

報 文

551.46 : 551.79(521.44)

小浜湾の海況と堆積に関する研究

(中間報告)

産業地質グループ

Study on Marine Conditions and Sedimentation in Obama Bay, Fukui Prefecture (Interim Report)

Akira UNOZAWA, Toru SAKAMOTO (Quatern. Geol.); Seikichi
KAMATA, Takeo HOSONO, Toshio HIROSHIMA (Geophy. Prosp.);
Teruo AIHARA, Nobuhiko OBARA (Marine Geol.); Kazue
WATANABE, Haruo KISHI, Minako TERASHIMA (Geochem.)

Abstract

The mountainlands of the district are mainly occupied by Paleozoic formations followed by ultrabasic rocks. Quaternary deposits distribute on the mountain-foot. They are river terraces, small fans and Alluvium found along the coast live on the southern part of Obama Bay and near the bay entrance. While, comparatively thick deposits of unconsolidated diluvium are known to be overlain by Alluvium in the area of river valleys and the bay bottom, through the boring records in the past and the acoustic prospecting (sparker) in this time.

Tidal currents were not ascertainable here, owing to a shorter tidal range (30 cm), accordingly a clock-wise rotary current was barely sensible only in a shallower layer. The current condition is shown by the distribution of water temperature and salinity. Stagnant condition of sea water is rather remarkable at the inner part or bottom layer in the bay. This hydrographic features reflect sharply to the distribution of the size grades of bottom sediments; a striped pattern of E-W direction at every size grade is characteristic in Obama Bay. Transparency of sea water is unexpectedly small (max. 5~6 m), and the shortage of dissolved oxygen becomes considerably severe from the middle water layer down to the bay bottom (min. 0/0...41%), where, Eh shows minus value (min. ...-200 mV), and Cu, P etc. in the bottom water are concentrated and C. O. D. (chemical oxygen demand) value records 3.5 ppm in maximum and C/N ratio amounts to 10.3 in average.

ま え が き

福井県小浜湾の海況と堆積に関する概要を知るため、昭和46年度から47年度にわたり、いくつかの項目について研究を行なった。各項目と担当者名は次の通りである。本研究は昭和48年度まで継続して行なわれるが、さしあたり中間成果を報告する次第である。なお現地調査に際しては、福井県および小浜市の各位から多くの協力を仰いだ。付して謝意を表する。

- I. 小浜平野周辺の地形と地質（とくに海岸・河岸段丘を中心として）……………宇野沢昭*・坂本亨**
- II. 小浜湾における音波探査結果の概要……………細野武男***・鎌田清吉***・広島俊男***
- III. 水温および塩分に関する小浜湾の海況……………相原輝雄*・尾原信彦****
- IV. 透明度および粒度分布からみた小浜湾の堆積相……………尾原信彦
- V. 小浜湾海中の溶存酸素量と底水ならびに湾底堆積物中の化学成分について……………渡辺和衛*・貴志晴雄*****・寺島美南子*****
- VI. 内湾調査用油圧式採砂機器について……………相原輝雄

* 応用地質部 ** 地質部 *** 物理探査部 **** 元所員 ***** 技術部

I. 小浜平野周辺の地形と地質

——とくに海岸・河岸段丘を中心として——

I.1 小浜周辺の第四系について

山陰地方ならびに北陸地方の第四系については、近年その全貌が次第に明らかにされ、その成果は逐次公表されている。この研究で対象とする小浜平野とその周辺の地域は、丁度、山陰、北陸両海岸地域の接点に位置するが、従来、第四系については、広川ほか (1957)、広川・黒田 (1957) および三浦 (1962) が、その研究の中で一部報告しているのと笹嶋 (1962) の研究以外はほとんど報告がない。

従来、小浜地域の第四系は、主として河岸段丘堆積物、小扇状地堆積物および河谷を埋積する河成・海成堆積物からなるとされるが、筆者の調査では、海岸段丘堆積物が発達すること、また、きわめて局所的であるが降下軽石層の堆積が認められたことなどの新知見を得られた。しかしこの報告を執筆する段階では、海岸段丘、河岸段丘の対比の問題、軽石層の同定の問題、さらには小浜湾底の堆積物との関連において重要な海成沖積層の実体など多くの問題が解決されていない。したがって、本稿で

は取りあえず現在までに得た知見に基づいた記述にとどめる。

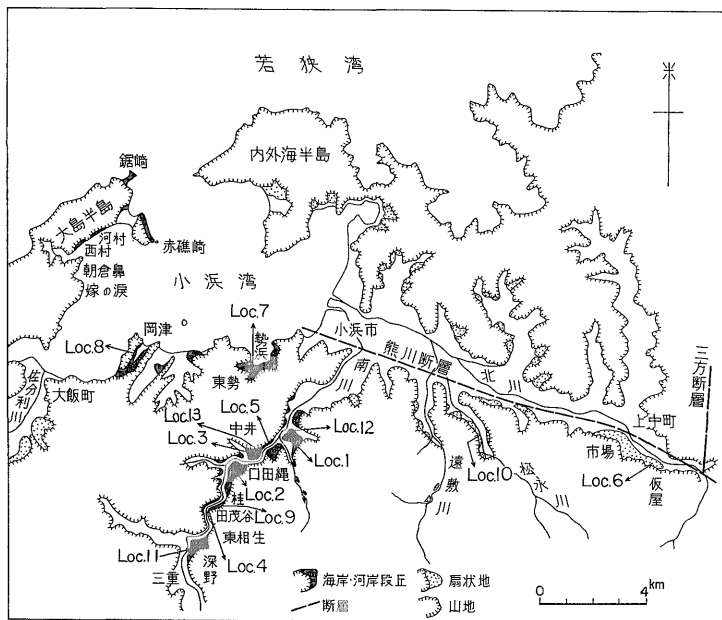
なお、段丘などの地形面分布 (第I-1図) は調査成果のほか、航空写真の判読による部分が多く、かつ、これら地形面について若干の未調査の部分があるので、ここでは地形面区分の図示をせずその分布状態のみを示した。

I.2 調査地域の概要

小浜平野は、標式的なリアス式海岸地形で知られる若狭湾岸のほぼ中央に位置する。

小浜平野周辺は、2, 3の報告で明らかのように多数の断層によって地塊化し、なかでも山崎・多田 (1927) によって報告された三遠三角地域は、熊川断層と三方断層に挟まれた沈降地塊として知られ、その海岸線は若狭湾内でも顕著な沈降性海岸線を呈している。

若狭湾沿岸における海岸平野の発達は一一般に乏しい。小浜湾周辺においても、この地域の主要河川である北



第I-1図 小浜湾周辺の地形図

川, 南川の河口域から北川の流域にかけて狭長な小浜平野が発達するほかは, この西方の佐分利川の河口域 (大飯町) に狭小な平野が形成されているにすぎない。

当地域の第四系の基盤岩は, 広川ほか(1957), 広川・黒田 (1957) によれば, 大部分古生層からなり粘板岩を主とする。小浜湾の北～西岸には, 舞鶴帯の一部の超塩基性岩が分布する。

I.3 第四系

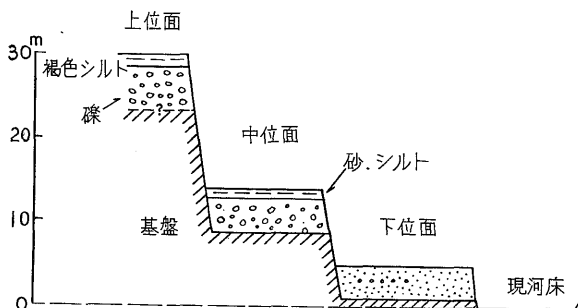
I.3.1 海岸段丘堆積物

大島半島北半部の鯉崎, 赤礁崎および河村, 西村付近にはきわめて狭小な海岸段丘が発達する(第 I-1 図)。

読図による前 2 者の海拔高度は14~15mであり, 後者のそれは 8~10m程度である。面区分については, 未だ断定できないが, 後述の段丘堆積物の岩相, 層厚および基底高度などからも 2 段に区分できそうである。

赤礁崎に分布する段丘堆積物は, 泥質の砂を基質とする分級のよい円礫層 (礫径 5 mm 内外) からなり, 層厚は 1.5mを超えない。段丘の発達状態および岩相からみて, この堆積物は汀線堆積物と思われる。礫は大部分古生層由来の砂岩・粘板岩でかなり風化礫が含まれる。この礫層は, ローム層に似たみかけの岩相を示す厚さ 1 m 以上の褐色シルト層に覆われる。なお, この褐色シルト層は, 本地域の段丘, 扇状地を覆って普遍的に分布している (第 I-2 図)。

一方, 大島半島の河村・西村付近に分布する段丘堆積物は, その上部・下部が最大礫径 30cm の亜円～亜角礫であり, 中部は, 礫径 3~5 cm 大の亜円礫層をレンズ状に挟むかなり淘汰のよい細粒砂層からなる。段丘堆積



第 I-3 図 中井付近の河岸段丘模式断面図

物の上位には崩積した角礫層が重なる。この段丘堆積物の基底 (基盤面) には最大 3 m 程度の凹凸があり, 下部礫層はこの凹部を埋めており, 中部砂層は凸部で直接基盤上に堆積するようである。また, 岩相の横への変化がみられ, ときに中粒砂層がきわめて薄化することがある (第 I-2 図)。

I.3.2 河岸段丘堆積物

南川, 北川の本流域・支流域および小浜湾南岸の小谷域に分布する。第 I-1 図にその分布を示す。以下, 各流域に分けて述べる。

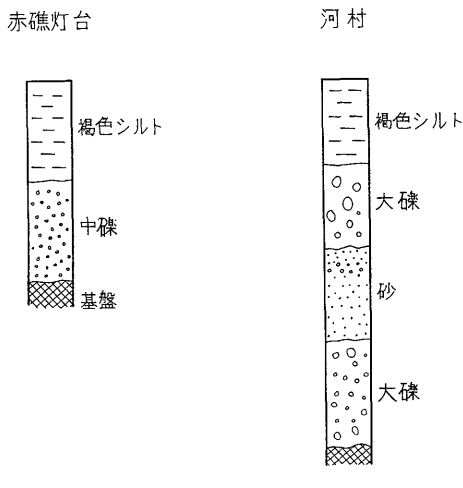
南川流域

南川流域の河岸段丘は, 中流部の三重から下流部の中井に至る間に発達がよく, 上位・中位・下位の各段丘に区分できる (第 I-3 図)。

上位段丘: 全般に保存不良で, 形態的には段丘として識別が困難な場合が多いが, 口田縄ではよく保存されており, 段丘面にはゆるやかな起伏が生じている。

段丘面の海拔高度は, 口田縄で45m内外, この上流側の東相生では約55mであり, 現河床との比高は, それぞれ約30mである。

口田縄 (第 I-1 図 Loc. 1) で観察される段丘堆積物は, その下限が露出していないため全層厚は不明であるが, 約 4.5mほどがみられ, このうちの中～下部は泥質な中～粗粒砂を基質とする円～亜円礫層 (礫径 5 cm 以下) からなり, 上限付近にはチャートの亜角～角礫 (礫径 20~25 cm) が含まれるほか, 下半部には砂質シルト層が挟まれる。礫層の中には弱いながらも礫の配列に方向性がみられる。礫種は, 古生層由来のものであり, 粘板岩, 砂岩の小礫ほどよく円磨されているが, チャートは亜角～角礫が多い。この礫層の上位には厚さ 1 m 以上のローム様の褐色シルト層が重なり, その下限に近い部分には礫が散在的に含まれており, 下位の礫層に漸移する。礫層の下限に近い部分には礫が散在的に含まれており, 下



第 I-2 図 海岸段丘堆積物柱状図

位の礫層に漸移する。なお、この褐色シルト層の厚さは、礫層面がフラットであれば5m内外に達すると思われる。

東相生(第I-1図 Loc. 4)でも段丘堆積物の下限は露出しないが、厚さ約6mが観察でき、口田縄と同様に上限付近に径30cm大のチャートの亜角礫を含む円～亜円礫層とこれを覆うローム様の褐色シルト層からなるが、ここでは、この褐色シルト層の下半部に角礫が散在したり、やや斜交した葉理の発達する薄い砂層・シルト層がレンズ状に挟まれている。

中位段丘：各段丘のうちで最も広く分布しており、とくに深野、桂、および中井付近に発達がよく、段丘面は広く平坦面を残している。しかし、桂でみられるように段丘面を覆って扇状地が形成されているところがあり、このようなところではゆるい扇状地地形を呈している。

読図による段丘面の海拔高度は、深野で約46m、桂で約34m、この下流側の中井では約30mであり、現河床との比高はそれぞれ約6m、13m、10mである。したがって、桂、中井付近より上流および下流側で現河床との比高を減じている。

深野(第I-1図 Loc. 11)で観察される段丘堆積物の全層厚は4m内外で、礫層とこれを覆う黒褐色の泥質シルト層からなる。礫層の厚さは約3～3.5mで、下半部は細礫まじりの泥質な粗粒砂を基質とする円～亜円礫(礫径5～15cm)からなり、最大径40cm大の巨礫が含まれる。上半部では全体に礫が小さく平均礫径5cm内外である。

一方、中井(第I-1図 Loc. 3)および口田縄(第I-1図 Loc. 5)のように山地に近接したところでは、段丘堆積物の上に崖錐性角礫層が重なり、ときに段丘構成礫層と互層あるいは指交状態を呈する。また、一部では崖錐性角礫層と段丘堆積物との境に径1m以上の巨礫がはさまれている。

下位段丘：全般に発達が悪いが、中流域の桂、この下流側の中井および口田縄では比較的発達がよい。読図による段丘面の海拔高度は、桂で約27m、中井で約22m、口田縄では約20mであり、現河床との比高は、それぞれ4.5～5.5mである。

口田縄(第I-1図 Loc. 12)および中井(第I-1図 Loc. 13)で観察される段丘堆積物の全層厚は4m内外であり、現河床との比高約1mの基盤上に堆積する。この段丘堆積物は亜円～亜角礫(礫径5cm内外)まじりの泥質な基質をもつ淘汰の悪い中粒砂からなるが、ときに薄い中礫層がレンズ状に介在したり、また、径40cm大の巨礫が含まれることがある。なお、この段丘にはロー

ム様の褐色シルト層は堆積していない。

北川流域

北川流域では段丘の発達が不良で、上流左岸の上中町仮屋からこの下流側の市場付近に1段が認められる。仮屋付近の段丘面の海拔高度は、段丘崖の直上で約55m、市場の東方では約50mであり、沖積面とは5～10m近い崖線で境されている。しかし、この段丘面は山地に接近するにつれて高度を増し、前者で約75m、後者では約70mに達しており、形態的には扇状地地形を呈している。後述する堆積物の岩相からみると支谷が北川と合流する地点に形成された扇状地の扇端部がカットされて段化した地形とも考えられるが現時点では未だ明確ではない。市場より下流側ではすべて小扇状地地形を呈している。北川支流の遠敷川、松永川流域にも小規模な段丘が発達するが、これらの段丘面は崩積物に覆われていることが多く、このため形態的に扇状地地形を示すか、または識別が困難な場合が多い。

仮屋(第I-1図 Loc. 6)で観察された段丘堆積物は、その下限が露出していないため全層厚は不明であるが約5mが観察でき、下位から灰色粘土層、角礫まじり黄褐色粘土層、径3cm以下のチャート礫を主とする角礫層、角礫まじり粘土質砂層、径5cm以下の亜円～亜角礫層および角礫まじり粗粒砂層の互層からなるが、全体には亜角礫・角礫層の占める割合がきわめて大きい。

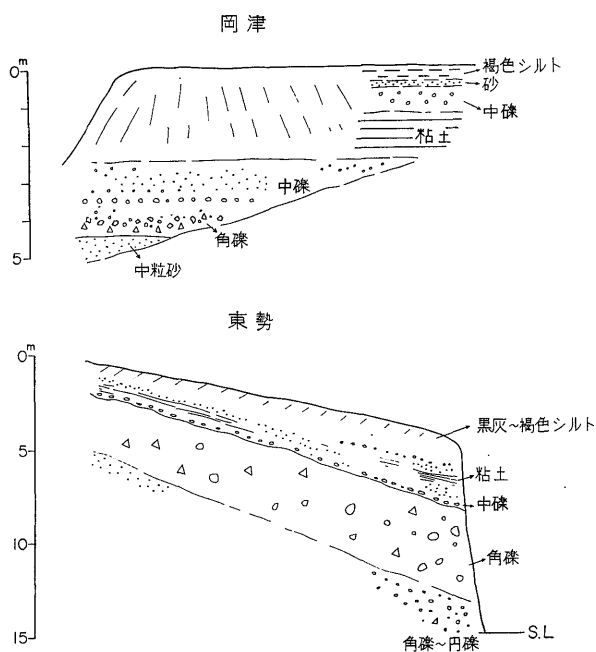
小浜湾南岸の小谷城

小浜湾南岸の岡津からこの東方の勢浜に至る間に発達する小谷には、その流域面積に不相応な広い谷底面が認められる(第I-1図)。東勢での谷底面の海拔高度は最も海側で13～15mで、岡津では約10mである。岡津ではこの谷底面を下刻して段丘が形成されている。

東勢(第I-1図 Loc. 7)で観察される堆積物の厚さは13m以上であり、このうち中～下部の厚さ約10mの部分は角礫(最大径10cm)の密集層、円～亜円礫層(礫径5cm内外)および細角礫を含むやや泥質な中粒砂層の互層からなる。この互層の上位に重なる厚さ約3mの部分は薄い砂質粘土層、かなり分級良好な円礫層(礫径1cm内外)および中粒砂の互層状であり、全体に泥質である(第I-4図)。

以上の堆積物を観察した地点は、勢浜海水浴場の西端であるが、この勢浜海水浴場の中央から東方にかけては最も高所で海拔約8mまで基盤が露出している。したがって、この谷底面を構成する堆積物は基盤の谷地形を埋めて堆積していると思われ、その下限は現海水準にある可能性が考えられる。

岡津(第I-1図 Loc. 8)でも段丘堆積物の下限が不



第 I-4 図 岡津・東勢の河岸段丘の地質断面図

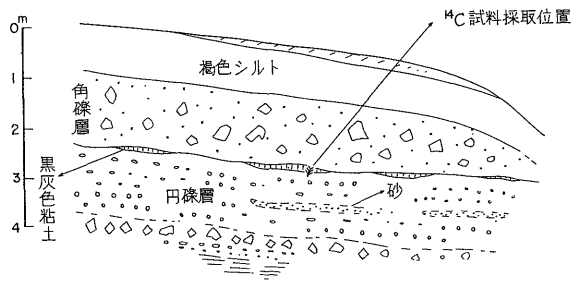
明なため、上部の 5 m 内外が観察されるにすぎないが、東勢でみられた堆積物上部の部分とはほぼ同様な岩相、堆積状態を示す。ただ、ここではかなり多くの扁平礫が含まれる。また、最下部にはかなり淘汰のよい細～中粒砂が認められる。

扇状地堆積物

当地域には第 I-1 図に示すように多数の小扇状地群が発達する。これらの扇状地の扇端部は高度的に沖積面、あるいは谷底面と漸移することが多く、その堆積物の観察は困難な場合が多い。

第 I-5 図に示したのは、北川支流の松永川下流地域(第 I-1 図 Loc. 10)で観察された扇状地の縦断面である。堆積物の下限は不明であるが約 4 m の断面が観察で

きる。すなわち、下半部は主に泥質の中～粗粒砂を基質とする径 5 cm 内外の円～亜円礫からなり、薄い角礫層を挟む。下流側では薄い砂層がレンズ状に挟まれる。層理がかなり明瞭にみられ、扇頂から扇端方向に礫の配列がみられる。上半部は崖錐性角礫層に覆われ、さらにローム様の褐色シルト層が重なる。崖錐性角礫層とこの下位の円礫層との間には黒灰色粘土の薄層がパッチ状に挟まれる。この粘土層の部分から採取した 2 個の木片の ^{14}C 年代測定値は、 $1,215 \pm 90 \text{ Y. B. P. (A. D. 735)} : \text{GaK-4124}$ および $1,240 \pm 70 \text{ Y. B. P. (A. D. 710)} : \text{GaK-4125}$ であった。当地域には形成期を異にする小扇状地の存在が予想されるが、上記の年代もその一時期を示すものかも知れない。

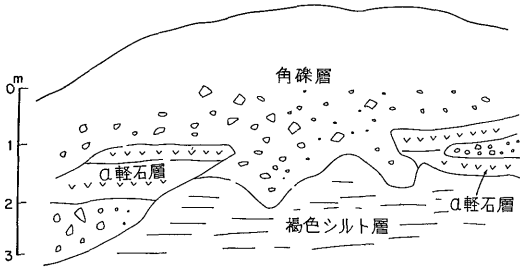


第 I-5 図 扇状地の縦断面図

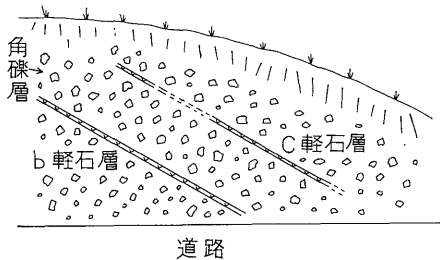
I.4 軽石層について

南川中流域の^{たもだに}田茂谷(第 I-1 図 Loc. 9)において、崖錐性角礫層の中に挟在する 3 層の軽石層が認められた。これら 3 層の軽石層を a 軽石層、b 軽石層、c 軽石層と仮に呼んでおく。これらの軽石層は同一の露頭では観察できないが、その堆積の状態からみて下位から、a、b、c の各軽石層の順に重なると思われる。供給源火山ならびに層位については未だ明らかではない。

a 軽石層は、第 I-6 図(バス停、田茂谷の前)に示す



第 I - 6 図 a 軽石層の堆積状態



第 I - 7 図 b 軽石層および c 軽石層の堆積状態

ように、南川上位段丘堆積物の上部とみられる褐色シルト層を覆って重なる崖錐性角礫層の中に挟在する。部分的に上位の角礫層に切られた状態を示す。軽石層の厚さは同一の露頭でもかなりの差があり、最大層厚は 109 cm に達しており、この堆積状態は、吹きだまり、あるいは斜面堆積を示すと考えられる。岩相は一見ゴマ塩状であり、粒度は中粒でかなり均一であるが、肉眼観察では黒色鉱物の量から 3 部分に分けられる。すなわち、最大層厚を示す部分では、上から 17 cm, 17 cm, 75 cm の 3 部分に分けられ、前 2 者は褐色、後者は明るいオレンジ色を呈しており、黒色鉱物の量は 3 部分のうち中部が最も多く、次いで下部、上部の順になる。これらの境はかなり明瞭である。

概略的な鉱物組成は、角閃石、紫蘇輝石、磁鉄鉱、斜長石のほか黒雲母がかなり含まれている。

b 軽石層および c 軽石層は、a 軽石層の露頭より約 300m 上流の道路際でみられる (第 I - 7 図)。

b 軽石層は明褐色を呈しており、崖錐角礫層中に傾斜堆積する。厚さは 10 ~ 15 cm であるが、粒度組成からみて 2 部分に分けられる。すなわち、大部分は細粒で均一な粒度をもつが、最下部には厚さ約 1 cm の中粒の帯が断続的に付随する。また、この軽石層の上位には厚さ 5 ~ 10 cm の褐色ローム層が重なり、この中には角閃石とみられる黒色鉱物が散在する。

概略的な鉱物組成は、角閃石、紫蘇輝石、磁鉄鉱、斜

長石および黒雲母が含まれるほか、火山ガラスがきわめて多い。

c 軽石層は明褐色を呈し、b 軽石層の上位に崖錐角礫層をへだてて傾斜堆積する。中粒で均一な粒度をもち、層厚は 10 cm 以下であり、パッチ状に介在する。

概略的な鉱物組成は、角閃石、紫蘇輝石、磁鉄鉱、斜長石のほか、火山ガラスが含まれている。

I.5 段丘分布の特徴

当地域の海岸段丘、河岸段丘の発達は第 I - 1 図に示すように大島半島の北半部、小浜湾南岸および南川の中流域に分布する。これらの段丘の分布には次のような特徴がみいだされる。すなわち、

1) 大島半島中部の嫁の涙と朝倉鼻のほぼ中間付近を西北西にのびる“断層崖”と思われる地形が認められる。大島半島における海岸段丘はこの“断層崖”を境として北側にのみ分布する。

2) 岡津、東勢付近 (小浜湾南岸) の谷底面はその地形から同位面と考えられるが、これらより東方および西方には類似の谷底面は存在しない。

3) 南川の河岸段丘は中流域で最も発達がよく、この上流・下流側では著しく発達が不良となる。段丘の発達良好な中流域では先行谷的な溪谷が形成されている。

文 献

- 広川 治・磯見 博・黒田和男 (1957) : 5 万分の 1 地質図幅「小浜」, 同説明書。地質調査所。
- ・黒田和男 (1957) : 5 万分の 1 地質図幅「鋸崎」, 同説明書。地質調査所。
- 北陸第四紀研究グループ (1969) : 北陸地方の第四系。地団研専報, 15. p. 263-293.
- 三浦 静 (1962) : 北陸地方西南部第四系の研究。福井大学学芸紀要, II, 12.
- 笹嶋貞雄 (1962) : 福井県小浜平野の地形・地質と地下水について。I, 小浜平野およびその周縁の地形と地質。福井大学学芸紀要, II, 12, 5. p. 89-101.
- 山崎直方・多田文男 (1927) : 琵琶湖付近の地形とその地体構造について。震研彙報, 2, p. 85 ~ 99.

I. 小浜湾における音波探査結果の概要

II.1 探査の経緯

小浜湾周辺の陸域には、古生代の二疊紀に属し、主としてチャートおよび粘板岩等の岩体が露出分布している。今回小浜湾において昭和47年6月上旬から約10日間音波探査を行ない、併せて測深器による測深を行なった。その目的とするものは、海底下の地質構造、とくに新期海底堆積物の分布形態を明らかにすることであった。本海域はすでに前年の昭和46年度から採泥、海水の透明度調査が実施されている。

II.2 小浜湾音波探査および測深について

調査面積は約60km²(小浜湾内全域)で、測線数は35測線である。その観測測線長は約170kmに達した。探査装置には200ジュール水中放電型音波探査装置を使用した。今回の観測条件は次の通りである。船速度は4.0~5.4knotとし、測点間隔は原則として3分間隔(300~500m)であった。

ハイドロホン	single 魚型
電圧10kV	コンデンサー 4 μ -F
出力エネルギー	200ジュール
記録の縮尺比(S)	約5

測深器としては別に測深のためNMD-232EW型(日本無線製)を使用した。その機器の規格は次の通りである。送受波器…チタバリ振動子 周波数…50kHz
超音波の発信回数…毎分144回、測深範囲…0~60m。

II.3 調査結果

II.3.1 測深結果(第II-2図参照)

得られた記録を解析した成果について述べる。各測線の測深記録から水深値を読み取り、2m間隔で等深線を描いたものが第II-2図である。この調査海域における海水の干満差はわずかに0.3m程度なので第II-2図は潮汐補正をしていない。この等深線図からは、陸域海岸線付近、あるいは島嶼付近を除き、急激な海底起伏は認められず、湾奥から湾口にかけて全般的にゆるやかに深度を増しているのが、了解される。

等深線図から、小浜湾内に方向を異にする2本の谷地形の発達するのが見られる。その一つは小浜市を流れる北川、南川の水系がそのまま延びたNW向きの谷地形であって、さらに湾口に向け溺れ谷の形が見られる。他の一つは西側湾奥部に位置する青戸入江からの影響と佐分

利川の水系とが複合して形成されたNE方向の谷地形で、赤礁崎南側付近まで追跡され湾口に向け深さを増している。

本図とすでに刊行されている海上保安庁水路部発行の海図No.1165^{注1)}の水深と比較すると、注目すべき点の点が指摘される。

小浜湾海域において実測した等深線図と海図の資料とを比較検討した結果、湾口において海図の深度は25mの水深分布範囲内にあるにもかかわらず、今回実施した実測の深度分布は28~29mの深度を示し、その深度差は3~4mとかなり大きい。この原因については、なお今後究明する必要がある。

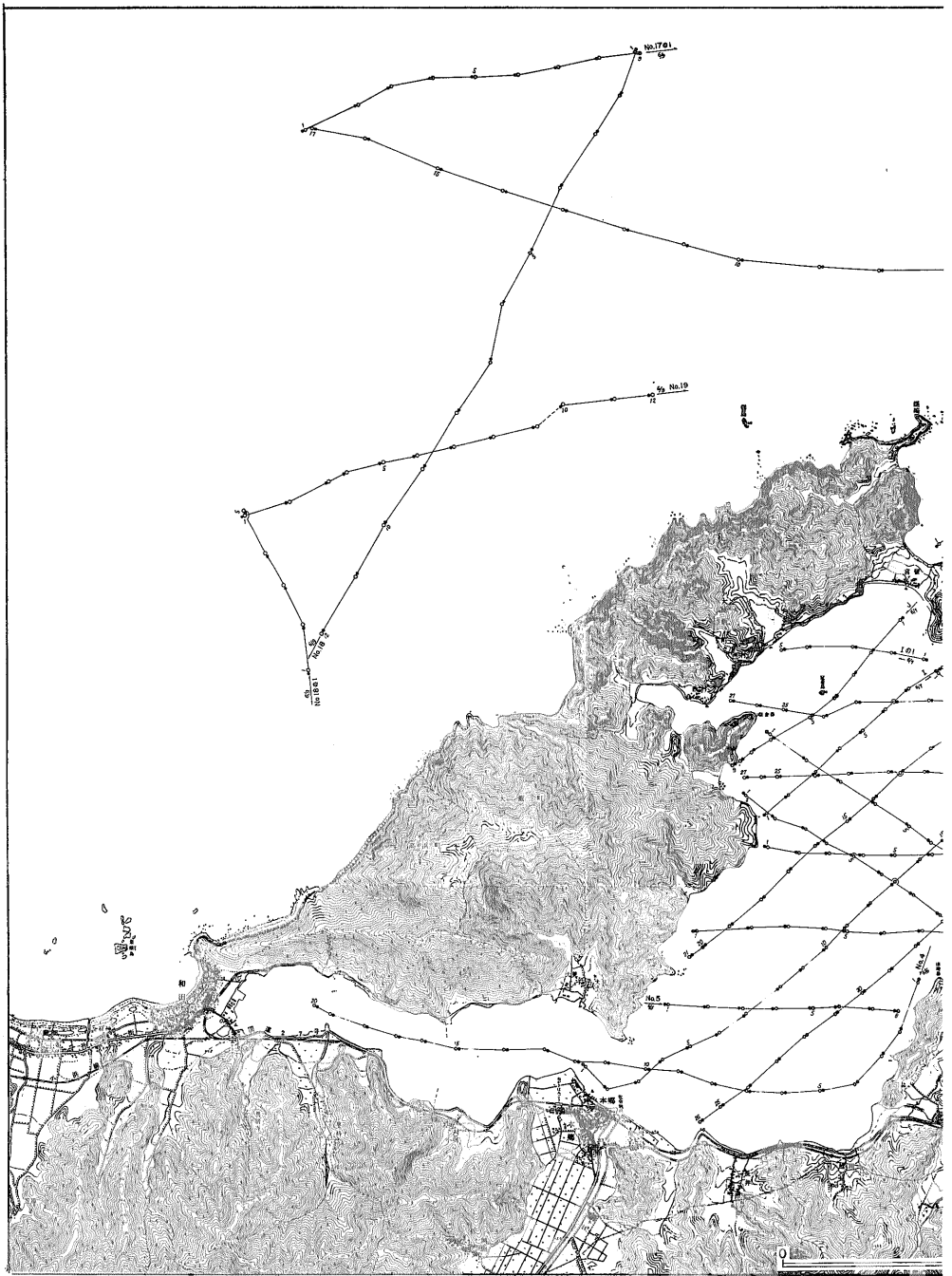
II.3.2 音波探査の成果

音波探査の結果、湾底においては、小浜湾周辺に見られる古生層を主とする基盤の形状は、明瞭には検出されなかった。しかし新期堆積物であるB層(洪積層?)、あるいはA層(沖積層)の分布は、かなり明瞭に識別された。とくにA層について、その等層厚線図(第II-3図)から判断すれば、A層の分布形態は次のような特徴を示している。小浜湾の海底にはA層(沖積層)は広く分布し、その層厚も平均13mから19mに達しており、一部をのぞき湾奥部から湾口部に向かって、層厚は増大する傾向を示している。

小浜湾東部の湾奥部一帯にかけ、“音波散乱層”の分布地域(記録の上で海底下の反射層が不明となる地域)が見られたが、このような現象は他の多くの調査でも得られており、未だその原因は明確にはされていない。

赤礁崎南側付近と湾口東側のH測線、測点1.5付近にはA層の上位に新しく堆積した地層の分布地域がある。これは本海域で最も新しい堆積層と考えられ、A'層と名付けた。第II-2図のA層等層厚線図はA'層を含めたもので、層厚がもっとも厚くなっている。このA'層については、反射面の傾斜の傾向から、その堆積物の運搬供給方向が東から西に運搬されたことが推定される。この点は陸域の既存河川の存在とともに、先に述べた水深の増加傾向との関連において注目される。陸域に推定される熊川断層の海域への延長方向は、今回の調査では明らかでなく、少なくともA'層にはその断層構造は認められない。

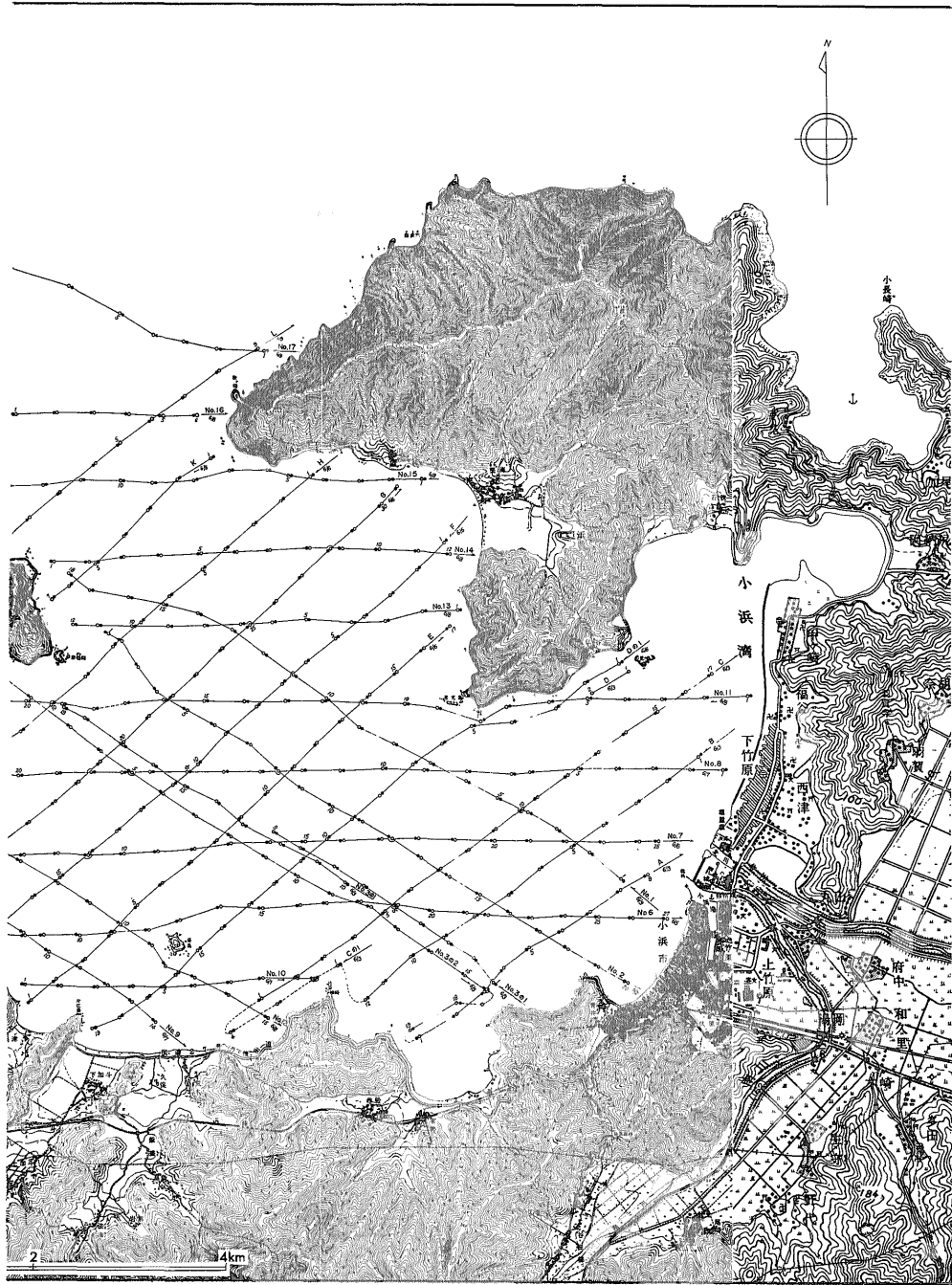
注1) 海図番号 No. 1165 小浜湾付近、縮尺1/30,000、昭和31年6月15日印刷発行参照。

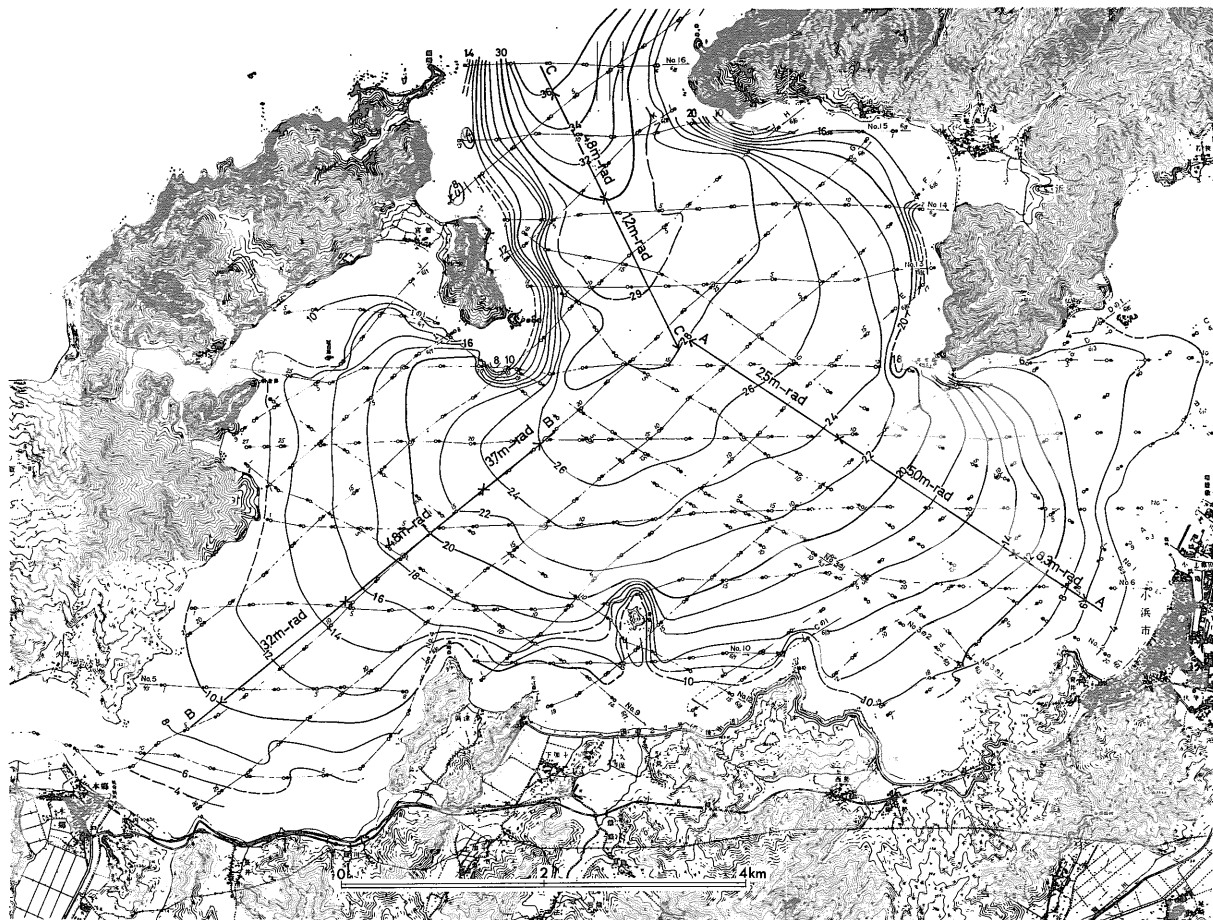


第II-1図 小浜湾の音波探査測線図

調査面積は湾内約 60 km². 測線数は35測線. 測線長は合計約 170 km. 測線の白丸は船の測量位置. 黒丸はハイドロホンの位置で30m補正している. 使用地形図は国土地理院発行 1/25,000 を使用し, 承認番号は昭和47年447号.

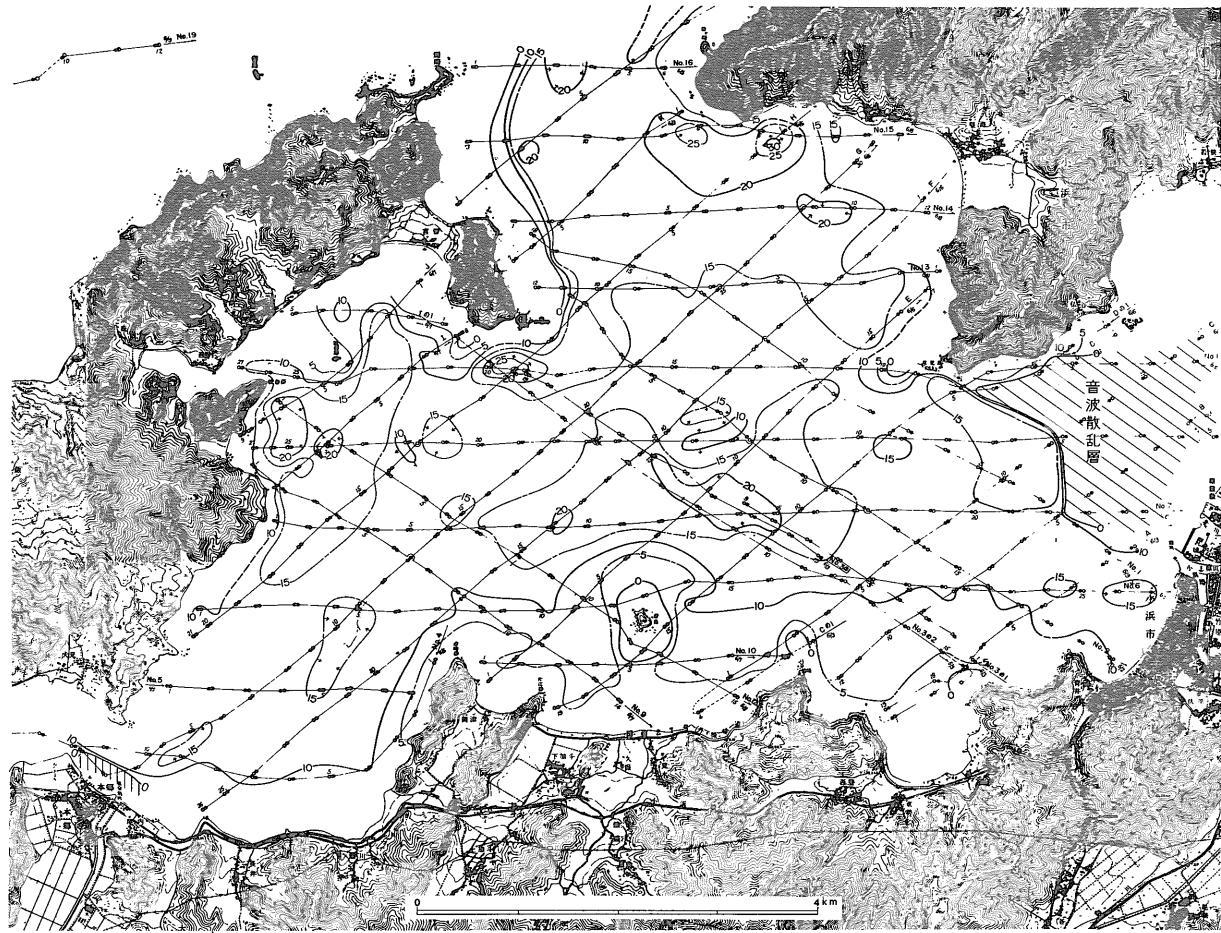
小浜湾における音波探査結果の概要 (鎌田・細野・広島)





第II-2図 海底等深線図

コンター間隔 2 m. 測深値は測定時の水面から測っている. 潮位の変化は最大 0.3 m であり, 測深値の相対値は読取誤差範囲内で正しい. コンターにほぼ垂直な A, B, C 線にそって平均傾斜角をミリ・ラジアンを単位に示している.



第II-3図 新期海底堆積物の等層厚線図

新期堆積物（沖積層）は湾内に拡がる主要部分と湾口の東西両側における新しい砂層の層からなる。図はこれらを一括した層厚を示し、コンター間隔は5 mである。0mは沖積層のない露岩区域である。湾の東には音波散乱層があり、試錐結果とくらべると貝殻混りシルトに対比される。

Ⅲ. 水温および塩分に関する小浜湾の海況

Ⅲ.1 海況調査の経緯

小浜湾海況についての基本データを得るため、昭和46年・47年の2回に亘り、湾内34地点において水温・塩分の測定を実施した。操船に便宜のため、ほぼ南北に延びる9本の測線(第Ⅲ-1図)を設定し、それぞれ約1kmごとの測点において電導式直読型の水温塩分計^{注1)}で水温(℃)と塩分(‰)の測定(-3mごと)を行ない、また透明度計測と溶存酸素の測定(電気直読式DO計^{注2)}による)や採泥作業を行なった。これらは46年度には9月末から10月初めにかけて、また47年度には6月下旬頃実施された。

両年度における上記の時期を選定した理由は、次の通りである。前者は夏季の海況の特色と思われる成層(表層が高温で、通減率の急激な水温躍層が存在し、そこから下には、春先の微温水塊が湾底までそのまま居坐る型)状態が変化する時期に当たっている。後者は冬季型(全層が均温に近く、かつ冷温)から晩春型へと移り変わる時期の海況である。すなわち季節風による攪拌効果のため、浅層と深層との水温が均等化し、かつ冷却された海水が、表層からの加熱(日射量の増大と流入河川水温の上昇)により、成層し始める兆候を現わした段階に

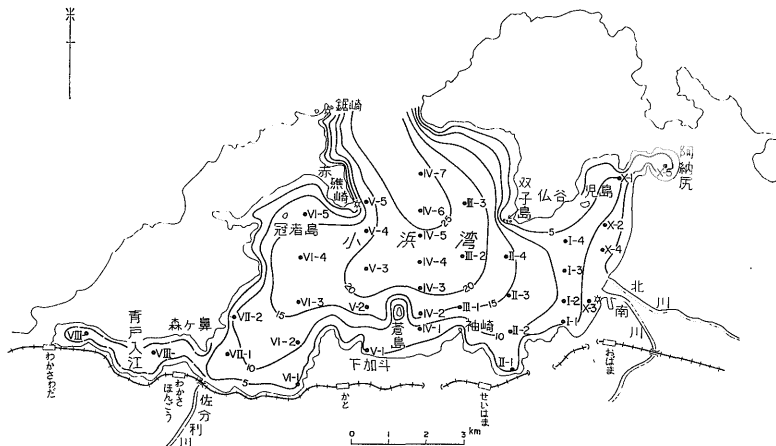
相当する。

Ⅲ.2 水温・塩分の分布図の作成について

Ⅲ.2.1 垂直断面図作成のためのルート選定

小浜湾における表層から中層を経て底層に至る水温、ならびに塩分の垂直断面分布を明らかにするために、まず東西断面を設定した。すなわち湾の長軸として合計37定点のうちから、X/5^{注3)}→X/1→X/2→I/4→II/4→III/2→IV/4→V/3→VI/3→VII/2(距離12.5kmで、湾東隅の阿納尻から湾西の森ヶ鼻沖^{注4)})の東西方向の垂直断面に水温・塩分のデータをプロットし、等値線を描いて、それぞれの断面分布図を描いてみた[第Ⅲ-2図(α46T^{注5)}, α46S), 第Ⅲ-10図(α47T, α47S)]. なお南北断面は、一応走航した全ルートについて、TとSをプロットし、正確なコンターマップにしてのち、観測値は消去し、測定点のみを黒丸にして示した。この報文にはそのうちの第Ⅱ測線と第Ⅴ測線の断面分布図^{注6)}[第Ⅲ-3図(β46IIT, β46V T, β46IIS, β46VS), 第Ⅲ-11図(β47IIT, β47V T, β47IIS, β47VS)]を掲載しておいた。コンター間隔は、水温が0.25°, 塩分は0.2‰とし、1°および1‰を実線に、小数位は破線で描いた。

Ⅲ.2.2 水平分布図の作成



第Ⅲ-1図 測線位置および海底地形図

注1) 鶴見精機(株)のサリノメーター。

注2) 給水化学(有限)の製品。

注3) 第10測線 No 5 の意味。

注4) 大島半島の南東部、犬見部落から東方山越しに1km余の地点。

注5) αは東西方向測線を示し、46は年度、Tは水温の意味。

注6) βは南北方向測線を示し、II Vは測線番号、46、47は年度、T、Sは水温、塩分の意。

小浜湾内の34定点における水温・塩分の垂直観測データ注7)を、各深度ごとに平面図にプロットしたが、この報文には-1m(表層)、-6m(中層)、-15m(深層)の3種類を掲載し、個別に解説することとした。ただ湾盆の面積は、深さを増すにしたがって、それだけ狭くなるから、-15m以深は分布図の作成を省略し、-15mの状況をもって、深部の状態を代表させることにした。コンター間隔は同様に1°と1‰を実線に、0.25°と0.2‰とを破線で表わし、定点の位置だけは黒丸印で残し、測定値は消去して、コンターマップの様式とした。なお浅いために観測値の欠けた定点は、×印で示しておいた。

Ⅲ.2.3 垂直断面図と水平分布図からみた海況

海況の変化は、水温と塩分の組合わせである程度示されると考えられるが、いま便宜上両者を分けて考察することにした。

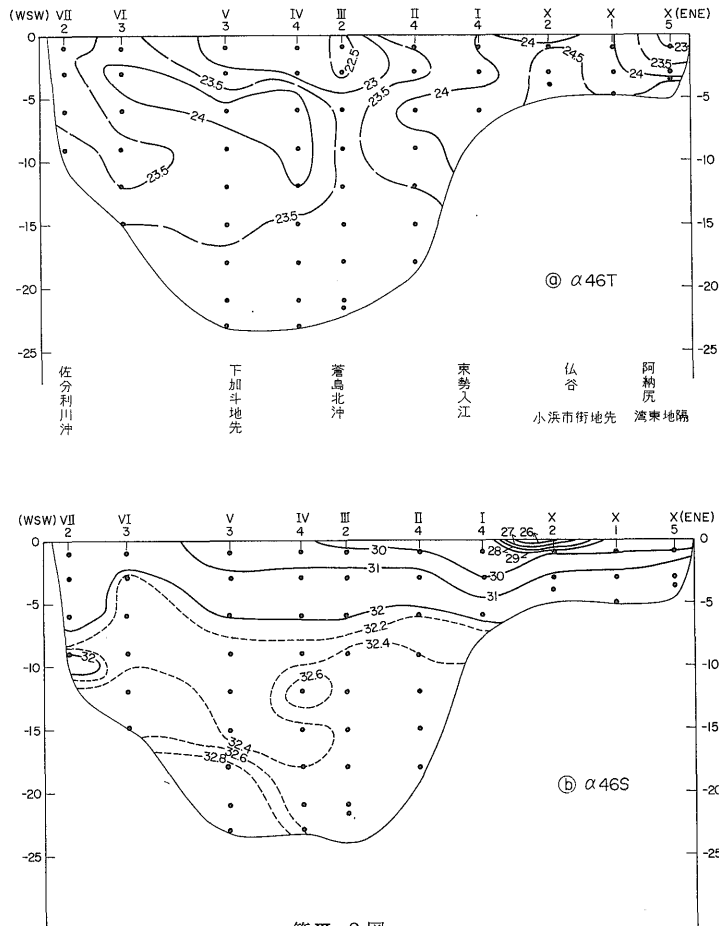
Ⅲ.3 46年度の秋型海況（46年9月末～10月初）

Ⅲ.3.1 垂直断面分布図に表わされた海況

「東西断面」

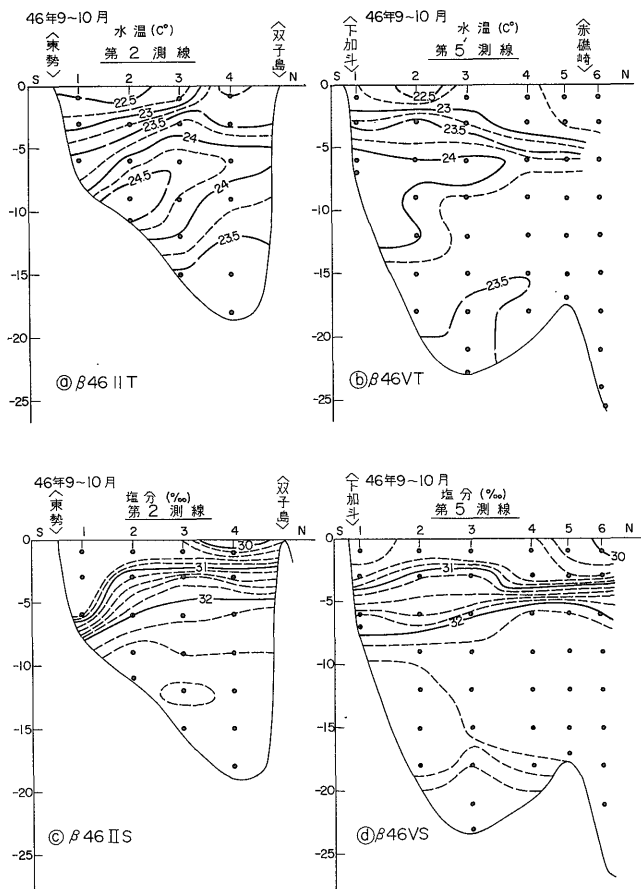
水温分布……表層から冷却の効果が現われ、湾西部の中層(-5m~-10m)に夏型のなごりと考えられる24°Cのコンター閉曲線が見られた。また湾東部も浅い海底を覆うように、より暖かな水塊(24°C)が残っている。-10m以深には、ほとんど温度差が消えており、23.5°Cのコンターを追跡すれば、佐分利川沖と蒼島北辺とに、成層を破る兆候が現われている(第Ⅲ-2図㉔参照)。

塩分濃度……陸水の影響が及んでいると思われる濃度の31‰のコンターを迎れば、表層(<-2m~-3m)における北川・南川河口からの河水拡散状態が認められる。-10m以深には、あまり塩分濃度差が見られない(第Ⅲ-2図㉕参照)。



第Ⅲ-2図

注7) 深度 0.1m, 3m, 6m, 9m, 12m, 15m, … 3m ごとの観測値であって、温度は°C、塩分はS(‰)の単位で表現する。



第Ⅲ-3図

「南北断面」

水温分布……小浜市街前面に当たる第Ⅱ測線では、夏季の特徴と思われる成層状態が中層（-5m~-12m）になごりをとどめ（24℃のコンターに注目）、その西寄り第Ⅴ測線でも同様である。両測線とも夜間の冷込みが表面海水を冷却させていることを示しており、また深層（-13m~海底）には均温性の水塊の存在が認められる。（第Ⅲ-3図㊸㊹）。

塩分濃度……第Ⅱ測線では、32‰のコンターに注目すれば、-5m以深には塩分に差がなく、それ以浅には陸水拡散の影響が明らかに見られ、陸に近づくほど、低水温層が厚い（第Ⅲ-3図㊸）。第Ⅴ測線の断面でも、-5m以浅には薄められた海水が載っており、沖合ほど塩分躍層の厚さが減って行くように見え、-6m以深は海底まで塩分差の乏しい水塊が支配的である（第Ⅲ-3図㊹）。

Ⅲ.3.2 水平分布図に表わされた海況

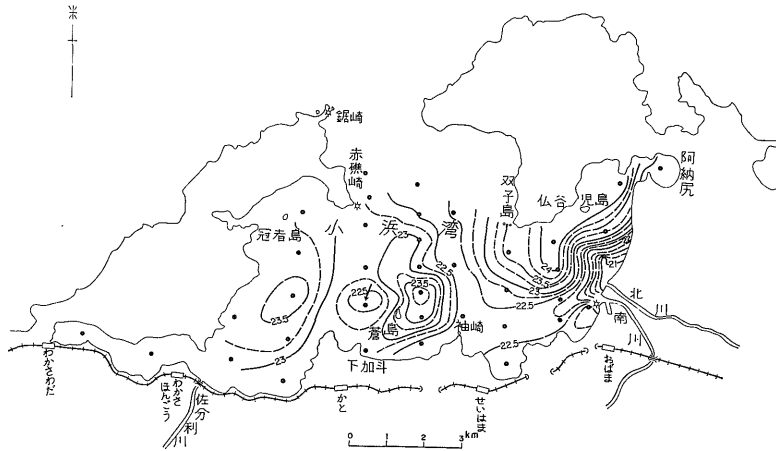
「表層分布」(1m水準)

水温……表層は、夜間に陸から海へ吹きおろす冷気の影響を直接受けるほか、冷い河水の流入状況も反映していることが読み取れ、両者の混合した形が、ここに掲載した水平分布図（第Ⅲ-4図）に表現されていた。すなわち23℃のコンターを辿れば、谷筋^{注8)}の延長線上の海面にやや低温の帯が認められ、また河水注入後の移動は、東岸沿いに北上し、阿納尻の入江に向かっている。仏谷地先と大島半島南部水域には、やや暖かい水（>23.5℃）が滞留しているのが注目される。

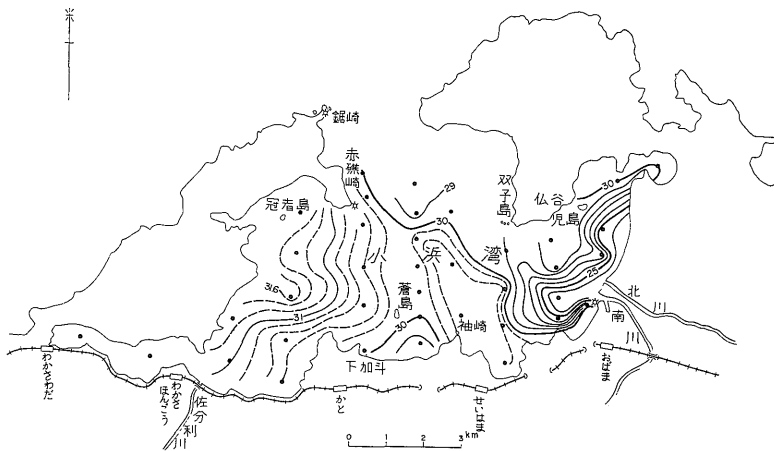
塩分……第Ⅲ-5図の30‰のコンターを辿れば、北川・南川の河水の拡散状態が湾の東側に押されていることが明らかであり、また大島半島に取囲まれた湾の西部は、31‰以上の海水により占められ、一方佐分利川の水が湾口に向かって拡散する状態も認められる。

注 8) 熊川断層が通ると考えられる北川下流の平野。

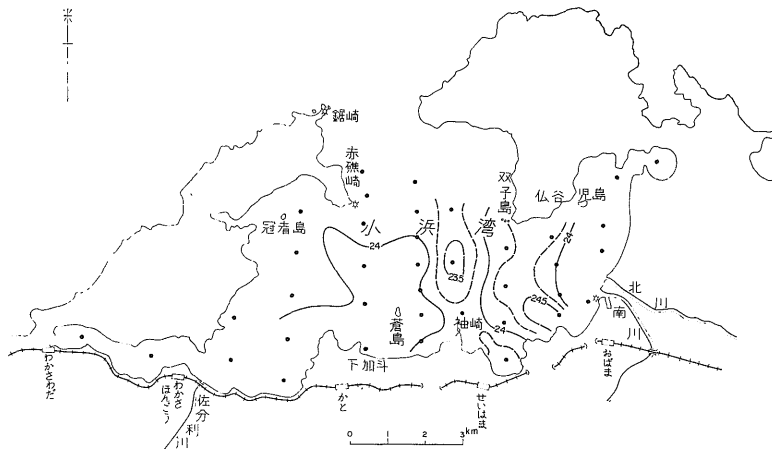
水温および塩分に関する小浜湾の海況（相原・尾原）



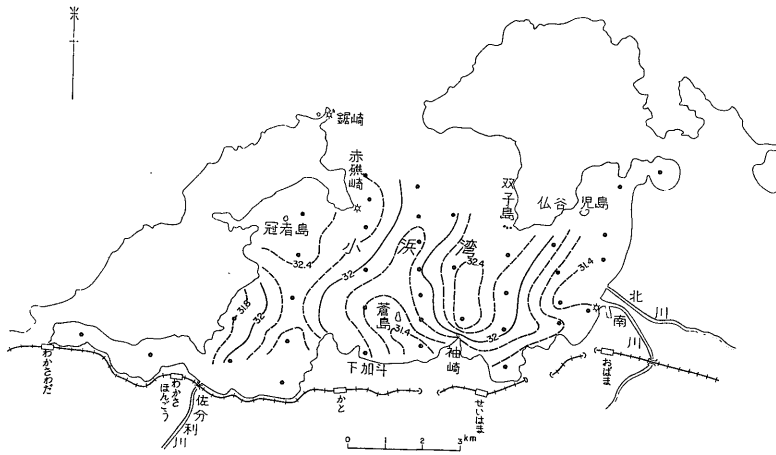
第Ⅲ-4図 46年9~10月-1m水温(°C)



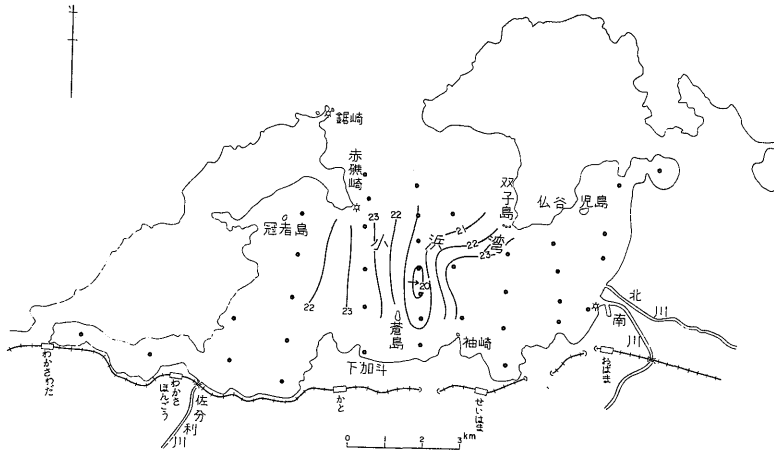
第Ⅲ-5図 46年9~10月-1m塩分(‰)



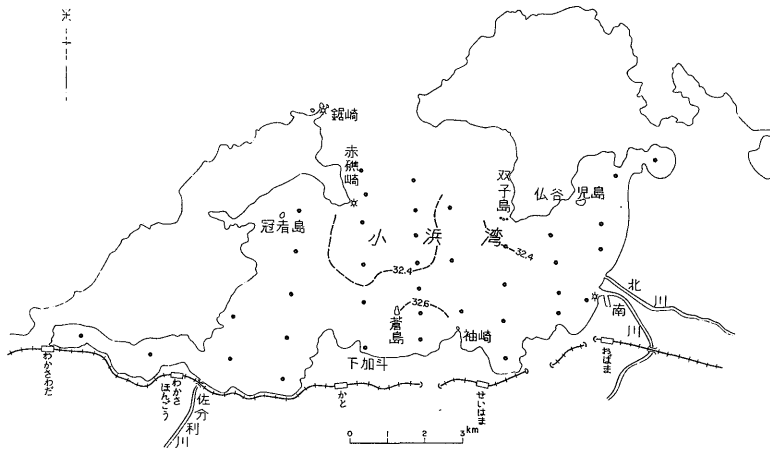
第Ⅲ-6図 46年9~10月-6m水温(°C)



第Ⅲ-7図 46年9~10月-6m塩分(‰)



第Ⅲ-8図 46年9~10月-15m水温(℃)



第Ⅲ-9図 46年9~10月-15m塩分(‰)

「中層分布」 (-6 m水準)

水温……この水準は、夏季の成層のなごりと考えられる24℃以上の水が逆転層をなし(第III-6図)、これを破るくさび(裂目)が湾の中央部に存在する。

塩分……32‰以下の低塩帯の分布状態(第III-7図)により、湾の南岸沿いを東から西へ、さらに離岸して北上する緩慢な流れ(時計廻り流向)となって潜在する。

「深層分布」 (<-15m水準)

水温……第IV測線沿いに、湾中部に南北走向の紡錘状の形をなす冷温帯 (<21℃) が現われているが(第III-8図)、これは前項の時計廻りの緩慢流により、下層からゆっくりと湧き昇る冷水の中核の断面を示すものにほかならない。

塩分……塩分差のほとんど認められない深層水の特徴

を示している(第III-9図)。

III.4 47年度の晩春型海況 (47年6月下旬)

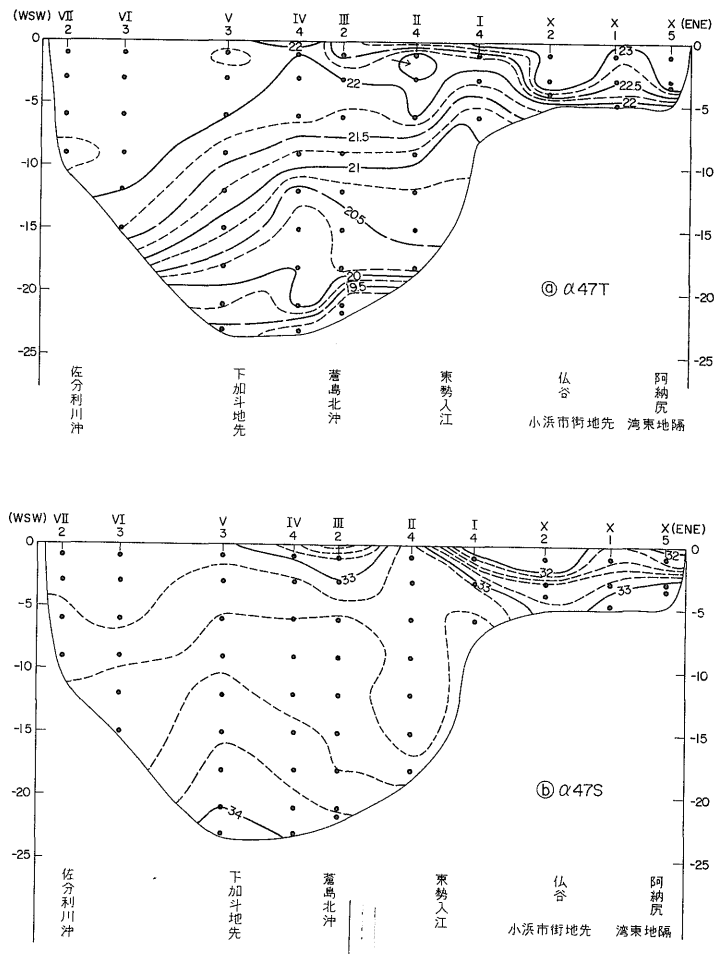
本地域では融雪の遅れ^{注9)}が河水温を低く保たせるから、日照時間が長い6月でも湾内水温はそれほど暖まっていない。

III.4.1 垂直断面図に表わされた海況

「東西断面」

水温分布……風波の影響のある-10m以浅の表層部の水温は、22~23℃であり、深層部(-15m以深)には、平均20℃(19~20℃)の水が沈んでいる。河川の影響は小浜市街正面(I/4→X/2→X/1)にいくらか顕著である。

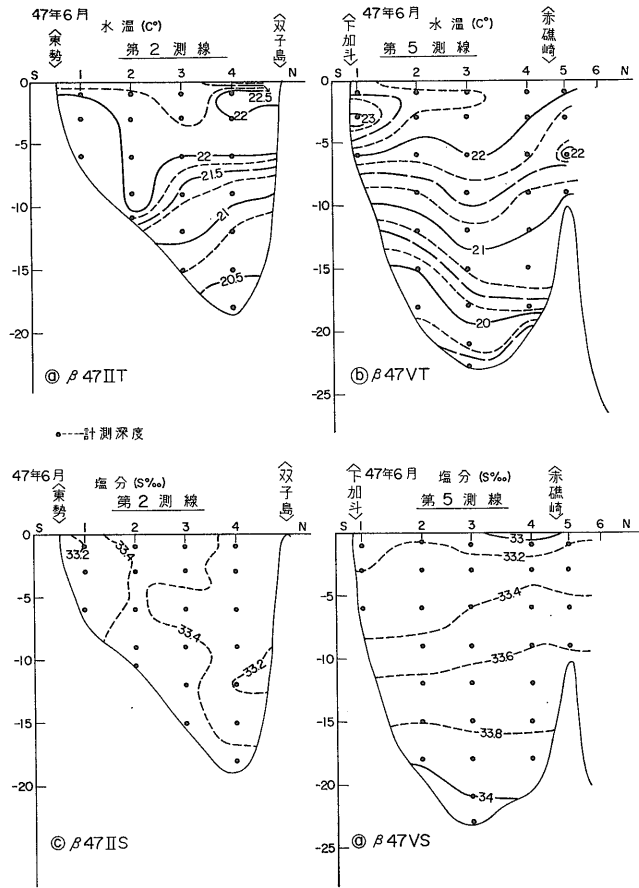
21.5℃のコンターを追跡すると、湾の中央では-7.5m深度で水平であるが、湾の西に移るに従って、深度を



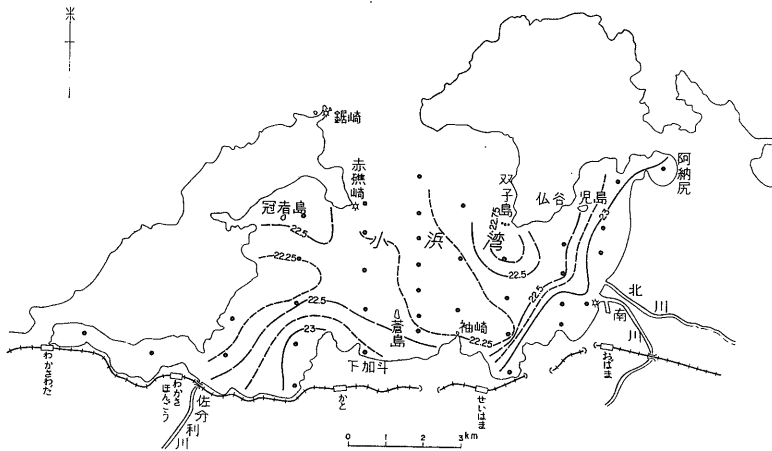
第III-10図

注9) 小浜湾に注入する河川の集水域を限る分水嶺は、その標高が大体800~900mに達し、季節風をまともに受ける北斜面は深雪地帯である。

地質調査所月報 (第24卷 第12号)

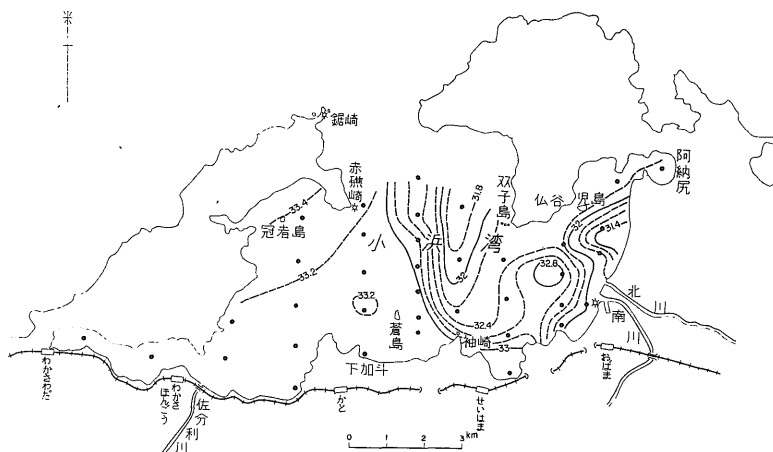


第III-11図

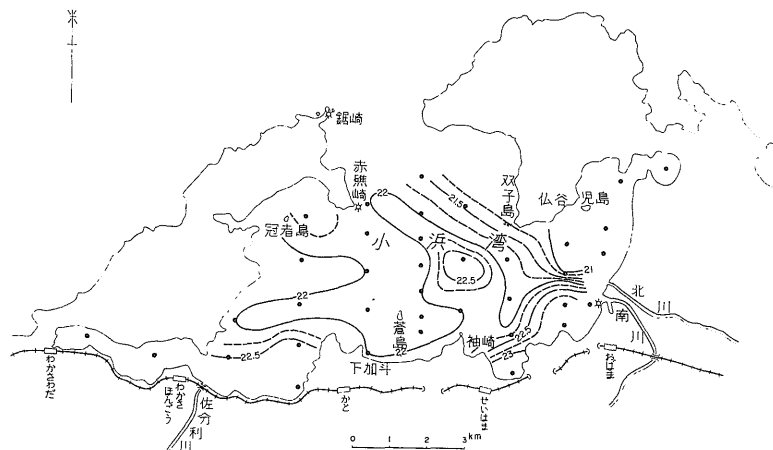


第III-12図 47年6月-1m水温 (°C)

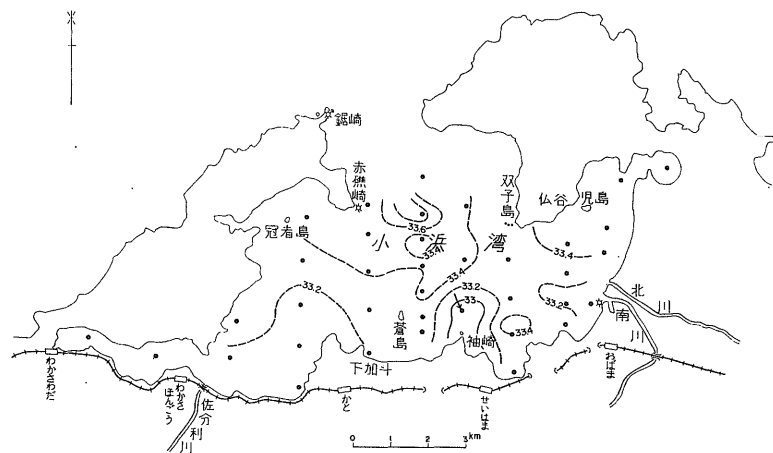
水温および塩分に関する小浜湾の海況（相原・尾原）



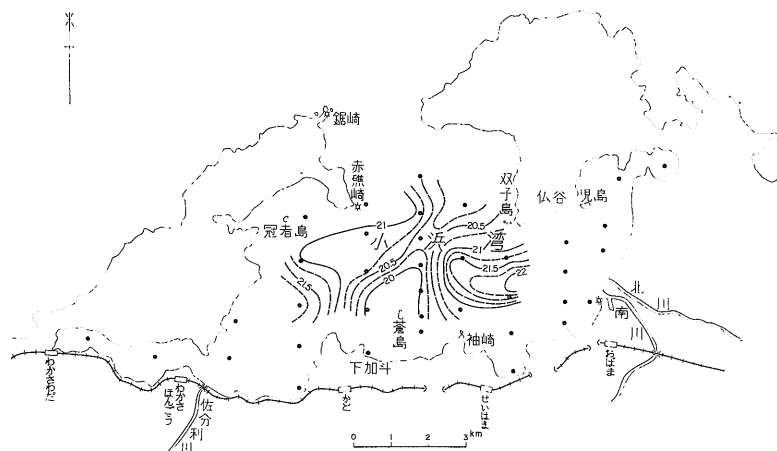
第Ⅲ-13図 47年6月-1m塩分(‰)



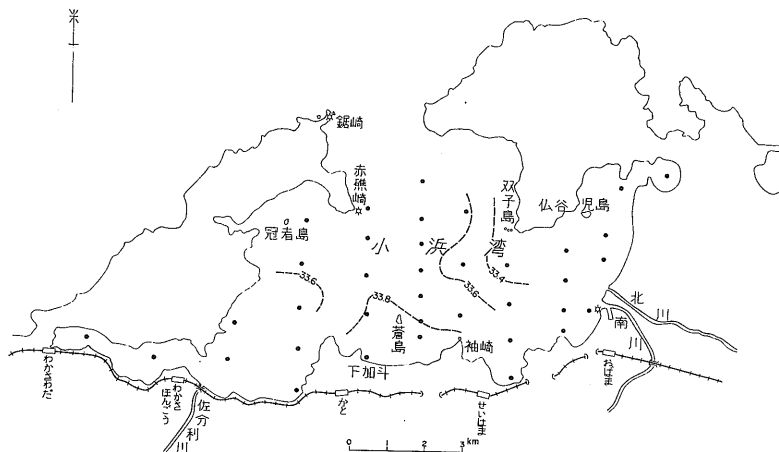
第Ⅲ-14図 47年6月-6m水温(℃)



第Ⅲ-15図 47年6月-6m塩分(‰)



第Ⅲ-16図 47年6月-15m水温(°C)



第Ⅲ-17図 47年6月-15m塩分(‰)

増し、第V測線を切る所で-10m、第VI測線に達して、-15mにまで下降する。22°Cのコンターも、これと同様に西に寄るに従い、同じような傾きを示す。つまり西に移るほど、暖められた効果が中層に及んでいる恰好に見える(第Ⅲ-10図㊸)。

塩分濃度……湾東部の表層には、河川によって薄められて行く状況がよく現われており、また湾央の深層(<15m)には、外海系の水(S≧33.5‰)の影響がみられた(第Ⅲ-10図㊹)。

「南北断面」

水温……第Ⅱ・第V測線断面とも相似た海況であって、水面から-6~-10mまで、水温が相対的に高いが、-10mを超えると水温が低く、冬季のなごりと考えられる(第Ⅲ-11図㊺①)。

塩分濃度……第Ⅱ測線の断面では、コンターが直立し、水温の垂直分布と比べて、異状に見える(第Ⅲ-11図㊺②)。第V測線の塩分濃度コンターは、大体水平に重なり、水温のコンターとよく釣合った形をとる(第Ⅲ-11図㊺③)。なお水深20m以上の深部に、34‰の濃度の海水が存在することは裏日本の内湾としては珍しい。

Ⅲ.4.2 水平分布図に表わされた海況

「表層分布」(-1m水準)

水温……湾の東岸(東勢→小浜市街地前面→阿納尻)沿い、および佐分利川河口の東寄りに、23°C以上の暖水が分布し、他方湾口から南東に向かって、より冷たい水(<22.25°C)の進入している形が認められる。日射によりやや暖められた陸水が湾に注入して後の挙動が、このような水平分布を形成したものと思われる(第Ⅲ-12

図).

塩分……湾の西半は濃度33‰以上となっており、これに対して湾の東部は全般的に塩分が薄く ($S \leq 32.5‰$), ことに小浜市街前面では不規則な分布が認められる. すなわち, 河口から仏谷地先を経て, 双子島に向かい, その延長方向^{注10)} (湾口の南東水域) にも, 塩分31‰台の低塩域が分岐・独立して出現しているが, これは河水に薄められた水塊が移動し, かつ漂流したものと考えられる (第Ⅲ-13図参照).

「中層分布」 (-6 m水準)

水温……小浜港 (南川河口) と赤礁崎 (湾口の西) を結ぶ線より北東側の水域は, 水温が相対的に低く ($< 21.5^{\circ}\text{C}$), 湾央ならびに湾西部では, 22.0°C 以上の水温を示す (第Ⅲ-14図).

塩分……小浜湾の南岸沿いに, 微かに薄められた水 ($S \leq 33.2‰$) がある. 閉曲線 (S の極大値・極小値) の中心を連ねる線が, 前記北東側と南西側の水温分布区に対応するように見える.

「深層分布」 (-15 m水準)

水温……晩秋以来の水温変化を推察すれば, 表面から冷却され, したがって比重差が少なくなり, 垂直安定度を漸次失なった湾内水が, さらに冬季の季節風の持続のために上下攪拌され, 寒気の影響が間接的には湾底まで達するようになるであろう. その時期の水温は春過ぎてもなお保存されると考えられる. -15 m水準の水温分布図 (第Ⅲ-16図) には, 東部および西部はいくらか暖かであるが, 湾央に南北方向の軸を持つ低水温分布が見られる. これは, 冷たい底層水が湾央部において台頭する傾向のあることを示すものといえよう.

塩分……深層の海水が塩分濃度においてかなり均質であることを示している (第Ⅲ-17図). ただし補助コンターを見れば, 湾央部にやや塩分濃度の高い水が存在して

注 10) 第Ⅲ測線 No. 2 および No. 3 測点の近傍を指す.

いる. この時期 (6月末) の最深部には観測データに示されたように, 冷温・高塩分の水 ($t = 19.4^{\circ}\text{C}$ で, $S = 34.0‰$) の存在が認められる.

Ⅲ.5 調査研究の今後の進め方について

潮流がほとんど検知されなかった小浜湾で, 46~47年度に秋型と晩春型について, それぞれ水温と塩分の分布を比較したところ, 予想外に湾内水の変化が微弱なことが判明した. 季節の移り変わりを念頭におけば, わが国においては, 海況に関して最少限4回観測する要があるろう. その点, 充分とはいえないが, 少なくとも第3年目 (48年度) には, 日射により成層状態が最も発達を遂げ, 汚染なども極限に達するものと予想される8月上旬頃, 同様の観測を行なう予定である. なお北もしくは北西の季節風が吹く冬季から早春にかけては, 湾内の海水は上下の比重差がなくなって不安定となるうえ, 吹送流とその余効のために頻繁に攪拌・交替するものと考えられる.

参考文献

- 宇田道隆 (1966) : 海況の総観的研究 [(註) 日本海洋学賞を授与された際の記念講演原稿であり沿岸海洋学に関する所見の項が重要である]. 日本海洋学会誌, vol. 22, no. 5, p. 231 ~ 235.
- 杉浦吉雄 (1970) : 海洋と化学. 海洋開発シリーズ 8, 共立出版(株)刊. この単行本の塩分・電磁誘導式塩分計 (サリノメータ) に関する記載 (p. 8 ~ 16) が参考になった.
- 南日俊夫・岩田憲幸 (1971) : 物理海洋学 (VI) …乱流と拡散. 日本における海洋学最近10年の歩み. 特集号 日本海洋学会誌, vol. 27, no. 6, p. 258 ~ 259.

IV. 透明度および粒度分布からみた小浜湾の堆積相

IV.1 研究の視点

IV.1.1 透明度観測の意義について

昭和46年・47年における小浜湾の海況観測に際して行なった透明度測定値^{注1)}(佐々木, 1971; 吉村, 1936)を, 筆者は海水の混濁の指標として利用することにした。この値はすでに生態学では環境の原単位として使われており, また塩分濃度Sが34‰の海水ならば, 蒸溜水の場合と比べて誤差がないので, 海湾・河川・湖沼での測定値を混用することも許される。筆者は小浜湾の海水の透明度(Z)を, 内湾における海水の停滞現象や海底の堆積にも関係あるものとして扱ってみたいと思い, 2回にわたり得られた実測値を, 現地にて検討してみた。

IV.1.2 透明度の変動と海域汚染

透明度が季節・場所・流入河系により異なる原因は,

水中懸濁粒子の濃度を反映するからである。季節変化には生物の増殖・死滅が干渉するのみならず, また土砂のような無機物質は降雨期・融雪期に増大する侵食力・掃流力に伴って増加するし, ことに台風時などには山地崩壊の影響も加わってこよう。

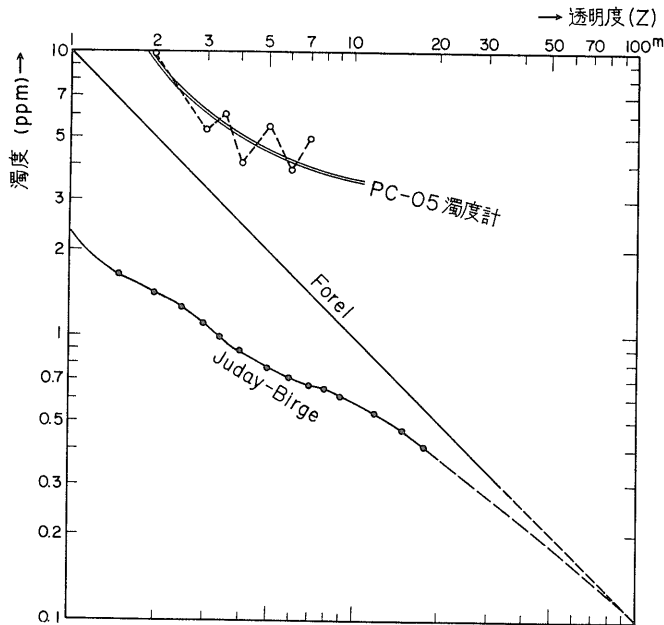
一方塵埃や有機系汚物は人間活動の所産によるものが多いから, 経済活動や地域開発の程度が関連してこよう。

小浜湾をモデル地区に選んだ理由は, そこが全国的に見て相対的に自然破壊がそれほど著しくない場所であり, したがって自然状態一例えば地域性・季節変化一が捉え易いと判断されるからである。

IV.2 透明度(Z)と懸濁物量(s)との函数関係

この両独立変数を比定したデータは少ないが, 故吉村信吉博士の論文から, FOREL(1895)の実測値^{注2)}とJUDAY-

- 1) Forel ----- スイスレマン湖
- 2) Juday-Birge--ワイスコンシン州湖沼
- 3) PC-05濁度計--小浜湾



第IV-1図 透明度 (Z_m) と濁度 (ppm) との関係グラフ (いずれも実測値による)

注 1) セッキー円板を使用した。簡便な方法であるが, 個人差が少ない。えその値 (Z_m) は光学的には, 海面における光度が約5%に減じた際の水深に相当するといわれている。

注 2) FOREL(1895)がレマン湖の底土(比重2.60)を使い, 人工的懸濁液をつくり, その透明度(Z)を精密に測定したものである。

BIRGE (1932) の野外実験値注3) を採択してみた。

一般にZとsとの函数関係は双曲線では表わされるとされ、実際に双方を同じ両対数方眼紙にグラフ化してみた(第IV-1図)。FORELのデータは一直線上に並んだが、JUDAY-BIRGEのデータはやや不規則な曲線を描き、比重の劣る有機物の混在のため、線の位置が低くずれ、Zが高くなるに伴い、漸くFORELの線への接近を見せた。

比重2.60の土粒子のみが懸濁する“理論水域”では、FORELの線が妥当と考えられる。もし有機物が混在浮遊すれば、ZとSとの関係は一率には決定できないので、それぞれの地域差により異なった傾向が現われてくるに違いない。次にまだ自然界の平衡状態が有効に保たれていると考えられる小浜湾を対象にして、透明度実測値を吟味する。

IV.2.1 小浜湾における透明度

46年度は秋9月下旬~10月初めに、47年度は初夏6月下旬に、それぞれ塩分・水温の観測と同時に、セッキ円板を舷側から降して(Z)を測った。

第IV-1表 小浜湾の透明度および濁度

測線 と 地点	46年9月下旬 ~10月上旬		47年6月下旬			
	透明度 Z	濁度 計算値* (ppm)	透明度 Z	濁度 計算値 (ppm)	濁度計による** 実測値 (ppm)	
					表水	底水
I-1	m		m			
	2.2	1.3	4	0.90		—
	2	1.4	4	0.90		—
	3	0.9	4.5	0.82		—
II-1	5	0.76	6	0.70	1	1.2
	2	0.65	6	0.70	2	—
	3	0.67	6	0.70	2	2
	4	0.9	6	0.70	1.5	23?
III-1	5	0.76	6	0.70	3	3
	2	0.73	5	0.75	5	10
	3	0.75	4	0.90	4	16
IV-1	2.5	1.26	6	0.70	4	5
	2	0.74	6	0.70	3	5
	3	0.90	6	0.70	3	5
	4	0.74	6	0.70	3	—
	5	0.90	5	0.75	4	4
	6	0.82	5	0.75	6	7
	7	—	—	6	0.70	6

注3) JUDAY-BIRGE(1932)はヴィスコニン州の高地湖沼で白色円板により透明度(Z)を測り、その時の水を超遠心分離機(32,000回/分)にかけ、土粒子のほかにも多量の有機物を含む浮遊物を集めて秤量した値(s)である。

測線 と 地点	46年9月下旬 ~10月上旬		47年6月下旬			
	透明度 Z	濁度 計算値* (ppm)	透明度 Z	濁度 計算値 (ppm)	濁度計による** 実測値 (ppm)	
					表水	底水
V-1	3.5	0.74	5	0.75	6	—
	2	0.76	5	0.75	4	—
	3	0.82	7	0.66	5	11
	4	0.88	5	0.75	8	8
	5	0.90	3.5	0.98	6	6
	6	4.5	0.82	—	—	—
VI-1	3.5	0.74	3	1.11	—	—
	2	0.93	4.5	0.82	—	—
	3	0.85	5	0.75	5	10
	4	0.82	5	0.75	6	7
	5	0.82	5	0.75	5	6
VII-1	5	0.76	3	1.11	—	—
	2	0.92	3	1.11	5	6
VIII-1	2.3	1.28	1.7	1.60	—	—
	2	1.40	2	1.40	—	—
X-1	2.5	1.25	2	1.40	—	—
	2	1.10	2	1.40	9	5
	3	1.26	3	1.11	11	7
	4	1.53	2	1.40	9	8
	5	0.94	2	1.40	12	13

(備考) * Juday-Birgeのグラフによった。
** PC-O5型濁度計による現地測定。

透明度が海における河川流入量・塩分濃度・濁度などに関係あるものとして論ずるに当たっては、前記FORELまたはJUDAY-BIRGEのグラフで、Zを一旦懸濁物量に読み換え、これを媒介にすることが必要である。

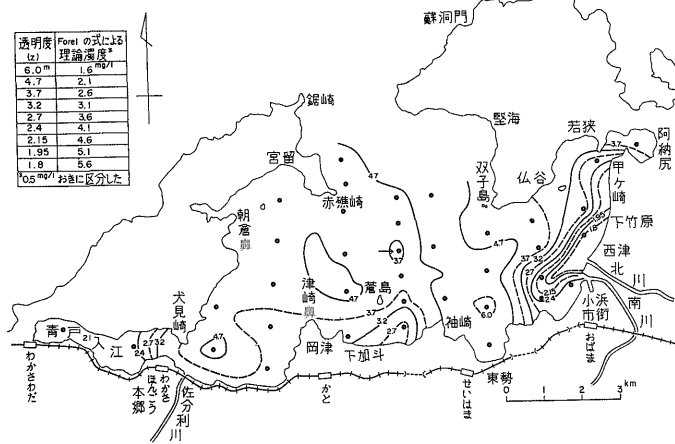
いま小浜湾の透明度分布図を作成するに当たり懸濁物量に比例させたコンターを画くよう、その間隔をFORELの双曲線から読み取り、下記のように区切ってみた。

区分	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
透明度 Z (m)	1.8	1.9 _s	2.1 _s	2.4	2.7	3.2	3.7	4.7	6.1	8.8
懸濁物 量 S (mg/l)	5.6	5.1	4.6	4.1	3.6	3.1	2.6	2.1	1.6	1.1

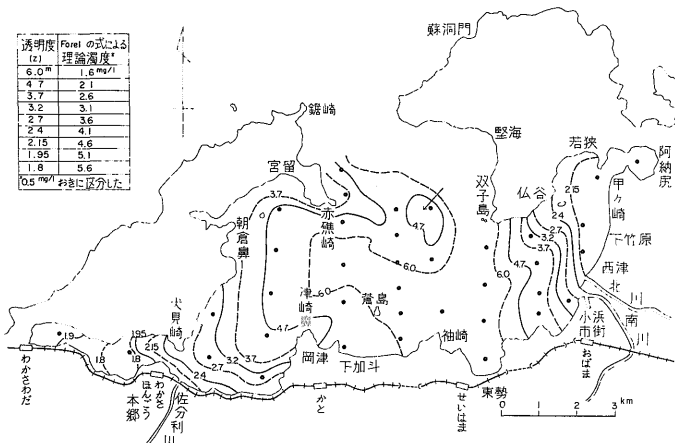
こうすれば、透明度のコンターは一定量(0.5 mg/l)の懸濁物量差ごとに引けるから、湾内への河水の吐出または外洋水の進入状況を推察することができる。

IV.2.2 46年10月の透明度分布(秋型)

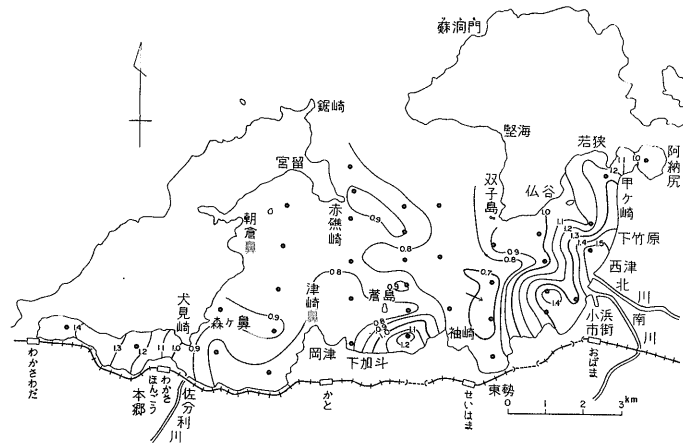
第IV-2図を見ると、秋季表層水の出入状況は、Z=3.7 mのコンター形状で大略掴める。北川・南川からの



第IV-2図 小浜湾透明度分布 (46年10月…中秋)



第IV-3図 小浜湾透明度分布 (47年6月…晩春～初夏)



第IV-4図 小浜湾濁度算定図 (昭和46年10月) (Juday-Birgeのグラフによる)

陸水を混えた海水は、小浜市街地先から北に向かい、仏谷地先を通して、湾の東隅の阿納尻まで達し、一方外海水は湾口から南東に向かって直進し、東勢（小浜市街の西効部落）の入江に突当たっているものと考えられる。湾の西半では、大島半島寄りに外海水の影響が強く佐分利川からの陸水の影響は河口から岸伝いに東方へ及ぶが、残余は湾西隅の青戸入江に達し、そこに淀むものと考えられる。

要するに湾の南岸沿いに比較的濁った水が漂うのに対し、湾内の大半にはやや澄んだ海水の優越が認められ、進入コースは湾口より東勢入江に直行し、次に西方に旋回しつつ移動し、やがて大島半島南東岸沿いに北上するように見える。

IV.2.3 47年6月の透明度分布（晩春～初夏型）

第IV-3図における $Z = 3.7\text{ m}$ のコンターを目安にすると、湾の東半では、小浜市街地先から仏谷を経て阿納尻にかけて、陸水を混えた海水が漂い、他方湾の西半では、佐分利川の河水を混えた水が、青戸入江に滞留している。前年秋と同様に、外洋水は湾口から東勢入江に突進のち、西に廻って大島半島に向かうコースをとるといった状況が示されている。

IV.3 濁度の分布

IV.3.1 46年秋の小浜湾の濁度算定図

海水中には、土粒子のほかに有機物も混在するとの想定から JUDAY-BIRGE のグラフ（第IV-1図参照）を使い、透明度から逆に濁度を読んで図上にプロットし、 $0.1\text{ mg/l} (= 1\text{ ppm})$ ごとのコンターを描いて作図した

（第IV-4図）。この図は第IV-2図と相似た分布図となったが、小浜市街前面と仏谷地先から阿納尻にかけて、濁度 1 ppm の水域が示され、また青戸入江ならびに蒼島の南側辺にも、局部的ながら 1 p.p.m 以上の水域が見られる。

IV.3.2 47年晩春の小浜湾の濁度算定図

前年秋から一冬越したばかりの晩春～初夏の濁度分布状況は第IV-5図に示す通りであって、やはり湾の東隅と西隅に濁った水域 ($> 1\text{ ppm}$) が現われており、その他の水域には濁りの少ない外海水の優勢が認められる。

IV.4 底質の粒度分析データから判明した堆積物の分布相

IV.4.1 採泥法ならびに粒度分析

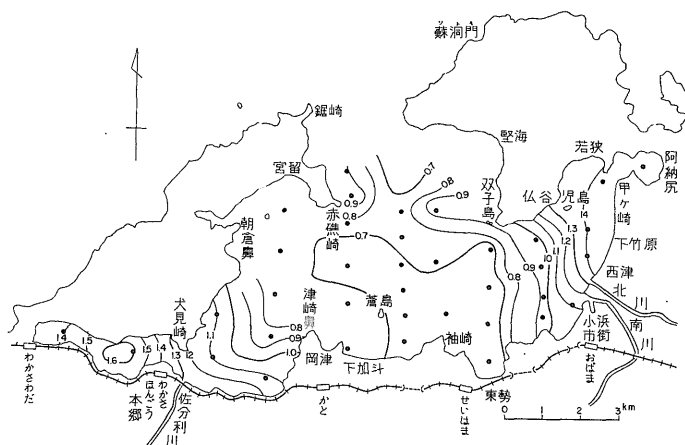
海況観測と同時に打込式採泥器^{注4)}を利用して底質を採取し、東京に持帰ってのち、JIS規格による土質試験^{注5)}を施した（第IV-2表参照）。なお底質に関する粒度分析以外の詳報、ならびに海底面以下で採った底質の報告は3年計画終了後に行なうこととする。

IV.4.2 粒径中央値 $Md\phi$ の水平分布図

粒度分析データからは加積曲線が描かれるので、それを使って粒径中央値を読み取り、採取地点にプロットして、ミクロン単位で $Md\phi$ の分布図を描いてみた（第IV-6図）。

$Md\phi$ と土質分類との関係は下表のとおりである。こ

土質名称	粗砂	中砂	細砂	シルト	粘土	コロイド
$Md\phi$	20,000	5,000	2,500	500	50~10	<10
(ミクロン)	~5,000	~2,500	~500	~50		



第IV-5図 小浜湾濁度算定図（昭和47年6月）（Jubay-Birgeのグラフによる）

注 4) 故金井技官の考案したもの。

注 5) 武蔵工業大学土質工学研究室神山助教授による。

第IV-2表 小浜湾の底質の土質試験値
(採取46年9~10月)
〔武蔵工業大学神山助教授依託〕

測線と地点No.および深度(cm)	粒 度 (%)				比 含*		コンシステンシー		
	礫	砂	シルト	粘土	重	水比 (%)	液性限界	塑性限界	
I-1 {	0	0	91	5	4	2.70	32	—	—
	-100	0	87	7	6	2.70	28	—	—
2 {	0	0	36	24	40	2.68	43	45.4	31.2
	-55	0	18	32	50	2.67	45	—	—
3 {	0	0	28	26	46	2.69	49	—	—
	-47	0	14	23	63	2.66	60	67.2	37.2
4 {	0	0	18	25	57	2.66	70	—	—
	-53	0	17	30	53	2.66	68	—	—
II-1 {	0	0	95	5	0	2.70	21	—	—
	-29	0	87	8	5	2.69	25	—	—
2 {	0	0	89	7	4	2.70	29	—	—
	-32	0	76	10	14	2.69	37	43.2	29.8
4 {	0	0	36	17	47	2.65	88	—	—
	-51	0	14	29	57	2.69	52	—	—
III-1 {	0	0	89	6	5	2.68	35	—	—
	-20	0	86	7	7	2.71	27	—	—
2 {	0	0	17	30	53	2.65	70	67.6	43.8
	-52	0	16	28	56	2.67	48	53.3	31.5
3 {	0	0	22	22	56	2.65	104	—	—
	-62	0	12	25	63	2.66	53	—	—
IV-1 {	0	0	94	6	0	2.71	25	—	—
	-38	0	95	5	0	2.69	28	—	—
2 {	0	15	83	2	0	2.66	39	—	—
	-32	0	36	15	49	2.67	49	—	—
4 {	0	0	34	19	47	2.67	52	—	—
	-100	0	16	27	57	2.66	57	52.2	33.8
5 {	0	0	20	16	64	2.66	82	—	—
	-79	0	54	19	27	2.71	35	—	—
6 {	0	0	82	14	4	2.69	44	—	—
	-	—	—	—	—	—	—	—	—
V-1 {	0	9	90	1	0	2.66	17	—	—
	-44	0	25	11	64	2.65	86	—	—
3 {	0	0	13	23	64	2.67	81	50.3	33.8
	-	0	98	2	0	2.68	30	73.1	46.9
5 {	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	-	0	98	2	0	2.69	30	—	—

測線と地点No.および深度(cm)	粒 度 (%)				比 含*		コンシステンシー		
	礫	砂	シルト	粘土	重	水比	液性限界	塑性限界	
VI-1 {	0	33	65	2	0	2.65	21	—	—
	-53	45	53	2	0	2.66	21	—	—
2 {	0	0	24	28	48	2.65	103	—	—
	-35	0	34	24	42	2.69	30	—	—
3 {	0	0	24	19	57	2.65	124	72.5	45.5
	-35	0	24	22	54	2.67	67	68.3	40.7
4 {	0	0	26	16	58	2.66	121	—	—
	-45	0	23	22	55	2.66	67	—	—
5 {	0	0	15	20	65	2.66	82	—	—
	-65	0	21	24	55	2.66	46	—	—
VII-1 {	0	0	16	21	63	2.65	113	—	—
	2	0	17	18	65	2.65	132	67.5	42.7
VIII-1 {	0	0	13	30	57	2.66	119	—	—
	2	0	16	19	65	2.65	138	—	—
X-1 {	0	0	22	20	58	2.65	83	—	—
	-50	0	22	29	49	2.69	55	—	—
2 {	0	0	17	25	58	2.65	118	—	—
	-49	0	23	32	45	2.68	74.3	69.1	42.5
3 {	0	23	75	2	0	2.69	29	—	—
	-50	0	88	6	6	2.70	29	—	—
4 {	0	0	16	23	61	2.65	74	68.4	44.7
	-45	0	16	21	63	2.67	52	—	—
5 {	0	0	13	23	64	2.66	125	—	—
	-53	0	18	28	54	2.66	75	—	—

(備考)* 含水比の小數点より以下は切捨てた。

第IV-3表 小浜湾底質の粒度計算データ...Mdφ と So

測線と地点No.	粒 径 (mm)			淘汰係数 So
	中央値 Mdφ	Q ₃	Q ₁	
I-1	0.165	0.230	0.120	1.38
	0.012	0.120	0.0004	17.3
	0.0072	0.090	0.00033	16.2
	0.001	0.030	0.00001	54.7
II-1	0.167	0.240	0.122	1.42
	0.167	0.230	0.115	1.415
	0.130	0.183	0.077	1.54
	0.007	0.136	0.0001	40.
III-1	0.160	0.208	0.105	1.4
	0.009	0.030	0.00009	18.
	0.0012	0.052	0.00001	72.

測線と 地点No.	粒 径 (mm)			淘汰係数 S_o	
	中央値 $Md\phi$	Q_3	Q_1		
Ⅳ-1	0.160	0.215	0.107	1.42	
	2	1.040	1.670	0.580	1.7
	3	0.0056	0.105	0.0001	52.4
	4	0.002	0.025	0.00009	16.6
	5	0.0004	0.028	0.00001	53.
	6	0.160	0.240	0.105	1.51
Ⅴ-1	1.100	1.500	0.650	1.52	
	2	0.00044	0.075	0.00001	86.6
	3	0.00075	0.012	0.00002 _s	21.9
	4	0.140	0.260	0.116	1.5
	6	0.270	0.380	0.172	1.48
	Ⅵ-1	0.730	3.000	0.190	3.97
2		0.006	0.066	0.00006	3.21
3		0.001	0.060	0.00002	54.7
4		0.001 ₁	0.077	0.00002	62.
5		0.00026	0.016	0.00001	40.
Ⅶ-1	0.00086	0.016	0.00002	31.6	
	2	0.0004	0.016	0.00001	40.
Ⅷ-1	0.0014	0.020	0.00005	20.	
	2	0.0024	0.020	0.00001	44.8
Ⅹ-1	0.0009	0.044	0.00003	41.1	
	2	0.0009	0.026	0.00003	29.5
	3	0.270	1.700	0.150	3.47
	4	0.0009	0.023	0.00014	12.8
	5	0.00045	0.0124	0.00016	8.8

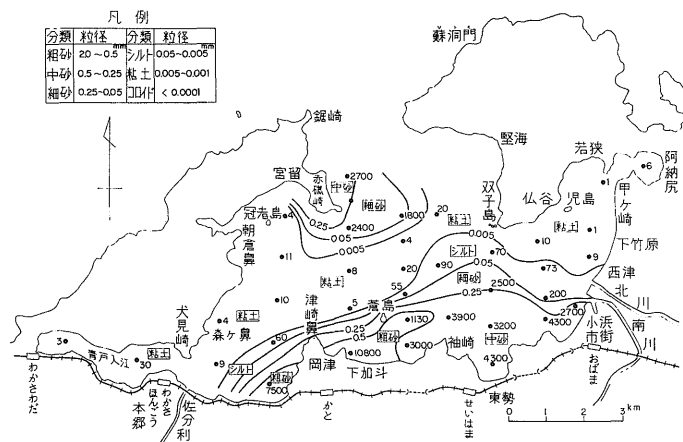
(昭和46年)

の分布図にはコンターを 5,000・2,500・500・50 (ミクロン) の4種類描くこととし、その中間帯に相当する部分には土質名称を記入し、読図の便をはかっておいた。

この図で著しく目立つことは、粘土沈積ゾーンが東西にまっすぐ湾を横断しており、この粘土ゾーンの南方(陸方向)にはシルトのベルトが分布し、さらにその南側は汀線までが、中砂・細砂の分布する広いエリアとなっている。一方前記の粘土ゾーンの北方(日本海方向)には、細砂ベルトが接触し、さらにその北側は、湾口部の東半を欠測^{注6)}したため不明ながら、湾口西寄りに関しては、中砂エリアが現われている。

底質分布の型としては、湾中央にある円形粘土ゾーンを取囲んで、順々にシルト・細砂のベルト、さらに外側には中・粗砂エリアが配列し、あたかも玉葱の斬り口状の様相を呈することが多いと考えていた。しかるに、小浜湾では、その汀線の形状を楕円に見立てると、その長軸(N-E-S-W)沿いに、ある幅をもって微粒子が配列し、両側(南と北)に順々にだんだら状により粗い粒子の縞状配列が見られた。この縞状配列の原因としてはまず第1に潮流が微弱で、それによる掃流力が欠けていること、次に波浪に直面する南岸沿いの岩石海岸および湾口近傍の急崖直下に、新しく破砕された土砂が生成され、粗粒子は汀線付近に残留するのに対し、微粒子は浮遊懸濁しながら漂流し、湾岸から離れた場所に、静かに沈積するためと考えられる。

一方小浜湾の東半に当たる仏谷付近から阿納尻にかけて続く海岸、また湾の北西部に当たる大島半島南東側の海岸は、ともに北西に山を負い、裾は直接に海に迫って



第IV-6図 小浜湾底質の $Md\phi$ (粒径中央値) 分布図 (各地点の粒径はミクロン単位 $\ll 1/10 \mu$) でプロットした)

注6) 46年度の海況観測当時、波が高かったために採砂作業も断念したが、48年度にはこの近傍で数箇所での採泥を試みる予定である。

汀線を形成する典型的な沈水地形を呈している。しかしMdφ分布図を見ると、汀線の直下から泥土質の堆積物が留っていて、湾の南岸とは著しい対照を呈する。結局季節風がまともに当たる海岸(湾の南岸)と季節風の死角に当たる海岸(湾の北岸)との差異に基づくものであろう。

次に東西両隅の入江に沈積したシルト・粘土の由来を探ってみよう。北川・南川から小浜市街を貫流して、湾内に吐出された土砂は、仏谷に向かってさらに阿納尻へと漂流する途中で、湾底に沈積することは、透明度・濁度の分布図から推定されるし、また佐分利川からの土砂も一部津鼻崎に向かう以外は、青戸入江ならびに大島半島南東岸へと押出され、そこに堆積したことも同様であらう。

Mdφ分布図における微粒子堆積区域の平面形は注7)、いわば手鼓を横倒しにした形に似ており、東部と西部の広い部分を連結する頸れた通廊(corridor)部位は、水深のやや大きい湾中部注8)に該当する。同じく粘土の堆積する区域でも異なった過程で発達・成立したものではないかと思われる。

IV.4.3 湾内底層水の動きが底質の分布に及ぼす影響について

底質の分布には、海底直上の流水の速度が関与する。しかるに小浜湾は潮差がわずかに20~30cmなので、潮流もまた微弱であり、現に湾口では電気式流向流速計(検流の下限...5cm/sec)により垂直的に検流を試みたが、全然手応えがなかったほどである。したがって他の方法により間接に推知するよりほかなかった。既述のように透明度値(Z)の分布図、ならびに濁度分布図によって、おおよその流水動向を掴んでみたに過ぎず、それもせいぜい5m以浅の状況を知るにとどまった。

この地方では、冬期に強風が連日持続しても、直接風力により海水が移動するのは、せいぜい深度10mまでが限界と考えられるから(荒巻, 1971)、当湾の深層には吹送流 drift current は存在しないであらう。季節風が吹荒む冬期における当湾での観測データはないが、あるいは北風の卓越のために、当湾の南岸において海面の異常上昇が起り、一方海面の平衡維持の復元力が作動して、深層では卓越風とは別、または逆の方向に、底層流を発達させることもあるかも知れないが、今のところ推論にとどめておく。

それに先立ち、ともかく水深10m辺りから湾底まで、長い期間を通ずる湾内深層の水の動きを、底質の粒

注7) Mdφが0.005mmのコンターで囲まれた水域の平面形態の意味である。

注8) このコリドール部位の水深は15~25mに達する。

度分析によって推知してみようとし(OBARA, 1958)、ここに淘汰係数 sorting coefficient (So) の概念(TRASK, 1930)を導入し、当湾底質のSo分布から考察を進めることにした。

IV.4.4 淘汰係数(So)の意義

もともと粒径の不揃いであった土砂が、波浪による水の動揺と流水の速度によって、選別的に一定の粒径に揃えられる現象を淘汰 sorting と呼び、その揃い方を量的に表わす示標として、淘汰係数(So)が提唱されている。Soは底質の粒度分析データから、次式により算定される(KRUMBEIN, 1939)(第IV-3表参照)。

$$So = \sqrt{Q_3/Q_1} \quad (1)$$

ここにQ₁は、粒度の加積曲線が縦軸目盛の25%の目盛線で截られる時の粒径(mm)の値、またQ₃は、同じく75%の目盛線で截られる時の粒径の値であり、両者の比の平方根がSoである。一般に粒径dを対数で表示しておけば、Soの算定には次式のように対数演等が適用され、計算は簡素化される便利さがある。

$$\log So = 1/2 (\log Q_3 - \log Q_1) \quad (2)$$

なおKRUMBEINは常用対数の代りに、2を底とする対数で示す方法を提唱し、これをファイスケール(phi scale)と呼んだ。この場合、粒径を2の指数の形にすると、d = 2φ、よってφ = log₂ d となり、dとφとの換算グラフを用いればよいことになる。

さてもし粒径が不揃の土砂であれば、Soは大きな値となり、逆に粒径が揃った均質な底土または砂であれば、Soは小さくなる。たとえば内湾の汀線の浜砂は平均1.25ぐらい、外洋に面した海浜の波打際の砂は、平均1.40~1.50となり、これらがよく淘汰された場合のSoの最もありふれた値である(MARTENS, 1939)。

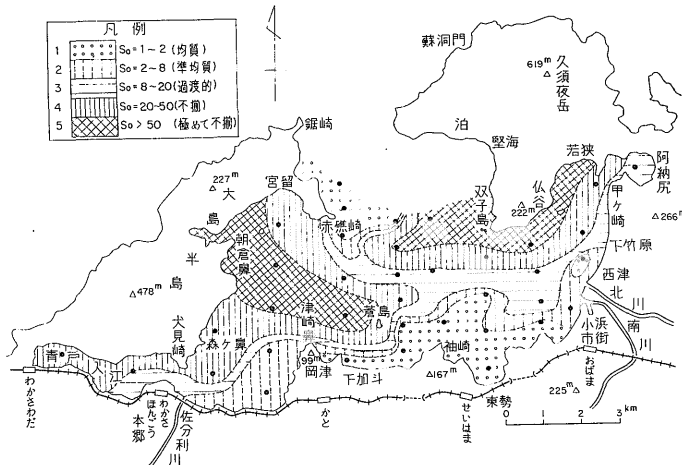
IV.4.5 小浜湾底質のSo分布相について

湾内36地点の底質のSo値変動幅は、1.38から86.6までに亘った。初めSo値を平面図に落とし、コンター図にしたが、元々この値は淘汰の度合を等比級数的に表現するので、まず実感に適うように5段階(下表)に分類し、コンター図からハッチ図に切替え、第IV-7図として掲げることにした。

級	Soの範囲	淘汰の程度	解説の順序
1	1.0~2.0	均質 homogeneous	a
2	2.0~8.0	準均質 semi-homogeneous	a'
3	8.0~20.0	過渡的 transitional	c
4	20.0~50.0	不揃 heterogeneous	b
5	50.0以上	極めて不揃 supper-heterogeneous	

(a) 粒径均等(質)の水域 (So < 2.0)

透明度および粒度分布からみた小浜湾の堆積相 (尾原信彦)



第IV-7図 小浜湾底質の淘汰係数 (S_o) の分布

水の動揺の激しさが予想される湾口注9) 西岸 (鋸崎→赤礁崎) の地先水域, および冬季に湾口を経て直進した巨浪が打寄せる湾の南岸 (小浜市街西部から下加斗まで 7 km の海岸) 地先水域には, $S_o < 2.0$ という底質が分布している. 湾口付近は $S_o = 1.5$ 内外であり, 湾南岸の直下は $S_o \leq 1.5$, その沖合 2km 辺りまでは, $S_o = 1.5 \sim 1.7$ を示した.

荒天時に大波が汀線の岩盤を直撃すれば, 岩石は破壊され, その場で造られた土砂のうち, 粗粒砂礫は崖下に堆留するが, 微細な土粒子は, 波浪によって起されたジェット流 (渦乱流) によって遠方に移送され, その過程において淘汰・分級されることになる.

(a) 粒径準均質の水域 ($S_o = 2.0 \sim 8.0$)

次に砂浜構成物質の供給源が河川であれば, 河口から余り隔てられていない限り, 河口地先の S_o が前述のように, 内湾砂浜地先のそれ ($S_o = 1.25$) と近似値となっても, 別段差支えない. すなわち北川河口北方地先と南川河口以南の小浜市街地先, あるいは佐分利川河口から津崎鼻までの沿岸地先などの水域は, $S_o = 3.0 \sim 4.0$ を記録し, しかもこれらの河川が常時 (洪水時に非ず) 吐出する微細土粒子混りの陸水を, 海水の頂部に載せながら漂流させている場所である. 河川由来の微粒子も, 静穏な季節には, 比重差により比較的すみやかに湾底に降下堆積するはずで, 濁度の著しい陸水系水塊から, 土粒子が異常に繁く沈下・着床すれば, 直下の底質の淘汰状態が $S_o = 2.0 \sim 4.0$ を示したとしても, 別に理解困難ではなからう.

注 9) 湾口の東岸は46年度の調査当時, 荒天のため作業不能であったので, 観測ならびに採泥を断念せざるをえなかった. 48年度には実施する予定である.

(b) 粒径不揃いの水域 ($S_o > 20.0$)

S_o が桁違いに大きく, 従って粒度幅が広い堆積物は, 一般に供給源が多元的といわれている. 海崖直下で, 粗粒砂と同時に生産された大量の微細土粒子は懸濁物となって長期間を経過しつつ湾内一面に拡散し, 風波の静穏時に湾底に沈積する. しかも微細な粒子ほど形態は複雑であり, かつ漂流していた時間が長かったことも原因となって, 波の力が季節によって異なる当湾では, 水の動揺の強弱に応じて, 大小様々の土粒子が時期を異にして沈降堆積する. このような過程によって供給源の多様性が生じ, 淘汰係数の大きな堆積物 ($S_o > 20.0$) が, 湾内の大半に亘り著しく認められるものと考えられる.

季節風を遮る山岳の蔭になる水域 (イ若狭→仏谷→双子島, ロ宮留→朝倉鼻→犬見崎 (大島半島南東岸)) では $S_o = 30.0 \sim 60.0$ という淘汰不良値を示した. ことに後者は, むしろ小浜湾西半一帯注10) といった方が適切ながら広い大きな湾域にわたり, S_o が30.0以上となっており, 蒼島の北西沖には, $S_o = 86.6$ という湾内随一の淘汰不良底質の沈積箇所が記録された.

(c) 淘汰過渡値 ($S_o = 8.0 \sim 20.0$) を示す水域

当湾では, この種の底質の堆積している水域は, 三股に分れた細くて狭い分布をなしている. 湾の北東隅 (阿納尻入江) から小浜市街北半 (甲ヶ崎~下竹原の砂浜) 地先までは, このベルトは汀線沿いに南下するが, 北川の河口付近に達すると, 西方に向きを変えて湾中央に達してから2つに分岐し, 一つは北西の方角に向きを変え, 大島半島の東端 (赤礁崎) に接岸する. 他の分枝は湾中央から南西方向を取り, 津崎鼻をかすめて本郷 (佐分利川

注 10) 宮留→蒼島→津崎鼻→犬見崎を結ぶ線で囲まれた広大な水域と青戸入江を含めた広い面積.

河口)に達し,なお青戸入江の東半を占める。

上記のように, S_o の過渡値を示す底質が,湾内に三股型のコリドール(通廊)となって発達をみた原因のうち,北東翼^{注11)}および南西翼^{注12)}に関しては,多少河成要素の加わった堆積物と見なし得るが,残りの中央ベルトと北西翼は,その深度も大きく^{注13)},前2者とは異なる堆積過程の場所と見られる。このやや深い湾底への堆積物の供給源は湾の南岸および西岸地域であり,供給が永続的と見られる点では,河口地先水域と同様である。湾央コリドールを,前記 a 型水域と b 型水域の接触帯と見立てるならば,そこの性格としては,位置的に中粗砂の供給される限界に近接しており,しかも深部海況として土粒子濃度が大きい海水の通過頻度が高いことを示すことになる。

参考文献

荒巻 孚 (1971): “海岸” 第4章漂砂. 125 p. 犀書房 (有限会社) 刊
 E. A. BIRGE and C. JUDAY (1932): Solar radiation and inland lakes. *Trans. Wisconsin Acad. Sci.*, **27**, p. 523 ~ 562.
 F. A. FOREL (1895): *Le Léman. Monographie Limnologique*, **2**, p. 427~428.
 菱田耕造・小泉宗三郎・西山勝暢 (1968): 濁度自

注 11) 双子島と東勢入江を結ぶ線以東の部分。

注 12) 津崎鼻以西の部分。

注 13) 大体-15~-20mの箇所である。

動測定装置について. 日本海洋学会誌, vol. 24, no. 6, p. 307 ~ 309.

M. KAJIHARA (1971): Setting velocity and porosity of large suspended particle. *Journal of the Oceanographical society of Japan*, vol. 27, no. 4, p. 158 ~ 162.
 W. C. KRUMBEIN (1939): Graphic representation and statistical analysis of sedimentary data. “Recent Marine Sediments”. *Symposium A.A.P.G.*, p. 558 ~ 591.
 J. H. C. MARTENS (1939): Beaches. “Recent Marine Sediments”. *Symposium A. A. P. G.*, p. 207 ~ 218.
 N. OBARA (1958): Treatise on sedimentation in a bay, viewed from an oceanographic standpoint. “藤本治義教授還暦記念論文集”, p. 388-405.
 佐々木忠義 (代表) 編集 (1971): “海洋開発辞典” 透明度・透明度板. p. 25, p. 159, 東洋経済新報社刊.
 P. D. TRASK (1930): Mechanical analysis of sediments by centrifuge. *Econ. Geology*, vol. 25, p. 581 ~ 599.
 吉村信吉 (1936): セッキー白色円板による透明度の海洋学及び湖沼学的意義. 海と空, vol. 16, no. 1, p. 23 ~ 36.

V. 小浜湾海水中の溶存酸素量と底水ならびに湾底堆積物中の化学成分について

V.1 調査研究の分担

海水中の溶存酸素については、主として渡辺がこれに当たり、底水の化学分析および酸化還元電位測定は、貴志が担当し、底質の有機物分析 (C, N) および C. O. D 検定は寺島がこれを実施した。

V.2 調査研究方法

本研究を実施するにあたって、第V-1図に示すように湾内にはほぼ南北方向に9測線を展開した。海水中の溶存酸素量の決定は、給水化学製のD. O計（ガルバニー隔膜電極使用の新製品）を用い行なった。新製品であるために、予め数回の実地試験を行ない、100V発電機（本田製）および飽和海水の簡易調製法等を工夫し、その再現性を検討した。なお万一に備えて、ウィンクラーク法（JIS規格）をも用意してチェックを試みた。

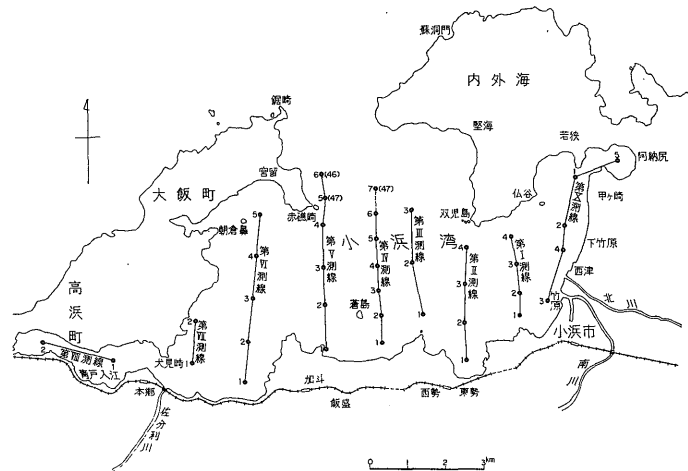
底水の化学分析については、主として平間製携帯用光電比色計を使用した。特に昭和47年度には、前年度とは異なり1cm厚セルの代わりに5cm厚セル装備のものを購入使用したので、5倍の感度を得られた。また底水の化学分析には大量の採水を必要とするので、ポンプ揚水に特別な工夫を要した。底水と同時に底質土も採取してある。これは主としてエクマンバージの採泥器を使用した。有機物質のCとNについて柳本製のMT 500型C・Nコーダーを使用して自動的に分析し、また水の汚

度を検討するために実施したC. O. D測定は、アルカリ法を採用した。また以上の諸方法によって得られた成果を総合的にとりまとめて小浜湾内の海水・底質の汚染状況を言及することとする。

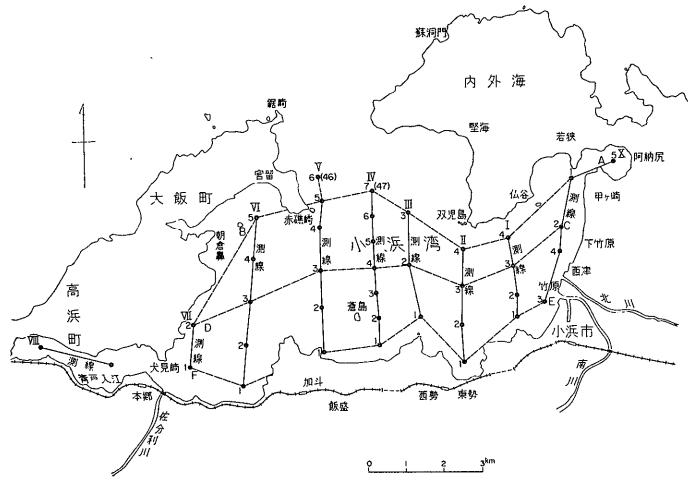
V.3 湾内水の溶存酸素量について

昭和46年9月30日～10月3日および昭和47年6月21日～24日の2回にわたって現地測定を実施した。昭和46年の場合は、9月末から10月初めであったから、秋に近づき、上下海水の混合が始まった時期にあたり、夏期の成層状況が崩れはじめた状況が示されていると予想された。昭和47年は6月であり、冬期を過ぎ、春から初夏に向かっているの、それほど判然とした成層も見られず、春～夏の間状況を示すものと思われる。

海水中の溶存酸素量の供給源（須田, 1933, 1962）としては、(a)海面からの空気溶解、(b)降水・河川水、(c)植物性プランクトンおよび海産物の同化作用があり、また消費する側の主なものは、動物性プランクトンおよび海産動物の呼吸作用、有機物の分解酸化、海底の有機性沈澱物の分解酸化等である。このほかに人為的汚染物質によっても、酸素が消費されるので、汚染の状況はこの方面からも検知することができる。また海水の流動・停滞の状況も溶存酸素の飽和度の分布によってもある程度は把握することができる。またこの酸素量は、底質や底水の酸化還元能（久保, 1952）と密接な関連を示すはず



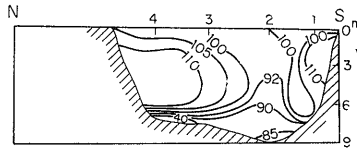
第V-1図 小浜湾海況調査測線図 昭和46～47年



第V-2図 小浜湾南北および東西断面測線図

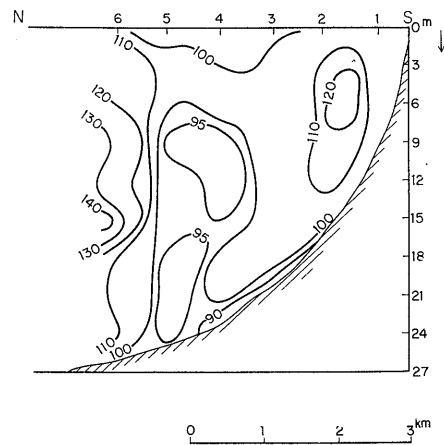
単位%

I 測線



単位%

IV 測線



第V-3図 昭和46年度観測, 酸素飽和度の垂直分布(南北断面) I, IV断面

であり, したがって様々な元素の挙動に直接影響を与えるものである。これらの現象は, 自然状態において普通の作用として絶えず進行しているものである。これに対して人為的な影響がどのように現われるかが問題となる。

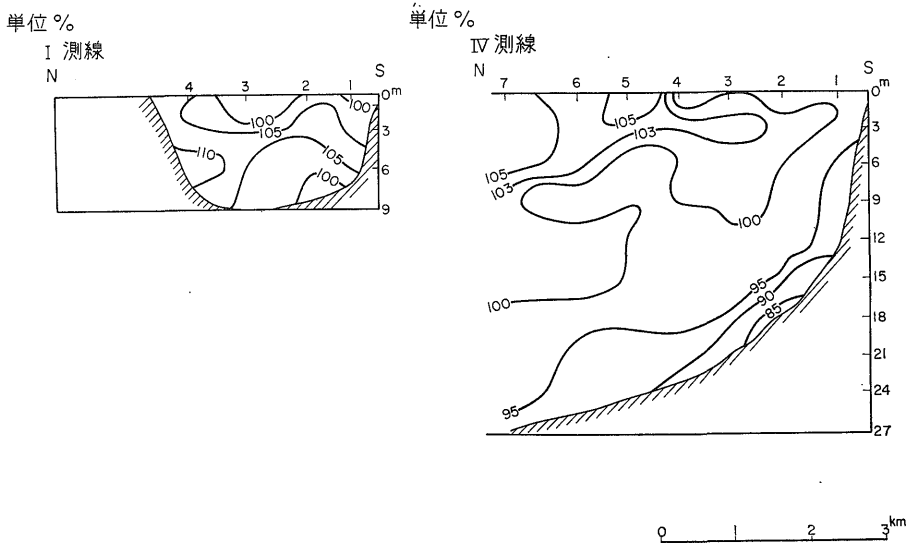
V.3.1 溶存酸素飽和度の垂直分布

昭和46年9月末から10月初めと, 昭和47年には6月下旬に, それぞれ測定しているから, 初夏と晩秋の2季節の海況を知ることができ, さらに昭和48年8月に第3回目の測定を実施する予定なので成層状態が予想される真

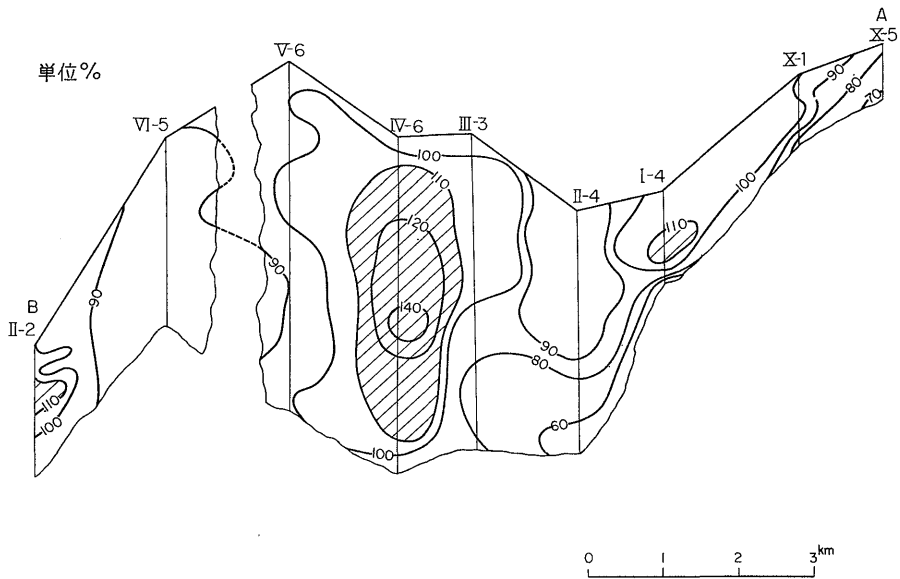
夏の時期の海況が知られるはずである。

さて海水中の溶存酸素量を飽和百分比で示して, これの垂直分布状況を等値線分布図で説明することとした。9測線に沿った9断面と, これにほぼ直交する東西方向の3断面とで, 海況のパネル図を作成した。これらの諸断面のうち, 特に重要と思われるもののみを抽出して説明しよう。

南北方向の断面I, IVの酸素飽和度分布(第V-3図, 第V-4図)。この2断面を選択したのは, 次の理由によった。すなわちI測線は, 昭和46年の測定で, 湾内でもっとも酸素の欠乏している状況を示し, かつまた河川を



第V-4図 昭和47年観測，酸素飽和度の垂直分布（南北断面）I，IV断面



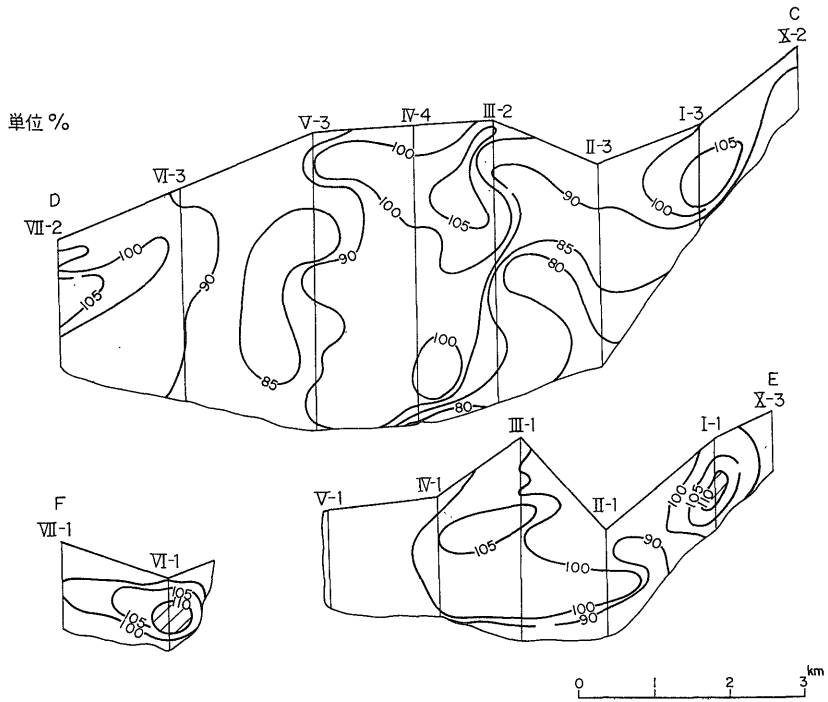
第V-5 a 図 昭和46年度A—B断面，溶存酸素飽和度分布

通じて、小浜市街地からの流出物質が多いと思われる位置であるからであった。さらにIV測線は、湾中央に近い位置にあって、外海との海水の出入がありそうで、汚染は多少低いのではないかと予想からであった。

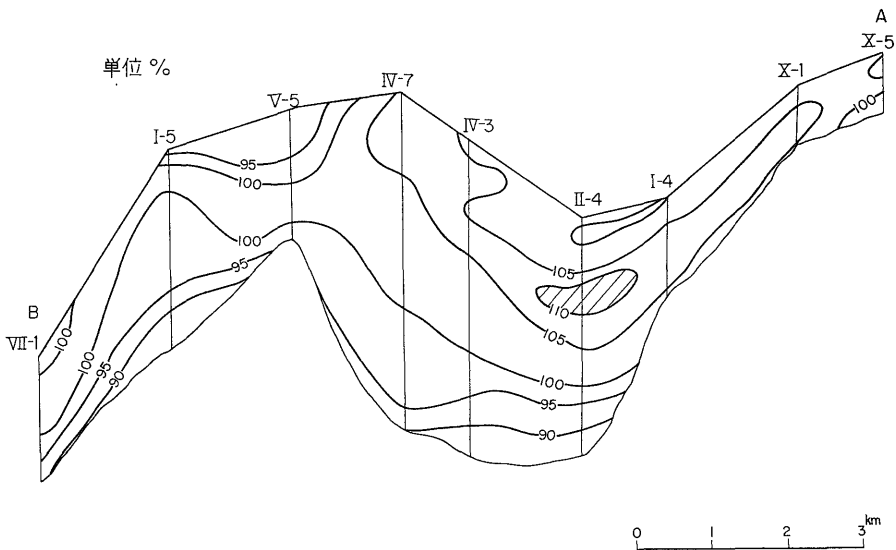
昭和47年6月のI測線断面の飽和度分布では、全断面にわたって100%以上の海水が存在し、ことに中層に105~110%という過飽和帯が発達している。この年は、この測線の透明度は3.5~4.0mで前年度よりかなり澄んでおり、塩分もまた1~2‰程度高い値を示していた。この

時期の外海水については、清風丸の若狭湾沖の測定記録(気象庁, 1972)があり、102~103%の酸素過飽和の海水(0~30m深度)が顕著であることがわかった。これは夏期に予想される成層発達状態を迎える前の海況である。

次に昭和46年のこのI測線の分布を観察してみると、測定が10月であるから、夏を経過して秋に入り、上下海水の混和が始まったと考えられる時期に当たっている。したがって夏期に予想される成層状況も未だ幾分残っており、第V-3図に示すように、成層の擾乱と著しい不飽



第V-5 b 図 昭和46年度 C—D, E—F 断面溶存酸素飽和度分布図

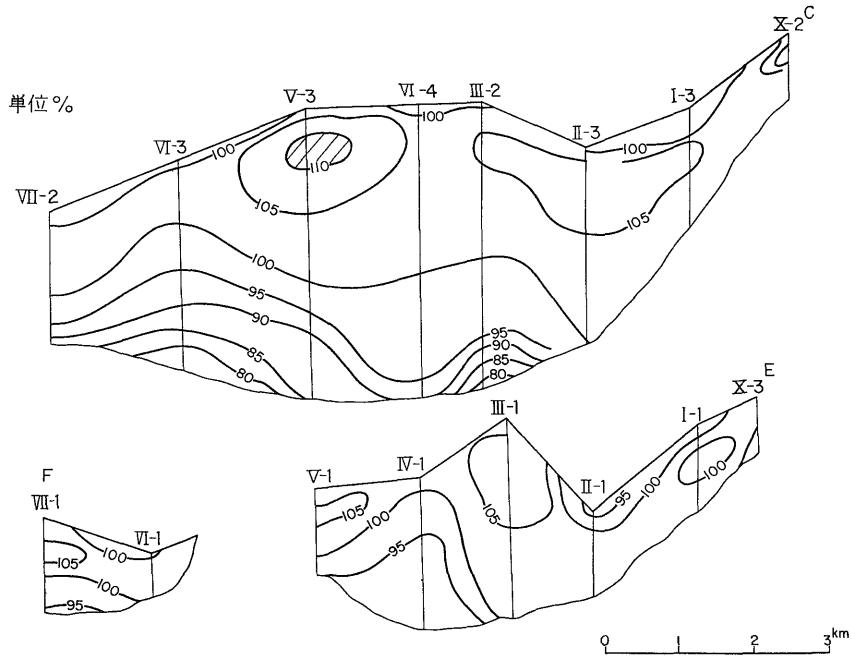


第V-6 a 図 昭和47年度 A—B 断面溶存酸素飽和度分布図

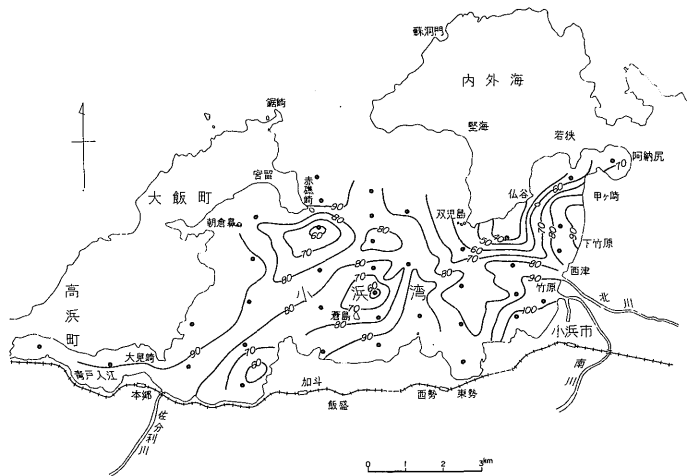
和帯の発達が見られる。飽和度41%という著しく低い値を示す底水が、仏谷よりの沖合に見られ、若狭部落沖の方向に伸びている。そしてこの位置が底水の C. O. D. でも最大の 3.6 ppm の値を示したことは、注目される。

次にIV測線の断面の比較であるが、まず昭和47年の分

布(第V-4 図)をみると、南部陸岸に近い底水は、やや不飽和で85%を示し、90~95%の水もこの上位にあり、さらに表層に近い所には、100~105%の過飽和な海水が突きこんだ形で存在している。おそらく外海水が流入しているのであろう。



第V-6 b 図 昭和47年度 C—D, E—F 断面, 溶存酸素飽和度分布図



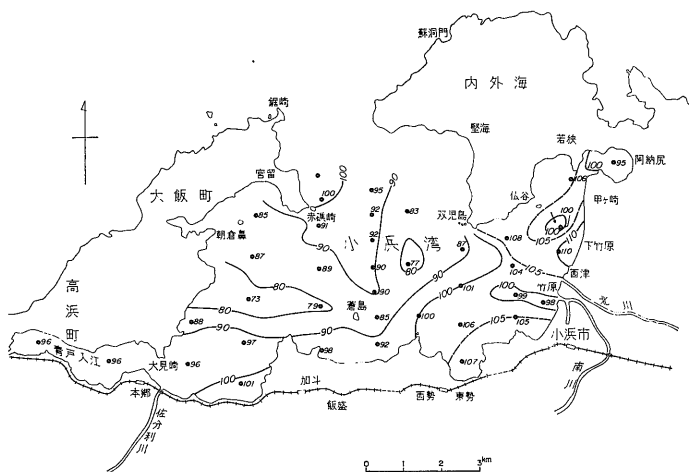
第V-7 図 底水の酸素飽和度 (昭和46年, 9—10月)

昭和46年の断面で示される分布は (第V-3 図), 上下海水の混和の状況を示すと思われる上下方向に見かけ上では細長い水塊があちこちに分断して存在している。こうした状態は他の観測方法では、仲々把握しがたいものと考えられる。底部には昭和47年の時と同様に90%の不飽和帯があり、深部の水は、年間を通じて停滞している可能性が大きい。なおこの断面で注意すべきことは、昭和46年において外海に接近している第6 測点付近に、湾

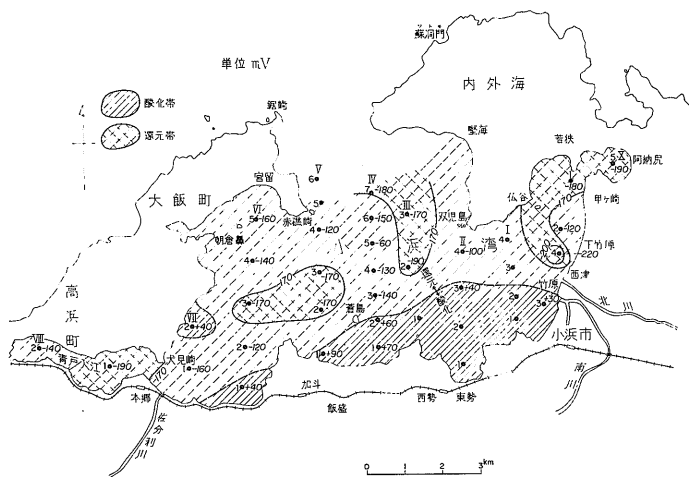
内のほとんど動かない水と外海水との接触面と思われるものが見られることである。おそらく湾内水の寒・暖の水塊の上昇・下降に妨げられて外海水との不連続面が一層はっきりしたのであろう。

V-5 図およびV-6 図は、昭和46, 47年両年度の東西方向の飽和度分布をパネル図として示したものである。両年度の特徴を概括すれば、次の通りである。

昭和47年は各断面とも、表層における外海の飽和度の



第V-8図 底層水の酸素飽和度 (47年6月)



第V-9図 小浜湾底質の酸化還元電位分布 (昭和47年6月)

高い海水の流入によって起っていると思われる局所的な乱れを除いては深部の停滞性の不飽和帯から上部の飽和帯、過飽和への漸移が見られ、とくに成層帯や躍層の存在は認められなかった。

これに反して、昭和46年の各断面の酸素飽和度垂直分布は、晩秋の上下海水混合期の状態を示している。A-B断面のように沖寄りの東西に湾を横断する断面でも幾つかの巨大な上下に細長い水塊の分裂が見られ、水塊の中心部は、水温がやや高く、過飽和な酸素量をもつことが示されている。C-D (湾央) およびE-F (陸岸近くの断面) もA-B断面の状態と類似している。

V. 3. 2 湾内底水の酸素飽和度

昭和46年および昭和47年における底水の酸素飽和度

(%)の水平分布状況を図化して第V-7図と第V-8図に示した。

昭和46年の分布図では、仏谷一若狭部落沖に強度の不飽和帯 (<50%) が存在しており、また赤磯崎の南にもかなり強度の不飽和帯 (<60%) が存在している。なお佐分利川の流出する沖合の津崎鼻付近にも不飽和帯 (55%) がある。これらの地点は、いずれも底質の汚染程度を示すと思われる。

昭和47年の分布図は、初夏の状況であるが前年度の秋のそれとは著しく異なった状態を示している。この時期は冬の強風によって、冷たい外海水が多少流入し、また底水が湾口に向かって移動した (不飽和底水の緩慢な移動) ためか、湾の東側に案外に過飽和な海水があり、湾北西部には70~80%の不飽和帯が残っている状態が認め

小浜湾海水中の溶存酸素量と底水ならびに湾底堆積物中の化学成分について (渡辺・貴志・寺島)

られる。この現象については海水温度および塩分の点からも、東西2つの水塊に分けられるということと、潮目の発生という点で一致しているように見える。

V. 4 湾底堆積物の酸化還元電位の分布と湾底堆積物および底水中の化学成分

酸化還元電位測定は、昭和47年6月の観測の際、底質についても実測したものであり、その測定によるものを中心として述べることにする。

第V-1表 昭和46年度小浜湾溶存酸素量及び飽和度

分析者：渡辺和衛

測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %
I-1	0 m	5.59	102.4
	1 m		
	3 m	6.16	118.7
	6 m	5.40	106.4
	6.8m	5.20	102.5
I-2	0 m	5.44	100.4
	1 m		
	3 m	4.81	92.8
	6 m	4.71	91.5
	9 m	4.28	84.6
I-3	0m	5.29	98.9
	1m		
	3m	5.49	106.2
	6m	5.50	107.7
	7m		
	7.7m	4.60	88.1
I-4	0 m	5.26	101.5
	1 m		
	3 m	5.78	110.5
	6 m	5.90	115.3
	6.8m	2.08	41.0
II-1	0 m	5.15	97.4
	2 m	4.64	87.7
	3 m	5.07	96.3
	4 m	5.60	106.3
	6 m	4.52	87.3
	8 m		
	8.4m	4.09	79.6
II-2	0 m	5.18	97.7
	2 m	4.31	81.4
	3 m	4.17	80.0
	4 m	4.02	77.2

測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %
	6 m	3.88	75.8
	9 m	3.66	73.2
	11 m		
	11.5m	3.59	71.9
III-1	0 m	5.45	102.9
	1 m	5.31	100.3
	2 m	5.25	99.3
	3 m	5.31	100.3
	4 m	5.25	99.9
	6 m	5.45	106.6
	9 m	5.06	98.9
	12 m	5.19	102.5
	15 m	5.06	98.9
	15.8m	5.06	98.9
III-2	0 m	5.07	104.2
	1 m	6.23	116.6
	2 m	3.72	69.8
	3 m	4.50	86.5
	4 m	4.84	93.1
	6 m	5.32	103.5
	9 m	5.26	102.3
	12 m	4.09	79.6
	15 m	4.46	86.5
	18 m	4.35	84.6
	21 m	4.38	85.6
22 m	4.66	90.9	
III-3	0 m	5.13	96.6
	1 m	4.77	89.8
	2 m	5.63	105.9
	3 m	5.28	103.2
	4 m	4.40	84.3
	6 m	5.62	105.9
	9 m	5.59	107.0
	12 m	5.64	109.8
	15 m	4.40	85.7
	18 m	4.17	80.8
21 m	4.10	79.4	
24 m	3.81	83.5	
IV-1	0 m	5.27	99.1
	1 m		
	3 m	5.47	106.1
	6 m	5.27	103.0
	9 m	5.11	100.5
9.3m			
IV-2	0 m	5.49	105.3

地質調査所月報(第24卷第12号)

測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %	測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %
	1 m				15 m	7.21	141.3
	3 m	6.20	119.4		18 m	5.56	107.2
	6 m	6.37	124.4		21 m	5.47	105.5
	9 m	5.83	115.4		24 m	5.75	110.9
	12 m	5.58	110.7		25 m	—	—
	15 m	5.13	100.9		26 m	4.54	87.7
	16 m			V-1	0 m	5.02	95.0
	16.4m	4.11	80.9		1 m		
IV-3	0 m	5.24	100.8		2 m	4.80	91.3
	1 m				3 m	4.80	91.6
	3 m	5.47	106.3		4 m	4.80	91.6
	6 m	5.39	105.7		5 m	4.80	91.6
	9 m	5.47	108.0		6 m	4.59	89.9
	12 m	5.55	107.9		7.5m		
	15 m	5.55	108.4		7.7m	4.66	91.1
	18 m	5.47	106.3	V-2	0 m	5.02	94.6
	20 m				1 m		
	20.5m	3.12	60.9		2 m	5.15	99.2
IV-4	0 m	4.99	94.2		3 m	4.95	95.5
	1 m				4.5m	5.09	98.1
	3 m	5.29	100.9		6 m	5.09	99.2
	6 m	5.36	104.5		7.5m	4.66	90.7
	9 m	4.99	98.6		9 m	4.46	87.3
	12 m	4.99	98.4		12 m	4.46	87.7
	15 m	4.85	95.1		15 m	4.51	87.8
	18 m	5.12	101.4		18 m	4.23	82.5
	21 m	5.22	101.5		19 m	3.93	76.7
	23 m	3.98	77.3	V-3	0 m	4.70	89.4
IV-5	0 m	5.22	99.6		1 m		
	1 m				2 m	5.30	100.7
	3 m	5.33	105.6		3 m	5.30	101.7
	6 m	5.12	100.1		4 m	4.68	89.7
	9 m	4.96	97.1		6 m	4.37	85.5
	12 m	4.80	93.3		9 m	4.01	78.4
	15 m	4.80	93.3		12 m	4.88	95.5
	18 m	4.87	96.9		15 m	4.51	88.3
	21 m	5.02	97.5		18 m	4.59	89.7
	24 m	4.96	96.5		21 m	4.68	91.5
	24.8m	4.86	94.8		23.1m	4.54	88.8
IV-6	0 m	5.18	96.5	V-4	0 m	4.52	86.8
	1 m				3 m	4.09	77.7
	3 m	6.15	117.1		4 m	4.52	85.9
	6 m	6.05	117.5		5 m	4.80	91.3
	9 m	6.61	129.6		6 m	5.16	101.0
	12 m	6.34	124.3		9 m	4.52	87.9

小浜湾海水中の溶存酸素量と底水ならびに湾底堆積物中の化学成分について (渡辺・貴志・寺島)

測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %	測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %
	12 m	4.59	89.0		9 m	4.79	93.9
	15 m	4.95	98.1		12 m	4.71	91.9
	18 m	4.59	89.2		15 m	4.56	89.1
	18.2m	2.92	56.5				
V-5	0 m	4.47	84.4	VI-4	0 m	5.17	99.7
	3 m	4.12	78.1		1 m	5.17	99.7
	4 m	4.54	86.0		2 m	5.05	97.3
	5 m	4.90	92.9		3 m	5.17	101.5
	6 m	5.25	102.1		4 m	4.91	96.4
	9 m	5.47	106.1		6 m	5.05	98.8
	12 m	5.11	99.3		9 m	4.92	96.2
	15 m	4.97	96.7		12 m	4.92	96.2
	17 m	4.97	96.7		15 m	4.75	94.7
V-6	0 m	5.18	97.3	VI-5	0 m	4.66	89.3
	1 m				1 m	4.41	85.1
	3 m	5.25	101.0		2 m	4.33	83.9
	6 m	5.10	99.0		3 m	4.33	85.1
	9 m	5.28	102.6		4.5m	4.43	86.8
	12 m	5.25	102.2		6 m	4.53	88.8
	15 m	4.97	95.9		9 m	4.34	84.4
	18 m	4.78	92.2		12 m	4.34	84.2
	21 m	4.78	92.2		13 m		
	24 m	5.02	95.9		14.1m	4.16	80.8
	26.0m						
26.8m	5.22	100.7					
VI-1	0 m	5.29	99.9	VII-1	0 m	5.15	99.1
	1 m	5.60	106.9		1 m	4.86	93.4
	2 m	5.76	111.1		2 m	4.77	93.7
	3 m	6.08	114.9		3 m	5.16	100.1
	4 m	5.84	112.3		4 m	5.22	101.1
	5 m				6 m	4.56	89.2
	5.5m	2.89	56.9		6.8m		
			7.1m	4.27	83.5		
VI-2	0 m	4.72	90.7	VII-2	0 m	4.92	94.5
	1 m	4.58	87.9		1 m	5.74	110.7
	3 m	4.50	86.9		2 m	5.13	99.0
	4 m	4.36	83.8		3 m	5.90	114.3
	5 m	4.36	83.8		4 m		
	6 m	4.36	86.6		6 m	5.44	105.4
	9 m	4.50	89.1		9 m	4.93	95.8
	12 m	4.21	83.4		10 m	4.92	95.8
VI-3	0 m	4.64	89.9	VIII-1	0 m	4.84	92.4
	1 m	4.87	94.3		1 m	5.11	97.7
	2 m	4.87	94.3		2 m	5.43	104.1
	3 m	5.03	98.9		3 m	5.06	96.0
	6 m	4.87	95.5		4 m	4.72	92.5
					4.2m		

地質調査所月報(第24巻 第12号)

測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %
VII-2	0 m	4.32	82.4
	1 m	3.79	74.2
	2 m	4.35	85.3
	3 m	3.85	75.7
	3.5m	4.63	90.9
X-1	0 m	5.22	100.7
	1 m		
	3 m	5.22	101.7
	5.1m	4.09	79.8
X-2	0 m	5.65	104.8
	1 m	5.09	99.2
	2 m	4.12	80.6
	3 m	4.84	95.1
	4 m		
	4.3m	4.38	86.2
X-3	0 m	4.75	90.4
	1 m	4.86	92.7
	2 m	4.93	94.0
	3 m	4.98	95.9
	4 m	4.96	97.3
	4.2m	4.66	91.3
X-4	0 m	4.77	86.3
	1 m	4.97	92.7
	2 m	5.40	106.0
	3 m	4.76	96.9
	4.0m		
	4.4m	2.91	57.6
X-5	0 m	4.45	84.3
	1 m	4.09	77.8
	2 m	4.05	77.1
	3 m	3.96	76.3
	3.5m	3.41	69.5

測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %	酸化還元電位 mV
I-2	0 m	5.34	103.4	
	1 m	5.51	106.7	
	3 m	5.44	105.2	
	6 m	5.20	100.0	
	7.5m	5.12	98.8	
I-3	0 m	4.92	94.1	
	1 m	5.04	96.7	
	3 m	5.58	106.4	
	6 m	5.52	103.7	
	8.5m	5.54	104.4	
I-4	0 m	5.46	105.0	
	1 m	5.46	103.6	
	3 m	5.56	106.1	
	6 m	6.15	115.6	
	7.5m	5.73	107.9	
II-1	0 m	5.06	98.0	
	1 m	4.77	92.4	
	3 m	5.29	103.1	
	6 m	5.17	100.4	
	6.5m	5.40	106.5	
II-2	0 m	5.18	100.5	
	1 m	5.51	106.3	
	3 m	5.41	104.6	
	6 m	5.36	103.6	
	9 m	5.44	105.0	
	10.7m	5.47	105.6	
II-3	0 m	5.16	100.0	
	1 m	5.41	105.2	
	3 m	5.62	108.4	
	6 m	5.48	105.7	
	9 m	5.35	102.5	
	12 m	5.46	103.6	
	15 m	5.22	100.8	+ 40
	15.3m			
II-4	0 m	5.18	102.1	
	1 m	5.50	105.7	
	3 m	5.25	101.7	
	6 m	5.72	110.8	
	9 m	5.60	106.8	
	12 m	5.51	104.1	
	15 m	5.00	94.8	
	18 m			
	18.5m	4.64	86.5	-100
III-1	0 m	5.41	104.0	

第V-2表 昭和47年度小浜湾溶存酸素量および飽和度と底質の酸化還元電位

測定者(O. D. 渡辺和衛 貴志晴雄)
(酸化還元電位)

測線	深度	酸素量 (cc/l)	飽和度 (%)	酸化還元電位 (mV)
I-1	0 m	5.08	98.8	
	1 m	5.37	104.8	
	3 m	5.48	104.9	
	6 m	5.40	105.4	

小浜湾海水中の溶存酸素量と底水ならびに湾底堆積物中の化学成分について (渡辺・貴志・寺島)

測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %	酸化還元電位 mV	測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %	酸化還元電位 mV
	1 m	5.44	104.0			6 m	5.34	101.9	
	3 m	5.63	107.2			9 m	5.43	103.2	
	6 m	5.62	107.2			12 m	5.40	100.9	
	9 m	5.49	103.0			15 m	5.34	98.8	
	12 m	5.53	104.1			18 m	4.79	88.7	
	15 m					20.9m	4.88	89.9	
	16 m	5.33	100.						
Ⅲ-2	0 m	5.25	100.6		Ⅳ-4	0 m	5.25	100.0	
	1 m	5.36	102.2			1 m	5.27	100.5	
	3 m	5.51	105.1			3 m	5.43	103.6	
	6 m	5.45	103.2			6 m	5.35	101.7	
	9 m	5.41	102.0			9 m	5.35	100.7	
	12 m	5.37	100.0			12 m	5.40	100.7	
	15 m	5.25	97.9			15 m	5.44	100.9	
	18 m	5.09	95.3			18 m	5.35	99.2	
	21 m	4.25	77.4			21 m	5.40	100.	
	21.5m	4.13	77.3			-190	23 m	4.94	
Ⅲ-3	0 m	5.45	103.6		Ⅳ-5	0 m	5.53	106.2	
	1 m	5.45	103.2			1 m	5.74	109.5	
	3 m	5.56	105.7			3 m	5.42	103.4	
	6 m	5.55	104.7			6 m	5.15	98.3	
	9 m	5.61	105.8			9 m	5.33	101.1	
	12 m	5.59	104.7			12 m	5.33	99.6	
	15 m	5.47	101.1			15 m	5.39	100.0	
	18 m	5.36	99.2			18 m	5.30	98.1	
	21 m	5.09	93.7			21 m	5.02	93.1	
	24 m	4.50	82.8			24 m	4.96	91.6	
24.8m	4.50	82.8	-170	Ⅳ-6	0 m	5.31	101.1		
Ⅳ-1	0 m	5.06	96.5			1 m	5.44		103.8
	1 m	5.25	100.0			3 m	5.45		104.8
	3 m	5.15	98.4			6 m	5.36		103.0
	6 m	4.90	93.3			9 m	5.25		99.0
	9 m	4.89	92.8			12 m	5.38		101.5
	12 m	4.88	91.9			+70	15 m		5.42
Ⅳ-2	0 m	4.94	94.3			18 m	5.21		97.4
	1 m	5.12	97.7			21 m	4.91		90.9
	3 m	5.37	101.9			24 m	5.02		93.1
	6 m	5.20	98.5	25.5m		4.99	92.9	-150	
	9 m	5.23	99.0	Ⅳ-7		0 m	5.51	105.7	
	12 m	5.11	96.0			1 m	5.65	107.4	
	15 m	4.67	86.0			3 m	5.74	106.3	
17.7m	4.55	85.0	+60		6 m	5.55	105.7		
Ⅳ-3	0 m	5.22	98.6		9 m	5.34	100.7		
	1 m	5.38	102.7		12 m	5.37	101.3		
	3 m	5.45	104.0		15 m	5.46	102.2		
					18 m	5.28	98.7		

地質調查所月報(第24卷第12号)

測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %	酸化還元電位 mV
	21 m	5.12	95.5	-180
	24 m	5.16	95.5	
	26 m	5.16	94.6	
	26.8m	—	—	
V-1	0 m	5.33	102.5	+ 90
	1 m	5.51	106.5	
	3 m	5.40	104.8	
	6 m	5.12	97.7	
	6.6m	—	—	
V-2	0 m	5.33	101.7	-170
	1 m	5.52	106.1	
	3 m	5.54	106.1	
	6 m	5.34	101.5	
	9 m	5.41	101.8	
	12 m	4.69	88.3	
	15 m	4.56	84.4	
	19.2m	4.23	77.7	
V-3	0 m	5.36	102.3	-170
	1 m	5.50	105.7	
	3 m	5.70	109.6	
	6 m	5.63	107.6	
	9 m	5.46	104.7	
	12 m	5.55	104.7	
	15 m	5.16	96.6	
	18 m	4.81	89.4	
	23 m	4.84	89.5	
V-4	0 m	5.54	105.7	-120
	1 m	5.64	107.8	
	3 m	5.42	103.4	
	6 m	5.25	100.0	
	9 m	5.42	102.8	
	12 m	5.12	96.6	
	15 m	4.89	92.2	
	20.2m	4.98	92.4	
V-5	0 m	5.16	98.4	
	1 m	5.26	100.4	
	3 m	5.12	97.7	
	6 m	5.25	100.0	
	9 m	5.32	100.0	
	10.1m	5.40	102.1	
VI-1	0 m	5.06	97.3	
	1 m	5.19	100.8	

測線	深度	酸素量 cc/l	飽和度 %	酸化還元電位 mV
	3 m	5.20	101.0	+ 40
	3.2m	5.28	102.5	
VI-2	0 m	5.22	100.0	-120
	1 m	5.36	104.0	
	3 m	5.42	105.2	
	6 m	5.39	103.6	
	9 m	5.00	96.3	
	11 m	5.02	96.7	
VI-3	0 m	5.22	99.6	-170
	1 m	5.38	102.7	
	3 m	5.42	103.4	
	6 m	5.16	98.8	
	9 m	4.92	94.0	
	12 m	4.54	86.8	
	15 m	3.81	72.6	
VI-4	0 m	5.23	100.0	-130
	1 m	5.35	102.9	
	3 m	5.24	100.0	
	6 m	5.20	99.2	
	9 m	5.44	103.2	
	12 m	4.61	87.8	
	15 m	4.63	88.1	
	16.5m	4.41	83.0	
VI-5	0 m	5.09	97.3	-160
	1 m	5.21	100.4	
	3 m	5.23	100.0	
	6 m	5.23	99.4	
	9 m	5.33	100.4	
	15.8m	4.56	85.2	
VII-1	0 m	5.23	100.0	+ 40
	1 m	5.36	103.0	
	3 m	5.44	104.6	
	6 m	5.14	99.2	
	7.9m	4.97	95.6	
VII-2	0 m	5.18	98.8	-160
	1 m	5.26	100.4	
	3 m	5.30	101.1	
	6 m	5.29	100.9	
	9 m	4.92	94.6	
	10 m	4.55	87.5	
VIII-1	0 m	5.18	99.6	

測線	深度	酸素量	飽和度	酸化還元電位
	1 m	5.23	100.6	-190
	3 m	5.12	98.4	
	4 m	5.01	96.3	
	4.3m			
VIII-2	0 m	5.14	97.3	-140
	1 m	5.25	99.2	
	3 m	4.94	94.4	
X-1	0 m	5.27	102.5	-180
	1 m	5.40	104.0	
	3 m	5.62	108.0	
	4 m	5.53	105.5	
	4.6m	5.44	103.8	
X-2	0 m	5.60	107.2	-120
	1 m	5.86	112.7	
	3 m	5.25	101.7	
	4.9m	5.25	100.0	
X-3	0 m	5.59	106.0	+ 30
	1 m	5.73	110.8	
	3 m	5.14	99.4	
	3.8m	5.12	98.3	
X-4	0 m	5.31	100.7	-220
	1 m	5.39	103.8	
	3 m	5.55	107.5	
	4 m	5.63	109.5	
X-5	0 m	5.41	104.4	-190
	1 m	5.45	105.2	
	3 m	5.20	100.9	
	4.9m	4.82	96.1	

V.4.1 湾底堆積物の酸化還元電位 (Eh) の分布

第V-9図に示すように、+30~+90 mVを示す酸化帯は、南部の陸岸に接した浅い所に存在し、常に河川によって堆積物が供給されると予想される位置である。ただIカ所湾西の犬見崎の北(第VII測線)に+40 mVの値があるが、これについては今後検討する必要がある。この酸化帯より北では、還元帯となり、-100~-220 mVの値を示している。下竹原、仏谷、若狭、阿納尻方面の入江では、とくに低く-170~-220 mVという値を示している。

なお湾口より南下する舌状の低還元帯と津崎鼻北の沖合の同様な還元帯を認めることができる。青戸入江も、入口の方がかえて低く、-190 mVの値である。この分布図は、また堆積物の粒度分布と関係があるように思

われる(第V-2表参照)。

第V-3表

(A)小浜湾内底水のSiO₂及びP含量とA. O. U.*

(昭和47年6月)

分析者: 貴志 晴雄

測点	深度	SiO ₂ mg/l	p mg/l	A. O. U cc/l
1-1	- 6.45m	1.2	0.03	-0.28 Cl...18.45‰
1-2	- 8.00m	0.7	0.01	+0.06 Cl...18.63‰
1-3	- 4.50m	1.0	0.04	-0.24 Cl...18.73‰
1-4	- 3.50m	1.2	0.04	-0.42 Cl...18.65‰
2-1	- 6.85m	0.0	0.02	-0.05 Cl...18.54‰
2-2	-10.7 m	0.1		
2-3	-15.30m	0.2		
2-4	-18.55m	- 1m 0.1 -12m 1.2 -15m 1.4		
3-1	-16.85m	0.3~0.4	0.02	+0.93 Cl...18.70‰
3-2	-22.20m	0.3~1.0		
3-3	-24.85m	-0m 0.3		
4-1	-12.00m	0.3	0.02	+0.54 Cl...18.80‰
4-2	-17.70m	0.1		
4-3	-20.90m	0.0		
4-4	-23.00m	0.2		
4-5	-24.00m	0.1		
4-6	-25.50m	0.2		
4-7	-26.80m	0.4		
5-1	- 6.60m	0.1	0.02	+1.23 Cl...18.81‰
5-2	-19.20m	1.7		
5-3	-23.00m	0.2		
5-4	-20.20m	0.1		
5-5	10.10m	0.1		
6-1	3.50m	0.6	0.06	+0.79 Cl...18.63‰
6-2	11.50m	0.0		
6-3	15.30m	0.3		
6-4	16.70m	0.2		
6-5	15.80m	1.3		
7-1	7.90m	0.2		
7-2	10.00m	0.2		

地質調査所月報 (第24巻 第12号)

測点	深度	SiO ₂ mg/l	p mg/l	A. O. U cc/l
8-1	4.55m	0.5		
8-2	3.00m	0.5		
10-1	4.60m	0.2	0.06	-0.29 Cl...18.30‰
10-2	4.90m	0.2		
10-3	3.80m	0.2		
10-4	4.00m	0.7		
10-5	4.90m	0.5		

* A. O. U は飽和酸素量と実測量との差 (+値は不飽和 -値は過飽和)

(B)底水中の銅の含有量 (昭和47年6月)

測点	深度 (m)	Cu (mg/l)
1-3	-4.50m	2.5
1-4	-3.50m	2.4

第V-4表 小浜湾内底水の C. O. D 及び底質土中の有機元素 C, N 測定成果 (昭和46年10月観測)

分析者 (C. O. D および C, N) 寺島美南子
(D. O) 渡辺和衛

測点 番号	酸素飽和度		C. O. D	底質土中全 C, N			深度 m
	%	A. O. U cc/l		アルカリ法 O ₂ p.p.m	全 C %	全 N %	
I-1	102.5	-0.13	3.62	0.38	0.05	7.6	7.0
I-2	84.6	0.78	2.87	0.76	0.08	9.5	9.1
I-3	88.1	0.62	1.83	0.95	0.10	9.5	7.7
I-4	41.0	2.99	3.47	1.41	0.14	10.0	6.9
II-1	79.6	1.04					8.5
II-2	71.9	1.40		0.72	0.07	10.3	11.8
II-3	86.0	0.90		1.02	0.09	11.3	15.7
II-4	56.5	2.21		1.34	0.13	10.3	18.9
II-5							
III-1	98.9	0.05		1.18	0.06	19.7	15.9
III-2	90.9	0.46		1.59	0.14	11.4	22.0
III-3	83.5	0.75		2.05	0.19	10.8	24.6
IV-1	100.5	-0.03	1.51				9.4
IV-2	80.9	0.97	1.81				16.5
IV-3	60.9	2.00	1.64	1.76	0.10	17.6	20.7
IV-4	77.3	1.17	1.89	1.62	0.10	16.2	23.3
IV-5	94.8	0.27	1.26	1.82	0.19	9.5	25.0
IV-6	87.7	0.63	1.21	2.49	0.10	24.9	26.0
V-1	91.1	0.46	1.51				7.9
V-2	76.7	1.20	1.18	1.90	0.15	12.6	19.1
V-3	88.8	0.57	1.51	2.27	0.14	16.2	23.2

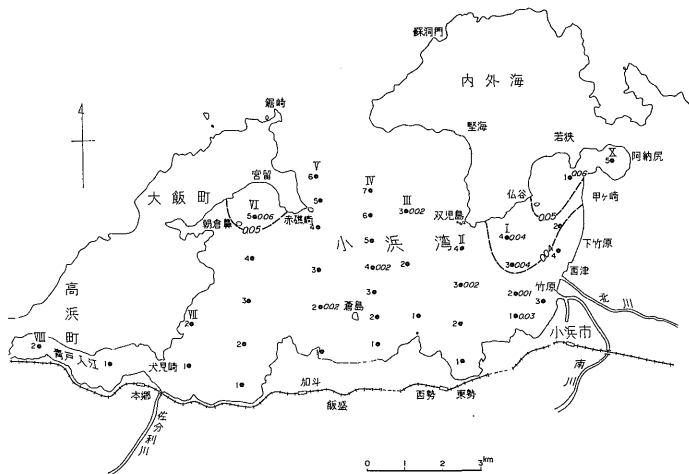
測点 番号	酸素飽和度		C. O. D	底質土中全 C, N			深度 m
	%	A. O. U cc/l		アルカリ法 O ₂ p.p.m	全 C %	全 N %	
V-4	56.5	2.25	1.26				18.3
V-5	96.7	0.17	1.13				18.0
V-6	100.7	0.04	1.26				27.0
VI-1	56.9	2.18					5.8
VI-2	83.4	0.84		1.67	0.16	10.4	12.2
VI-3	89.1	0.56		1.76	0.18	9.8	16.0
VI-4	94.2	0.30					16.9
VI-5	80.8	0.99		1.76	0.19	9.2	14.3
VII-1	83.5	0.84		1.38	0.15	9.2	7.2
VII-2	95.8	0.21		1.52	0.17	9.0	10.2
VIII-1	92.5	0.38		1.52	0.16	9.5	4.6
VIII-2	90.9	0.46					3.6
X-1	79.8	1.03	3.19	2.14	0.17	12.6	5.2
X-2	86.2	0.70		1.67	0.19	8.8	4.4
X-3	91.3	0.44		0.23	0.02	11.5	4.4
X-4	57.6	2.14		1.27	0.13	9.8	4.5
X-5	69.5	1.50		1.77	0.20	8.9	4.0

C. O. D の O₂ p.p.m を O₂ cc/l に換算

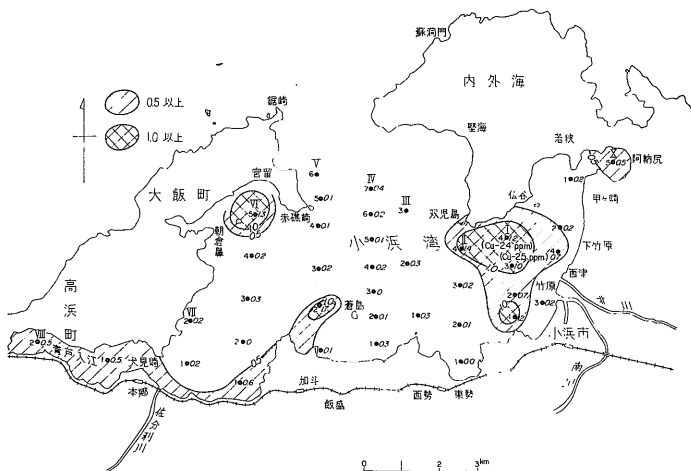
測点	C. O. D O ₂ p.p.m	C. O. D cc/l	A. O. U cc/l
I-2	2.87	2.01	0.78
I-3	1.83	1.28	0.62
I-4	3.47	2.43	2.99
X-1	3.19	2.23	1.03
IV-1	1.51	1.06	-
IV-2	1.81	1.27	0.97
IV-3	1.64	1.16	2.00
IV-4	1.89	1.32	1.17
IV-5	1.26	0.88	0.27
IV-6	1.21	0.84	0.63
V-1	1.51	1.06	0.46
V-2	1.18	0.83	1.20
V-3	1.51	1.06	0.57
V-4	1.26	0.88	2.25
V-5	1.13	0.79	0.17
V-6	1.26	0.88	-

V.4.2 底水中の磷 (p), 珪酸 (SiO₂), 銅 (Cu) 等の分布 (第V-3表)

底水中の磷の分布は、第V-10図に示してあるように、仏谷、若狭部落沖および、湾西の大島半島の宮留部に、



第V-10図 底水中のリンの分布 (昭和47年6月) 単位 p.p.m



第V-11図 底水中のSiO₂量の分布 (昭和47年6月) 単位 p.p.m
底水中のCuの富化地点を图中に示す。

落にやや高い値が示されている。第V-11図には、珪酸と銅の分布を示してあるが、銅 (Cu) の分布状態は、後述の C. O. D 測定の成果と比較して注目される。

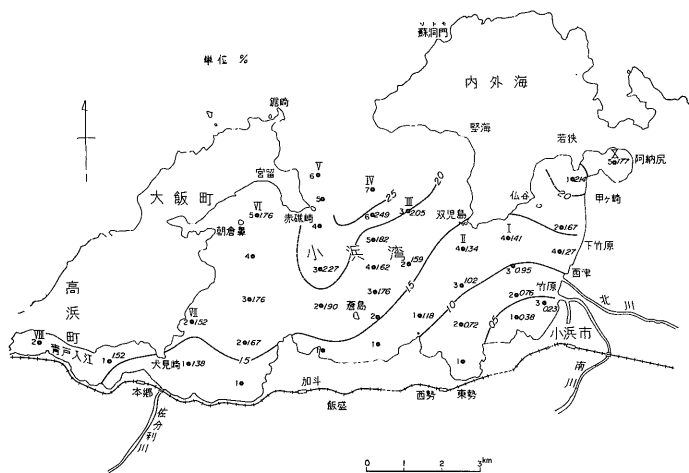
V.5 底水の C. O. D と湾底堆積物の有機 C・N について

V.5.1 底質中の有機 C・N および C/N ratio (SKIRROW, 1965; 浜口・他, 1954)

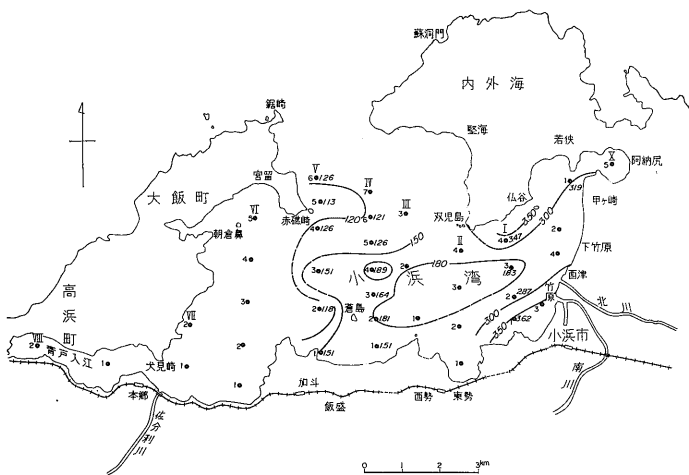
C・N コーダーによる分析に先だって試料の処理の過程では、堆積物中の貝殻片や木片およびその他の異物はピンセットにていねいに取除いた。しかしそれでも無機炭素の混入によって、Ⅲ-1, Ⅲ-3, Ⅳ-6 等のように著しく高い値を示すものがある。これらの異常に高い値を除けば、平均値としての C/N 比は10.3)最低 7.6~

最高16.0)である。能登半島の七尾湾における観測によれば (YAMAMOTO, 1968) C/N 比が4.2~15.0の範囲にあって平均値は 8.6であった。さらに鹿児島湾の例 (SUGIMURA, 1961)では、C/N 比が5.7~16.0の範囲で平均9.8であった。小浜湾の値はこれらと比較すると、やや高い値を示している。このような実測値はまだ数が少なく、統計的に処理しうる段階に至っていない。しかし潮流の有無とか、停滞性との関連において湾内生物や人為的な汚染の実態を究明する際には C/N 比は一つの手掛りになるものと思われる。

次に全有機炭素量 (%) によって湾内堆積物の炭素分布図を描くと第V-12図のようになる。これを見ると、小浜市街地前面から湾口に向かって炭素量が増加し、ま



第V-12図 底質中の全有機炭素の分布図(昭和46年観測)
C.N 測定: 寺島美南子



第V-13図 小浜湾底のC.O.D(汚染度)(昭和46年10月)単位 O_2 p.p.m
測定者: 寺島美南子

た仏谷・若狭方面から阿納尻の入江や、湾西隅の青戸入江の奥もやや多くなる傾向を示す。

V.5.2 湾内底水の C. O. D¹⁴⁾ 測定 (渡辺, 1963)

昭和46年の観測に際して採取された底水の C. O. D 値については、第V-13図に分布図を描いてみた。この図は C. O. D を O_2 p.p.m として描いてある。将来海水中の酸素飽和度との関係を論ずる必要があると思われるの

注14) C. O. D は Chemical Oxygen Demand の略で本分析は地質調査所化学課編「工業用水分析法」No. 21 (p.9) により、JIS 規格に準じて実施したものである。試水中の未酸化物質をクロム酸にて強制的に酸化し、消費された O_2 量を p.p.m で示す。海水であるので特にアルカリ法を適用した。C. O. D は水の汚染度を知る手段として古くから用いられ工場廃水などでは 20 p.p.m に達するところもあるが、表面では 0.6~1.0 p.p.m、深層では 0.05 p.p.m といった値が一般的である。

で、一応、表中には O_2 p.p.m の数値に 0.69 を乗じて cc/cc/l の形で示しておいた。これを見ると、小浜市街地前面および仏谷一若狭部落の沖合に C. O. D 3.5 p.p.m (2.4 cc/l) というような高い値のあることが判った。一般に底水は表面水ほど C. O. D 値が高くないものであるから、この値は異常といえる。

V.5.3 他の地域との比較

わが国近海の汚染の観測は、きわめて最近から実施されはじめている。昭和47年度から気象庁海洋気象部で、日本を取囲む幾つかの海域において測定している(気象庁, 1972)。C. O. D の測定されているのは、房総沖と下北半島沖で、日本海における越前岬付近の海域では、

C. O. D は測定されていない。房総沖の測定値を見ると、C. O. D は 0.8 p.p.m (0.6 cc/l) 以下であり、下北半島沖では、これより低く、0.4 p.p.m (0.3 cc/l) 以下である。

東京湾の C. O. D は表面水についてのみ測定されているが、東京湾北部 (多摩川, 川崎沖) では、7.5 p.p.m (5.2 cc/l) で江戸川その他、工場廃水の流入する河川水の中には、18 p.p.m といった極端に大きな値もある。東京湾南部では、3.4 p.p.m (2.4 cc/l)、さらに南下して観音崎付近になると、1 p.p.m 以下となる。表面から底まで C. O. D を測定しているものとして清水港に (岡部他, 1967) 実測例がある。この例では、清水港に流入する巴川の C. O. D および折戸湾の 3 m 深度ごとの C. O. D が測定されている。折戸湾の底水の C. O. D をみると、1 地点のみ 3.4 p.p.m (2.4 cc/l) で大多数の値は 1 p.p.m (0.69 cc/l) 以下を示して、小浜湾の東部の底水の C. O. D よりは低い値を示している。

参考文献

- 浜口 博・立本光信・板屋実平・太田直一 (1954) : 深海底土の化学的研究 (その19—20). 日本化学雑誌, vol. 75, no. 2.
- 気象庁海洋気象部 (1972) : 気象庁海洋汚染観測速報, 第1号~第3号.
- 久保秀雄 (1952) : 酸化還元電位. 153 p. 共立出版 (増刊).
- NITANI, H. and NOGUCHI, I. (1967): On the Pollution in a nearly closed Circular harbour. *Journ. of the Oceanographical Society of Japan.* vol. 23, no. 3, p. 129 ~ 135.
- 岡部史郎・豊田恵聖・村上孝文 (1967) : 清水港内の海洋化学的研究. 東海大学記要, 海洋学部第2号.
- 須田皖次 (1933) : 海洋科学. p. 317 ~ 325, 古今書院刊.
- (1962) : 海洋学通論. p. 111 ~ 116, 古今書院刊.
- SKIRROW, R. (1965): *Chemical Oceanography.* vol. 1, p. 456 ~ 462.
- SUGIMURA, Y. (1961): *Geochemical studies on Recent Sediments IV, Chlorophyll Degradation products in Surface muds from the Kagoshima Bay in Japan.* *Journ. of the Oceanographical Society of Japan.* vol. 17, no. 1.
- 杉浦吉雄 (1970) : 海洋と化学. p. 118~134, 共立出版 (増刊).
- 渡辺信雄 (1963) : 感潮河川における工場廃水の分散—江戸川下流域で自然流量の小さい場合の一例について. 日本海洋学会誌, vol. 18, no. 4.
- YAMAMOTO, Y. (1968): The Chemical Composition of Shallow-water deposits of Nanao Bay, Japan. *Journ. of the Oceanographical Society of Japan.* vol. 24, no. 3, p. 94 ~ 102.
- 吉村広三 (1971) : 東京湾表面水の化学的・生物学的調査(1). 海と空, vol. 47, no. 1, p. 19~27,
- ・鷺猛・佐野昭 (1972) : 東京湾表面水の化学的調査(2). 海と空, vol. 48, no. 3, p. 11~18.

Ⅶ. 内湾調査用油圧式採砂機器について

Ⅶ.1 経 過

海況調査研究の一環として、水深20m程度までの海底面下1mまでの試料採取を目的とした油圧回転挿入方式採砂機（第Ⅵ-1図）を試作した。

この機械は、掘さく機とエンジン部分の組合せからなり、エンジンの方で送り出される油圧により、掘さく機に回転と挿入・引揚げの動力が伝達される仕組みになっている。

Ⅶ.1.1 試 験

下田湾で試験を行なった。ここでは約5tと2t程度の船2隻を使用し、水深5m付近で作動させてみた。まず採砂機の作動状況を確認し、またWコアチューブ（2重管式）内に捕捉された試料が、採砂機引揚げの際に落下する状態なども、水中カメラを使用して、知ることができた。

この試験により問題点として取り上げられたのは、採砂機の上げ降しである。

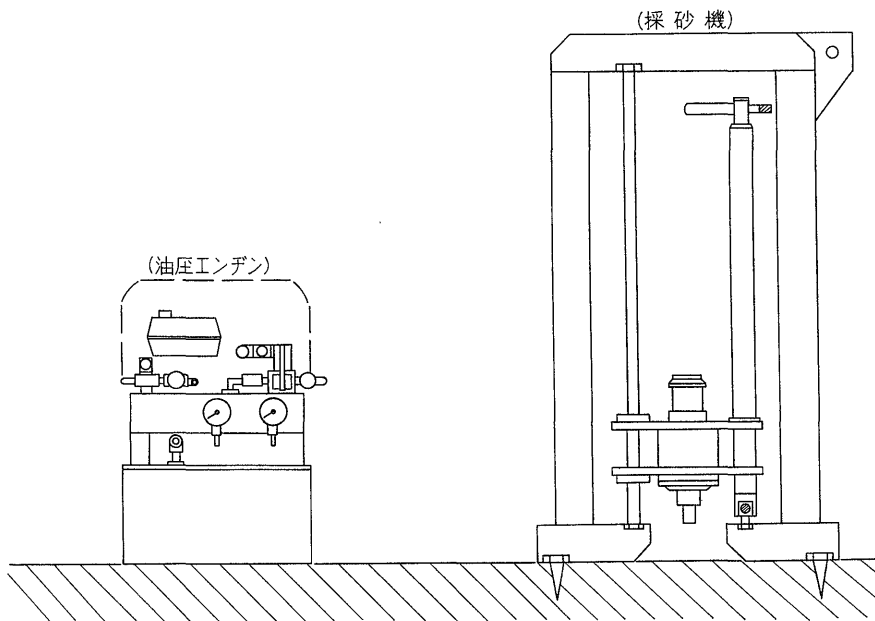
船尾にデリッキを取付け、簡単なウインチなどで上げ降しをすべきである。次はWコアチューブの機能の問題であって、一度捕捉された試料（とくに砂）が引上げの

際に水中で管内から抜け落ちることである。粘土シルトの場合には、その粘着力により、そのまま管内に取まっているが、砂の場合は粘着性に欠けているために、水と一緒に流れ出てしまう。試料の脱落を防ぐため、コアチューブ内に種々の考案が必要とされた。

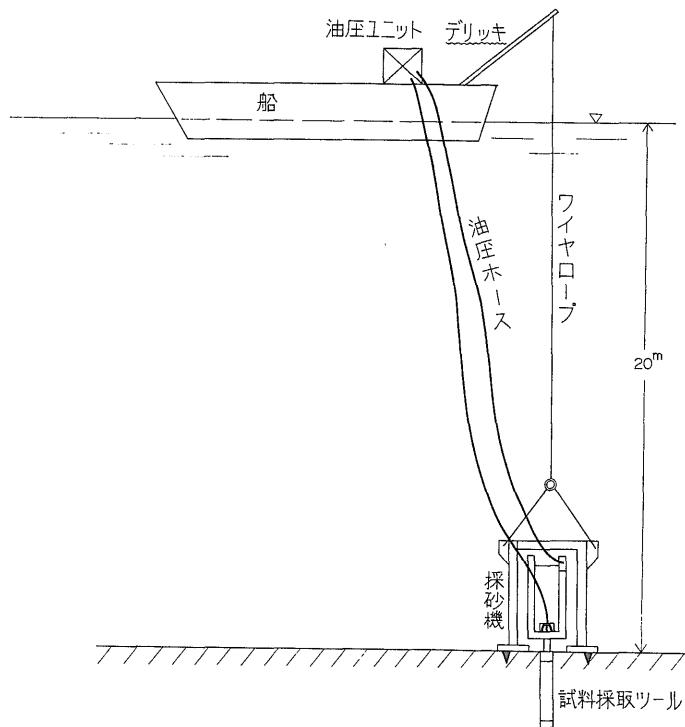
Ⅶ.1.2 初年度における小浜湾の採砂実験

昭和46年5月、平塚市相模川河口の海浜で新たに改良されたコアチューブの予備実験を行ない、欠陥箇所におお改良を加えることとし、また採砂機を吊り上げるデリッキは、重量約500kgに耐えられるようにした。小浜湾における実験は、9月下旬～10月上旬に実施された海況観測等の合間を縫って行なわれた。採砂作業は7tの船を使用し、第Ⅵ-2図のような方法で実施したところ、また新たな問題点が出てきた。

〔デリッキ〕 これは櫓の部分と、手動によるウインチとの組合せになっている。櫓の部分については、採砂機を吊り上げた状態で、船のローリング・ピッチングの際に起きる動荷重があっても、約3倍程度の重量（0.5t）に耐えられるよう設計されていたにもかかわらず、テストの段になって、鉄柱が曲がり、破損した。また手動ウインチは、吊り上げの際、1人の力ではかなり無理であ



第Ⅵ-1図 油圧採砂機



第VI-2図 装置概略図

ることが判り、動力化が望まれる結果となった。

〔コアチューブ〕 平塚実験を踏まえて改良された3種類(①圧縮式, ②スパイラル式, ③羽根式)のコアチューブを実験に供してみた。まず前年度に作製された旧型Wコアチューブは、外径56mm、内管径35mmの2重管式で、外管の尖頭部分の内径は30mmとなっている。このコアチューブで掘さくした場合(とくに砂層), 入口が狭いため砂の粒子抵抗が強くなり、コアチューブを1m程度挿入したにもかかわらず、内管に入る量はごくわずかなものであった。

そこで新しいコアチューブ①(圧縮式)は、まず径を大幅に広くした。すなわち外管の内径66mmで、尖頭部分が掘さくの際、常に掘さく部分を圧縮するように設計された2重管式のコアチューブであって、管の入口には内側に向かって4枚の羽根を取付けた。

次に②(スパイラル式)は、管の内径57mmで、コアチューブの内側に、左廻りで厚さ約7mmの溝を螺旋状に配し、砂の粒子抵抗を少なくして、挿入量を増す予定で作製したものである。

また③(羽根式)は、やはり内径57mmの管口付近に、内側に向かって、幅10mm、長さ40mm程度の羽根4枚

を取付けたもので、引上げる時に、羽根で砂を保持させる仕組である。

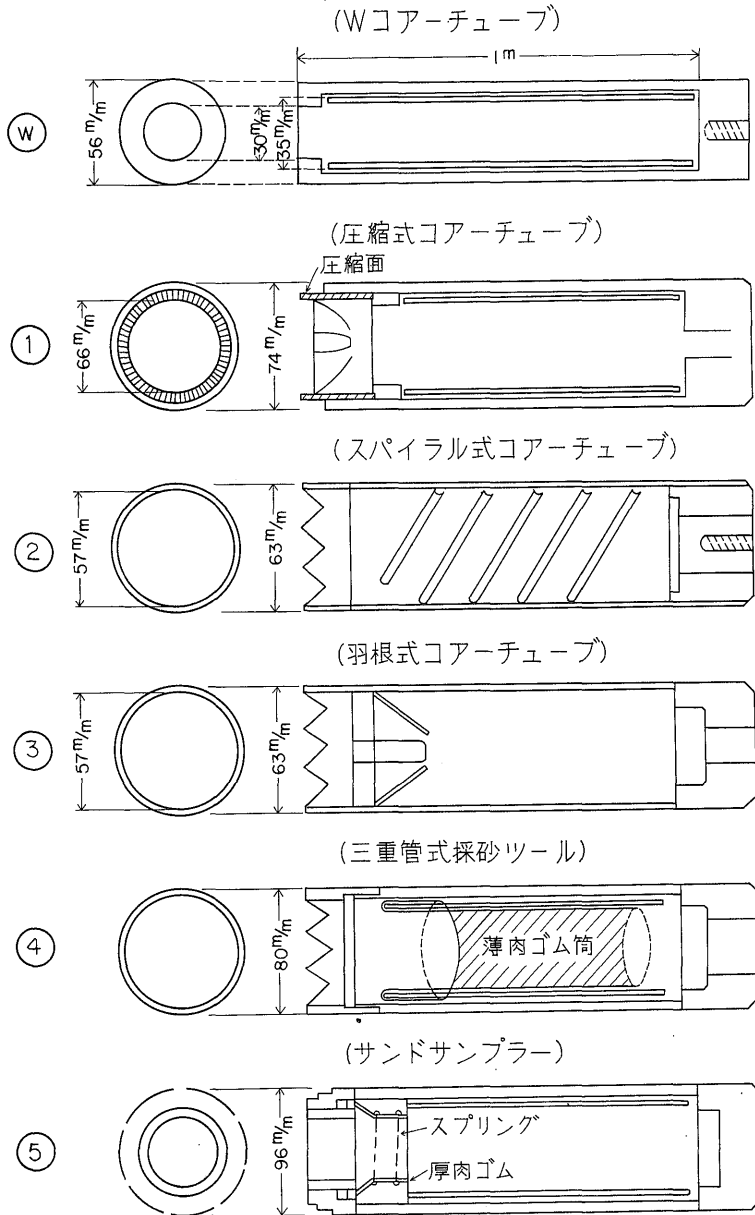
以上3本の新しいコアチューブと、旧型Wコアチューブ1本、合計4本のコアチューブを携行して、小浜湾で使用した結果、砂層において50~60cmまでの挿入は確認できたものの、引上げの際、やはり水中に落下し、コアの採取はできなかった。すなわち挿入から引上げに変わる時点で、管口付近を密閉する方法などを執らない限り、水と一緒に砂は流れ出てしまうものと判断された。

VI.1.3 2年目の小浜湾採砂実験について

初年度に支障をきたしたデリッキは、まず鉄柱はかなり堅固なものに改修され、採砂機の吊上げに際しては、1馬力のエンジンを直結したウインチに切替えるようにした。しかし吊り上げる際の力量(1.5t)に重点を置いたため、速度が大幅に遅れ、吊り上げられた状態で長時間を過ごす結果となった。従ってこの間の船の揺れ具合によっては、危険度も高まる結果になり、捲上げ速度の改良の必要を強く感じた。

次に懸案のコアチューブについては、3重管式採砂ツール④とサンドサンプラー⑤の2種を新たに考案した。

3重管式採砂ツールはダブルコアチューブの内管に、薄



第VI-3図 採砂用コアチューブ略図

肉のゴム筒を内側に沿わせたものである。④は、挿入された試料がゴムの弾性によって持ちこたえられることを、期待して作製されたものであるが、結果は不成功に終わった。

またサンドサンプラー⑤は2重管式のコアチューブで、尖頭付近に厚肉ゴムがセットされ、掘さく後引上げに際して、内管が30mm程度抜けるその時点で、厚肉ゴムがスプリングの作用により半回転して、尖頭付近を密

閉する仕掛けになっている。採砂に当たっては、内管同士の抜けが悪いこともあって、密閉用ゴムが作動したにもかかわらず、試料は抜けてしまったが、これは作動した状態でも完全に密閉されなかったためと思われる。また海底への挿入に際しては、採砂機の馬力不足が目立ち、完全挿入(1m)がむづかしかった。これには、コアチューブの径が大きくなったことにも原因はあるが、その他にまだ幾つかの問題点を残しながら、小浜湾における

採砂試験は終わった。

Ⅵ.1.4 下田における実験

昭和48年2月下旬下田市の鍋田湾海浜において、⑥型を改良したコアチューブと、現在手持ちのコアチューブ(4本)を持参し、総点検を実施した。新たに改良されたコアチューブは、サンドサンプラー⑥で、密閉型の物である。小浜湾において露呈した作動上の欠陥を直したうえ、さらに完全密閉を可能にする工夫として、厚肉ゴムから木綿のリボン方式への改良がなされ、なお摩擦を軽減するために内管には透明なエンピ管を使用した。実施に当たっては、やはり採砂機の馬力不足が目立ち、約0.7m以上の挿入はできなかった。

次にコアチューブの作動は順調に行なわれたが、この付近における砂は貝殻片を多く含んでいるためか、ある程度挿入した時点で、管口付近がセメンテーションされた状態になり、口径に比例した形で、挿入量に違いのあることが判明した。すなわち口径が大きいほど、挿入量が多い状態で、管口付近の砂が固結されていた(他のコアチューブ4本を使用)。そこであらたに砂層についても、貝殻片などを多く含んでいるものは、コアチューブの回転による砂のまさつ抵抗により固結し、管口を塞ぐことが判明した。これは新たな成果と考えられる。

このような経過を経て現在に至っている。

Ⅵ.2 現状と今後の見通しについて

前項で述べたように、油圧採砂機器についての問題点としては、i) 採砂機本体、ii) コアチューブ、iii) デリッキ、の3点があって、それぞれ別の形で今のところ未完成の状態である。

i) についてはとくに構造上の部分を改良することなく、多少の馬力アップが望めるので、その方向で完成を

期している。ii) の問題では、とくにサンドサンプラー⑥が抜ん出ている。これは、挿入後の引上に際して、管内のスプリングが作動して、管口付近を密閉する様式のものであって、その作動状況は、おおむね良好であることが、第2次下田実験で解った。しかしこれには採砂機の馬力アップ、管口付近における砂粒子の抵抗排除、また新たに問題視されるに至った貝殻片混りの砂など、今後の課題が残されている。iii) のデリッキは7~10t程度の船に取付けられるように設計されたもので、現在ウインチ部分の巻上げ速度を早めるための改良を行なっており、これが完成すれば、デリッキについての問題は解決されよう。このデリッキは組立式の物で、かなり細分解され、持運び運搬など便利に設計されている。なお水中にて海底の堆積砂をコア状に完全に採りあげる手段が開発されたという報告には、現在のところ未だに接していない。この課題については小浜湾における海況観測の傍ら、昭和45年以來の試作機器の実験が重ねられてきたが、相模工業大学川北智三教授の御助言を頂いた結果、1)油圧ポンプから20m以上もホースを延ばしての遠隔操作による油圧機械では、海底上に置かれたチューブ孔口において、原出力の約 $\frac{1}{2}$ に低減しているから、著しく効率が悪く、今後は電動式に改めるべきであることと、2)ダブルコアチューブの内管の機動様式に、ある種の工夫を施せば、採砂効率の向上が期待できるなどの点についての考慮が必要であると思われる。

参考文献

- 真保吾一(1966):機械工学.理工学社,223 p.
 油圧教育研究会編(1968);油圧教本.日刊工業新聞社,160 p.
 種谷 実・池田太郎(1964):アースドリル基礎工法.鹿島研究所出版会,126 p.