湾奥部の海岸浸食に関する研究

著者	佐藤 昭二,入江 功,堀江 毅
雑誌名	防災科学技術総合研究報告
号	28
ページ	87-112
発行年	1972-02-15
URL	http://id.nii.ac.jp/1625/00002654/

627.26:551.3:551.468(521.42)

湾奥部の海岸浸食に関する研究

佐藤昭二·入江 功·堀江 毅 港湾技術研究所

Study on Coastal Erosion of Inner Bay By

Shoji Sato, Isao Irie and Takeshi Horie

Port and Harbour Research Institute, Yokosuka

Abstract

Toyama Bay is generally known as one of the most eroded coasts in Japan. In order to clarify the characteristics of erosion in this area and to offer some countermeasures for preventing coastal erosion, field observations and model experiments were conducted.

Some of the results are given in the present paper, such as those from the observations of longshore current by floats and of longshore drift by fluorescent tracers, topographic survey, sediment analysis, scour measuring nearshore, and model experiments both in fixed and movable beds. Through this study, the characteristics of coastal erosion in Toyama Bay were found to be well associated with the irregular distributions of waves and longshore currents due to topographical complexities. Further, it is postulated that groynes, jetties, offshore breakwaters, and other coastal structures are to work successfully to maintain coastal area or diminish beach erosion in this area.

1.		は	し	が	á	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.		٠.	٠.	٠.	٠.				8	7
2.		海	岸	泛	食	VC	関	す	る	現	地	調	查	٠.		٠.	٠.			٠	٠.	8	8
	2.	. 1		漂	砂	Ø	動	態	譋	査		٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.				8	8
		(1)		漂	砂	Ø	供	給	源	お	ļ	Ü	卓	越	方	向		٠.			٠.	8	8
		(2)		流	況	お	ŗ	Ų	螢	光	砂	移	動		٠.	٠.	٠.				٠.	9	8
	2.	. 2		海	底	地	形	Ø	長	期	的	な	変	ſŁ		٠.	٠.	٠.		•	٠.	9	6
	2.	3		代	表	的	な	場	所	で	Ø	海	底	地	形	変	14	C	4	寺	性		
										٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.			٠.	9	9
		(1)		海	底	断	面	形	状	Ø	変	14	٠.	٠.	٠.	٠.						9	9
		(2)		海	底	土	量	0	変	14			٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.		•		9	9
		(3)		海	底	地	形	変	動	量	ح	水	深	ځ	Ø	関	倸	. • •	•		• •;	10	1
	2.	4		荒	天	時	Ø	漂	砂	観	測	٠.		٠.	٠.	٠.	٠.	٠.				LO	2

B

次

							•	•															
			(1)		冼	掘	環	K	Ţ	る	最	大	冼	掘	1	0	調	查	٠.		•	٠1	02
			(2)		俏	波	用	異	形	ブ	п	ッ	1	Ø	冼	下	٠.	٠.	٠.	٠.		٠1	03
			(3)		漂	砂	観	測	狭	鬒	Ø	開	発		٠.		٠.	٠.	٠.	٠.		. 1	04
1	В.		浸	食	機	構	M	関	重	る	模	型	実	験	٠.		٠.	٠.	٠.	٠.	•	٠1	04
		3.	. 1		実	験	Ø		的	٠.	٠,	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	•	٠1	04
		3.	2		実	験	施	設	お	ļ	Œ	夹	験	条	件	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.		٠1	04
		3.	. 3		固	定	床	K	お	け	る	波	Ø	収	束	発	散	Ł	沿	岸	拼	Ĺ	
										٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	• •	٠.	٠.	٠.		.1	0 5
		8.	4		移	動	床	M	お	け	る	底	質	移	動	の	実	験	٠.	٠.		٠1	08
4	Ŀ.		湾	奥	部	Ø	海	岸	浸	食	機	構		٠.	٠.	٠.	٠.			٠.	•	٠1	10
Ę	5.		結			論	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.	٠.		٠.	٠.	٠.	٠.	٠.		٠1	11

1. はしがき

富山湾の海岸浸食機構を解明し、今後の海岸浸食防止工事の改善に質するため、昭和43年度を初年度とする3ヶ年計画で、関係各研究機関協力のもとに総合的調査研究が実施された。本報告はとくに富山湾の湾奥部砂浜海岸での海岸道程の長期的、あるいは季節的な動向をは握するために漂

砂に関する現地調査観測を行ない、さらに同海岸の浸食機構を明らかにし浸食対策工法についての 指針を得るため漂砂模型実験を行なった結果をと りまとめたものである。現地調査のうち、富山湾 のマクロ的な海岸性状を知るために行なった海岸 踏査と鉱物分析の結果、および現地調査の方法、1) 観測器械については一部中間報告に述べておいた。 本報告では、まず、海岸製食に関する現地調査結果について述べ、つぎに、浸食機構、および浸食対策工法に関する模型実験結果に言及し、最後に現地調査および模型実験結果にもとずいて、湾奥部砂浜海岸の浸食機構について、総合的な考察を加えた。

2. 海岸浸食に関する現地調査

2.1 溧砂の動態調査

梅岸浸食は、海浜に対する底質の供給、損失の非平衡によって生ずる比較的長期にわたる現象である。したがって、長期的にみたときの沿岸漂砂の方向、河川流出土砂の沿岸方向の影響範囲を考える上にきわめて重要でるとは、浸食対策を考える上にきわめて重要がである。本節では、まず海岸路査および底質分析により得られた長期的な漂砂移動特性についてべる。つぎに、漂流桿による荒天時の流況調査、登光砂移動調査にもとずいて、外力と缥砂移動について2、8の検討を加える。

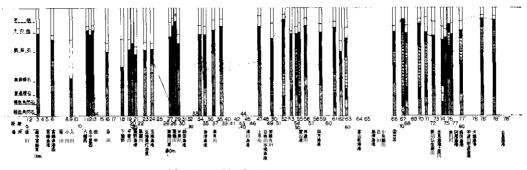
(1) 漂砂の供給源および卓越方向

海岸性状をマクロ的にとらえるため、昭和44年3月24日~29日および昭和44年10月27日~11月1日の2回にわたって、境川から姿海岸に至る総延長90 kmの海岸踏査を行ない、図1に示す①~図の地点の前浜から底質を採取した、そのうち、第1回目の海岸踏査かよび底質分析にもとずいた海岸性状については中間報告に発表した。 び底質分析の結果を前回の結果と比較対照しつつ、総合的に、海岸性状とくに漂砂の供給源かよびその卓越方向について検討する。

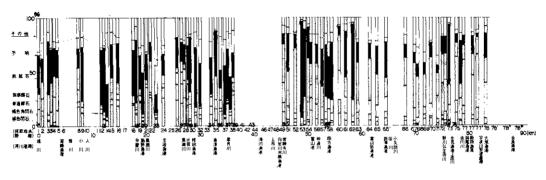
第1回目の海岸踏査の時期,すなわち昭和44年3月の底質特性は,冬期風浪の影響を強くうけまた第2回目の時期,すなわち昭和44年10月~11月の底質特性は,夏期の比較的静穏な海沢の影響が強く出ているものと思われる。したがのであることにより,夏期を推定があることにより,夏期を推定するととは対することに対するととは対するととは対するととは対するができるであろう。底質が動物を推定シンでを用いて重鉱物を抽出し、そのいて、粒径域が0.088~0.177 mm のものについて元がが近端であるのにより鉱物分析した結果を,第1回,になる。これらの図から、第2図の方が第1回にたて全体的に鉄鉱石の含有率が高いのが目立つ。そ

の理由は, 明らかではないが, 分離液として, 第 1回は四臭化エタン(比重2.95). 第2回はブ ロモホルム (比重2.85)を用いたことによるの かも知れない。 実際上、完全に鉄鉱石のみを抽出 するのは困難で顕微鏡下で黒くて不透明なものを すべて鉄鉱石として整理した。 重鉱物のうち、比 重が比較的等しい4鉱物、すなわち緑色角せん石 (比重3.0~3.3), かつ色角せん石(比重3.0 ~3.3), 普通輝石(比重3.2~3.6), しそ輝 石(比重 $8.3 \sim 8.5$)のみに対しての組成を、第 1回, 第2回の底質採取分について比較したのが 図3である。鉄鉱石の含有率は、第1回と第2回 ではかなり異ったが、比重の近い4鉱物でみる限 り、図3のように両者の間で、傾向がほど一致し ている. 図において, 常願寺川付近を境にして, 東側では褐色角せん石,緑色角せん石の含有率が 高いのに反し、西側ではしそ輝石、普通輝石の含 有率が比較的高い、 海浜砂から抽出した重鉱物の **うち、粒径域が等しく、比重もほゞ等しい鉱物を** 対象にしているわけであるから, 波による局所的 なフィル分け作用のためにこのような4鉱物組成 の相異が生じたとは考えられない。むしろ、常願 寺川付近を境にした鉱物組成のちがいは, 底質の 供給源の相異によるものと考えられる。 富山湾に は、大小無数の河川が流出しており、これらが富 山海岸の底質の主要供給源であることはいうまで もない。そこでとれら河川から排出された土砂が、 海岸に沿ってどの範囲まで及んでいるかを調べて みる. 第2回目の海岸踏査のとき, 富山湾に流出 する主要河川の流域の数ケ所から底質を採取した が, この試料を用いて, 海浜砂の場合と同様にフ ルイ分け、重鉱物分析、鉱物分析を行ない、比重 粒径域の互いに等しい4鉱物の組成比率を得た。 もし, 方地点の海浜砂中の4鉱物の組成比率が, n番目の河川流域の4鉱物の組成比率に近いとす れば、その海浜砂は多分にπ番目の河川の排出土 砂の影響を受けたものと考えられるであろう。海 浜と河川流域との4鉱物組成比率の相似性の指標 としては、鉱物組成の関係数を用いるのが最も簡 単であろう、ことで、4鉱物に番号:を付す、す なわち、しそ輝石(i=1), 普通輝石(i=2), 褐色角せん石(i=3), 緑色角せん石(i=4) とする. さらに、 /番目(j=1~78) の海浜砂 採取地点の鉱物iの組成率をPijとする。また。 n番目の河川(本回はn=1~9)流域の鉱物 i

図1 富山湾の地形および底質採取位置



i) 第1回採取分



(2) 第 2 回採取分

図2 重鉱物の鉱物組成

の組成率をRinとする。ここで、 $\sum_{i=1}^{2}Pij=1$ $\sum_{i=1}^{2}Rin=1$ である。j 地点の海浜砂中の鉱物組成率 $Pij\sim Pij$ と、n 番目の河川流域底質中の鉱物組成率 $Rin\sim Rin$ との相関係数をCinとすれば

$$C_{j,n} = \frac{(P_{i,n} - \overline{P}_{i,n}) - (R_{i,n} - \overline{R}_{i,n})}{\sqrt{(P_{i,n} - \overline{P}_{i,n})^2 - (R_{i,n} - \overline{R}_{i,n})^2}} (1)$$

と計算される.

ただし、バーは、iについての平均を意味する。また、n番目の河川と、m番目の河川との底質中の4鉱物組成の相関係数を C_{mn} とすれば

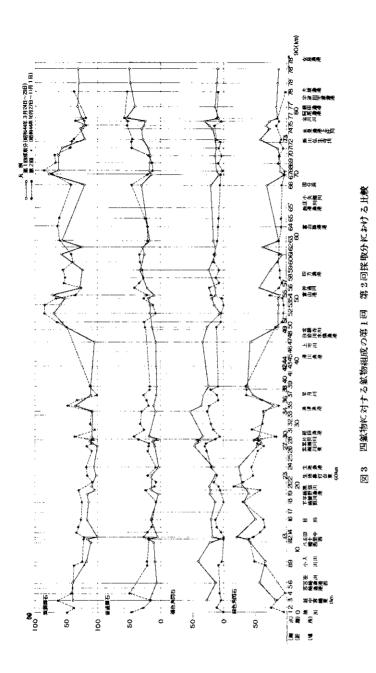
$$C_{mn} = \frac{\overline{(R_{im} - \overline{R}_{im}) (R_{in} - \overline{R}_{in})}}{\overline{(R_{im} - \overline{R}_{im})^{2} (R_{in} - \overline{R}_{in})^{2}}} (2)$$

が得られる。

計算結果を各河川別に図示すると、図4のよう になる。図で、折れ線で示してあるのは、 であり、棒グラフで示してあるが C_{mn} である、m=n のときは、 $C_{mn}=1$ であるが、このときは、 \mathbb{R} い棒グラフで示してある。この図からつぎのととが明らかになる。

- a) 上市川以東に流出する河川成質の鉱物組成 は見いに非常に似ているが、湾奥部へ流出 する自岩川~庄川のそれとは完全に性質を 異にしている。
- b) 東部の上市川~小川に至る河川排出土砂が, 白岩川を越えて西方へ供給される量は少な
- c) 白岩川以西の湾奥部の海浜砂は、白岩川以 西の河川や海崖から供給されたものである。

以上のような事実は、重鉱物から放出される自然放射能の測定結果からも裏付けられる。海浜や河川底質の重鉱物中には、自然の放射性物質トリウム (282 Th、半減期= 1.39×10^{10} 年)、ウラニウム (288 U、半減期= 4.51×10^{9} 年)等が、含まれており、それらが弱いガンマ線を放出している。それらの含有量が、河川によって異なる場合は、



海浜砂中の重鉱物の自然放射能強度を測定してその海岸に沿う変化を調べ、河川流域の重鉱物の放射能強度と比較すれば漂砂の供給源についてある程度明らかにすることができる。 測定は、重鉱物試料を入れたカブセルを45×5 cm のNaIウェルタイプシンチレーターの中に入れ、デイスクリレベルを、0.2 MeV として、それ以上の全

ガンマ線強度を,カウンタ 一で計測した。計測時間は、 2 4 時間とし、全計数から、 バックグラウンドを差引い たものを,単位時間,単位 重鉱物重さ(1グラム)あ たりの計数率に換算した. 図5に示す通りである。図 で,折線は海浜,棒グラフ は河川の自然放射能強度を 示す。 自然放射能の強度は, 上市川以東においては、海 浜。河川ともに高く, また 白岩川以西ではそれらが低 くなっており、漂砂の供給 機構が, そとを境にしては っきりわかれていることが わかる。以上のように、上 市川~白岩川で底質組成の 特性が異なる理由は、図6 の地質図をみれば明らかに なる, 上市川以東の黒部, 片貝, 早月川の上流域には 花岡岩類が露出しているが、 白岩川以西の常願寺,神通, 庄川流域にはそれらは露出 しておらず、安山岩特のみ が主として露出している. 花岡岩類は、角せん石類を 多く含み, また自然放射性 物質を多く含むが、安山岩 類は、輝石類が多く、自然 放射性物質の含有率も少な い. このことが, 図4, 5 におけるような自岩, 上市 川の東西部における河川流 域、海浜底質組成に相異を もたらしたのであろうが、

海岸性状が、一つの地点を境にしてこれほど急激に変化するのは常願寺川前面の洋谷の存在かよび常願寺川の流砂量が、上市川に比して非常に大きいためであろう、富山湾は、その湾口がNNEの方向に向かって開いているため、波の卓越方向から判断される沿岸漂砂の方向は、すべて、富山港〜富山新港を中心として、その両側から寄せて米

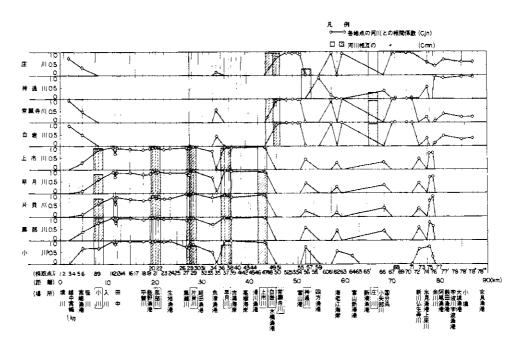


図4 河川と海浜との底質の鉱物組成の相関図

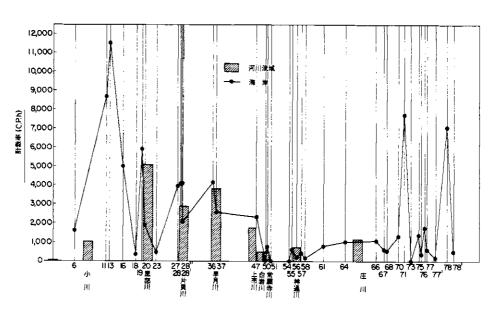


図5 河川流域および海浜における底質の自然放射能強度の分布

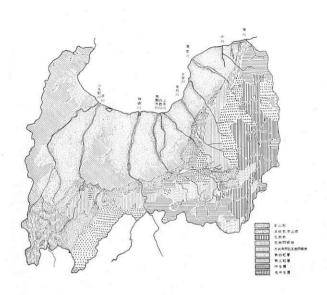


図6 富山県地質図

ることになる。図1によれば、海岸線の方向は、 上市, 白岩川を境にして急に変わっている。また, 河口砂川や,大陸棚の発達も,この付近を境にし て異っており東側が西側に比べてはるかに貧弱で ある。前浜付近の底質粒径もまた, この付近を境 にして, 西側は砂であるのに比べ東側は玉石, 砂 利より 2)成る。上市川, 白岩川以東の海岸では, 深海域が海岸にせまっているので作用する波のエ ネルギーも大きい。そのため, 沿岸漂砂の卓越方 向は南向きであっても, 途中で沖向きへ損失する 砂の量が多くなり、沿岸漂砂のうちで砂の量自体 は次第に減少して,上市川付近ではほとんどなく なってしまうのではないであろうか、それ以西の 湾奥部では,大陸棚,砂川の発達状況から見て, 洋谷が岸にせまっている所以外は沖向きの漂砂よ りも沿岸方向の漂砂が卓越しているものと思われ, 富山新港~庄川付近を中立域として, それ以西の 海岸では東向き,以東の海岸では西向きの卓越沿 岸漂砂があるものと思われる. ²⁾富山新港に建設 された突堤周辺の深浅測量が昭和34年10月 24日から昭和35年3月17日までの一冬の間 行なわれたが4), それによると, 突堤の西側が堆 積し, 東側が浸食された。富山新港~庄川附近で は, 庄川からの排出土砂が多かった時期にそれら からの排出土砂が,波による東からの沿岸漂砂よ り卓越していたのであろう。 このことは、上述鉱

物分析の結果から、この付近の底質鉱物組成が庄川と密接な相関があることから推定される。しかし、 庄川からの排出土砂が減少した今日においては、この部分は、わづかながら西向の波による漂砂が卓越していると考えてよいであろう。

(2) 流況および螢光砂移動

前節では底質特性,富山湾沿岸の地質等,主として地学的観点から,富山湾の長期的な漂砂動態を推定した。しかし,漂砂は,波運はれ等の外力によって底質が運ばれる現象であるから,その動態をさらに明確にするには,外力によるらに明確にするには,外力による必要がある。そのため,富山高の湾奥部,すなわち東岩瀬から国分までの海岸で,発射型漂流桿,ボ

ールフロート, 染料(ローダミンB)を用いた流 況調査, さらに螢光砂を用いた底質移動調査を実 1)漂砂の外力としての流れは,波による 沿岸流,風による吹送流,潮流等よりなるが, こ れらは非定常である. したがって, 湾奥部全城の 標砂特性をは握するには,流況調査,螢光砂調査 を,全域同時に実施することが望ましい。今回は, 染料を用いた流況調査においてこれを実施したが, 他の調査については,実行上不可能であった。そ こで、漂砂が激しいと思われる冬期の荒天時を選 び、できるだけ数多くの調査を行い、それらを総 合して漂砂の実態をは握することにした。 図7は 昭和44年3月から昭和46年3月にかけての冬 期に実施された流況および螢光砂調査の結果を総 合的に示したものである。 図中最上段は、昭和 45年11月16日に湾奥全域に対して一斉に実 施した染料による流況調査結果, 中二段はそれぞ れボールフロート, 流況桿による流況調査結果, 下段はてい線に投入された螢光砂分布の重心置位の 移動を示したものである。 これを見ると流況, 螢 光砂移動ともに、同じ地域であっても観測時によ って変動していることがわかる. ボールフロート 染料はてい線に投入されたものであるのでその流 向は主として波による沿岸流によるものと思われ る. したがって、観測時によって流向が変動して いるのは、その時の波向きの相異によるものであ

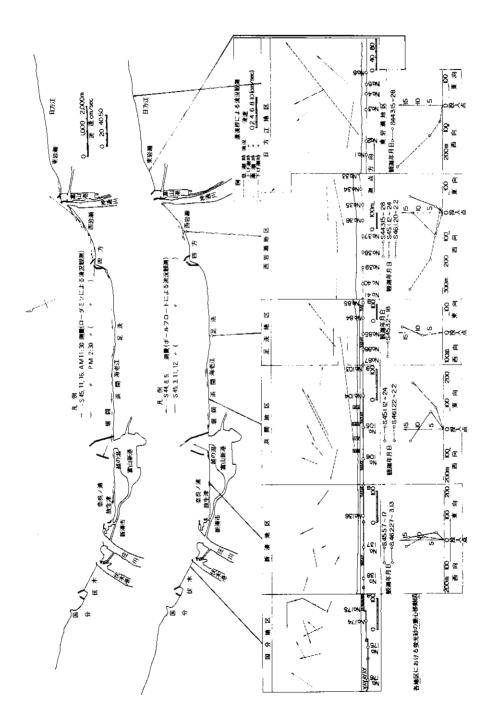
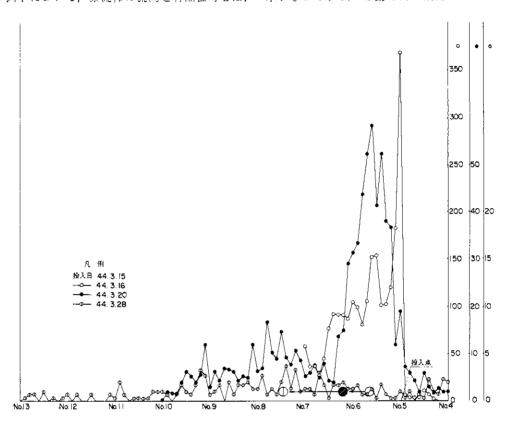


図7 硫份 螢光砂移動

ろう、一方、漂流桿による流況はてい線より100 m近くの流れであるので、波による沿岸流である

かなり相関があるようである.ٰ 盤光砂は,1週間 から10日後に採取されたので、その重心移動方 とともに、潮流の影響を受けているものと思われ 向は、その間のてい線標砂の集積的な移動方向を る。図7において、漂流桿の流向と各潮位時とは、 示すものである。 移動方向が観測時により異るの



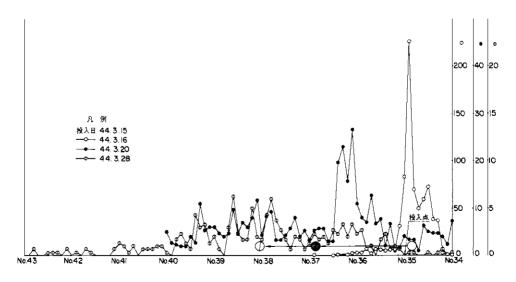


図8 西岩瀬。東岩瀬における螢光砂分布の変化

は、その間の卓越波向きが、各観測時に異ったことによるものである。図7から、各地域の票砂動態の概要を述べるとつぎのようである。

東岩瀬

潮流としては,沖向きの成分が卓越しているが, 沿岸漂砂は明らかに西向きが卓越している。

西岩瀬

潮流,沿岸流ともに西向きが圧倒的であるが,てい線漂砂は、西向きと同時に、多少東向きなることもある。

足洗

潮流, てい線漂砂ともに東向きの成分が強い, しかし, ここも, 東岩瀬, 西岩瀬の沿岸流が西 向きのときは西向きとなる.

浜開

ことは、富山新港東防波堤による波の反射の影響により、沿岸流、てい線漂砂ともに卓越方向が明確でない。

新奏

潮流は、上潮時には東向きとなるが、てい線漂砂の方向は西向きが卓越している。

国分

海底地形が複雑な形をしているため、潮流の流 向も各潮位時により複雑に変化する。

以上のように、流況および螢光砂調査はデーターが少ないため、確定的なことはいえないが、外力に対応した漂砂の動態について概要的なことは明らかにすることができたようである。 螢光砂の移動に対しては、螢光砂分布の重心位置の移動を追跡したが、螢光砂自体は、波により沿岸方向へ広動田に拡散する。 図8は、西岩瀬、東岩瀬に投入された螢光砂の沿岸方向への拡散の様子をかに沿岸方向へ広がっているのがわかる。

2.2 海底地形の長期的な変化

海象は、季節的、時間的に常に変化しているので、海底地形もまた、それに応じて常に変動している。海岸浸食に関して問題となるのは、このような毎年の季節的、時間的な変動をくり返しながら、結局徐々に海底が浸食されていく場合である。その浸食速度を知るには、対象海域の深浅測量である。富山湾の湾奥部については、富山県により、昭和37年12月から昭和45年3月まで、およそ7回にわたり、広域の深浅測量が行われて来た。

その範囲は、東岩瀬から国分浜までで、湾奥部の 海浜をほとんど包含する。そこで、これらの形をほとんど包含する。各地点の平均的な海底の 食速度を用いて、各地点の平均的な海底の 食速度を、最大により水の、陸上のの測量 法は、まず沿岸方向200 m 毎に、陸上のの測量 施力の各等深線までの距離を別った。 の基準線から各等深線が対して、が出土と えば、7枚の番号を付し、最初の調量をは、1~7までの番号を付し、最初の期間をk・ t_k と一 も、番目の深浅別上で、。 番目の即離を また、、を番目の深浅図にです。 。 番目の即離を また、、を番目の深浅図上で、。 。 番目の また、、を番目の深浅図上で、。 。 本部の また、、を番目の深浅図上で、。 なる。 また、を本語ので、 な式より単位期間(1ヶ月) とする。そして、次式より単位期間(1ヶ月) りのXi)の変化率 4Xi)を求める。

$$\Delta X_{ij} = \frac{N \sum_{k=1}^{N} x_{ij} k \cdot t_k - \left(\sum_{k=1}^{N} x_{ij} k\right) \left(\sum_{k=1}^{N} t_k k\right)}{N \sum_{k=1}^{N} t_k^2 - \left(\sum_{k=1}^{N} t_k k\right)^2}$$
(3)

ここにN=7, $j=1\sim10$ mとした。この(3)式は,Xの1に対する回帰係数である。 i 番目の測線上基線より(-j) mまでの等深線が,長期的に岸へ近づいていれば、 $\Delta X_{ij}<0$ であり,長期的に岸へへ移動していれば, $\Delta X_{ij}>0$ である。海底の変動量は,等深級の水平移動より,水深の変化で表わした方が便利なので,海底こう配を利用して ΔX_{ij} を次のように水深変化 Δh_{ij} に換算した。次式で $2/(X_i,j+1-X_i,j-1)$ は海底こう配を示す。

$$\Delta_{hij} = \frac{2 \Delta X_{ij}}{X_{i,j+1} - X_{i,j-1}} \tag{4}$$

とのようにして、富山湾湾奥部の長期的な海底地形変動を求めると、図9のようになる。図で斜線の領域が浸食領域を示し、等高線の数学は、1年当りの水深の平均変化速度を(cm)単位で示してある。この図から次のことがわかる。

東岩瀬浜

No.1~No.7の区間は堆積領域となっているが,その少し西側,すなわちNo.8~No.12の区間では,水深-6m 付近を中心に著るしい浸食を示している。また富山港東防波堤のすぐ東側付近では,堆積がみられる。

富山港(神奈川河口~四方漁港)

神通川河口からNo. 29 までの区間は,一般に

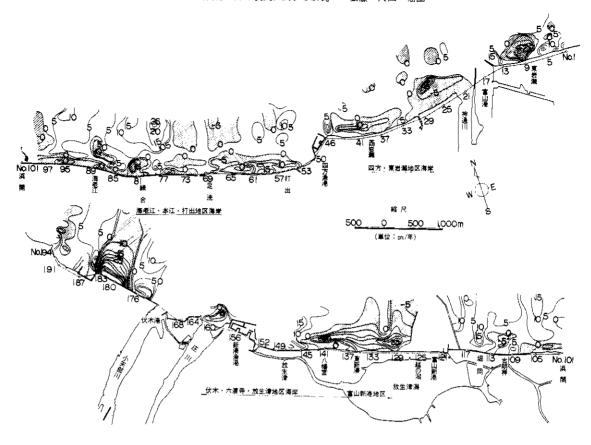


図9 湾奥部海岸の浸食堆積図

受食性を示し、とくにNa. 26 沖水深-6m 付近の浸食が著しい。この付近は、神奈川河口神の浅瀬の一部に相当するので、この浸食は、神通川排出土砂量の減少によるものかも知れない。Na.80~Na.85の区間は、むしろ堆積性を示しているが、その両側のNo. 86~Na.45の区間は、水深-5 m地域を中心に浸食している。また、東岩瀬の場合と同様、四方漁港東防波堤の東側は、著るしい堆積を示している。総じてこの区域では、てい線付近の浸食はあまり著るしくないが、沖側-5 m 付近の浸食が顕著である。

○打出~富山新港

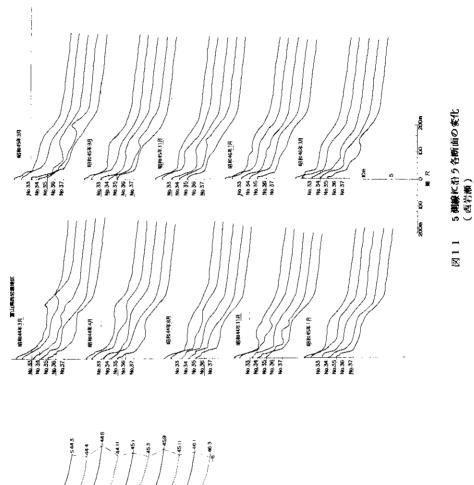
No.58~No.68 までの区間では、てい線から-6m までの間の浸食が著るしい。それから西のNo.80 までは、それ程題著ではない。しかし、練合付近のNo.81~83 付近には、とくに水深-5m の区域を中心とした顕著な浸食領域がある。海老江付近のNo.85 からNo.98 までは、-3m

以後における設食領域が細長く続いているが,浜開付近に至ると,てい線付近はむしろ 8 堆積気味となる。ここから富山新港東防波堤までは,No. 110 神の水深ー5m 地点を中心とした小規模な設食領域をのぞけば,全体的に堆積気味である。総じて,この区域ではとくにNo.77 以西の沖浜部において堆積気味であるのが特徴的である。

• 富山新港以西

全体的に浸食性が強いのが目立つ. とくに, 富山新港西防波堤からNo.187に至る水深-6m 以 浅の領域, 八幡宮の沖の水深-4m 付近, 庄川河口三角川の浸食性が著るしい.

以上のように、8年間の深浅図を統計処理してみると、長期的浸食堆積領域の分布がかなりはっきりみてくる。このような施底浸食の分布は、多くの洋谷を随所に有する富山湾特有の複雑な海底地形、海底及び港湾構造物の建設、河川の排出土砂量の減小等に起因するものと思われるが、これ



40 80 120 160 200 240 280 320 360 X(m) (Ne-35-97) 8 3 (No.173-177) 44 90 (20 60 200 340 X(m) +453 0 8000 120 160 200 240 280 X(m) 021 0 154-ت: 0 = 44 4448 7 \$8.44.3 ..44 451 453 459 (No.33-57) d 8 ş. 0 T N M 4 N O 000 4 w a - 0 + a b a b a b o 0 <u>E</u> Ē ٥ ٥ ٥ 0

平均断面の変化

0 M らについては後に考察のところで検討する。

2.3 代表的な場所での海底地形変化の特性

前節までに述べた海底地形の長期的な変動に加えて、さらに季節的な海底地形の変動性をとらえるには、1年間にできるだけ多くの回数、深浅測量を行う必要がある。との目的のため、富山海岸湾奥部のうち、代表的地点を4点、すなわちに海東部の方を選び、各地点に於いて、治岸方向に100 m おきに5 測線、沖方向に1500 m までの測量範囲を設定し、年間に4回の割合で昭和44年8月から昭和46年3月なの2年あまりの間測量を実施し、合計10枚の深浅図を得た。とこでは、それによる解析結果について述べる。

(1) 海底断面形状の変化

各地区の海底断面を5 測線に対して平均し、これを測量期間順に並べると、図10 のようになる。図中には断面変化を明瞭に見るために、各平均断面におけるてい線、-2m、-4m、-6m 点を結ぶ線を示してある。この図からつぎのことがわかる。

- (a) 西岩瀬, 新湊においては, -4 m, -6 m 線が次第に岸に近ずいているのに対し, 国分では その傾向が小さく, 海老江ではほとんど変化がない。
- (b) 西岩瀬、新湊において、一4m、一6m線が岸に近づくのは、11月から翌年の8月、すなわち、冬期において著るしく、4~9月の春、夏期にかけてはむしろ岸から遠ざかる傾向にある。
- (c) てい線の後退は、西岩瀬において顕著である。
- (d) -2 m線の季節的変動がはげしいが, これは沿岸砂州の変形に関係しているものと思われる.

以上は,5測線に対して平均した海底断面地形の季節的な変動特性であるが,平均化する前の5測線に沿う海底断面地形の変化を西岩瀬浜の場合に対して示すと,図11のようになる。同じ時期においても,各測線に沿う断面は,互に性質が少しずつ違っている。しかし,全体的には,やはり夏期には沿岸砂川の規模が小さく,冬期には規模の大きい砂州が発達しているといえる。

また4地区におけるてい線あるいは水深-1 m 線の長期的に見た前進,後退の様子は,図12 に示すとおりである。これによると。西岩瀬,梅老江では,ここ数年後退の一途をたどっているのがわかる。一方,国分の-1 m線はほとんど変化が

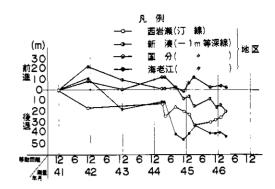


図12 てい泉-1m線の前進。後退

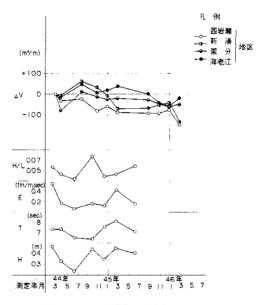


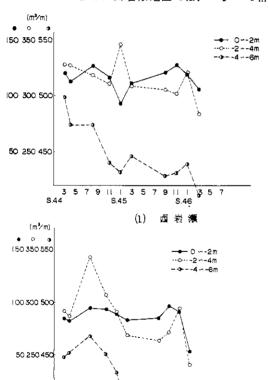
図13 一6m以浅の土量変化

なく、また新湊の一1m線は、昭和44年頃までは変化がなかったが、その頃から現在に至るまで 急速に後退しはじめている。

(2) 海底土量の変化

海底地形の変化をさらに定量的にみるには,海底の土量変化を調べる必要がある。図18は,4地区での深浅測量結果から,水深一6m以浅,沿岸方向に幅1m当りの海底土量の変化を,昭和44年8月における土量を基準に示したものである。また図中には,ある深浅測量期日からつぎの深浅測量期日までの間の波浪特性(波高升m,周期Tec,波の単位時間当りのエネルギーをton・m・sec,波形こう配升/L)の平均値も示しておいた。なお,この場合の波は富山新港沖の水深

-11mの地点にて観測されたものである。図 13によれば各地区とも。季節的変動をくり返し ながら, 次第に浸食されていく傾向にあるが, と れは, 西岩瀬, 新湊において特に著るしく, 国分, 梅老江ではそれほど顕著ではない。 浸食は、波形 は、波形とう配はさほど大きくないが波のエネル ギーが非常に大きい1~3月の冬期、および波の エネルギーはさほど大きくはないが波形とう配が 大きな秋期において顕著に生じており、波形とう 配も波のエネルギーも小さい春期から夏期にかけ ては一般に堆積的傾向にあることがわかる。 この 海底土量変化を、図14に示すように3つの水深 域に分け、各水深域の土量変化として表わすと、 図15(1), (2), (3), (4), のようになる、これより、 梅老江、国分では、各水深域とも季節的土量変化 はあるにしても長期的変動は少ないようである. 一方, 西岩瀬, 新湊では, 長期的浸食がみられる が, その各水深域に対する変化は、両地区で互い に異るようである。西岩瀬地区では、-4~-6m



(8)

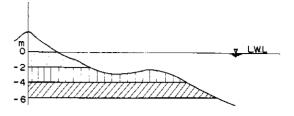


図14 水深域の区分

の間が最も浸食がはげしく、一2~一4m がこれに次き、0~2mの浅水領域の浸食はそれ程顕著ではない、また、一2~一4m、一4~一6mの水深域における浸食は、冬期の波高とともに、深期~秋期にかけても著るしく進んでいる。水深の上4m~一6mの浸食がはげしいことは、深りの広域の長期的浸食分布でも見られた。新湊地区がは、一2~一4m、一4~一6mにおける浸食のでは、一2~一4m、一4~一6mにおける浸食のでがよって、また両水深域における土量の変化の様子もよく似ている。ここの場合は、冬期、富油がから浸入してくる液高。周期ともに大きな液が

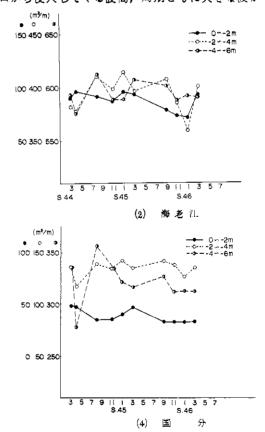


図15 各水深域の土量変化

浸食に大きく寄与しているようである.

以上、2年間の詳細な深浅測量結果から、海底 土量の変化を求め、波浪特性に関連させて検引 たが、その様子は、4地区にかなり異ももで をが、その様子は、4地区にかなり異ともが、 をくに、西岩瀬では、冬期のるで海ととがが を助から秋期にかけての風浪によるしてに 夏期から秋期にかけての風浪によるしいで を放っており、またこの浸食は一4~一6mの水 でできない状態にあることは重大である。またく でできない状態にあるととは重大である。またく ででは一6m以浅の浸食対策に対して十分考慮す べき問題であるり、

(3) 海底地形変動量と水深との関係 突堤や離岸堤等の海岸保全施設を海浜に設置す

る場合、構造物脚部の洗掘とともに海底地盤が季節を通じてどの程度変動するかを考慮して、それらの根入れを決定せればならない。海底地形を測引を知るには、荒天時における海底地形を地側を動幅を知るには、荒天時における海底地形を短し、1つの地域では大きがであるが、という。1つの大きがに対して深地地であるが、ははである。その地点での年間を通じての最大海底地形を加量に近い値である。そとで、まかれば、で動量に近い値であるはずである。そとで、地で変動量がある。その地点における平均水深に対対る深浅測量結果を用い、この海底地形である。その地点における平均水深に対対ると、図16(1)、(2)、(3)、(4)、のよてブロットすると、図16(1)、(2)、(3)、(4)、のよ

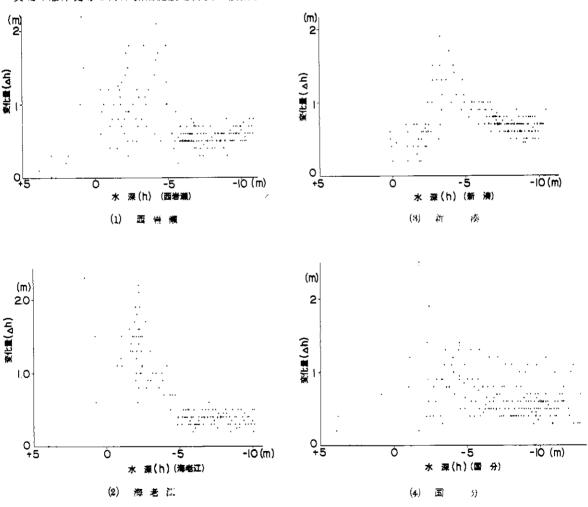


図16 海底地形変動量との関係

うになる。図から,海底の変動幅は,西岩瀬,無老江,新湊地区では水深-3m付近で最も大きくほぼ2mであり,水深-5m以深では,1mより小さいことがわかる。国分では,水深-3~—10mにかけてほぼー様に1.2mほど変動しているが、これは国分地区の特殊な海底地形によるものと思われる。

2.4 荒天時の漂砂観測

富山海岸には、浸食を防止するために前面に消波プロックを置いた海岸堤防がいたる所に設置してあり、その背後に接近して民家が密集している場合も多い。したがってもし荒天時における前面海底の洗掘により、それらが沈下倒壊し、浸食防止、越波防止等の機能が失なわれることがあれば、

きわめて重大といわねばならない。そとで、海岸 堤防前面の消波プロックの沈下量、前面海底の最 大洗掘量を、それぞれ水準測量および洗掘環によ り調べてみた。また、荒天時における漂砂現象を 観測するのを目的として、施底地形の変動を連続 的に観測する超音波式洗堀計、波浪流と浮遊砂濃 度を観測する超音波漂砂計を試作し、現地に設置 した。ここでは、これらの調査観測により得られ た成果について成果について述べる。

(1) 洗掘環による最大洗掘量の調査

調査は、昭和44年12月から昭和45年8月 にかけて、海老江(No. 91, 93, 95)、新湊海 岸(No. 187, 139, 142, 145) および国分 浜(No. 173, 175, 177) において行なわれ



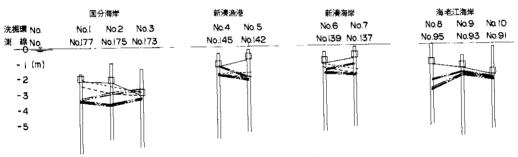


図17 洗掘環の洗掘沈下(場所別)

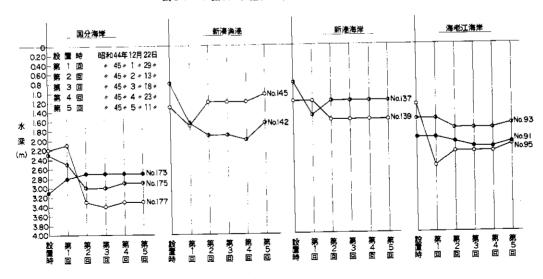


図18 洗掘環沈下の時間的変化

た. 設置水深は、海岸堤防前面の水深-2~3m の地点である。調査結果を場所別に示すと図17 のようになる。場所的な相異はあるが、いずれの 場合も, 最大洗掘量は 1.5 m 程度 に達している。 洗掘環の沈下を時間的変化として示すと図18の ようになる。図のように、洗掘環の沈下は、設置 時(昭和44年12月22日)から第2回測量 (昭和45年2月18日)まででほとんど決まっ ており、その後の沈下は非常に少なくなっている。 すなわち、洗掘環がもはや洗下しなくなった位置 での洗掘環下部までの水深が、調査期間(昭和 44年12月から昭和45年8月まで)における 最大洗掘深を与えるものである。 これらの結果を, その外力たる波浪特性と関連ずけることができれ ば、海岸保全施設を設計する上に非常に有用であ る. 調査したケースが少ないので、これを一般化 した形で表わすのは困難である。しかし、もし、 ある初期水深の地点に対し(初期水深の範囲は -1 m ~ -3 m まで)。 ある波高の波が未襲した とき海底洗掘量はどれくらいかを求めるのであれ ば, これはつぎのようにして求めることができる。 いま、洗掘環の鉛直位置を調べた結果、前回の測 量月日の位置からある量だけ沈下していたとすれ ば、前回からその時までの間の最大波高が、少な くともその水深まで海底地盤を洗掘させるに十分 な大きさであったはずである。遂に、その間で洗 掘環の沈下がなかったとすれば, その間に生じた 最大波高は、洗掘環の位置まで海底地盤を洗掘さ せる波高より小さいものであったはずである。そ とで富山新港沖-llm での有義波高,洗 環の 設置時の水深および, 各測量時の洗掘環の下面水

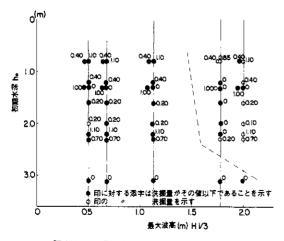


図19 初期水深、波高、最大洗掘量の関係

深との関係を図19に示す。図で白丸は、前回の 測量時よりも洗掘環が沈下した場合で、添字は初 期水深からの洗掘環の下面位置を表わし、明らか にその量だけ洗掘されたととを示す。また、黒丸 は、前回の測量時と比較して、洗掘環が沈下した かった場合で、添字は、洗掘量がその値以下であ ったたとを示すものである。この図は、初期水深 が1~8mの範囲では沖波の波高が1.5~2.0m 程度のとき、海底は、初期設置水深から比べて最 大1.1m程度は洗掘されるととを示す。

(2) 消波用異形プロックの洗下

海岸堤防前面の消波プロックの沈下が著るしい場合には、越波防止機能を低下させる恐れが生ずる。今回は、足洗から国分に至る消波用異形プロックの沈下量を、昭和44年8月から昭和46年8月までの2ヶ年にわたり測定した。図20に示すように、消波用異形プロック上に3測定点をマークし、そこの沈下量を水準測量により求めた。

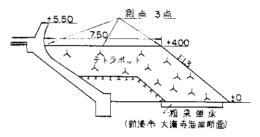


図20 異形プロック調査観測図

全体的にはほとんど沈下が認められない。沈下が特に見られたのは、役食のはげしい新湊海岸 (No.129,135) および国分海岸 (No.180)であった。これらの3ケースについて、沈下速度をブロットすると、図21のようになる。いずれの場合も、一番沖側の測点が最も大きく沈下して

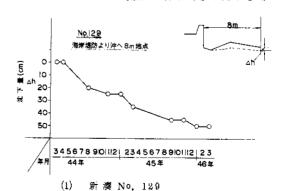
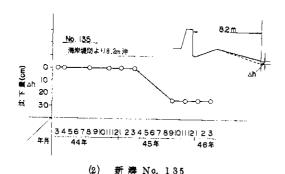
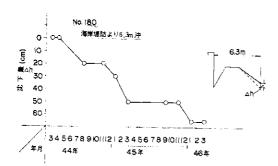


図21.1 異形プロックの沈下速度





(3) 国分 No. 180 図 2 1.2 異形プロックの枕下速度

いる. 新楼のNo.135の場合は,一度沈下したあとは安定状態に達しているようであるが,回じ新 楼のNo.129,国分のNo.180では,まだ沈下が 続くように思われる.

(3) 漂砂観測装置の開発

荒天時の沿岸漂砂量, および海底地形の変動を 観測するため, 超音波式漂砂計, 超音波式洗掘計 を試作し、西岩瀬浜沖約100 mの位置に設置し、 観測を行なった、これらの装置の原理、構造につ いては, 中間報告で述べた 1). 観測は, 昭和 4 4 年11月から12月にかけての2ヶ月間行なわれ た。超音波式漂砂計は、浮遊砂の濃度と移動速度 を同時に測定することにより崇砂量を観測できる 仕組みになっていたが, このうち, 浮遊砂濃度の 測定は,送受波器に貝類が多数付着したため,安 定した測定ができなかった。しかし、流れの観測 は成効し, これと波浪特性, 海底地形変化に関連 して、いくつかの解析をおとなった。超音波式洗 掘計は、比較的安定した観測ができたが、荒天時 の浮遊物による影響が, 多少問題となった。使用 した超音波周波数は、100 kHzと400 kHzの2 種 類であったが、100 kHzの方が400 kHzより浮遊

物の影響をうけやすかった. もしそれが浮遊砂に よるものであれば、周波数が高い方が影響をうけ やすいはずであるから、これは他の原因、たとと ば砕波時に水中に巻きこまれる気泡によるもいにまる。 一般では、通常周波数が大きいな 気泡に対して安定である。超音波周波数がある。 大きくなると、浮遊砂の影響をうけやすくを で、結局、砕波帯で使用する超音波式洗堀計当の 波数は、500 kHzから1 MHz の範囲が適当は ないかと思われる。本装置による荒天時のの事 が変動の特性について、いくつかの重要な事が 形を動の特性について、いくつかの重要な事が によるたい、紙数に制限を といるととができたが、紙数に制限を という。 という。 といるととができたが、紙数に制限が は、交献を参照されたい。 5),6)

3. 湾奥部の漂砂に関する模型実験 3.1 実験の目的

これまでにおとなわれた現地観測や海岸踏査の 結果、沿岸標砂は鶯奥部に向って移動していると とがわかった。それにもかかわらず付近の海岸は 所に浸食, 欠壊箇所が現われている。 これは富 山湾特有の海底地形によるところが大と考えられ る. 神通川河口, 四方および庄川河口付近に迫っ ている水深200m以上の洋谷のため著しい波と 沿岸流の収束発散が誘起されるほか多量の沿岸漂 砂がこれらの洋谷に向って落ち込むためと考えら れる、そとで前筋までの富山湾の浸食の特徴を明 らかにしさらにそらした没食問題に処するため富 山湾特有の海底地形を模型内(固定床)に再現し て最も出現度の高い波を選定し、波の収束発散と 沿岸流との分布から湾奥部の海岸浸食の機構を明 らかにしまたこの結果にもとづいた移動床模型実 験から二,三の対策工による浸食防止効果を検討 した。以下においてその実験の方法と手順ならび に結果について順を追って述べる.

3.2 実験施設および実験条件

模型浜は長さ50m,幅30m,探さ80cm の水槽に図22に示す富山湾湾奥部の昭和45年3月現在の海底地形を水平1/400、垂直1/80にて再現したものである。水槽の有効深さの関係上水深50cm (現地40m) 以深はカットし水槽床と一致させた。また水深15cm(現地12m)以浅については固定床と移動床との2通りの実験ができるようにした。

実験に用いた波は図23,24のデータから現

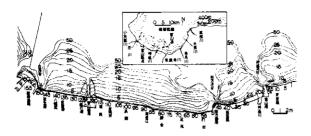
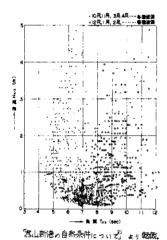


図22 模型浜全体図



22CT#11000 CT 11CN CT 11C 2 CT 2 2 3 #2400

図23 周期,波高分布図

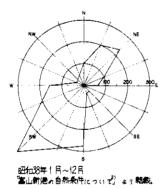


図24 風向出現度

地で6秒と10秒との波を採用し、その縮尺を垂 直縮尺の平方根と等しくし、模型同期を0.6 7秒 および1.12秒とした。波高は4mと2mとを採 り模型内では垂直縮尺に一致させそれぞれ5cm、 2.5 cmとした。上記の同期、波高の組み合わせか らつぎの3つの波を模型浜に作用させて波、沿岸 流その他の諸量を測定し波による没食状況の相異 を検討した、 ケース① 同期1.12秒,波高5cm ケース② 同期1.12秒,波高2.5m ケース③ 同期0.67秒,波高2.5m なお波向はいずれの場合も NNEとした。

3.3 固定床における波の収束発散と沿岸流

3.2 において述べたように実験に用いた波は 8 種類であったが、沿岸付近での波高および沿岸流等においてほぼ同様の傾向がみられたので、これらのうち時に顕著に現われたケース①の場合を中心にして他の 2 ケースについては特に異った頃向が現われたものに限り補足的に述べてゆくことにする。

図25はケース①の波(周期1.12秒、波高 5 c m) に対する沿岸付近の波高分布および沿岸 流の測定結果を示すものである。 これらの測定値 のうち、波高は容量型波高計により25~50cm 間隔の格子点で測定した波高値をコンターで結ん だものであり、沿岸流は直径5mm の中空プラス チックボールに塩水を満たして水槽床上を転勤す - る速度を自測にて求めたものである。またこのケ ース(1)に対応する波の屈折図を電子計算機により 波向線法を用いて求めたものが図26である。 図25、図26から明らかなように波の屈折によ って波高線が収束する領域、すなわち、東岩瀬、 西岩瀬, 海老江では波高が沖波の2倍以上になる。 これに対し波の発散する東岩瀬東, 神通川河口付 近,四方漁港両側,練合,足洗および新湊漁港付 近では沖波波高より小さくなっている。沿岸流に ついては大勢的には西向きで神通洋谷、四方洋谷、 庄洋谷の東側においてこの傾向が強く現地ではこ の付近の砂が相当量とれらの洋谷に落ち込む原因 となっているものと推察される。これらの落ち込 みは後述する移動床実験での螢光砂の移動状況 (図27)からも一部実証される。一方, 西岩瀬。 四方西、新港防波堤東、同西防波堤西付近では逆 に東向きの沿岸流が観測される。 また浜開付近に 東西両側からの流れの合流点があり、これは先に 調べた²⁾標砂の合流点海老江のやや西に位置して いる。沖波条件を変えた他の実験ケースにおいて もこの浜関あるいは海老江を境として流れが逆転

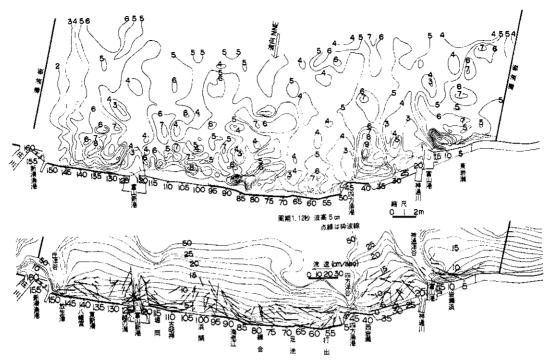


図25 間定床でのケース①の波に対する波高分布と沿岸流

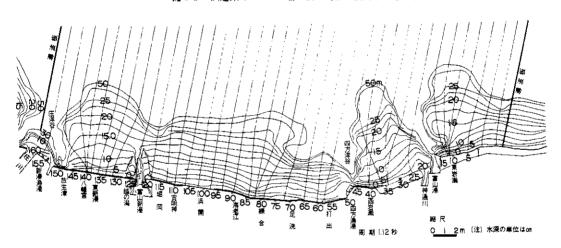


図26 ケース①の波に対する屈折図

する傾向があり各洋谷の東側では西方流が卓越している。新港東防波堤東側の東方流は東防波堤による波の反射が影響しているのであろう。

つぎに波高と沿岸流とを包括したものとして砕波点における沿岸方向の波のエネルギーを考えることができる。いま沖波波高 H_o の波が水深 h_b の点で砕波しこの時の波高が H_b であるとすると

 H_o , h_b , H_b の間には

$$H_b = K_r \cdot K_s \cdot H_g \tag{1}$$

$$h_b = a \cdot H_o \tag{2}$$

なる関係がある。ただし K_r ・ K_s はそれぞれ屈折係数,浅水度係数であり α は海底こう配,波形こう配などの関数である。一方この砕波点における 波向線がてい線に対して α の角で入射するものと

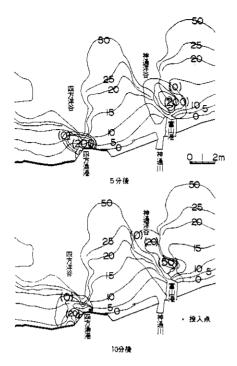


図27 螢光砂移動状況

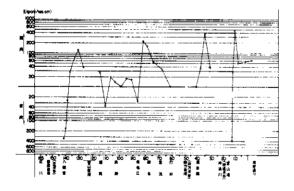
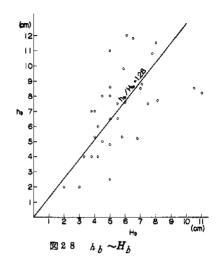


図29 周期1.12秒,波何NNEの液に対する砕液点で の沿岸方向のエネルギー

すると砕波点における沿岸方向の波のエネルギーE(単位時間、単位幅当り)は次式で表わされる。 $E=W_oC_bH_b^2\sin\mathbf{n}(2\,\alpha)$ (3) ここに C_b は砕波点における波速、wo は水の単位容種重量である。(3)式で示される入射角 α を実験から正確に求めることは難しいため図 $2\,6$ に示した波の屈折のパターンが模型上にそのまま再現



されているものと仮定して屈折図上で のエネルギーを考える。また(2)式のa は同実験で砕波高出。と砕波水深ん。 とを沿岸方向1m毎に測定して得た実 験定数ね/Hがによることにした。 図28はその測定結果を示すもので α=1.28と決定した。この値を用いて (1)式から日ねを求めて(2)式によってE を計算すると図29のようになる. 図29によると東岩瀬東, 西岩瀬, 練 合, 海老江および新湊において西向き のエネルギーが大きく, 東岩瀬富山港 寄と八幡宮では東向きのエネルギーが 大きくなっている。逆に西岩瀬。打出 間および海老江。浜開を中心とした領 域ではエネルギーは小さくなっている。 これらの地域のうち沿岸方向のエネル ギーが大きいところでは浜開を除き実 験での波の収束領域とよく一致してい る。浜開については波の入射角の関係 上エネルギー値が小さくなっているが

現地でもとの地域は砂の堆積地となっている. 西 岩瀬, 打出間のエネルギー値の低い地域は波の発 散領域に一致している.

以上固定床にて代表的な沖波による波高、沿岸流かよび砕波点における沿岸方向のエネルギーの大きさ等の海岸に沿う分布について述べた。これらのことと前節までに述べた海浜の投食、堆積が況とを対比すると両者の間には密接な関係のある。この結果エネルギーの小さい領域とがわかる。この結果エネルギーの小さいの関係上必ずしも堆積領域とは一致しないが現地で役食の激しいところとエネルギー収束領域とはよー致している。

3.4 移動床における底質移動の実験

固定床実験において波による流体の運動から地域的な浸食の特性を検討した。ここでは固定床実験によって明らかにされた浸食領域での底質移動を調べさらに浸食防止対策に質するためおこなった二、三の移動床実験の結果について述べる。

模型浜は前述のように水深15cm (現地12m) 以浅を移動床に切替えた。底質には中央粒径 0.21mmの砂を用いた。波は固定床実験時と同一 の3種類の波を作用させた、図30はケース①の 波(周期1.12秒,波高5 cm)の4時間後の断 面変化を示すものである。この図によれば,東岩 瀬では浸食の度合が著しく浜はほとんど消失し大 部分の砂が神通洋谷に落ち込んでいる。西岩瀬地 区でも火力発電所の排水口(No.80)から西側で は海底の洗堀が見られる. とこの部分には護岸が なく, 時間の経過につれて砂浜のてい線が著しく 後退した(図31の下図参照)。また西岩瀬の四 方港寄りの海底浸食も箸しい。西岩瀬浜のこれら の欠壊によって流出した砂の一部は沖方向に, ま た一部は四万漁港をまわって西へ, 残りは四方洋 谷に落込んでいる。四方洋谷に落込んだ砂量は神 通洋谷のそれに較べれば少く約 1/4であってむし ろこの地区では砂の四方漁港へのまわり込みが特 徴的である。四方漁港の東側では波高が大きく, 四方漁港前面では波高が小さいが西向きの沿岸流 が強いため、上述のような著しい浸食が生じたの であろう. 足洗, 打出間(No. 60~70) 波高は それを程大きくなく浸食が比較的小さい。線合 (No. 75)から新港 東防 波堤にかけ ての海岸はい ずれも浸食性であり、特に海老江と練合の中間付 近と古明神(No.110)で著しい。それはこれら 以上昭和45年3月現在の海底地形を現況海浜として波作用4時間後の地形変化について述べたが、その特徴を要約するとつぎのようである。

- (1) この実験では全体的に海岸近くが浸食され、沖側は堆積性であった。これは実験波が時化の波で浸食性であるためである。したがってこの実験は相対的な浸食の废合を示すにすぎない。すなわち、この実験で浸食の小さな領域は現実では堆積性であるかまたは平衡を保っていると考えられる。
- (2) 及食の特に著しい地点すなわち富山港東側 (No.10~15),四方漁港東側(No.35, No.40)、練合・海老江間(No.85)および 古明神(No.110),八幡宮(No.140)は 波の収束地域と一致し、波高が付近より高い。
- (3) (1)のうち富山港東側,四方漁港東側,八幡 宮はそれぞれ洋谷の東側に位置し,それらの 点から洋谷へ向う沿岸流が顕著であり浸食さ れた砂は洋谷へ落ち込む.
- (4) 富山港や富山新港の西側では東向の沿岸流が生じその方向に砂が移動し堆積する傾向が強い。 これは防波堤による波の遮蔽域へその外側の水塊が流れ込むためである.
- (5) 沿岸流が両側から会合する付近での浸食は 小さい。

そとでつぎに以上の実験結果をもとにして二, 三の漫食対策工を施しその効果をしらべる。対策 工の設置はつぎの項目に留意しておこなった。

(1) 海岸欠壊の主たる原因が波の集中によるものと考えられる場合には離岸堤を設置して砕

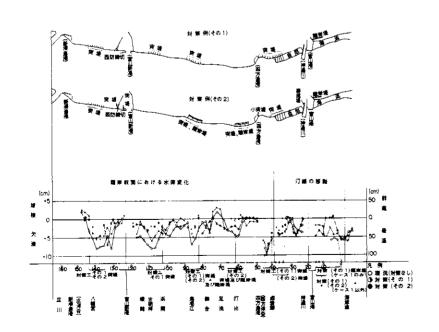
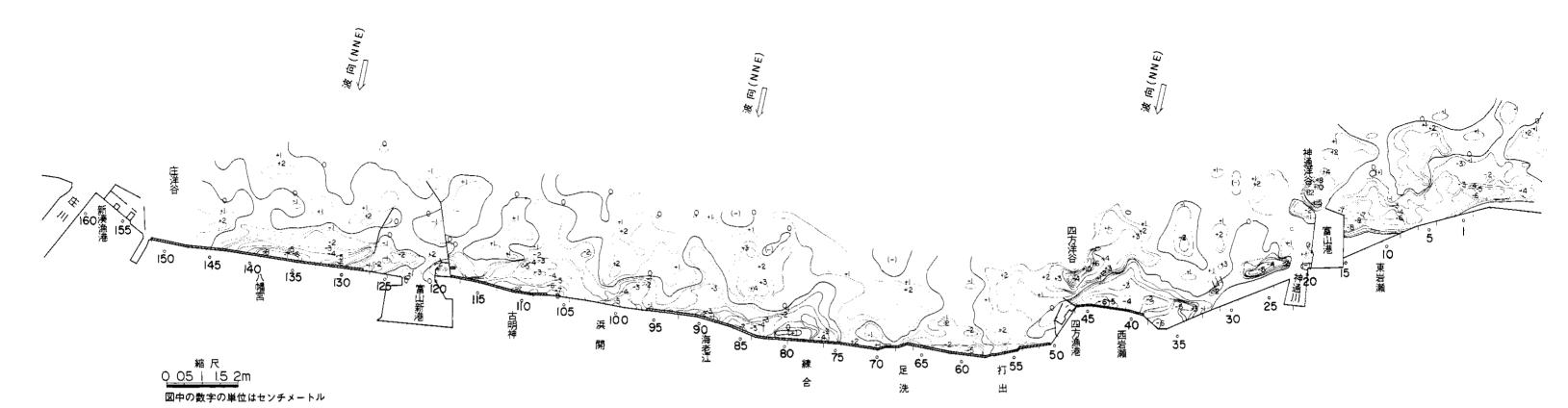


図30 ケース①の彼に対する現況海況の4時間後の地形変化



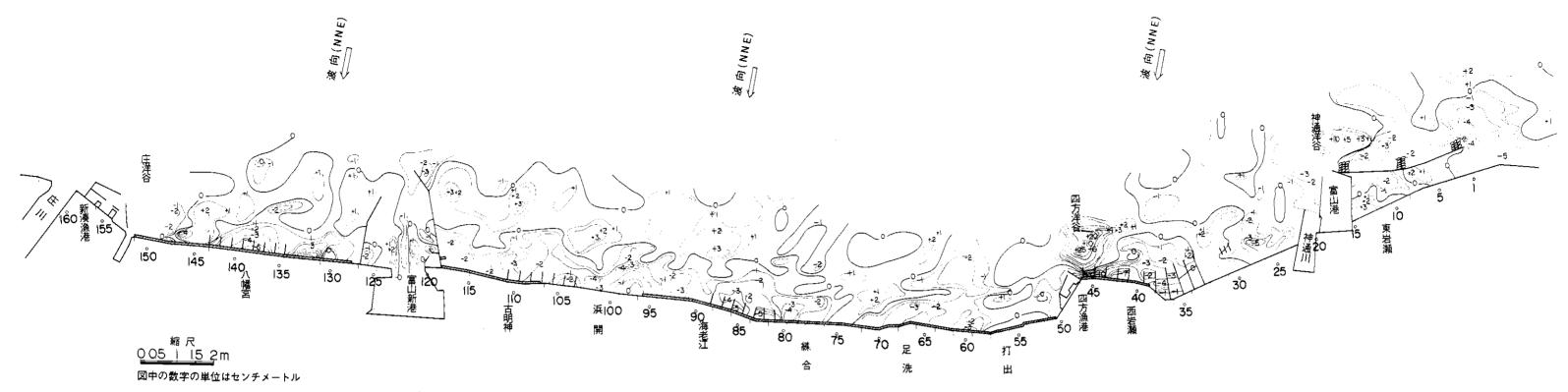


図32 ケース①の彼に対する対策側(その1)の4時間後の地形変化

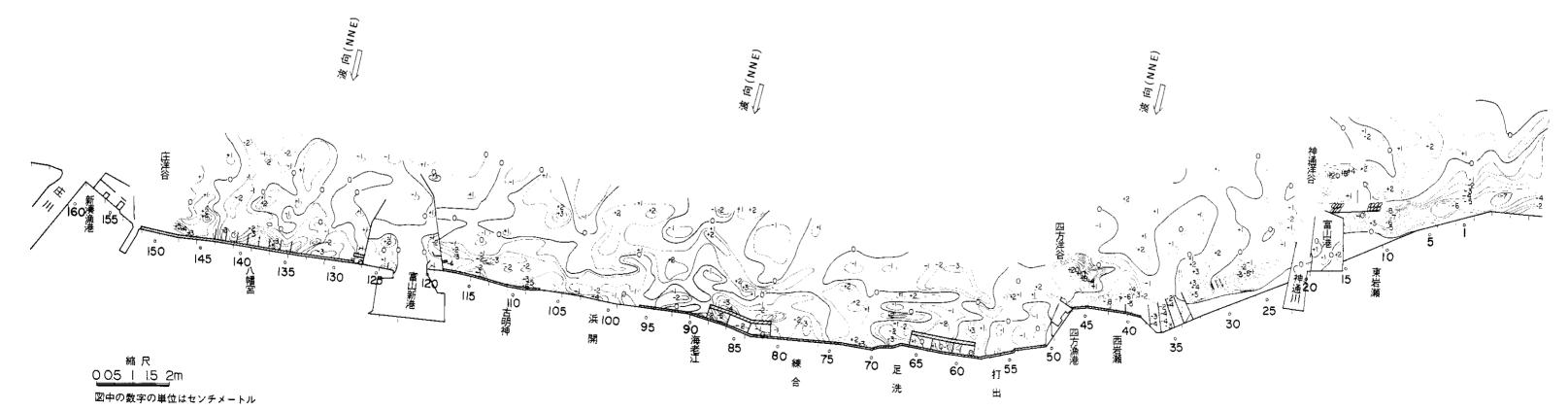


図33 ケース①の彼に対する対策例(その2)の4時間後の地形変化

波エネルギーを減衰させること。

- (2) 海岸欠壊の主たる原因が沿岸流の強さによるものと考えられる場合には突堤を出して沿 岸流の流速の低下をはかること。
- (3) 海岸欠壊の原因が波の集中および沿岸流の 大きさの両方による場合には突堤と離岸堤と を併設すること。
- (4) 河口、港口およびその他各種構造物の脚部 付近等の局所洗掘に対しては導流堤、締切堤 を施して沿岸流の流向。 流速を制御すること、 である。つぎにこれら各種構造物の大きさは、ま ず透過性離岸堤に対しては断面、幅8cm 。高さ 15cm で越波しないものとし、長さは対策区域 に応じて適宜調整した。材料には径5~10mmの 砕石を用い波による飛散を避けるため4mm 金網 でおおった。突堤長は30m とした。これは実験 沖波波長の約1/6 に相当する、導流堤、締切堤 の長さについては状況に応じ適宜定めた。最後に 上記構造物の数と組み合わせと場所の選定である が前述のように最も有効に防護できる対策工を最 初から望むことは不可能である。そこで一例とし て図31に示すような2通りの対策例を考えてみ た、対策例(その1)は東岩瀬の不透過離岸堤を 除き一応沿岸流その他の局所的な強い流れを緩和 して浸食防止としての突堤、締切堤、導流堤の効 果をみることに主眼をおき上述した現況実験結果 と比較してみた労また対策例(その2)において は一部で突堤の削除はあるが、対策例(その1) にさらに透過堤の離岸堤を併設して浸食防止効果 を検討しようとしたのである、凶32、凶33は それぞれ対策例(その1)かよび対策例(その2) においてケース①の波が4時間作用した後の地形 変化を示すものである。対策例(その1)の実験 結果によると, 東岩瀬地区の離岸堤によってその 背後の海底の欠壊の度合は減少したが図31に見 られるようにてい線はなお後退が著しい。神迪川 の導流堤は西からの砂移動による河口埋没に対し 効果的にはたらいているのがみとめられる. 西岩 瀬地区の突堤はケース①の波に対しては四方漁港 西方への砂のまわり込み量は少くなり付近の海底 **浸食量は減少したがまだ十分ではない。すなわち** 東側の8本の突堤間には堆積が見られるが、他の 突堤間は、相変らず浸食されている。 しかし、ケ ース②, ③の波では浸食が小さくなり突堤の両側 に砂の堆積が現われた、練合、海老江間の突堤で

は対策後も依然浸食傾向にあるがてい線近くでは 効果が見られる。古明神地区の突堤ではケース① の波に対しては浸食が相当減少し, かなり効果が 見られる. 新港西防波堤脚部の締切により港内は 静穏化され砂の移動はほとんどなく, 西防北側の **浸食も減少した。八幡宮地区の突堤については対 策工により沿岸流はかなり緩和され、浸食防止の** 効果も顕著にあらわれているが、突堤の両側に砂 が堆積するまでには至っていない。次に対策例 (その2)において前対策例での結果と特に変っ たところを重点的にあげると次のようである。 東 岩瀬地区の離岸堤長を短縮し,離岸堤前面に砕石 をより多く投下して波と流れとの緩和をはかった ため防波堤近くにおいててい線の後退量が少なく なっている。 西岩瀬から四方漁港にかけては突堤 の一部削除の影響で前対策例に比べれば浸食が多 くなった。また四万漁港北防波堤に取付けた小突 堤による四方漁港内への土砂のまわり込み防止効 果はそれ程顕著ではない。足洗地区の突堤と離岸 堤との併設区域ではてい線付近の水梁が前例の半 分以下になっていて、その効果が明らかである。 前例で現われた水梁0以上の堆積地は対策例(そ の2)ではさらに西に発達し練合付近(No.75) まで伸びている。 (Na 70)から(No. 75)付近 にかけての岸近かくの水深も一般に浅くなってい る、海老江付近(No. 80~90) の实堤, 離岸堤 併設部でもてい線付近浸食防止効果が見られる. 海老江, 新港間は対策工を施工しなかったため部 分的にかなり浸食を受けた場所が見受けられたが 現況より浸食は少ない、港内に設けた突堤は西側 からの砂の航路への落ち込みを防ぐためのもので あったがわずかの効果がみとめられる。 新港西防 波堤脚部に設けた小突堤によりその背後の浸食は 滅小した。そして、対策工(その1)で見られた 突堤部の東側(No.130~135) における極端 局部的洗掘現象はない。また、前期2通りの対策 工例の効果を知る目安としててい線での水深変化 (東岩瀬地区の自然海浜に於てはてい線の移動) に着目してケース(I)の波による結果を示したもの が先にあげた図31の下半分である。 この図で四 万漁港の東側についてはてい線(±0)の移動を 示したが西側では, 海岸堤防前面にほとんど砂浜 がないので堤防直前の海底の水深変化を示す。と の図からも、対策工を施工した後でも全体として なお浸食傾向にあるが、その量はかなり緩和され

ていると考えることができよう。特に離岸堤背後における浸食の減少が目立っている。

以上対策工に関する実験から次のことがいえる。

- (1) この実験では現況で特に浸食の著るしい部分に対して対策工を設けたが、突堤、離岸堤ともにその効果がみとめられた。
- (2) 突堤のみによっては、その効果は十分でない部分に離岸堤を併用した結果は、一層、浸食を防止した。
- (3) 神通川の左岸導流堤の延長,富山新港の西防開口部締切った結果も附近の漂砂現象に対して 有効であった。

以上,固定床実験においては場所的な浸食堆積の特徴を波と流れとから検討した。また移動床実験では固定床実験による結果と現地実験とから2通りの対策を施してその効果を検討した。

4. 資奥部の海岸浸食機構

前節までは、富山海岸の浸食に関する種々の現地漂砂朝査および同海岸の液による浸食に関する種々の現地漂砂調査および同海岸の液による浸食に関する模構に関する模型実験の結果について述べた。本節では、これら2つの成果をもとにして、富山海岸の浸食機構について総合的な考察を加えてみる。海岸浸食とは、要するにある地点に流入する土砂量が、そこから流出していく土砂量より少ないときに起るものであるが、その原因としては、つぎのようなものが考えられる。

- (1) 河川改修等により河川排出土砂量が減少す る場合
- (2) 防波堤や河口導流堤により沿岸漂砂が阻止 され、漂砂の下手側海岸への供給土砂が減少 する場合
- (3) 海底地形の影響により波が屈折し、海底に作用する波のエネルギーが不均一となる場合
- (4) 地学的な時間スケールでの海水準変化,あるいは地製変動により,海底地形自体が波浪等の外力に対し,安定形状でない場合
- (5) 地下水のくみ上げ等に起因する地盤沈下 実際の海岸で生じている浸食現象は、これらの 原因がいくつか組み合わさっているものと思われ るが、これ等のうちどの原因が最も失配的である かを明らかにすることは、浸食対策を考える上に 重要である。そこで、前節までに述べた現地調査、 模型実験結果を、これに焦点をあわせて検討して

みる.

これまでの現地調査および模型実験の結果から, つぎのような諸点が特徴的であることがわかる.

- (2) なかでもとくに浸食のはげしい新湊, 西岩 瀬海岸をくわしく調べてみると, 海底の浸食 と波浪の季節的特性とが、密接に関係してい るようである。
- (3) 屈折図や,模型実験の波高分布に見られる 波のエネルギーの集中個所と,現地の広域架 機測量から得られる長期的浸食個所とは,非 常によく一致している。

灣奧部海岸の海岸浸食は、主として灣奥部へ流 出する常願寺川、神通川、庄川等の大河川の排出 土砂の減少、洋谷への底質の落下が主たる原因で あるが、洋谷など複雑な海底地形による波のエネ ルギー分布の不均一性によって、その浸食機構は 複雑である。しかし、灣奥部といっても、その東 西方向の範囲は広く、構造物を含めた地形的条件 は少しずつ異っている。そとで、これをいくつか の区域に分け、各々についての浸食機構について、 ことに検討を加えてみる。

- (1) No. 10付近を中心に長期的な著るしい海底 浸食がある. (図11(1))
- (2) (2) (3) (4) (4) (5) (6) (7) (7) (8) (9) (9) (9) (10) <l>(10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10) (10)
- (3) との付近には屈折により波のエネルギーが 集中し、また、西の神通洋谷へ向かう強い沿 岸流がある。(図25)

以上から、No. 10 付近へ屈折して集中した波により、多量の底質が浮遊され、沿岸流に乗って神通洋谷へ落込むため、この付近の浸食が著るしくなっているものと思われる。

富山港一四方漁港

- (1) 神通川左岸No. 25 沖, および西岩瀬沖山 に著るしい浸食がある(図11(1))
- (2) 螢光砂調査,染料,ボールフロートによる 流況調査によれば、この付近では基本的には 西向きの漂砂が卓越しているものと思われる が、時折東向きの漂砂もある。しかし、漂流 桿によるてい線より沖100~150mにお ける流況は、明らかに西向きである(図9)
- (3) 神通川から四方洋谷の中の特異な海底地形

により、No. 25 沖では波のエネルギーが発散する一方、西岩瀬のNa. 85 からNo. 40 にかけては屈折による波のエネルギーの集中度が高い。

神通川左岸の浸食は、波のエネルギーの集中、発散では説明できない。これは、東寄りの波のとき、神通川河口が富山港防波堤によって遮蔽されるので、その方向へ神通川左岸の砂が移動するためである。Na 25付近の沖の著しい浸食は、その部分は神通川からの排出土砂による砂州がある所で、神通川からの排出土砂減少にともうその砂川の欠壊によるものと考えられる。

打出一富山新港

- (1) 打出から足洗の間は一6m以後が浸食している.足洗のNo.68 から練合のNo.80 までの間は,浸食は小さい.練合のNo.80 からNo.83 までの間には,局部的に著るしい浸食領域がある.No.83 から海老江を通ってNo.97 付近までは一3m以浅が,少し浸食傾向にある. しかし,No.100からNo.105までの浜開海岸では,てい線付算は堆積傾向にあり,これより西の富山新港までは,浸食も小さい.(図11(1))
- (2) 蟹光砂調査によれば、足洗付近では沿岸漂砂の方向は明確でない。浜開付近でも、明確ではないが、東向きの成分もかなり強い。富山新港の位置では、新港建設以前は西向きの漂砂が卓越していた。(図9)
- (3) ことの海底地形は比較的単調であるが、一部、練合付近で、波が屈折して集中する。波の進行方向は、等深線にほぼ直角となり、練合付近をのぞいて沿岸方向の波のエネルギーも小さい。(図29)

以上のように、この区間での沿岸深砂はさほどはげしくない。富山新港建設当時に突堤の東東地の東海が及ばないとこから、西向きの漂砂のを事が及ばないところでは、西向きの漂砂の建立ないところでは、東京防波堤がの建立ないととにより、波が反射され、東向きの波が向れることにより、波が反射され、東向きの波が加わることとなったととなった。とれがが反射付近に相当し、この領域は、西方からのは、対した地点のの集団が原因となった。とは、屈折によるたの集中が原因しているようである。

富山新港一新湊漁港

- (1) 富山新港西防波堤より八幡宮 No. 142まで の区間がほぼー 6 m以浅の全域にわたって著るしく浸食されている。 (図11(2))
- (2) 螢光砂調査,流況調査では,確定した沿岸 漂砂の方向はつかめなかった. (図9)
- (3) No.130 からNo.140 の間は、液の屈 折により波高が高い、波浪流は、No.130 付近を中心に、東は新港西防波堤開口部を通 って港内、西は、西向きに庄洋谷へ、沖は西 防波堤に沿って沖向きへと、放射状に発散す るような流れがある。(図25)

この領域は、結局 8 つの原因により浸食がはげ しくなった。それは、もともと漂砂の卓越方向が 西向きであったのに、新港建設により漂砂の供給 源がしやへいされたこと、屈折によりこの付近の 波高が大きくなっていこと、そのために三方へ放 射状に広がる流れが生じ、底質の損失がはげしい ことなどである。

以上,現地調査,および模型実験の結果から, 富山海岸湾奥部海岸の浸食機構について検討した。 この海岸には,浸食対策のための消波護岸が延々 と設置してあるがそれでもなお浸食が続いている 個所がいくつかあり,その浸食機構は,場所によって異っていた。したがってそれらの浸食機構を よく考慮に入れて,適切な対策を講ずる必要があ るようである。

5. 結論

本報告の結論はつぎのようになる.

- (1) 富山湾の湾奥部砂浜海岸の主要供給源は、 湾奥部へ流出する主要河川,すなわち,白岩,常 願寺,神通,庄川であり,上市川以東の河川から の供給は少ない。
- (2) 沿岸漂砂の卓越方向は、富山湾の卓越波向 NNEで与えられる漂砂の方向と一致し、大勢と しては、庄川付近の海岸へ向かって、東西から寄せて来る方向にある。
- (3) 齊奥部の海岸設食は、全体的に一様に生じているわけではなく、場所的に設食の著るしい箇所、ほとんど長期的な変化のない個所などがある。
- (4) 没食の著るしい箇所は, 東岩瀬 No. 10,神 通川左岸沖 No. 25, 西岩瀬, 練合 No. 80~No.88, 富山新港西防波堤から八幡宮 No. 142までの区間

等である。

- (6) 模型実験によれば、富山湾の 所に存在する洋谷が漂砂の損失先となっていることが実証された。
- (7) 海岸浸食は屈折による波のエネルギー集中が大きく関係していたが、その様子は海岸により少しずつ異っている。とくに浸食の著るしい新奏海岸は、屈折による波のエネルギー収束と同時に、富山新港建設により深砂の上手が断たれたことが大きな原因と思われる。
- (8) -6 m以浅の土量計算によれば、西岩瀬、新湊海岸では1 m の浜幅あたり約70~80 m³/年の損失があった。この場合、西岩瀬では-4~-6 m の比較的沖浜部、新湊では-6 m 以 浅の全域にわたって浸食された。
- (9) 海底地形の季節的変動量は、水深-3m付近で最も大きく約2mの変動幅があり、水深-5m以深ではその変動幅が1m以下である。
- (4) 海岸堤防消波ブロック前面の最大洗掘梁さは、そこの水梁が $-1m\sim-3m$ の範囲であれば、沖波々高 $1.5\sim2.0m$ に対し、1.1m程度であった
- (1) 侵食対策としては、沿岸流を阻止する目的で全面的に突堤を設けることは有効である。しかし、富山港の東、四方漁港の東側、練合の近くなど特に波が集中する箇所においては突堤に加えて異型ブロックによる離岸堤を設けるか、あるいは、

・海岸堤防前面の消波工の巾を広くして波を軽減することが必要である。さらに、神通川左岸においては、河口導流堤を設置するか又は離岸堤を設けること、富山新港の西防波堤の開口部をとじることも必要であるう。

譲 辞

本研究における調査観測は、運輸省港湾技術研究所、第一港湾建設局新潟調査設計事務所、および伏木富山港工事々務所の協力のもとに実施されたものである。また本報告のための資料の分析、整理には、当研究所漂砂研究室の新保修氏に多大な骨折りを願った。これら関係者諸氏に深く感謝するしだいである。

参考文献

- 佐藤昭二,竹内秀哲,杉山隆(1971):富 山湾海岸における漂砂鏡測,防災科学技術総 合研究報告
 第25号
- 2) 佐藤昭二,入江功,堀江毅(1971):富山 湾の海岸性状について,防災科学技術総合研 究報告 第25号
- Shoji Sato and Isao Irie (1968): Use of Natural Radioactive Tracers for the Estimation of Sources and Direction of littoral drift, Report of P. H. R. I. 7, (3).
- 4) 第一港湾建設局伏木富山港工事事務所 (1964):富山新港試験突提について,富 山新港資料 調査編 N
- 5) 入江功・天坂三明(1971): 漂砂の連続的 な現地観測について,港湾技術研究所報告第 10巻第2号
- 6) 佐藤昭二,人江功(1971):荒天時の海底 地形変動に関する一考察,第18回海岸工学 講演会論文集。