

湖底堆積物をしらべる ～サンプリングを中心にして～

水野篤行

(内 容)

調査の準備

調査対象と器具類 予備調査 船上作業の準備 測点での船の固定 船上作業の時の一般的注意

一般的観測

位置の決定 気象観測 測深 透明度測定 水色 流速と流向

採水とそれにとまなう測定

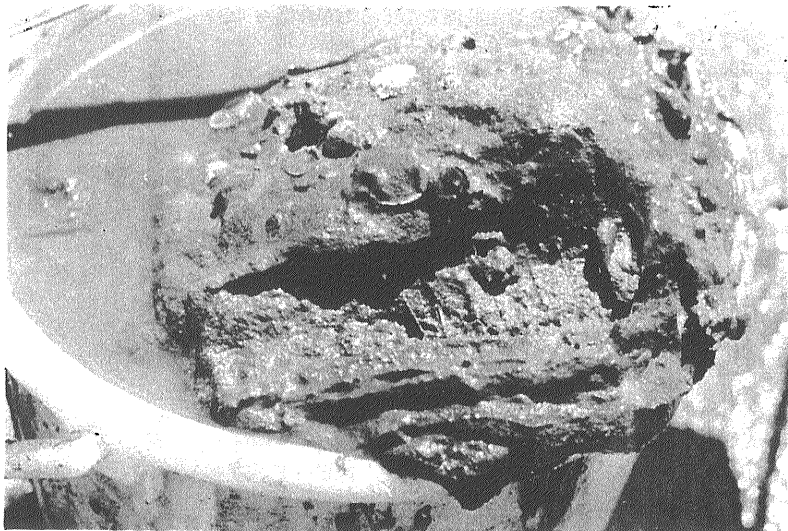
採水深度 採水方法と試水ビン においての度合 水温の測定 電気伝導度 水素イオン濃度 pH 酸化還元電位 Eh その他(野外でのデータの整理)

採 泥

採泥器 測定と観察 サンプリング

現地実験室における水質分析(牧真一)

塩素イオン アルカリ度 酸度 2価鉄・3価鉄イオン 燐 アンモニウムイオン 亜硝酸イオン 硝酸イオン 硫化水素 過マンガン酸カリウム消費量 溶存酸素



第1図 エクマンバージ型採泥器で採られた 島根県中海湖泥 写真の上の貝殻のみえる面は 湖底表面 貝殻はチヨノハナガイの死殻 図の手前の方に表面から下位の断面が見える 表面から数cm下位にある細いひも状の生物はイトミミズの類

はじめに 堆積岩や化石の研究をすすめる上にはそれらの対象そのものについて 詳しい検討をおこなうことが もっとも必要であることはいまでもないことです。しかし とくに堆積環境の問題をあつかう場合現世堆積域についての堆積物・生物・それらの物理化学的環境に関する資料を補助的につかって考察をすすめることも必要になります。現世堆積域といっても河川・池・湖沼・海洋といろいろな性格・規模のものがありそれらの特徴に応じて 調査対象・器具・規模・予算などがかなりかわってきます。私は この数年間 島根県の宍道湖・中海(両者とも海岸近くにある汽水湖 深さ10m前後以内)の調査をおこなっています。ごくわずかな経験からものをいうのはまことに厚かましい次第ですが 採泥と採水の作業を中心として ここに紹介したいと思います。ここにのべることは湖沼にかぎらず浅海にもある程度適用できるでしょう。

現世堆積物を中心としての仕事は その内容が非常に多方面にわたり 必要な調査用具も多量になります。1人だけではきわめて能率わるく また実際に多方面を処理することは不可能です。ぜひグループ研究としてやらないとその成果は決してよいものにはならないでし

よう。また その仕事には当然のことながら化学的な面も非常に重要な部分をしめてきます。グループに化学の専門家の参加を得ることと同時に 各人が化学の基礎的知識や分析法を習得することも必要とならなましよう。

本稿では船上作業を中心として のべることにしましたが 最後に とくに現地実験室で行なわなければならないいくつかの成分についての水の分析法が付かれています。これは 地質調査所地球化学課牧真一技官が筆をとってくれたものです。

なお 野外作業 化学分析法を通じて ここに紹介する方法は いくつかある方法のうちの一部でしかありません。詳しい点 あるいは他の方法については 次にあげる文献を参照していただきたいと思ひます。

西条八東	(1957)	湖沼調査法 (古今書院形成選書)
半谷高久	(1960)	水質調査法 (丸善株式会社)
日本化学会編	(1958)	実験化学講座 14「地球化学」 (丸善株式会社)
小久保清治	(1962)	海洋生物学 水産学全集 11 (恒星社厚生閣)
日本気象学会	(1949)	海洋観測法および海洋観測常用表(後者は酸素の飽和度を算出する場合に必要)
吉村信吉	(1937)	湖沼学 (三省堂)
新潟県立新井高校	(1960)	野尻湖の自然と環境 (築地書館)(高校のクラブ活動で湖沼調査をおこなった成果がまとめでのべられている)

調査の準備

水の上の作業はまさに「水商売」で その成功・不成功は天候によって大きく左右されます。船が小さければ小さいほど 少しの風がふいても作業が不可能となります。多少大きな船をつかっても風が強い時には調査能率が大きく下ります。歩どまりをせいぜい5割程度に見込んで ゆっくりとした計画をたてるのが無難です。地質屋が崖からおちて一命を失ったという話は ほとんど聞きませんが 湖沼学者が湖で殉職したというのは今までに数例あります。とくに小型の船をつかう場合には 急激な天候の変化の時に(たとえば雷雨・強風など) どうするかということを常に念頭において ゆっくりとした計画のなかで 絶対安全という範囲で作業をすることが必要です。

調査能率はまた船足によっても左右されます。第2図はふつうの伝馬船に小型エンジンをとりつけたもの。4~5人の調査者でやる時にはつかいやすく また燃料費も安上がりになります。船足がおそく風力4以上になるとかなりの危険を感じるのが難点です。第3図は本来調査用につくられた10トンの鉄船で スピードが速く(最大10数ノット) 多くの人がのれ かつ船尾が広いので作業もしやすい船です。ただし 燃料代がかさむのが難点です(1日2,000円程度)。風力5程度(第2表参照)でもそれほどの危険を感じません。

調査対象と器具類 かりに主テーマを堆積物の粒度組成あるいは貝の分布状態とした場合でも 「船と採泥器1つで間に合うか」というと そうではありません。それにとまって 位置を測定せねばならず また深さを測らなければ意味がありません。前者の場合には水の流速・流向を測定しておけば 湖内の粒度分布の考察の時に非常に大きな助けとなるでしょうし 後者の場合には湖水の化学的諸性質(少なくとも塩分濃度・溶存酸素・PH など)に関する資料や他の生物の分布に関する資料を得ておく必要があります。また 水の流速・流向の解析にあたっては とくに表面水については風力・

第1表 船上の調査項目と方法および用具の一覧

位置決定	六分儀 平板 三桿分度器 全円分度器 クリノコンパスまたはクリノメータ トレーニングペーパー(船上で作業の時は耐水性のもの) 海図 地形図 空中写真 湖沼図(国土地理院発行 1万分の1 まだ市販はされていないが 地理院に申し込めば 購入できる)
気温	棒温度計
風力・風向	風速計または目視観測(小旗 クリノメータ)
測深	測深錘(ワイヤまたはロープ 間繩と錘)
透明度	透明度板(直径25cm 白色円板 錘と間繩)
水色	フォーレル水色標準液セット
流速・流向	流速計
採水	転倒採水器(転倒温度計つき) 手製採水器(2口注射器 ロープ 間繩類 ビニール管・ゴム管など) ポリバケツ 採水ビン(ビールビン 酸素ビン ポリビン 4号ゴム栓またはコルク栓 荷札マジックインク ゴム輪 ビニールテープ) 転倒温度計 棒温度計 けいたい用電導度計またはコールラウシュブリッジ けいたい用pHメータ けいたい用Ehメーター)
採泥	採泥器(引曳式採泥管とエクマンバージ 採泥器その他) ルーベ ふるい(径1~3mm程度) ピンセット サンプル袋(ポリ袋) ポリバケツ マジックインク フォルマリン 重曹 メスシリンダー(5%液をつくる時の計量用)
その他	観測用紙とスケッチ板(またはフィールドノート) 工具類(少なくともペンチとモンキースパナ ドライバー) 細い針金 ウィンチ 文房具類 救命具 折尺 巻尺 双眼鏡 ハンマー 応急手当薬類

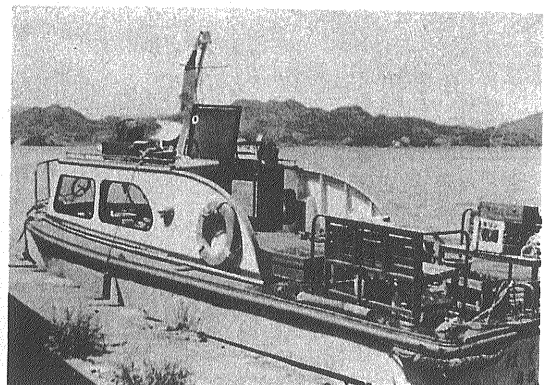
以上のうち 文房具類をのぞき 次のものは破損またはおとしやすく あるいはつかいみちが多いものであるから 多量にもっていった方がよい
ロープ・ワイヤー・間繩・針金類 ゴム管・ビニール管類
ポリバケツ 棒温度計 2口注射器(これで採水をする場合)
錘 転倒型の採泥器・採水器につかうメツセンジャー

風向との関係が問題になり 湖水の性質については透明度・水色・電気伝導度・気温・水温・泥温などが関係する要素となります。

このように主テーマを限られた1つにしばった場合で



第2図 宍道湖と小型調査船 対岸は宍道湖北岸



第3図 農林省中海干拓事務所所有の「はくちょう号」 中海米子港

をしめています。第10図は大きな船（第3図）を使用した時の船尾の作業配置をしめました。船尾が広いのでその中央で二口注射器による採水。右側で転倒採水器による採水。左側で採泥をしています。第11図は観測用の小間物入れです。箱をいくつか用意しロープ・ワイヤー類 工具類 小間物類というように仕分けして入れておくと便利です。

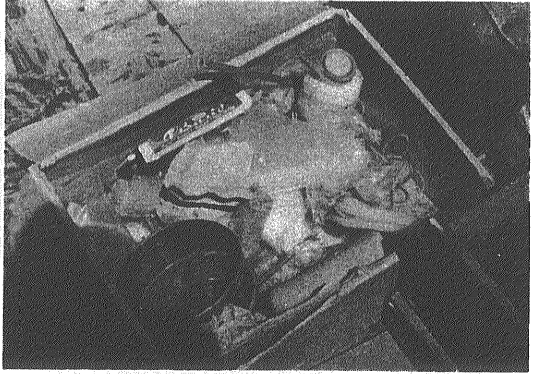
測点での船の固定 各測点ではかならず船をその位置に固定しなければなりません。全くの風ならばともかく、少しでも風があると船が流れます。完全に固定するためには船首・船尾で錨を下します。錨がないときには大きな石（鉄筋入りの大きなブロックがあればなおよい）を用意しておいて錨がわりにします。1点固定では船がそれを中心として回転してしまいます。

船上作業の時の一般的注意 ①かならず軍手を着用すること——間縄・ロープ・ワイヤーなどを使用する時に素手でやると思わぬけがをします。②小型の船ではとくに船のバランスに常に注意すること。③つかみとり式の採泥器を用いる場合には絶対に口の部分をもってあつかわないこと。

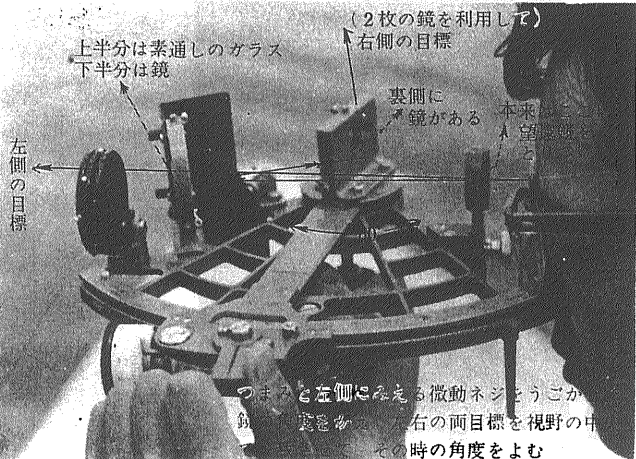
一般的観測
位置の決定 六分儀をつかうのがもっとも正確です。第12図に示したような操作で、少しの練習によって誰でも非常に小さな誤差の範囲で2点間の測角（120°以内）が可能です。湖岸に目標を3点（左・中・右）とりとなりあう2点間の角度（左と中・中と右）を測定します。もちろんこの際目標が地形図上のどこにあるかその正確な位置を記録しておかなければ何なりません。ふつうは第13図のように望遠鏡をつかいますが望遠鏡をつけると視野が極度にせまくなりとくに波が高くて船が動揺する時には2点の像を一致させるためにかなりの神経をつかいまた時間もかかります。筆者の経験では左右の目標が肉眼でも十分にみえる時には望遠鏡なしでもほとんど誤差が生ぜずまた時間的にも非常に早くできます。測定結果は三稜分度器を用いて地形図上に記録します（第14図）。もし三稜分度器を利用できなければ全円分度器を利用します（第15図）。測点の地形図への記録は直ちに船上でおこなうのが最良です（常に正確な船位をしておくことができる）が測点位置についてとくに厳密を要するのなければ宿舎に帰ってからでもさしつかえないでしょ



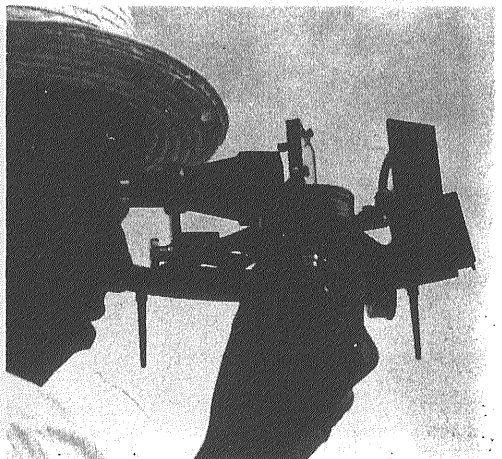
第10図 10トンの船での採水 採泥作業の1例



第11図 船上の小間物入れの1例



第12図 六分儀の操作

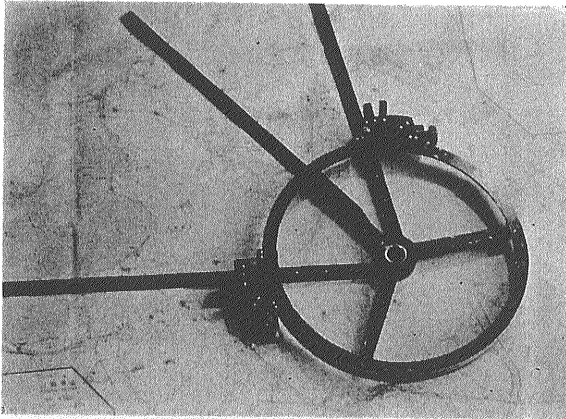


第13図 六分儀の操作

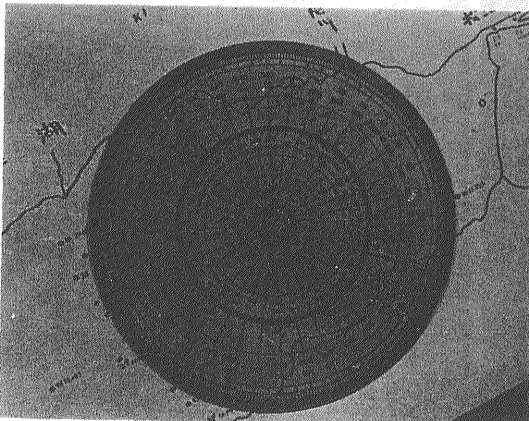
第2表 風力階級とその基準(気象庁風力階級)

階級	陸上	海上	相当風速 m/s
0	静穏 煙が直上する	海面滑らか	0.0~ 0.6
1	煙がたなびきはじめる	鱗のような漣が生ずるが 泡は生じない	0.6~ 1.6
2	顔に風を感じる 木の葉が動く	一面に明瞭な漣が現われる 波頭滑か でくだけない	1.6~ 3.4
3	木葉または細い小枝がたえず動く 軽い旗が開く	漣が大きくなり波頭がくだけるところ ところどころ白波がみえる	3.4~ 5.5
4	砂ほこりがたち紙片がまい上る 小枝が動く	波はまだ高くないが 峰幅が大きくなり白波も多くなる	5.5~ 8.0
5	葉のある灌木がゆれはじめる 池または沼の水面に波頭がたつ	波の峰幅が長くなり はっきりしてくる 白波が一面にあらわれる	8.0~10.8
6	大枝がうごく 電線がなる 傘をさしにくい	大波があらわれはじめる 白く泡立つ 波頭が至るところ生ずる	10.8~13.9

風力7以上は 実際上作業ができないので省略する 風下側の湖岸に近いところでは 風上側に比べて 一般に波が高くなるので 水面の目視観測の時には注意を要する



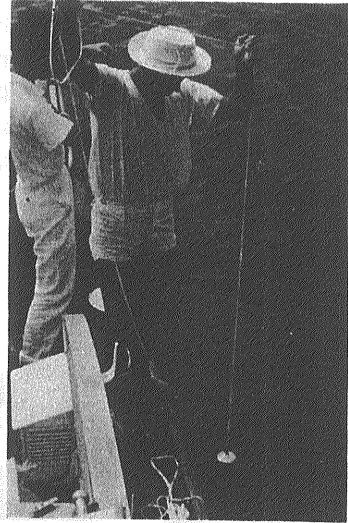
第14図 海図(中海)上に三桿分度器で測点をしるす 中心から腕が3本のびている 中央に固定された腕があり 左右に動く腕がある 六分儀で測定された結果をそのまま(左の角度は左側右の角度は右側にとる)この腕にうつしとる 3本の腕がそれぞれ3つの目標にのるように(この時の中心の位置が測点の位置をしめす) 分度器を図上でずらせる



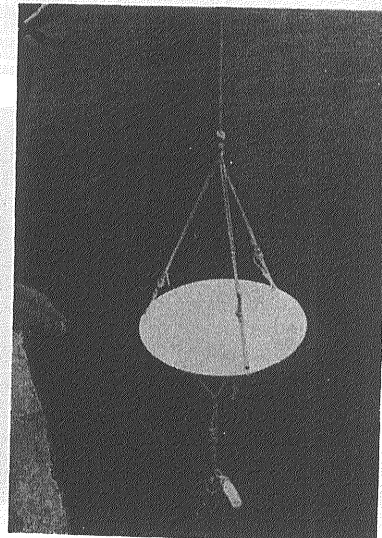
第15図 全円分度器 トレーシングペーパーを分度器の上ののせ 測定した2つの角度をうつしとる あとの操作は三桿分度器の場合と同じ

う。 六分儀を利用できない場合には みとおし線によって位置をきめます。 湖岸の目標とその背後の山頂などの目標をむすぶ線を2本以上とり それらの線の交点が船の位置になります。 この方法は船を一直線上に走らせる場合 おおよその予定の位置に船を動かして行く場合にも利用できます。

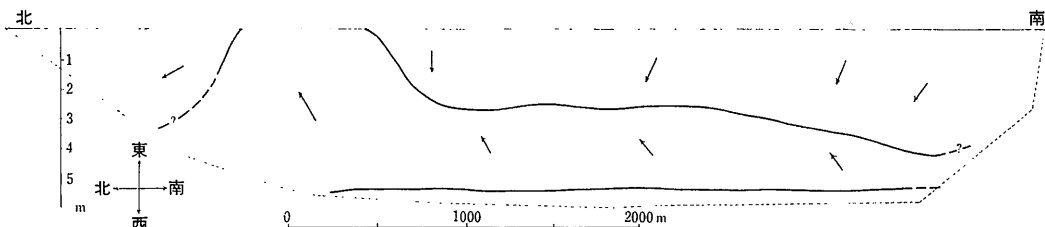
気象観測 天候・気温・風力・風向を記録しておきます。 気温はふつうの棒温度計で十分で 風力・風向は風速計があればよいのですが 一般には風力は目視観測で十分です。 第2表はその場合の目安です。 風向については 波のくる方位をクリノメーターではかれば大体がわかりますが 正確に測ろうと思えば 棒の先に軽い布をつけて旗とし ビールピンのなかにでもさし込んでおけば 常に正確に風向を測ることができます。



第16図 測深



第17図 セッキー円板による透明度測定



第21図 宍道湖中央部の南北断面

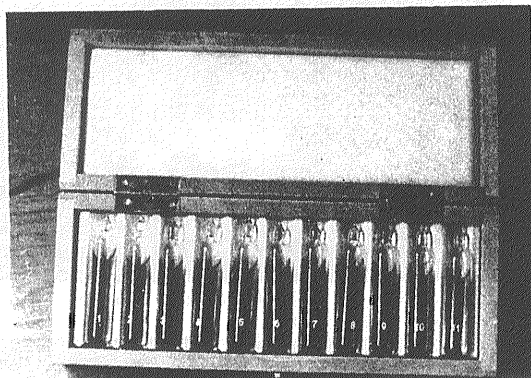
測深 浅い水域ならば 音響測深器やウインチなどという大きなものを使わなくても 手で上げ下げする測深錘で十分です。目盛りをつけたロープ・間(メートル) 縄・エスロン測量ロープなどの先に錘をつけます。錘はなるべく重い方がよく 第16図では約5kg程度のステンレス製のものをつかっています。形を変えて先のとがった円錐体のなかに凹みをつけておけば 底質のパイロットサンプラーを兼ねさせることもできます。

透明度測定 第17図のような直径25cmの白色円板(セッキ円板)を使用します。厚目のブリキ板あるいは木板をきりぬき 白ペンキをぬることで自作できます。標準的には 晴天の時に直射日光をさけて測定します。静かに水中に円板を下して行き みえなくなった時を透明度(m)とし 何回かくりかえしてその平均値をとります。錘は軽いと流されるので なるべく重い方がよいようです。透明度測定の意義については「湖沼調査法」「水質調査法」などを参照して下さい。1水域内での透明度の大小には風力も関係してくるようですから かならず風力の資料をとっておく必要があります。

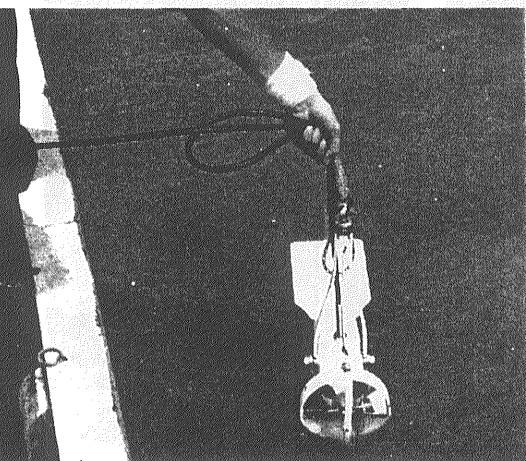
水色 第18図はフォーレルの水色計です。1号(青色)から11号(草色)まで各種のアンプル入りの標準液が 白色の布張りの上にセットされております。太陽を背にして 水面と標準液(箱に入ったまま)の両

方をできるだけ直角にながめて もっとも近い番号をその水の水色とします。値は降雨(による川からの土砂の運搬)によってかなり左右されます。

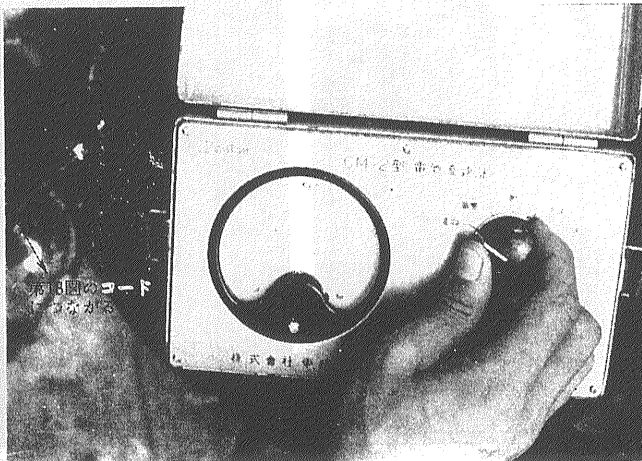
流速と流向 湖水の動きをしるために どのような目的で湖沼調査をやるにしても できる限り流速計を手に入れて測定しておきたいものです。第19・20両図は 最低5cm/sec程度までの微流速を測定できる電気流速計で 流れを第19図の手前にあるプロペラでうけて その回転を なかにある小型発電機を通じて指示計に伝える仕組みになっています。第21図はその電気流速計を使用して 宍道湖のほぼ中央部を南北によこぎった測線で測定した結果を模式化したものです。はっきりした4つの水塊が潮流の面からみとめられます。一番下



第18図 水色計



第19図 電気流速計による流速・流向の測定



第20図 電気流速計の指示計 指示目盛の上側は流速 下側は方向(0~360°)をしめす

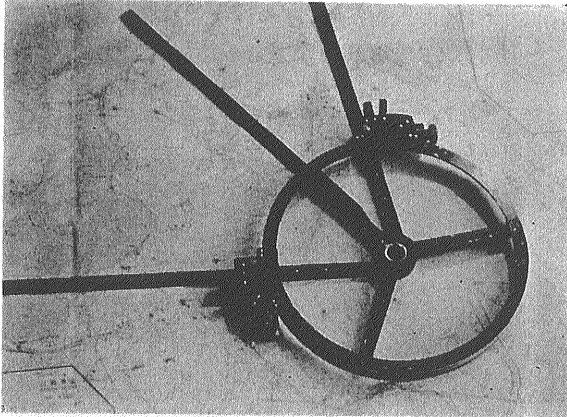
第2表 風力階級とその基準(気象庁風力階級)

階級	陸上	海上	相当風速 m/s
0	静穏 煙が直上する	海面滑らか	0.0~0.6
1	煙がたなびきはじめる	鱗のような漣が生ずるが泡は生じない	0.6~1.6
2	顔に風を感じる 木の葉が動く	一面に明瞭な漣が現われる 波頭滑かてくだけない	1.6~3.4
3	木葉または細い小枝がたえず動く 軽い旗が開く	漣が大きくなり波頭がくだけるところ どころ白波がみえる	3.4~5.5
4	砂ほこりがたち紙片がまい上る 小枝が動く	波はまだ高くないが峰幅が大きくなり白波も多くなる	5.5~8.0
5	葉のある灌木がゆれはじめる 池または沼の水面に波頭がたつ	波の峰幅が長くなり はつきりしてくる 白波が一面にあらわれる	8.0~10.8
6	大枝がうごく 電線がなる 傘をさしにくい	大波があらわれはじめる 白く泡立つ 波頭が至るところ生ずる	10.8~13.9

風力7以上は 実際上作業ができないので省略する 風下側の湖岸に近いところでは 風上側に比べて 一般に波が高くなるので 水面の目視観測の時には注意を要する

う。六分儀を利用できない場合には **みとおし線**によって位置をきめます。湖岸の目標とその背後の山頂などの目標をむすぶ線を2本以上とり それらの線の交点が船の位置になります。この方法は船を一直線上に走らせる場合 おおよその予定の位置に船を動かして行く場合にも利用できます。

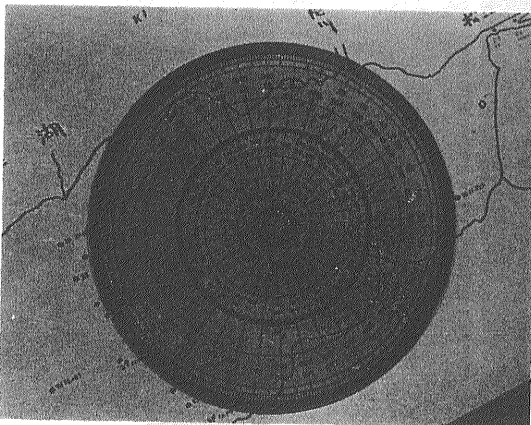
気象観測 天候・気温・風力・風向を記録しておきます。気温はふつうの棒温度計で十分で 風力・風向は風速計があればよいのですが 一般には風力は目視観測で十分です。第2表はその場合の目安です。風向については 波のくる方位をクリノメーターではかれば大体がわかりますが 正確に測ろうと思えば 棒の先に軽い布をつけて旗とし ビールピンのなかにでもさし込んでおけば 常に正確に風向を測ることができます。



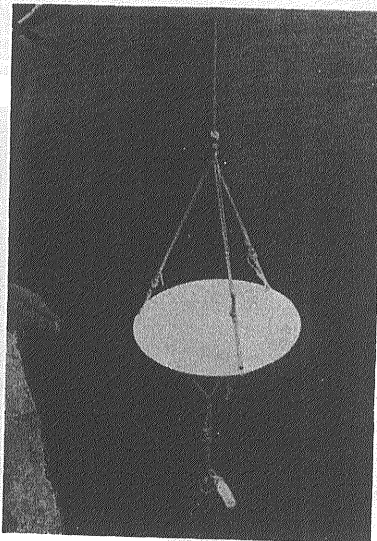
第14図 海図(中海)上に三桿分度器で測点をしるす 中心から腕が3本のびている 中央に固定された腕があり 左右に動く腕がある 六分儀で測定された結果をそのまま(左の角度は左側右の角度は右側にとる)この腕にうつしとる 3本の腕がそれぞれ3つの目標にのるように(この時の中心の位置が測点の位置をしめす)分度器を図上でずらせる



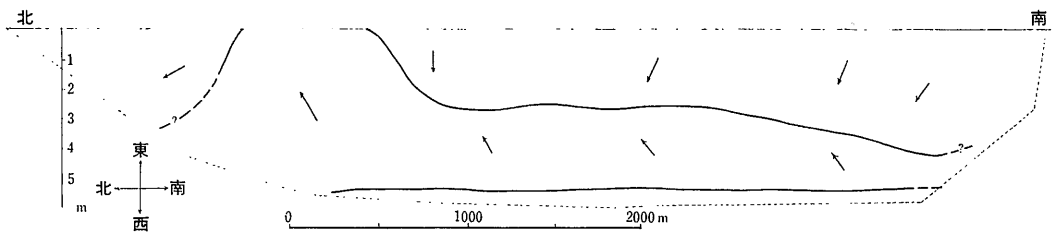
第16図 測深



第15図 全円分度器 トレーシングペーパーを分度器の上のせ 測定した2つの角度をうつしとる あとの操作は三桿分度器の場合と同じ



第17図 セツキ一円板による透明度測定



第21図 突道湖中央部の南北断面

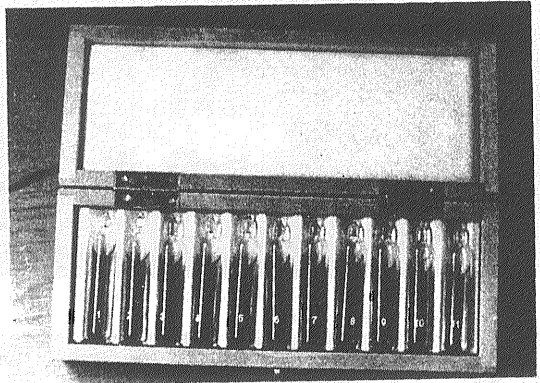
測深 浅い水域ならば 音響測深器やウインチなどという大げさなものを使わなくても 手で上げ下げする測深錘で十分です。目盛りをつけたロープ・間(メートル) 縄・エスロン測量ロープなどの先に錘をつけます。錘はなるべく重い方がよく 第16図では約5 kg程度のステンレス製のものをつけています。形を変えて先のとがった円錐体のなかに凹みをつけておけば 底質のパイロットサンプラーを兼ねさせることもできます。

透明度測定 第17図のような直径25 cmの白色円板(セッキー円板)を使用します。厚目のブリキ板あるいは木板をきりぬき 白ペンキをぬることで自作できます。標準的には 晴天の時に直射日光をさけて測定します。静かに水中に円板を下して行き みえなくなった時を透明度(m)とし 何回かくりかえしてその平均値をとります。錘は軽いと流されるので なるべく重い方がよいようです。透明度測定の意義については「湖沼調査法」「水質調査法」などを参照して下さい。1水域内での透明度の大小には風力も関係してくるようですから かならず風力の資料をとっておく必要があります。

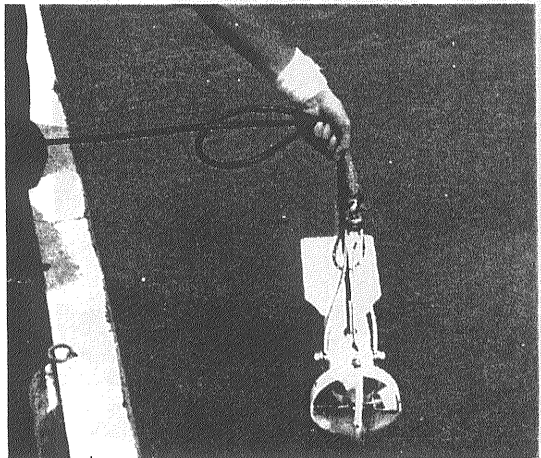
水色 第18図はフォーレルの水色計です。1号(青色)から11号(草色)まで各種のアンプル入りの標準液が 白色の布張りの上にセットされております。太陽を背にして 水面と標準液(箱に入ったまま)の両

方をできるだけ直角にながめて もっとも近い番号をその水の水色とします。値は降雨(による川からの土砂の運搬)によってかなり左右されます。

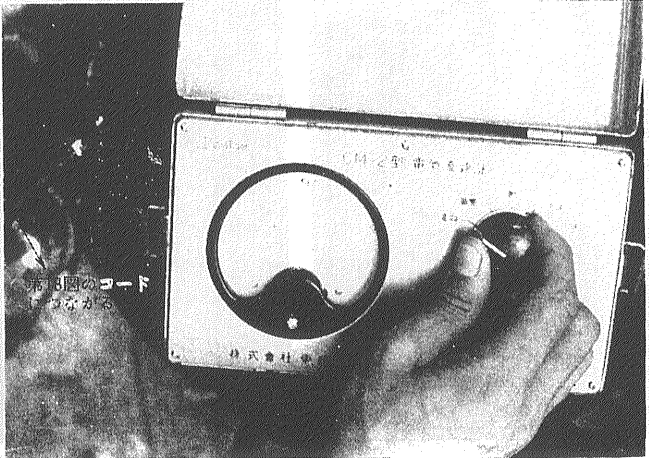
流速と流向 湖水の動きをしるために どのような目的で湖沼調査をやるにしても できる限り流速計を手に入れて測定しておきたいものです。第19・20両図は 最低5 cm/sec程度までの微流速を測定できる電気流速計で 流れを第19図の手前にあるプロペラでうけて その回転を なかにある小型発電機を通じて指示計に伝える仕組みになっています。第21図はその電気流速計を使用して 突道湖のほぼ中央部を南北によごった測線で測定した結果を模式化したものです。はっきりした4つの水塊が湖流の面からみとめられます。一番下



第18図 水色計



第19図 電気流速計による流速・流向の測定



第20図 電気流速計の指示計 指示目盛の上側は流速 下側は方向(0~360°)をしめす

位にあるものはほとんど停滞している水 中央に左右に広がるものは西から東へという宍道湖の大きな水の流れをあらわしています。その上位にあって 逆行ないし直交するものは沿岸流です。各水塊のさかいは第45図に示すようにかなりシャープと思われま

す。ただし 水質測定値全般についていえることですが 測定値を解析する場合に 「ある期日・期間に得た測定値がかならずしもその湖水の特徴を代表するものとは限らない。単に例外値の場合もあり得る」という点に留意しなければなりません。

採水とそれにもなう測定

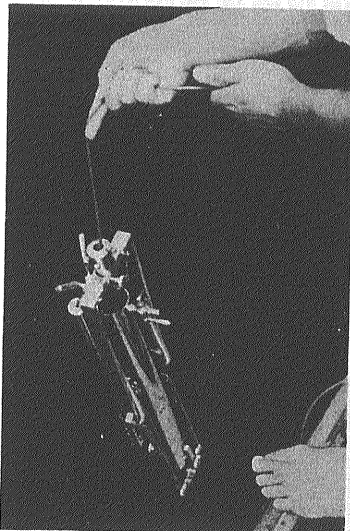
採水深度 目的にもよりますが ほぼ同一の環境と思われるところについて 少なくともその中央部の1ヵ所でこまかい間隔で採水する必要があります。もちろん できる限り多くの測点でこまかく採水するのが理想的ですが これには調査日程と現地実験室での分析の能力(人手)が関係してきます。いくら採水して

も処理できなければ無駄な努力というものです。筆者の調査例では 宍道湖では代表的な測点について 0 2 4 …… 底層水という具合に2mおきに また中海では湖内の多くの場所でそれぞれ環境がことなると思われたので 全測点(中海内で44点)で同様な間隔で採水しました。水が成層している場合には躍層前後ではさらに間隔をこまかくすれば 成層状態がよりはっきりとつかめます。

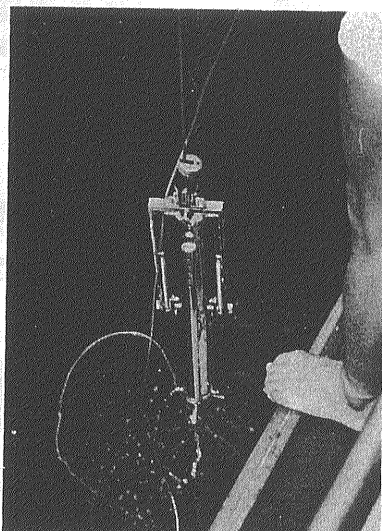
採水方法と試水ピン 試水ピンとしては 目的に応じてビールピン・ポリピン・酸素ピンなどを用います。表面水の採水には舟ペリが低い時には船上から直接ピンを水につけて 舟ペリが高い時にはバケツで水をくみ上げてピンにうつします(第22図)。それ以外の水(底層水をのぞき)は 転倒採水器によるのが時間的にも早くまた転倒温度計をとりつければ 水温も同時に正確に測定できてもっとも便利です。第23・24図に示したものは 容量800ccの エクマン式転倒採水器です。操作を繰り返すことによって 所定深度から比較的短時間に大量の水を採取することができます。しかし 採取される水は厳密に言えばある範囲の厚さの水(すなわち回転する筒の長さにあたる)であって その長さ以下の間隔の採水は不可能です。また湖底直上の水をとることも不可能です。それらのためにはいくつかの方法がありますが もっとも簡単でかつ大量にとることができる方法をここにのべます。この方法は転倒採水器を利用できない場合の各層の採水にももちろん利用できます。それは 2口注射器を利用する方法です。第26図にその概略を 第27~29図にその実際を示しました。湖底直上の底層水の採取ができること 2口注射器を手に入れば安上りで簡単に自製可能なこと(もっとも2口注射



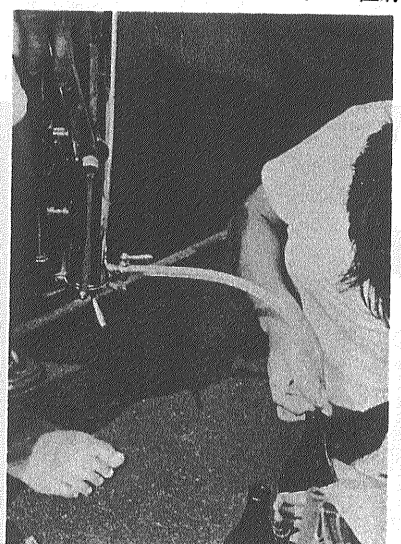
第22図 表面水の採水 ポリバケツからピンに水をうつしかえる時にポリ製のロートを使うと便利



第23図 エクマン式転倒採水器を水中におろすところ 上下ともにふたが開いている



第24図 エクマン式転倒採水器 採水器を所定深度までおろし メッセンジャーをワイヤー沿いの上からおとし 筒を回転させると上下のふたがとじるような仕組みになっている 写真は回転させてから水面上にひきあげたところ

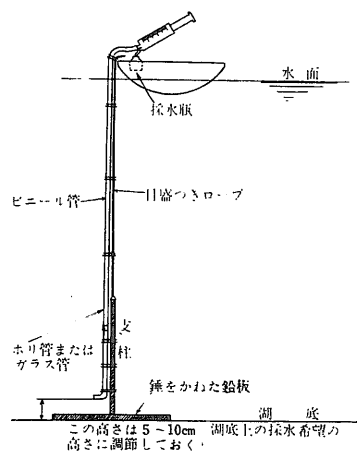


第25図 転倒採水器の筒の最下部にあるコックを開いて ビールピンに水をうつし入れる

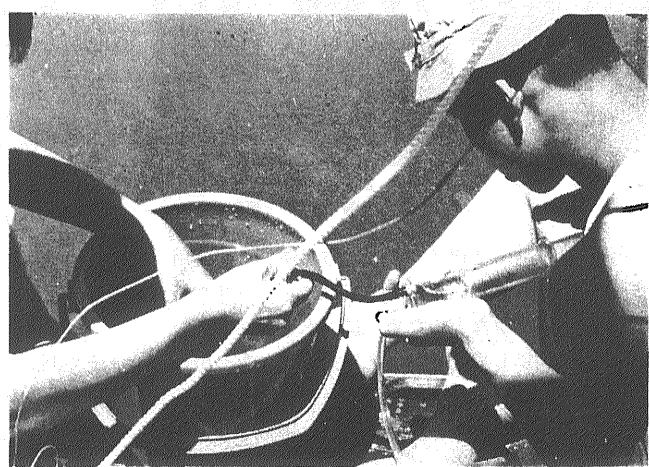
器はそう安価ではない)が利点です。操作もごく簡単に連続的に採水できます。注射器の1つの出口を採水ビンに もう1つの出口をビニール管で水中につなぎます。ただし時間がかかり かつ多くのエネルギーを要します。もっとも2口注射器のかわりにポンプを使用すればはるかに能率的です。

試水ビンとしては一般分析用にはビールビンがもっと

も安価でかつどこでも入手しやすく適当です。現地でも24本入りの木枠入りの空ビンを購入しておき 木枠ごと船上にもちこむのが便利です。ただしビールビンは一般にかなりよごれており 十分に洗浄しておかなければなりません。あらかじめ ブラシをつかいながら水で5~6回よくあらい 採水時にさらに試水で2~3回あらいま



第26図 2口注射器による採水の概略



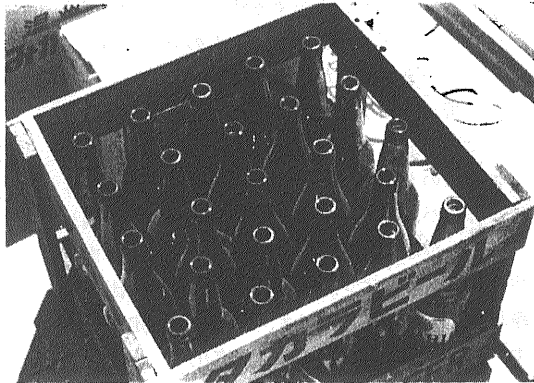
第27図 2口注射器による採水 吸い上げた水を採水びんに流し入れている



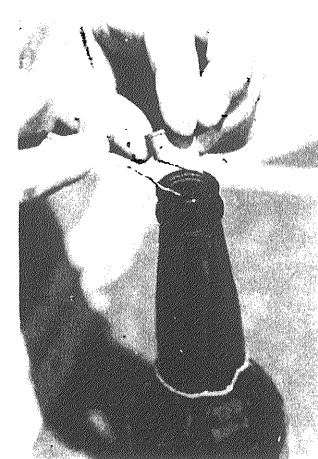
第28図 2口注射器による採水 一人で操作する場合には、ピンチコックを使うと楽にできる



第29図 2口注射器による採水器の吸水部、現地でつくったもの、錘として石を板にしばりつけている



第30図 木枠入りのビール空ビン(2ダース入り)



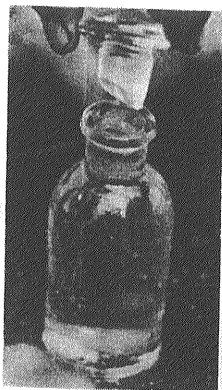
第31図-① 針金を口にさしこみながら栓を入れる



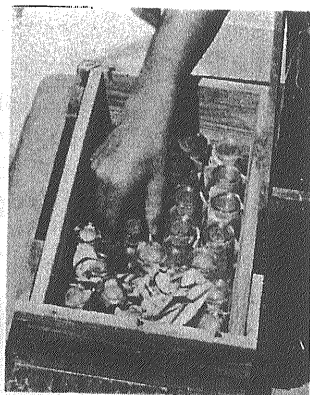
第31図-② 針金をぬきながら栓を深くおしこむ



第31図-③ 完全に栓ぬしたところ



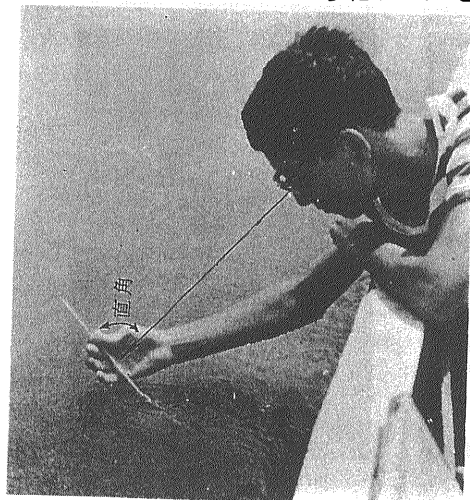
第32図 酸素ビン



第33図 酸素ビンのもちこびには木箱をつかうと便利

るいは同サイズのコルク栓（ゴム栓の方が便利）を使用します。ビンに採水後 中の水を空気にふれさせたくない時（容存ガス分析などのため）には水を一杯にみたした後に 第31図に示すように ほそい針金をつかしながら栓をします。この時にゴム栓を水でぬらし その下部を次の酸素ビンの栓と同様に斜めに切っておくとなお都合よく行くようです。なお精密な分析値を要する時や微量の金属などを分析をする時には（後者の場合には転倒採水器にもプラスチック筒のものを用いる）ポリエチレンビンをつかわなければなりません。

硫化水素分析またはウィンクラ法による溶存酸素分析をする時には 酸素ビン（第32図）に採水します。約100ccの容量のもので各ビンにはそれぞれ共栓が付きまた正確な容量が記入されています 栓の一部が破損した時には容量をかならず測定しなおさなければなりません。注水はゴム管をビンの底まで入れ 気泡が出ないように静かにすることが必要です。ガスの固定のため採水後すぐに酸素測定用のものには 塩化マンガン溶液およびヨードカリ・カセイソーダ溶液などを 硫化水素測定用のものには 炭酸カドミウム乳液を加えるのが本当ですが 船上作業はいろいろと多忙なので とくに精



← 第34図 棒温度計による表面水の測温

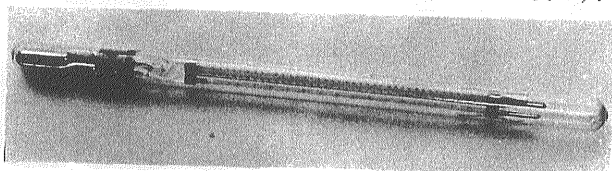
密さを要しない時には それらを帰宿後すぐに加えることにしてもそれほど差支えないようです。

ナンバリングには 荷札を用いるのがもっとも手早くて便利ですが この際 かならずゴム輪をまいておかないと 荷札がとれる恐れが多分にあります（第22図）。ポリビンには直接マジックでかいておきます。

1回の採水に要する試水ビンの量としては 一般の主成分分析・溶存酸素・硫化水素分析をおこなう場合には 酸素ビン2本（オーレの改良法で酸素分析をする場合にはさらに1本）・ビールビン2本（1本を現地分析用1本を研究室にもちかえる）が必要になります。もしプランクトンネットをつかわずに水中のプランクトンをみようとするならば そのほかにビールビン1本（ホルマリン5%溶液次号参照を試水に加えておく）が必要です。したがってもし水深7mの測点で 表面水・2m・4m・6m・底層水の採水をしようとするならば その測点でビールビン計15本（プランクトン用を含め）酸素ビン10本が必要になります。なお 船上でビールビンが不足した時にはポリ袋でとりあえず代用させることができます。

おいとにごりの度合 水にはほとんどの場合においがありませんが 有機物が多い湖底上に停滞している水には硫化水素臭があることがあります。また表面に近いところでは水がにごっていることもあります。採水時にこのような点に気をつけて 記録しておきます。

水温の測定 表面水については船べりの低い時には第34図のように水面に直接棒状温度計（水銀またはアルコール）をさしこんで測温できます。船べりの高い時にはバケツ（ロープをつけるとよい）で水をくみ上げ その水について同様に測温します。そのほかについては第35図に示した転倒温度計を用いるのが理想的ですが もしなければ得られた水について棒温度計で測温するのもしむを得ません。とくに夏は採水用のビールビンがかなりあたままっているので あらかじめ水で冷しておき 採水器からは水を流しっぱなしにして測温する必要があります。筆者の夏の調査例では 同一層の水についていくつか比較した結果 そのようにしても棒温度計による方が転倒温度計によるよりも 1°Cないし2°C 高目に出るという結果になりました。このような誤差をあらかじめ頭に入れておくことが必要です。

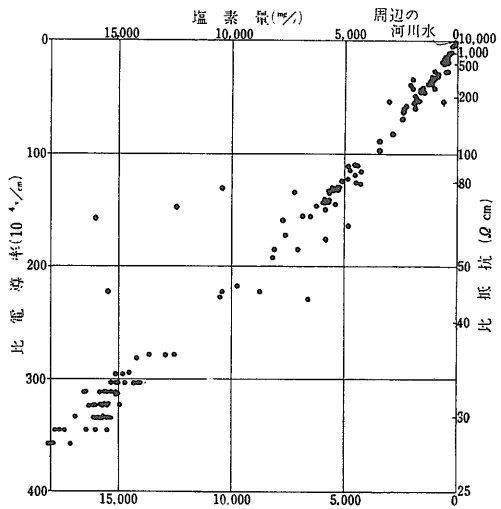


第35図 転倒温度計 転倒採水器の横につけて それと一っしょにおろし メッセンジャーで同時に回転させてひきあげる

電気伝導度 第36図は宍道湖・中海の湖水の塩素量と電気伝導度との関係をしめたものです。かなりのバラツキはありますが 大局的にみれば両者（比電導率—塩素量）がほぼ一直線（実際は帯）の関係になっていることがわかります。これは半谷高久氏（水質調査法 p. 193）による 次のような電気伝導度の値の一般例とほぼ一致しています。

比電導率 $10^{-4} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$	比抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}$	例
400	25	海水 Cl \approx 19%
100	100	\approx 5%
10	1000	塩水
1	10000	淡水
0.1	100000	塩分の少ない自然水

汽水湖や内湾では 一般に塩分の水平的・垂直的変化が非常に激しく 塩分濃度は水域の環境要素のなかできわめて重要な位置を占めます。塩分濃度は正確には実験室で塩素の分析によって決定されることになり ふつう船上で試水を眺めるだけでは 知ることが不可能です。しかし以上のような関係から 船上で採水時に電気伝導度を測定しておけば 各試水について大よその塩素量（塩分濃度=0.030+1.805Cl）を知ることができます。測定は ふつう水の調査で比抵抗測定に使っている コールラウシュブリッジで間に合いますが 比抵抗が小さくなるとくに正確なポイントをおさえにくく、また船上でいそいで作業する時に やや操作が面倒です。もし携帯用の直読式の電導度計が手に入るならば それにこしたことはありません。ただし すべての電氣的測定具に共通なことですが これをせまい船上であつかう場合には細心の注意が必要です。筆者は一寸した不注意から あとでのべる Eh メーターに船上で水しぶきをかけてしまい その後の Eh 測定を不能にしてしまったという苦い経験もっています。むしろ現地実験室に置いておいて もちかえったビールビン中の試水について測定するのが無難でしょう。いずれにしろ とくに汽水湖では 簡単な測定で塩素分析の代用をつとめさせることができるので ぜひ船上または現地実験室で電

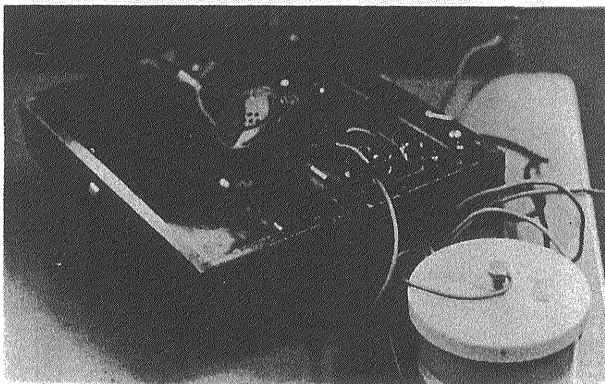


第36図 電気伝導度と塩素量との関係

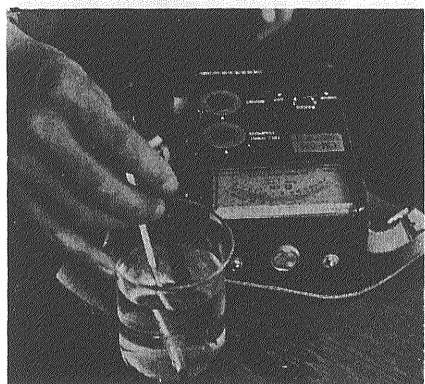
導度の資料をとっておくことをすすめます。なお一般の湖水では 電気伝導度は主として水中に存在する電解質の量（塩素イオンが過半をしめる）によって支配されます。また温度によっても影響されます（第39図）。単位としては比抵抗 [$\text{ohm} \cdot \text{cm} (\Omega \cdot \text{cm})$ 長さ1cm 断面積1cm 2 の立方体の相対する面の間の抵抗] あるいは比電導率 [$\text{mho/cm} (\Omega^{-1} \text{cm}^{-1})$ 比抵抗の逆数] であらわされます。

水素イオン濃度 pH 水が酸性かアルカリ性かをしる あるいは CO $_2$ が増加しているか消費されているかなどをしる上での簡単な目安となります。夏季に湖水が成層する場合には 一般に表面に近いところでは浮游性の植物の光合成作用（水の溶存酸素が増し CO $_2$ が消費される）によって pHが高くなる傾向があります。たとえば 中海・宍道湖では次の42頁 左上表のような値が得られました（第46図参照）。

測定には硝子電極の pH メーターか比色計（第40・41図）をします。船上で採水後すぐに測るのが理想的ですが メーターならばともかく比色計では船上でそう



第37図 コールラウシュブリッジ



第38図 けいたい用電導度計

水深m	宍道湖	中海	境水道
0	7.1-8.0 〔7.4-7.8〕	7.0-9.0 〔8.4-9.0〕	↑ 8.5 ↓
2	7.0-8.0 〔7.2-7.6〕	7.0-9.0 〔8.4-9.0〕	
4	6.5-8.1 〔6.8-7.4〕	7.1-8.8 〔7.2-7.4〕	
6	6.8-7.1	7.1-8.2 〔7.5-8.0〕	
8	—	7.2-7.6	

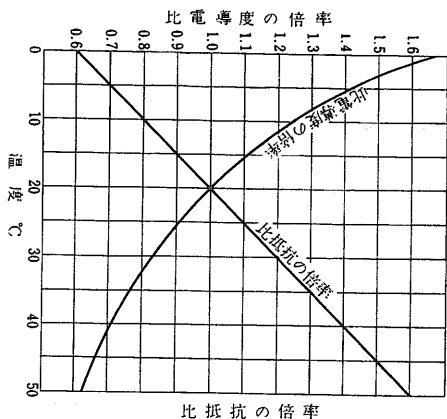
(1965 7~8月採水 現場実験室で比色法による塩類誤差は未補正 調査:水野篤行・中沢次郎・関根節郎 []はそれぞれで非常に多い範囲)

簡単には行きません(操作そのものは非常に簡単で時間もかかりませんが), その場合には 試水を外気にふれさせないよう(ビールビンでも酸素ビンでもよい)またできるだけビンをゆらすことのないように注意して 現場実験室までもちかえってすぐに測定します。なおついでに保有 pH (RpH) を測定しておくとういと思います。比色計の場合には pH を測った試験管をはげしく振とうして得た比色値を RpH (水中の炭酸ガスを放出または空気中から吸収して空気と平衡状態にした時の pH) としてよいでしょう。なお pH 測定の際に塩類誤差に注意する必要があります(とくに汽水湖の場合)。

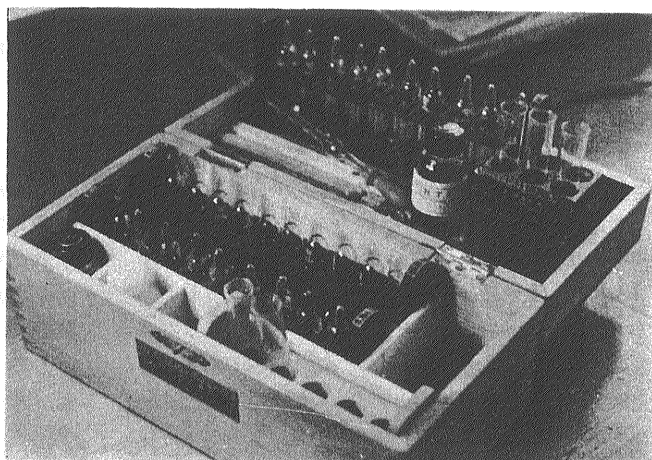
酸化還元電位 Eh Eh を測定しておくとも 水が酸化性の環境にあるか 還元性の環境にあるか またその程度をただちにすることができます。停滞して酸素が消費されつくしているような水では Eh (単位は v またはmv) が非常に低くなっています。Eh メーターで船上で電氣的に簡単に測定できますが さきにのべたように無難を期すためには 空気とふれさせないようにしてもちかえった試水を現地実験室ですぐに測定することです。

その他(野外でのデータの整理) そのほか 現地実験室で処理(化学分析)すべき事項と その方法については 本稿の最後にまとめたのべられています。ここでは 測定・分析結果の整理について 現地でやっておいた方がよいと思われることを2 3のべます。結果はほとんど場合に数字で表現されますが 数字の羅列からだけでは 変化の傾向をのみこむことが困難です。

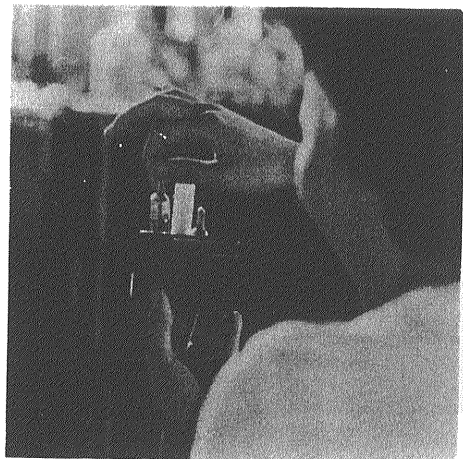
第43図は1測点での各成分の垂直な分布図の1例をしめしました。このような図は理論的考察にはかならずしも適当ではありませんが 1測点での各成分の変化とその関係を感覚的にただちにすることができるので便利



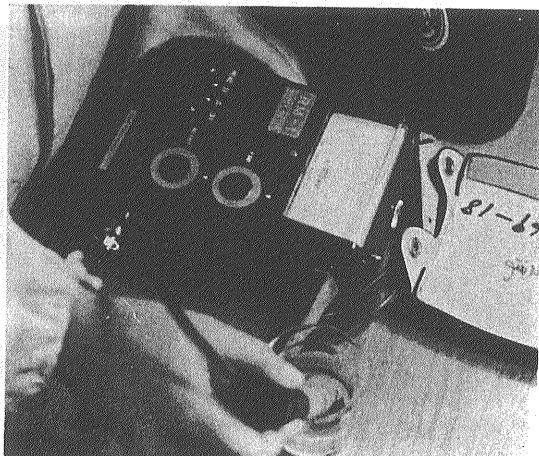
第39図 20°Cに換算する場合の補正曲線



第40図 pH 比色計セット



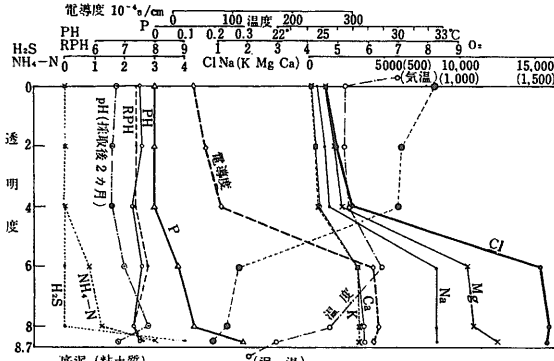
第41図 比色による pH の測定



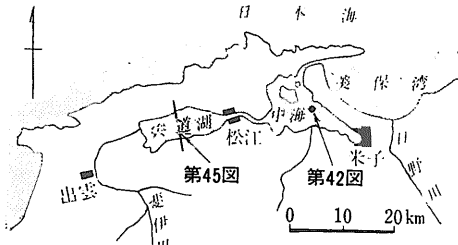
第42図 携帯用酸化還元電位差計

です。また 測点ごとにつくっておくと諸成分の変化傾向を簡単に（ただし感覚的に）比較することもできます。第45図は1測線での諸成分の垂直的・水平的変化をしめた1例です。なおこの図には一部所内実験室での底泥の処理結果もふまれています。

第46図は調査水域内での一つの要素と深さとの関係を全測点についてしめた1例です。表面から底層水ま



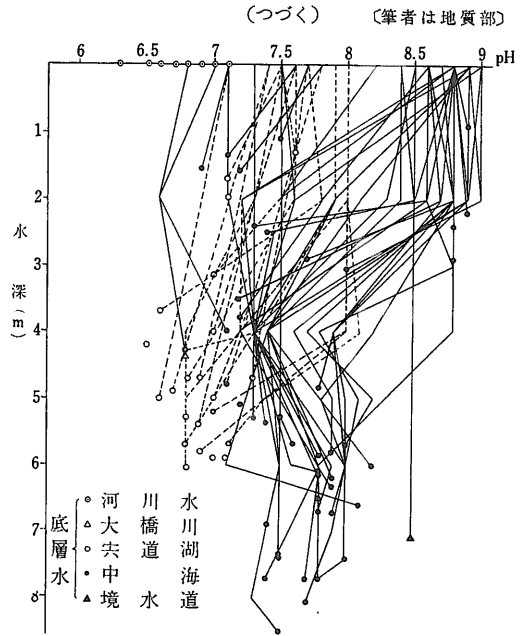
第43図 1測点における各成分の垂直的分布図



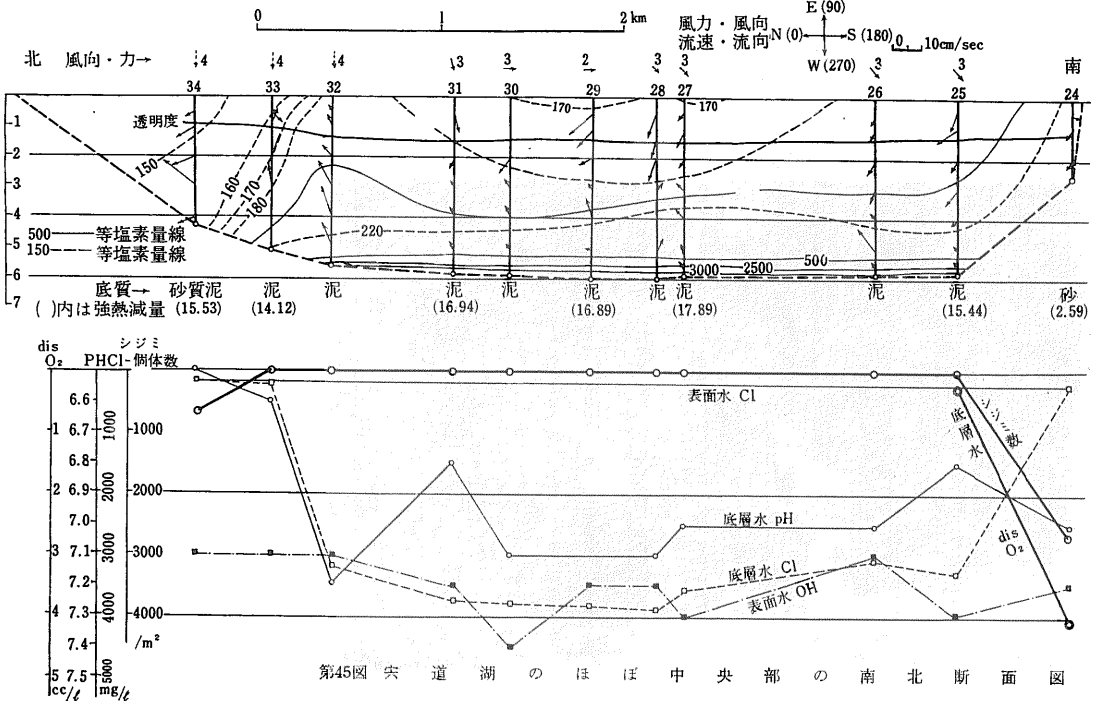
第44図 第43・45図に示した測点・測線のおよその位置

での全体の変化傾向がわかると同時に 層別にみた場合のバラツキの程度をただちにすることができます。

現場で少なくとも以上にあげたような測定値の整理を行なうことによって 一般的变化傾向をしることができるとともに その傾向からはずれたものについてはその原因を考察し また再分析・再採水をただちにこなうことも可能となります（そのほか各成分の水域内での深度別の水平分布図ないし等量線図をつくとよい）。



第46図 全測点のpHと水深との関係



第45図 安道湖のほぼ中央部の南北断面図