富山湾の海岸性状について - 海岸踏査と鉱物分析 による検討 -

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	25
ページ	57-73
発行年	1971-03-10
URL	http://id.nii.ac.jp/1625/00002627/

551.351:551.468(521.42)

富山湾の海岸性状について

――海岸踏査と鉱物分析による検討――

佐藤昭二*・入江 功・堀江 毅 港湾技術研究所

On the Littoral Drift in Toyama Bay ----Investigation Through Site Inspection and Heavy Mineral Analysis----

By

Shoji Sato,* Isao Irie and Takeshi Horie

Port and Harbour Research Institute, Yokosuka

Abstract

Joint site inspections of the Toyama Bay were performed in March and October 1969 in order to obtain its general characteristics of littoral drift. According to the observations of erosion and accretion on either side of the coastal structures and to those of the characteristics of the beach materials, such as grain size, shape and colour tone, a null point of littoral drift seems to exist near the New Toyama Port which is in the middle of the coast of the bay, that is, the predominant direction of littoral drift on the coast east of the New Toyama Port is towards the west, and on the coast west of it towards the east.

In order to confirm this fact, a more detailed investigation was performed with samples collected along the coast of the bay and in the rivers flowing into the bay. Contents of four components, namely, green hornblende, brown hornblende, augite and hypersthene in the heavy minerals of these samples within the size fraction of 0.088 mm to 0.177 mm were analyzed with microscope, and the correlations of the sediments in rivers to the beach materials with respect to the above four components were calculated by using electronic computer, and then the regions of the coast affected by the sediments from rivers were estimated.

The results of this mineralogical analysis coincided very well with the observations of the configuration of the coast near the coastal structures and the characteristics of beach materials.

概 要

本報告は,富山湾の総括的な**浸食**状況をは握す るためおこなった海岸踏査の結果をとりまとめ, さらに,この時採取した海浜砂の底質分析から沿 岸漂砂の特性について二,三の検討を加えたもの である。

1. 海岸踏査

海岸状況の季節的動向をは握するため,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90kmの踏査を行なったがそのおもな調査

事項はつぎのとおりである。

- 海浜の状況
- 海浜の有無,海浜を構成する玉石,砂の粒径,
- 構成比の観察
 - (2) 海浜横断形状の測定

ハンドレベル、クリノメーター,巻尺,ポール

- 等による簡易横断測量
 - (3) 海岸構造物の機能効果
- 海岸**浸食防止のため設けられた構造物の浸食状** 況と機能およびその効果
- (4) 写真撮影, スケッチ
- (5) 海浜砂の採取

* 本論文執筆代表者(The writer responsible for the present paper)



図1 富山湾の自然概況と踏査地点

- 58 --

1.1 踏査各論

富山湾の踏査は,新潟県寄りの境川を起点として,西向きに行なった。その結果,海岸性状その ほかで類似したいくつかの地域群がみとめられた. そこで説明を容易にするため,これらの地域群ご とに東から順次述べることにする。なお踏査地点 は図1に示すとおりである.

a)境川より宮崎漁港まで

ー帯は標高250m級の山が海にせまり、その間 を道路、鉄道が東西に走っている。越中宮崎駅ま での護岸は後浜の十分陸側にあり(図2)、大きな



図2 護国寺前

しけの時の波をのぞいてここまで波が打上げるこ とはほとんどないと思われる.越中宮崎駅から宮 崎漁港間には護岸がなく,昔につくられた土提が 原形を保っている.小川の河口や排水口付近では 玉石や砂利が露出している(写真1).これは後



写真1 越中宮崎東の小川付近

浜の下層は玉石,砂利であることを示している. 前浜の玉石,砂利の粒径は西にゆくにしたがって しだいに小さくなり,宮崎漁港の東側が砂側の採 取場になっていることからこの海岸での漂砂は明 らかに西向きである.この区域の浜輻は広く海浜 は安定している.

b) 宮崎漁港西より横山まで

宮崎, 笹川間は平地がなく道路と鉄道が海にせ まっているが, ここより以西では急に平地が開け, 水田として利用されている.この区域は一般に浸 食性の海岸で,西方にゆくにしたがって激しくな り,笹川から東草野付近(図3)で最大となる (写真2).とくに笹川,東草野中央部付近では旧



図3 東草野



写真 2 大屋付近

護岸が各所で決壊したため,新護岸が約5m後退 して改修されている(写真3).小川,入川の河 がともに西向きであり,またこの区域の異形プロッ ク,上手の砂の堆積状況を調べると,漂砂はやは り西向きであると考えられる.



写真3 東草野

c) 八幡西より吉原海岸まで

東の小川と西の黒部川との中間に位置する. この区域では漂砂の源となりうるような大きな川は

ない.八幡付近では異形プロックの根固めをもつ 護岸があり,前浜はないが,八幡西から砂利浜が あらわれ,五十里西方で浜幅は最大となる.カス プは五十里(図4)から田中にかけて最も発達し, ビッチは約15mである(写真4).底質の粒径は







写真 4 五十里付近

八幡西から五十里にかけては球状の15~20 cm 径の玉石が目立つが田中から吉原海岸まではへん 平で10 cm径以下の砂利が卓越し砂が多くなり, 五十里浜からはさらに小さくなる.このことから 漂砂は西向きであると考えられる.吉原一帯でも 各所で旧提が破壊され,約10 m後退して新提が 築かれており,浸食のはげしさを示しているが, この付近を除けば,とくに著しい海岸決壊はみと められない.

d) 目川海岸より黒部川河口まで

比較的安定した砂浜海岸であり(図5), 薗家山 付近から浜輻は急激に大きくなる(写真5). 護 岸より数m離して設置された消波プロックの陸側





写真5 下飯野付近

には砂がよく堆積している. この区域には突提は みとめられない. 黒部川の排出砂れきは丸みを帯 びていて, しかも境川の場合よりも粒径が小さい ようである.玉石の大きさから考えると黒部川か らの排出砂れきは現在では目川海岸付近まで達し ているものと思われる.

e) 黒部川より生地漁港まで

黒部川左岸から黒部,片貝川の中間に至る区域 で,黒部川の排出砂れきの及び範囲と考えられる. 黒部川からの排出砂れきにより河口が大きく海に 突出しているにもかかわらず,荒俣地域の海岸が 決壊しているのは冬期に卓越するS~SWの風浪 による影響と考えられる.生地鼻燈台東側(図6) 海岸では一部異形ブロックのみの護岸がみられる が十分その機能を発揮しているようである(写真 6).荒俣海岸の一部を除いては海岸は比較的安 定しているようである.荒俣海岸一帯の突提の上 手下手側の砂の堆積状況から判断すれば,この区 域における漂砂も西向きと考えてよいであろう.





f) 立野より新住吉まで

海浜の赤みを帯びた砂より判断して, この区域 は片貝川の影響範囲と思われる. 生地漁港西から 立野付近(図7)では傾斜護岸があるが, 立野以



写真6 荒俣西

南は自然海浜となり(写真7)経田漁港まで安定 した砂浜海岸である、片貝川河口では両岸とも背 後に松林をもつ砂丘が発達している、このことか



図7 立 野

ら考えると、片貝川は砂れきというよりはむしろ 赤みを含んだ砂をより多く排出しているようであ る.経田漁港北防波提においてはその先端にまで 砂が堆積していて港内にも浸入し、時々しゅんせ つをおこなっているという.この防波提による漂 砂の南方向の阻止能力は大きく青島付近まで影響 を与えている.魚準北海岸には異形プロックの根 固めがあり、浜幅10mぐらいとなって砂、砂利の 堆積がある.また魚津、新住吉間の突提は赤みの



写真7 立野北(アスファルト傾斜護岸)

砂がよく付いている.

g) 早月川より水橋漁港まで

早月川の河口は主として玉石と砂れきから成り 立っている,新住吉と早月川との間で海岸決壊し た跡が見受けられるが、それ以西では玉石が多量 に堆積している、 このことより早月川の排出土砂 の移動は新住吉南付近が北限と考えられる.吉浦 付近では護岸の決壊箇所があるが, 笠木付近の異 形ブロック突提間には玉砂利がよく堆積している 高塚付近で浜幅は急激に広くなり滑川漁港東側に おいて最大となっている,滑川漁港東防波提で早 月川よりの標砂が阻止され,高月まではほとんど 浜がない.また滑川市内は民家の屋根に届くほど の高い護岸(高さ約4m)がある. 早月川から滑 川漁港の間での例(写真8)からみると玉石海岸 においては透過突提でも十分機能を発揮しうると とがわかる.上市川以西からは,再び玉石海岸が 現われ、浜は西に行くにしたがって広くなってい る (図8).



写真8 笠木付近

h) 常願寺川より神通川まで

この区域は常願寺川左岸の一部を除いては幅の 広い砂浜の自然海浜で背後は松林となっている (図9).浜の砂は多少赤みを帯びているが鉄分 が多量に含まれている.カスブは明らかでないが 200m~300mビッチの波状海岸となっている. 常願寺川から浜幅は海岸通り西にかけて最大とな るがそれ以西では逆に小さくなる.これは富山付 近にまでせまっている神通川洋谷の影響であろう 海浜の所々に突出している暗きょにおいては,い ずれもその東側が西側より砂の堆積量が大である (写真9).以上の事実より判断すれば,この区 域の砂は主として常願寺川から排出されたもので 漂砂は西向きであると考えられる.



図 8

水橋漁港東







写真9 日方江西の暗きょ

i)神通川より海老江まで

神通川河口は、これ以東の河口と異なり、河口 に露出した砂州はみられない.なおこの左岸近く の沿岸は決壊性である.四方までの海岸は神通川 河口を除いて、比較的赤みを帯びている(図10). 特に前浜においてこの傾向が著しい.西岩瀬中央 部から四方まで異形ブロックによる平行提があり、 その前面には浜がある.しかし四方にくると浜は なくなる.四方の西側付近は根固め用の異形ブロッ ク前面に砂浜はないが、打出に近づくにつれてし



j) 海老江より国分浜まで

この区域は新湊港防波提の影響を比較的強く受 ける領域と考えられ, 浜が断続的に現われる. こ の区域の砂はこれ以東,以西と比較すれば白さが 目立つ. 海老江から新湊港防波提までは小さな浜 が所々にあるが, 浜開付近には根固め前面に比較 的安定した幅広い砂浜がある (図 11). 新湊港東 防波提付近では浜はほとんどなくなる.西防波提 から放生津まで東新湊付近を除いて根固め前面に 砂浜はない. これは北東および北西寄りの波が東 および西防波提によって反射され、波のエネルギー がこれらの地域に集中するためと考えられる. 庄 川,小矢部川も相当な土砂を排出していると考え られるが,河口付近に砂州はみられない. このこ とはこれらの排出土砂が河口付近に迫っている庄 洋谷に落ちこみやすいためと思われる. このため 河口付近は各種の異形プロックによって根固め, 海岸提防が施されている.国分港のすぐ西側が



国分浜で,これは完全なポケットビーチであり, 砂浜は依然白く,また粒径が非常に小さいことが 特徴である.ここは決壊性海浜である.底質から みてこの区域が庄川,小矢部川の影響範囲と考え られる.

k) 雨晴より氷見漁港まで

国分浜の砂と雨晴以西との砂は性質を異にする ようである、国分浜、雨晴間は岩盤が突出してい て小島が岬の頭部に点在している.雨晴から北村 付近までは階段護岸があり, 浜幅は狭く決壊性で ある. 北村から仏生寺河口までは単調な赤みを帯 びた砂の自然海浜となり, 背後は低い砂丘の松林 となっている(図12).島尾遊園地から柳田付近 の海岸は安定していて幾分堆積性であるとおもわ れる. 仏生寺川河口では右岸側は護岸がなく浜幅 はかなりあるが, 左岸側は護岸があっても浜幅は に迫り, 異形プロックによる透過突提, 根固め, および護岸がある.砂の堆積はみられない.この 区域の底質は仏生寺川, 湊川から供給されたもの か、あるいはがけが浸食されてできたものとおも われる.



10

1) 氷見漁港北より女良漁港まで

この区域には流出する大河川がなく,概して山 が海岸線に迫っている。海岸線の出入が複雑で, 砂岩質の小さな岬の突出が数多く存在し,これら の南側が漁港として利用されている(写真10).



写真10 截田漁港

したがって岬の北側には砂浜はない. この海岸の 浜のない部分には洗たく板のような岩礁が水面付 近の高さにみられる. 港の外側では砂浜がなくて も港内の防波提のたもとには細かい砂が堆積して いる (図13). これらの砂は波によって岩のがけ が浸食されてできたものか,または付近の小川か らの排出土砂であろう.



1.2 踏査結果のまとめ

図1に示すとおり富山湾は日本海に面し,北西 部は能登半島でおおわれている. また南部は立山, 創岳等の3,000 m級の山が連なり、これらの谷間 から神通川, 庄川, 黒部川, 常願寺川, 小川, 片 貝川, 早月川等のかなりの急流河川が富山湾に流 出している. これらの河川によって運ばれた土砂 により多くの扇状地、三角州が各地に形成されて いる.一方海底地形をみると,富山湾では一搬に 大陸だながあまり発達せず常願寺,神通,四方, 庄の各洋谷をはじめ多くの洋谷が陸地に迫ってい る.「富山湾の自然条件について」(運輸省第一 港湾建設局伏木富山港工事事務所,昭和39年) によると、新奏地区における風は通常NE, SW 方向が卓越し, 10 m/sec 以上の風も同様の傾向 にあるが台風期には N~ENE に集中するものと されている. 波に関する詳細なデータは入手でき なかったが,昭和38年~43年度の観測を総合す ると,波高の季節的変動は小さく,H_{1/2}有義波で 1m以下は60%, 2m以下は80%, 5m以上は 0.1%以下であり、周期は 6~11 秒前後の出現度 数が最も高いようである.

富山湾の自然条件の概要は以上に述べたようで ある. 踏査により得られた富山湾の海岸性状の概 略を図14に示す. この図をみると海岸線の方向 と波高および海岸性状との間に非常に密接な関係 のあることがわかる. すなわち NNE 方向の波に 対して波の入射角が大きくなる常願寺川以東, な らびに氷見以北では沿岸方向の波のエネルギーが



大きくなるため浜がまったくないか、あるいは後 背地の河川よりの排出土砂に富む常願寺川以東で は細かい砂は運び去られ玉石ばかりの砂利浜海岸 が卓越している。これに対し常願寺川と氷見間の 湾奥部では一般に波の入射角は小さく比較的安定 した砂浜海岸となるべきである、さらに常願寺川, 神通川, 庄川, 小矢部川等の大河川がこの地域の 海岸に流出しているにもかかわらずこれらの排出 土砂の影響範囲がそれほど顕著にあらわれないの はこれらの河口付近を通っている洋谷のため多く の土砂が失われるものと考えられる、このため常 願寺川左岸,四方あるいは庄川河口付近の突出部 西側で卓越波の入射角が大きくなるところでは決 壊性となっている. また海岸線方向が波の卓越方 向N~NNEに近い所では構造物周辺での堆積は 少なく,所によっては突提や消波プロックがあっ ても砂浜の維持はほとんどできず,護岸法先の洗 掘さえみられる。これとは逆に海岸線が波の卓越 方向とほぼ直角の所では砂浜が開け比較的安定し ている.また特に常願寺川以東の各港の防波提に よる漂砂の阻止能力は無視しがたく、その影響範 囲が時には数 kmにもおよんでいる. さらに図 14 に示した各河口の閉塞状況や構造物周辺の砂の堆 積状況から漂砂の卓越方向が推定しうるようであ る。すなわち神通川以東では西向き、氷見以北で は北向きであろう、しかし湾奥部の中間について は明確でない.

2. 底質分析

第1節において海岸踏査で得た資料をもとにし て富山湾の海岸性状を概略的には握した.本章に おいては海岸性状についてさらに詳細な資料を得 るため海岸より採取した砂の粒度分析,重鉱物分 析をおこなった.そこで第2.1節においては粒度 分析について,第2.2節においては重鉱物分析に ついてそれぞれ述べる.

2.1 粒度分析

a) 砂の採取方法

試料砂は図1にあげた踏査地点78か所の9ち 浜のある所から採取した.採取方法は直径10cm 長さ15cmのステンレスパイプをてい線付近に垂 直に貫入させて内部に詰まった砂を採取した.な お参考のため後浜の先端付近からも同様の方法で 採取した.

b) 砂のふるい分け

現地より採取した砂に赤外線ランプを照射して 3日間放置し,砂を十分乾燥させた.その後ふるい目0.088,0.177,0.25,0.35,0.50,0.71, 1.00,2.00,4.80,9.52,19.10,38.10, 10.50,50.80 mmのふるいを用いて振とう式自動ふるい機により30分間ふるい分けをおこなった.

c)結果

各粒径域にふるい分けられた砂の重量を直示て んぴんにてひょう量し粒度曲線を作成した. この 粒度曲線からふるい通過百分率 25%, 50%, 75%に相当する粒度 d_{25} , d_{50} , d_{75} を求めた. 冬季および夏季の実施分について図 15 にその結 果を示す. この図において破線および二点鎖線に よって示されたところは粒度分析を行なわず, 目 測によったことを示すものである. なお参考のた めふるい分け係数 $\sqrt{d_{75}/d_{25}}$,および偏わい度 $\sqrt{d_{25} \times d_{75}/d_{50}}$ の値も同時に図示してある.

d) 考 察

図 15 をみると明らかなように富山海岸 は白 岩 川を境として東は砂利浜海岸,西は砂浜海岸と大 別される. 白岩川以西では中央粒径 dsoはだいた いにおいて西にゆくに従って小さくなっている。 これは波による底質の西方向のふるい分け作用に よるものと考えられる.また白岩川以東について は, 粒径が目測により求められたため明確ではな いが、中央粒径は河口付近では小さくなり、付近 に大きな河川をもたないところでは大きくなって いる。このことは白岩川以東の地域では沿岸方向 の波のエネルギーが大きいため細かい砂は直ちに 運び去られ,上流からの排出土砂の供給に富む河 口付近の地域のみに細かい砂が分布するためと考 えられる、またこの図を全域にわたってみると, 夏季の海浜における中央粒径は冬季のそれに比べ て一般に小さい傾向がある、これは夏季の波のエ ネルギーが冬季のそれに比べて小さいことによる 底質の季節的変動の度合いを示すものと解釈して よいであろう、ふるい分け係数についていえば波 のふるい分け作用によってその値は河口から遠ざ かるに従がい,しだいに1に近づく状況が黒部川, 早月川あるいは国分より北の海岸で一部みとめら れる.しかしその他の地域では明確でない. 偏わ い度については一部の海岸を除いて砂浜海岸では だいたい1に近く底質の粒度分布のかたよりが小 さいことを示している。しかし砂利または砂れき



浜海岸では粒度分布がかなりひずんでいる地域が 見受けられる.

2.2 重鉱物分析

現地踏査,粒度分析により海岸の浸食状況や漂 砂の移動方向の概略を知ることができた、つぎに 海浜を構成している底質がどこから運ばれてきた ものか、すなわち漂砂源を追求する問題が残され た.従来,この種の問題は底質の鉱物分析、また は岩石中に含まれる天然放射能の分析等によって 解析されている. 著者らはさきに重鉱物中に含ま れる天然放射性核種トリウム 228を利用して仙台 湾における漂砂源および卓越方向の解析を試みた. 富山湾においても同様の方法で現在実施中である。 また鉱物分析法は分析にかなり専門的知識を要す ること、および分析にかなりの時間を要すること などの理由から、これまであまり詳しい解析はお こなわれていないようである。しかしさきのトリ ウムの場合のように単一要素のみを追跡するのに 比べて、重鉱物中の各種の鉱物を対象として、こ れらのパターンに注目すればさらに多くの情報量 を得ることが期待できる、このような理由から本 研究で鉱物分析をおとなった。二、三の興味ある 結果が得られたので、とれについて以下に述べる。

a) 重鉱物離法

砂の粒径 - 粒度分析をおこなった際の全粒径域 において分析するのが理想的であろう.しかし, 一般に砂の粒径が大きくなると重鉱物の含有量が 小さくなる.また重鉱物の粒度が大きくなると, 2種以上の重鉱物が互いに混合しあって見分けに くくなったり,顕微鏡下での光の透過度が低下す る.さらに鉱物の識別に要する時間,労力も無視 できない.このような観点から対象とする粒径域 は代表的なものに限定する必要が生じた.そこで 本解析には,鉱物分析に対しては0.088~0.177 径の砂を適用した.なお念のため0.177~ 0.250mm 粒径域の底質についても重鉱物分析を おこなったが,鉱物組成比その他で同様の類似が みとめられた.

重鉱物の分離ー内径 30 mmの大型ビュレットに 約500 gの四臭化エタン(CHBr₂・CHBr₂比重 2.95)を入れ、この中に試料砂 20 g程度を 混合 し、よくかくはんして数時間放置して、その後重鉱 物が完全に沈下したことを確かめてからビュレッ トの底に沈んだ重鉱物をビーカーに流し出した. ビーカーに採取された重鉱物をメチルアルコール にて十分洗浄し乾燥後ひょう量した. とのように して分離された重鉱物は一部は顕微鏡による重鉱 物分析用の試料として,残りは天然放射能測定用 の試料として用いられた.

b) 鉱物分析

分離された各試料について約 500個の重鉱物が 含まれるようにスライドグラス上に直径約 15mm の円内に一様にまき,カナダバルサムを滴下しカ バーグラスで押えてサンブルを作成した。カナダ バルサムの固着後,偏光顕微鏡にて鉱物分析をお こなった、識別した重鉱物は緑角せん石,かっ色 角せん石,普通輝石,しそ輝石,鉄鉱石,石英, 長石,白雲母,黒雲母,ざくろ石,かんらん石, 金紅石,電気石,その他の 14種であった。また 識別した重鉱物の数は1 試料につき 150~200 個であった。

c) 分析結果

昭和44年3月に採取した底質についておとなっ た分析結果を図16の上欄に示す。この図におい て石英,長石以下電気石,金紅石に至る8種類の 鉱物については、これら個々の重鉱物が他の4種 類の鉱物の個数に比べて非常に少ないか、あるい はどく一部の限られた試料のみにしか含まれなかっ たため「その他」として取扱った、またその鉱物 の表面の割れ目やきずが多くて光学的性質の調べ がたいもの, 2種類以上の鉱物が結合しているも の,あるいはこれら14種以外の新しい鉱物とか, 重鉱物分離の際に混入した比重3以下の鉱物等を 「不明」として取扱った、この図より白岩川を境 としてその東西では重鉱物の組成比が対照的であ ることがわかる. すなわち白岩川以東では角せん 石が多く,逆に以西では輝石類が多くなっている. このことは富山海岸が主として常願寺川以東は砂 れきあるいは砂利浜海岸、以西は砂浜海岸となっ ている事実とよい対応をなしている。しかし、以 上の分析結果から沿岸の漂砂源およびその卓越方 向を推定することは困難である。一般に緑色角せ ん石は花とう岩、花とうせん緑岩等の酸性岩に、 かっ色角せん石ははんれい岩、かんらん岩等の塩 基性あるいは超塩基性岩に、また普通輝石は火山 岩に多く含まれているといわれている。富山県の 地質図(図17)を見ると早月川以東の流域では 花こう岩、花こうせん緑岩、流紋岩等の岩石が、 また以西の流域では安山岩が目立っている。そこ でこうした地質的特性を知って富山海浜の主な漂





図 17 富山県地質図

砂源とおもわれる小川以下9河川の排出土砂の重 鉱物組成を調べてみた。この結果を図 18の 上欄 に示す、なお、この時採取した底質はそれぞれの 河口より数百m上流にさかのぼったところの二, 三点より採取された砂について分析したものであ る、この図より白岩川以西の川の重鉱物組成比は 輝石類が多く、また以東の川では角せん石類が多 くなっていることがわかる。これらの相異はさき に述べた富山の地質的特性よりみて容易に理解で きる. さて図 18の下欄において 明らかなように, 各河川間の重鉱物組成比はかなり特徴的である. そこでこれらの河川の各々の重鉱物組成比をその 河川の特徴を示す要素とみなせば、いまここで求 めようとしている漂砂源、卓越方向の推定に対す るなんらかの指標となりうることが予想される。 この考え方について以下さらに詳細をのべる.

d) 分析結果の解析

沿岸の漂砂がつぎの仮定のもとで生するものと した. 1)ある一地点の海浜は付近の河川よりの流出 土砂により構成される。

可対象重鉱物間の局所ふるい分けは生じない。 1) については漂砂の供給源は河川その他,沿 岸の浸食によるもの、背後の陸地から風によって 運ばれるもの、さらに外海から波によって打ち寄 せられるもの等があろう、しかし、富山湾の場合 考えられるし、また海岸浸食によって漂砂源が生 ずる可能性のあるところではそれを新たな漂砂源 として取扱えば問題はないであろう、また可につ いては通常漂砂過程において底質間にふるい分け が生じ漂砂供給源より排出された砂はその比重や 粒径の相異およびその他に応じて異なった運動を する、ところがこれからおこなう解析ではこの現 象は好ましくない、このような問題点をできるだ けさけるためには少なくとも粒径域が同じで、か つ類似の比重をもつ重鉱物のみに限定する必要が ある. さらにこれらの重鉱物はどの試料にも比較 的多量に含まれるものが望ましい、このような観



図18 鉱物分析(河川砂採取分)



図 19 海浜砂構成パターン

点から考えると,以上の条件を満足する重鉱物は 緑角せん石(比重3.0~3.3),かっ色角せん石 (比重3.0~3.3),普通輝石(比重3.2~3.6), およびしそ輝石(比重3.3~3.5)の4種類にな る.

鉄鉱石はどの試料にも多く含まれているが比重 が4.5~5.0と他の4種類の重鉱物に比べてやや大 きいことと、一般に鉄鉱石は選択的、局所的に集 中する傾向があるといわれていることなどの理由 からこれを除外した。こうして選ばれた4種類の 重鉱物の組成比を改めて計算したものが図16の 下欄、図18の下欄である、図18の下欄において 各河川ごとに数点より採取した砂の重鉱物組成は これを平均し、その平均値でもってその河川の特 徴を表わす代表組成比とした。また境川について は鉄鉱石の含有量が多くて、これら4種類の重鉱 物の数が少なすぎたためにこの計算から除外した。 いま海岸のある地点」における砂の供給源が

 R_1, R_2, \dots, R_n であるとし、これらがそれ ぞれ $P_{j1}, P_{j2}, \dots, P_{jn}$ (ただし $\sum_{i=1}^{n} P_{ji} = 1$) の割合で構成されているものとする(図 19)そう すればさきの仮定から

 $P_{j1}R_1 + P_{j2} + \dots P_{jn}R_n = S_j \dots (1)$ と表わすことができる. ただし S_j は測点 j にお ける海浜砂の重鉱物組成比 $(S_{j1}, S_{j2}, \dots S_{jn})$ (ただし $\sum_{i=1}^{n} S_{ji} = 1$)を表わすベクトルを, ま た R_i ($i = 1, 2, \sim, m$) は河川 i の重鉱物組成 比 $(\gamma_{i1}, \gamma_{i2}, \dots \gamma_{in})$ (ただし $\sum_{i=1}^{n} \gamma_{ik} = 1$) をそれぞれ表わすものとする.

さらに m は測点 j の海浜を構成している河川の個数, n は対象とする重鉱物の個数をそれぞれ表わ すものとする.いまもし m=n であれば(1)式は次 のように表わされる.



Į	p_{j^2}		721,	7 22 ,	•••••	7 2n		Sj2	
ĺ	:		:	:		ł		:	(4)
Į		=		÷		ł			
1	(·)		:	:		:	[(:)	
	p_{jn}		Vn1 .	$\gamma_{n^2},$	••••	rnn		$\langle S_{1n} \rangle$	

となる.(4)式において右辺の逆行列の各列は各河 川の重鉱物組成比を,また右辺第2項の列ベクト ルは観点」における重鉱物組成比を表わすもので ある.これら右辺の諸量は鉱物分析によって求め られる量であるが,(4)式を各測点について計算す れば一つの漂砂源からの砂の到達限界,卓越方向 の分布等が求めうることになる.

ところがいまの場合重鉱物数n = 4であるのに対 し、影響河川数mは未知でこれを4個と限定する ことは容易でない.したがって(4)式を連立方程式 として直接解くことはできない.そこで一つのシ ミュレーションとして、一応鉱物組成比が得られ た全河川を漂砂源と考えm = 9とし、各河川より の土砂混合率 $p_{ij}(i=1,....,9,\sum_{i=1}^{n}p_{ji}=1)$ を 0.1刻みに0~1.0まで変化させ、すべての可能な 限りの組み合わせのバターンを与えて(1)式の左辺 より測色jにおける重鉱物組成比 S'_j を求めた.こ のバターンは1測点について約40,000個与えられ た.この各バターンにおいて得られる重鉱物組成 $S'_j \geq S_j \geq$ の間で4個の各重鉱物について分散を求 め、この4 個の分散の平均値 $\overline{\sigma}^2$ 、すなわち

$$\overline{\sigma}^{2} = \{(S_{ji} - S_{j1}')^{2} + (S_{j2} - S_{j2}')^{2} + (S_{j3} - S_{j3}')^{2} + (S_{j4} - S_{j4}')^{2}\} \neq 4$$

が最小になるバターンを選出し、この時の p_{ii} (i = 1, 2, ……, 9)を測点 j における河川 i の寄与率とした。なお、比較のためこの分散の平 均値 $\overline{\sigma}^2$ の小さいものから20個についての寄付率も 同時に調べた、とのようにして底質採取各点で河 川の寄付率p.,を求め、これを図20 に各河川別に プロットした。これらの点を実線で結んだものが 各河川の排出土砂の影響範囲、各測点における底 質の構成比と考えた、しかし、試料採取のかたよ り、重鉱物分析の誤差、ばらつきその他の原因の ため、たとえば黒部川におけるように、その影響 範囲が全域で4個あり、しかもこれらが互いに孤 立する。このことは現実の現象をあてはめてみた 場合不合理である、したがってこのように2個以 上ビークが出て、しかもその間を結ぶ測点で2か 所以上p」=0になれば,河川を含む方を残して他 を切り落し、切り落した分を他の河川に割り振る という操作をおこなって部分的に修正した、図の ハッチで示したものがその結果である。なお、神 通川, 庄川において測点51以上のところの白丸は 神通川、庄川のみをこれらの地域の漂砂源と考え て計算した値である、また小川以東、庄川以西に ついては漂砂源としての重鉱物分析ができなかっ たので、これらをまとめて2個の漂砂源として取 扱った。

このようにして得られた結果をみると、各河川か らの排出土砂の顕著な影響範囲は小川を除いては だいたい10~15 kmであり、小川から西の神通川 に至るまでの川では漂砂はいずれも西向きで、ま た庄川では東向きが卓越している。このことは、 さきに述べた踏査結果をかなりよく説明している ことがわかる.しかし図20の計算結果の各点のば らつきをみると明らかなようにハッチで示した分 布を与えるにはかなり無理がある.とくに早月川, 神通川、および庄川においてとの傾向が強い、と れはさきにも述べたような各測点における採取砂 のばらつきのほかに、図18に示す各河川の重鉱物 組成比の決定にも問題があるようである。すなわ ち図18の下欄において明らかなように各河川にお ける重鉱物組成は彩取点によってかなり差があり 平均値の意味が疑わしい、このような問題点を避 けるためには各河川よりの底質彩取点数を多くし,





富山湾海岸浸食に関する研究 (第1報) 防災科学技術総合研究報告 第25 号 1971

また鉱物分析もとれに応じて増加するととにより 河川の重鉱物組成比の決定をさらに慎重におとな う必要がある.なお、これらの計算に研究所計算 室のTOSBAC-3400を使用した.計算時間は1 測点につき約5分間であった.

3. 結論

以上の調査,分析からつぎのようなことが明ら かにされた.

(1) 主として富山海岸は常願寺川以東は砂れき, 常願寺川以西仏生寺川までは砂, それより西では がけよりなっている.

(2) 富山湾の浸食は黒部川河口付近,および早 月川付近において激しいようである。これは冬季 に卓越するNNEからの波と海岸線の方向とに密接 な関係があるようである。

(3) 常願寺川,神通川,庄川の砂浜海岸においても,NNEに垂直な方向に対してある程度傾斜をもつ左岸側ではいずれも決壊性である.

(4) れき,砂利あるいは砂浜海岸において,護 岸より数m離して設置された異形プロックは消波 および砂れきの堆積に対し効果的に働いていると ころが随所にみられた。

(5) 漁港,港の防波提による漂砂の阻止能力は 大きく,その下手側では浜がないととろが多い。

(9) 富山湾における漂砂は富山新湊港付近を境として以東は西向き,以西は南~東向きである.

(7) 砂浜の中央粒径は夏よりも冬のほうが大きく,夏と冬における波のエネルギーの相違が実証 された。 (8) 砂れき海岸の河口部では砂や砂利が混合しているが、河口から遠ざかるに従って砂が冲に運び去られ海岸付近では砂れきが卓越する.

(9) 漂砂によって河口閉そくされる小川が多い。

(10) 護岸の脚部,突提の先端の洗掘が目立った.

(11) れき浜,砂れき浜,砂浜の相異は河川の排 出土砂の鉱物学的特性とよい対応をなしていると とがみとめられた。

(12) 河川よりの流出土砂の影響範囲はそのほとんどが10~15 km 程度である。

(13) 漂砂供給源としておもな河川をとりあげ, これらの重鉱物組成と各海岸のそれとの関係から 現地の漂砂源,卓越方向,影響範囲をかなりよく 説明できるようである。

以上述べたととが,昭和43年から44年にかけて 2回にわたっておこなわれた現地踏査,および底 質分析の結果である。なお2回目に採取した底質 の重鉱物分析,および天然放射能を利用したトレー サ分析は,現在実施中であり,その結果は45年ま での調査がすべて終了してから報告する予定であ る.

謝辞

本調査は, 富山県各土木事務所ならびに運輸省 第一港湾建設局伏木富山港工事事務所の協力のも とておこなわれた.また資料の分析, 整理には本 研究所浅川昭氏, および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 いてある.