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/

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.

目

1.		は	L	が	đ	••	••	•••	••	••	••	•••	••	••	••	• •	·	•	••	• •	•••	8	7
2.		海	岸	沒	食	K	関	す	る	現	地	調	査	••	• •	• •	• •	•	•••	• •	•••	8	8
	2	1		漂	砂	Ø	動	態	譋	査		••	••	••	• •		•	•	••	• •		8	8
		(1)		漂	砂	Ø	供	給	源	お	ŗ	Ŭ	卓	越	方	É	J		••	• •	••	8	8
		(2)		流	況	お	r	び	螢	光	砂	移	動		• •	• •	•	•	••	••	••	9	8
	2.	2		海	底	地	形	Ø	툱	期	的	な	変	ſŁ		• •	٠	•	••	•••	• •	9	6
	2.	3		代	表	的	な	場	所	で	Ø	海	底	地	形	変	1	Ł	Ø	楰	性		
										••	• •	• •	••	••	• •	• •	•	•	• •	• •	• •	9	9
		(1)		海	底	断	ī	形	状	Ø	変	íŁ	••	••	•••	۰.	•	•	• •	••	••	9	9
		(2)		海	底	±	量	Ø	変	ſŁ		•••	••	۰.	• •	• •	•	•	••	• •	•••	9	9
		(3)		海	底	地	形	変	動	量	٤	水	深	٤	Ø	関	6	k	• •	••	•••	10	1
	2.	4		荒	天	時	Ø	漂	砂	観	測	••	• •	••	••	••	•	•	•••		•	10	2

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資するため、昭和43年度を 初年度とする8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

次

		(1)	洗	掘	環	ĸ	1	る	最	大	冼	掘	뷼	Ø	調	査		•	• •	•	٠ı	02
		(2)	俏	波	用	異	形	ブ		ッ	1	Ø	沈	下	••	••	• •	•	••	•	۰ı	03
		(3)	漂	砂	観	測	铗	鬒	Ø	開	発		, <i>.</i>	•••	••	۰.	•	•	•••	,	· 1	04
3.		浸食	機	構	ĸ	関	ţ	る	模	型	実	験	• •	• •	•••	••	•		•••	•	٠ı	04
	3.	1	実	験	Ø		的	••	••	••	• •	••	۰ <i>۰</i>	• •	••	••	• •	,	••	•	•1	04
	3.	2	実	験	施	設	お	ŗ	v	実	験	条	件	• •	•••	• •	٠	•	••	•	·1	04
	8.	8	古	定	床	R	お	け	る	波	Ø	収	束	発	散	Ł	ť⊨	ì	岸	Ū	ħ	
								•••	• •	••	• •	••	••	••	••	• •	•	•	• •	•	.1	05
	8	4	移	動	床	ſĊ	お	け	る	底	質	移	動	Ø	実	験	•		••	•	•1	08
4.		湾奥	部	Ø	海	岸	浸	食	機	構		••	••	• •	••	••	•	•	•••	•	·١	10
5.		結		論	••			۰.	۰.	••	••				••	••				-	·1	11

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、海岸没食に関する現地調査結 果について述べ、つぎに、浸食機構、および没食 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 部砂浜海岸の没食機構について、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 漂砂の動態調査

海岸役食は、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知 ることは、役食対策を考える上にきわめて重要で ある.本節では、まず海岸踏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述べ る.つぎに、漂流桿による荒天時の流況調査,螢 光砂移動調査にもとずいて、外力と漂砂移動につ いて2, 3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ちえるため、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、境川かち 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~ (®の地点の前浜から底質を採取し た.そのうち、第1回目の海岸踏査および底質分 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。²⁾とこでは、第2回目の海岸踏査、およ 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およびそ 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8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況 の影響が強く出ているものと思われる. したがっ て, 両者を比較することにより, 夏期および冬期 の海岸性状がどの程度相異するかを推定すること ができるであろう. 底質から四臭化エタンまたは ブロモホルムを用いて重鉱物を抽出し, そのらち, 粒径域が 0.088~0.177 mm のものについて鉱 物顕微鏡により鉱物分析した結果を, 第1回, 第 2回の分について示すと図2-(1), (2)のようにな る. これらの図から, 第2図の方が第1回に比べ 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 から知れない、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8.3~8.5)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8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 なフイル分け作用のためにこのようなも鉱物組成 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。そこでこ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, ;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 n 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、ここで、4鉱物に番号i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、 j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2 重鉱物の鉱物組成

の組成率をRinとする、ここで、 $\sum_{j=1}^{4} P_{ij} = 1$

$$C_{jn} = \frac{\overline{(P_{in} - \overline{P}_{in}) - (R_{in} - \overline{R}_{in})}}{\sqrt{(P_{in} - \overline{P}_{in})^2 - (R_{in} - \overline{R}_{in})^2}}$$
(1)

と計算される。

ただし、パーは、 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 Cmnとすれば

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

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、榉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、 思い棒グラフで示してある、この図からつぎのことが明らかになる。

- a)上市川以東に流出する河川底質の鉱物組成 は互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い。
- 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= 1.89×10^{10} 年),ウラニウム (288 U, 半減期= 4.51×10^{94})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、



ガンマ線強度を、カウンタ - で計測した。計測時間は. 24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 派,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、そこを境にしては 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, 早月川の上流城には 花岡岩類が露出しているが。 自岩川以西の常願寺,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 におけるような白岩、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. 物定は、重鉱物試料を入れたカブセルを45×5 cm のNaI ウェルタイブシンチレーターの中に入れ、ディス クリレベルを、0.2MeV として、それ以上の全 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および 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,波や 流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,外力およ び底質移動の実態を明らかにする 必要がある.そのため,富山湾の 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 施した. 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 漂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





ろう、一方、漂流桿による流況はてい線より00 m近くの流れであるので,波による沿岸流である 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。 移動方向が微測時により異るの

かなり相関があるようである。螢光砂は,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、その間のてい線漂砂の集積的な移動方向を



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 龍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

ここは、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。

新湊

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 広い範囲に拡散する、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示 したものであるが、螢光砂分布の両端はすみやか 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を, できるだけ長期間にわたって数多く行うことであ 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,かよ 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7枚 の深浅測量図を用いて、各地点の平均的な海底浸 食速度を、最小自乗法により求めてみた。その方 法は、まず沿岸方向200 m 毎に、陸上の測量 から沖方向に測量線を設定し、それに沿って陸上 の基準線から各等深線までの距離を測った。たと えば、7枚の深浅図に対して測量期日の順に k= $1 \sim 7 までの番号を付し、最初の深浅測量期日か$ ら k 番目の深浅測量期日までの期間をk・tkとする。また、 k 番目の深浅図上で、i 番目の測線上、基準線から水深一 j(m)の等深線までの距離を Xijとする。そして、次式より単位期間(1ヶ月)当りの Xijの変化率 <math>4Xijを求める。

$$\Delta X_{ij} = \frac{N \sum_{k=1}^{N} j_k \cdot t_k - {\binom{N}{\sum} i_j k} {\binom{N}{k=1}} {\binom{N}{k=1}}}{N \sum_{k=1}^{N} t_k^2 - {\binom{N}{k=k}}^2}$$
(3)

ここにN = 7, $j = 1 \sim 10$ 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, $dX_{ij} < 0$ であり,長期的に岸 へ移動していれば, $dX_{ij} > 0$ である. 海底の変 動量は,等深線の水平移動より,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 dX_{ij} を次のように水深変化 d_{hij} 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.

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

このようにして,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 年当りの水梁の平均変化速度を(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

浸食性を示し、とくにNa 26 沖水深-6m 付近 の浸食が著しい、この付近は、神奈川河口沖の浅 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、No.80 ~Na 35の区間は、むしろ堆積性を示しているが、 その西側のNo. 86~No.45の区間は、水深-5m 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、者るしい堆 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-5m 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 Na.80 までは、それ程顕著ではない。しかし、 練合付近のNo.81~88 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Na.98 までは、-3m 以浅における役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3堆積気味 となる. ここから富山新港東防波堤までは、No. 110 沖の水深-5m 地点を中心とした小規模な 殺食領域をのぞけば、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

全体的に役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に至る水深一6m 以 浅の領域,八幡宮の沖の水深一4m 付近, 庄川河 口三角川の没食性が著るしい.

以上のように、8年間の深浅図を統計処理して みると、長期的没食堆積領域の分布がかなりはっ きりみてくる。このような海底浸食の分布は、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



-98-

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。この目的のため、富山海岸 湾奥部のうち、代表的地点を4点、すなわち、西 岩瀬、海老江、新湊、国分を選び、各地点に於い て、沿岸方向に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3月から昭和46年3月まで 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。ここでは、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 線も示してある。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, -4m, -6m 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, -4m, -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、豆に性質が少 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-1m 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,海老 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-1m線はほとんど変化が





図18 一6m以浅の土量変化

なく, また新奏の一1m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 H^m ,周期 T^{sec} ,波の単位時間当りのエネルギー $E^{ton \cdot m}$ /m·sec,波形こう配H/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

ー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, 海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こう配が 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、 海老江, 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







の間が最も浸食がはげしく, -2~-4m がこれ に次き, 0~2mの浅水領域の浸食はそれ程題著 ではない.また, -2~-4m, -4~-6mの 水深域における浸食は, 冬期の波高とともに, 夏 期~秋期にかけても著るしく進んでいる.水際 -4m~-6mの浸食がはげしいことは, 図9の 広域の長期的浸食分布でも見られた.新奏地区で は, -2~-4m, -4~-6mにおける浸食が 著るしく,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,富山湾 口から浸入してくる波高,周期ともに大きな波が



図15 各水深城の土量変化

没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討し たが、その様子は、4地区においてかなり異って いた、とくに、西岩瀬では、冬期の高波とともに 夏期から秋期にかけての風浪によって海底砂が失 われ、回復の機会がないのが著るしい浸食の原因 となっており、またこの浸食は-4~-6mの水 深城で著るしく、てい線を見ていただけでは察知 できない状態にあるととは重大である。また、新 湊では-6m以浅のほぼ全水深域が著るしく浸食 されており、今後の浸食対策に対して十分考慮す べき問題であろう.

(3) 海底地形変動量と水梁との関係

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ねばならない。海底地盤の変動幅を知るには,荒天時における海底地形を測量する必要があるが,これは技術的に困難なため,追常は行われていない。しかし,1つの地区における海底地形をいろいろの季節に対して深浅測量し,得られた断面地形を重ね合わせて,各地点の海底地形を重ね合わせて,各地点の海底地形を重ね合わせて,各地点の海底地形を重ね合わせて,各地点の海底地形を重ね合わせて,各地点の数量へんを,その地点における平均水深 に対してブロットすると,図16(1),(2),(3),(4),のよ



図16 海底地形変動量との関係

うにをる. 図から, 海底の変動幅は, 西岩瀬, 海 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~-10 mにかけてほぼ一様に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 波ブ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ればならない. そこで, 海岸 堤防前面の消波ブロックの沈下量,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,称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, 府老江(No.91,93,95), 新湊海 岸(No.187,189,142,145) および国分 浜(No.173,175,177) において行なわれ

時化最盛時海岸 時化後の海底

設置時	(44-12-22		
第1回	(45-) - 29		
第2回	(45-2-13		_ _
第3回	(45-2-18		
第4回	(45-2-23		
第5回	(45-3-1)	第4回と同じ	第4回と同じ





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1.5m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、洗掘環がもはや沈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 最大洗掘梁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 -1m~-3m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 とで富山新港沖ー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ことを示す。また、黒丸 は、前回の測量時と比較して、洗掘環が沈下しな 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程度は洗掘されることを示す。

(2) 消波用異形ブロックの沈下

海岸堤防前面の消波フ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す る、今回は、足洗から国分に至る消波用異形ブロ 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、消波用異形ブロック上に8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 異形ブロック調査観測図

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, 浸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8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









いる. 新桜のNo.185の場合は, 一度沈ドしたあ とは安定状態に達しているようであるが, 回じ新 湊の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、中間報告で述べたし、観測は、昭和44 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漂砂量を観測できる 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、たとえ ば砕波時に水中に巻きこまれる気泡によるものと 考えられる。超音波は、通常周波数が大きいほど 気泡に対して安定である。超音波周波数があきり 大きくなると、浮遊砂の影響をうけやすくたるの で、結局、砕波帯で使用する超音波式洗堀計の周 波数は、500 kHzから1 MHz の範囲が適当では ないかと思われる。本装覧による荒天時の海底地 形変動の特性について、いくつかの重要な事実を 明らかにすることができたが、紙数に制限がある ため、本報告に記述するのは省略した。詳細は、 文献を参照されたい、5)、6)

3. 湾奥部の漂砂に関する模型実験 3.1 実齢の目的

3.1 実験の目的 これまでにおとなわれた現地観測や姫岸踏杳の 結果、沿岸標砂は湾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。これは常 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標 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 いから二,三の対策工による没食防止効果を検討 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,深さ80cm の水 槽に図22に示す富山湾湾奥部の昭和45年8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



湾山新港の自然条件についで」より転転。

図23 周期,波高分布図



図2.4 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 ?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, 2.5cmとした、上記の同期,波高の組み合わせか らつぎの8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25~50 cm 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こ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²⁰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 もこの浜開あるいは海老江を境として流れが逆転



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の波が水深ん_b の点で砕波しこの時の波高がH_b であるとすると

$$H_{b} = K_{\tau} \cdot K_{s} \cdot H_{o} \tag{1}$$

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

なる関係がある。ただしK_r・K_o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 登光砂移動状況

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。 $<math>E = W_o C_b H_b^2 \sin(2\alpha)$ (3) ここに C_b は砕波点における波速, ω 。は水の単 位容種重量である。(3)式で示される入射角なを実 験から正確に求めることは難しいため図26に示 した波の屈折のパターンが模型上にそのまま再現





図29 周期1.12秒、波何NNEの波に対する砕波点で の沿岸方向のエネルギー

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H」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 ムム/Hムによることにした. 図28はその測定結果を示すもので a=1.28と決定した。この値を用いて (1)式から日,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

現地でもこ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 流お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浸食,堆積状 況とを対比すると両者の間には密接な関係のある ことがわかる.この結果エネルギーの小さい領域 でも付近からの供給砂れきの大小とかその他の要因 との関係上必ずしも堆積領域とは一致しないが現 地で浸食の激しいところとエネルギー収束領域と はよく一致している.

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資するためおこなっ 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、ことの部分には護岸が 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著しい、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没食が生じたの 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 の2点では図25や図26から知れるように波が 収束して付近より波高が高くなっているためであ ろう、また浜開の前面では付近に比較して浸食が 小さく,沖側では堆積がみられる。これは図25 に示したようにこの部分には両側からの沿岸流が 集まる地点であるためであろう。富山新港内では 波が静穏であるため海底地形の変化は小さいが西 防開切部から侵入した砂の堆積が見られる。さら に西防先端の外側に沿って堆積がある。これらは 図25の沿岸流の方向とよい対応をなしている。 西防から八幡宮(No.145)に至るまでの海岸も 浸食性であり八幡宮(No.145)に至るまでの海岸も 浸食性であり八幡宮(No.146)では特に著しい。 これも図26からわかるように波の収束による波 高増大と,図25に示した庄洋谷の方向へ向う強 い沿岸流によることは明らかである。

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度合を示すにすぎ 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) 役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受食は 小さい。

そこでつぎに以上の実験結果をもとにして二, 三の没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彼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酔



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31 対策例とケース①の波による護岸前面(またはてい線)の変化



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8 cm 高さ 15 cm 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)および対策例(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。神通川 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 潮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 後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 -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

は対策後も依然役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 役食も減少した、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 効果も簡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. 前例で現われた水保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)の突堤, 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 減小した。そして、対策工(その1)で見られた 突堤部の東側(No. 180~135) 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 工例の効果を知る自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(1)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(土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. 湾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波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波による浸食 機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。

- 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、あるいは地殻変動により、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。

- (1) 湾奥部の海底の浸食は全域にわたって一様 に生じているわけではなく、局所的には堆積 している所と浸食している所とがある。
- (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 浅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。

 湾奥部海岸の海岸浸食は、主として湾奥部へ流 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、湾奥部といっても、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、 とこに検討を加えてみる。

- No.10付近を中心に長期的な著るしい海底
 役食がある.(図11(!))
- (2) 螢光砂調査によれば、この付近では西向きのはげしい沿岸漂砂がある.(図9)
- (3) こ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Na. 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、東寄りの彼のと 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 めてある。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-6m以浅が浸食している、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-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) 螢光砂調査によれば、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) ここ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、この区間での沿岸漂砂はさほど はげしくない。富山新港建設当時に突堤の東側の てい線が前進したことから、富山新港東防波堤の 影響が及ばないところでは、西向きの漂砂の卓越 方向があると思われる。しかし、東防波堤が建設 されることにより、波が反射され、東向きの波の エネルギー成分が加わることとなった。これが、 従来の西向の卓越沿岸流とバランスした地点が丁 度浜開付近に相当し、この領域は、西方からの底 質の供給をうけるので、堆積するようになったの であろう。線合、打出海岸の殺食は、屈折による 波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 Na, 142までの区間がほぼ-6m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、波の屈 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 るようを流れがある。(図25)

この領域は、結局3つの原因により没食がはげ しくなった。それは、もともと漂砂の単越方向が 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, 常山湾の卓越波向 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) 湾奥部の海岸没食は、全体的に一様に生じ ているわけではなく、場所的に没食の著るしい箇 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.83, 富山新港西防波堤から八幡宮 No. 142までの区間 等である。

(5) 浸食の著るしい箇所をくわしく調べた結果, 浸食現象と波浪の季節的特性とはかなり相関があった.また,現地における浸食の著るしい箇所と, 海底地形の影響で屈折した波が収束する場所とが よく一致したことから, 湾奥部の海岸浸食は,富 山湾特有の複雑な海底地形により波が屈折し,海 岸に作用する波のエネルギー分布が不均一である ことと大きく関係していると思われる.

(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湊 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課砂の上手が断たれたことが 大きな原因と思われる。

 (8) -6m以浅の土量計算によれば,西岩瀬, 新湊海岸では1mの浜幅あたり約70~80m³
 /年の損失があった。この場合,西岩瀬では
 -4~-6mの比較的沖浜部,新湊では-6m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。

(0) 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~-8mの範囲であれば、 沖波々高1.5~2.0mに対し、1.1m程度であった。

(1) 役食対策としては、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 とも必要であろう.

謝辞

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観測,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
- 3) 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 №
- 5)入江功・天坂三明(1971): 標砂の連続的 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。