

大津漁港の漂砂解析

林 忠志* 竹田英章**

(昭和 57 年 1 月 受理)

Abstract

OOTSU Fishing Port, located at the center of the Tokachi Coast of East Hokkaido facing the Pacific Ocean, is an artificially excavated port. Adjacent to the Tokachi River, this port has been constructed as a fishing base for the best quality salmon and trout which run up the Tokachi River; and as a refuge for fishing boats which fish saury and mackerel in the front sea area known as one of the best three fishing grounds in the world. Along the arctual 150 km-long Tokachi Coast between the easternmost Kushiro port and the westernmost Tokachi Port, there are more than 10 small and large rivers and 4 marshes. Tokachi Coast is known as a very sand active and both Taiki and Atunai Fishing Ports constructed on this coast have been completely buried.

Construction of OOTSU Fishing Port started in 1970 and since then the significant littoral transport surveys have been carried out. In 1979, the port was partially opened and is now reaching the final stage to set the location of port entrance.

Judging from the directions of river mouths, wave energy flux and littoral currents under ordinary sea condition, and short-term change of shoreline, the direction of littoral transport dominates from west to east. However, sand movement from east to west is deduces from extraordinary sea condition, long-term change of shoreline, fluorescent sand tracing test results, sand-accumulation degree near breakwaters, and change of bottom topography. As a result, the following are obtained: wave energy under the anomalous condition is almost equivalent to that under the general condition, and shore-normal topographical bottom changes are well explained by use of empirical relationship between critical water depth for initial sand movement and 90% nonexceeding probability wave with respect to median sand diameter. Therefore, it is recommended that the port entrance should be set at the depth of 8 or 9 m to prevent the basin from shoaling and oriented normally to the shoreline to protect against accretion and erosion on the both sides of the entrance and also to obtain satisfactory calmness in shipping channel.

It should be particularly noted that the direction of river mouth and marsh mouth which used to be considered as an important factor does not necessarily suggest the dominant littoral transport direction. In addition, wave energy should be estimated for each anomalous and general condition, respectively.

目 次

ま え が き	2
第 1 章 大津漁港周辺の海岸性状	3
§ 1 大津漁港周辺の海岸性状	5
§ 2 隣接漁港の現状	5
§ 3 苫小牧を中心とする日高・胆振沿岸の海岸性状	5
§ 4 北海道北部日本海側の海岸性状	6
第 2 章 大津漁港周辺の漂砂現象解析の進め方	6

*水産土木研究室主任研究員 **港湾研究室室長

経て、着工後7年目の昭和52年度によりやく北防波堤の屈曲部を着工するにいたった。そして、同年度に道路の付替え工事が順調に行われたことにより、ただちに昭和54年度開港の目標が設定された。昭和53年度は、内港区の岸壁建設、陸削、浚渫土砂処分地の建設など、昭和54年度は、内港区にいたる航路確保のための南・北護岸工事、航路および泊地のポンプ浚渫などが急速に進められ、着工からはば10年にして地元悲願の開港がサケ漁期前に達成された。

図-2に示す大津漁港の第6次漁港整備計画(昭和52~57年度)は、昭和47年度に港湾研究室が行った水理

た漂砂調査の成果を見直し、不足データを補完して、当漁港の港口形状に関し改めて検討を行うことになった。

本論文は以上の経過から取りまとめたものであり、まず、大津漁港周辺の海岸性状を苫小牧を中心とする日高・胆振海岸および北海道北部日本海側の海岸性状と比較・検討しながら解析方針を設定し、その後、各種調査成果に基づいて解析を進め最終的に大津漁港周辺の漂砂現象に関する考察および大津漁港の港口に対する見解を述べたものである。

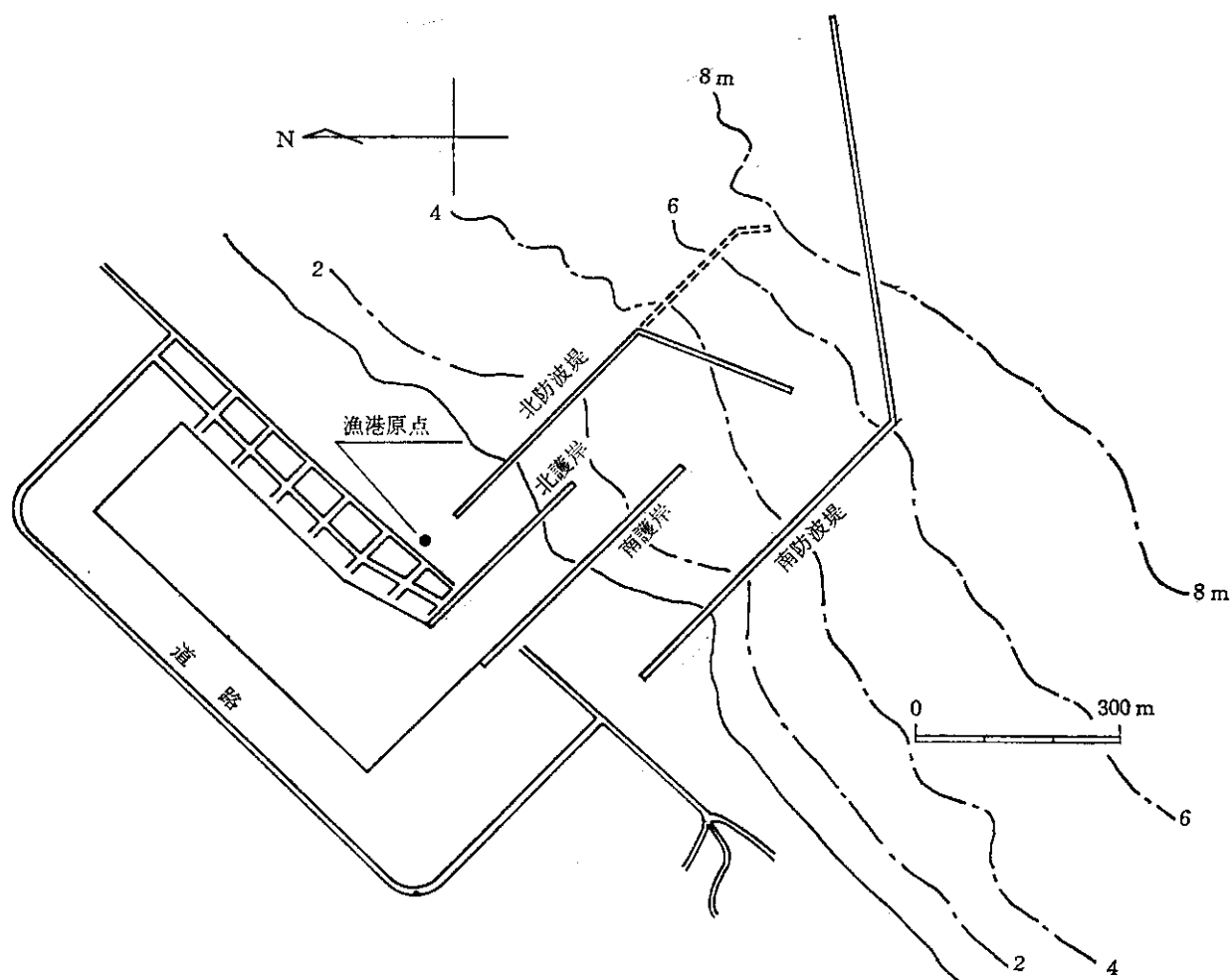


図-2 大津漁港の第6次修築計画

模型実験¹⁾の結果を参考にし、大樹から十勝川方向に向かう漂砂が卓越し、十勝川は十分に洪水調節されて、流下土砂はほとんど無視しうるものとして計画されたものである。しかしながら、大津漁港周辺で継続的に行われている漂砂調査によれば、大樹から十勝川方向へ向かう漂砂はそれほど卓越していないだろうことが推察され、それに伴い、十勝川内に存在する砂洲からの流下土砂が危惧されるにいたった。このため、今まで実施されてき

第1章 大津漁港周辺の海岸性状

一般に漂砂は波浪による碎波で海底砂が攪乱され、それが碎波によって生ずる沿岸流で運ばれるものと考えられている。ここでは、河川の河口は通常、漂砂の下手側に向くという考え方によって、大津漁港周辺および比較検討の例として、苫小牧を中心とする日高・胆振海岸と北海道北部日本海側の各河川の河口の向き、深浅などを調べ、大津漁港周辺の海岸性状を把握するものである。

§1 大津漁港周辺の海岸性状

十勝沿岸は、段丘と砂浜の連続する内側に凹のなだらかな海岸で、襟裳岬から十勝港までは岩礁と玉石砂利、それから北東に進むにつれ砂利混じりの砂浜となり、厚内付近ではまったくの砂浜となっている。深浅はまえがきの図-1に示すように非常に遠浅で、海岸線にほぼ並行している。また、この区間の河川の河口の向きを調べると、図-1.1に示すように、ほとんどの河川が釧路側に河口を向けている。ただ、湧洞沼、長節沼などの湖沼は、図-1.2に示すように、かつてその開口部が襟裳側に向いていたと推量される。

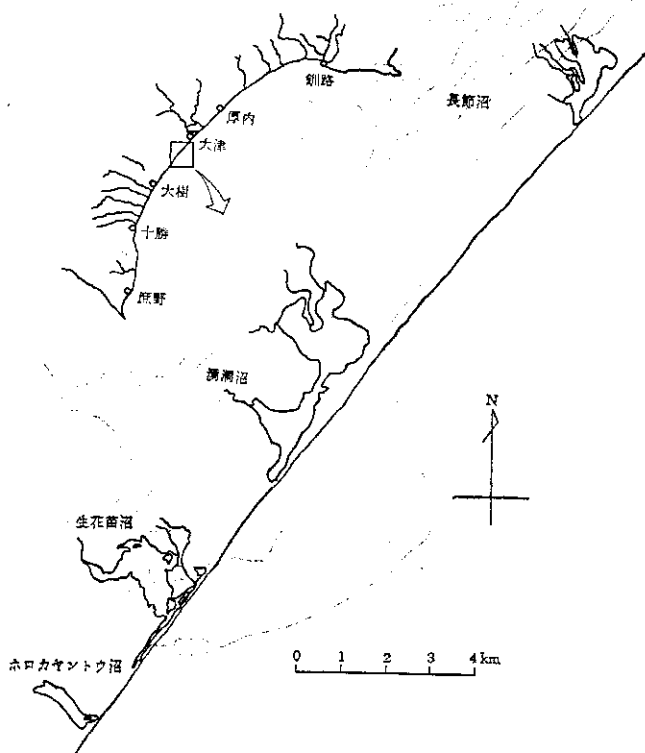


図-1.2 湖 沼

§2 隣接漁港の現状

大津漁港の襟裳岬寄りおよそ 15 km に大樹漁港、釧路寄りおよそ 10 km に厚内漁港が建設されている。ともに第 1 種漁港で、港内への土砂堆積という問題を抱えている。

〈大樹漁港^{2),5)}〉

沿岸一帯の底質は $D_{50}=0.2\text{ mm}$ の微細な砂であるが、汀線付近だけが礫・玉石で、当港から右側およそ 3 km にある歴舟川にいたる海岸線も同様の礫であることから、歴舟川、豊似川がその供出源と推定される。また、波の方向は、その 90% 以上が汀線にほぼ直角な SSE から ESE の間にあるが、浮遊砂によると考えられる微細な砂の堆積はわずかである。周辺の等深線を図-3.1に示すが、右側は遠浅で汀線が前進しているのに対し、左

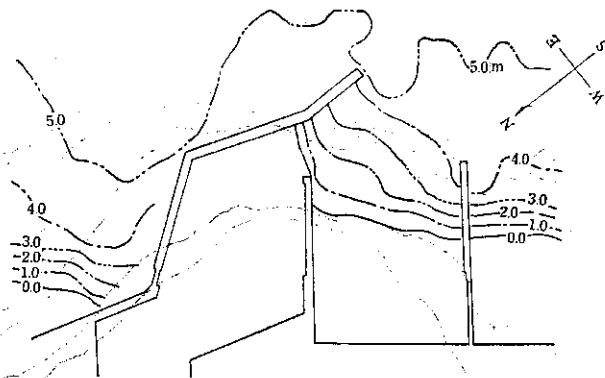


図-1.3 大樹漁港 (昭和 50 年 1 月 20 日)

側は比較的深く汀線が後退している。

〈厚内漁港^{2),3),4)}〉

波の方向は、大樹漁港と同様に汀線と直角方向が多い。底質は $D_{50}=0.2\text{ mm}$ で、堆積土砂が $D_{50}=0.2\sim 0.3\text{ mm}$ である。加えて、荒天時には沖合 1 km くらいまで濁りが認められる。図-1.4に等深線と港の形状を示すが、当初、A 防波堤のみの計画であったものが、港内への漂砂流入を防ぐため、B 防波堤、C 防波堤と計画を変更していったものである。なお、港のすぐ右手にある厚内川は流量が少なく、土砂の流出はほとんど考えられないので、港内埋没に影響は与えていないとのことである。

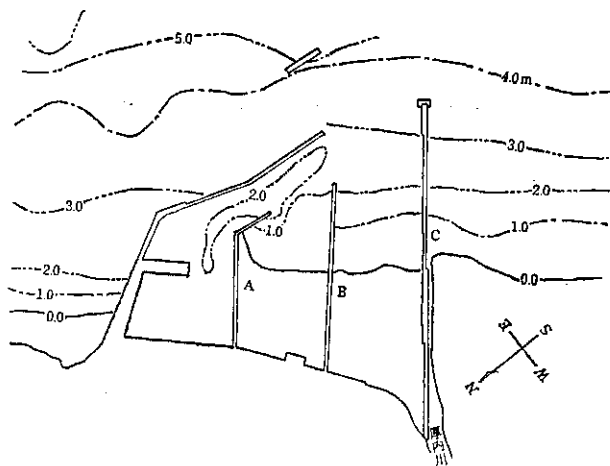


図-1.4 厚内漁港 (昭和 54 年)

§3 苫小牧を中心とする日高・胆振の沿岸海岸性状

日高沿岸から苫小牧・室蘭にかけては、十勝沿岸と同様突出部のないなだらかな海岸線で、苫小牧周辺が内側に凹のもっとも深い位置になっている。海底勾配は、静内から浦河および白老以西が急であるのに対し、苫小牧沖合は緩勾配で、100 m 以浅部が沖合に張りだしている (図-1.5 参照)。この区間の河川を調べると、大半の河川がやや室蘭側に河口を向けており (図-1.6 参照)、これら河口の向きと深浅によって、襟裳岬側から苫小牧方向へ

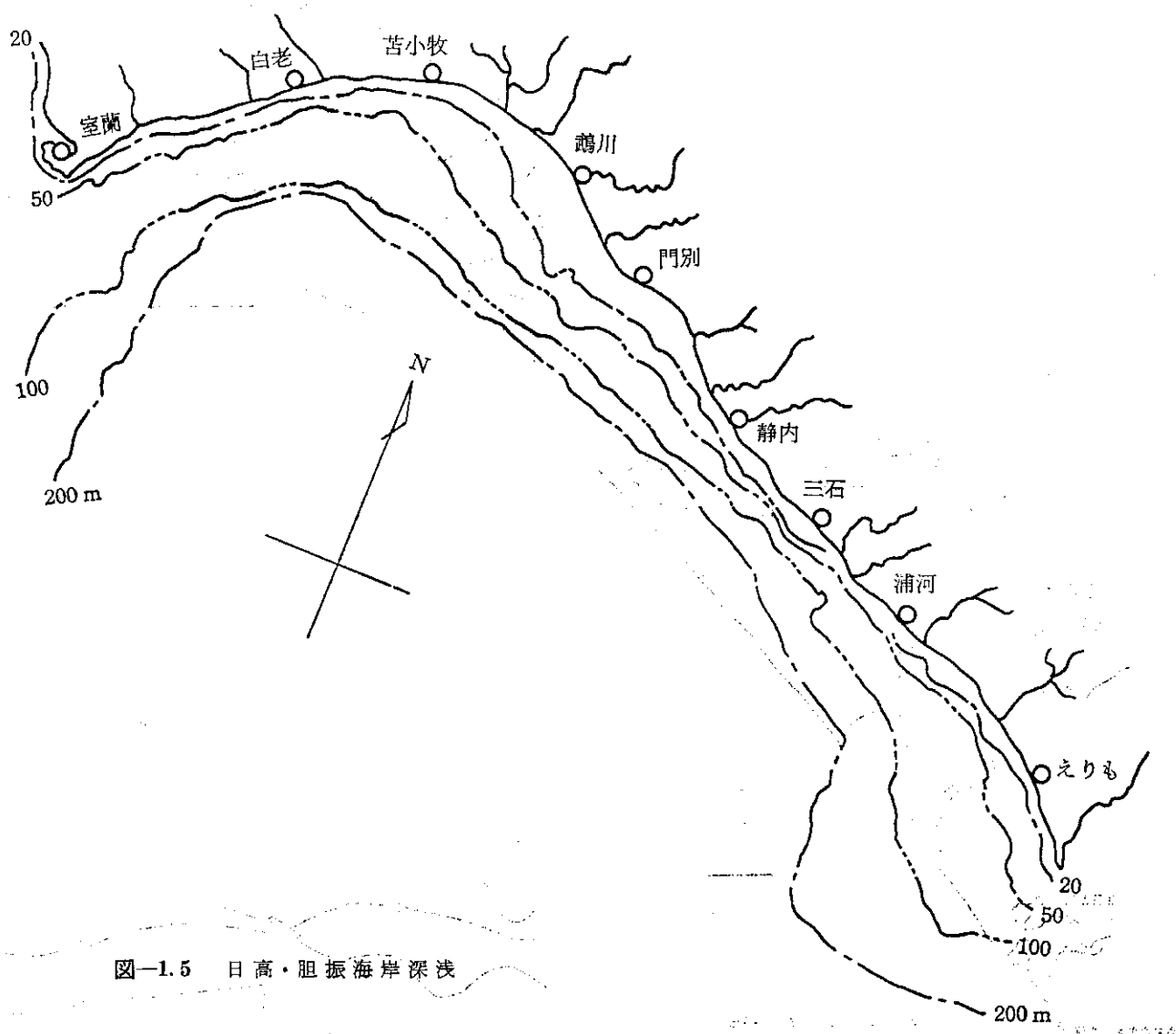


図-1.5 日高・胆振海岸深浅

の砂の移動が考えられ、実際、日高山系特有のクローム鉄鉱の分布調査からもそれが裏付けられている⁶⁾。

§4 北海道北部日本海側の海岸性状

水深 200 m 以浅のいわゆる大陸棚は、前述の 2 海域より広く、特に水深 50 m から 200 m の間が緩勾配である(図-1.7 参照)。留萌から遠別までは海岸侵食がみられ、遠別以北はサロベツ湿原に代表されるように堆積性海浜である。河川は天塩川を除いて大半が北側に河口を向けており(図-1.8 参照)、河口の向きからみた漂砂の移動方向は北向きとみなされる。波の方向は W から NNW の間が多く、高波は SW から WSW 方向が主であるがその頻度は少ない。

第2章 大津漁港周辺の漂砂現象解析の進め方

第1章では、大津漁港周辺の海岸性状を、河川の河口の向きと深浅に着目し、他の 2 海域と比較しつつなめた。苫小牧周辺の海岸は、従来いわれている“河口は漂

砂の下手側を向く”という考えの好例であったが、夏期の風浪に比べ冬期風浪が非常に大きい北海道北部日本海側では、河口は天塩川を除いてすべて北向き、すなわち冬期風浪の方向に相対していた。この区域では、夏期に対馬暖流が北上し北上流が卓越するが、この時期は波浪による砂の攪乱はほとんどみれず、したがって、冬期の時化のときに比べてその漂砂量は無視しうるものと考えられる。

以上の考察から河口の向きのみで漂砂の卓越方向を推定することは危険であろうと判断し、今回の漂砂解析にあたっては河口の向きにとらわれずに、次の項目について検討することにした。

(1) 漂砂の生起原因

1) 波 浪

- a. 常時の波向頻度
- b. 異常時の波浪方向

2) 流 れ

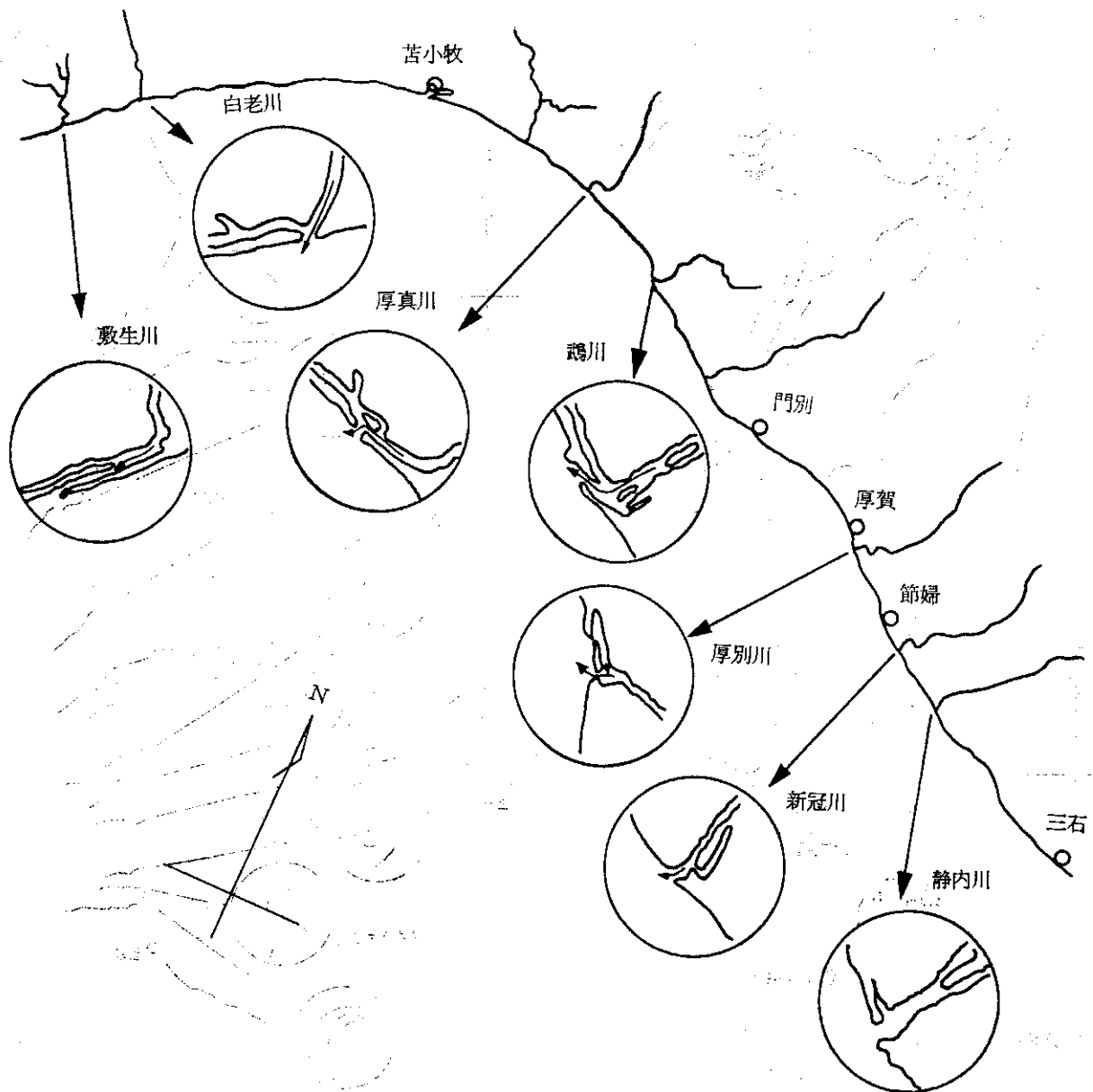


図-1.6 日高・胆振海岸の河口の向き

- a. 流れの観測
- (2) 漂砂の方向
 - 1) 汀線
 - a. 防波堤建設に伴う汀線変化
 - b. 汀線の粒径分布
 - 2) 海底
 - a. 蛍光砂調査
 - b. 海底砂の粒径分布
 - c. 堆積土量の経年変化
- (3) 砂の移動範囲
 - 1) 海底地形の変化
 - 2) 砂の移動限界水深計算
- (4) 漂砂源としての十勝川
 - 1) 流下土砂量の計算

第3章 大津漁港における波浪および沿岸流

§1 波浪頻度の推定

大津漁港では波浪観測がなされていないので、庶野漁港・十勝港・釧路港の観測データを用いてこの海域における沖波の波向頻度を推定し、その結果から大津漁港における波向頻度を求めるという手法をとった。作業手順を図-3.1に示す。

庶野漁港・十勝港・釧路港の波向頻度は表-3.1に示すとおりであるが、この3港および大津漁港における波向と沖波との関係は、波の屈折作用（周期7秒の平行等深線海岸の図7）より推定）と襟裳岬による遮蔽効果を考慮すると、図-3.2に示す関係となる。たとえば、釧路港について式をたてると、

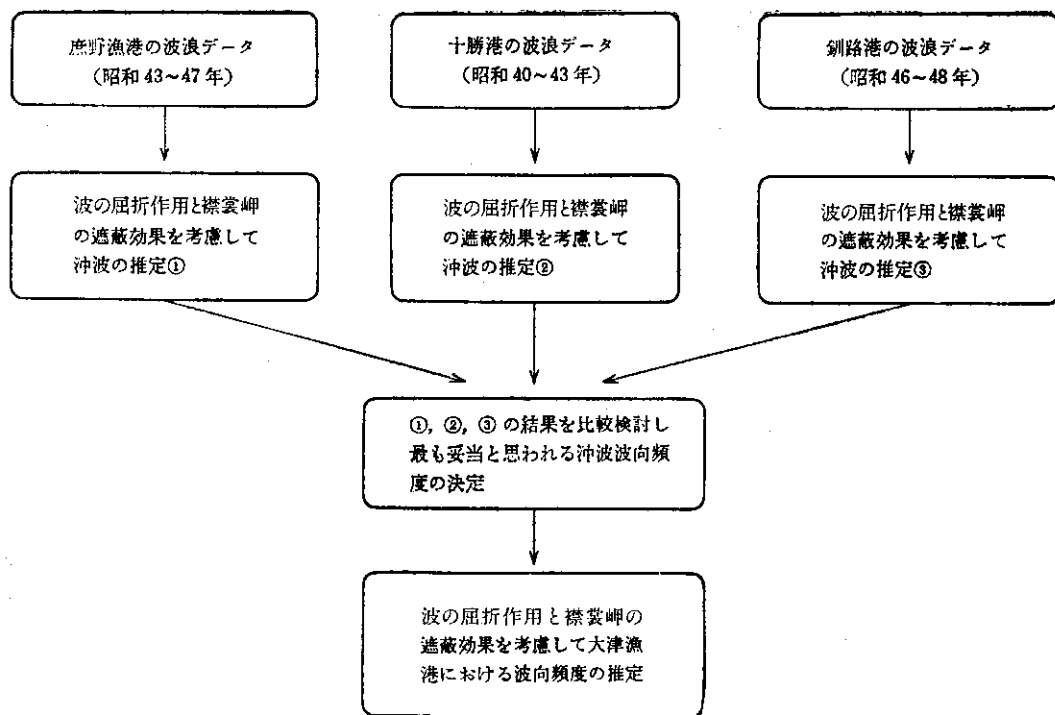


図-3.1 大津漁港の波向頻度推定の作業手順

表-3.1 各港における波向頻度

	釧路港 (%)	十勝港 (%)	鹿野港 (%)
E		48.5	
ESE		50.8	1.5
SE	0.2	0.7	32.5
SSE	4.0		52.5
S	45.3		13.5
SSW	35.3		
SW	13.2		
WSW	2.0		

に向かう流れ70日とほぼ同頻度となっており、水深8mでもほとんど一致した流向を示している。なお、参考として静穏であった7月13日から14日の河口前面の流況を図-3.3に示す。

(2) 昭和39年の流況観測¹⁰⁾

流れの方向と波向との相関を調べるために、波浪観測と流向板による流れの観測が実施された。図-3.4は、水深5mおよび8mにおける流向と目視観測による波向の頻度相関を示したもので、汀線に直角方向(140°)より東側を左、西側を右としている。流向は沖(水深8m)と岸(水深5m)で一致し、ともに波向によく支配されている。

図-3.2 沖波と各港における波向

沖波	釧路	十勝	鹿野	大津
a. W	SW	ESE		
b. WSW				
c. SW	SSW		S	
d. SSW		SSE	SSE	
e. S	S	E	SE	SE
f. SSE			ESE	
g. SE				
h. ESE	SSE			
i. E			ESE	ESE
j. ENE				
k. NE				

表-3.2 沖波の波向頻度 (推定)

波向 月	E (%)	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)	S (%)	SSW (%)	SW (%)	WSW (%)	W (%)
1	3	3	16	20	29	19	6	4	
2	3	4	16	20	32	15	6	4	
3	2	10	12	26	31	10	5	2	2
4	1	5	21	22	28	10	6	4	3
5		3	25	40	18	10	3	1	
6			35	36	18	10	1		
7			31	27	26	10	4	2	
8		3	29	38	19	8	2	1	
9		4	32	40	9	8	4	3	
10	1	4	20	25	28	10	6	5	1
11		1	12	20	23	20	15	5	4
12		1	12	20	30	15	10	6	6

表-3.3 大津漁港の波向頻度 (推定)

波向 月	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)	静 穩 (%)
1	6	36	48	10
2	7	36	47	10
3	12	38	41	9
4	6	43	38	13
5	3	65	28	4
6		71	28	1
7		58	36	6
8	3	67	27	3
9	4	72	17	7
10	5	45	38	12
11	1	32	43	24
12	1	32	45	22

(3) 昭和40年10月～昭和41年2月の流況観測¹⁶⁾

表-3.6は、岸から300mおよび600mの位置に流向板を設置して観測した結果である。観測した5カ月間の流向は、岸・沖とも釧路方向に向かう流れが卓越し、12月と2月を除いては80%以上の頻度である。図-3.5は、この釧路方向に向かう流れと波との相関をみたものであるが、ここでも流向は波向によく支配されていることがわかる。

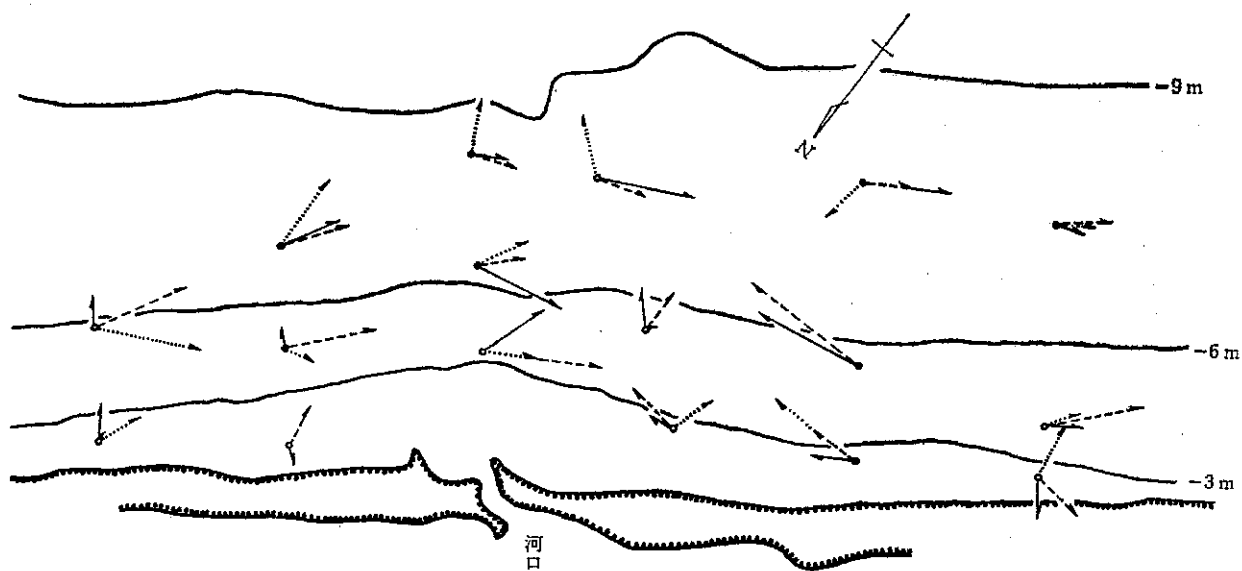
第4章 海浜の変形

§1 防波堤の建設と汀線の変化

大津漁港は、昭和45年から昭和48年まで北防、昭和49年からは南防が建設され、昭和52年から北防の屈曲部に着手している。年度別進捗状況は、図-4.1に示すとおりである。汀線測量は昭和44年より毎年数回行われているが、ここでは南防着工前、昭和48年までのデータ

表-3.4 異常波浪の波向頻度 (回数) (昭和22年～昭和51年)

波高 波向	沖 波					大 津		
	E	ESE	SE	SSE	S	ESE	SE	SSE
$H < 2\text{ m}$	2	2	2	2	4	5	9	10
$2 \leq H < 3$	6	4	3	9	9	21	9	5
$3 \leq H < 4$	10	10	12	5	3	15	18	5
$4 \leq H < 5$	5	10	6	6	5	9	14	2
$5 \leq H < 6$		3	3	4	1	5	6	3
$6 \leq H < 7$	2	1	4	4	3		4	1
$7 \leq H$					1			
計	25	30	30	30	26	55	60	26



- 昭和38年7月13日実測
- 昭和38年7月14日実測

——— 上層
 - - - 中層
 下層
 流速 0 10 20 30 cm/sec

図-3.3 昭和38年7月13日~14の流況⁹⁾

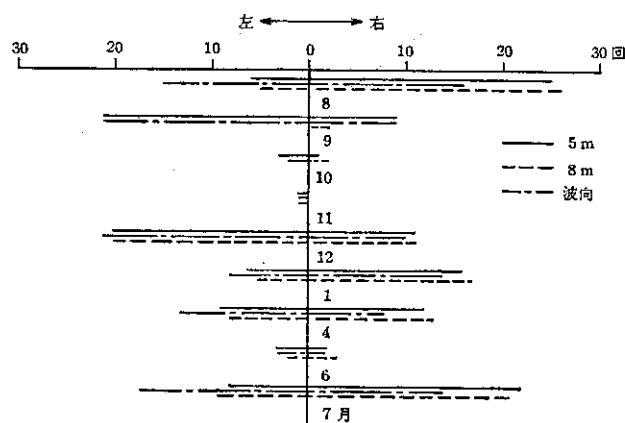


図-3.4 流向と波向の頻度¹⁰⁾

表-3.5 大津漁港異常波浪の波向頻度

波高 波向	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)
$H < 3\text{ m}$	18	13	11
$3 \leq H < 5$	17	23	5
$5 \leq H$	4	7	3
計	39	42	19

表-3.6 沿岸流の向き¹⁵⁾

(於十勝太 自 昭 40.10. 9)
至 昭 41. 2.29)

月	流 向	襟裳岬方向へ向かう流れ		釧路方向へ向かう流れ	
		岸 (300 m) (%)	沖 (600 m) (%)	岸 (300 m) (%)	沖 (600 m) (%)
40. 10		14.3	14.3	85.7	85.7
11		20.0	20.0	80.0	80.0
12		32.3	37.1	67.7	62.9
41. 1		14.5	14.5	85.5	85.5
2		28.6	28.6	71.4	71.4

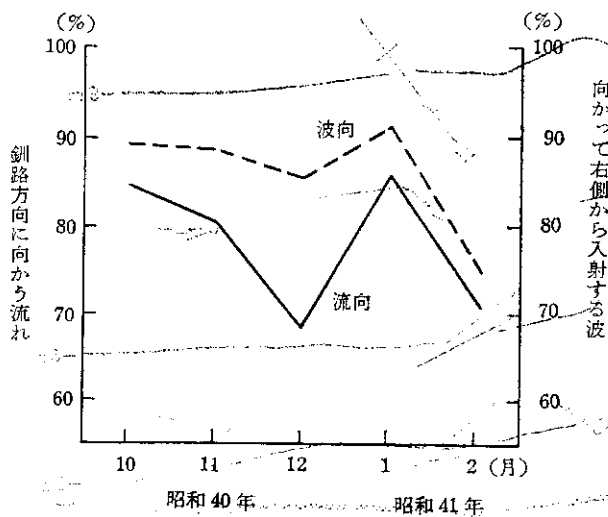


図-3.5 十勝太における波向と流向の関係¹⁵⁾

を中心に、汀線の季節変化、経年変化などを検討する。

(1) 汀線の月変化

図-4.2は、昭和45年10月から11月までの2ヵ月間の汀線変化を示したものである。顕著な前進・後退はないが、わずかの期間でもたえず汀線が変化していることがわかる。

(2) 汀線の季節変化1

図-4.3は、防波堤を着工した昭和45年の5月(春)と10月(秋)の汀線であるが、5月は起伏が激しく、10月はなだらかである。全体的にみると、防波堤の左右400 mくらいまでは前進・後退の変化がさほどないが、それ以外では春に比べて右側が前進し、左側が後退している。

(3) 汀線の季節変化2

図-4.4は、昭和47年10月(秋)と冬をはさんだ翌昭

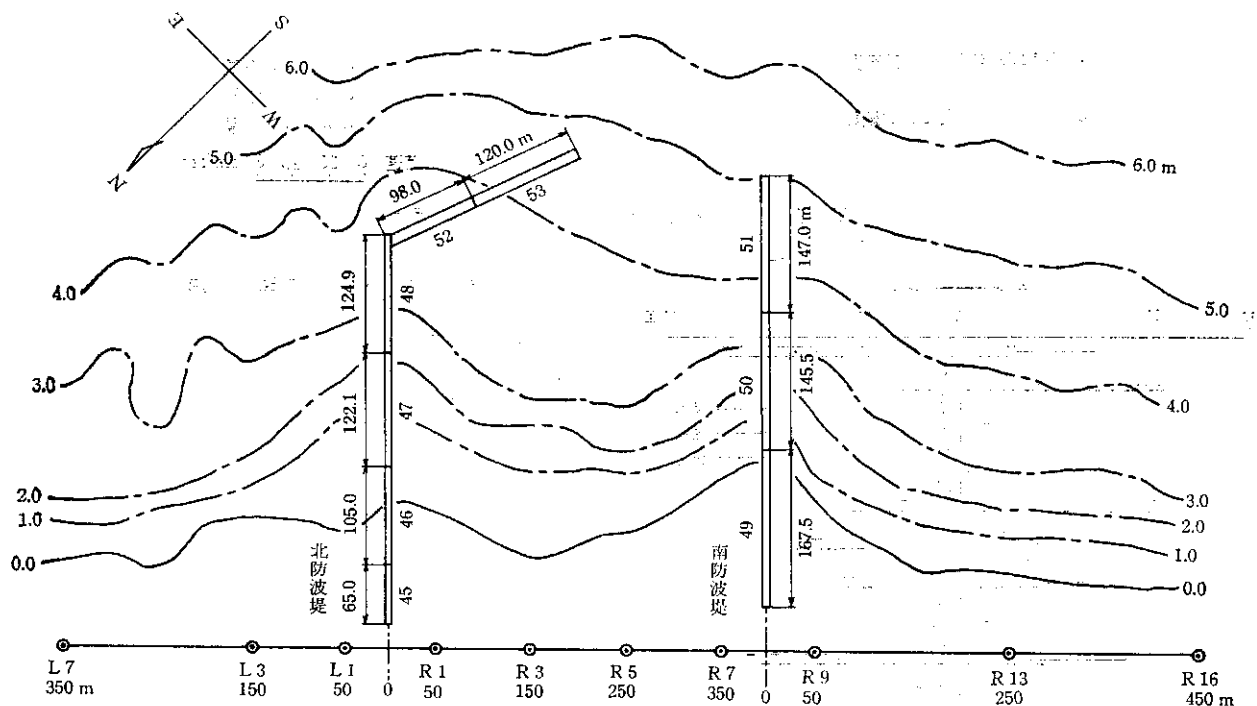


図-4.1 大津漁港の年度別進捗状況(深浅は昭和51年8月)

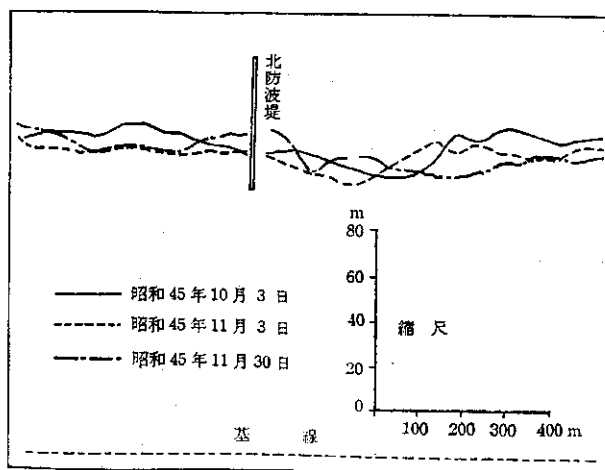


図-4.2 2ヵ月間の汀線変化

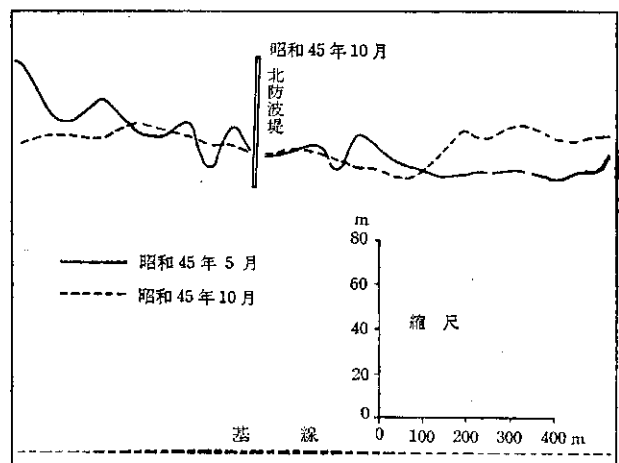


図-4.3 春と秋の汀線変化

和48年3月(春)の汀線を示したものであるが、防波堤の延長に伴って、防波堤沿いに汀線が前進しているのがわかる。図-4.3では、防波堤の右側400m以遠が春から秋にかけて前進していたが、本図では逆に秋から春にかけて後退している。

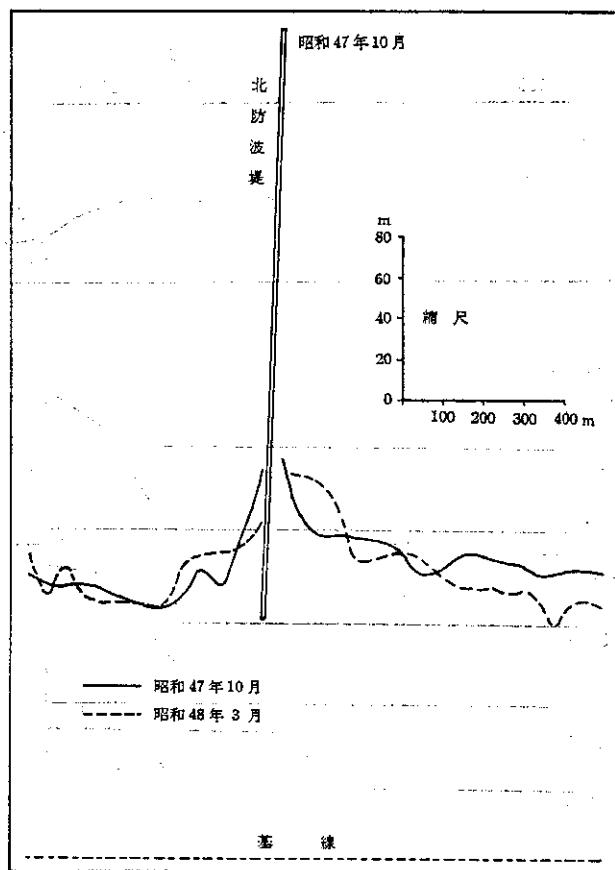


図-4.4 秋と春の汀線変化

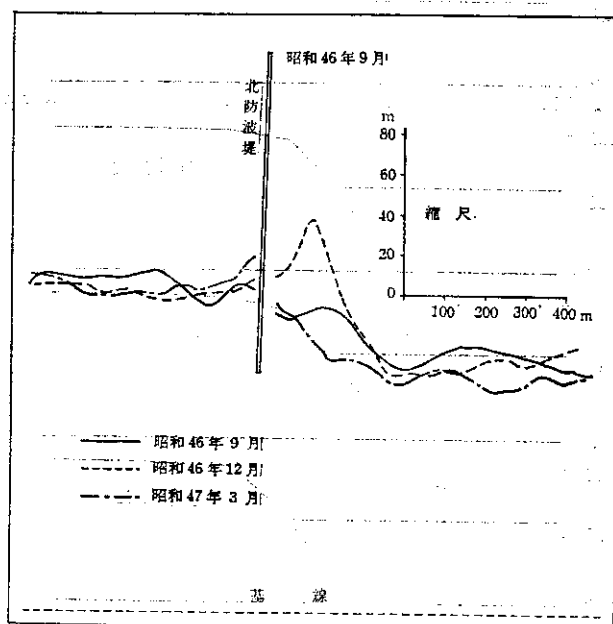


図-4.5 秋から春にかけての汀線変化

(4) 汀線の季節変化3

図-4.5は、昭和46年9月(秋)、同12月(冬)、昭和47年3月(春)の汀線を示したものである。防波堤の左側はこの期間顕著な変化はなく、200m以遠が秋から冬にかけて若干後退し、200mまではやや前進している。防波堤の右側は変化が著しく、300mまでは秋から冬にかけて前進し、冬から春にかけては秋の状態よりさらに後退している。300mから700mの間は、秋から春にかけてわずかではあるが後退する傾向がみられる。

(5) 汀線の季節変化4

図-4.6は、昭和47年3月(春)、8月(夏)、10月(秋)の汀線を示したもので、防波堤延長に伴う春から秋にかけての汀線変化をみたものである。春から夏にかけては、防波堤の左側200m、右側400mくらいまでは変化がなく、それ以遠は両側とも汀線が前進している。全体的にみて、春から夏にかけては防波堤延長が大きいにもかかわらず汀線の変化が少なく、一方、夏から秋にかけては防波堤延長が小さいにもかかわらず、右側は前進、左側は後退と汀線変化が著しい。なお、防波堤の右側400m以遠は、春から秋にかけて前進している。

(6) 汀線の経年変化1

図-4.7は、昭和45年10月、昭和46年9月、昭和47年10月の汀線を示して3年間の経年変化をみたもので

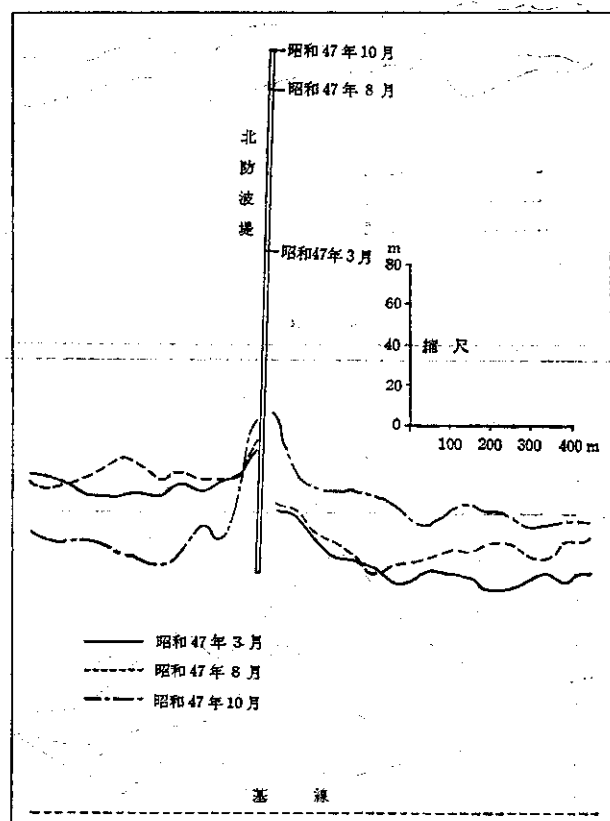


図-4.6 防波堤延長に伴う春から秋にかけての汀線変化

ある。この間、防波堤は図に示すように延長されている。防波堤の右側 300 m と左側 50 m は、防波堤の延長とともに前進しているが、それ以遠は右側が後退のあと前進、左側が前進のあと後退となっている。

(7) 汀線の経年変化 2

図-4.7 までは、南防着工前の汀線変化であるが、図-4.8 は南防着工後も含め、昭和 45 年 5 月、昭和 49 年 3 月、昭和 52 年 9 月と数年間の間隔をおいて経年変化をみたものである。昭和 49 年までは、北防波堤の左側 300 m、右側 700 m の間の汀線前進が著しい。南防着工

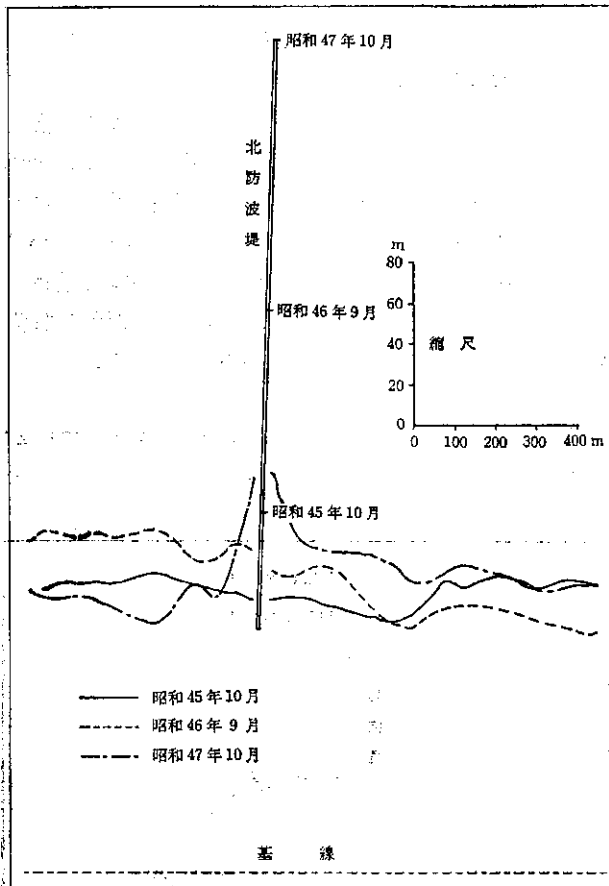


図-4.7 汀線の経年変化 (短期)

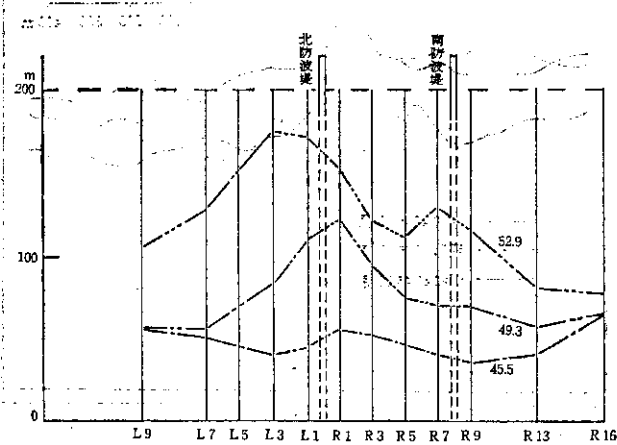


図-4.8 汀線の経年変化 (長期)

後昭和 52 年までは、汀線がさらに前進するとともにその範囲も広がっており、特に北防左側の汀線の前進が顕著である。

§2 汀線および海底砂の粒径分布¹²⁾

図-4.9 は、汀線における粒度試験を行った位置 7 カ所

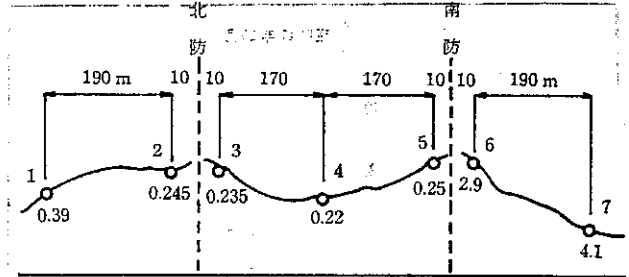


図-4.9 汀線の D_{50} (昭和 54 年 8 月 24 日採取)

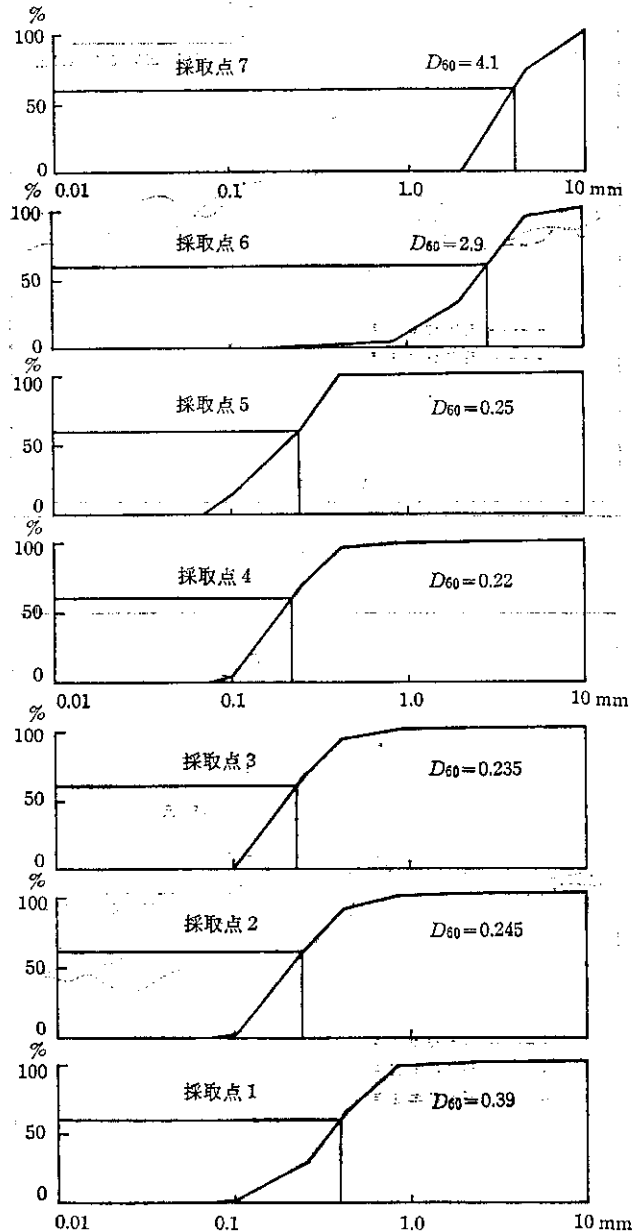


図-4.10 汀線の粒度分布

とそれぞれの位置における D_{60} を示したものである。南防の右側 (6, 7) は、北防の左側 (1, 2) および防波堤間 (3, 4, 5) に比べて粒径が粗く、北防の左側と防波堤間では、防波堤間の方がやや粒径が細かい。図-4.10 は、採取点 1~7 の粒径加積曲線を示したもので、写真-4.1 および写真-4.2 は、それぞれ採取点 2 および 6 付近で撮影したものである。



写真-4.1 採取点 2



写真-4.2 採取点 6

次に海底砂の分布を調べるために、 D_{60} の等値線を描いたのが図-4.11 である。 D_{60} は沖合に行くほど細くなる傾向がみられるが、防波堤間にも値の小さな区域がみられる。また、防波堤全体を覆うように $D_{60}=0.2\text{ mm}$ の等値線があり、北防の左側は沖合 600 m ほどを海岸線とほぼ並行に走っているのに対し、南防の右側は多少の出入りがあるが沖合 300 m くらいに近寄っている。

§3 螢光砂による砂移動の卓越方向

昭和 52 年 2 月 3 日に螢光砂が投入され、そのあと 2 月 9 日、2 月 19 日、3 月 6 日の 3 回にわたって海底砂の採取が行われた。それぞれの採取時までの風および波浪の状況と螢光砂の移動状態を表-4.1 にまとめて示す。

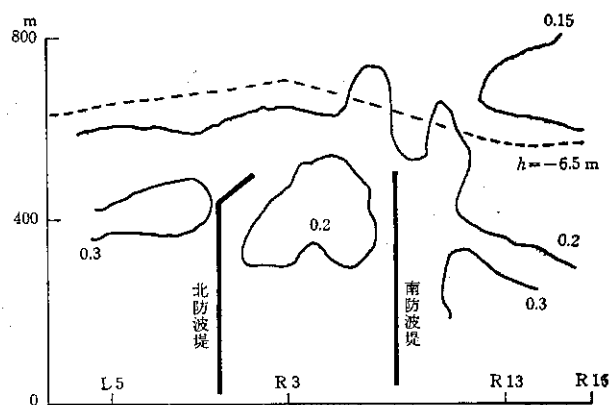


図-4.11 海底砂の粒径分布 (mm)

§4 堆積土量の経年変化¹⁾

昭和 45 年 5 月から昭和 52 年 9 月までの土量変化を 3 区域 (沖合 400 m まで、400 m~800 m、800 m 以遠) に分け、全土量変化とともに示したのが図-4.12 である。防波堤建設によると考えられる土量変化は、沖合 1000 m 余まで認められるが、800 m 以遠ではその変化量はわずかである。沖合 400 m くらいまでは、南北両防波堤に沿って逆 W 字形に土量が増加し、400~800 m の区域で

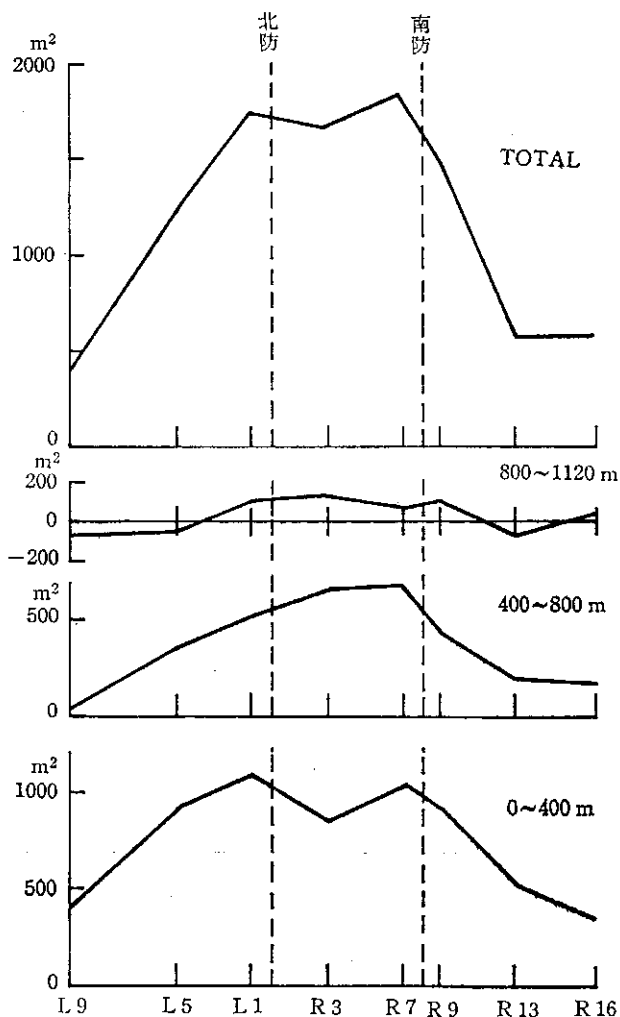
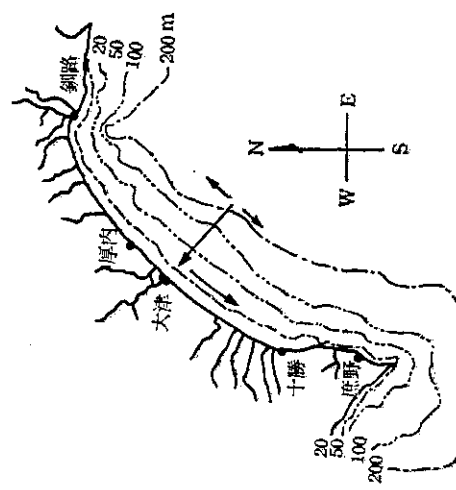
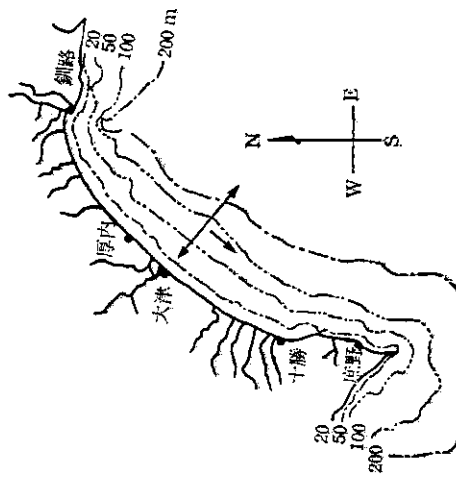
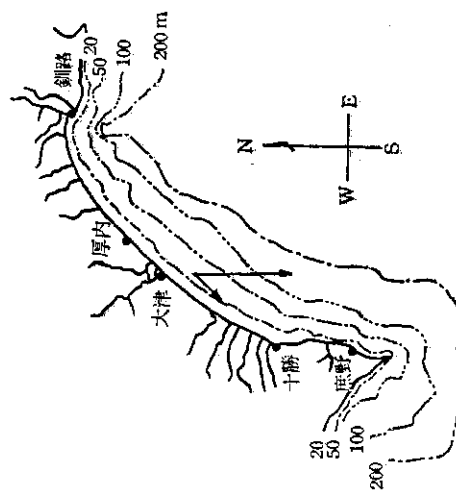


図-4.12 堆積土量 (m^2)

表-4.1 螢光砂投入による調査 (昭和52年2月3日投入)

	昭和52年2月9日採取	昭和52年2月19日採取	昭和52年3月6日採取
風	60%以上がNで、それ以外はNE~NWとすべて陸風。 風速は10 m/sec以下であった。	60%以上がNで、他にNNWが多かった。 風速は10 m/secで、Wの風に10~15 m/secの風速があった。	約半分がNで、次いでWやNNWが多い。 Wの風に風速10~15 m/secが観測されたこともあったが、他は10 m/sec以下。
波	波高は0.5 m以下が62%で、すべて1 m未満である。波向はSEが5日、ESEが1日、静穏1日であった。	全体の51%が波高1~2 mで、波向はSEが8日、SSEが2日であった。	波高0.5~1 mが59%、1~2 mが23%で2月25~28日、3月2~4日に1~2 mの波が来襲した。波向はSEが13日、SSEが1日、静穏1日であった。
砂の移動	主にS方向で、部分的にSW方向に移動している。	汀線に直角に陸沖間を移動し、それが襟裳岬側に移動している。	汀線に直角方向と襟裳岬側に移動している。沖合に移動した砂は、両側に広く分布する傾向を示した。



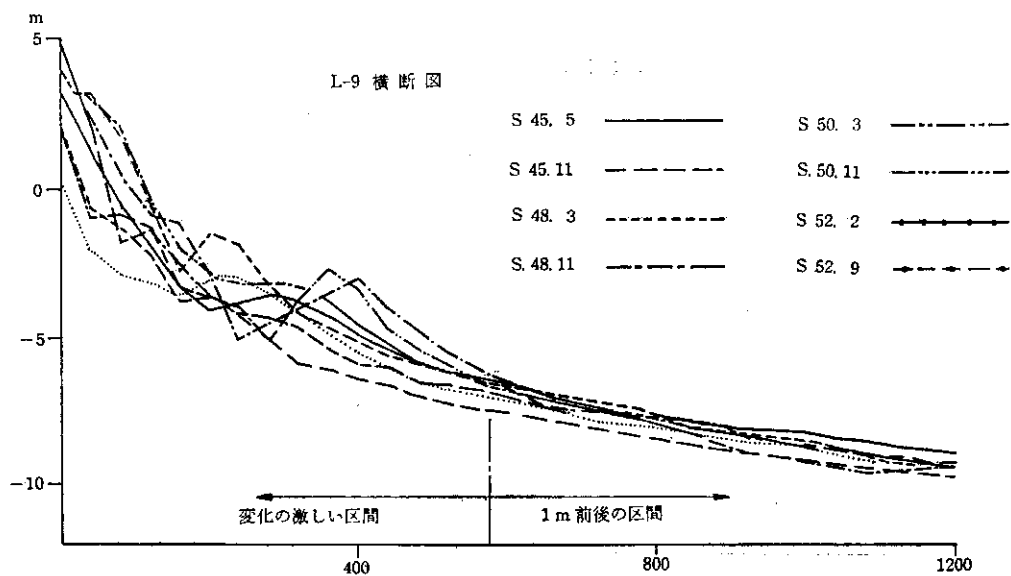


図-4.13 L-9 横断面

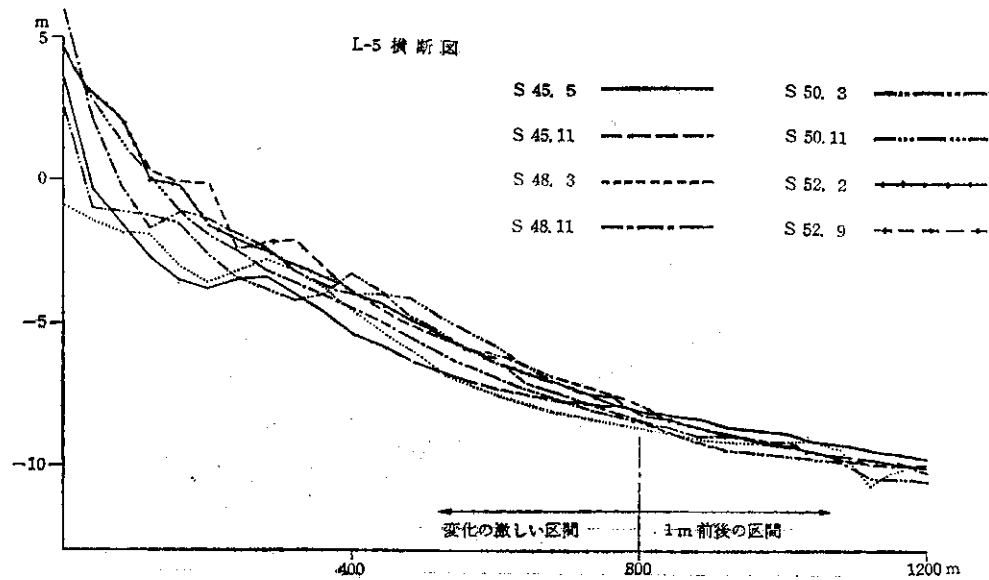


図-4.14 L-5 横断面

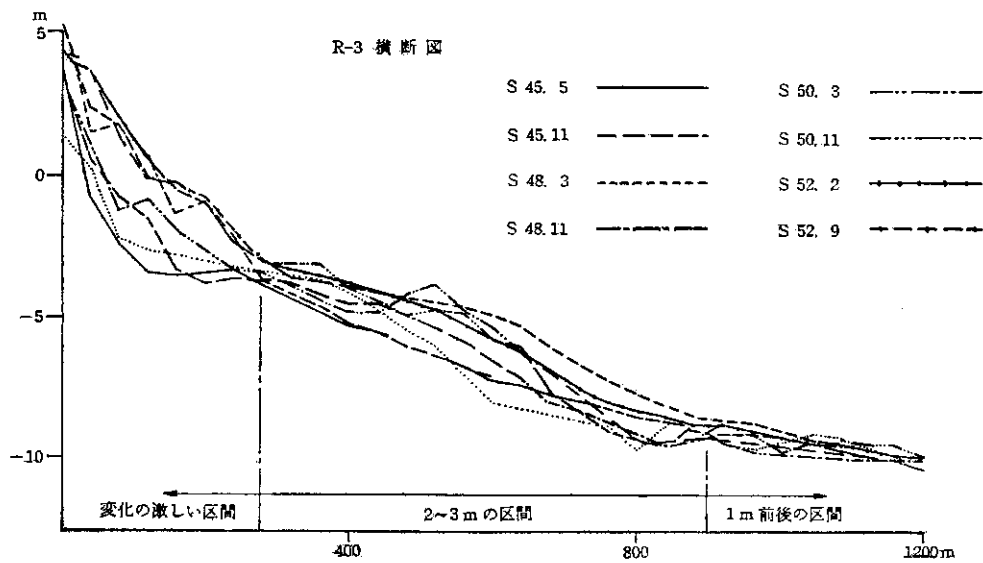


図-4.15 R-3 横断面

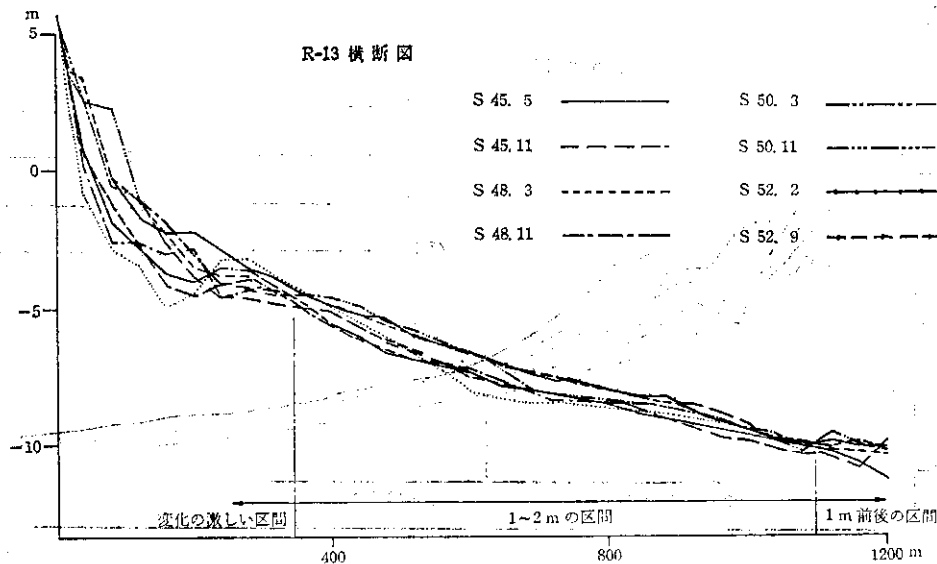


図-4.16 R-13 横断面

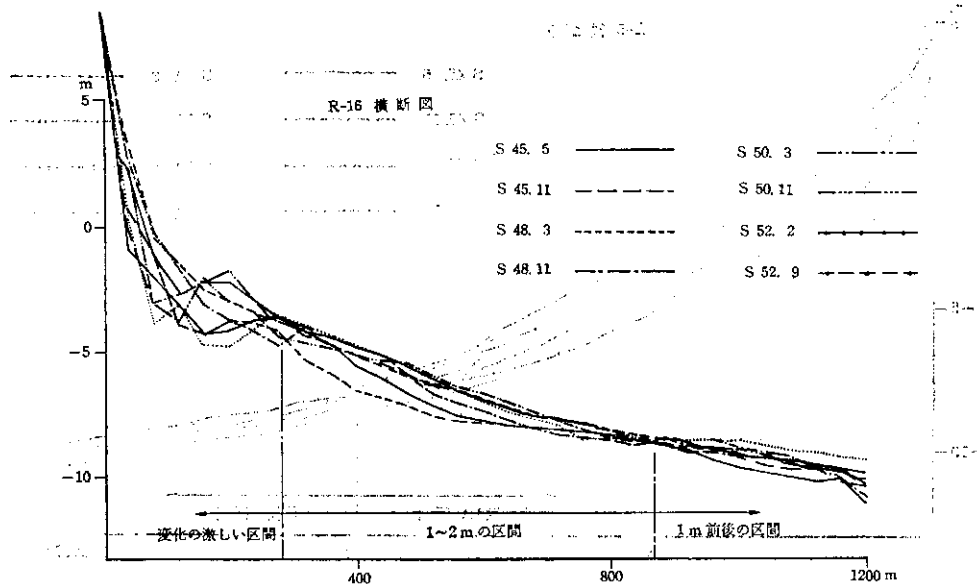


図-4.17 R-16 横断面

は、両防波堤全体を包むように半円状に増加している。全土量変化をみると、北防の左側の方が南防の右側より堆積量が多く、またその範囲も広がっている。

§5 海底地形の変化¹¹⁾

昭和45年から昭和52年までの等深線図を用いて、図-4.8に示すL9、L5、R3、R13、R16の各横断面図を描いたのが、図-4.13～図-4.17である。

(1) L9断面 (図-4.13 参照)

沖合200m (水深3~4m) くらいに水深変化の少ない点がみられるが、沖合600m (水深6~7m) までは全体的に変化が激しい。それ以遠になると水深変化幅は1m前後に落ちついている。

(2) L5断面 (図-4.14 参照)

沖合700~800mまでは水深変化が2~3m以上と大

きく、それを越えるとL9断面と同様1m前後の変化幅に落ちついている。

(3) R3断面 (図-4.15 参照)

沖合300m (水深4m) と沖合900m (水深9m) に水深変化の小さな点があり、沖合300mまでの変化の激しい区間、300~900mまでの変化が2~3mの区間、900m以遠の変化が1m前後で落ちつく区間のそれぞれの節目となっている。

(4) R13断面 (図-4.16 参照)

R3断面と同様の節目が、沖合350m (水深5m) と沖合1100m (水深10m) ほどにあり、変化幅としてはR3断面より小さい。

(5) R16断面 (図-4.17 参照)

R3断面と同様の節目が、沖合300m (水深4m) と沖

合 850 m (水深 8 m) に存在する。

以上の 5 断面から判断すると、北防の左側の方は南防の右側より水深変化の激しい区間が沖合に伸びており、それに続いて水深変化が 1 m 前後のなだらかな区間になっている。これに対し南防の右側は、沖合 300~400 m (水深 4~5 m) と沖合 800~1100 m (水深 8~10 m) に変化の小さな節目があり、変化の激しい区間も沖合 300~400 m くらいまでである。

§ 6 波浪による海底砂の移動限界水深⁷⁾

波浪による海底砂の移動限界水深は、
表層移動限界水深に対して

用いて行い、流下土砂量のおおよその目安を得た。

全流砂量 (q_T) は、浮遊砂量 (q_s) と掃流砂量 (q_B) の和で表わされ、Einstein の公式では浮遊砂量は、

$$i_s q_s = i_b q_b (P_1 I_1 + I_2) \quad (5-1)$$

ここに、

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= 2.303 \log_{10} \left\{ \frac{30.2 x}{(d_{65}/h)} \right\} \\ I_1 &= 0.216 \frac{(a/h)^{z-1}}{\{1-(a/h)\}^z} \\ &\quad \int_{a/h}^1 \left\{ \frac{1-(z/h)}{z/h} \right\}^z d \left(\frac{z}{h} \right) \end{aligned} \right\}$$

表-4.2 砂の移動限界水深 (m)

	90% 未超過確率波高				99.5% 未超過確率波高			
	$D=0.2 \text{ mm}$		$D=0.15 \text{ mm}$		$D=0.2 \text{ mm}$		$D=0.15 \text{ mm}$	
	表層移動	完全移動	表層移動	完全移動	表層移動	完全移動	表層移動	完全移動
H_0	1.8 m				4.0 m			
T_0	6.5 sec.				7.5 sec.			
L_0	65.91 m				87.75 m			
H_0/L_0	0.0273				0.0456			
D/L_0	3.03×10^{-6}		2.28×10^{-6}		2.28×10^{-6}		1.71×10^{-6}	
h/L_0	0.13	0.065	0.14	0.07	0.22	0.14	0.24	0.15
h	8.6 m	4.3	9.2	4.6	19.3 m	12.3	21.1	13.2

$$\frac{H_0}{L_0} = 1.35 \left(\frac{d_s}{L_0} \right)^{\frac{1}{3}} \sin h \frac{2\pi h}{L} \cdot \left(\frac{H_0}{H} \right) \quad (4-1)$$

完全移動限界水深に対して

$$\frac{H_0}{L_0} = 2.4 \left(\frac{d_s}{L_0} \right)^{\frac{1}{3}} \sin h \frac{2\pi h}{L} \cdot \left(\frac{H_0}{H} \right) \quad (4-2)$$

で計算した。以上の式において、 H_0 , L_0 : 換算沖波の波高と波長, d_s : 平均粒径 ($=d_{50}$), h : 移動限界水深, H , L : 水深 h における波高と波長である。粒径については $d_{50}=0.2 \text{ mm}$ と 0.15 mm , 波高については 90% 未超過確率波と 99.5% 未超過確率波について計算を行い、その計算結果を表-4.2 にまとめている。

90% 未超過確率波では、表層移動限界水深が 8~10 m, 完全移動限界水深が 4~5 m となっており、これは本章 § 5 で述べた水深の変化が小さくなる沖合 300~400 m と沖合 800~1100 m にある節目の水深にはほぼ一致している。年に 1~2 度来襲する 99.5% 未超過確率波に対しては、表層移動で 19~21 m, 完全移動で 12~14 m の水深まで砂が動いていることになる。

第 5 章 十勝川の流下土砂量の計算

十勝川の流下土砂量の計算は、修正 Einstein 法¹³⁾ を

同じく掃流砂量は、

$$1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-0.141\phi_*-2}^{0.143\phi_*-2} e^{-t^2} dt = \frac{43.5\phi_*}{1+43.5\phi_*} \quad (5-3)$$

ここに、

$$\left. \begin{aligned} \phi_* &= q_B i_B / i_b \{ (\sigma/\rho - 1) g d^3 \}^{1/2}, \\ \psi_* &= \xi Y \{ (\beta^2/\beta_x^2) (\sigma/\rho - 1) g d / u_*^2 \}, \\ \beta/\beta_x &= (\log_{10} 10.6) / \{ \log_{10} 10.6 (Xx/d_{65}) \}, \\ &\quad \left\{ \begin{aligned} d_{65} u_* / (11.6 \nu x) &> 1.80 \text{ のとき} \\ X &= 0.77 d_{65} / x, \\ d_{65} u_* / (11.6 \nu x) &< 1.80 \text{ のとき} \\ X &= 1.39 (11.6 \nu / u_*). \end{aligned} \right. \end{aligned} \right\} \quad (5-4)$$

以上の式において

d : 砂礫の平均粒径

d_{65} : 粒度累加曲線において 65% に相当する粒径

i_B, i_b, i_s : 与えられた砂礫が河床砂, 掃流砂, 浮遊砂において占める割合

ξ, Y, X : Einstein の示した関数 (図化されている)

I_1, I_2 : Z をパラメータとした a/h の関数 (図化されている)

式 (5-1) と式 (5-3) から全流砂量は,

$$i_T q_T / u_* d = i_B (q_B / u_* d) (P_1 I_1 + I_2 + I_1) \quad (5-5)$$

で計算される。ここに I_T は、与えられた粒径範囲の砂礫が全流砂量において占める割合である。修正 Einstein 法では、式 (5-3) における ϕ_* の代わりに、

$$\left. \begin{aligned} d \geq 2.5 d_{35}: \phi_m &= 0.4 \left\{ \frac{1.65 d}{(RI)_m} \right\}, \\ d \leq 2.5 d_{35}: \phi_m &= \frac{1.65 d}{(RI)_m} \end{aligned} \right\} \quad (5-6)$$

で与えられる ϕ_m を用い、さらに ϕ_* を $\phi_m/2$ として計算する。

$(RI)_m$ は、

$$V/\sqrt{g(RI)_m} = 5.75 \log_{10} \left(12.27 \frac{xh}{d_{65}} \right) \quad (5-7)$$

を用いて求める。

計算に用いた十勝川の諸元¹⁶⁾ は以下のとおりである。河幅 830 m, 水深 7.5 m, 動粘性係数 0.01 cm²/sec, 河床勾配 5.2×10^{-4} , 水面勾配 2.49×10^{-4} , 平均的な高水流量春・秋 1300 m³/sec, 夏 1200 m³/sec, 計画高水流量 9400 m³/sec, 河床材料の比重 2.47, $D_{35} = 0.048$ cm, $D_{65} = 0.088$ cm。

以上の値を用いて計算した結果、掃流砂量 117 m³/hr, 浮遊砂量 197 m³/hr, 合計 314 m³/hr の流下土砂量となった。

第 6 章 大津漁港周辺の漂砂現象および港口に関する見解

以上、第 3 章から第 5 章まで、第 2 章で設定した解析項目について、その調査結果の概要を取りまとめた。この章では、これらの結果に基づいて大津漁港周辺の漂砂現象に関する考察を行い、最後に大津漁港の港口に対する見解を述べるものである。

漂砂の生起原因となる波浪について、常時は夏期が SE, 冬期が SSE の波向頻度が多く、異常時は SE および SSE の頻度が多い。沿岸の流れは波浪によく支配されていることから、波浪によって生じた漂砂は常時汀線に直角方向あるいは鉋路側に、異常時は汀線に直角方向あるいは襟裳岬側に運ばれると推定される。

北防波堤の建設に伴う汀線の変化をみると、防波堤沿いは左右両側とも汀線が前進しているが、左側は右側に比べて季節変化が少なく、また、右側 400 m 以遠は秋から春にかけて後退、春から秋にかけて前進している。南防波堤建設後は、汀線がさらに全体的に前進するとともにその範囲も広がり、特に北防波堤左側の前進が著しい。このことは堆積土量変化にも示されており、南北両防波堤全体を包むように土量が増えているが、やや北防波堤の左側の堆積の方が大きい。これらの結果および螢光砂の調査から、沿岸漂砂はやや襟裳岬側に移動しているが、主方向は汀線に直角方向と考えられる。

従来、河口の向きなどからこの海域の沿岸漂砂の卓越方向は一般的に鉋路向きと考えられており、また、流況観測の結果もそのことを示唆していたが、その結果として生ずるところの海岸線および海底の変化については、鉋路向きが卓越しているとの徴候を見いだすことができない。このことから、大津漁港周辺にあっては、頻度が少ないとはいえ、異常時の波浪エネルギーが常時のそれに匹敵しているものと考えられる。

表-6.1 は、各調査項目について沿岸漂砂の移動方向を判定して、鉋路側と襟裳岬側に分類したものである。これから総合的に判断して、大津漁港周辺の沿岸漂砂の向きは汀線に直角方向が卓越していると考えられる。

表-6.1 各項目から判定した漂砂の移動方向

項 目	漂 砂 の 移 動 方 向
等 深 線	どちらともいえない
河 口 の 向 き	鉋路向き
波 浪 (常 時)	汀線に直角方向から鉋路向き
波 浪 (異常時)	汀線に直角方向から襟裳岬向き
沿 岸 流	鉋路向き
汀 線 (短 期)	鉋路向き
汀 線 (長 期)	汀線に直角方向から襟裳岬向き
粒 径 分 布	どちらともいえない
螢 光 砂	汀線に直角方向から襟裳岬向き
堆 積 土 量	〃
海 底 地 形	〃

第 4 章 §5 によれば、沖合 300~400 m, 水深にして 4 m 前後までは海底変動が激しい。もし、漁港の開口部がこの水深以浅に存在するならば、たとえば節婦漁港のような巧妙な手段¹⁷⁾ を見いださない限り、埋没が避けられないことは容易に推量されよう。一方、海底がほぼ安定しているのは、沖合 900~1100 m (水深 8~10 m) であり、これは第 4 章 §4 における防波堤建設に伴う堆積

土量の増加がほとんど見られなくなる沖合 800~1100 m の区域に合致している。一般の港湾において、港口がともかくも安定しているのは 90% 未超過確率の波に対して、表層移動が生じない程度に港口水深を有していることが一応の目安となる¹⁴⁾。第 4 章 § 6 によれば、大津漁港におけるこの表層移動限界水深はほぼ 9 m と計算されており、これは上述の海底がほぼ安定している水深 8~10 m に相当する値である。もっとも年に 1~2 度来襲する波について完全移動限界水深を求めると 12~13 m となるので、海底の砂ははるか沖合まで動いていることになる。しかしながら、港口水深を 8~10 m にとれば、港内の埋没はそれほど生じないと考えられる。

港口の向きについては、港口を釧路側に向けると北防波堤の左側に堆積した土砂が異常時の波浪によってまきあげられ、港内に流入する恐れがある。逆に港口を襟裳岬側に向けても常時の波浪によって港内への漂砂流入が考えられる。また、港内の静穏度の観点からみても、常時の波浪の方向に開口しているのは望ましくないであろう。

したがって、以上から大津漁港の港口の位置および向きは、表層移動限界水深に深に、汀線に直角に向けるのが漂砂による埋没および港内の静穏度の観点からみて妥当と思われる。

なお、十勝川の流下土砂量は、おおその目安として 300 m³/hr ほどの値であるが、これは計画高水量に対する値であり、大津漁港が河口から 3 km 離れていることを考えあわせると、漂砂の移動方向を問わずそれほど危険するにあたらなないと考えられる。

あ と が き

第 6 章でも触れたが、従来、漂砂問題の解析にあたっては、河口の向きおよび比較的静穏時の流況調査が重要視されていた。しかしながら、本研究にあたり多数の調査結果を整理・解析したところ、従来の手法のみで単純に判断することは現象を見誤る恐れがあり、異常時の波浪も含めて総合的に評価すべきであることがわかった。また、波浪推定にあたって係数 $a \sim k$ が、第 3 章 § 1 に述べた手順でさほど無理な操作をしないで求め得たことで、従来偏向があるといわれていた波浪目視観測が十分に信頼できるものであることがわかった。

大津漁港着工以来、継続的に実施されてきた漂砂に関する調査成果をふまえて、大津漁港周辺の漂砂解析およ

び大津漁港の港口に対する見解を示すことができたのは大きな喜びであり、調査に従事された関係各位に対し紙面を借りて謝意を表する。

なお、本研究は北海道開発局農業水産部水産課の依頼により、実施した調査報告書に加筆したものであることをお断りしておく。

引用文献及び参考文献

- ① 港湾研究室；大津漁港の漂砂に関する水理模型実験（その 1）。昭和 47 年度北海道漁港施設調査報告書第 19 号，昭和 48 年 3 月。
- 2) 北海道土木部港湾実験室；昭和 48 年度港湾実験室年報第 2 号，昭和 49 年 12 月。
- 3) 北海道土木部港湾実験室；昭和 49 年度港湾実験室年報第 3 号，昭和 50 年 12 月。
- 4) 北海道土木部港湾実験室；昭和 50 年度港湾実験室年報第 4 号，昭和 51 年 5 月。
- 5) 北海道土木部港湾実験室；昭和 52 年度港湾実験室年報第 6 号，昭和 53 年 6 月。
- 6) 鴻上雄三，得永道彦，松井弘夫；北海道における漂砂問題とその対策について。土木試験所月報第 233 号，1972 年 10 月。
- 7) 佐藤昭二，合田良実；海岸・港湾。わかり易い土木構座，彰国社刊（第 1 版第 7 刷）。
- 8) 北海道開発局港湾建設課，同農業水産部水産課；北海道沿岸波浪推定マニュアル，昭和 53 年 3 月。
- 9) 北海道開発局農業水産部水産課；大津漁港漂砂調査報告書，昭和 38 年度北海道漁港施設調査報告書第 10 号，昭和 39 年 3 月。
- 10) 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，昭和 40 年 3 月。
- 11) 帯広開発建設部十勝建設事業所；大津漁港漂砂流調査業務報告書，昭和 53 年 3 月。
- ⑫ 帯広開発建設部十勝建設事務所；大津漁港粒度試験業務報告書，1979 年 9 月。
- 13) 土木学会編；水理公式集（昭和 38 年版）。
- 14) 佐藤昭二，庄司忠夫，田中則男；仙台湾沿岸の漂砂について。第 13 回海岸工学講演会講演集，1966 年。
- 15) 十勝太調査班（尾崎 晃ほか）；十勝太簡易船入潤築設に関する調査報告書，昭和 41 年 3 月。
- 16) 帯広開発建設部；十勝川の概要，昭和 43 年 9 月。
- 17) 尾崎 晃；漂砂による小港湾埋没防止策に関する一考察。第 19 回海岸工学講演会講演集，1972 年。