

# 漂砂の測定について

今吉文吉・内野孝雄

海上保安庁水路部

## On the Measuring Device of Sand Drift

By B. Imayoshi and T. Uchino

Hydrographic Division, Maritime Safety Agency, Tokyo

### Abstract

As part of "the studies on the oceanographic conditions etc. in the Sea of Sagami", the Hydrographic Division of Maritime Safety Agency carried out the research about the measuring instrument of deposition or erosion of sea-bottom sand.

The instrument measures the thickness of sand by acoustic pulse method, the transducer being buried in the sea-bottom, and the thickness variation of sand above the transducer can be measured. The frequencies of ultrasonic pulses are 7 kc and 11 kc, and peak power output is 1.5 kw.

The preliminary measurement was carried out for the sand blanket of 0.5 m thick. After several corrections, the measured value was 0.55 m. The tests about the accuracy and measuring ability are intended in April 1966.

漂砂の測定法は諸種のもが考案されており、それぞれの特徴を生かして使用されている。

沿岸防災技術の研究を行なうには、気象、海象、測地、地質等の各分野にわたって総合的研究が必要であり、各部門において得られたデータの総合的解析により、始めて沿岸の事象が把握される。海上保安庁水路部において昭和39年から、漂砂の測定の一つの方法として、土砂の堆積又は流失量を直接かつ長期間連続測定するための「堆積測定装置」を試作し、実験を進めているので、現在までの経過について説明する。

昭和31年から32年に実施されて報告された片瀬・鎌倉海岸浸食調査においては、風、潮汐、波浪、沿岸流の観測に併行して漂砂の量及び方向、底質の分布、地形の変化に関する測定が実施された。この時にはトラップによる漂砂の採取及び音響測深機による地形の測定という方法がとられている。これらの方法は能率良く広範囲を容易に調査でき、現在でも有効な方法といえる。しかしな

がら、この報告においても指摘されている通り、沿岸過程を把握するには連続的観測が必要となる。このこと、同趣旨のことが米陸軍浜浸食局の報告にも見うけられる。

この試作研究は“相模灘における海象等に関する研究”の一部であるから、漂砂の成因である潮流、波浪及び風等のデータが常時入手できるので、この条件を生かすように計画された。

### 1. 概要

この装置の試作研究を開始するにあたり、測定法の基本的内容について検討された結果、超音波パルス法が採用された主な理由は次の通りである。

漂砂は海水の運動に起因する砂粒の運動であるから、測定器自体による運動の妨害があってはならない。又同時に、漂砂の存在する地域の海底に長期間にわたり測定装置を設置することは、流失又は埋没の危険があり、測定は不可能になる。海中又は海面上の設置についても波

浪の問題の解決は難関である。

一方、観測は長期間連続して実施できるという条件を満たすためには、測定装置を観測の度毎に設置するのは測定精度の低下、所要経費の増大が伴い適当でない。これらの理由により測定装置は海況に影響されず、漂砂に影響を与えない海底下に埋設される方法が考えられた。

海底下の固定位置を規準にして、土砂の堆積又は浸食量の測定は、砂層の厚み測定に外ならない。超音波による厚みの測定法は、連続波を用いる方法とパルス波を用いる方法に大別される。この場合、測定される対象は海水を含んだ砂層であるが、超音波の伝搬経路の媒質は均一ではない。このため連続波を用いる方法では、伝搬路の中途において不都合な反射波を生じ誤った測定を行なう恐れのあること、並びに伝搬過程における散乱、吸収を考慮すると送信出力が過大になることにより、パルス法が有利であると判断された。超音波パルス法による厚みの測定法とは、資料中に超音波パルスを投射し、資料の不連続面からの反射を受けて、送波信号と反射信号の時間々隔を測定し、伝搬速度を介して伝搬距離を求める方法であり、音響測深機や超音波探傷機の場合と同一である。

たゞこの場合は測定される伝搬媒質は海水を含浸する大きさが均一でない粒子の層であり、加えて層の厚みの変化は極めて緩慢であり、反面測定期間は比較的長い。これらの条件を考慮して、測定の具体的方法、測定回路、指示器並びに記録法が決定された。特に指示及び記録器は、遅い変化を長期にわたって追跡するために通常の記録紙による方法はいろいろ困難な点があるのでブラウン管による表示が使われた。ブラウン管表示は写真による記録しか記録方式がないが測定時間々隔が大きいので特に不都合はない。他方回路構成は容易になり、同時に伝搬距離(正確には伝搬時間)をX軸に、送波信号及び反射信号強度をY軸に表わし、距離マーカーを挿入し、更に正確な遅延掃引により反射信号部分のみを拡大表示して読取り精度の向上をはかり得るR-SCOPE方式をとり得る利点がある。

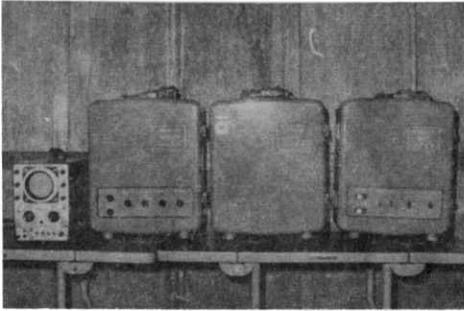
## 2. 装置

この装置の構成及び定格は第1表の通りである。

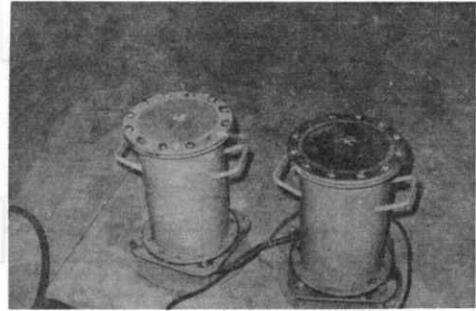
第1図、第2図は外観写真、第3図は構成図である。第4図にこの装置のブロックダイアグラムを示す。こ

第1表 計測器仕様

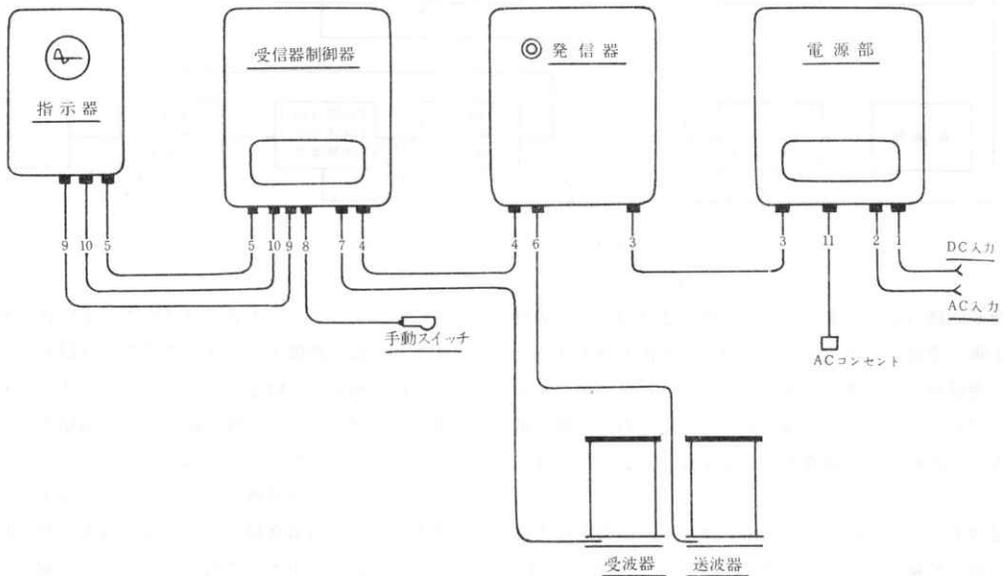
名 称	数	要 項	重 量
制 御 器 受 信 器	1	全トランジスタ方式 基本発振：750～ 送信制御時間：1/12.5秒以下、外部トリガ制御可能 掃引遅延時間：0 1/750 2/750 4/750 6/750秒切換可能 送信パルス巾：200 $\mu$ s～1ms連続可変 受信方式：ストレート5段 受信周波数：7KC 11.5KC 感度調整：40db以上連続可変	12.9kg
送 信 器	1	送信方式：SCRスイッチング 送信出力：1.5KW以上 送信指示器付	17.8kg
送 受 波 器	2	送波：受波方式 耐圧：10気圧 送受波器周波数：7KC, 11.5KC	144kg
電 源 部	1	電源：AC 100V, DC 24V 同時使用可能 送信器、制御器受信器用 別個開閉器使用	21kg
指 示 器		トランジスタシンクロスコープ使用 接写フード取付け可能	10kg



第1図 計測器外観



第2図 送受波器外観



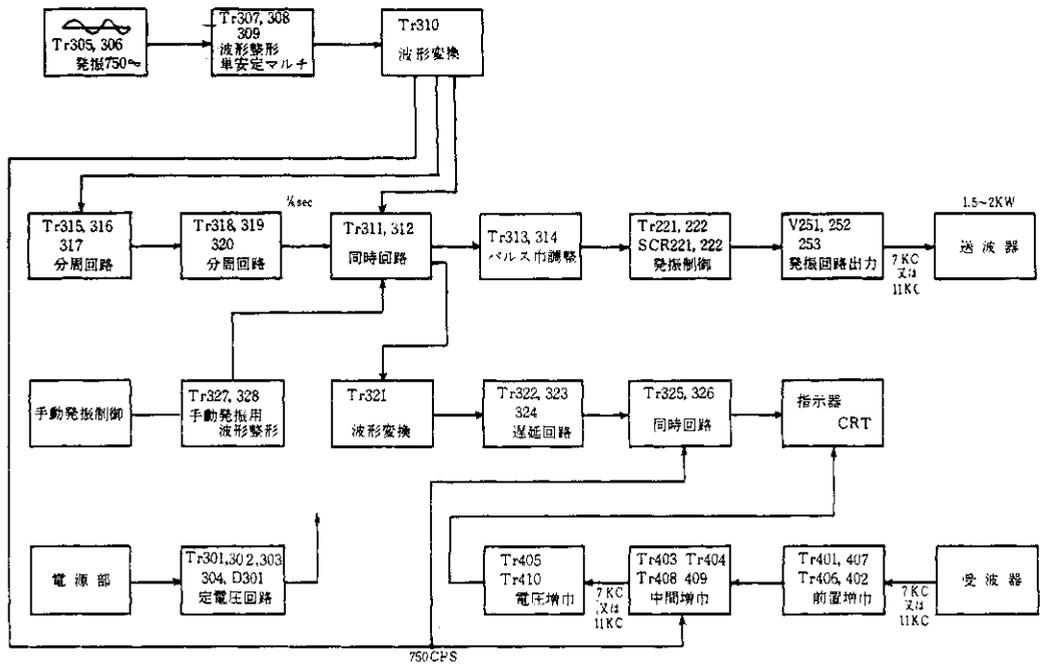
第3図 構成図

の装置の動作理論及び電気的定格を決定する際に考慮された点について簡単に説明する。

まず制御器は基本パルス発生回路、分周回路、手動発信制御回路、発信パルス巾調整回路、掃引遅延制御回路及びゲート回路よりなる。基本パルス発生回路の出力は距離マーカー信号となると共に、送信制御並びに掃引制御に利用される。海底沈砂中の超音波の伝搬速度は温度や空孔率等に伴い変化するが、一応仮定値として1500 m/sとし、距離マーカー信号の繰り返し周波数は距離1 mに当たる750 ppsとした。この基本パルス発生回路はマーカー及び遅延時間の変動を抑えるために、電歪音又発振回路及び安定化電源を使用している。

送信々号の発射回数は余り多くする必要はなく、かえって送信器電源に負担を与えるだけであるから、送信制御信号は基本パルスを2段の単安定マルチバイブレーターにより12.5ppsまで分周して使用している。この信号は送信制御信号になると共に指示器の掃引回路をスタートさせる。送信超音波のパルス巾は、大き過ぎると送信々号と受信々号が時間的に重なる恐れがあり、小さ過ぎると送波器を十分に励振できないので、パルス巾調整回路で調整される。

手動発振回路は手動操作により送信時刻を任意に選択でき、単一送受信を行ない写真記録を便ならしめている。



第4図 ブロックダイアグラム

遅延回路は送信制御信号を 1/750, 2/750, 3/750 秒間正確に遅延して受信々号の部分のみを拡大表示するための遅延掃引トリガパルスを得るための単安定マルチバイブレーターと And Gate よりなる。定電圧回路は電源部から供給される直流電圧を安定化し、制御器全体に供給している。

受波器で得た反射信号を増巾しマーカー信号を加えて指示器の Y 軸に与える。受信器は、ストレート 5 段の Tr 増巾器で、約 120db の利得を有する。受信器は中心周波数が 11KC と 7KC との 2 チャンネルの増巾回路を有し共に 40db 感度を調整し得る。

送信器は制御器より供給された制御信号で駆動され、

SCR スイッチング方式で 1.5KW 以上の送信電力を発生し送波器を励振する。送信周波数と送信出力は、砂層中の伝搬損失、反射面での反射損失及び受信器感度を考慮して決定された。一般に超音波の伝搬損失は高い周波数になるほど増加し、反面送受信々号の立ち上り時間による測定誤差は周波数の増加に伴って減少する。又海底沈砂中の超音波減衰量に関する資料は多く得られないので予備実験の結果も周波数及び出力の決定資料として準備された。

この装置は A C 100V 又は D C 24V の両用に設計され、電源部は交流使用時のための整流回路と直流使用時のためのロータリーインバーターよりなっている。

第2表 指示器仕様

信号増巾回路	
入力インピーダンス	1 MΩ, 55 pF 以下
周波数帯域	DC ~ 5 MC
立上り時間	70μ second 以下
偏向感度	10mV / DIV ~ 約 60V / DIV, 11 段切換
水平掃引回路	
掃引範囲	約 2 sec / DIV ~ 0.5μ sec / DIV, 19 段切換
同期	手動又は自動
トリガ感度	内部同期は振巾 1.5 DIV 以上, 外部同期は 1.0V 以上で DC ~ 1 MC

表示器には通常のシンクロスコープが使用されている。シンクロスコープの定格の概要は第2表の通りである。

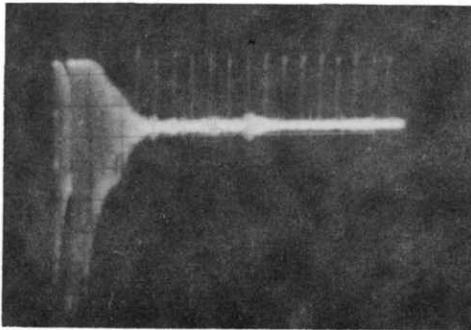
送波器と受波器は同じ構造と性能である。垂直円筒型のタンク内に7KCと11KCの振動子を同居させ反射板を利用して上方に向け超音波を送波又は受波する方式である。タンクの上はエポキシ系の合成樹脂板であるが、振動板として働く。その位置は音源から0.5mの点に当たりその分だけ時間遅延を生ずるので、測定値は較正されねばならない。タンク及び送信器、受信器に至るケーブルは、水深20m、砂層の厚さ5mの圧力に耐える強度を有するが、振動系の構造とタンクの強度の点に制約され寸法及び重量が大きくなり、改善の余地を残している。

### 3. 試験結果

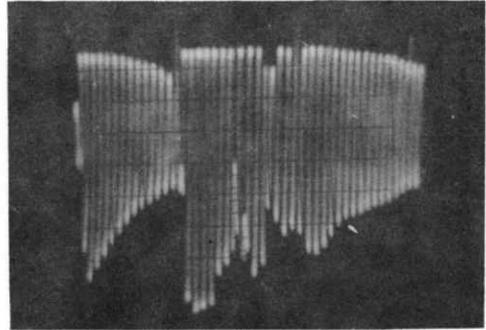
この装置は、昭和40年3月に完成し直ちに相模川々口南西2kmの平塚沖において試験が行なわれた。送波器及び受波器は水深10mの海底に、アクアラングを装備した3名の潜水夫により埋設され、他の機器は設置点の海上に投錨した小型船上に設置され試験が実施された。この時の砂層の厚さは0.5mであり、砂は粒度分析の結果によると、粒径中央値  $Md=2.55$ 、淘汰係数  $S_o=0.33$  である。

第5図、第6図、第7図に測定記録を示す。第6図、第7図の記録は第5図の記録の左側の部分を、X軸の掃引速度を早めて拡大したものである。又波形上部に細く出ているのは1m毎の距離マーカー信号である。砂層の厚さが比較的小さいので、送信々号と受信々号の一部が重なって表れているが、第6図について説明すると次の通りである。

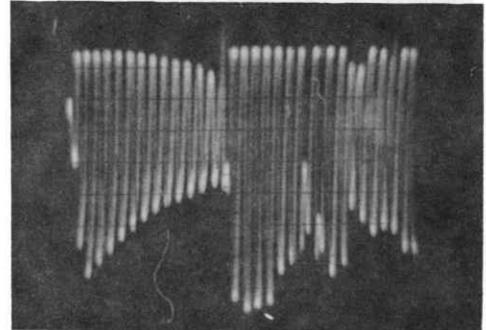
まず左端のピークは送波信号である。次に1mのマーカーのや、右側に第2のピーク、1.7mのところ



第5図 記録(1)



第6図 記録(2)



第7図 記録(3)

のピーク、2.3mの所に第4のピークが認められる。この3つのピークは共に反射信号であるが、第2のピークが正規の伝搬路を経たもの、他の2つは反復反射信号である。この場合の観測値は1.1mであるが、送波器及び受波器内部の伝搬時間を減ずると砂層中の伝搬経路は結局0.6mとなる。然るに送波点と受波点の間隔に比べて、反射点までの路程は大きくないので、補正すると求められた最終値は0.55mとなり、当初の設置状態をほぼ正しく表わしている。

以上の検討は、砂層中の超音波伝搬速度を1500m/sとして行なわれたが、速度に関する資料は不十分で今後の実験をまつところが大きいといえる。観測点の海水温度は8℃であった。

### 4. 今後の試験計画

昭和41年4月から長期の観測を実施するため、3月に

再び送受波器の海底設置を行なう予定である。設置予定地は第8図に示す通りで、この地域は最近1年間に最大約3mの堆積と浸食を繰り返している。



第8図 計器設置場所

## 5. 参考文献

- a. 石原藤次郎編：応用水理学
- b. 土木学会海岸工学委員会編：海岸工学
- c. 神奈川県土木部河川課編：  
片瀬鎌倉海岸浸食対策調査報告書
- d. 小向良七：相模湾奥部の海底地形・底質分布について。水路要報第54号
- e. 超音波技術便覧
- f. G. Shumway: A resonant chamber method for sound velocity and attenuation measurement in sediments. GEOPHYSICS, Vol. xxi, No. 2.