

北海道の漁港における漂砂問題とその対策について

鴻上雄三* 得永道彦** 松井弘夫***

目 次

1. ま え が き	1	c) サンドバイパス	8
2. 北海道の海岸の概説	2	d) 底質の置換または固結	8
(1) 日本海沿岸	2	4. 漂砂対策の事例	8
(2) 太平洋沿岸	4	(1) 天 塩 港	8
a) 日高, 胆振沿岸	4	(2) 臼谷漁港 (第1種)	10
b) 内浦湾沿岸	4	(3) 落部漁港 (第1種)	11
c) 十勝, 釧路沿岸	4	(4) 節婦漁港 (第1種)	12
(3) オホーツク海沿岸	4	(5) 厚賀漁港 (第1種)	13
a) 北見沿岸	4	(6) 大樹漁港 (第1種)	15
b) 根室沿岸	5	(7) 大津漁港 (第4種)	17
3. 漂砂問題の類型と対策	5	(8) 湧別漁港 (第1種)	17
(1) 漂砂問題の類型	5	(9) 能取漁港 (第4種)	19
(2) 漂砂問題の発生域分布	6	(10) 標津漁港 (第1種)	21
(3) 対策の基本的考え方	8	5. 考察とむすび	23
a) 防 砂 堤	8	参 考 文 献	24
b) 離 岸 堤	8		

1. ま え が き

砂浜海岸に建設される港は、多かれ少なかれ漂砂による港内埋没の問題をかかえている。特に、砕波帯内に港口を持つような小さい漁港にとってその悩みは深刻である。

北海道は、その周囲を日本海、太平洋、オホーツク海の3つの海域に囲まれ、その地理的条件から気圧配置が複雑で、

1) 冬期季節風の連吹

2) 夏期、台風の上陸通過、北上および根室半島沖合いにおける停滞

3) 冬期、日本海岸の積丹半島を挟む石狩湾、寿都湾に副低気圧の発生を伴う台風規模に発達する低気圧の道南部横断

などの影響を受け、沿岸には高波の出現が多く持続時間が長い。また、比較的単調で延長の長い砂浜海岸が多いため漂砂現象が複雑で、このような海岸に小規模港

湾を建設するためには種々の技術的難問題が多く見られる。

反面、近年の海岸工学の分野においては、波の基礎理論をはじめ波の予測あるいは観測法、砕波、沿岸流など漂砂現象に関連する個々の要因についての解明は著しい進展を示しているが、漂砂機構そのものについては、高波時における現象観測の困難性、影響因子の多様性、変動性、移動床模型実験における相似性などのために、漂砂に関する諸問題の解析を複雑化させ、その解明を遅らせている。

したがって漂砂対策の手段としては、海浜の変形過程を詳細に調査し、それと影響する外力諸条件との関連を求めて漂砂の挙動を推定して、対策を講ずるという間接的方法がとられている状況である。しかも、海岸調査法が体系化されてきたのも最近10数年間のことであるから、過去の調査資料に多くを期待するのは無理といえよう。

*港湾研究室長 **農業水産部水産課災害係長 ***北海道土木部港湾課

ちなみに、50年前、北海道庁林千秋技師は、その著書¹⁾において漂砂対策の困難性を論じ、暗に試行錯誤的方法を重ねながら資料の収集をはかっておく必要を語り、将来の技術に期待をかけている。

“漁港修築における漂砂対策技術は非常に困難なことで、多くの技術者が頭を悩ませているが、完全な対策は不可能とされているものである。不完全な対策により施工された港は、漂砂の堆積を防止するための維持浚渫が必要となる。維持浚渫を行なう周期の長短は、防波堤あるいは防砂堤の適切な配置によって決まるもので、ここがむずかしい点で慎重な決定を要するところである。

しかし、たとえ設計が不完全であっても維持に力を注げば利用には支障がないわけで、利用者は設計のミスとばかり騒がず、効率的な浚渫時期を予備知識として専門家から得ておき、また調査を怠ることなく、維持を完全にする責任と注意を忘れてはならない。”

このような漂砂研究の現状から、課題に対する取り組み方として次のような4段階の方法をとることとした。

- 1) まず最初に、北海道の海岸を地形、地質学的に概観しながら、漂砂問題所在の地域的特性を明らかにする。
- 2) 次に、過去(25年間くらい)において何らかの漂砂問題が生じ、断片的であっても現地調査あるいは対策に筆

者らが関係したことのある海岸や港湾、漁港を網羅して並べ、利用できる既存資料あるいは現地踏査の結果に基づいて問題を類型化し、あわせて対策についての基本的考え方を述べる。

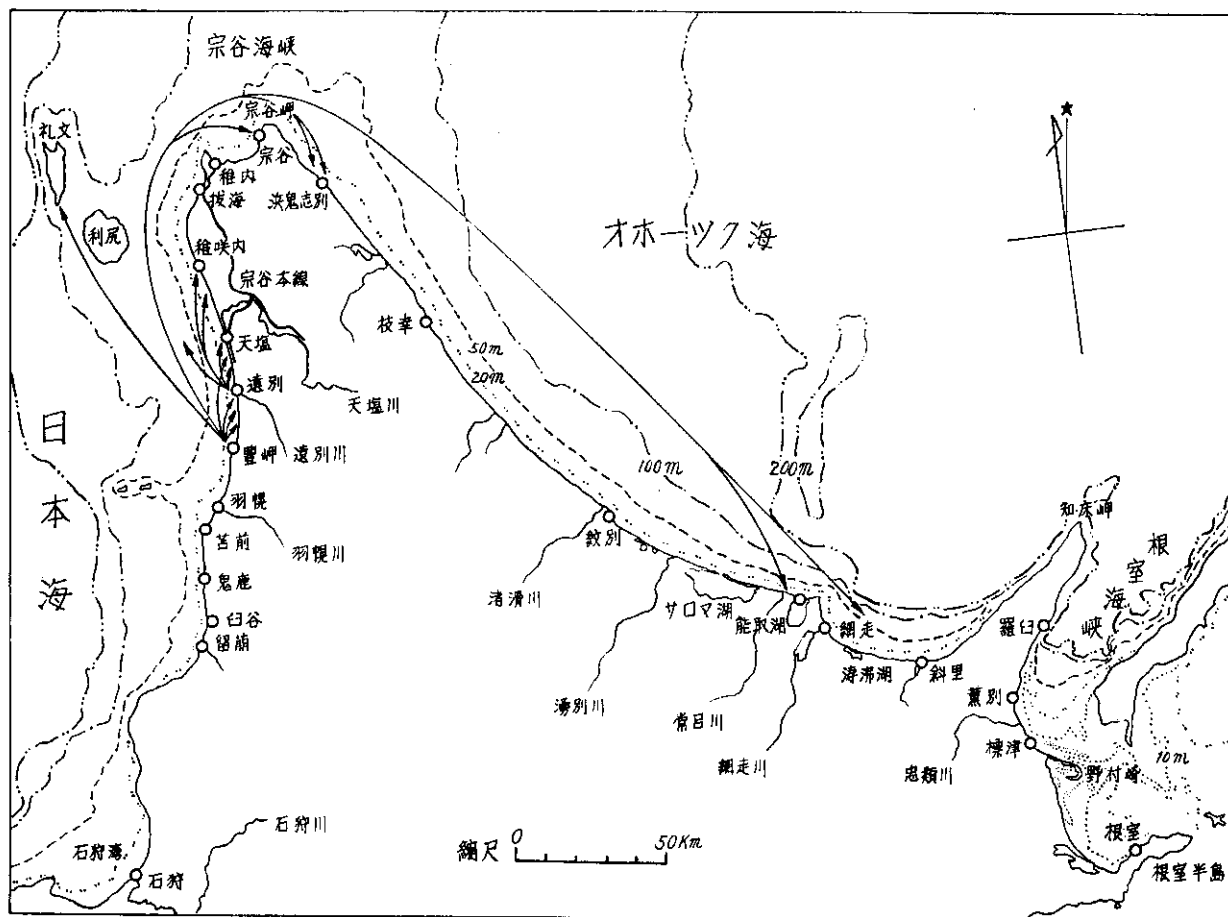
3) ついで、歴史的に港の修築経過がわかり、過去に何らかの基礎調査が実施され、不完全とはいえ漂砂過程を調べ、対策を立てて施工してきた港(数としては少ないので、修築経過から漂砂過程を考慮しながら、筆者らにより逆に対策法の想定できるものを含める)の中から、対策の成功あるいは失敗していると思われる港、および現在施工中であって成否の判定のできない港を10例あげて、対策法の事例とその問題点を紹介する。

4) 最後に、これらの事例結果から個々の港の対策法を反省し、考察を加えながら、再び対策の基本的考え方に戻って結論を導き出す。

2. 北海道の海岸の概説

(1) 日本海沿岸(図一1.1)

津軽海峡から留萌に至る南部日本海沿岸は、一般に非常に硬質な火成岩系の地質からなり、過去に侵食され尽くして現在では漂砂問題の発生は少ない。局部的に河川の流入する湾奥部に沖積層があり、岩内、石狩付近に小規模な砂丘が、函館、江差にトンボロ形成地が見られる



図一1.1 日本海、オホーツク海沿岸概要図

北部日本海沿岸の留萌～遠別は新第3紀の堆積岩からなり比較的軟弱で、海岸侵食が見られる。遠別～抜海はやや規模の大きい沖積層区で、海岸から国鉄天塩線、宗谷本線沿いまで砂丘が幾重にも発達し、サロベツ湿原を形成する堆積性海浜で、漂砂現象が活発な地帯である。

で規模がまったく異なる。日本海において高波を発生させる強風域は、日本海を北上する低気圧の通過による場合と、大陸からの冬期季節風とによる場合で、前者は9～10月、SW～WSWの波高4～5 mの波であるが頻度は少なく、後者は11～3月、W～NNW波となるが、対岸距離に制約があり波高3～4 mである。周期は10 sec程度以下である(図-2²⁾)。

— 3 —

し、沿岸でもその影響を受け北向きの流れが夏冬とも比較的大きい(20cm/sec)。この傾向は、図—1.1に示される漂流びんによる昭和38年7月と12月との調査により明らかである。図で豊岬、遠別における投入のうち、投入点近くで回収のものは冬期で、オホーツク海へ向かっているものは夏期である。

(2) 太平洋沿岸 (図—1.2)

a) 日高、胆振沿岸

襟裳岬～静内の東部、中部日高海岸は、それぞれかなり硬質な堆積岩と比較的軟弱な新第3紀の堆積岩とからなる。位置的に夏期の台風と冬期季節風との影響を受け、海岸における営力は大きい、過去に浸食され尽くして基盤が露出し、現在では漂砂活動が認められない。

静内～鵡川の西部日高海岸は、海岸線に沿って段丘や砂丘が分布し、浸食にはきわめて弱い地層である。節婦、厚賀漁港はそれぞれ河川の西側に位置し、卓越する西向きの沿岸流(図—1.2, 昭和43年6月観測)により運ばれる流出土砂が、港の東側に堆積し汀線の著しい前進を招き、港内埋没を生じている。一方、西側は土砂の供給が断たれて浸食が進み、突堤、護岸による防護にもかかわらず、鉄道、道路が再三路線変更を行なったことで有名な海岸である。すなわち、最近20数年間における防波堤の建設で、それまでの漂砂の均衡が破れて海岸浸食を誘起した典型的な例となっている。

胆振海岸は、地質的に鵡川～苦小牧の沖積層区と、そこから室蘭に至る後背に火山岩地域を持つ沖積層区とに分けられる。海岸は突出部のない単調な砂浜が続き海底勾配が緩やかで、台風時の波浪は地形の影響で海岸に直角に入射し、季節風は吹送距離が短く高波を伴わず、海浜に与える作用が小さく、全般的に安定な海岸である。

日高、胆振海岸における浸食は東から始まって西へ移動し、現在その進行の最も著しいのは西部日高海岸の富浜漁港付近で、東京湾中等潮位より陸側の海浜土砂の年最大移動量および浸食量は、海岸線1m当たりそれぞれ50、16m³となっている。

日高海岸の静内以東および胆振海岸の白老川以西は海底勾配が急であるのに対し、苦小牧付近の水深50m以浅部は緩勾配で沖側に張り出している。このことは、この沿岸に流入する河川が苦小牧へ向かって次第に流域面積を大きく持っていること、河口の偏向性が漂砂の東から西への移動を示しその度合いに規則性があること、また、日高海岸の砂のX線分析結果、および漂砂調査結果などを参考にすれば、日高山系特有のクロム鉄鉱が新冠川、沙流川、鵡川を経て苦小牧に至る間で検出されるという事実などから考察して、苦小牧付近では日高水系から流出する莫大な土砂が蓄積され、これが水深50m付近

まで影響しているものと推定される。

b) 内浦湾沿岸

漂砂現象が問題となるのは湾口部に当たる北東海岸の長流川流域の伊達付近と、南西海岸の蛸谷～落部付近および湾奥部の中の沢付近である。

伊達海岸は沖積層および海岸段丘からなり、浸食にはきわめて弱い地層で、湾口からのうねりとW～WNWの季節風による風波を受ける位置にあり、段丘は高波に洗われ崩落を続ける。南西海岸の現象は北西海岸とまったく対称であり、全般に第3紀の凝灰岩、泥岩の堆積岩からなり、海食崖を形成する。この海岸は古くから人工構造物により浸食を最小に防いでいる状態である。両海岸とも西から東へ向かう漂砂が卓越する。

湾奥部の北西海岸は単調な砂浜で、水深20m程度の海底が隆起した離水海岸といわれる。砂粒は微細で、浸食には最も抵抗力が弱く、海浜土砂の海岸線1m当たりの年最大移動量は25m³、浸食量は12m³で、1度の高波で急激に進行する。

c) 十勝、釧路沿岸

襟裳岬～十勝港の南部十勝海岸は、非常に硬質な先白堊紀の火成岩からなり、断崖絶壁が海に迫っている。十勝港から厚内に至る海岸は、十勝川を境にして中部海岸が洪積層、東部海岸が新第3紀の堆積岩からなる段丘が連続する。厚内～釧路の西部釧路海岸は、白糠までが十勝海岸の延長で、白糠～釧路は洪積層、沖積層の平坦な湿原となっている。釧路～根室の東部釧路海岸は、古第3系および白堊紀の硬質な岩石海岸である。

単調な砂浜海岸は非常に遠浅で、海図から海底勾配を調べると水深5、10、20、30mまでそれぞれ1/100、1/200、1/250、1/300である。等深線はほぼ海岸に並行し、漂砂の汀線に直角方向の移動の卓越することがわかり、距岸300mまでの間に沿岸砂州が形成され、波浪の規模に応じて消長を繰り返しているから、防波堤などが設置されると沿岸の流れに変化が生じ、必然的に埋没の問題をひき起こす原因となる。漂砂の補給源としては十勝川はじめ無数に多い河川の流出土砂と、段丘の波による浸食、崩落があげられる。

この沿岸の主波向は秋期台風時のSSE～ESEで、長周期の波が多く、遠浅の海浜での屈折効果が大きく全般的には汀線に直角方向となるが、やや南寄りが卓越する。

(3) オホーツク海沿岸 (図—1.1)

a) 北見沿岸

宗谷岬～紋別の北部北見海岸は、浜鬼志別付近に洪積層、沖積層の砂浜が見られるほかは、一般に白堊紀または先白堊紀の非常に硬質な火成岩系の地質を示す。

南部北見海岸のうち紋別～斜里の海岸は、新第3紀の

堆積岩の段丘からなる能取湖周辺および網走付近を除いて、洪積層、沖積層の低湿地帯が開け、北から南に従って大規模になる。斜里から知床岬を経て羅臼に至る海岸は、硬質な火成岩系の断崖からなり、浸食には強い抵抗性を持っている。

北見沿岸にはサロマ湖、能取湖、寿沸湖など7つの湖沼が連なっている。これらはサロマ湖を除き閉塞湖沼であり、春の融雪出水による水位上昇は、周辺の施設や農地を脅かすとともに地下水水位の上昇は耕地の排水を阻害する。このため、例年5月上旬、人力による水路掘削によって湖沼の開口を促す作業を繰り返している。

オホーツク海沿岸の波浪は、地形と気圧配置の特徴から全般に東になるほど大きくなる(図一2)。時期的には9~1月が大きく、6~8月が小さい。2~3月は流水、結氷期に当たるため、解氷期以外は静穏である。主波向はNNE~NEで、年最大波高は4m、周期は10sec程度である。

サロマ湖口水路両岸には砂州が海側に突堤状に突き出ているが、湖内側は島状である。砂州の消長を時期的に見れば、春から夏の海上の静穏期に生成し、秋から結氷期に至る騒乱期に減衰する。湖内側の砂州は、昭和4年4月の開口時から現在までの間に形成されたもので、堆積量は197万 m^3 と概算され、年平均5.3万 m^3 から考えると、沿岸漂砂量は2倍の10万 m^3 程度と見積もれる。⁸⁾

b) 根室海岸

根室沿岸の羅臼から根室半島基部までは、広大な根釧原野を構成する洪積層の海岸で、標津までの北部海岸には段丘が発達している。砂浜の規模は小さい。

段丘はNNE~NEの高波があると浸食、崩落を繰り返し、また河川の流出土砂も碎波による沿岸流により汀線漂砂の形で南の方へ運ばれる。このような浸食に平衡した形が、野付崎の特徴的な形状および野付水道の無数の浅瀬となって示されている。

3. 漂砂問題の類型と対策

(1) 漂砂問題の類型

漂砂は、その移動型式により掃流漂砂と浮遊漂砂とに分けられ、また移動方向からは汀線に直角方向に移動するものと、平行に移動するものとに分けられる。これらには波高、周期、波の入射角、波形勾配、海底勾配、底質の比重、粒径などが関係することが知られているが、港湾の埋没問題にはほかに外郭施設の形が重要な要素となろう。

尾崎は小規模港湾の堆積、埋没の形態を3つの型に分類し、それらが地形、地質などの地理的要素によるか、底質の粒径、比重など物理的性質の相異に基づく力学的要素によるかなどの主たる原因を見い出すことが、防止

対策を考える際に重要であると強調している。⁹⁾

1) I型：卓越波向側の汀線が大きく前進し、前浜部分が非常に発達して高くなり、防波堤の外側に新しく前浜が出現したような形でそれが延びて港口まで発達し、やがて港口を包むように埋没する。

2) II型：卓越波向すなわち沿岸流の卓越方向側の前浜があまり目立った発達はせず、その結果、I型におけるような防波堤前面一帯に汀線が張り出すような状態が見られない。それにもかかわらず、港口前面一帯が次第に浅くなって、季節的に波向が変わるとそれが徐々に港口から港内一帯に押し込まれる。

3) III型：II型に似ていて、卓越波向側の前浜勾配は緩やかで、防波堤前面沿いに前浜の発達は認められない。それにもかかわらず、港口前方から航路一帯にわたって堆積が生じ、これらは局部的に干潮時、水面に現われるほどに発達する。また卓越波向下手側防波堤の外側も一般的に浅くなり、沿岸砂州が発生する。

これらはいずれも小規模港湾に対する分類であり、漂砂量が関係することで、漂砂量に対し港の規模が大きければ、おのずから様相の変わってくるものが考えられる。すなわち、I型は海底勾配が急で波の入射角が大きく、いわゆる汀線漂砂の卓越する海岸の埋没の形態であるが、港の規模が大きければ、漂砂上手側の汀線は前進を続けてもやがては入射波向に直角になるように変わり、沿岸漂砂量が減少し、I型の現象は起こらなくなりII型に変わることが予想される。

またII型には、卓越波を遮閉するように防波堤が延びていても、入射波の防波堤とのなす角度によっては、離岸堤によるトンボロ発生のように、下手側海岸に廻折による沿岸流¹⁰⁾の転向が生じ、港内側に漂砂を運び埋没をもたらす例が多いので、この場合は、下手側海岸は浸食性であるが、この型に含めることにする。

III型は堆積性砂浜における形態であり、海底勾配が緩やかで、汀線に直角方向の波が卓越する場合、漂砂は波形勾配の大小に応じて碎波帯内で岸向き、沖向きの移動を繰り返すだけで、横方向への移動が認められないが、そのような海岸に生じる。このような海岸では沿岸砂州が生じやすい。やはり港の規模が小さく沿岸砂州の内側にある場合で、規模が大きくなると様子は変わる。

I、II、III型の埋没の形態に対する一般の砂浜海岸の港のほか、河口、湖口を港とする場合がある。これらは一般の海岸に河川あるいは湖水が流出する場合で、本質的埋没の機構に変わりはないと考えるが、形状に特徴があるのでそれぞれIV、V型と分類する。

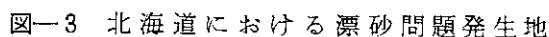
4) IV-I型：卓越波向側から汀線に平行に河口砂州が発達し、そのため河口が下手側に大きく湾曲し、ときに

7) V-II型: V-I型の閉塞が湖内水位が高まって開口し、その流勢と波との作用により河口のN-II型の ように“八”の字型の砂州を形成する埋没の形態で、感潮湖 口のタイダルブリズムによる開口の場合が該当する。湖 内側の埋没は平坦化している。

図一3、表一1は北海道の港湾、漁港、海岸のうち、過去25年くらいの間に漂砂問題が生じ、現地調査、模型実験などによって対策が立てられてきた個所を示すもの

この表から、漂砂の類型のうちⅠ型は漂砂量が小さくても見られ、Ⅱ型は中以下に多く、大であっても港の規模の大きい所が該当している。Ⅲ型は漂砂量が中以上に現われ、特に湾形海岸の奥部の堆積性海浜したがって海底勾配の緩やかな所に多い。

また、漂砂問題の発生域を示す図一3によれば、日本海では留萌～抜海の天塩海岸、太平洋では十勝港～厚内の十勝海岸、節婦～登別の日高、胆振海岸と内浦湾南西海岸、オホーツク海では紋別～能取の北見海岸と根室海峡奥部の標津付近の6カ所に漂砂問題が集中するようで、2.で概説したようにいずれも地質が新しく軟弱な沖



表—1 北海道沿岸の一般性状況

[illegible]

積層、洪積層区に当たっている。

(3) 対策の基本的考え方

漂砂現象は、結果として海岸の侵食、港湾あるいは河口、湖口の埋没などの災害をもたらすが、対策についての考え方はその目的によって異なる。ここでは後者の埋没に対する場合の基本的考え方を述べる。

一般に波による海岸の漂砂対策を考える場合には、次のような項目内容について、対象とする海岸の一般性状と、漂砂を支配する要因を調べておく必要がある。

- 1) 海岸の一般的性状
- 2) 埋没、堆積、侵食の進行の時間的変化と範囲
- 3) 漂砂源とその特性
- 4) 漂砂量、方向とその特性
- 5) 漂砂に関連する外力とその特性

このうち4)は、漂砂の季節的あるいは年間の平均的方向と量を知り、時間的変動、卓越する範囲、および漂砂の型式、機構を推定するものであるが、移動量と機構を明確に把握することは不可能である。したがって決定的対策の手段はないといえるが、それ以外の項目の結果から漂砂の挙動を推定しておけば、間接的には対策が講じられる。

漂砂対策の手段としては次に述べるようなものがあげられる。

a) 防砂堤

ここでいう防砂堤とは、海岸からの土砂の流出を少なくして海岸を安定させる侵食防止のための突堤ではなく、港湾および河口、湖口の埋没を防止するための下手側への砂の流出を防ぐ目的の突堤で、防波堤および導流堤を兼ねる場合もある。

防砂堤は、極端な海岸変動を避ける必要がある場合を除いては、防砂堤群として配置する必要はなく、またその方向は海岸線に直角である必要もない。その直接の目的は、防砂堤上手全体に砂を堆積させることでなく、できるだけ浅い部分に堆積させ、下手は侵食を期待される場合もある。このため、延長はできるだけ長い方がよく、方向はその先端部付近に堆積を起こさないよう、入射波による堤沿いの流れによって、逆に先端の土砂を浅い方に押し戻すような方向をとるべきである。このための構造は不透過とし、基部の天端高は遡上波を完全に防ぐ高さが必要である。

b) 離岸堤

海岸に作用する波の直接的波力を減殺し、波による底質の攪拌力、掃流力を減少させることと、その遮閉域に波の廻折作用によりトンボロを作り、漂砂の下手側への流出を防ぎ、海浜の積極的な造成をはかり、また安定させる機能を持つもので、侵食防止だけでなく防砂堤に代

わる方法として、上手の堆積範囲を大きくするという目的で、最近注目されている方法である。このため、離岸堤は主波向に直角に置くというのではなく、漂砂を下手に流出させる波に対してその配置を考慮するということが重要である。

c) サンドバイパス

漂砂の上手側の堆積を、ポンプ放流など人工的方法によって、下手側の侵食個所に補給する方法で、わが国では新潟港、苫小牧港などの施工例がある。この方法は、侵食海岸における養浜とは異なって、上手側に堆積する土砂の量がわかればその分だけ下手へ補給すればよいのであるから、補給する土砂の性質と海岸の安定形状など、施工上面倒な問題が起きないので、施設の費用と維持の問題はあるが、十分考慮されてよい方法である。

d) 底質の置換または固結

この方法は、工費上広範囲に亘ることは望めないが、底質を大粒径、大重量のものに置き換えて波の作用に対抗させるか、接着剤などにより底質を固結させるもので、前者は異形ブロックによる海岸の護岸、構造物の根固工または洗掘防止用シートなどがその1部と考えられ、後者はアスファルトによるサンドマスチック工法が該当する。

4. 漂砂対策の事例

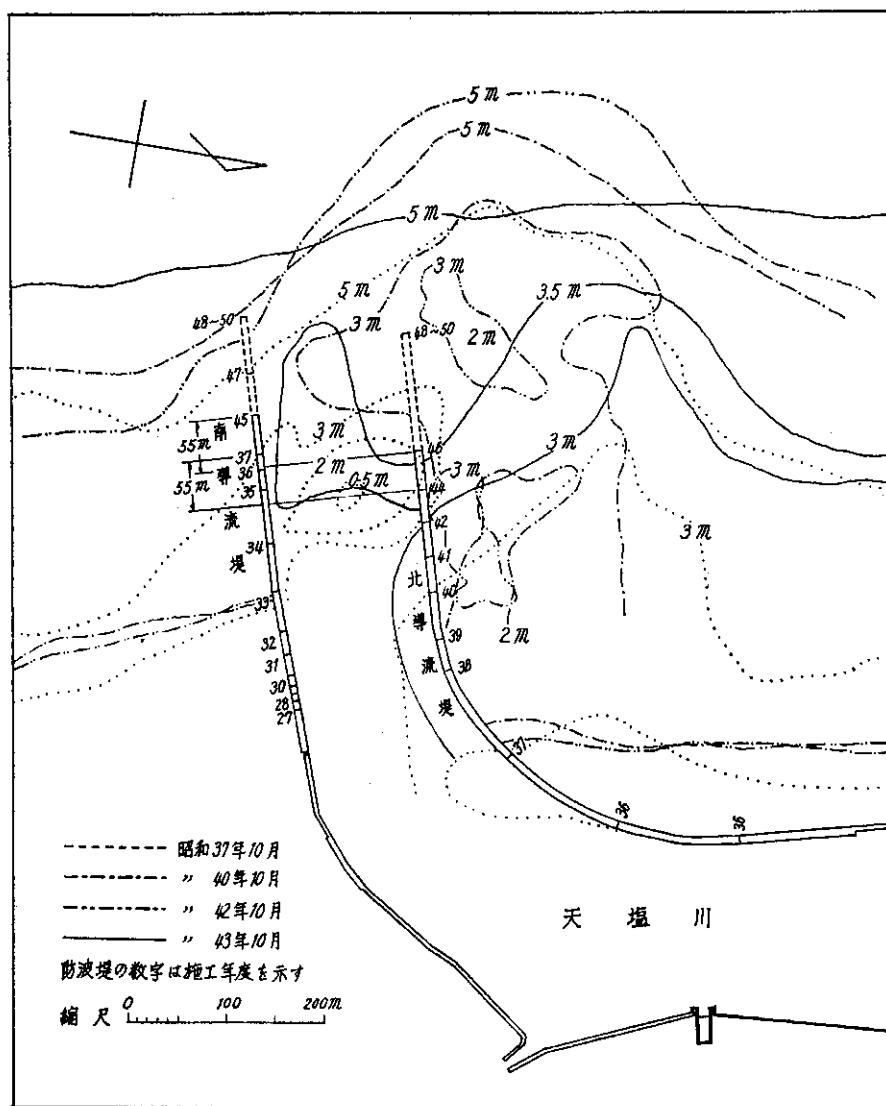
(1) 天塩港

天塩港は運輸省所管の地方港湾であるが、規模が小さく漁港的性格の港であり、漂砂海岸の河口港として成功の部類に属し、古くから各種の調査が行なわれ資料も多く、参考になる点が多いので事例紹介港としてあげる。

天塩港は天塩川の河口に発達した港で、古く200年ほど前から利尻、礼文、樺太との通商寄港地として栄え、また大正末期までは、流域の山林からの豊富な木材の積出港として隆盛を極めたが、河口特有の砂州の変動により滞筋が不安定で、たびたび舟行が不能となり港としての機能が妨げられていた。

河口港としての修築は、昭和6年度の河口改良試験工事に始まり、その後幾多の改修工事、補修工事、災害復旧工事を経て、46年度末現在、南導流堤750m、北導流堤2,200mが延長されている。図-4に導流堤の施工経過と港口付近の深淺図を示すが、42年度以降は導流堤の効果が現われて河口は安定し、水深も3~3.5mが維持されている。

このように導流堤による河口維持が成功している例は少なくないが、天塩港の場合は、明治36年からの河口変動調査の記録があり、また、南導流堤の延長をひとまず昭和37年度で打ち切って北導流堤の設置に踏み切り、39年度以降はその延長を1年に40~50mとし、固定された



図—4 天 塩 港 深 浅 図

南導流堤に対して、天塩川の掃流能力と沿岸漂砂量に適應する北導流堤の延長を試行的に求めてきたことに特徴がある。¹²⁾

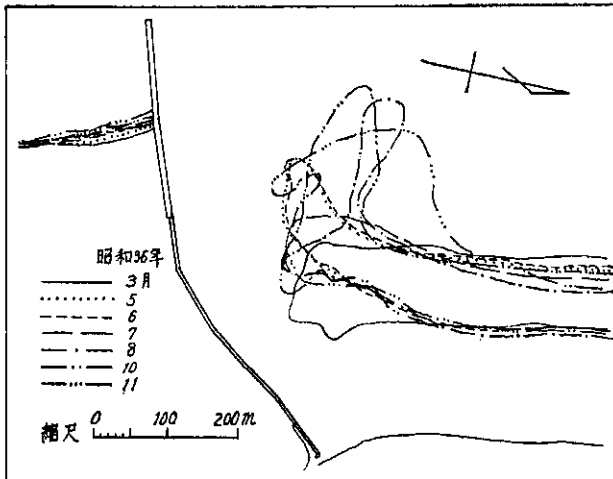
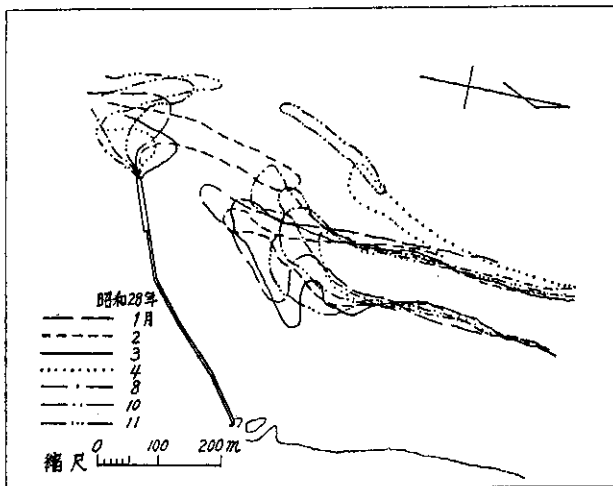
図—5に1例を示すが、南導流堤が着工されていないときあるいは延長が短いときは、導流堤の先端を越えて左岸から発達した砂州が右岸砂州よりも河口閉塞に大きく影響している。しかし33年度以降、延長が長くなると左岸からの砂州の発達は見られず、左岸汀線は33年度導流堤先端部付近ではほぼ安定しているが、右岸の変動は大きくなっている。左岸汀線の前進は導流堤着工以前のそれから約200mである。

河口付近の変動を詳しく述べると次のとおりである。すなわち、秋期WSW波によって左岸から発達した砂州は、冬期WNW波の連続により河口を被覆するように河道を鋭角に湾曲させ、渇水期による流量減少 ($50 \sim 70 \text{ m}^3/\text{sec}$) もあって右岸砂州は細長く河口へ押し込まれ、河口幅を30～50mに縮め、水深を1～2mにする。

4～5月の融雪出水期 ($1,000 \sim 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$) には兩岸の砂州が破られ、河口は洗掘され最大水深は約10mとなり、 $20 \sim 25 \text{ 万 m}^3$ の土砂が河口から押し出され平均して500m流下、堆積し、河口外は全般に浅くなる。河口前面は右岸砂州の張り出しによる水深0.5～2mの浅瀬となって塞がれ、洪水の流心は導流堤のごく近くを流出している。

6～10月の静穏期は、降雨による異常出水がない限りは流量が $70 \sim 150 \text{ m}^3/\text{sec}$ であるが、 $5 \sim 10 \text{ 万 m}^3$ の土砂が河口部へ押し戻され、出水期に複雑になっていた海底を平坦化する。11～3月は波高3mを越す波が多く、この波によって10～15万 m^3 の砂が河口奥部まで送り込まれる。

このように河口付近の海底変動は1年を周期として同じ現象を繰り返しているが、移動量の80%は河口を中心とする沿岸方向1km、沖合い方向水深7mまでの範囲内の相対的移動であり、絶対量の変動は20%程度である。



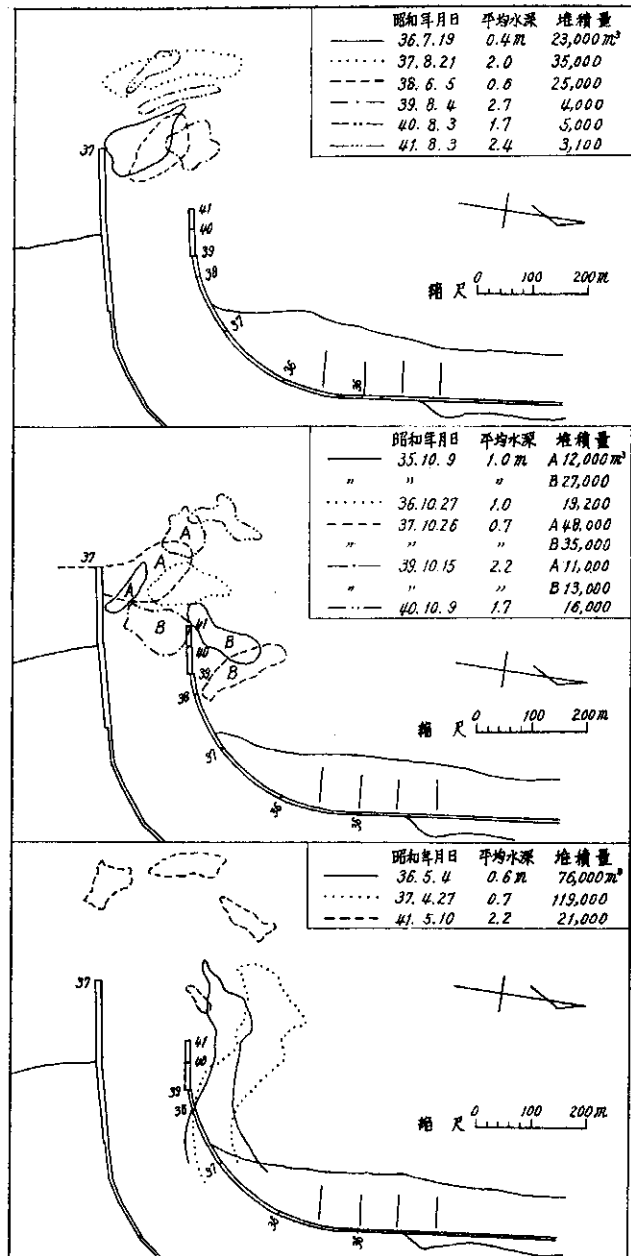
図一5 天塩港河口砂州の変化

この範囲内へは南からの漂砂と河川の流出土砂が、範囲外へは北へ移動する漂砂があり、流入が流出を上廻るため河口は年々沖合に延びる傾向にある。

以上の河口付近の変動に見られるように、南導流堤の延長によって汀線漂砂が阻止され、それまで3.(1)の分類によるN-I型であった現象がN-II型に変化した。天塩河口の場合は、なお右岸からの漂砂が閉塞に大きく関係していることが明らかにされた。

その対策として、南導流堤の延長は37年度で中止し、右岸から北導流堤を延長し、渇水期にはむしろ防砂堤の役割りを期待することに方針が決まり、38年度からはその延長を40~50mずつとし、両岸からの漂砂と河川の掃流能力に適応する長さを試行的に求める方法がとられた。その過程が図一6に示される。図には混乱を避けて上からそれぞれ堆積期、閉塞初期、融雪出水期に分けて、河口付近に生ずる砂州の変動だけを記入してある。

図一6によれば、38年度まで平均水深0.4~2m、堆積量19,000~48,000 m^3 であった河口前面の砂州は、北導流堤延長による効果が現われて、39年度からは平均水深



図一6 天塩港河口砂州の変化

1.7~2.7m、堆積量3,000~21,000 m^3 となって河口から遠ざかり、右岸側へ移動する傾向が見られる。

さらに北導流堤が延長されると図一1に示すとおり、43年度になって河口全体が3~3.5mの水深を維持できるようになり、沿岸漂砂に対する南、北導流堤先端の格差が55mと求められた。したがって45年度以降はこの格差を保ちながら導流堤を交互に延長する計画が立てられ、50年度、港口水深4mを目標に工事が進められている。

(2) 臼谷漁港(第1種)

臼谷漁港は砂浜の前面の岩礁の上に、図一7のような計画によって防波堤、物揚場などを作り、港口に相当する部分を仮り締切りして港内を掘削し、その掘削土で陸

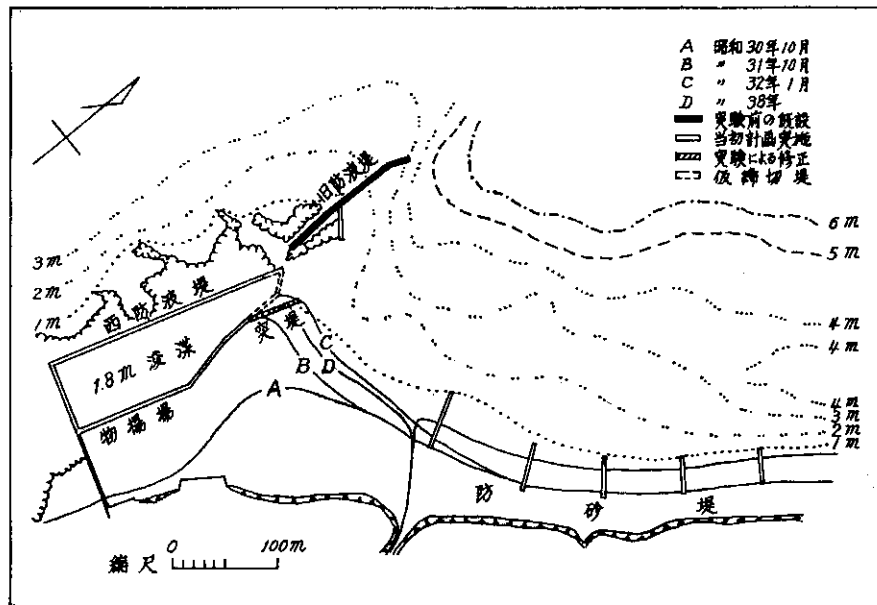


図-7 白谷漁港平面図

岸との間を埋め立てるものであった。

工事は29年度から開始されたが、防波堤工事の進行とともに港の右岸側に砂の堆積を見せ、32年度港内掘削を終わり全工事の完了が近い頃には、汀線が港口に接近してきて、そのまま仮り締切工を除去すれば、漂砂の侵入で港口の埋没することは必至の状態となった。またこの間、港に接する右岸の海浜は500mに亘って浸食され、汀線が次第に後退する状況にあった。¹⁴⁾

これらの対策は模型実験で検討された。模型は縮尺が水平1/200、垂直1/100の固定床で、着工後の30年度当時の地形に模型底質として鋸屑を置き、これに対して主波向のWNW波を送った。波の諸元を変化させて現地と同様な浸食、堆積を生ずる波を探し、これによって31年度当時の状況を再現することができ、実験を進めて次のような結論が得られた。

- 1) 最初の計画のとおり仮り締切工を除去すれば港口は閉塞する。
- 2) 仮り締切工の1部を補強して35mの突堤とし、港口を図-7の実線の形とすれば、西防波堤と旧防波堤との間からの砕波により強い流れが生じて、漂砂の港口侵入が防がれる。
- 3) 右岸に防砂堤を約100m間隔に設置すれば、漂砂の移動が制限され、海岸の浸食を防止できる。

以上の結果によって港口の形を修正し、また、海岸保全工事により防砂堤5基が施工され33年度完成した。その後現在まで、港口の水深は維持され、右岸には砂が堆積し汀線は安定している。

(3) 落部漁港(第1種)

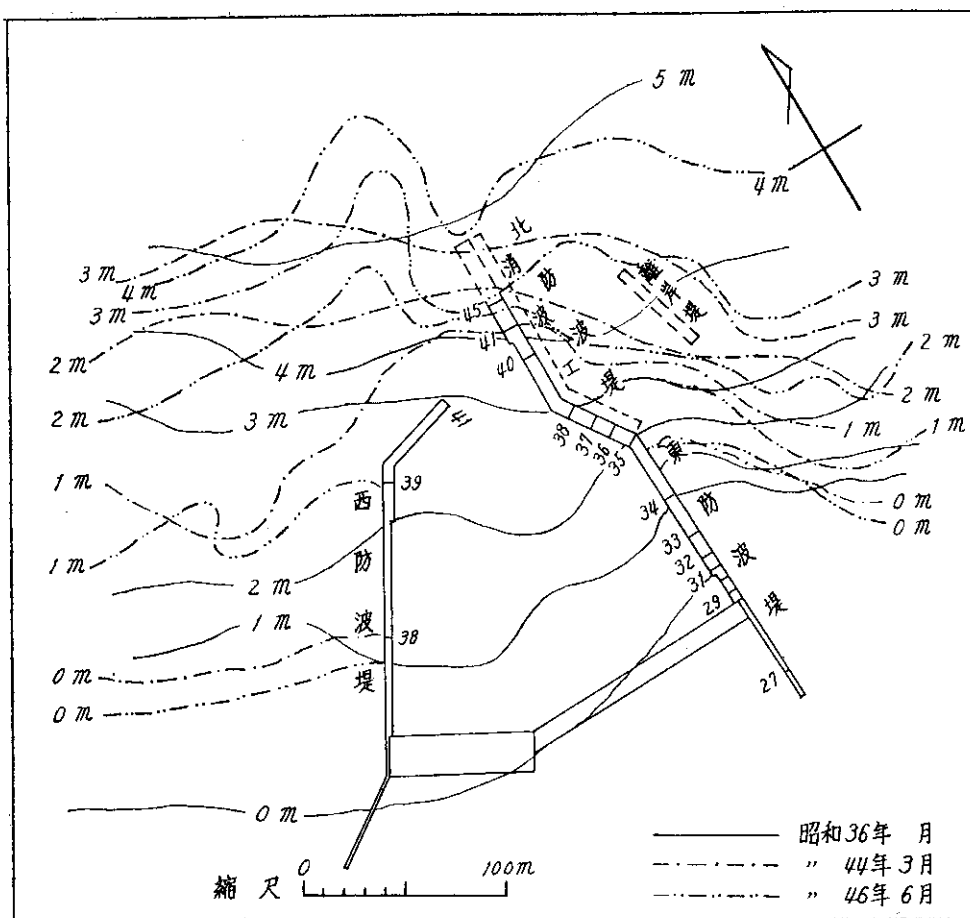
漂砂問題の類型によるⅡ型の代表例としてあげられて

いる漁港である。⁹⁾ 着工は27年度で、外郭防波堤の延長に従って两岸の汀線は前進を示してきたが、同時に漁港周辺全体が浅くなり、港口または航路の埋没というより漁港自身が漂砂の堆積の中に埋没するような状態を示し、着工時4～5mの港口水深が1m前後となり(図-8)、特に冬期にはN～NWの風波によって港口前面の堆砂が港内に送り込まれ、港の機能が麻痺することがしばしばであった。

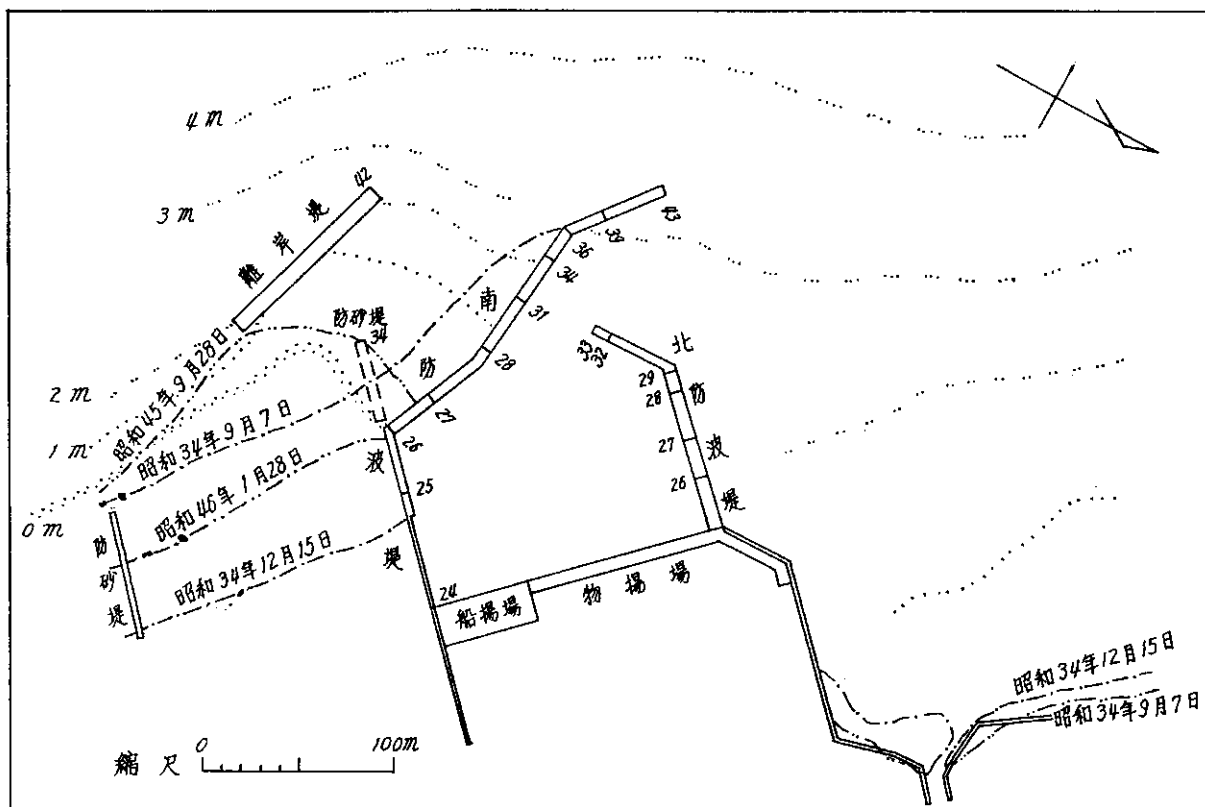
そのため44年度は工事を中止し、港内埋没の実態と機構を明らかにする調査および対策検討のための模型実験が行なわれ、次の事項が明らかにされた。¹⁵⁾

- 1) 港口前面および港内へ流入する漂砂は、夏期に卓越するエネルギーの大きい内浦湾口からの波により、東防波堤沿いに右岸の汀線漂砂が移動するほかに、北防波堤からの反射波によって前面に砂れんを生じ、その砂れんにより捲き上げられる浮遊砂が防波堤沿いに港口へ向かって移動するものである。
- 2) 右岸汀線の見かけ上の前進距離はほぼ80mで停滞しているが、これは右岸上手側近くに岬の突出があって汀線漂砂を制限するためで、したがって港内埋没に寄与するのは浮遊砂である。

以上の結果を考慮した現在実施中の漂砂対策は、北防波堤を消波構造として反射波を減じ砂れんの発生を防ぎ、さらに50m延長して港口水深を3mとし、浮遊砂を左岸の深部に移動させるようにして水深維持に時間的余裕を持たせる。また、以上の対策完了後に必要ならば北防波堤前面に延長50～80mの離岸堤を設置し、それぞれの防波堤からの反射波と廻折波とによりトンボロ形成を期待して、浮遊砂の通過を阻止するなどである。



圖—8 落部漁港平面圖



圖—9 節婦漁港平面圖

(4) 節婦漁港(第1種)

漂砂問題類型のI型の代表例としてあげられている。⁹⁾ 着工は22年度、北護岸から開始され、37年度には外郭施設、係留施設がほぼ完成している。しかし、この沿岸は漂砂活動が激しく、左岸3kmに注ぐ新冠川の流出土砂が補給源となっている海岸に構造物が築設されたことにより左岸に堆積が生じ、23~31年度の8年間に150mの前進を示した。一方、右岸は浸食を起し、現在では護岸の基礎が洗掘され、基盤の軟岩が露出している。

左岸の堆積は、夏から秋にかけての台風時のS波により発達し、南防波堤の先端部を迂回するほどである。このため港内には漂砂の侵入が激しく、高波時には一夜で港内の大半を埋没することがしばしばであった。

このような漂砂移動の実態と対策を究明するための現地調査と模型実験とが、35~37年度に北海道大学に委託して行われ、^{5), 16)} ほぼ次の事項が明らかにされた。

1) 日高沿岸に流出する河川は襟裳岬側より幌満川、幌別川、静内川、沙流川の4水系に分類され、その順に流域面積が増し流出土砂量も増加する。節婦、厚賀両漁港は静内川水系下にあるが、季節的な漂砂の移動が活発で通年的には西向きが卓越する。

2) 沿岸流の方向は波向と非常によい相関を示し、4~

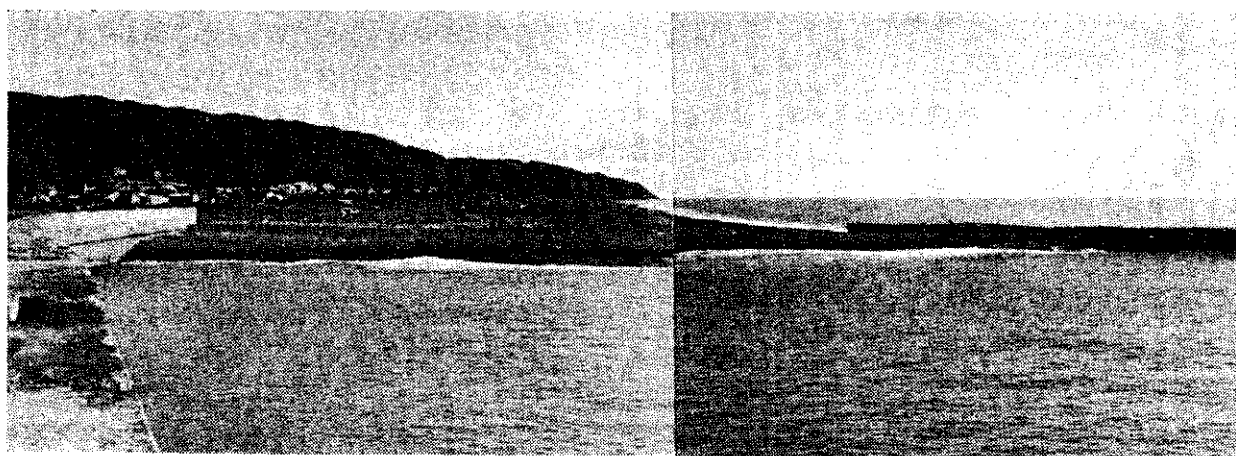
9月は西向き、10~3月は東向きとなり、防波堤の両岸の汀線の前進、後退の時期とも一致する。

3) 漂砂の通年的な西向きの移動は、沿岸流が西向きになる4~9月の夏期に河川の出水期が集中することによる大きな原因がある。節婦漁港の漂砂の補給源は新冠川の流出土砂で、厚賀漁港は厚別川である。節婦漁港の左岸汀線の堆積は4万 m^3 /年である。

4) 移動床の模型実験によって得られた対策は、南防波堤前面に延長100mの離岸堤を設置することである。図—9に示されるとおり離岸堤の位置が適切であれば、その下手側からの廻折波と南防波堤の反射波とによって、卓越波向および沿岸流と逆向きの流れが発生し、沿岸漂砂は離岸堤背後で移動を阻止されトンボロを形成する。これが自然の防砂堤の働きをし、普通の防砂堤に比べて数倍の貯砂能力を持つ。

この離岸堤によって港口の埋没が防げるばかりでなく、トンボロ現象により堆積した砂は、冬期のNW波によって東側に押し戻される。

以上の結論によって離岸堤の建設が40~42年度に行なわれ、その後は程度の差はあるが図—9、写真—1に示されるようなトンボロの発生、消滅を繰り返し、港口埋没の心配はほとんどなくなっている。



写真—1 離岸堤によるトンボロ

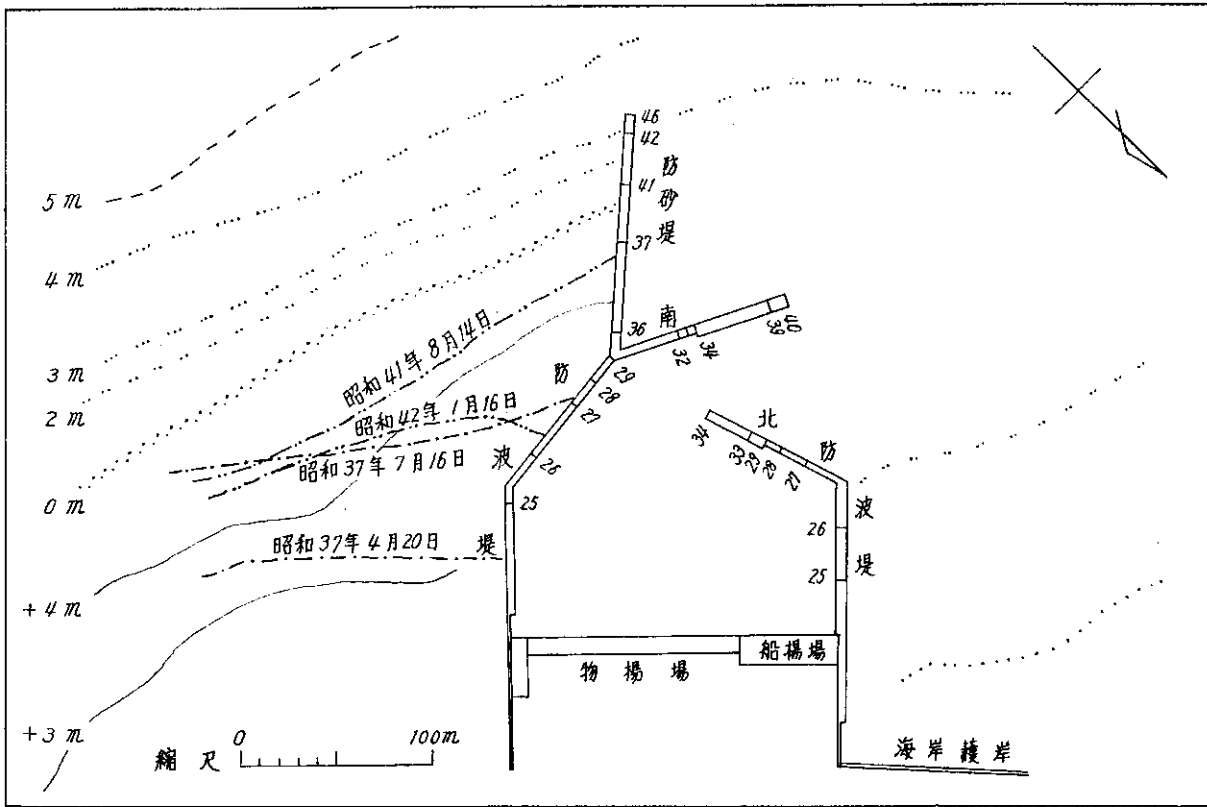
(5) 厚賀漁港(第1種)

節婦漁港の北西7kmに隣接している漁港で、港の形状、規模、海浜状態、海象条件などすべて類似している(図—10)。

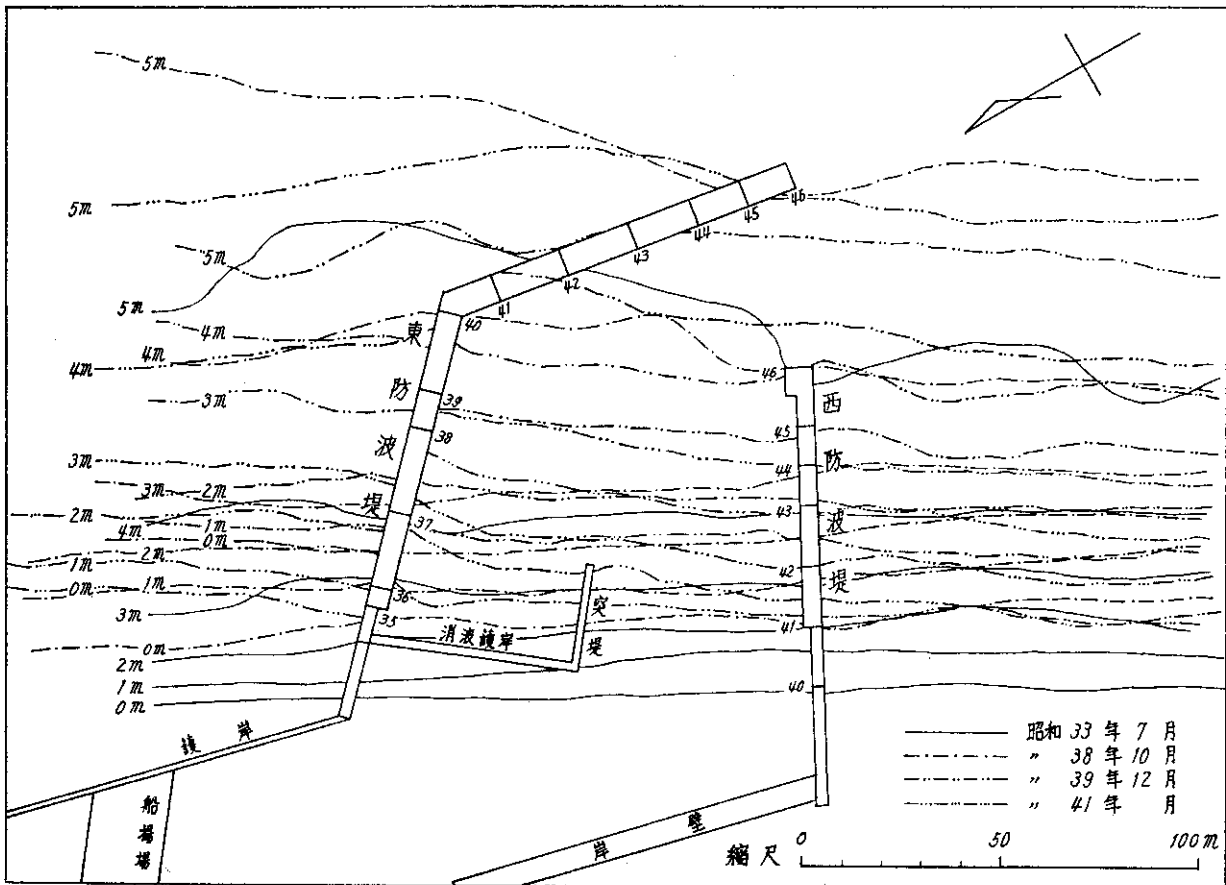
漂砂対策としては、節婦漁港において不成功であったと同じ形式の南防波堤屈曲部からの防砂堤によって、漂砂の遮断ができるものと判断して工事が進められた。この判断は、地形的に上手に位置する節婦漁港の築設によって、沿岸漂砂の大半が遮断され下手への補給がなくな

ること、漂砂の補給源として節婦漁港には新冠川、厚賀漁港には厚別川が考えられるが、年間流出土砂量はそれぞれ138,000 m^3 、33,000 m^3 でオーダー的に差があること、また、工費の点でも防砂堤のほうが安いことなどによるものである。

以上の理由により、防砂堤による対策がとられたが、予期に反して防砂堤の延長とともに左岸が前進、右岸が後退し、港内埋没の状態も節婦漁港とまったく同じである。この状態の改善のためにやはり離岸堤による方法が



図—10 厚 賀 漁 港 平 面 図



図—11 大 樹 漁 港 平 面 図

考えられ、現在、模型実験によってその位置、延長などについて検討中である。

(6) 大樹漁港（第1種）

太平洋沿岸の中部十勝海岸に位置する大樹漁港は、35年度着工以来46年度までに東防波堤200m、西防波堤110mの外郭が形成され、内港施設および港内浚渫が残されている。この漁港は比較的最近に計画され、漂砂についての考慮がなされていなければならない港であるが、現状では漂砂の侵入が激しく、浚渫が完了してもすぐ埋没することが予想され、水深維持に確信が持てる状態ではない。

ここで、その問題点および理由をあげながら沿岸の漂砂過程を述べ、将来への対策検討の資料としたい。

1) 防波堤の周辺地形に与える影響

砂浜海岸に防波堤が突き出されると、海浜への波の入射状態が変化して海底や汀線に変形を起し、上手側が堆積、下手側が浸食となって現われ、左右汀線の位置に格差ができる。

しかしこの現象は、波の入射方向に大きな特徴があるか、防波堤の延長が波長に比べてかなり大きい場合に顕著になるのである。この漁港のように海底勾配が緩やかで、太平洋に面する海岸の特徴として周期が長く、波の入射方向が正面であり、また、防波堤の延長が短くその速度も遅く、天端が低い場合には、上手側基部を越える遡上波による打ち込み、あるいは引き波の流れによるバイパスにより、大量のしかも大粒径の砂礫が容易に下手側へ運ばれ、海浜地形は一様化されてしまう。

したがって図-11に示されるとおり、東防波堤が屈曲点に達する40年度ころまでは等深線に格差が現われず、41年度になってややそれが現われてくる。47年6月現在の汀線は、右岸が西防波堤の42年度先端付近まで凸状に砂礫が堆積し、左岸が東防波堤基部の護岸の基礎が洗掘されているほどの浸食を見せている。

2) 波浪の特性

大樹漁港では、建設の始まった35年度よりスタジャ式波高計による観測が行なわれているが、その資料によって波浪の特性を調べてみる。^{3),7)}

図-12は1例として39年の波高、周期の超過出現率を示すが、波高については冬期風波および台風の卓越する1月、10月についても併記してあり、前者は後者に比べてかなり小さいことがわかる。

図-13は、波峯線の方角をトランシットにより観測したものの方向別分布図であるが、観測誤差を考慮して汀線に直角(ESE, SE), 左(ENE, E), 右(SSE, S)の3方向に大別してある。また、30km東の大津漁港の結果も示してある。この図によると、頻度としては両者とも直

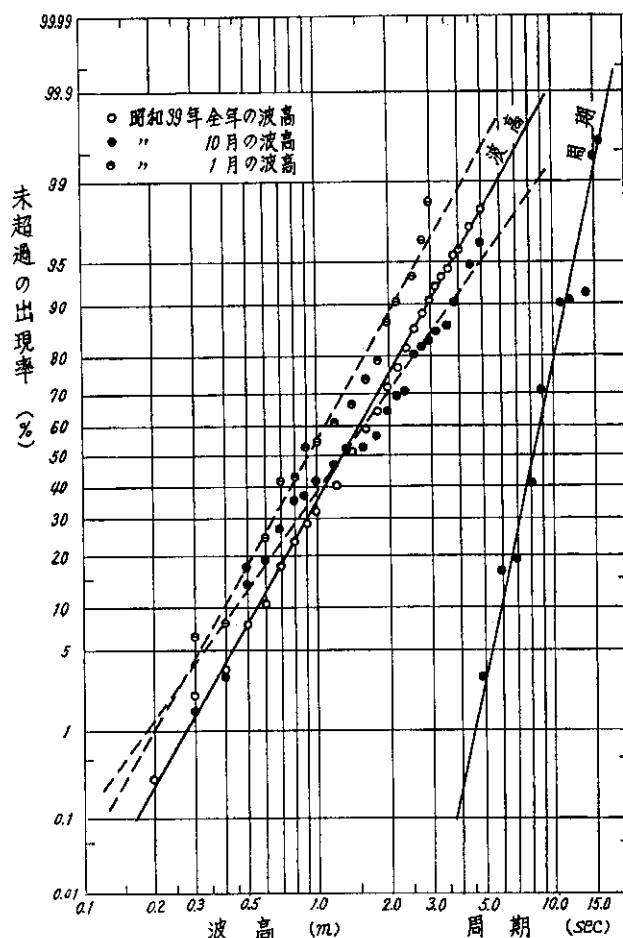


図-12 波高周期の超過出現率図

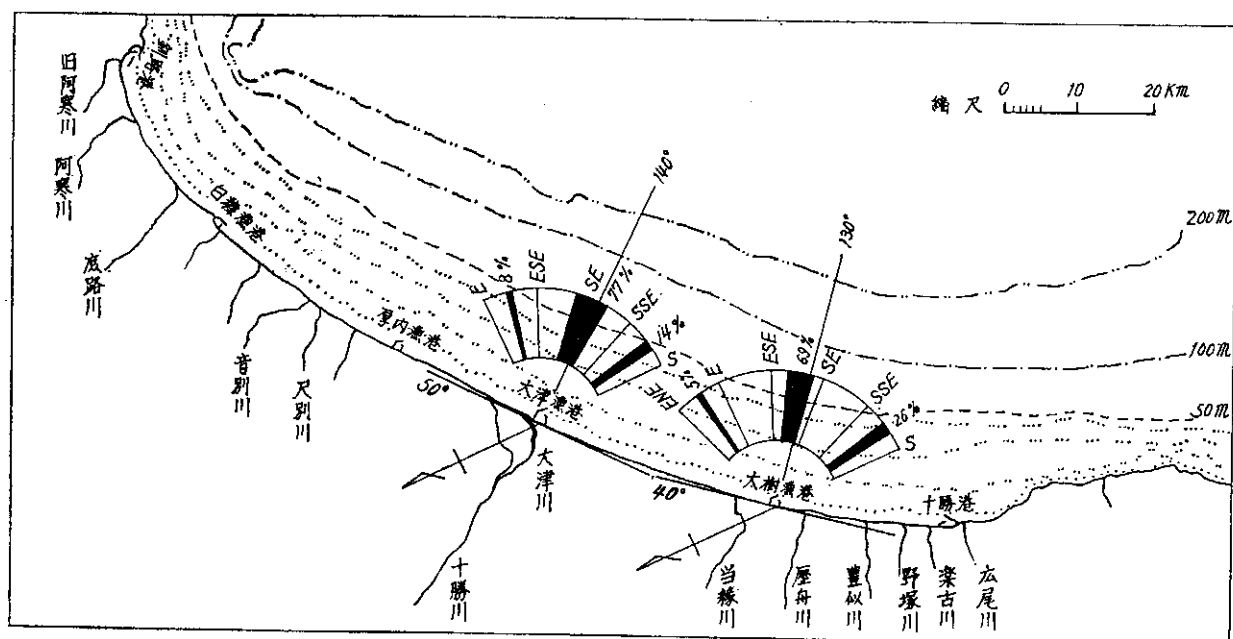
角方向が70~80%で圧倒的に多い。左右の方向性はわずかに右が優勢であるが、エネルギーとしては図-12に示されるとおり、台風期に高波が多いから、方向性はなお明らかになる。

3) 河口砂州の変動

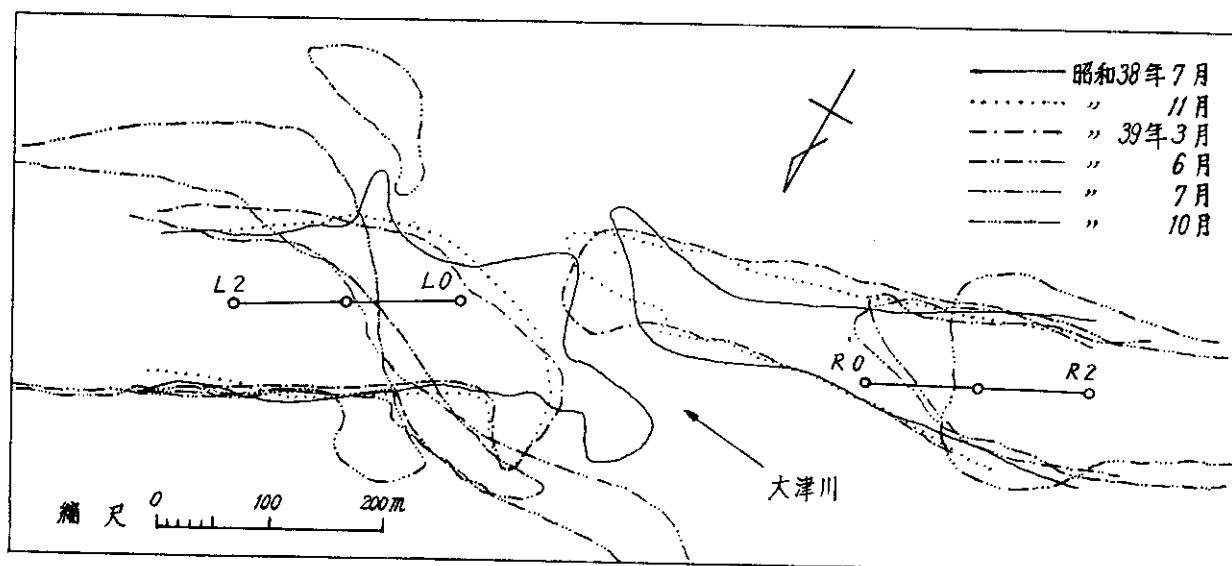
十勝川は、もと河口より9km上流において大津川、十勝川に分流していたが、38年度、十勝川の締切りにより全流量は大津川に流入し、河口が安定するようになった。しかし、分流点より下流においては無数の旧河跡、沼が散在するから、河口は大津川から十勝川に至る9kmの間を変動していたものと考えられる。

図-14, 15は締切り後の両河口砂州の変動を示す。すなわち、秋の高波により河口は右岸から砂州が延び、冬にはそれが河道内へ押し込められ、逆に左岸から砂州がやや発達し、河口幅は最小になる。融雪出水期から夏季出水期には、十勝川の資料はないが、砂州は両岸とも破られ最大河口幅を示す。

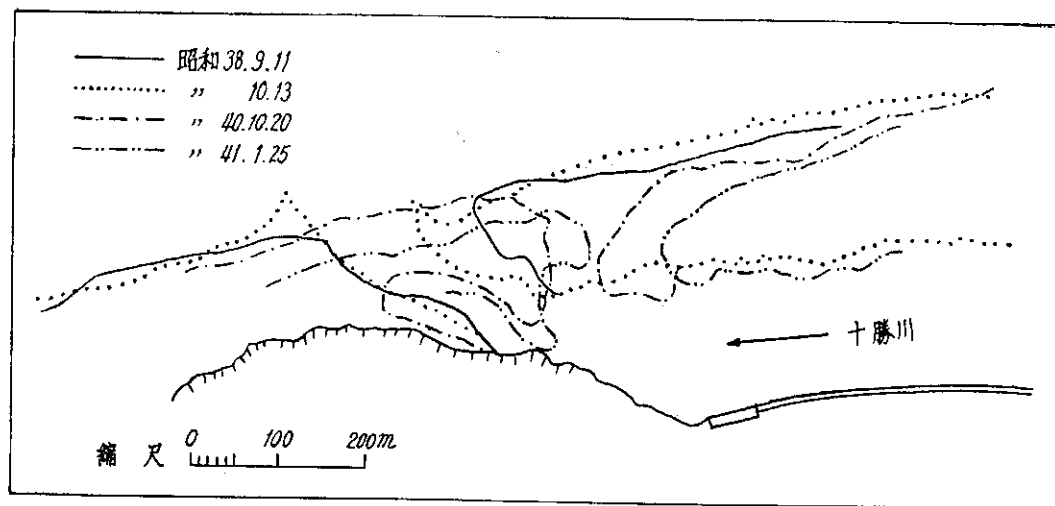
以上の河口砂州の変動状況および海岸近くに散在する旧河跡などの方向から、この沿岸では漂砂が東向きに移動することがわかる。



図—13 波 向 分 布 図



図—14 大 津 河 口 変 化 図



図—15 十 勝 河 口 変 化 図

4) 十勝、釧路沿岸の一般性状

2.(2).c) で概説したとおり十勝、釧路沿岸を全般的に眺めると、南端の襟裳岬付近の岩石海岸から順に十勝港～大樹の砂礫海岸、大津～厚内の粗砂海岸、白糠～釧路の細砂海岸となり、粒径が次第に小さくなる。

大樹漁港に限って見れば、右岸に堆積する粒径5～10cmの礫は、港内で3～5cmとなり、左岸には量が少ない。また、このような大粒径の礫を流出する河川あるいは砂礫質段丘は、大津に至る左岸には存在しない。

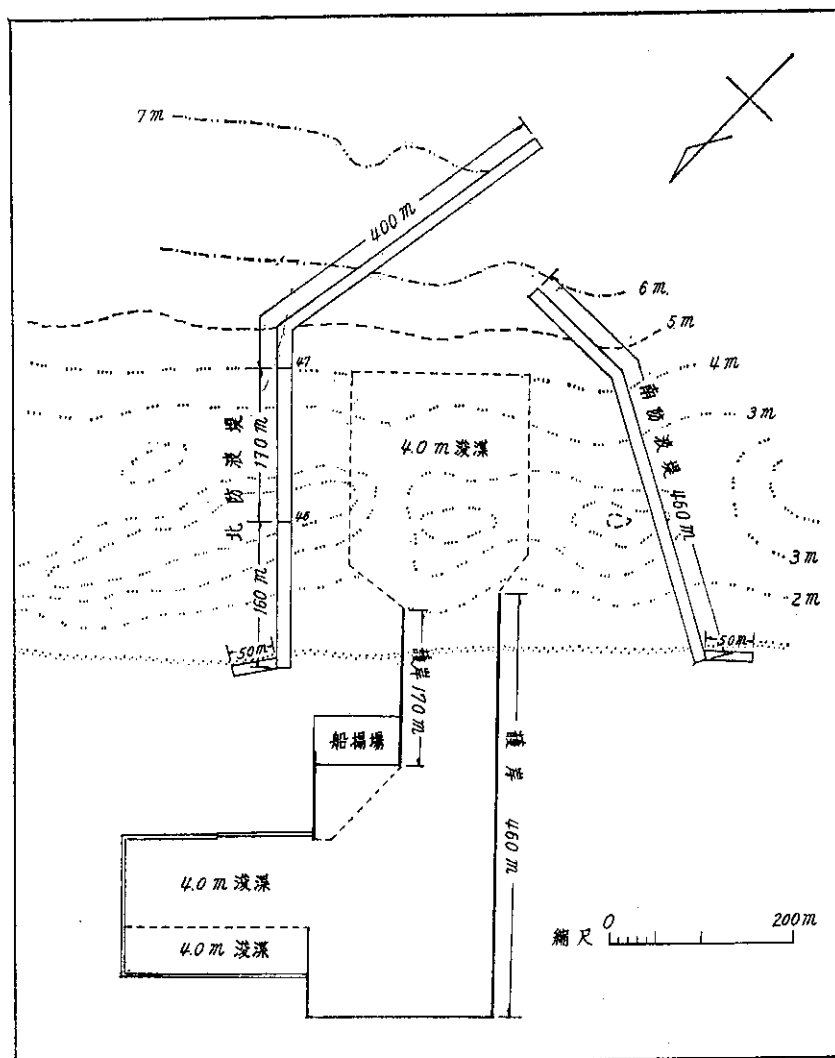
(7) 大津漁港（第4種）

この漁港の計画において漂砂対策として考慮されたことは、港の規模を大きくして距岸200～300m付近に発生する沿岸砂州を越えてから北防波堤を屈曲させ、埋没の

問題を少なくしたことと、左岸2kmに流入する十勝川の流出土砂による影響を避け、また、漁期に当たる冬季風波からの遮閉を考え、近隣の大樹、厚内両漁港を参考にして港口を西向きにとったことである(図—16)。

漁港の建設は45年度に開始され、まだ北防波堤が160m延長されたに過ぎないから、左右汀線の格差など海浜地形への影響は明確に現われていない。しかし、位置が大樹漁港に近いから海浜現象に本質的な差があるとは考えられない。

したがって、港口の向きを決定する要素は、十勝川の流出土砂と沿岸漂砂とでどちらが港内埋没に影響が大きいかという点だけになるが、既存の資料からだけでは判定できず、今後の問題点として残されている。

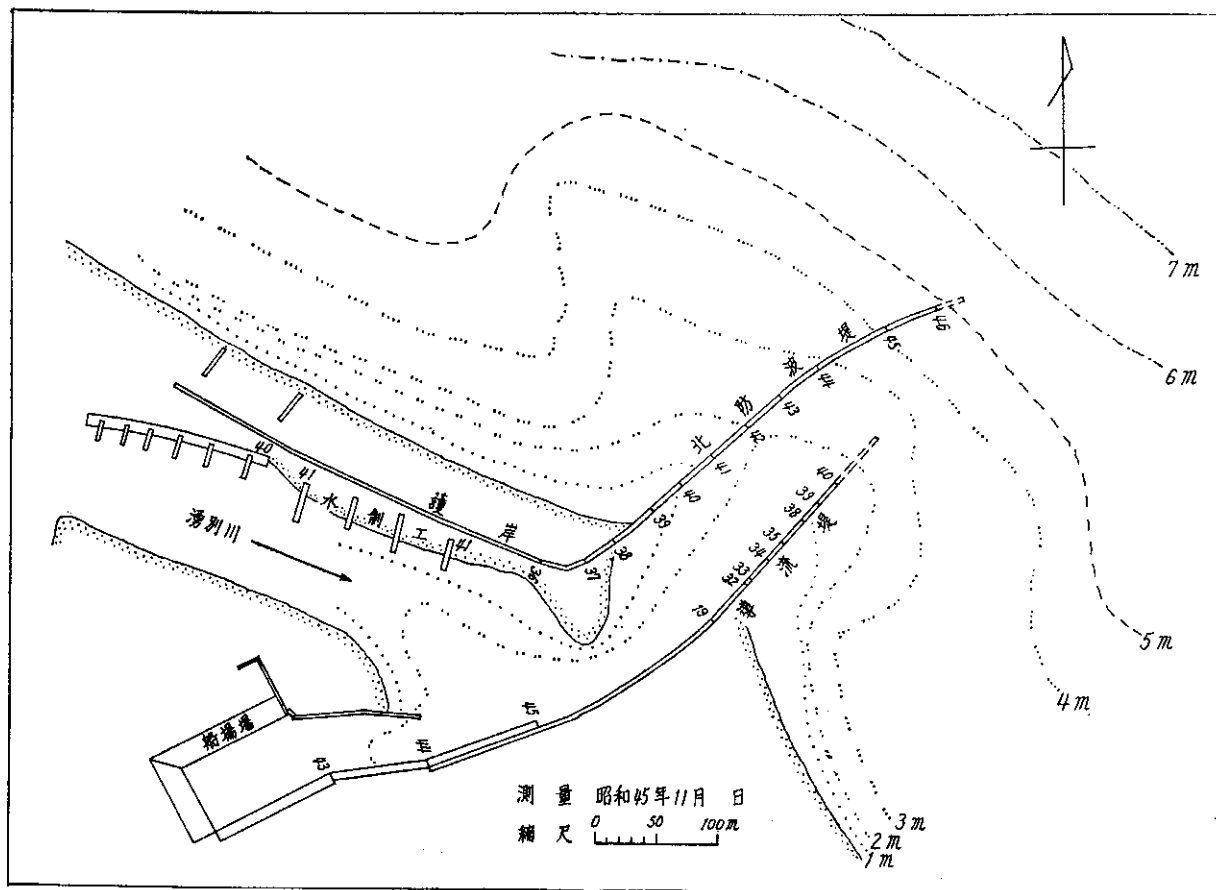


図—16 大津漁港平面図

(8) 湧別漁港（第1種）

湧別漁港はオホーツク海に注ぐ湧別川河口に開けた港で、河口は明治初期から原始的な漁業の基地として海浜近くに簡単な導水堤が設けられ、河道湾曲部の滞流する

個所に小泊地が造られ利用されてきたが、漁法の進歩、漁船の大型化とともに水深の不足、不安定な碇筋の改良が要望され、昭和32年度、修築工事が着手された(図—17)。



図一17 湧別漁港平面図

漁港周辺の地質は、小砂利を含む平均粒径0.9～2.1mmの粗砂よりなるが、着工以前には季節ごとに両岸砂州の発達方向が異なり、春、夏には東寄りの季節風によって西へ発達し、秋、冬には偏西の季節風によって東へ発達するのが通年の傾向であった。また、例年12月下旬から1月上旬にかけて左岸から発達する砂州は、河口を閉塞して河川水位を上昇し、そのため人力による水路掘削によって氾濫の被害を避けるのがつねであった。

着工時の漂砂対策の方針は次のとおりである。

- 1) 既設の導流堤を延長して河口位置を安定させ、さらに汀線沿いの漂砂の移動を阻止する。
- 2) 冬季に卓越する北西の風波を遮閉し、西からの漂砂の河口部への侵入を防止するため、北防波堤を導流堤を兼ねて計画する。
- 3) 北防波堤および導流堤により河道を安定させて掃流力を強め、水底を洗掘させて水深の増加を計り、航路としての安定した水深および幅員を確保する。
- 4) 導流堤間隔は高水流量を流下できる長さとする。

以上の方針に従って工事が進められたが、導流堤の延長が延び36年度になると、季節的变化はあるが図一18に示すとおり河口および河道は導流堤沿いにはほぼ固定され、右岸汀線は導流堤の先端を越えて河口を覆うような

ことがなく安定してきた。しかし、導流堤だけを先行する場合、北西の風波により左岸砂州が河道内へ押し込まれ50～70mの後退を示すので、北防波堤の着手が必要と判断され、36年度、護岸340mの施工に続いて現在まで延伸中である。

この北防波堤の延長により、西からの汀線沿いの漂砂はほぼ阻止され、滞筋はより導流堤側へと安定し、年間1.5～2mの水深は維持されている。しかし、河道内には渇水時あるいは荒天時に州が発生し、漁船の航行に支障を与えるが、出水によって間もなく消滅する。

北防波堤基部河道内の州は、出水の程度によって位置を前後するが消滅はしていない。40年度ころからこの州の奥の河岸に浸食が見られ、40、41年度に水制が施工されたが、以後は流心が右岸に寄り、物揚場前面の水深確保に好影響を与えている。

第4次漁港整備計画に当たっては、航路内あるいは導流堤先端部に発生消滅する州には侵入波の影響が大きいと判断して、北防波堤に湾曲を持たせて延長し港口を被覆することにより、漂砂の侵入を防ぎ風波に対する安定水面の確保を計り、さらに導流堤も延長して掃流力を期待する方針がとられ、工事が進行している。今後の課題としては、現在、1.5～2mに維持されている水深を2.5

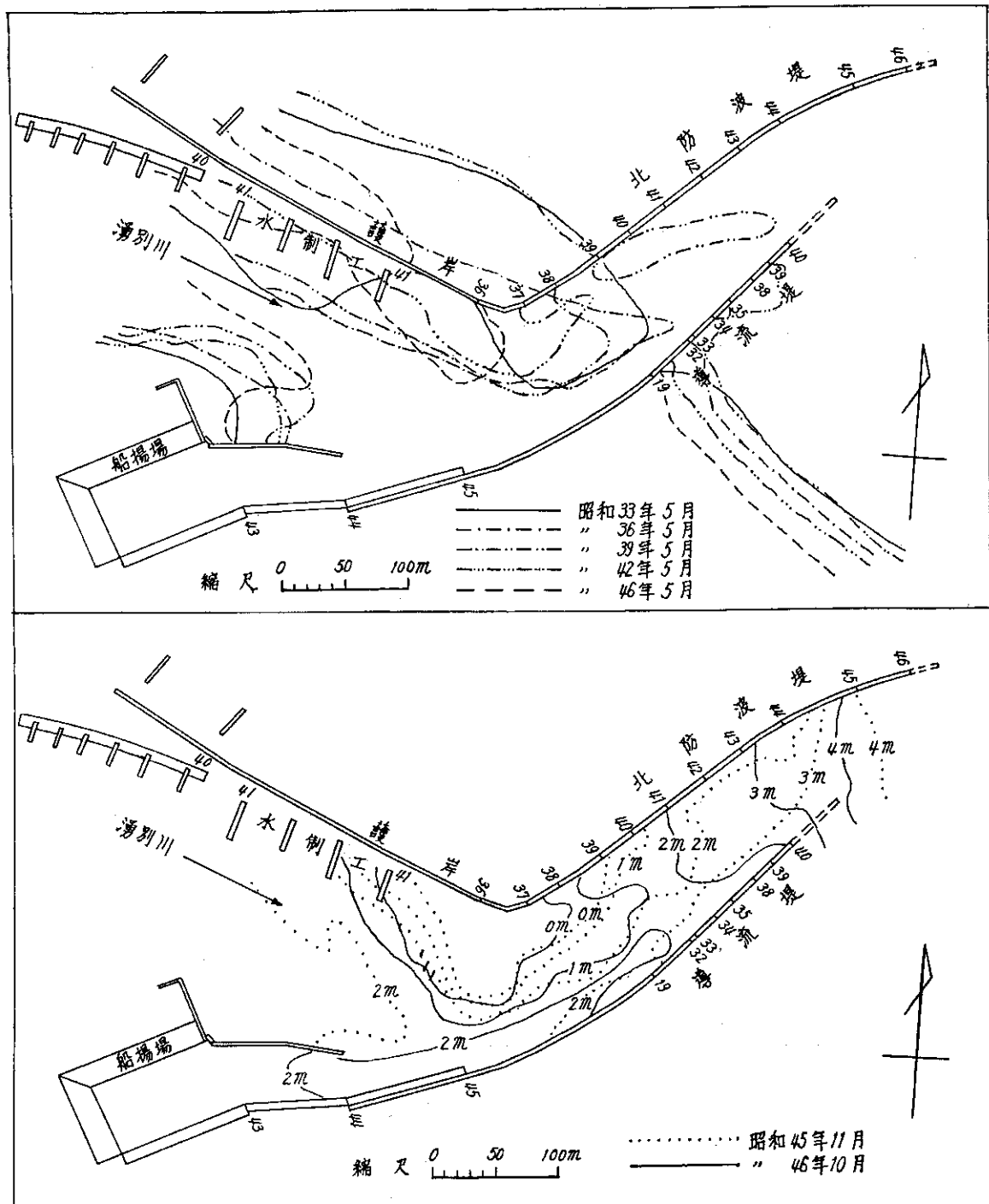


図-18 導流堤の延長と河口変化

mに計画する場合の導流堤延長の検討が残されている。

(9) 能取漁港 (第4種)

能取湖の湖口は、毎年夏から秋にかけての波浪により湖と海をつなぐ水路が次第に浅く狭くなり、9月中旬以降に閉塞する。このため、能取湖流域から湖内へ融雪水が流入する3～5月に湖内水位が上昇し、沿岸農地の春耕、鉄道、道路の路床などに被害を与えるので、例年5月上旬、潮切りによって人工的に湖の開口をうながしている。

この閉塞の実態と要因の要約は次のとおりである。

- 1) 5月に開口された湖口は、海況が静穏な7月まではその形態が保たれるが、波浪の大きくなる8月には沿岸砂州の発達によって浅く狭くなり、その後の北西季節風の連吹による波浪で完全に閉塞する。
- 2) 閉塞を支配する漂砂の動向は、春、夏に西向き、秋、冬に東向きであるが、後者のほうが波浪規模、沿岸流、海岸材料の粒径分布から見てはるかに卓越する。
- 3) 汀線付近の砂の粒径は波浪規模に比べて小さく、沿

岸砂州の発達をうながしやすい。沿岸砂州の規模は、水深が頂部4m、底部6mで、年間を通じて距岸300~500mの沖合いに存在している。

4) 湖と海をつなぐ水路の浅く長いことから出入潮流のエネルギー損失を招き、このため湖内潮差は外海の約1/20、最大6cmに過ぎない。

すなわち、秋から冬にかけての北西の高波が東へ向かう漂砂をもたらし、沿岸砂州を形成し湖口前面を浅くする。したがって潮流のエネルギーが減殺され、水路の掃流能力が失われ、来襲波のエネルギーが大きいから、1度の時化により夏期に維持されていた水路は埋没し、波の遡上高も大きいので、水路は兩岸の砂浜と同じ規模にまで漂砂の堆積を見せる。

海成湖である能取湖、サロマ湖が細長い砂丘で海と隔絶されたのは、地盤隆起のほかに以上のような海浜現象による要因があげられる。このような閉塞湖口を自然の力で維持する手段として、潮汐による流れを利用することが考えられる。

宇田居は、狭い湖口を通ずる潮汐による内外の潮位差、すなわち水路を出入する潮汐の流量から計算される流砂量と、湖口水路の諸条件（幅、長さ、水深、湖水面積）との関係を求め、これをサロマ湖に例をとって計算

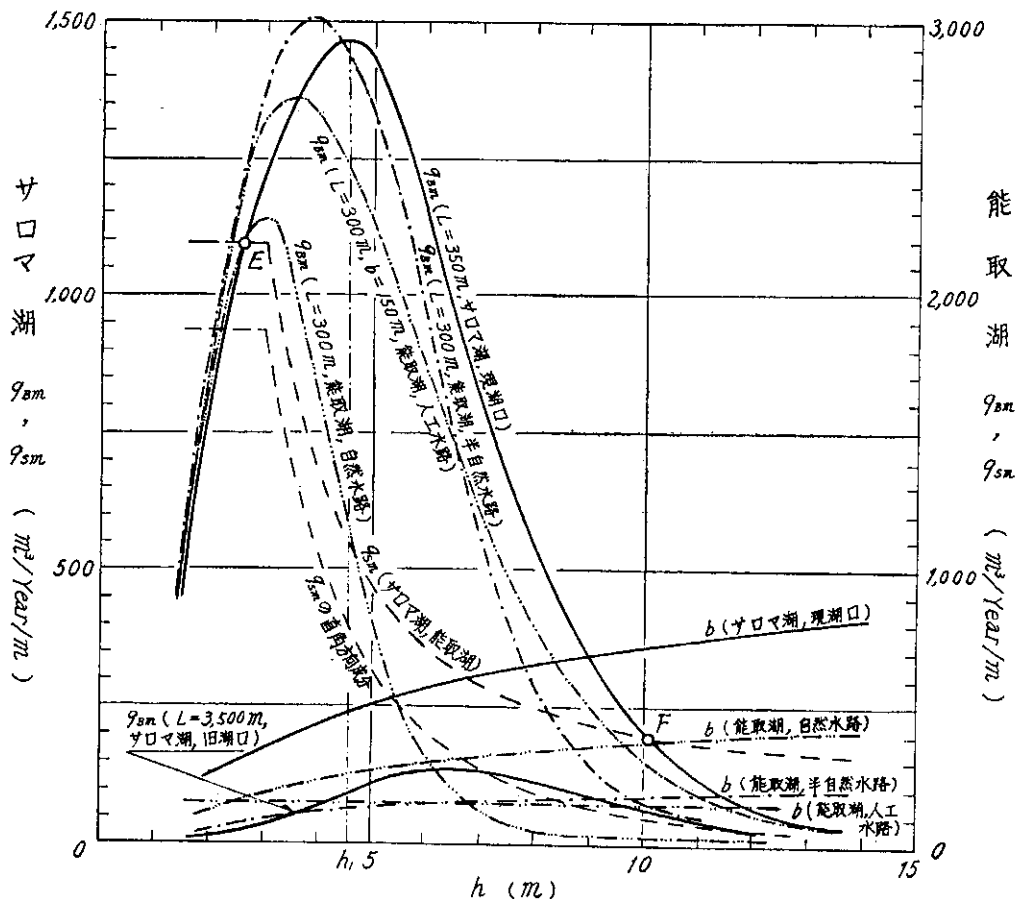
し開口の条件を検討し、能取湖の湖口処理に応用した¹⁷⁾。

図一19は計算の結果と開口の条件を説明するものである。すなわち、横軸は水路水深 h を、縦軸は水路幅 b 、平均掃流砂量 q_{Bm} 、平均漂砂量 q_{sm} を表わし、 L は水路長さである。

q_{Bm} はBrown公式を適用したこの計算により求められるが、これはある水深 h_i をピークとして変化する曲線であり、また、水路形状によって異なる。 q_{sm} は現在のところ不明であるが、ある仮定を置けば図の曲線のように得られ、 $q_{sm} \leq q_{Bm}$ によって水路の洗掘および埋没が説明できる。サロマ湖を例にとれば、2つの曲線の交点E、Fは $q_{sm} = q_{Bm}$ すなわち漂砂量と掃流砂量とが等しく、水路断面の変化が行なわれない点である。現湖口の条件がFに位置していることが、湖口地形の年変化の少ないという調査結果から検証できる。

以上の考察から、適度の外海条件（漂砂量、潮汐）とある程度の湖水面積を持つ湖沼においては、水路の状態を人工的に規制し防砂堤などで漂砂の侵入を制限すれば、適当な水路条件を与えることによって、湖口を潮汐流により維持することが可能となる。その要点は次のとおりである。

1) 水路の兩岸に防砂堤を設け、側面からの漂砂を阻止



図一19 湖口処理の水理計算図

する。その先端位置は少なくとも砕波点以深とし、先端間隔は水路幅と同程度にする。

2) 水路正面からの漂砂を掃流するに十分な潮汐流が発生するような水路条件を与える。

3) 水路の形状が損われないように、水路両側の護岸を必要とする。

4) 水路から湖内側に掃流されて堆積する土砂の維持浚渫を行なう。

能取漁港は、以上のような湖口処理の考え方に従って能取湖を常時開口し、湖岸を港内施設として利用する計画で45年度着工された。現在、西防波堤と水路との1部が完成(図-20)しただけで通水には至っていないが、

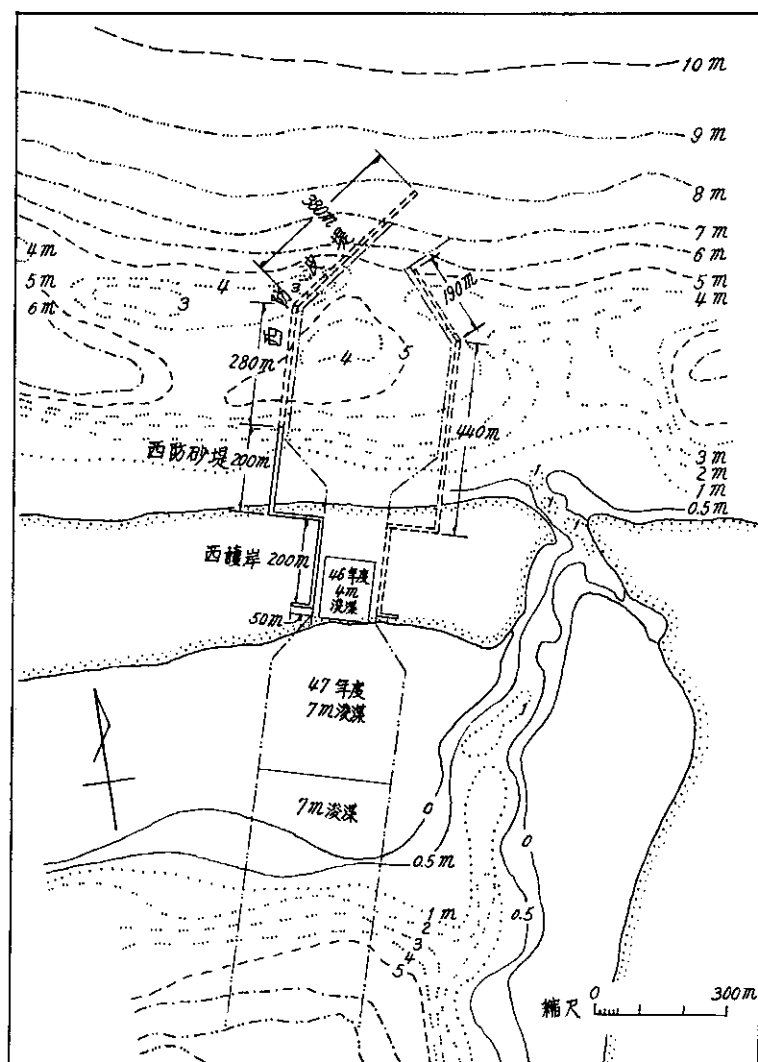


図-20 能取漁港平面図

今後、種々の観測、調査を行なって技術上の問題点、特に水路に流入する漂砂量と湖内側への堆積量の見積りに正確を期す予定である。

(10) 標津漁港(第1種)

標津漁港は、北岸からの汀線漂砂を北防波堤の湾曲部より岸側の部分に生ずる入射波の戻り流れによって阻止し、また、防波堤先端部沿いに南向きに浮遊する漂砂を、北防波堤の延長によりバイパスして南側の侵食海岸に補給する計画(図-21)で、37年度着工された。46年度現在、北防波堤340m、北護岸70mおよび南防波堤140m、南護岸87mが延長されている。一方、旧標津川に通ずる

船溜および岸壁が完成し、地元の要請もあって港内を暫定水深2.5mに浚渫して供用が開始された。

しかし、北防波堤の延長が十分でなく、先端を回り込む漂砂や港口から直接侵入する漂砂によって、46年度、外港部47,000 m^3 、61,000 m^3 の浚渫に対して47年5月現在、平均36cm、17,000 m^3 の埋没を見せ、北防波堤の機能に対する再検討が必要となっている。

そこで、この海岸の漂砂の特質を過去の資料から調べて見る。漁港の北岸に標津川が流入している。この河口は、もと海岸で右折して1.3km汀線に並行し、半閉塞状態を続けしばしば氾濫していた。その対策として33年

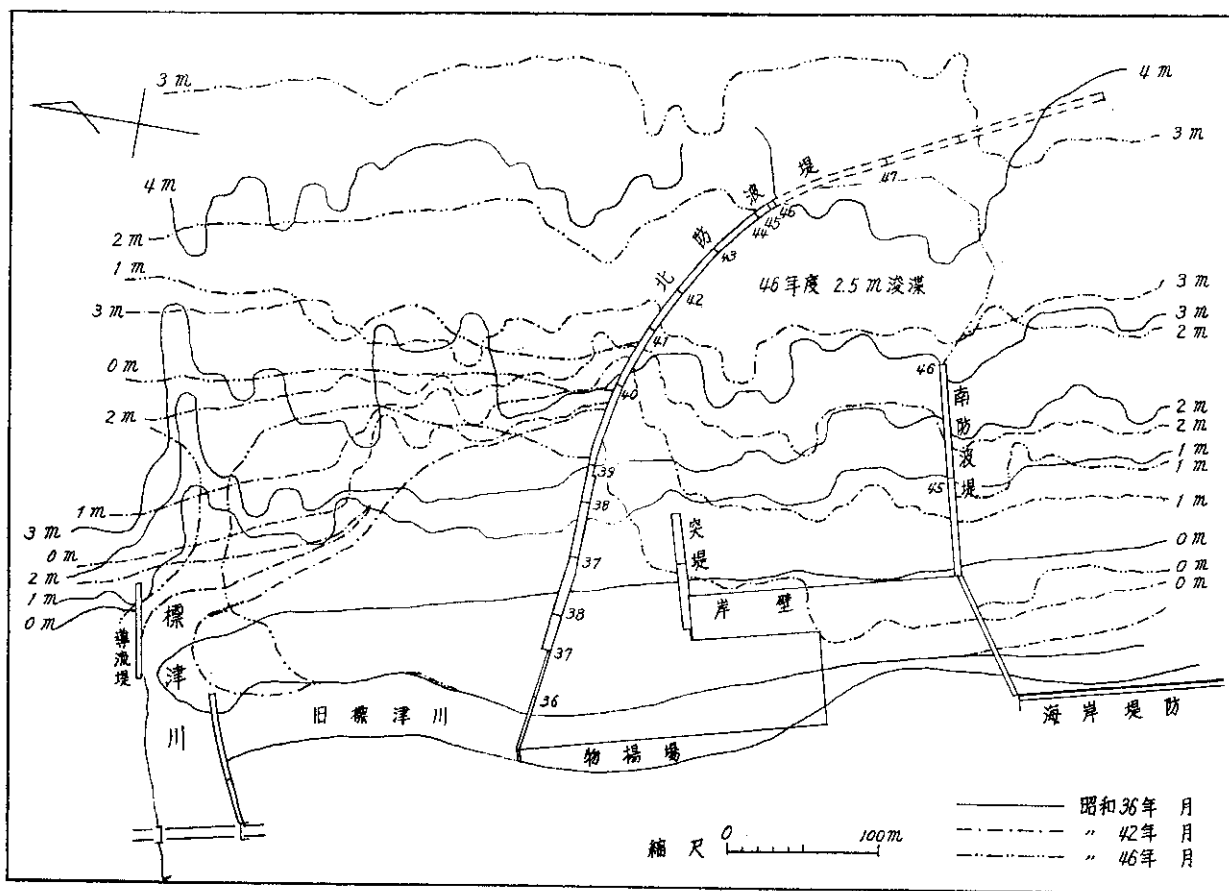


図-21 標津漁港平面図

度、試験工事ににより河口の切替えと左岸突堤が施工され、その後閉塞と災害を重ねて36、37年度、本工事ににより導流堤60mが延長された。この間、突堤施工による汀線、河口砂州の状態などの調査が行なわれ、漂砂過程が次のとおり明らかにされている。¹⁸⁾

1) 根室海峡沿岸の性状から見て漂砂は北から南へ移動し、漂砂源は北岸7kmの忠類川の流出土砂とその両岸の浸食性段丘と考えられ、岸近くの碎波による流れにより汀線漂砂として運ばれる。碎波の入射角は汀線にほぼ30°である。

2) 忠類川右岸～標津川の汀線の砂礫の平均粒径は10～5mmと次第に小さくなり、50～120mmの礫が散在し細砂が見られない。

3) 現河口付近の汀線は、1.3km離れたもとの河口位置が明治32年以来はほぼ変化しないことから、漂砂の平衡のもとに安定形状を保っていたと見られるが、突堤施工と同時に左岸は堆積、右岸は浸食を示してきた。34年度の変遷によれば左岸の汀線の前進速度が急で、大粒径の礫がなお散在し不安定な形状を示しているところから、その後も移動の続くことが予想された。しかし、突堤延長の増加によって堆積砂に小粒径の砂が混合し始め、沿岸流を阻止する効果が認められてきた。しかも左岸は突堤

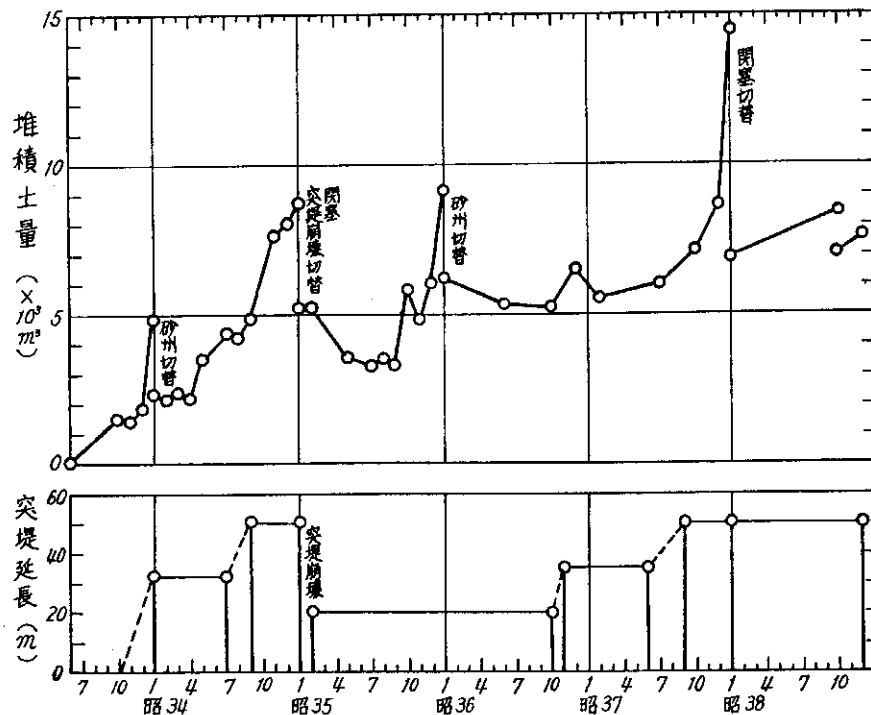
から100～200mの区間が高波の波頂線に平行になってきた。将来の汀線の前進はこれに並行すると見てよく、突堤の延長とともに堆積量も増加する。

4) 突堤は碎波水深までの延長が望ましいが、3m等深線の変動が少ないので、これが1つの限界点と見られる。

標津川の河口処理は、以上のような調査結果によって突堤の延長を3m等深線までに止めて、Ⅳ-1型漂砂の遮断を大きく行なうことなく大粒径の砂礫だけに止め、河川が掃流できる程度の砂は下手側へバイパスし、右岸の浸食を最小限に防ぐ方針によって施工され、突堤延長の不足はあったが一応その目的は達していた。図-22に突堤の長さや左岸の堆積土量の変化を示す。¹⁹⁾ この図によると年間5,000～9,000m³の堆積によって閉塞が生じているが、規模は小さく、人力による幅1m程度の水路掘削によって開口していた。

しかし、漁港の北防波堤延長が顕著になると様子は一変している。その過程は断片的な深淺図によっても推測できる。

図-21により36、42年度の等深線を比較すると、港内部は北防波堤沿いに堆積はあるが大きな変動が見られず、左岸は等深線がほぼ150～200m前進し大きな堆積を



図—22 防砂突堤の長さとは堆積土量の変遷

示している。逆に右岸は3 m等深線は前進気味であるが、2 m以浅部は20~40mの後退を示し、汀線は旧標津川と海岸との砂州の中央付近まで達し、旧標津川陸岸に延長2 kmに亘って海岸侵食防止の堤防が建設され始めた。

42, 46年度の比較では、港内部は浚渫が行なわれて比較にならないが、左岸は汀線、1 m等深線が北防波堤沿いには20~30mと小さいが、全般には100~200m、2, 3 m等深線は120~150mの前進を見せ、右岸は汀線、1 m等深線が20~30m、2, 3 m等深線が60~100mの前進を示している。

このように、42年度においては防波堤の延長によって典型的なⅣ-Ⅰ型漂砂がⅣ-Ⅱ型に変化している状況が認められ、46年度においては防波堤延長が湾曲部先端に達し、所期の目的どおりバイパスの作用を果たし始め、南岸の養浜を行なっていることがわかる。

ただし38年度以降は現在まで、北防波堤から河口に至る海浜において、前年度の形状を損わないという条件で31,000m³/年の土砂採取が行なわれているから、上手側の見かけ上の汀線が前進を停滞する距離、あるいは港内埋没量、下手側へのバイパス量など数量的な把握は不可能であり、今後の北防波堤の延長量、機能に対する明確な方針は見出せない。

5. 考察とむすび

河口、湖口を含めて砂浜海岸に小規模港湾を計画するときに重要なことは、建設途上あるいはその後において

生じる漂砂問題の予測と対策である。これまでは漂砂に関する知識の不足から、ともすれば漁期における施設の利用に気をとられ、静穏度に対する配慮だけによって防波堤の配置が決められ、その結果、完成に至らないうちに埋没して用をなさない港、いわゆる砂入瀬を造ることがあった。この報文の紹介例にもこれに類するものが見られる。

しかし、長い漂砂との戦いの歴史の中には、結果の良否は別として、幾つもの教訓あるいは試行錯誤の結果得られた普遍性が見出される。ここでそれらを抽出し、あわせてこの報文の結論を要約して、漂砂対策の指針の1部としたい。

1) 漂砂問題の類型の移行

小規模港湾の堆積、埋没の形態はⅠ, Ⅱ, Ⅲ型に分類されるが、これはその港に固定されるものでなく、天塩港、大樹、標津両漁港の例に見られるように、防波堤の延長とともにⅠ型からⅡ型あるいはⅢ型からⅡ型へと移行する。すなわち漂砂問題の類型は漂砂量と港の規模に関係するもので、規模が大きくなるとすべてⅡ型になるようである。

この理由は、防波堤の延長が短い場合は、汀線漂砂が卓越すればⅠ型になり、汀線に直角方向の移動が卓越すればⅢ型となるが、延長が長くなると、汀線漂砂は移動が遮断され下手側へは浮遊砂だけとなるため量的に差ができるか、直角方向の移動であっても時間の経過とともに平行方向の成分に差が現われてくるからである。底質

(粒径, 比重)と掃流力(沿岸方向あるいは防波堤沿いの方向)の問題であるが, 今後の研究課題である。

2) 漂砂問題の発生域

砂浜海岸の港は程度の差はあれ漂砂問題をかかえることになるが, 北海道では日本海北岸, 太平洋十勝海岸, 日高, 胆振海岸, 内浦湾沿岸, オホーツク海南岸, 根室海峡奥部などに集中しており, いずれも地質が軟弱な沖積層, 洪積層に当たる海岸である。

3) 防波堤の周辺地形に与える影響

砂浜海岸に防波堤が突き出されると周辺地形が変化し, 上手側に堆積, 下手側に浸食のⅡ型現象が現われる。

上手側汀線は始め急速に前進するが, 防波堤の延長に伴って停滞する。さらに屈曲部が設けられるなど, 防波堤の形によっては逆に後退する。汀線がもとの位置から前進を停滞する位置までの距離は, その海岸の漂砂量, 防波堤の延長によって異なるが, 漂砂量の海岸で150~250m, 中で150~200m, 小で100m以下である。

ただし, 防波堤の延長が短い場合は, 左右汀線に格差が現われない場合がある。また, この紹介例では明らかにされていないが, 沿岸砂州も防波堤の延長に伴ってその形状が不明瞭になるので, 港の規模を決定する場合には注意を要する。

4) 導流堤の機能

導流堤も防波堤と同様に, 河口砂州あるいは沿岸砂州を越えて延長しなければならない。しかし, 1本堤だけでは対岸から形成される砂州が閉塞に関係するから, 防砂堤の役割りを兼ねた2本堤とする必要がある。

2本堤として導流堤を延長すると, それに伴って河口砂州は頂部の高さを減少しながら沖側へ移動し, やがては平坦化して消失する。

河口幅は狭いほど導流効果を期待できるが, 洪水流下能力から制限される。左右導流堤の先端は, 計画水深より深い水深まで延長しなければならないが, この場合, 漂砂の主方向に対して格差を与えるか, 下手側を遮閉するように主導流堤に湾曲を持たせるかするのがよい。

5) 防波堤の配置による対策

漂砂の上手側防波堤は, 砕波帯を越えるまでは汀線に直角に延長して漂砂の平行方向の移動を阻止し, 砕波帯を越えてからは屈曲部を設けて波による岸向きの流れを作り, 防波堤沿いの沖向きの沿岸流を防ぐよう配置することが必要である。しかし, 漁港は規模が小さいから, なお港口部へ運ばれる漂砂があり, 港内埋没をもたらす原因となるが, 下手防波堤の配置によってこれをさらに下手の浸食海岸へバイパスするような工夫が必要である。

下手防波堤は汀線に直角に出され, 屈曲部がないか短

いのが普通である。卓越波が上手防波堤によって遮閉されても, 下手海岸では廻折による沿岸流の転向が生じ, 下手防波堤沿いに沖向きの浮遊砂濃度の高い渦流を誘発し, これが港口へ侵入して埋没をもたらす例が多い。これを防止するには, 下手防波堤の直部を短くして沖向きの流れを弱め, 屈曲部をできるだけ長くして侵入波および廻折波の反射による屈曲部沿いの流れを下手側へ強めることである。このようにして港口部の漂砂を下手海岸へバイパスすることができる。

6) 離岸堤による対策

延長が長くない防砂堤は, 海底勾配が急で汀線近くから水深が大きい海岸, または汀線漂砂の量が大でない海岸以外, その効果を期待できないが, 離岸堤によるトンボロ形成現象を利用すれば, 節婦漁港の例のように, 一方向からの漂砂量が非常に多い場合には, 上手の堆積範囲を大きくとれて有効である。この場合, 離岸堤に相対する防波堤からの反射波も期待されるから, 逆方向の波による押し戻しの効果も期待できる。

離岸堤の位置, 延長, 向きなどの決定には模型実験による検討が必要である。

以上のほかに湖口処理に潮汐流を利用する事例をあげたが, 施工途中で効果が未確認なので基本的考え方の紹介に止めた。また, これまでの結論はすべて定性的範囲を出ていないが, さらに研究を続けて量的解決に努める考えである。終わりに各種資料の提供を頂いた北海道各土木現業所, 開発局各開発建設部の各位に厚く謝意を表す次第である。

参 考 文 献

- 1) 林 千秋: 漁港に就いて, 港湾時論一(中), 北海道庁, 大正13年8月
- 2) 鴻上, 佐藤, 井上, 潮: 北海道沿岸波浪の特性について, 第11回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和43年2月
- 3) 尾崎ほか: 十勝太簡易船入潤築設に関する調査報告書, 北海道企画部資料, 昭和41年3月
- 4) 鴻上ほか: 日高, 胆振海岸における海岸浸食の現況とその成因について, 北海道開発局土木試験所報告第51号, 昭和45年1月
- 5) 福島, 柏村, 八鍬, 高橋: 日高海岸における漂砂の研究(1),(2), 第9, 10回海岸工学講演会講演集, 昭和37, 38年10月
- 6) 鴻上ほか: 内浦湾における海岸浸食の現況とその成因について, 北海道開発局土木試験所報告第43号, 昭和42年2月
- 7) 鴻上雄三: 大津漁港漂砂調査について, 昭和39年度北海道漁港施設調査報告書第11号, 北海道開発

局農業水産部

- 8) 近藤, 宇田居, 鴻上, 佐藤: オホーツク海沿岸湖口の閉塞について, 第18回海岸工学講演会論文集, 昭和46年10月
- 9) 尾崎 晃: 港湾付近における海浜変形と底質との関係, 第18回海岸工学講演会論文集, 昭和46年10月
- 10) 鴻上, 井波, 長内: 十勝港の漂砂について, 北海道開発局土木試験所報告第45号, 昭和42年11月
- 11) 井島武士: 海岸水理学, 海の波の实际的性質, c. 漂砂, 水工学便覧, 森北出版KK
- 12) 古谷, 松山: 天塩川河口について, 北海道開発局土木試験所月報第107号, 昭和37年5月
- 13) 岡 山夫: 天塩港調査報告, 第10回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和42年2月
- 14) 後町徳太郎: 北海道の漁港の漂砂模型実験について, 第9回水産庁全国漁港建設技術発表会論文集, 昭和39年9月
- 15) 尾崎 晃: 落部漁港模型実験報告書, 北海道大学工学部港湾工学研究室, 昭和45年1月
- 16) A. Ozaki: Observed effects of the offshore breakwater constructed off a sandy beach [Summary of the 10th Coastal Engineering, 1966. 8].
- 17) 宇田居吾一: 湖口処理に関する一考察, 北海道開発局土木試験所報告第46号, 昭和43年1月
- 18) 古谷, 星野, 鴻上: 武佐川の河口処理(第2報), 北海道開発局土木試験所月報第80号, 昭和35年3月
- 19) 萩生, 星: 武佐川の河口処理について, 第7回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和39年2月

*

*

*

*

*