

長周期波併用型ステップ式波高計の開発

Development of a Step Type Wave Gage for Observation of Long Period Waves

高 島 和 夫*

Kazuo TAKASHIMA

港内じょう乱調査用として、波浪とともに長周期波の測定が可能なステップ式波高計の開発が望まれた。そこで、長期間連続稼動における電極汚染の問題その他について検討し、長周期波併用型ステップ式波高計を開発した。

現地試験でよい成果が得られ、実用化が可能である。

《ステップ式波高計；長周期波；港内じょう乱調査；電極汚染》

Investigation of wave agitation requires measurement of both short period waves and long period waves.

Step type wave gages have been used to measure short waves, but for measurements of long period waves, there are problems with magnesium hydroxide and sea weed deposition on the electrodes.

A newly developed step type wave gage shows good results in observing long period waves in field tests.

Keywords: step type wave gage, long period wave, investigation of wave agitation, deposition on the electrodes.

はじめに

ステップ式波高計は海面変動を直接測定でき、測定方式によっては、衝突波や越波の測定もできるなど原理的には優れた特長がある。しかし、水圧式などに比して測定障害因子があり、また、センサ部が重々しいことなどが実用上の弱点である。そこで、リレー型など^{1),2)}種々改善を行ってきたところであるが、近年、係留漁船同志の接触事故などで問題視されている港内じょう乱^{3),4)}の調査用として、長周期波測定機能の付加などあらたな整備改善が要望されてきた。

港内じょう乱調査では、港口、内港部などにおける波浪や長周期波（副振動など）の観測の必要性が大きい。ステップ式波高計は岸壁や船腹の反射で変形した波の測定に対応でき、港内波浪観測用として適性がある。しかし、長周期波の測定のため長期間の連続稼動となると、

従来の陰極型の場合、電解による水酸化マグネシウム類の付着による測定障害が問題となる。また、なにかと手狭な中、小漁港が対象であり、センサ部構成の大幅な軽量化、簡易化が要求される。

こうしたことから、港内じょう乱調査への有効利用をめざし、長周期波測定機能の付加、センサ部の軽量、簡易化、さらには多点計測システムの簡易構成などについて検討を進めた。このほど、所期の目標を満足しうる機能をもつ、長周期波併用型ステップ式波高計を開発し、現地観測において良好な成果が得られたので、ここにその概要を報告する。

1. ステップ式波高計の原理と本開発での課題

1.1 ステップ式波高計の原理

ステップ式波高計は、極性同一の多数電極を一定間隔に配置するとともに、これら電極群と極性対向の共通極

*応用理化学研究室主任研究員

(アース極)を備えた電極ポールを水中にたて、電極が水面に浸ったり露出したりするときに得られる電極～共通極間の電気的なオン、オフ作用(スイッチング作用)を利用して水面変動を測定するものである。

ステップ式波高計はこのような原理により、進行波はもちろんのこと砕波、衝突波あるいは越波の観測が可能であることや、水面変位を電極間隔で量子化して測定することにより、キャリブレーションが不要であるといった特長を有している。

他方、弱点としては、電極が汚れてスイッチング特性が劣化してくると測定障害が発生し、正常な記録が得られなくなるという、いわゆる電極汚染の問題がある。電極汚染の原因としては、海洋生物、浮遊油脂類さらには電極が陰極型の場合の、電解作用による水酸化マグネシウム類の付着などである。電極汚染の進行状況は場所や季節などによって異なるが、汚染は一般に短時間で進行し、場合によっては1カ月未満で測定不能になることもある。測定障害が発生すると電極ポールの清掃が必要となるが、海中作業では満身に清掃を行うことが困難であり、したがって電極汚染はやっかいな問題である。

また、センサ部が複雑で重々しく軽便性に欠けることもこの方式の弱点である。

1.2 本開発における課題

(1) 長周期波の測定と電極汚染問題

周期が数分から10数分までの副振動については、波高計の記録を2～3時間録音可能なカセットデータレコーダに収め、その後、波浪観測記録を利用して解析することが可能である。このような方法では解析が無理な周

期の長い副振動から、高潮、潮汐などの長周期波をも対象とした測定には、通常、波高計と水位計(検潮器)の両方が使用される場所である。本開発では、長周期波の測定にも波高計を利用し、水位計を省略する計測システムの確立をめざした。

このため、ステップ式波高計で、波浪測定を含めて長期間(調査期間)にわたり水位測定を継続することが必要となる。ステップ式波高計の従来型においては電極極性が陰極型のため、水酸化マグネシウム類が電極に付着する。水酸化マグネシウム類の付着は通電量に比例するから、長周期波の測定には水酸化マグネシウム類の付着による電極汚染の検討が必要である。しかし、電極汚染は従来、海洋生物の付着を主体に考えられてきており、水酸化マグネシウム類の影響の量的なことについては不明である。また、実際問題として、電極汚染は種々の因子が複合しているため、水酸化マグネシウム類だけについての検討はむづかしい。

そこで、平常時は30秒間隔で海面の間欠測定を継続して潮位変化を読みとれるようにし、高波時には3時間周期で約1時間の波浪測定(水面測定を毎秒5回行う)を行う方法について現地試験を行った。

その結果、海水がきれいでは、電極汚染が海洋生物や水酸化マグネシウム類の付着が主体と考えられる場所では、約3カ月間にわたり正常な測定結果が得られた。その記録例を図-1に示す。しかし、海面が浮遊油脂などで汚染されている場所では、油脂類が水酸化マグネシウム類に混入あるいは覆うようにして付着し、2、3週間で測定不能になった。漁港の多くは奥部に汚れがあること

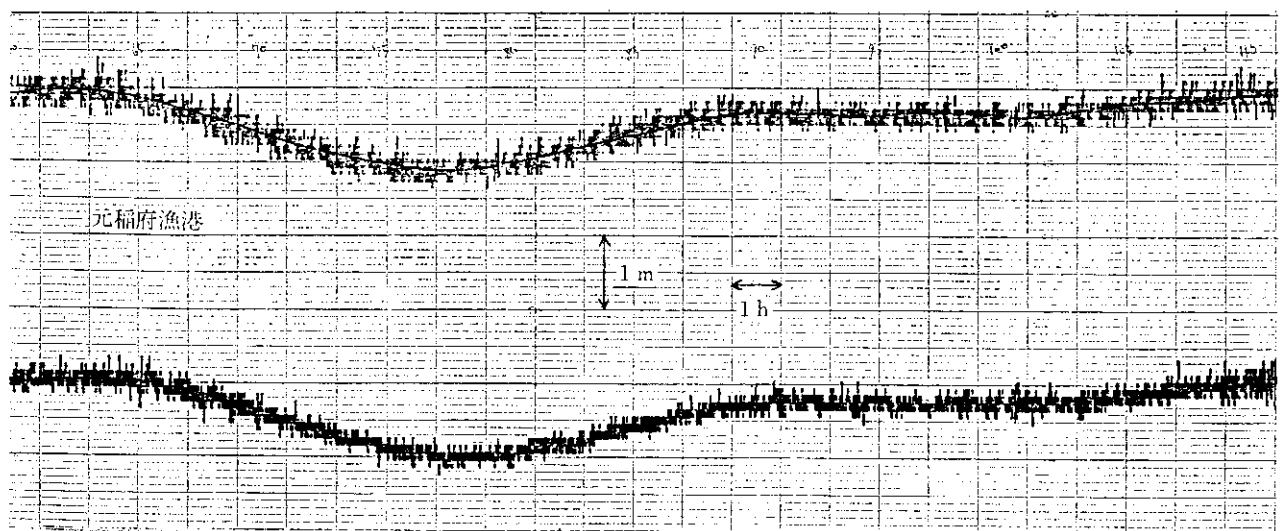


図-1 潮位測定記録例

水酸化マグネシウムに類付着による電極汚染の軽減策として、電極の通電量を少なくするため水面位置を30秒間隔で間欠測定する方法について現地試験を行った。図はその記録例である。

を考えれば1カ月間、場合によってはそれ以下の短い期間で電極部の清掃が必要となることが予測される。

日本海側の漁港においては、厳寒期、岸壁の上部に積雪があり、また凍結していることもあり、電極ポールの取りはずし清掃作業は困難である。当初、清掃不要期間として3カ月程度を目標としたが、日本海側では冬期をはさんで6カ月程度は清掃不要であることが望ましい。また、図-1の記録例から高潮や潮位変化については概略を読みとることは可能であるが、検潮器のように周期が数10秒以上の振動が記録できれば有効である。

これらのことを考慮した場合、陰極型では長期間の測定が困難であるため、次に示す利点をもつ陽極型を採用する。すなわち、水酸化マグネシウム類の付着問題が根本的に解消すると同時に、電気分解によって発生する遊離塩素、または次亜塩素酸塩により、海洋生物の付着防止ならびに油脂類の分解が期待できる。

以上のことにより、波浪測定を調査期間をとおして継続し、その出力を平滑フィルタで平滑して長周期波出力とする方法が可能となるし、電極部の長期正常維持が可能となり、測得率やデータの質が向上する。

(2) センサ部の簡易化

ステップ式波高計の既往構成は図-2に示すように、多数の電極を有する電極ポール、各電極と共通極のリード線をまとめた多芯ケーブル、各電極のスイッチング回路を内蔵した回路ボックス、回路ボックスへの電力供給、信号伝送用ケーブルならびに記録部で構成されるのが一般的である。測定範囲に応じて、複数の電極ポール

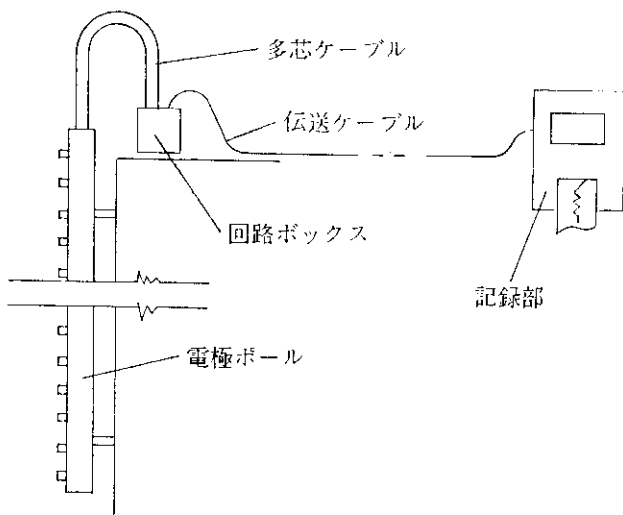


図-2 ステップ式波高計の既往構成

センサ部の構成は、従来から図のように電極ポールの各電極と共通極のリード線をまとめた多芯ケーブルが、防護用の管をとおって回路ボックスに接続されている。手狭な漁港での調査では、このセンサ部の簡易化が要求される。

が鉛直方向に配置される。このように、ステップ式波高計のセンサ部はかなり重々しい構成となる。これを沿岸波浪観測塔のような専用施設に取付ける場合には問題もないが、小規模な漁港の場合には係船や荷役などへの影響があり、センサ部はできるだけ簡易、軽量であること

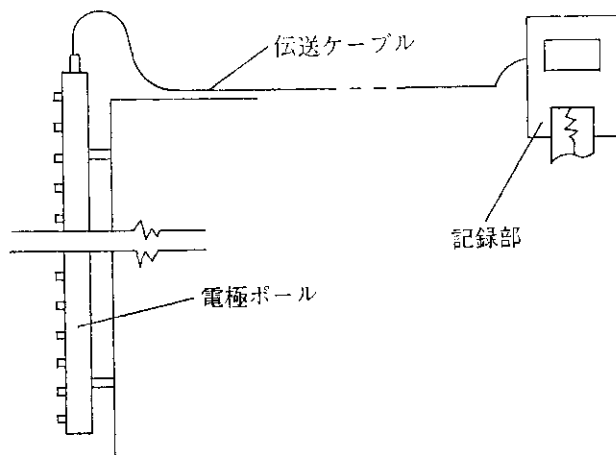


図-3 構成の簡易化

図-2の構成から回路を電極ポールに内蔵し、多芯ケーブル、回路ボックスを除去した。

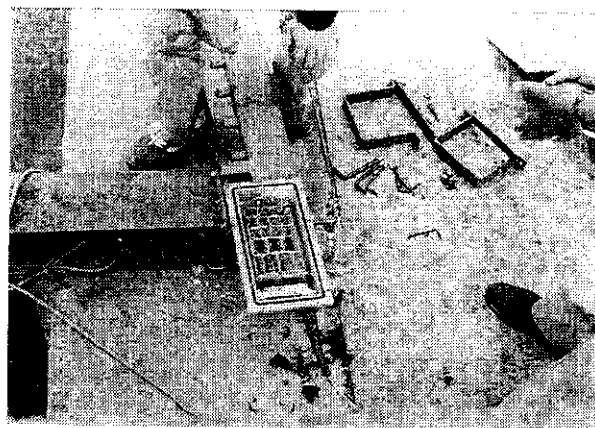


写真-1 回路ボックス1体型電極ポール

電極ポールに必要な回路を内蔵し、センサ部構成を簡易化した。

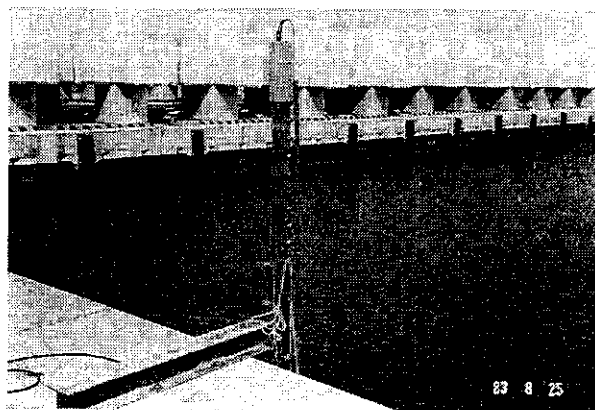


写真-2 現地設置例(元稲府漁港)

回路ボックス1体型電極ポールの現地設置例である。

が必要となる。

こうしたことから、図-3に示すように電極のスイッチング回路を電極ポールに内蔵し、多芯ケーブルと回路ボックスを除去してセンサ部の簡易化をはかった。写真-1は電極ポールの頭部に設けた回路ボックス、写真-2は設置例を示す。

(3) 振幅測定精度の向上

ステップ式波高計の振幅測定精度は、電極ポールの電極間隔によって定まる。ステップ式波高計は沿岸波浪観測を中心に発展してきており、電極間隔が10 cmの型式が多い。しかし、港内波浪の場合には波高30 cm程度からの波を扱う頻度が高いこと、日本海側の干満差が小さいことから電極間隔は5 cmとすることとした。

(4) 多点計測システムの簡易構成

港内じょう乱調査の対象港は供用中の中、小漁港の場合が多い。このため、センサ部の設置位置、特に記録部の設置場所の選定に苦勞することが多い。そこで、複数センサを1カ所で制御し、記録する簡易な計測システム

構成を検討した。

2. 試作機について

(1) 回路構成と動作

図-4に回路構成と記録部を示す。全体は制御・変換部、記録部（電源、時計、レコーダ）および電極ポール（複数）で構成される。電極ポールの回路ボックスには、外部からのクロック信号入力によって電極通電を最下段から最上段に向けて切替えていくスイッチング回路が内蔵されている。電極ポールと制御・変換部は6芯ケーブルで接続され、電源、クロック信号、電極電流伝送用に用いられる。制御・変換部は測定制御回路を中心に、通電電極を順次切替えていくためのクロック発信器、電極電流の大きさから、電極が水中か水面上かを判別する判別回路ならびに水位をアナログ出力するためのD/A変換器などから構成されている。

測定操作は、制御・変換部のクロック信号の発信によって電極ポールのスイッチング回路が動作し、通電電極

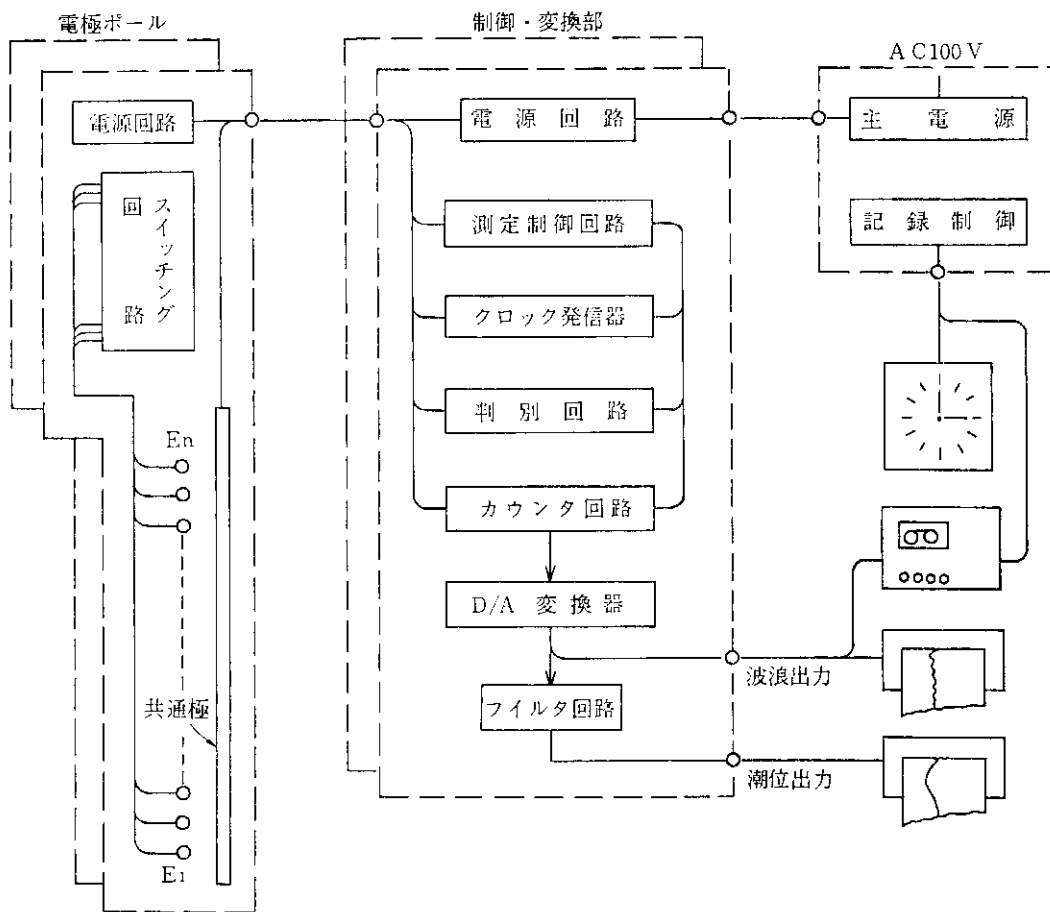


図-4 回路構成と記録部

制御・変換部の回路は、1測点当たりプリント回路が2枚で構成される。電極ポールとプリント回路を増設することにより多点計測が行える。

が最下段から最上段に向かって切替わっていく。この過程で水中にある電極は判別回路で判別されて記憶され、その最上方の電極位置がスイッチング走査が1回終了するたびに出力される。電極のスイッチング走査はここでは毎秒7回としている。

このようにして水面の時間的変動、つまり波浪測定が行われるが、この波浪測定を調査期間中常時継続するようにし、波浪出力と波浪出力をフィルタ回路をとおして平滑し、これを長周期波出力として同時に取りだせるようにした。図-4の構成において、常時長周期波が記録されているが、じょう乱時には波浪記録のスタート(手動)により、以後、12, 3, 6, 9の3時間ごとに55分間、自動的にカセットデータレコーダに記録される。本回路は碎波や越波の測定が可能となっている。

(2) 電極ポールについて

図-5は今回試作した電極ポールの全体構成、図-6は断面(A-A')を示す。外形は主筒体(リップ溝型鋼)の1側に5cmピッチで電極を設け、電極の前方に主筒体と

絶縁構造で共通極(径22mmの鉄パイプ)を取付け、主筒体の頭部に回路ボックスを設けた構造である。電極は取扱いの容易な長さの部材(1.6m以下)に所要の数をサドルで固定して単体化し、主筒体の内部に挿入、固定する。

試作電極ポールの特徴は、できるだけ単純で軽量の部材を組み合わせる構造ですべて3m以下の部材に分解可能にしたことである。既往の電極ポールは、筒体内部に充てん剤を注入、硬化させて電極の水密、絶縁性を得る構造で、充てん剤のきれつ防止のため筒体をミゾ型鋼にそわせて固定していた。このため、かなりの重量のため取扱いが容易でなく、電極の破損修理がほとんど不可能であったが、試作電極ポールは各電極をそれぞれ水密構造とし、主筒体内に海水が充満してもよく、また湾曲しても問題はない。破損電極の交換も簡単である。電極部は径1mmの白金線をコの字形に整形して、塩ビパイプに充てん剤で固着した構造である。単純な構造であるが、スイッチング特性が良好で長期安定が可能である。

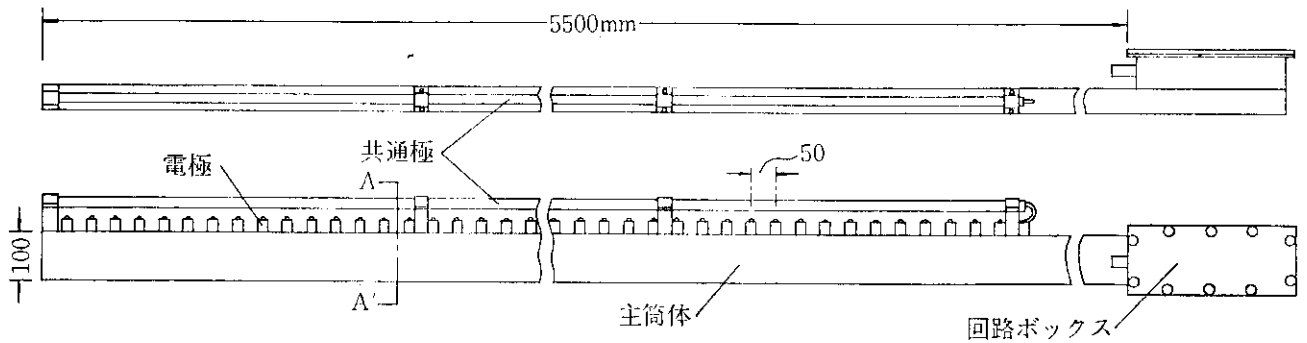


図-5 試作電極ポール

この構造は単純な形状の部材の組合わせで構成されている。全体は3m以下の部材に分解できるようになっている。

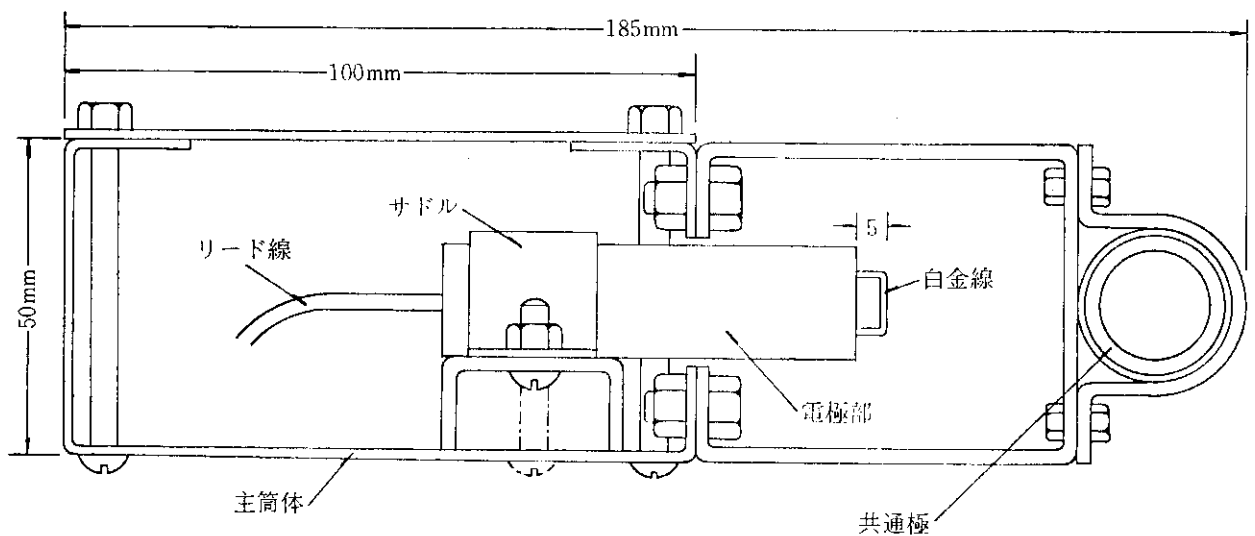


図-6 電極ポール断面

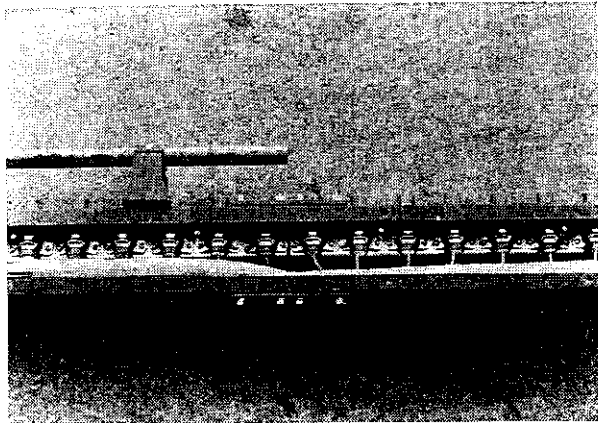


写真-3 電極ボールの主筒体内部



写真-4 電極ボールの現地組立状況

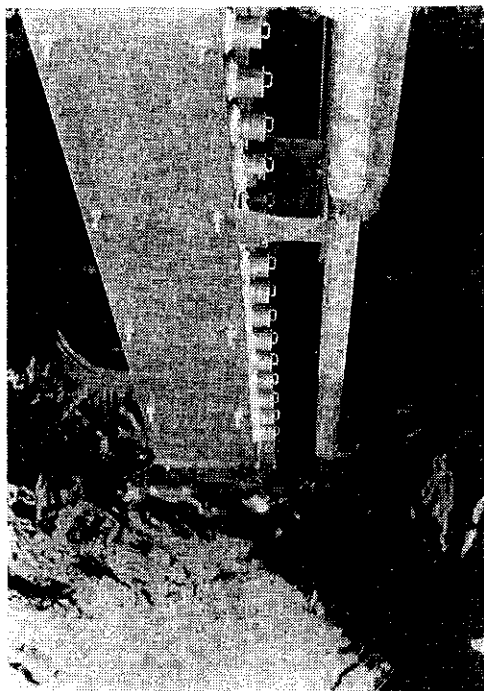


写真-5 試作電極ボールの設置状況 (C地点)

写真-3は主筒体の内部, 写真-4は現地組立中の状況を示す。

3. 現地試験について

現地試験は寿都漁港で行った。

写真-5は試作電極ボールの取付状況, 写真-6は木材を用いた電極ボールの簡易取付構造, 写真-7は試作電極ボールの上部を示す。

港内波浪が対象でも干満差が大きい場合には, 測定長

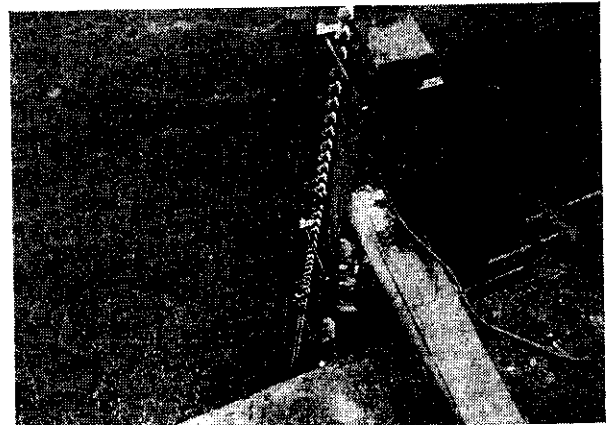


写真-6 電極ボール取付け構造 (C地点)

電極ボール取付け構造として, 従来, 形鋼を用いた場合重量が大きくなり, 設置作業が簡単に行えなかった。そこで, 木材を用いた簡易, 軽量の構造について試作した。



写真-7 電極ボールの上部構造 (C地点)

ステンレス製の回路ボックスが上部に取付られた試作電極ボールの上部構造を示す。

の長い電極ポールが必要となる。この場合、全測定範囲について電極間隔を5cmとすることは得策でない。そこで、電極間隔が10cmの電極ポールの水面部に、電極間隔10cmの補助電極ポールをピッチをずらして取付け、水面付近の精度を5cmにする方法について実験した。写真-8は補助電極ポール、写真-9は取付状況を示す。

写真-10は倉庫の片隅を借用して、記録・制御部を設置した状況を示す。

電極汚染については陽極型のため水酸化マグネシウム

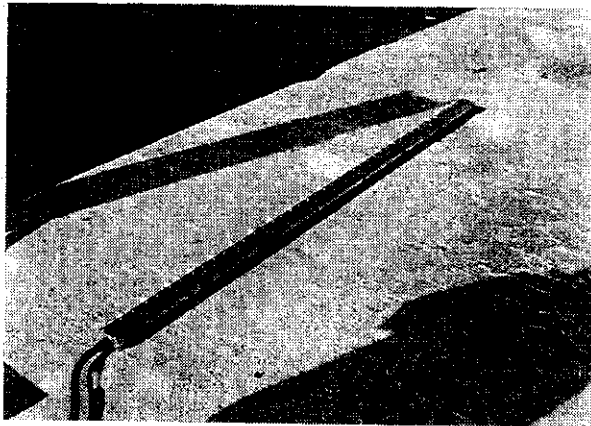


写真-8 補助電極ポール

電極間隔が10cmの電極ポールを用い、水面部や越波部など必要な範囲の精度を5cmにすることでよい場合がある。そこで、簡易構造の補助電極ポール（電極間隔10cm）を製作し、水面部に電極位置をずらして取付ける方法を検討した。

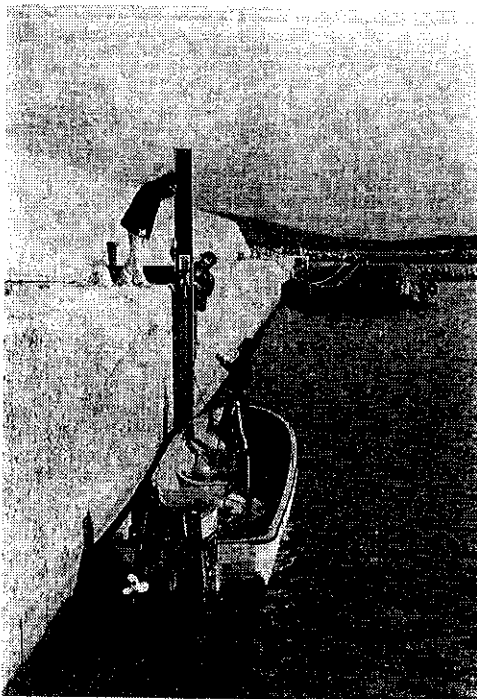


写真-9 補助電極ポールの取付け作業 (B地点)

の付着問題がなく、海洋生物、浮遊汚染物質の付着に限定された。現地試験は図-7に示すように、それぞれ条件が異なる3地点で継続したが、1年あまりの期間中、海洋生物の付着による測定障害の発生はなかった。ただ、写真-11に示す浮遊汚染物質の多いA地点で、油脂類の付着物除去を一度行った。

図-8は2地点の波浪の同時記録、図-9は長周期波の記録例である。フィルタ特性の変更により、周期が数10秒以上の長周期波の測定が可能である。

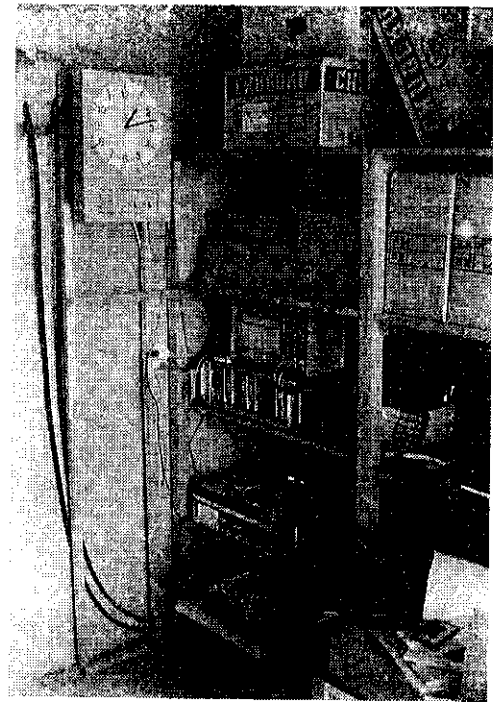


写真-10 制御・記録部設置状況

供用中の漁港においては、制御・記録部を設置する場所があまりない。写真は倉庫の片隅を借用して設置した状況を示す。



写真-11 電極ポール周囲の汚れ (A地点)

漁港の奥部は、写真のように油脂その他浮遊物が多い。このため、電極部の破損や電極汚染が発生しやすい。

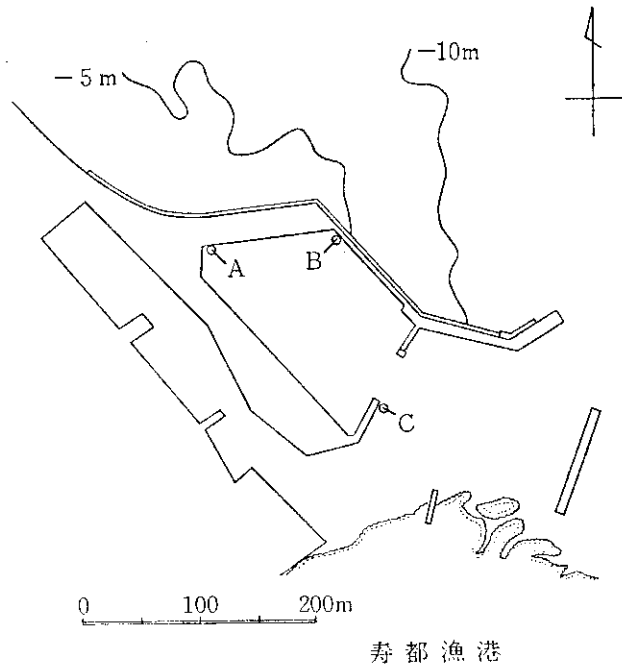


図-7 電極ボールの試験位置 (A, B, C)

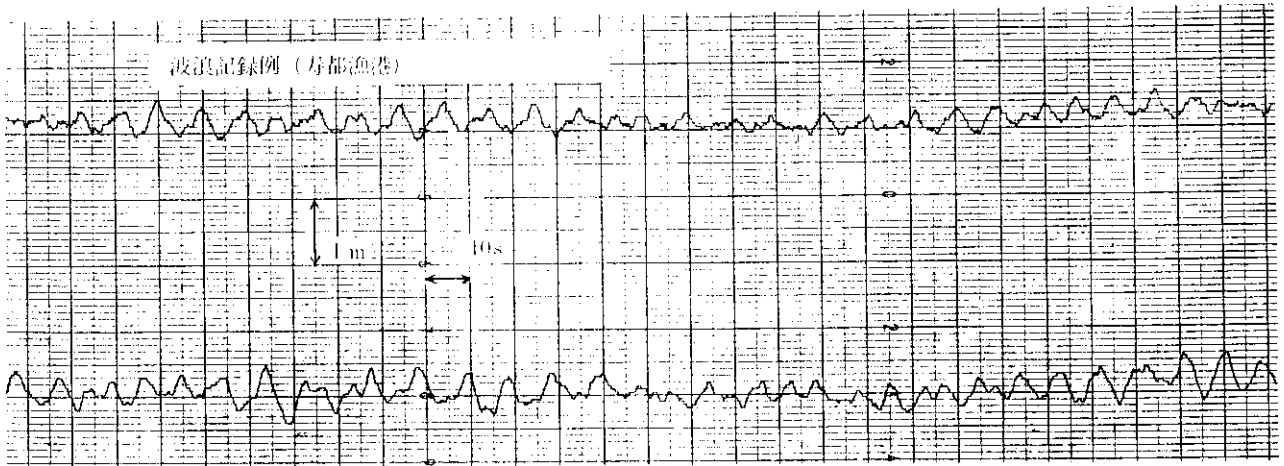


図-8 現地波浪記録例

場所が異なる2地点の波浪を同時記録した例である。

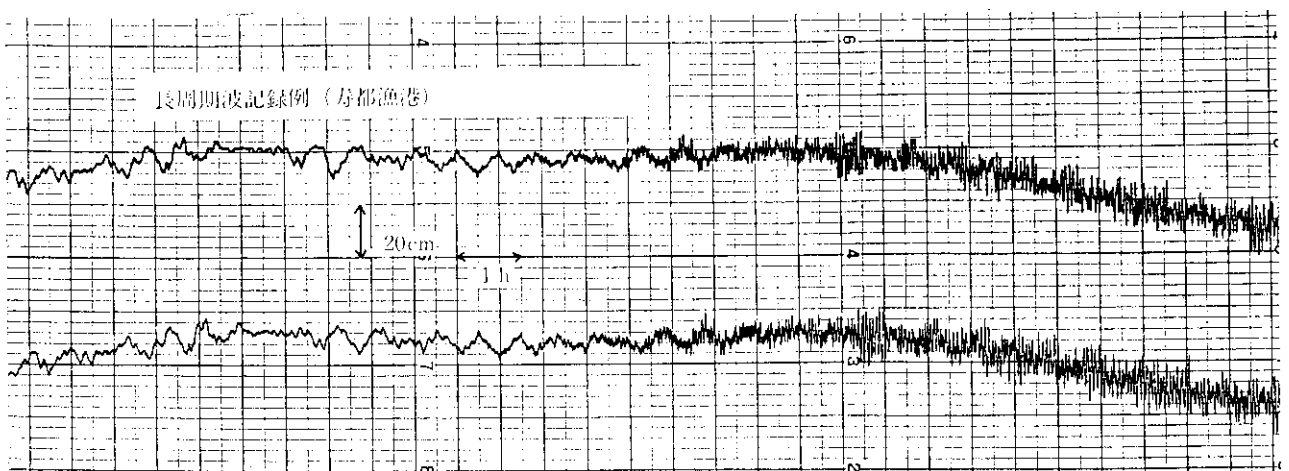


図-9 現地長周期波記録例

波浪測定と同地点の長周期波を記録紙速度 15 mm/1 時間で記録した例である。

あとがき

港内じょう乱調査への有効利用をめざし、ステップ式波高計への長周期波測定機能の付加，センサ部構成の軽量，簡易化ならびに多点計測システムの簡易構成について検討し，本機を開発した。現地試験により，港内じょう乱調査用として実用していける見とおしが得られた。

今後の方針としては，機能や構成の改善を進めて利用性の向上をはかるとともに，電話回線を利用した計測の遠隔制御などについて検討していく考えである。

最後に本研究の機会を与えていただき，ご協力下さった農業水産部水産課，小樽開発建設部および当所水産土木研究室の関係者の方々に対し深く感謝する次第である。

なお，本波高計は寿都漁港港内じょう乱調査に利用され，所期の機能が得られている⁵⁾。

参考文献

- 1) 村木義男・石田直之・高島和夫；リレーを用いたステップ式波高計と観測塔，第11回海岸工学講演会講演集，1964，pp. 74-80.
- 2) 高島和夫；マイクロコンピュータ組込みによるステップ式波高計の改良，土木試験所月報，第341号，1981，pp. 1-18など。
- 3) 渡辺栄一・坂田年隆；港内じょう乱の究明とその対策—能石漁港を対象にして—，土木試験所報告，第80号，1982，pp. 2-22.
- 4) 財団法人 漁港漁村建設技術研究所；昭和58年度，漁港内における漁船動揺に関する技術検討業務報告書，1984，pp. 1-62.
- 5) 増田 亨，宮本義憲；寿都漁港港内じょう乱調査について，第30回北海道開発局技術研究発表会資料，1987.

*

*

*