

霞ヶ浦の湖底をさぐる

井内 美 郎 (海洋地質部)
Yoshio INOUCHI

1. はじめに

水塊における水質汚濁の過程を解明する一つの方法に水塊中の様々な汚染物質・富栄養化物質を堆積物粒子の一部を構成するものとして位置付けて 堆積学的に研究する方法がある。この方法は湖沼にも適用できる。

霞ヶ浦の形成は比較的新しく 現在の湖岸線ができあがってからでもわずか350年位にすぎない。そして様々な歴史的イベントの舞台となった事から それ以前の歴史的資料も多い。

そのため堆積物中に残された情報と歴史的資料との対応がつけやすく 浅い湖沼における堆積現象を解明するための格好のフィールドとなっている。

そこで汽水湖の底質汚染に関する研究を霞ヶ浦をモデルフィールドとして行うことにした。

本年は10月28日より31日の4日間 予察的な湖上調査研究を実施した。

その目的は 1. 霞ヶ浦の底質の概査 2. 次年度以降の調査法の検討 にある。

今回の調査研究の結果 湖底に残された人間の生産活動の跡の発見や 柱状堆積物試料中に挟まれた火山灰の薄層の発見など数々の貴重なデータとともに 来年度からの調査に活かせる貴重な経験を得た。

今回の調査のあらましを述べ 研究の紹介とする。

2. 調査の概要

調査項目を第1表に示す。

調査には水郷汽船株式会社の“ふりっばー”号を用船



写真1 水郷汽船乗船券

第1表 調査項目

トランシットによる船位測定

物理探査

- ・新型サイドスキャンソナー SMS 960型による湖底微地形探査
- ・ポータブル地層探査機 RTT 1000 A-1型による地形探査及び表層堆積物探査

採泥・湖底撮影

- ・重力式柱状採泥器 (1m) による採泥
- ・湖底カメラによる撮影
- ・採水器による採水

流速計 MTCM-6型による湖水流測定

した (写真1)。

作業内容は船位測定の都合から 前半2日間を採泥後半2日間を音波探査とした。

採泥作業時には各測点で船位測定の後 柱状採泥・湖底写真撮影・採水・測深を行い その後 湖水流の長時間連続観測を行った。

航走音波探査では15分毎に船位を測定しながら 測深・地層探査・湖底微地形探査を行った (第1図)。

3. 調査の経過

10月28日 晴

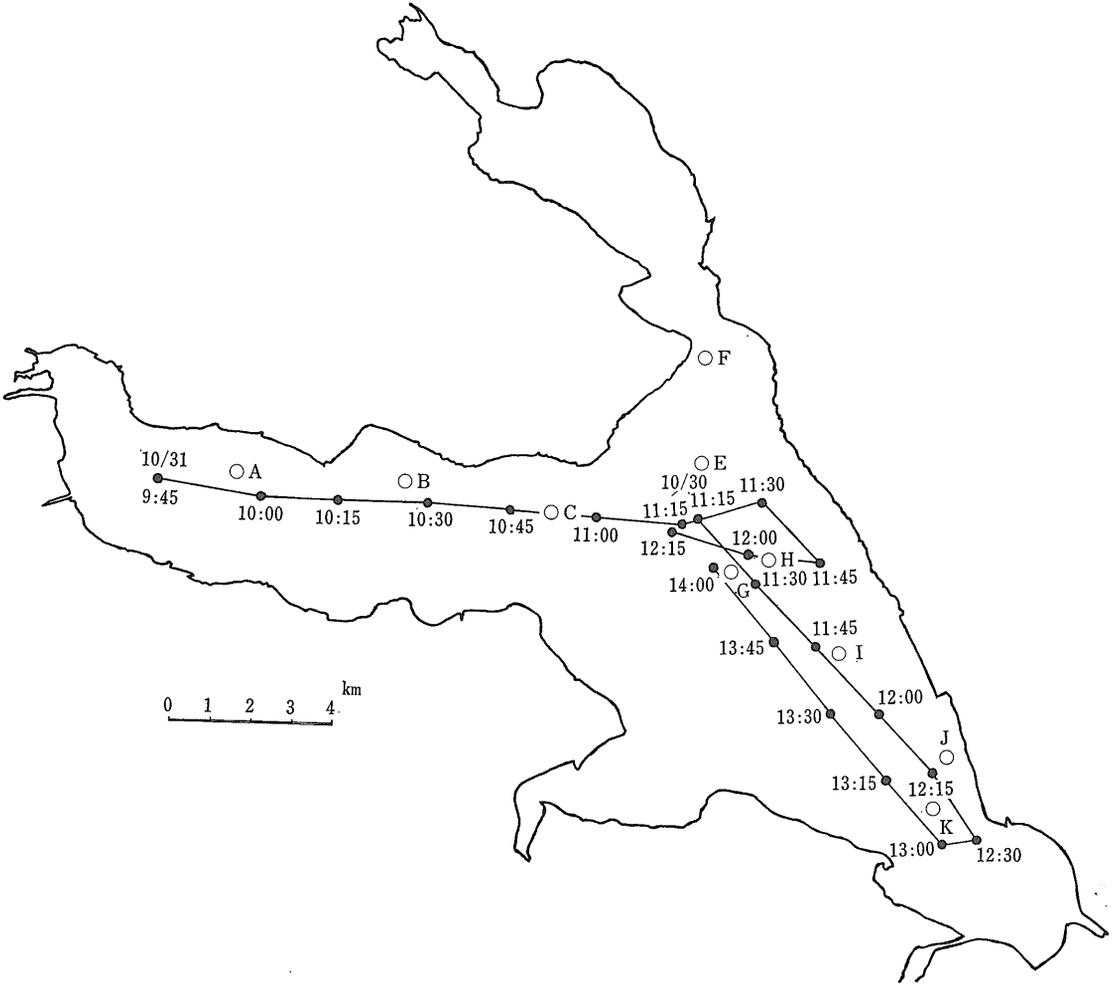
朝8時 海洋別棟中庭集合

8時半 出発

9時 土浦港到着 機装開始 船体にはすでに土木工事現場で使う鉄製パイプを用いた足場が組み立ててあり 作業ははかどった (写真2・3)。

10時45分 準備完了 水郷汽船の心づくしの御神酒で乾杯 航海の安全を祈る。出港。土浦入奥のNo.1の採泥点に向う。

測量班とのトランシーバーでの交信が思うようにいかず 旗で合図をすることにし



第1図 調査測点測線図 アルファベットは採泥点及び試料番号を示す。 数字は日付及び時刻を示す。



写真2 調査機器の積込み “ふりっばー”号の頭の上の球に注目

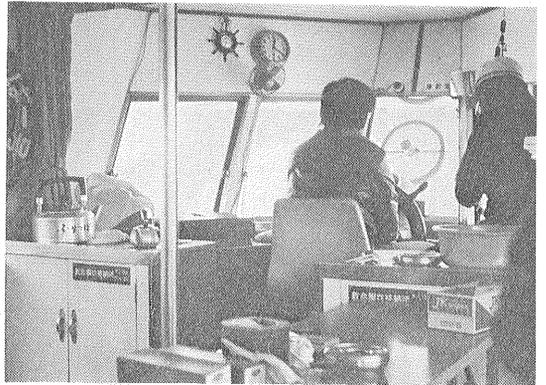


写真3 操蛇室のようす

た。本格的な船上調査には電波による船位測定が必要である。

船の位置は陸上からの測量によって求めるので 陸との交信ができない場合 測点に到着したかどうかの判断はもっぱら船長まかせである。船長判断の位置を後で作図してみると なかなかの精度で予定点に近づいている。さすがに霞ヶ浦を乗り回した年季を感じさせられた。

11時15分 採泥開始。ウインチ不調で採泥器の昇降がうまくいかない。そのうちに採泥器の下半分がはずれてしまって あっという間に湖底へ落下してしまった (写真4)。

止むなく直径6cmの小型の重力式コーラーに切りかえた。軽量なので人力で上げ下ろしができる (写真5)。

コアキャッチャーが1つしかないため

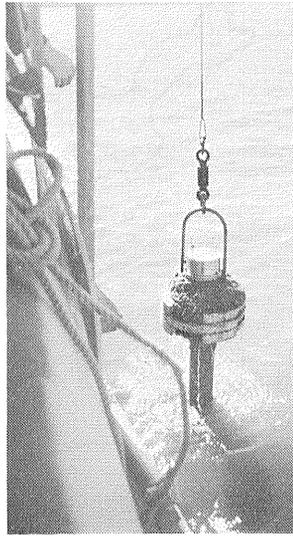


写真4 大口径重力式採泥器
揚収後 おもりが少し重
すぎる

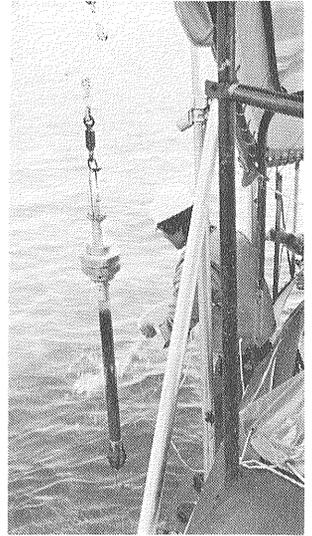


写真5 小口径重力式採泥器
投入後 ちょうどよい貫
入状態

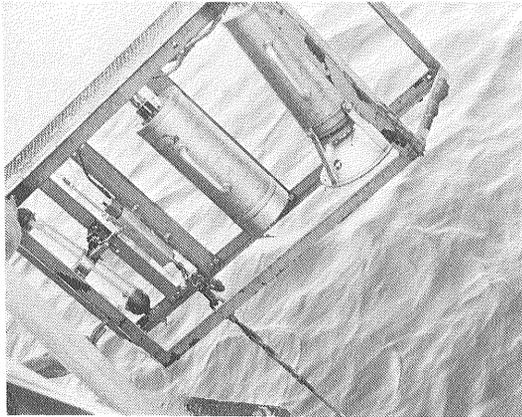


写真6 湖底カメラ式 右から フラッシュ カメラ
着底スイッチ 採水器

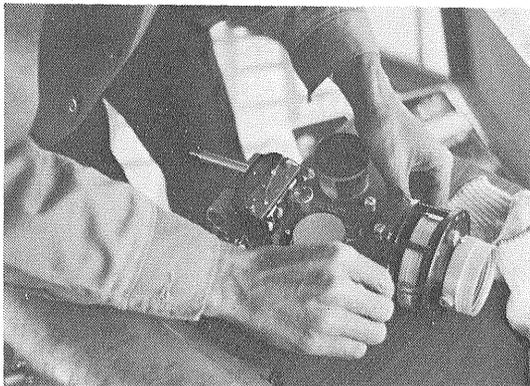


写真7 湖底カメラのフィルム交換

落としてしまうと調査ができなくなるので作業も自然に慎重になる。

同じ点で湖底写真撮影を行う。同時にカメラのわくに取り付けた採水器で湖底上1mの底層水を採水する (写真6・7)。

この日は日没時間の関係もあって 帰路の時間を考慮して3時に作業を終了することにした。

霞ヶ浦の最深部 (霞ヶ浦では湖心になく 玉造町沖に

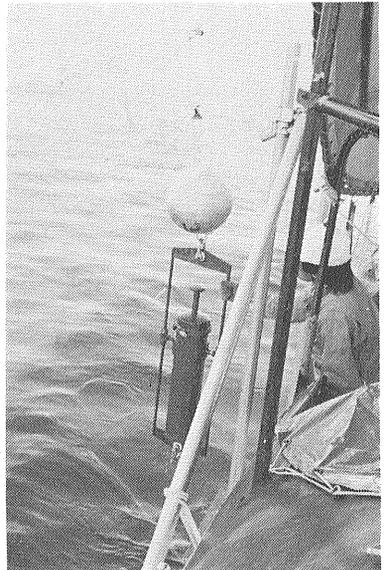


写真8 流速計 投入前

ある) 付近に流速計を投入して土浦港へ向った(写真8)。結局採泥作業は3点で終わった。

“ふりっばー”号は船足が時速約10kmと遅く土浦港に着いたのは5時過ぎであった。このような調子では能率が非常に悪い。霞ヶ浦全域を調査するためには水域別に調査基地を置き往復の時間をできるだけ少なくする事が必要である。

10月29日 本日も昨日同様晴れておだやかな天気である。

9時5分 土浦港出港 昨日の流速計投入点をめざす。

11時 流速計揚収 流速計の投入位置を測定後 No.6の採泥点へ向かう。

2日目ともなると作業は順調に進む。

2時30分 湖心での採泥後 流速計を投入 土浦港に向かう。

4時30分 土浦港着岸

10月30日 晴

本日より音波探査開始。陸との連絡もやや楽になった。

土浦港でポータブル地層探査機 RTT-1000A-1 (Raytheon社製)の発振体を鉄製パイプに固定し新型サイドスキャンソナー Seafloor Mapping System (以下SMSと記す) (EG & G社製)の発振受信体曳航用のパイプをとり付ける(写真9・10)。

9時30分 出港

11時15分 No.5の地点より探査開始。南東へ向け

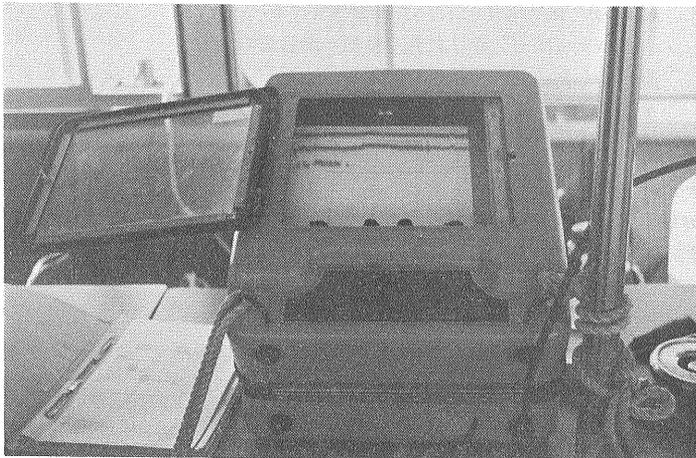


写真9 ポータブル地層探査機記録機

て4.7ノットで進む。途中SMSの記録には湖底に網をひいたような跡や湖底に規則的に並んだ物体がみえる。

12時30分 麻生沖到着 休憩。

1時 湖心の水質監視塔へ向け航走観測再開。

SMSの記録では藻場らしい唐草模様が見られる。午前中通過した付近では再び同じような物体の並び・網の跡がみえる。

3時 水質監視塔到着

流速計に結びつけた浮標を捜すが見つからない。しばらく付近を捜し南東に流された浮標を発見する。ロープがちぎれ浮標はへこんでいた。

ロープがからまっていたため流速計は回収できたがもし回収が遅れておればロープのからまりはほどけて回収不能となる所であった。原因は多分船のスクリューにでもからまったのであろう。

流速計回収後土浦港に向かう。

途中SMSの記録で砂利採取跡を観察。

5時 土浦港着岸

10月31日 晴 風強し 調査もいよいよ最終日である。

9時45分 土浦港外から観測開始。やや高い波がありSMSの記録では底質は泥であるのに砂浪状の様子が記録にあらわれる。

12時 船は湖心を過ぎ波はいよいよ荒くなる。波が操蛇室の窓を洗い音波探査記録の状態もよくない。

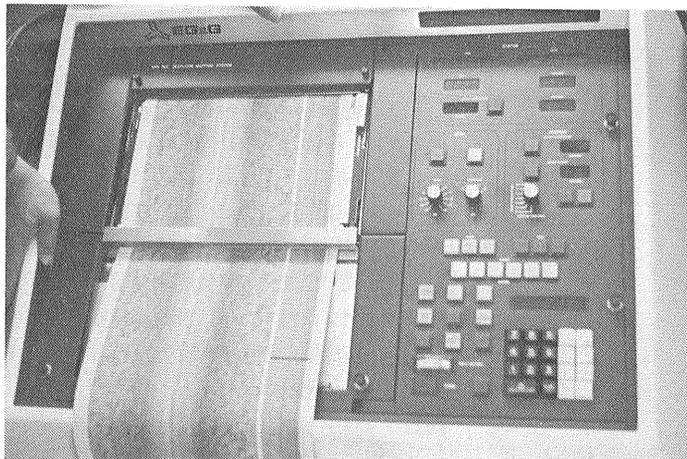


写真10 新型サイドスキャンソナー記録機

12時15分 調査を中断し 土浦港へもどる。

“ふりっばー”号は大きくゆれ 乗船者の大半は霞ヶ浦で初めての船酔いを味わうことになった。

3時 着岸 艤装解除。 調査は無事終了した。

4. 調査研究方法

船位測定：通常 湖沼の調査では六分儀を使って船上で測定するのであるが 霞ヶ浦周辺には目標物件が少なく高い山も筑波山以外にはない。そのため陸上の2点からトランシットで船の方位を測定し 地形図上に展開して船位を決定した(第2図)(写真11)。陸上の測定点は船の移動にあわせて移動した。この方法では船位が知れるのは調査終了後着岸してからである。

次に問題なのは いつ測定を行うかであるが 船と陸との連絡用に用意したトランシーバーでの交信が十分とれず 旗を振って合図することになった(このことはあらかじめ予想されたので 合図は決めておいた。またこの方法は採泥日に行われた)。

湖底及び堆積層探査のための航走観測の場合は15分毎に船位測定を行った。観測終了・休憩等は陸上局のどちらかにトランシーバーで知らせるようにした。

なお “ふりっばー号”の操舵室の上ののっている直径1.6mの球の大きさを利用して 陸上から球の両端の角度を測り 計算により距離を求め 角度(方位)と距離で船位を求める方法も試みた。トランシット法との差は40—50mであった。

採泥：湖底堆積物の調査においては 堆積物を乱さず柱状に採取する事が重要である。

今回使用した柱状採泥器は直径6cm 長さ1mの重力式コアラーで 貫入度はおもりの量で調節できるようにしてある(今回は約30kgのおもりを使用した)。

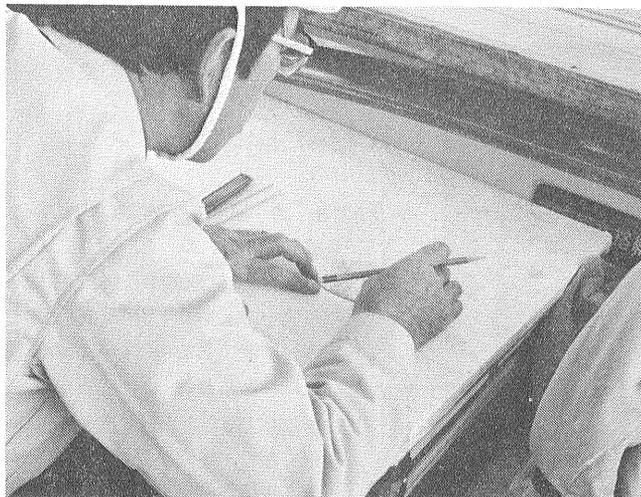
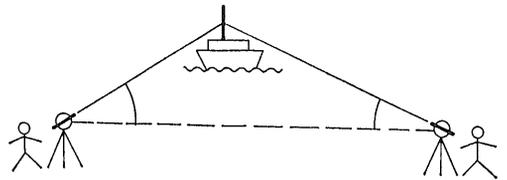


写真11 船位測定展開中



第2図 船位測定法 陸上の2人が同時に船の方位を測り 地図上に展開し 船位を求める

採取した試料は実験室に持ち帰り 縦に半割りにし 断面を記載し 一方を分析用のサンプリング用に 他方を軟X線写真撮影用とした(写真12)。これらの試料については重金属・有機物分析・花粉分析・粒度分析等が現在進行中である。

採水：試料は懸濁物粒子の測定をコールターカウンターを使用して行った。

航走観測：霞ヶ浦の様な浅い湖沼は音波による地層探査は難しい。その理由は音波が湖底と水面との間で何度も往復する多重反射が本来の記録の上に重なってしまい 実際は多重反射のエネルギーの方が高いため本来のデータはほとんど記録されないためである。霞ヶ浦の場合水深が6m以内で泥の厚さが30m以上あるので この泥の基底面はなかなかつかまえない。

今回 Raytheon 社製ポータブル地層探査機RTT-1000 A-1を使用し 湖底下約5mまでに有力な反射層があるかどうかを調べたが発見できなかった。

湖底微地形の調査は新たに導入したEG & G社製新型サイドスキャンソナー Seafloor Mapping System SMS 960型を使用し大きな成果をあげた。

SMS 960型は従来使用していたサイドスキャンソナーより数段進歩した装置である。従来のものは湖底を斜めの方向から見たものとして表現されるため像がゆがみ紙送りも船速に合わせる事ができず 記録はいびつな表現になっていた。SMS 960型では海底を真上から見たものとして表現され 記録紙の送りも船速に合わせてコントロールできるため 像のゆがみは全くない。解像力もよく数十cmの大きさまで確認できる。

透明度のよい海域では 海底写真で或る程度 海底の状況はわかる。霞ヶ浦のように湖水が濁った水域では湖底写真は利用できないが SMS 960型を使用すれば 分解能は写真に劣るが短時間に広域の湖底状況を知ることが可能である。船位測定と操船がしっかりできれば 湖底の「空中写真」とも言うべきものを作成することも可能である。

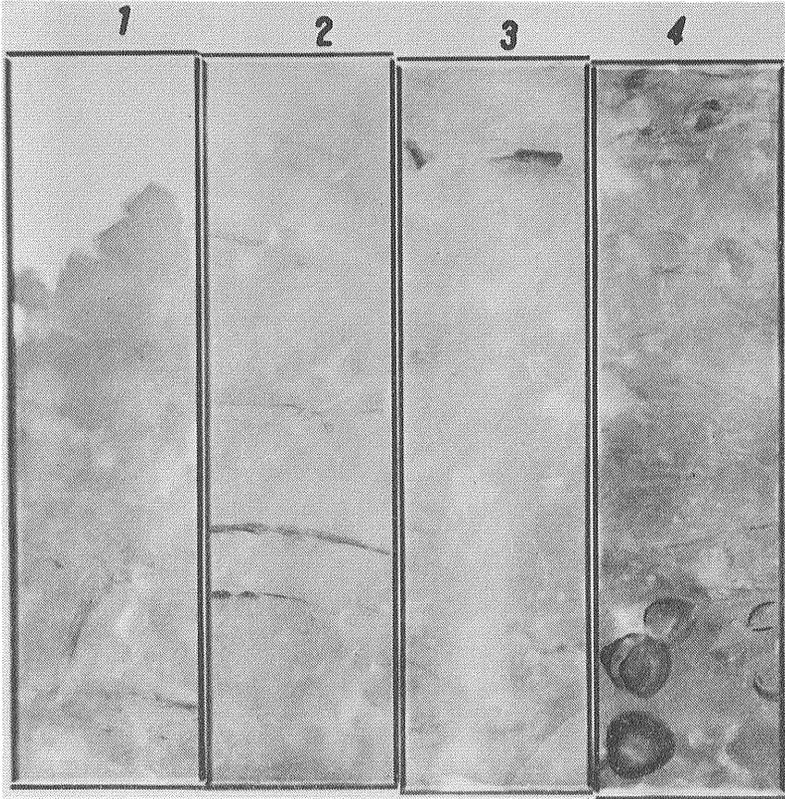


写真12
柱状堆積物軟X線写真 No. 6
たての長さ20cm

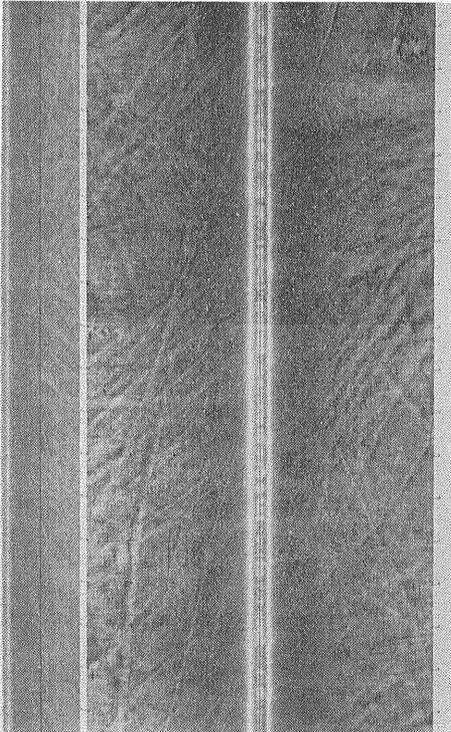


写真13 SMS 960型記録 網をひいた跡 上部5分の1が従来の記録 下部中央が船の航跡

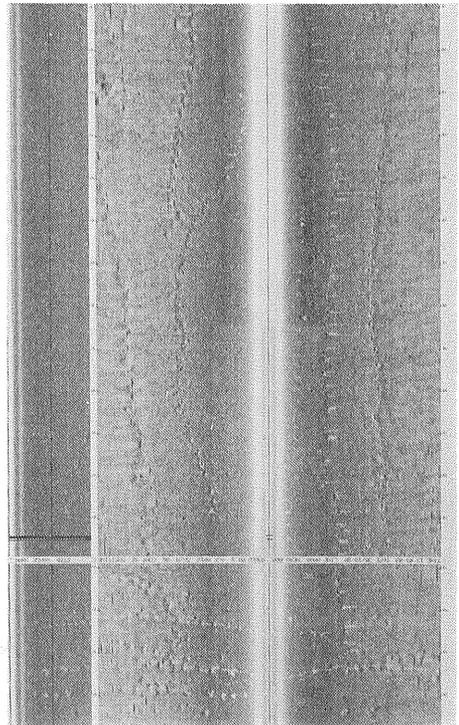


写真14 SMS 960型記録 笹漫(ささびた)
左4分の1はタイムマーク

写真15 SMS 960 型記録 於架（おだ） 蠶星状
のもの 白い所は影の部分

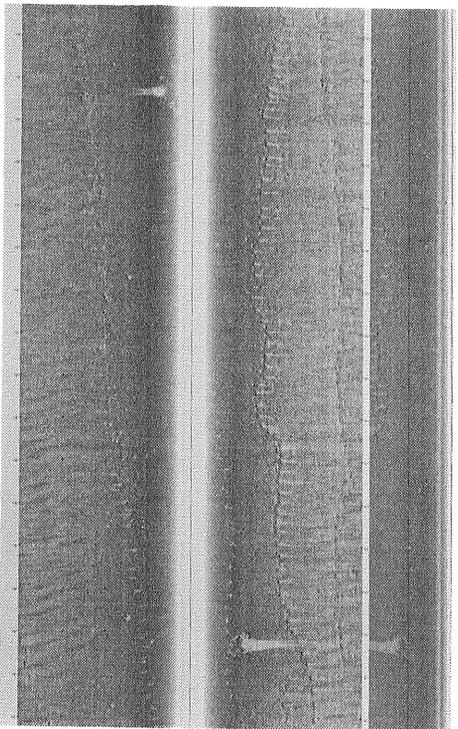


写真16 SMS 960 型記録 貝トリの跡

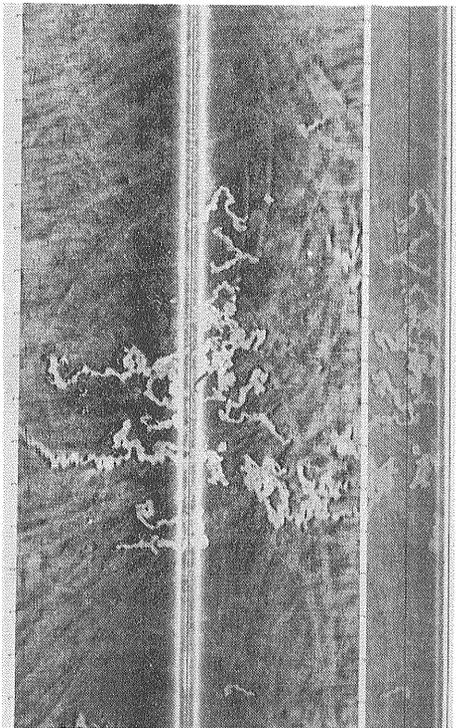


写真17 SMS 960 型記録 砂利採取跡 黒色の濃い
所は砂礫の部分 砂利採取跡がへこんでいる
ことは従来の記録の部分でも明らかである

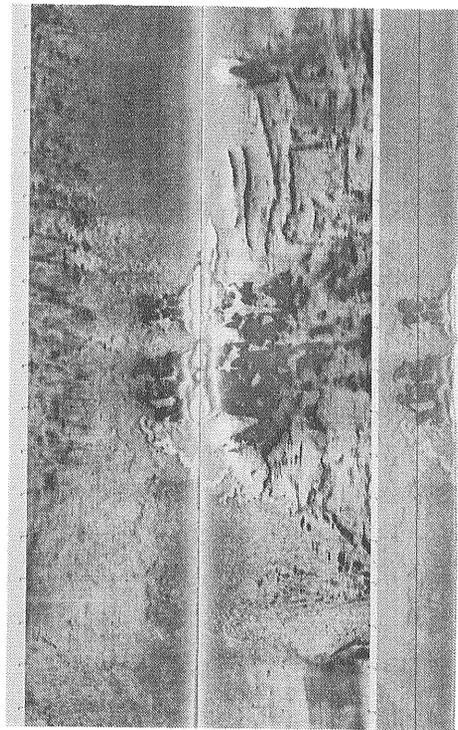
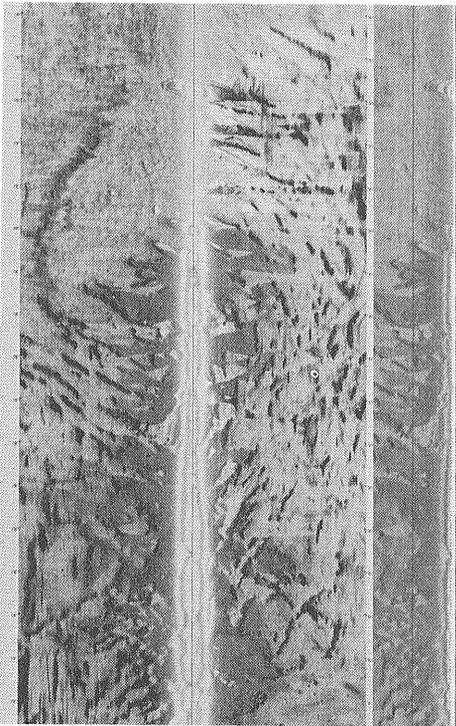


写真18 SMS 960 型記録 砂利採取跡



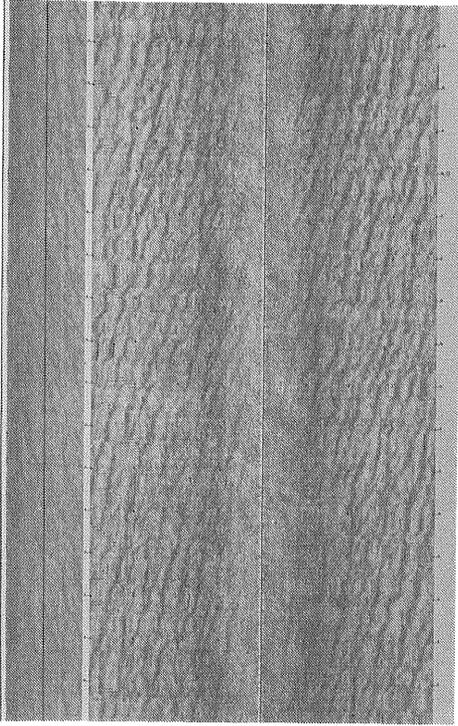


写真19 SMS 960 型記録 波状の記録 前日には
なかつたが風の強い日に現われた

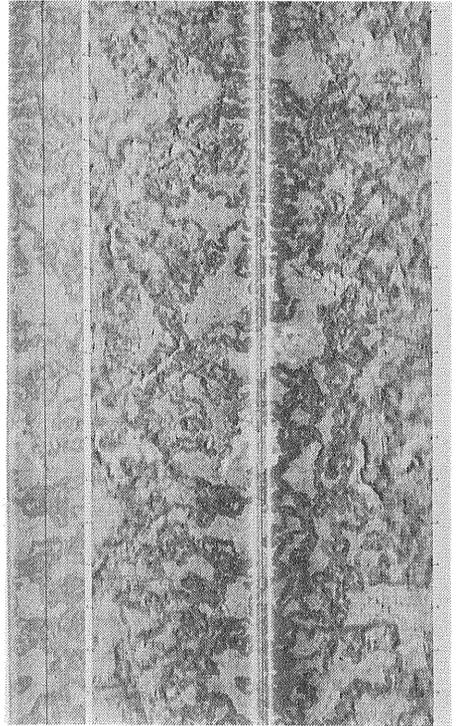


写真20 SMS 960 型記録 藻場と推定

5. おもな成果

湖底微地形：普通 泥質の湖底は平坦でのっぺりした地形であるが 霞ヶ浦ではトロールなどによる網のひきずり跡・貝採りの跡・泥の下の砂利採取跡等の他に 笹浸・おだ等の漁具も湖底に確認された(写真13~20).

笹浸は「ならの小枝長さ1.5mのものを適当に束ねてそれを5—6m間隔に連結し 湖底に沈めておく。普

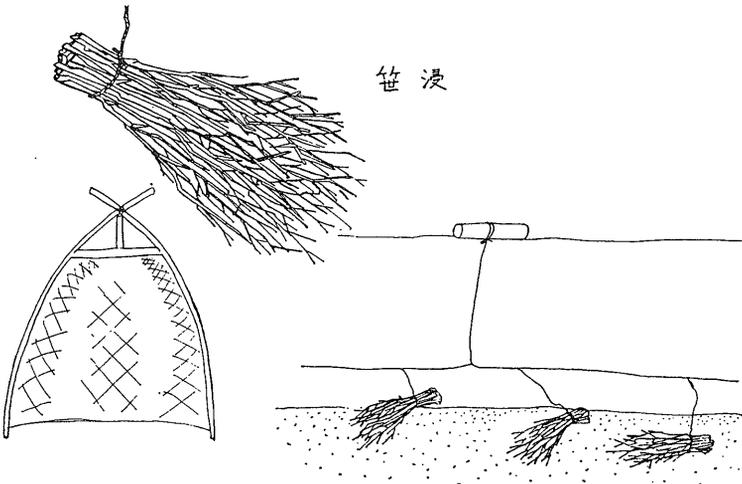
通1人で300—400束は持っている。……エビ類やハゼ類の外にヒガイおよびウナギ等も漁獲される(茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 調査資料第43号による).」と記載されている(第3図).

また於朶(おだ)は「あらかじめ約10m²程度の水域に打杭し または松や椎材等を沈下させて 人工的に魚類の潜伏する蔭所をつくり 魚類の潜入した頃を見計らって巻網でこれを囲み 中の魚を網の中に追い込んで漁獲するもので……こい於朶及びエビ於朶の2種がある。コイやエビの外に フナ・ニゴイ・ヒガイ・タナゴ等が漁獲される(同上).」と記されている。

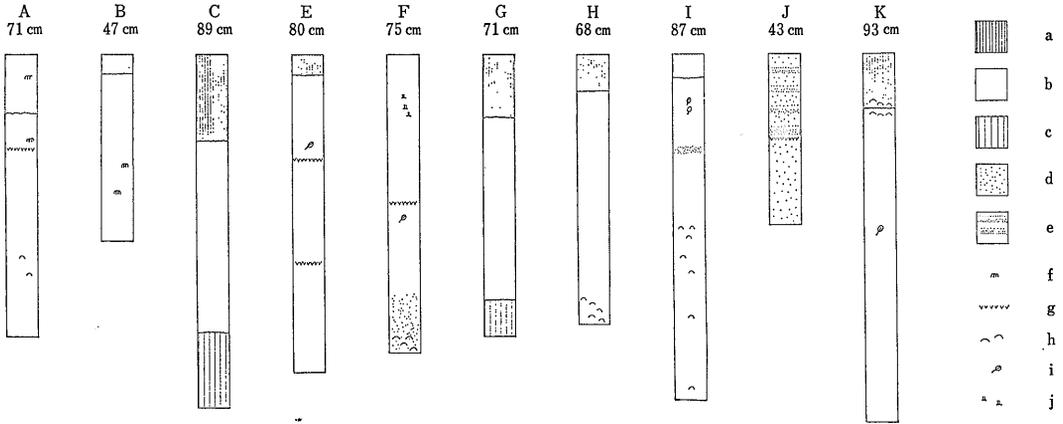
このうち笹浸は設置場所が決っているらしく そのような水域は網をひきずった跡はなく 堆積物も乱されていないと考えられる。

その他 唐草模様の藻場らしい記録も見ることができた。

堆積物：霞ヶ浦の湖底平原の堆積物はほとんどが泥である。しか



第3図 笹 浸 の 概 要



第4図 堆積物柱状図

A: 黒色泥 C: 暗灰色泥 E: 砂層 G: 火山灰 I: 植物片
 B: 暗緑灰色泥 D: 砂質泥 F: ユスリカ幼虫 H: シジミ J: 植物茎

し今回の調査の結果 柱状試料中に数枚の火山灰層が数か所で確認され 堆積物の堆積速度を決める手がかりになるのではないかと期待されている (第4図)。

堆積物中の有機物・重金属については現在分析中である。

懸濁物: コールターカウンターによる湖水中の懸濁粒子

量の検討の結果 懸濁物は表層水よりも底層水に多い事が明らかになった。 10月31日の湖底探査の際見つかった波状のうねりは このような密度の高い水による音波の反射が原因とも考えられ 内部波の存在については今後さらに検討する必要がある。

湖水流: 流速計を使って湖心の水質監視塔の南東方で一昼夜流向流速を観測した。 その結果 この地点ではほぼ北向きで約13cm/秒の流れが一定してあった事がわかった。

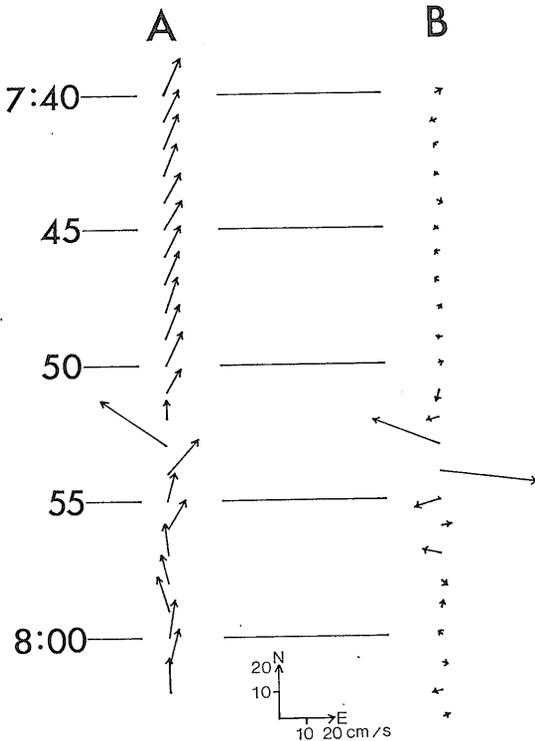
また この流速計をつないだロープと浮標が船のスクリューにからんだらしい事が浮標の破損やロープの切断等によって判明したが その様子も流速計自体のデータからも明らかになった。 その時刻は10月30日朝7時51分であった事が記録からわかり 思わぬ所で興味深いデータを得る事ができた (第5図)。

6. おわりに

今回の調査研究にあたり 公害資源研究所 半田啓二氏よりポータブル地層探査機を貸与していただいた。 茨城県内水面水産試験場の方々には漁法について御教示いただいた。

その他 調査に御協力いただいた方々に厚く御礼申し上げます。

本文作成後 霞ヶ浦の柱状試料で確認された火山灰が浅間山の天明3年(1783年)の噴火によるものというデータを得た。 これが正しいとすれば霞ヶ浦の堆積速度は従来報告されているより相当おそく(従来は5-10数mm/年)年間0.9-2.6mmということになる。



第5図 流速計データ 朝7時40分から8時2分までの流向と流速
 A: 各時刻の流向と流速 B: A(t)-A(t-1)
 (A(t): 時刻tの流向と流速)