

# 音波探査法の解析能力の比較研究

松石秀之  
(本社技術本部海洋開発部)

原田 暁  
(本社技術本部海洋開発部)

## Resolving Power of Supersonic Prospecting Method

Hideyuki Matsuishi  
Akira Harada

### Abstract

This study is for examination of the various sonic prospecting methods used in coastal areas to find geological survey techniques and systems in accordance with the topographies and geologies of these various sea areas and to improve the accuracies of these investigations. Three types of supersonic prospecting methods—a magnetostrictive type (Sonoprobe), an electrostrictive type (RTT-1000), and a sparker type (NE-19B)—are discussed in this paper. The RTT-1000 method is capable of obtaining records which show more accurate shapes of geological boundaries, but it is difficult to determine sea-bottom geologies. By the Sonoprobe Method, it is possible to determine the sea-bottom geology and to detect detailed geological structure. The NE-19B method, although it is inferior in determining geological boundary shapes and detailed geological structure, is an important technique for learning of the parts below the sand-gravel layer and in the bedrock.

### 概 要

本研究は沿岸海域の地盤地質調査に用いられている各種音波探査法を検討し、各海域の地形・地質の特性に応じた地質調査技術・システムを求め、調査精度の向上を図ろうとするものである。今回検討した音波探査法は電歪式(RTT-1000)、磁歪式(Sono Probe)、放電式(NE-19B)の3種である。RTT-1000は比較的正確な形状の記録境界面を得ることができるが、地層内部の情報を得られず、地層の識別は難しい。また微細は地質上の差異は検出されない。Sono Probeは記録境界面の形状という点でRTT-1000にやや劣るが、地層内部情報により地層の識別が可能であること、微細な構造を検出できる点で優れる。NE-19Bは記録境界面の形状、内部情報の入手という点で劣るが、砂礫層の下位を知る上で、また岩盤内の情報を知る上で重要な一手法である。

## 1. 序

音波探査法は、音響測深機と同じ原理で、その発振エネルギーを増大させ、海底下の地盤地質情報を得ようとするものである。この方法は1950年代に米国において開発され、日本へは1959年明石瀬戸の地質調査にM. G. S. 社の Continuous Seismic Profiler を導入したのが始まりと言われる。その後、我国においても、放電式や磁歪式の音波探査機が開発され、海底地盤地質調査の一方法として広く使用されている。これらの音波探査機は、音源の発射方式によって発射エネルギーや発射周波数が異なり、それ故、探査深度や地層分

解能力が異なる。

本研究は、沿岸海域の地盤地質調査に用いられている各種音波探査法を検討し、各地域の地形・地質の特性に応じた調査システムを求めようとするもので、佐賀県伊万里湾に於ける実験結果をまとめた。

## 2. 実験方法及び使用機器

比較実験した音波探査機はRAYTHEON SYSTEM [RTT-1000] (電歪式)、GEO-SONAR [NE-19B] (放電式)、大林組海洋開発室で開発した SONO PROBE (磁歪式) の3機である。実験は3機の同時観測、或はGEO-SONAR, SONO PROBE の2機の同時観測

名称	GEO SORAK	SONO PROBE	RAYTHEOW SYSTEM
音源発射方式	放電式	磁歪式	電歪式
型式	NE-19B	大林組海洋開発室 開発	RTT-1000
発射周波数	100~3,500 Hz	1~7 KHz	7 KHz
送信エネルギー	200ジュール	36ジュール	200 W
送信間隔	4/15 sec	1/6, 1/8 sec	1/8.9 sec
受信周波数	100~600 Hz	2,500~7,600 Hz	7,000 Hz
送受波器の指向性	なし	送波器 83° 受波器 27°	36°
送受波器の設置方式	曳航 (曳航長45m)	航外装備 (送受波器間隔5m)	航外装備
送受波器深度	1 m	0.4 m	0.4 m

表一 音波探査機の観測条件

によって行った。また同時に、RAYTEON SYSTEMと測深機 SRM-685 (光電製作所製) の2機による測深性能の比較実験も行った。

各音波探査機の性能、観測条件を表一に示す。

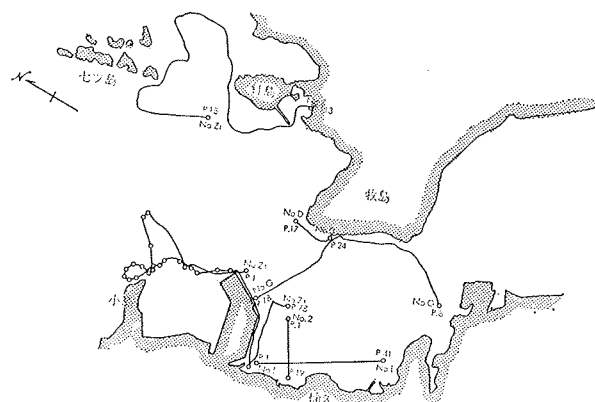
### 3. 実験海域の地質概要及び実験測線

実験海域は佐賀県伊万里市楠久海域~七ツ島周辺である。本海域は牧島前面と七ツ島周辺海域とに大別できる。牧島前面海域における海底は水深4m以浅のほぼ平坦な海底面を示すが、西北部においては捨土により、水深0~1mの不規則は起伏に富む浅瀬となっている。七ツ島周辺海域においては、西岸では水深10mに達する箇所もあるが、釘島~牧島間では最大水深5mで湾口部へ向って緩く傾斜する。

本海域の基盤は、佐世保層群最下位の相ノ浦層の砂岩・頁岩からなっている。基盤地形は侵食地形が顕著で、走向沿いに南北方向に走る侵食谷が発達する。侵蝕谷は沖積世堆積物の砂~粘土堆積物で充填されている。沖積層中には音波散乱層が広く分布しており、こ

地質時代	層名	地層区分	層相	
第四紀	現世	捨土		
		沖積世		
	沖積世	A <sub>0</sub> 層	礫・砂・粘土	
		A <sub>1</sub> 層	シルト質粘土	
		S <sub>1</sub> 層	貝殻混りシルト(音波散乱層)	
洪積世	A <sub>2</sub> 層	シルト質砂		
	A <sub>3</sub> 層	礫混り砂		
第三紀	鮮新世	D層	砂 礫	
	中新世	松浦玄武岩類	B層	熔岩流、岩脈、岩床、凝灰角礫岩
		中里層	TN層	砂岩・頁岩
	相ノ浦層	T <sub>A</sub> 層	砂岩・頁岩	

表二 実験海域の地質層序



図一 実験測線

の海域の特徴となっている。表一に地質層序を示す。比較実験を行った測線は6測線である。図一に測線位置を示す。

## 4. 実験結果

### 4.1. RTT-1000 の測深性能

RTT-1000は、音響測深及び音波探査の2つの機能を同時に有するように設計されている。このため、一般の測深機より、広い指向角(指向角37°)を有し、その影響を検討した。実験は、光電製作所製SRM-685と同時観測し、①比較的深い海域、②浅い海域、③海底地形が複雑な海域の3ヶ所にて比較した。実測された記録は海底地形が滑らかな場合には、良く一致し、その差は0.1m以内である。しかし、海底に岩盤が露出している場合、航路浅渚のため航路傍が急傾斜となった場合、捨石をした場合では差が大きくなる。例えばZ<sub>3</sub>測線P.55付近においては、下記のような結果を得た。

	SRM-685	RTT-1000
小さな凹所	0.6m (深さ)	0.3m (深さ)
小さな凸所	3.2m (高さ)	2.6m (高さ)

表三 測深性能の比較

### 4.2. 音波探査機の可探深度

今回の楠久海域の実験において得られた可探深度はNE-19Bで50m, SONO PROBE 19m, RTT-1000 18mである。(但し、深度計算には、1500m/secを使用した。)

しかし、これらの可探深度は、次の点を考慮せねばならない。

① 今回、行った楠久海域は、音波散乱層が広く分布し、この妨害をうけた。今後は、音波散乱層がなく、しかも十分な厚さの沖積層で、再度検討する必要があ

る。

② 可探深度は、底質、地質構成によって大きく変化する。したがって、可探深度という概念は適切でない。今回の実験では、SONO PROBE の音波は、音波散乱層ないしは第三紀層まで達しており、場合によっては、第三紀層中の層理面も確認しており、実際の可探深度はもっと大きい。

今回の実験、他海域での記録とあわせて検討すれば、地下情報を確認できる地層は、下記までのものと考えられる。

- ① RTT-1000: N値10~15の砂質シルト
- ② SONO PROBE: N値20~50の砂層または砂礫層
- ③ NE-19B: N値50以上の礫層または岩盤

#### 4.3. 音波探査機の分解能

音波探査機の分解能が発振音波の周波数や形状に依存する。今、地層分解能を(卓越)周波数の1/4(蜷川による)とすれば、各音波探査機の分解能は次の通りである。

- ① RTT-1000: 7.5cm
- ② SONO PROBE: 15cm
- ③ NE-19B: 70cm

しかし、音波の波形は、複雑であり、必ずしもこの数字とはならない。以下に実際に得られた記録の比較を行う。

A<sub>0</sub>層: 現地の捨土である。Z<sub>3</sub> 測線P. 55付近及び工測線に存在する。SONO PROBE, RTT-1000とも、A<sub>0</sub> 層上面は確認できるが、上面における乱反射のため、下位の情報を得ることは難しい。RTT-1000の記録パターンによる同定は難しいがSONO PROBEにおいて可能である。また、NE-19Bによる観測では下位情報を僅かに得られた。

A<sub>1</sub>層: セツ島周辺を除く、ほぼ全域に分布している。基盤の侵蝕谷では下位のA<sub>2</sub>層を整合に覆い、基盤の背をなす部分では基盤の洪積層(B層)又は第三紀層を不整合に覆う。RTT-1000では白抜きのパターンを示し、A<sub>1</sub>層中に砂のハサミがある場合も確認する事はできない。またA<sub>2</sub>層との境界面も記録にはあらわれない。SONO PROBEでは典型的な泥質堆積パターンの特徴を示し、表層部0.5~1mはへドロ状になっているものと推定できる。

S<sub>1</sub>層: 本海域のA<sub>1</sub>層中に広く分布する。S<sub>1</sub>層が賦存すると、RTT-1000及びSONO PR-

OBEでは下位の地層の判定が難しくなる。NE-19Bにおいても、明瞭な下位の情報を得られる場合もあるが、一般には得にくくなる。上位面の形状は、RTT-1000ではかなり正確に把握できると思われる。

A<sub>2</sub>層: 海岸付近の基盤斜面や侵蝕谷を埋めて分布している。SONO PROBE記録では水平な反射波の多い、やや濁ったパターンを示し、判定が可能であるが、NE-19Bでは識別不可能である。

A<sub>3</sub>層: 基盤の侵蝕谷を埋積している基底礫層である。SONO PROBEの記録では、上位のA<sub>2</sub>層とは顕著な反射面で接し、内部のパターンは反射波の多い“濃いパターン”となっている(I測線)。RTT-1000では、A<sub>3</sub>層の上面を把握することが可能であるが、その下位の情報を得ることはできない。(Z<sub>1</sub> 測線P. 109)

D層: 基盤の第三紀層を不整合に覆う、砂、粘土からなる洪積世堆積物である。RTT-1000, SONO PROBE, NE-19Bのいずれでも確認できるが、RTT-1000及びSONO PROBEでは下位を確認できない。地層の同定はSONO PROBEによってのみ可能である。

T層: 砂岩、頁岩から構成される。上位にS層或いはD層がなければ、一般にSONO PROBEで確認できる。NE-19Bと比較した場合基礎地形はSONO PROBEの方がよい記録を得られる。特に基盤地形が複雑な場合、NE-19Bの無指向性の影響は大きく、NE-19Bでは正確な形状を出すことが、難しくなる。また、SONO PROBEとRTT-1000を比較した場合、特に浅い所6m以浅で、両記録の境界面の形状にずれが出てくる。これは、RTT-1000の送受波が単一体となっているに反し、SONO PROBEの送波器と受波器が距離を置いて固定されているためと考えられる。しかし、水深10mともなれば、両者の記録形状にほとんど差はない。またT層の内部情報一層理面、断層一は、NE-19Bでは、深所まで確認できる場合もある。RTT-1000では、極く浅いとき確認できる場合もあるが、一般には困難である。

### 5. むすび

電歪式、磁歪式、放電式の音波探査機の比較研究を行った。その結果：

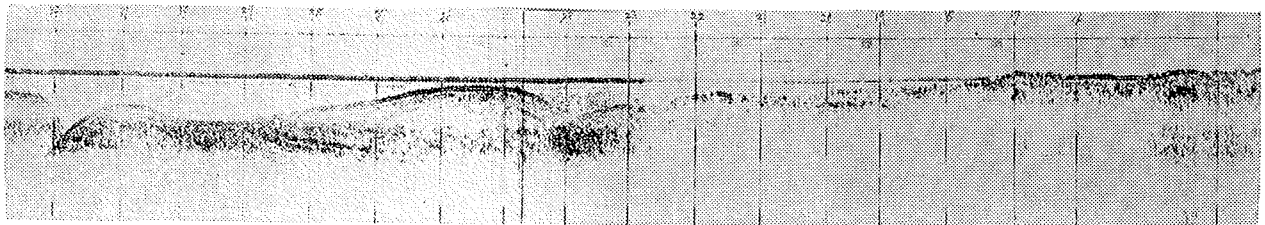
- ① RTT-1000 では比較的正確な形状の記録境界面を得ることができるが、微細な地質上の差異は検出されず、基盤・音波散乱層・沖積層の三区分離しに行えなかった。
- ② SONO PROBE で、記録境界面の形状という点では、浅い場合 RTT-1000 にやや劣りはするものの、内部情報により地層の識別が可能であること、微細な構造を検出できるという優れた利点をもっている。
- ③ NE-19B は、記録境界面の形状、内部情報入手と

いう点で、SONO PROBE に劣るが、砂礫層を締った砂層の下位を知るうえで、また岩盤中の情報を知るうえで、重要な一手法である。

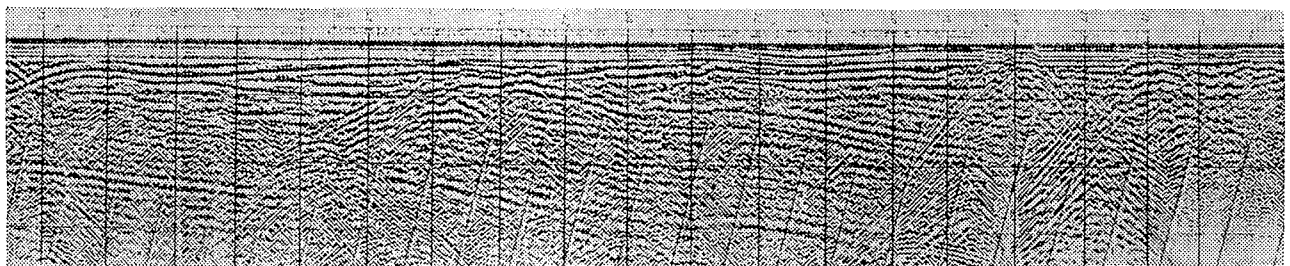
今回の実験により上記の結果を得ることができたが、今後は更に多くの地点で実験を行い、データを集積し検討する必要がある。また、発振音波に優れた特性を有していると言われている電磁誘導式音波探査法との比較研究も進めていきたい。

### 謝 辞

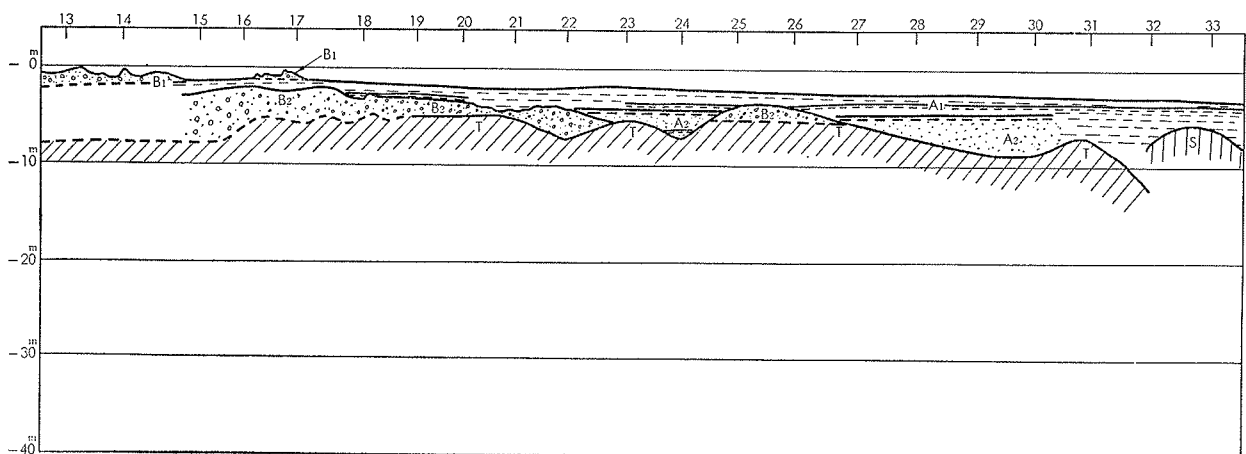
本調査研究を進めるにあたり、建設省国土地理院西村蹊二部長には、RTT-1000 使用の便宜を図って頂いた。ここに厚く謝意を表する。



(i) SONO PROBE 記録

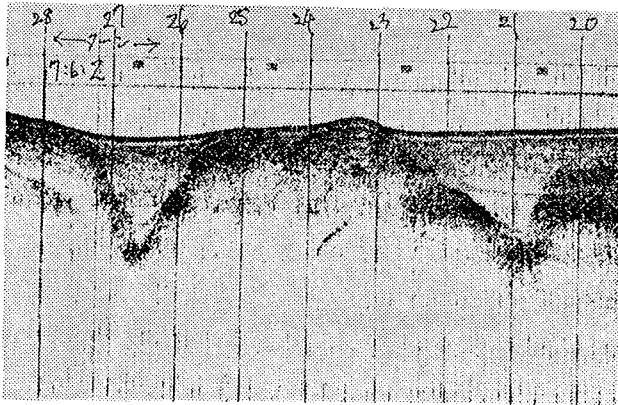


(ii) NE-19B 記録

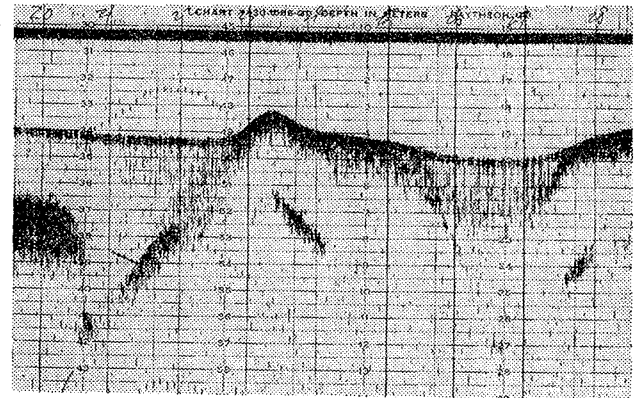


(v) 解析結果地質断面図

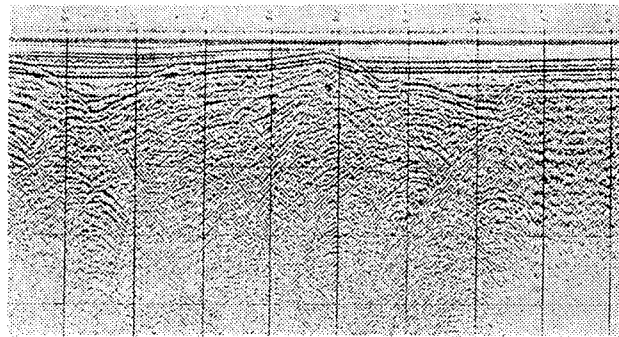
図一 2 No. 1 測線記録及び解析結果例



(イ) SONO PROBE 記録



(ロ) RTT-1000 記録



(ハ) NE-19B 記録

図一3 No. Z<sub>1</sub> 測線記録例