水面勾配を作ることが認められているが、このため砕波帯内に Under tow, Return flow, Rip current が発生し、また海岸に平行な横方向に流れも生ずると考えられ、砕波帯外の沖合の流れとは、全く性質を異にするものと思われる。新潟県信濃川工事事務所が、昭和 29 年及び 30 年の冬期、西海岸潜堤内で底層流をキャッチできるように考慮された浮子を用いて 流況を観測した結果によれば、浮子は投入後沖方向に流れつつ 東または西に偏するか、あるいはさらに沖方向に漂流し、流向別の回数は西向き 19 回、東向き 7 回、沖方向 7 回で、浮子の移動距離より推定して、相対的には沖西方向に向う流れが強く、かつ風向が海岸直角より西偏している場合でも、この傾向があるとされている。

また同事務所は、西海岸において、沖の波は新潟海岸において、沖の波は新潟海岸に対し、風向にかかわらず汀線に対し、直角またはやや東寄りの方からくる場合の多いことを観測しているので、砕波帯内の流れは主としてこの沖の波によつて生じているものと思われる。

一般に微粒砂は 20 cm/s 程度の流速で容易に移動するから、観測による最高流速の平均値 80 cm/s の状況では、大量の土砂が移動することが容易に考えられ、またヘリコプターによる採水結果から、波浪の攪乱作用によつて、海岸付近においても 400~600 μ の粗砂が浮遊していることが認められているので、土砂移動の激しさを想像するに難くない。

また今年 1 月西突堤元付の付近で民家が行つた仮護岸の土俵が、折からの高浪で流出し、それが西海岸一帯約 4 km に漂着していることや、新潟市の塵埃捨場である日和山海岸から塵埃が流出して、その多くが西方海岸に打上

図-2 底層流速計記録

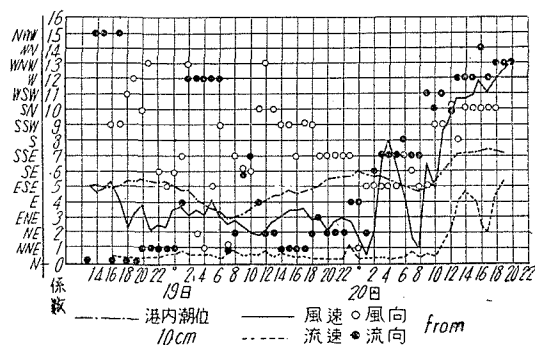
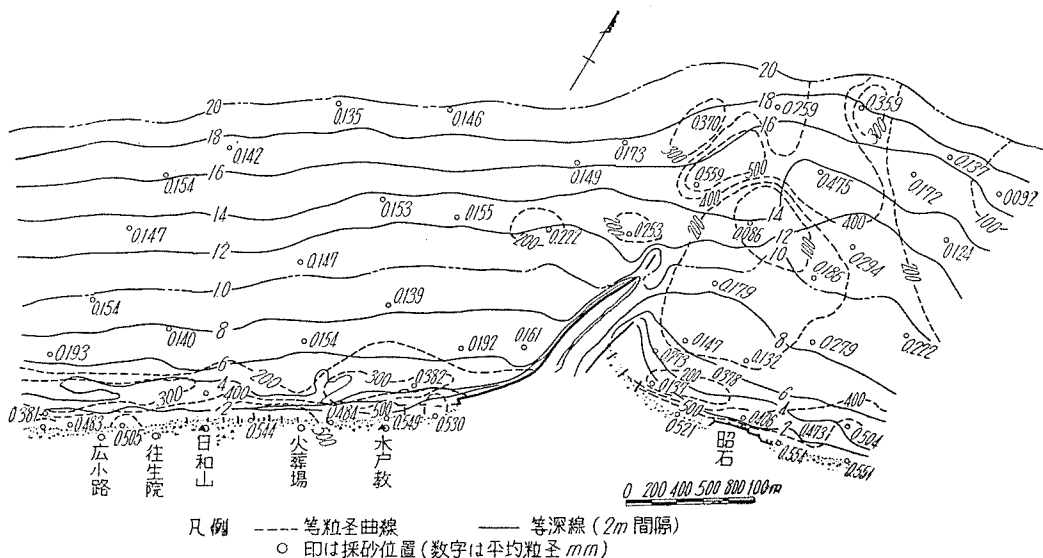


図-3 昭和 30 年水深及び底質分布図



げられていることなどの事実より、西海岸の汀線付近では西へ向う流れが強いことがわかる。

(4) 海底地形と底質

(a) 海底地形…昭和 30 年の測深図(図-3)によれば、砕波帯の陸側には常に Bar, Trough があつて地形が複雑しているが、沖側では単調な平坦勾配をなしている。Bar, Trough は季節によつて移動変形が激しいが、おおむね交互に存在している。砕波帯内の海底勾配は汀線付近で 1/10 内外、その沖合では割合緩勾配で、Trough に近づくと 1/20~1/30 となり、Trough から Bar に向つては 1/10 内外の昇勾配で、Bar の沖側では 1/40~1/50 となつてゐる。汀線から Bar の沖側の距離は、西海岸では 400~450 m、東海岸では 300~350 m である。

砕波帯外についてみれば、西海岸ではきわめて単調な地形をなしており、水深 5~20 m の所で約 1/120~1/130 の勾配である。

東海岸では、昭和石油前方海域で、8 m 以上の等深線が約 2 km にわたつて特に張出して、1/200~1/300 勾配の平坦部が見られるが、これは過去の河口門洲の痕跡と考えられる。それより東方の海域では西海岸と大差がない。

(b) 底質：昭和 30 年 4 月の底質図は図-3 に示すように、昭和 22 年来行われた調査と大なる相異を認めない。

東西両海岸とも一般に砕波帯では底質が粗く、最終砕波線から汀線にかけては、信濃川本川の掃流土砂に等しい平均粒径 300~500 μ で中砂が多く、粘土、沈泥を含まず、沖に出るほど細砂の含有量が増し、Bar あるいは Trough で中砂の量が増えるが、さらに沖に進むと平均粒径は 100~150 μ で細砂が多くなり沈泥も含まれている。

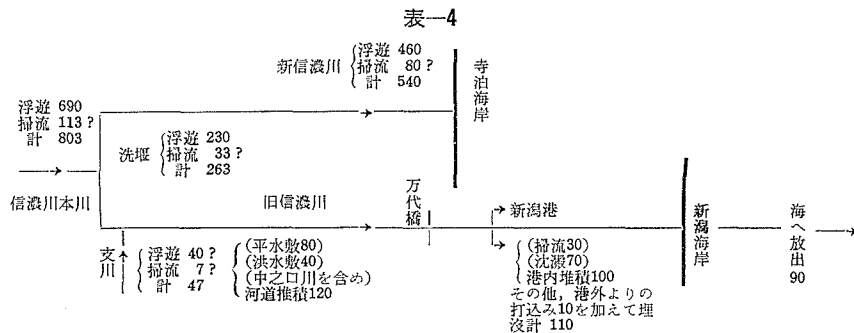
季節による底質の変化は砕波帯内ではなほだしく、一般に冬季は夏季よりも粒径が大きい。

東海岸では、河口北方約 1 km に 500 μ 程度の粗粒底質がみられるが、これは前に述べたように、かつての河口門洲の痕跡と考えられる。他の部分においても西海岸に比して一般に底質分布は複雑である。

3. 欠潰の様相

(1) 流出土砂の減少 過去信濃川によつて港口に到達された莫大な流送土砂が、大河津分水工事を契機としていかに激減したかを推定してみたい。

信濃川本川の流量頻度曲線と、流量一含泥量曲線とを組合わせれば、送泥量の頻度曲線が得られるが、これを累計し浮遊による送流土砂量を求めれば年間 690 万 t と推定され、これとその約 1/6 すなわち 113 万 t を掃流土砂とみなせば、合計 803 万 t の土砂を流出することになり、この土砂量が大河津分水によつて、表-4 のごとく配分されるものと想定される。



備考 単位: 10^4 t または 10^4 m³, 堆積量 1 m³ はほぼ 1 t に等しいとする。

すなわち同表に示すごとく、旧信濃川により港内に堆積する土砂は、浮遊土砂の沈澱によるもの 70 万 t、掃流土砂 30 万 t の計 100 万 t、港外に放流されるものは浮遊土砂 90 万 t と推定され、新信濃川にその土砂の大半が流出されることがうかがわれる。

以上のように大河津分水完成後、東西両海岸ともいちじるしい欠潰の現象が示されているが、新信濃川河口付近一帯は本年 7 月の測量によれば、昭和 6 年から昭和 30 年までに 350~400 m の汀線の前進が見られ、造成された土砂の面積は右岸側 100 万 m²、左岸側 60 万 m²、計 160 万 m² と概算され、また水面下の堆積土量は右岸側 3.2 km、左岸側 2.0 km の範囲において 6400 万 m³、年平均 270 万 m³ と推算される。

このことは新潟海岸の欠潰、すなわち土砂補給が海岸に対していかに大なる影響を有するかをしめすものである。

(2) 汀線の変化 海岸欠潰の現象を、最も端的に表明するものは汀線の変化であるが、明治末期以降の汀線の

変化を概説すれば次のとおりである。

(a) 西海岸：現在、汀線に後退現象が認められるのは、西突堤元付より西方約 7 km の海岸であつて、新潟市役所の調査によれば 表—5 および 図—4 のとおりである。

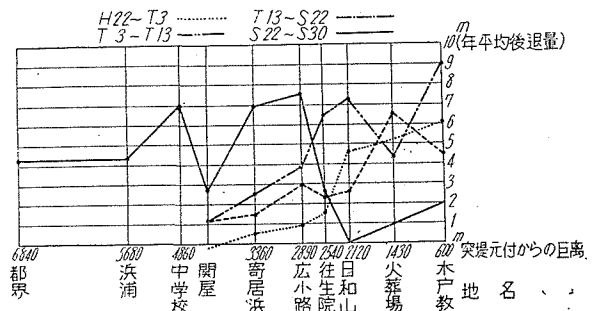
表—5 西 海 岸 汀 線 移 動 表

(新潟市役所調)

位 置	群 界	浜浦校	中学校	関 屋	寄居浜	広小路浜	往生院浜	日和山浜	火葬場浜	水戸教浜
西突堤元付からの距離(m)	6 840	5 680	4 860	4 380	3 660	2 890	2 540	2 120	1 430	600
明治22～大正3 25年平均値				+0.3	0.6	0.9	1.5	4.6	5.2	6.0
大正3～大正13 10年平均値				1.2	2.5	4.7	6.5	7.3	4.3	8.9
大正13～昭和22 23年平均値				1.2	1.5	3.0	2.4	2.6	6.4	4.1
昭和22～昭和30 8年平均値	4.4	4.4	7.0	2.7	6.9	7.4	2.7	0	1	2
昭和22～昭和30 後 退 量				68.0	130.0	196.8	179.2	246.7	327.1	360.0

明治 14 年 (1881) より同 22 年 (1889) の間は汀線は一進一退の状態であり、明治 22 年より大正 3 年 (1914) に至る間には突堤の修築工事が行われ、西海岸への補給が激減し汀線の後退が始まっている。大正 3 年より同 13 年に至る間にはようやく浚渫工事が強化され、さらに突堤の完成により土砂補給は極度に減少し、汀線後退は加速された傾向がみられるが、大河津分水完成後の大正 13 年 (1924) より昭和 22 年に至る間は前者より後退速度がやや鈍っている。

図—4 年代別年平均汀線後退量



このときは汀線はすでに海岸砂丘線と衝突し、高さ数 m ないし十数 m の砂丘の前面を浸食しつつあり、従つて後退量も以前より減少したものと考えられる。なお一般的傾向として、突堤に近づくほど欠潰量が大きい。

昭和 22 年以降は、突堤より日和山に至る間の後退量がほとんど停止し、これに反して往生院浜以西の間において増加の傾向がみられている。前者はこの期間におけるポンプ船による土砂補給と、昭和 25 年以降行われた欠潰防止対策工事の効果、及び前記砂丘の影響によると考えられる。

(b) 東海岸：昔の汀線移動状況は明らかでないが、既往の河口部平面図から推測すると、東突堤の東方 300 m の地点では、突堤修築工事前の明治 25 年 (1892) から同 31 年 (1898) までの 6 年間に 150~200 m 前進している。明治 37 年 (1904) 西突堤工事が一応完成され、かつては西海岸へも分散していた流砂が、集中的に東海岸へ補給される結果となり、明治 38 年 (1905) より大正 3 年 (1914) に至る 9 年間にさらに 100~200 m の前進をみた。

しかるに、大正 11 年 (1922) 大河津分水工事完成後は補給源を失い、急速に汀線の後退を見、大正 10 年から昭和 17 年の 21 年間に 200 m、昭和 17 年から昭和 21 年までの間にさらに 40~50 m 後退して、ついに昭和 20 年冬季の時化で、外海の水が直接臨港埠頭に流入するに至つたが、昭和 24 年以降、護岸、縦堤を配置した結果、東突堤と昭和石油 K K の間は現在では汀線は大きく弧状を画いては安定している。

図—5 明 治 37 年 水 深 図

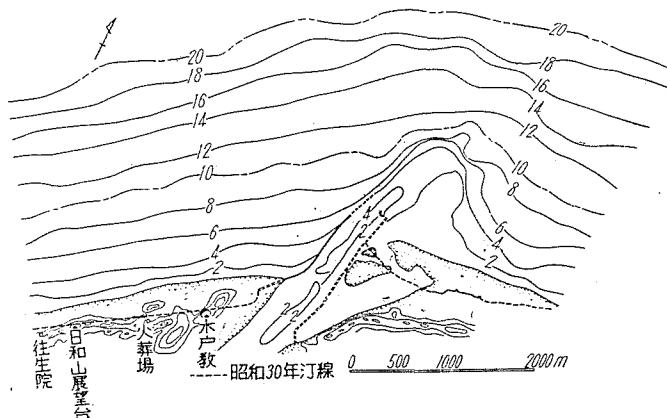
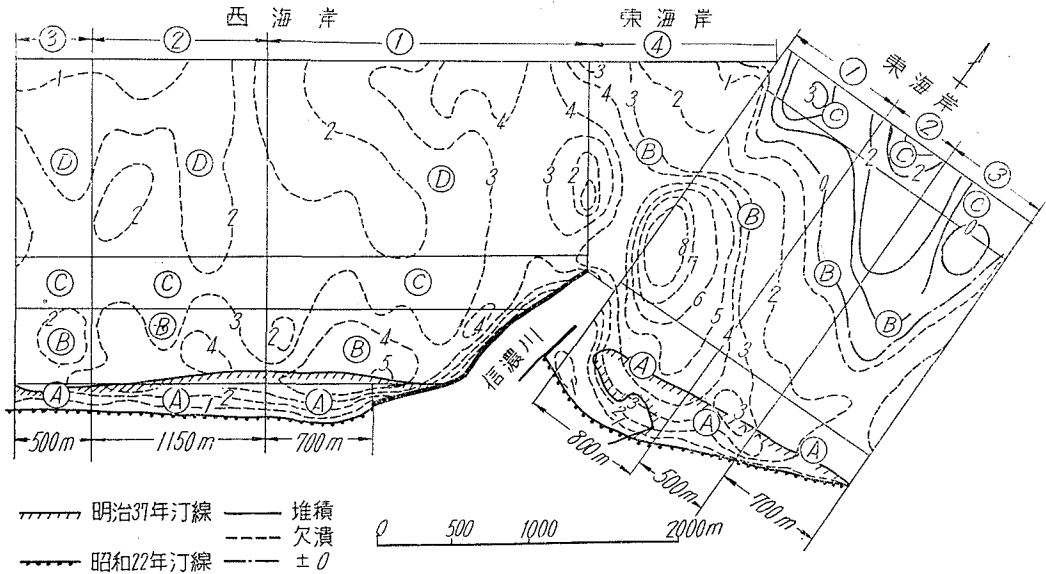


図-6 土量増減図



(3) 欠潰土量の推定 図-6 及び 7 はそれぞれ明治 37 年 (1904) より昭和 22 年、及び同 22 年より 30 年に至る間の海底の変化を等高線で示したものである (図-3, 5, 8 及び 9 参照)。ただし明治 37～昭和 21 年の間の浚渫土砂は、港口灯台より東北方 2 km の外に投棄され、昭和 22 年以降は、浚渫土砂の一部は灯台より東方 1 km のあたりに、他の大部分はポンプ船によつて西突堤基部に排出されている。

まず西海岸では 図-6 及び 7 に明かなように、全面的に激しい欠潰が行われており、特に西突堤中央部、元付付近及び浅海部砕波帯においてその傾向は顕著である。

これらの欠潰量を算定すれば、表-6 に示すごとく全区域約 830 万 m^3 の欠潰土量は約 2 350 万 m^3 にのぼり、これは年平均約 55 万 m^3 に当る。

次に 図-7 についてみれば、西海岸のかかなりの部分に相当量の堆積がみられる。表-6 の土砂増減量では、全区域 1 050 万 m^3 に対して、89 万 m^3 の堆積となつており、これは明らかに欠潰量を上廻るポンプ船の土砂補給、及び砂丘の欠潰によるもので、これを勘案して、欠潰量を推定すれば、全区域的 1 050 万 m^3 にわたつて 400 万 m^3 、年平均 50 万 m^3 となる。

この 2 つのケースの水面積の不同を調整すれば、西海岸の欠潰量は年間 50～70 万 m^3 と推定される。

なおポンプ船の排出する土砂は、沈泥以下の微粒子を含み、ポンプ船によつて排出されても浮遊拡散してすべてが海底を構成するとは考えられないので、水深 10～20 m 付近の底質組成にほぼ等しいもの (細砂以上、及びその 10% の沈泥) を有効成分と考え、昭和 28 年 11 月に行つた港内底質分析の結果を基準として、各年度の区域別浚渫実績により有効土量を算定したものである。

また詳細に潜堤付近の海底地形の変化をみれば、潜堤設置箇所では他に比して汀線の後退量ははるかに少なく、また潜堤沖合の 5 m 等深線は設置以前とはほぼ同位置にあつて変らないが、潜堤内の 2 m 等深線が他に比してやや陸側に存在する。従つて汀線付近では、他よりもわずかに急勾配を保っている。

なお 図-6、表-7 について東海岸をみれば、東北端に相当の堆積部があるが、河口前面約 500 m の箇所が最大 8 m の欠潰を受けていることが目立っている。これはかつて存在した水深 3 m 程度の河口門洲が、浚渫の強化と、特に大河津による流砂の激減によつて消滅したもので、その土砂が東北方に移動展開して、堆積部を形成したものと考えられる。

さらに 図-7 に示される東海岸昭和石油以西の汀線付近の堆積は、前述の対策工事によりほぼ汀線に安定をみた結果であり、昭和石油沖合の堆積は土運船による捨土の影響ではないかと考えられる。

土砂増減の比較は、水面積 730 万 m^2 に対し約 300 万 m^3 の欠潰で、補給土砂を勘案すれば全期間に対し約 426 万 m^3 、年間平均約 53 万 m^3 の欠潰となる。

4. 海岸対策工事

(1) 最近の対策工事 新潟海岸の欠潰に対して防護工事を実施したのは昭和 8 年ころからであるが、当時は全

表-6 西海岸土砂増減量調査

期 間	土 砂 増 減 量 (m³)		水 面 積 (m²)	単位当増減量 (m)	補 給 土 量 (m³)	推定浸食量 (m³)
明治37年 昭和22年 (43力年)	㊤	-857 100	497 000	-1.72	推定砂丘欠損量 1 800 000	全年 -23 525 800 --547 000 m³/y
	㊦	-5 458 600	1 537 000	-3.55		
	㊧	-3 508 100	1 325 000	-2.65		
	㊨	-11 902 000	4 940 000	-2.41		
	計	-21 725 800	8 299 000	-2.62		
昭和22年 昭和30年 (8力年)	㊤	-497 000	677 000	-0.73	推定砂丘欠損量 998 000 ポンプ船排出量の 57.5% 3 915 000 計 4 903 600	全年 -4 013 500 --501 700 m³/y
	㊦	-99 400	2 062 000	-0.05		
	㊧	+555 700	1 692 000	+0.33		
	㊨	+930 800	6 094 000	+0.15		
	計	+890 100	10 525 000	+0.08		

備考 - : 欠損 + : 堆積

表-7 東海岸土砂増減量調査

期 間	土砂増減量 (m³)		水面積 (m²)	単位当増減量 (m)	補 給 土 量 (m³)	推定欠損量 (m³)
明治37年 昭和30年 (43カ年)	㊤	-3 565 300	1 275 000	-2.80	沖 埴 土 量 18 302 000	
	㊥	-8 812 100	4 262 000	-2.07		
	㊦	+905 000	600 000	+1.51		
	計	-11 472 400	6 137 000	-1.87		
昭和22年 昭和30年 (8カ年)	㊤	-418 600	1 392 000	-0.30	沖埴土量の50% 1 042 500 ポンプ船排出量の 34% 194 000 計 1 236 500	全年 -4 261 800 -534 000 m³/y
	㊥	-2 154 700	4 582 000	-0.47		
	㊦	-452 000	1 330 000	-0.34		
	計	-3 025 300	7 304 000	-0.41		

備考 - : 欠損 + : 堆積

くの応急工事であつてほとんど効果なく、自然の猛威の前につきつぎと破壊されて汀線は徐々に後退してきた。特に昭和 20 年の大時化では、東西海岸いづれも突堤基部付近砂丘を欠損せしめて海水は港内に侵入し、いちじるしく脅威を与えるに至つたので、本格的な防護工事の必要を認め、昭和 23 年新潟港技術調査委員会を組織し、調査検討の結果潜堤方式を主体とした防護工事を採用することになった。

(a) 潜堤工法の選定理由：新潟海岸の防護に適する工法として、黒田氏の国際航路会議に発表された報告書では次のように述べられている。

従来より、波浪による海岸欠損を防護するため、直接護岸、短かい突堤、杭打水制等汀線付近の直接工法が採られてきたが、いづれも失敗に帰している。

この理由は構造物基礎の洗掘並びにそれ自体の強度不足によるもので、本海岸のごとき移動しやすい中砂（平均粒径 300～500 μ ）からなる海岸はたやすく変形し、また来襲波浪も steep で大きな波であるから、よほど強固な構造物でないかぎり直接護岸により固定することは困難である。次に突堤群による工法が考えられるが、ある程度の延長を持たないかぎり、移動しやすい中砂の付着には効果的でなく、またその長さを増すことにより突堤尖端部の洗掘により頭部破壊のおそれを生ずるとともに、補給砂の移動を妨げることとなる。

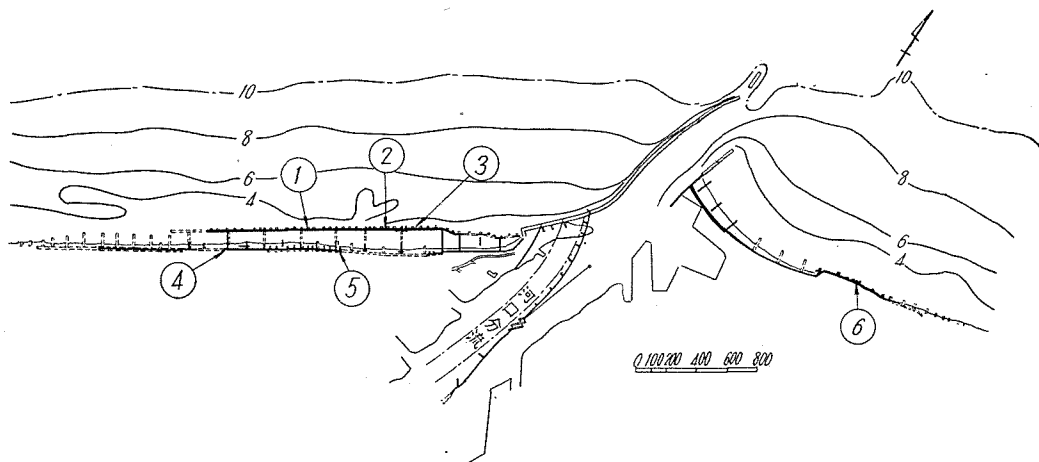
幸いに当海岸では潮位の変化が僅少であり、かつ荒天時の波が steep なため、その波力は水面近く集中することが多く、適当な工法により構造物の受ける波力を少なくすることができる。ここに採用された平行潜堤工法は、構造物の規模を考慮に入れるとともに、碎波による沖波の勢力を弱め、また引波によつて沖合に移動する土砂を捕捉し、電動ポンプ船の排砂と相まつて後方汀線地帯を広く防護することを目的としている。しかし潜堤通過後の進行波の波高は、最も危険な場合においても潜堤の無い場合の 35% に減少し、また第一碎波線の bar 並びに潜堤の抑制機構により沖波の steepness 0.065～0.02 は、0.015～0.0035 まで減少し、きわめて flat な波とな

写真-1 新潟西海岸における砂丘の欠損と縦堤の状況

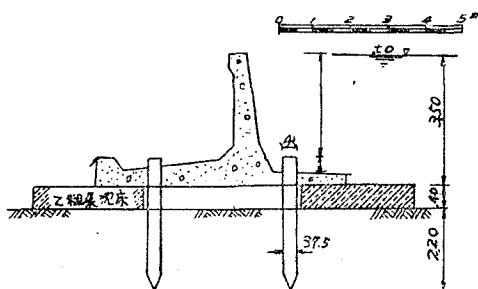


註：昭和 30 年 4 月 6 日、ヘリコプターにより撮影

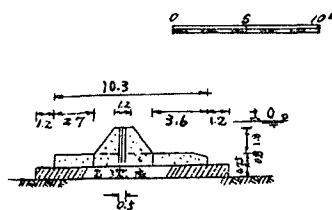
図-10 対策工事平面図並びに構造物断面図



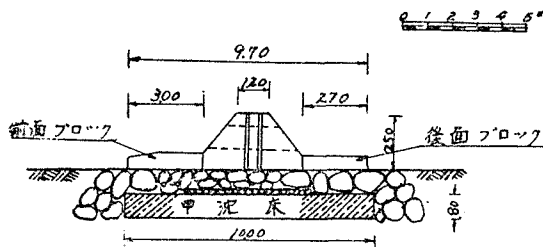
① 上型ブロック潜堤構造図



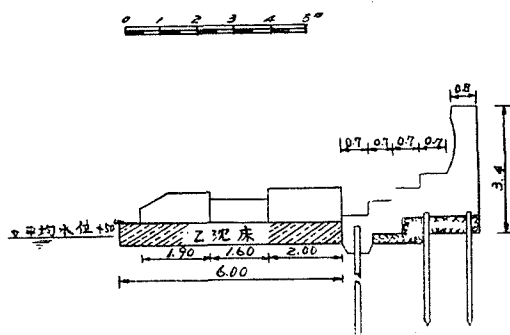
② コンクリートブロック潜堤構造図



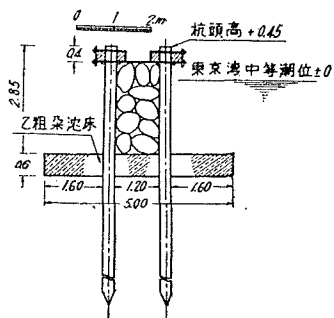
③ ふとん籠潜堤復旧構造図



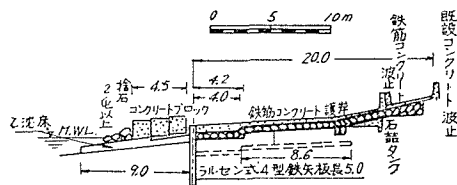
④ 四ツ屋町護岸標準断面図



⑤ 西海岸縦堤構造図



⑥ 昭和石油護岸構造図



るものと推定されている。

なお潜堤の位置に関しては、耐久性と工費との関係から第二砕波線のやや内側距岸約 150 m、水深 3~4 m としているが、砕波のエネルギーはこの付近で砕ける直前の 20~30% となつているものと推定せられ、海底地形の変動もそれほど大きくないため、基礎の洗掘が比較的少ないものと考えられる。

潜堤内に生ずる海岸に平行な流れは、潜堤の延長 100 m につき 2 cm/s 程度であると推定し、これを防ぐために適当な区画が必要とされている。

(b) 工事の内容：上述の考え方にもとづき、西海岸では昭和 25 年以降直接護岸方式を改め、新たに汀線より 140~150 m 付近に潜堤を設け、これによつて汀線付近の波高を減殺し、さらに汀線と潜堤は縦堤をもつてつなぎ潜堤内の横流れを防止するとともに、この内部に浚渫土砂をポンプ船によつて補給することにより、西突堤より西方約 3 km 間の汀線一帯の安定をはかろうとした。

しかし潜堤は布団籠、孔明ブロック、セルラブロック、石詰、L 型、コンクリート杭柵石詰（図-10 参照）等の構成をとり、いづれも天端高約 ± 0.00 m 程度とし、ある程度の透水性を有せしめることによつて波圧の軽減と基礎の洗掘を防止しようとしたものであった。

この結果、昭和 29 年末においては潜堤はある程度完了したが、このうち一部には破壊沈下を生じたところもあり、また潜堤内の流れを防止する縦堤はまだ完了せず、今冬の長期にわたる異常な荒浪によつて、西海岸約 4 km の間に 40 万 m^3 に及ぶ砂丘の欠損を見るにいたつた。

東海岸昭和石油前面においては、工場施設の後退が経済的に許されないで、すでに昭和 23 年以来強固な直接護岸が築造されており、これにさらに補強を加えて拠点とし、東突堤に至る 1.0 km の間は突堤を配置し、弧状をなす海岸線をそのまま安定させようとするものであり、今日までにおいてはほぼその目的を達している。

昭和 29 年末に至るまでに新潟県において実施した工事費は、西海岸において約 3 億円、東海岸において 1 億円、計 4 億円である。

(2) 今後における対策工事 昭和 29 年より昭和 30 年にわたつて卓越した冬季の異常暴風により、西海岸においては大規模な欠損を見、砂丘の後退はもはや許すべからざる限界に至つたので、新潟県においては、極力既定計画の促進をはかると同時に、取急ぎ砂丘量は護岸によつて防護することに決定し、東海岸を含め、昭和 34 年度完成を目途として工事に着手した。計画の概要は表-8 及び 図-10 に示すとおりである。

表-8 新潟海岸対策事業計画

地区	工 種	単位	全 体 計 画		昭和27~29年度実施高		昭和30年度以降計画		摘 要
			数 量	事 業 費	数 量	事 業 費	数 量	事 業 費	
西 海 岸	潜 堤	m	2 043.9	396 681千円	1 097.7	174 081千円	946.2	202 600千円	完了年度： 昭和34年度
	縦 堤	"	2 026.27	159 590	344.52	16 590	1 681.75	143 000	
	護 岸	"	516	89 119	98	5 119	420	84 000	
	沼堤補強	"	1 071.2	253 200			1 071.2	253 200	
	縦堤補強	"	343.2	19 600			343.2	19 600	
	護岸補強	"	620	23 600			620	23 600	
	小 計	"		921 790		195 790		726 000	
東 海 岸	縦 堤	"	680	54 400			680	54 400	
	護 岸	"	123.1	7 897.5	123.1	7 897.5			
	縦堤補強	"	50	1 600			50	1 600	
	護岸補強	"	220	19 000			220	18 000	
	小 計	"		81 897.5		7 897.5		74 000	
総 計				1 003 687.5		203 687.5		800 000	

しかしながら、本海岸における直接護岸の維持には莫大な工費を要するので、これを軽減するため土砂の補給は最も重要な条件と考えられる。

一方旧信濃川河口より 15 km の間は土砂の堆積いちじるしく、河口より 5 km 間の新潟港域内においては細砂、沈泥を主体としたもの（平均粒径 40~150 μ ）年平均 100 万 m^3 、さらにこれより上流 10 km の間では中砂以上を主体とした（平均粒径 300~500 μ ）50~80 万 m^3 にのぼる堆積を示している。

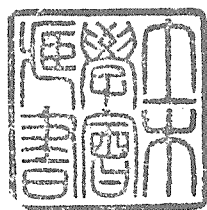
この上流部の堆積は、治水、利水上きわめて好ましからざるものであり、また港内堆積土砂は港湾機能に甚大な支障を与えているため、この流下疎通をはかることは緊急を要する問題である。他方西海岸では、前述のごとき年平均約 50~70 万 m^3 にのぼる欠損を示しており、しかもその構成が、細砂以上を主体としているものであるため、これらを供給する計画とあわせて考慮しなければならない。

このような要請にもとづき、計画を策定するため、昭和 28 年新たに新潟港技術調査委員会の設定をみたのであるが、まづ港湾、河川の埋没堆積を解決すべき方策として、河口より西 6 km の関屋海岸において新分水路を設ける計画、及び新潟港西突堤基部付近で新河口を開くべき河口分流計画の両案について比較検討された。この結果、前者は海岸に対する土砂の補給に関しほとんど希望できないとの結論に至り、むしろ後者の望ましいことが明らかにされた。

この結論にもとづいて、目下 図-10 に示すとき河口分流計画の実施に関し必要な調査研究を進めている次第である。

文 献

- 1) 新潟市史, 上巻, 昭和 19 年, 新潟市役所
- 2) 内務省新潟土木出張所沿革と其の事業, 昭和 5 年, 内務省新潟土木出張所
- 3) 新潟港改修と港口の浚渫, (土木学会誌, 第 1 巻, 第 3 号) 安芸杏一
- 4) 新潟県旧信濃川河状調査委員会報告書, 昭和 28 年 3 月, 新潟県旧信濃川河状調査委員会
- 5) 信濃川改良工事沿革史, 大正 13 年, 信濃川大河津分水工事竣功式協賛会
- 6) 新潟県治水調査書, 大正 6 年, 新潟県
- 7) 新潟港の埋没並びに海岸欠潰について(新潟港技術調査報告第 1 報)昭和 23 年 12 月, 新潟港技術調査委員会
- 8) 新潟海岸の欠潰について (" 第 2 報)昭和 24 年 5 月, "
- 9) 新潟海岸の欠潰について (" 第 3 報)昭和 26 年 12 月, "
- 10) 新潟港の埋没と新潟海岸の欠潰について (" 第 4 報)昭和 27 年 7 月, "
- 11) 新潟港の改良について(埋没対策) 昭和 29 年 8 月, "
- 12) 新潟港における海岸防護工事(港湾技術要報 No. 9), 黒田静夫
- 13) 西海岸の欠潰土量について 昭和 30 年 3 月, 新潟県信濃川工事事務所
- 14) 新潟西海岸冬期の風について " "
- 15) 新潟西海岸の波浪について " "
- 16) 新潟西海岸に於ける沿岸の流れ " "



昭和 30 年 11 月 10 日 印刷

海岸工学講演会講演集

定価 350 円(〒 30 円)

昭和 30 年 11 月 15 日 発行

【1955】

編集兼発行者 東京都千代田区大手町 2 丁目 4 番地

中 川 一 美

印 刷 者 東京都港区赤坂溜池 5 番地

大 沼 正 吉

印 刷 所 東京都港区赤坂溜池 5 番地

株式会社 技 報 堂

東京中央郵便局区内 千代田区大手町 2 丁目 4 番地

電話 和田倉(20)3945・4078 番

発 行 所 社 団 法 人

土 木 学 会

振替東京 16828 番