

潜水船用サブボトムプロファイラの開発及び試験結果について

土屋利雄^{*1}, 網谷泰孝^{*1}, 中西俊之^{*1}

サブボトムプロファイラは音響信号により海底下の地層情報を得るための装置であり、従来から海上船舶や曳航体に装備して、使用されてきた。しかし、このサブボトムプロファイラ装置を潜水船に装備できれば、分解能の向上などの点から多くのメリットがある。

我々は、潜水船に搭載可能な小型、軽量のサブボトムプロファイラ装置を開発し、さまざまなデータを得たので報告する。

Development of Sub Bottom Profiler for the "SHINKAI 2000"

Toshio Tsuchiya^{*2}, Yasutaka Amitani^{*2}
and Toshiyuki Nakanishi^{*2}

A Sub Bottom Profiler (SBP) has been developed which makes observation of the sub bottom layer by acoustic signals possible. Usually, the SBP is installed on shipboard or tow fish. In order to obtain better layer information than on shipboard or tow fish, we developed a new, miniature SBP for the "SHINKAI 2000". During various tests in the anechoic tank and the sea, we had a little trouble, but the device worked fairly well and provided good sub bottom layer information.

1. 潜水船用サブボトムプロファイラの開発の目的

サブボトムプロファイラ(Sub Bottom Profiler - SBP)は音響信号により、海底下数十mまでの地層を精密に探査することを目的とした装置である。

従来のSBPは水上船舶に固定装備されるか、曳航体⁽²⁾に装備されて使用されている。しかしながら、このSBPを潜水船に搭載することができれば次のような利点が考えられる。

(1) SBPの送信波の指向幅が同一でも、海底に接近すればするほど、その分だけ、海底面に音

^{*1} 海洋科学技術センター深海開発技術部

^{*2} Deep Sea Technology Department, Japan Marine Science and Technology Center

響信号の当る面積が狭くなり、水平方向の分解能が改善される。

(2) 水上船舶から音響信号を送信する場合に比べて海中での音響信号の拡散や伝搬損失が著しく減少するので、実質的に音響出力を大幅に増加したと同様の効果が得られる。

このような利点があるにもかかわらず、現在までに有人潜水船にSBPを搭載した例は見あたらないが、これは、従来の装置では、重量や大きさの制約や扱いの問題から搭載が不可能であったと推察される。

我々は上述した利点を生かすように、「しんかい2000」に搭載可能な小型軽量のSBPを開発し、実海域で試験を行い、作動を確認し、結果を得たのでここにその概要を報告する。なお、このSBP

についての詳細な記述は、海洋科学技術センター試験研究報告第15号(1985)に発表した。

2. SBP装置の概要

このSBPの開発に当たって留意した点は、潜水船の限られたスペース内に装置を収容するために小型化を図り、同様に潜水船のペイロードの範囲内に重量を抑えたことである。このため、SBPで最も容積の大きい、グラフィックレコーダを使わないこととし、潜水船側ではカセットデータレコーダにデータを記録し、母船上でグラフィックレコーダにデータを再生する方法をとった。また、潜水船内のオペレータが受信ゲインの調整など細かい作業を行わなくても適正レベルで受信できるように回路構成とした。さらに後でデータの照合が行

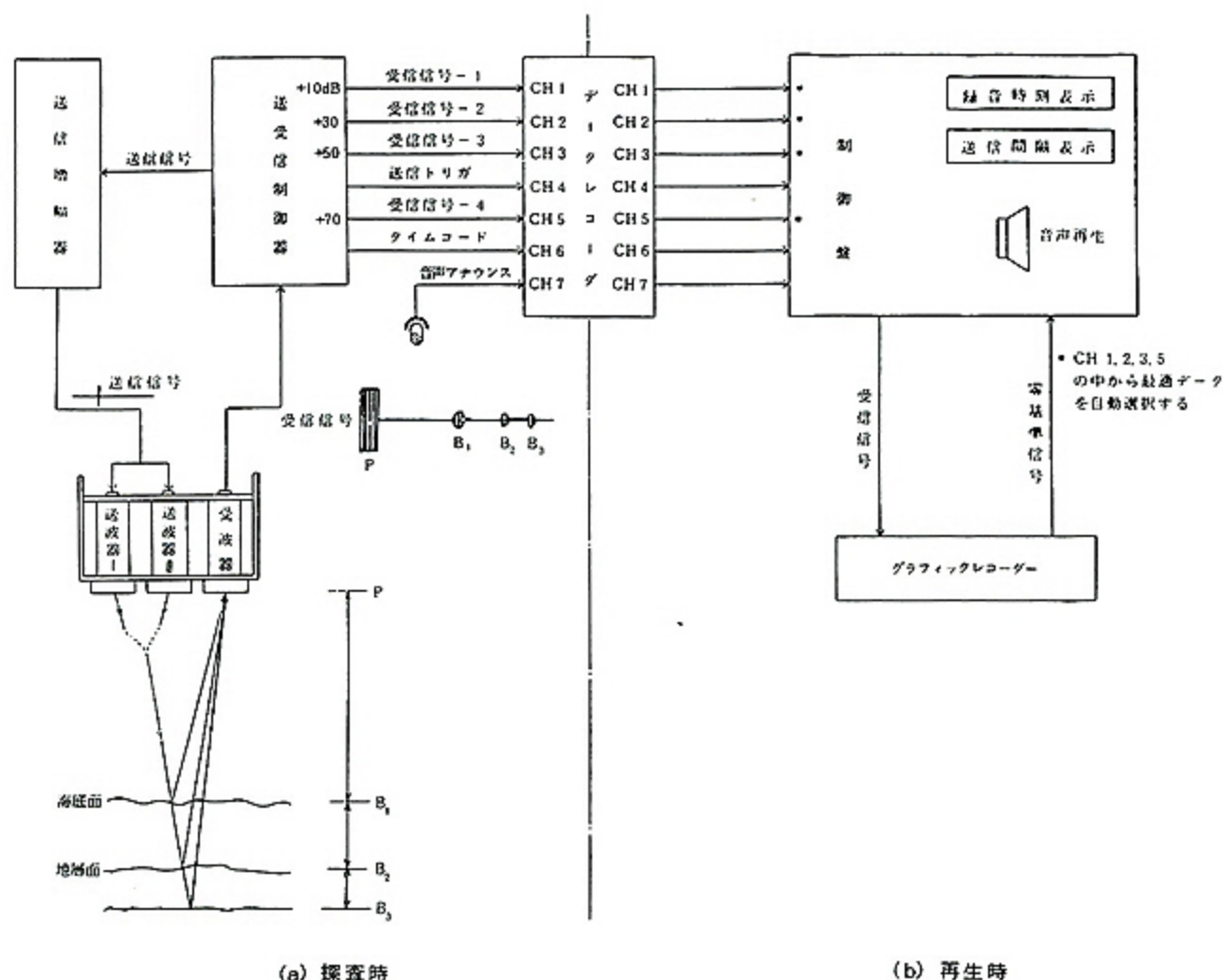


図1 SBPのブロック図
Block diagram of the SBP

い易いように、タイムコードと音声アナウンスを同時に記録し再生できるようにした。

図1に本装置の基本的なブロック図を示した。また、主要性能について表1にまとめた。なお、本装置の詳細な作動については、文献(3)に詳しいので参照されたい。

3. 装置の性能及び装備状況

本装置の基本的な性能を表1に示した。また図2に超音波水槽で実測した指向性パターンを示す。なお、送波器は2台並列で駆動されるため、方向により指向特性が異なっている。

また、写真1に潜水船内の装備状況、写真2に送受波器の取り付け状況を示した。

4. 性能確認試験及び改善

このSBP装置は完成後、超音波水槽で基本的な

特性を確認した後、「しんかい2000」に搭載し、駿河湾(水深約1000 m)で実海域で性能確認試験を行った。その結果、装置の基本的な作動はまったく問題がなかったが、図3のように音波を送信してから40msec程度までの間に雑音が発生し、この状態では海底から30 m以上離れないと、海底下の情報が得られないことが判明した。記録データを分析した結果、この雑音の主な原因は、耐圧殻やインバータ容器等の潜水船の空洞部分から生ずる反射波によるものであり、⁽⁴⁾さらに送波パルス幅が広いという問題もあることが判明した。この雑音に対し直接対策を行うには潜水船や、送受波器の指向特性や共振周波数を変更しなければならない。そこで、今回は、比較的容易にできる方法として受信回路にTVG (Time Varying Gain) を付加することにより雑音の影響を少なくする方法を試みた。この方法は、具体的には残響の残っ

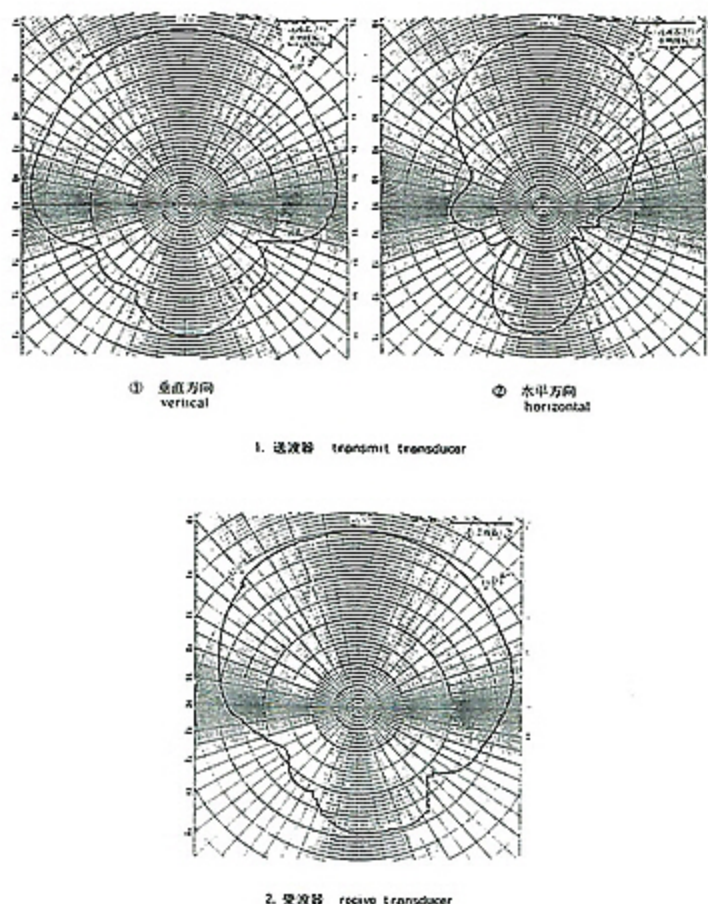


図2 送・受波器指向特性

Beam patterns of transmit and receive transducers

表1 SBPの主要性能
Specification of the SBP

1. 一般性能	
(1) 送信周期	0.25, 0.5, 1.0, 2.0 $\pm$ 10%および手動切換
(2) 送信出力周波数	4.5 kHz $\pm$ 5%
(3) 送波音響レベル	96dB以上 (パルス幅 1.1mSecにおいて) 但し 0 dB μ bar at 1m
(4) 再生記録範囲	THRUモードおよびEXPANDモード (50, 100, 200msec) 切換
(5) 電源	探査時 AC115V 50/60Hz 1 ϕ 約52VA 再生時 AC100V 50/60Hz 1 ϕ 約59VA
(6) 周囲温度	0~40°C (保存温度)
2. 各機器の性能	
A) 送受信制御器	
(1) 送信パルス幅	0.22, 0.44, 0.67, 0.89, 1.11msec 切換
(2) 受信周波数帯域	4.5 kHz $\pm$ 10% (-3dB幅)
(3) 増幅度 (標準値)	CH1 +10dB CH2 +30dB CH3 +50dB CH5 +70dB それぞれ3dBステップで-21~+9dB可変可能
(4) 記録信号出力	CH1 受信信号-1 CH2 受信信号-2 CH3 受信信号-3 CH4 送信トリガ CH5 受信信号-4 CH6 タイムコード
(5) タイムコード設定範囲	00年01月01日00時00分00秒~99年12月31日23時59分59秒
B) 送信増幅器	
(1) 送信電気出力	最大500W以上 6段階可変
C) 制御器	
(1) 遅延スタート	0.00~1.99 sec ($\pm$ 10%) 0.01 secごとに切換 (EXPAND時)
(2) 再生記録範囲	THRUモード EXPANDモード (50, 100, 200 msec) $\pm$ 10%切換
D) データレコーダ	
(1) 方式	カセット方式7チャンネル
(2) 記録再生方式	CH1~CH3, CH5 DR方式 CH4, CH6, CH7 FM方式
(3) テープスピード	4.76 cm/sec
(4) 周波数特性	FM... DC~1.25 kHz DR... 50Hz~8 kHz $\pm$ 3 dB
(5) 連続記録再生時間	45分
(6) 使用テープ	CT-90 type-II
(7) 電源	AC90~130V 50/60Hz
E) 送波器	
(1) 指向幅 (-3dB幅)	50° $\times$ 75° ($\pm$ 20°) (ただし4.5 KHzにおいて)
(2) 耐水圧	300 kg/cm ² 以上
F) 受波器	
(1) 指向幅 (-3dB幅)	75° $\times$ 75° ($\pm$ 20°) (ただし4.5 KHzにおいて)
(2) 耐水圧	300 kg/cm ² 以上

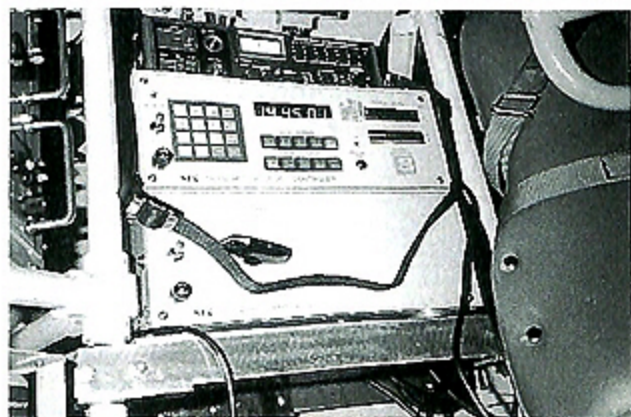


写真1 船内機器の装備状況
Fitting of the equipments in
" SHINKAI 2000 "

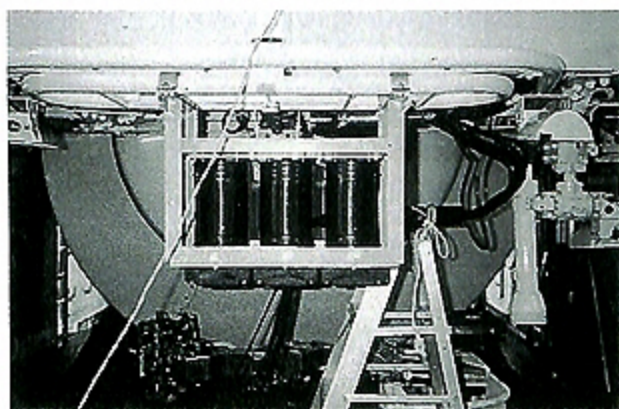


写真2 送受波器の取り付け状況
Fitting of the transducers

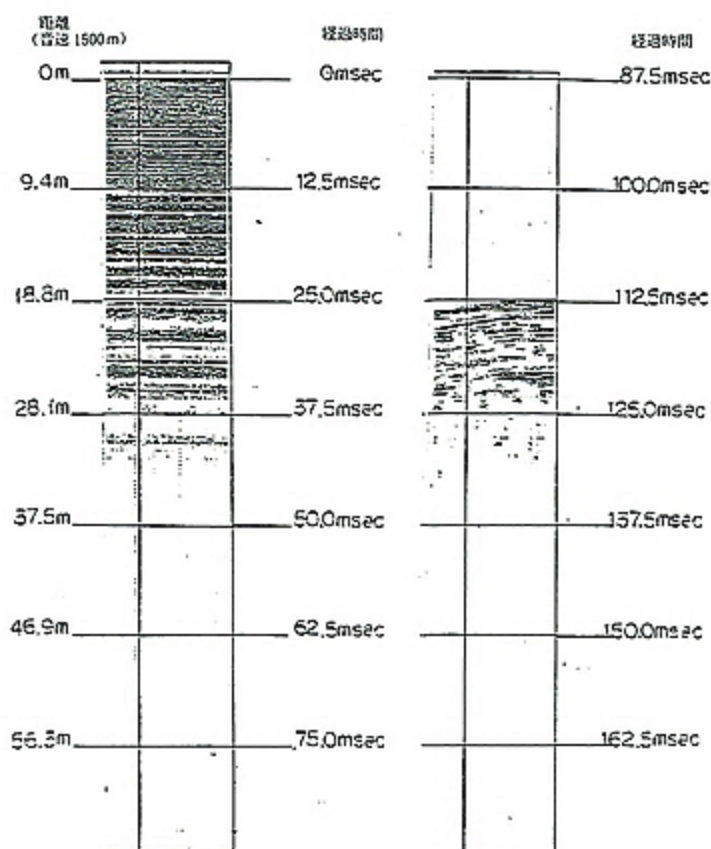


図3 実海域試験データの一例
Example of sea trial data

ている時間だけ受信器の増幅度を低下させ、データレコーダで信号が飽和しないようにすることである。データーの分析結果から受信信号はすでに受波器直後のプリアンプで飽和しており、TVG回

路はプリアンプの前段に入れる必要があることが分った。図4にこのTVG回路の原理図を示す。この回路は送信のトリガ信号によりTVGアンプを駆動し、そのアンプの電圧増幅特性により、プリア

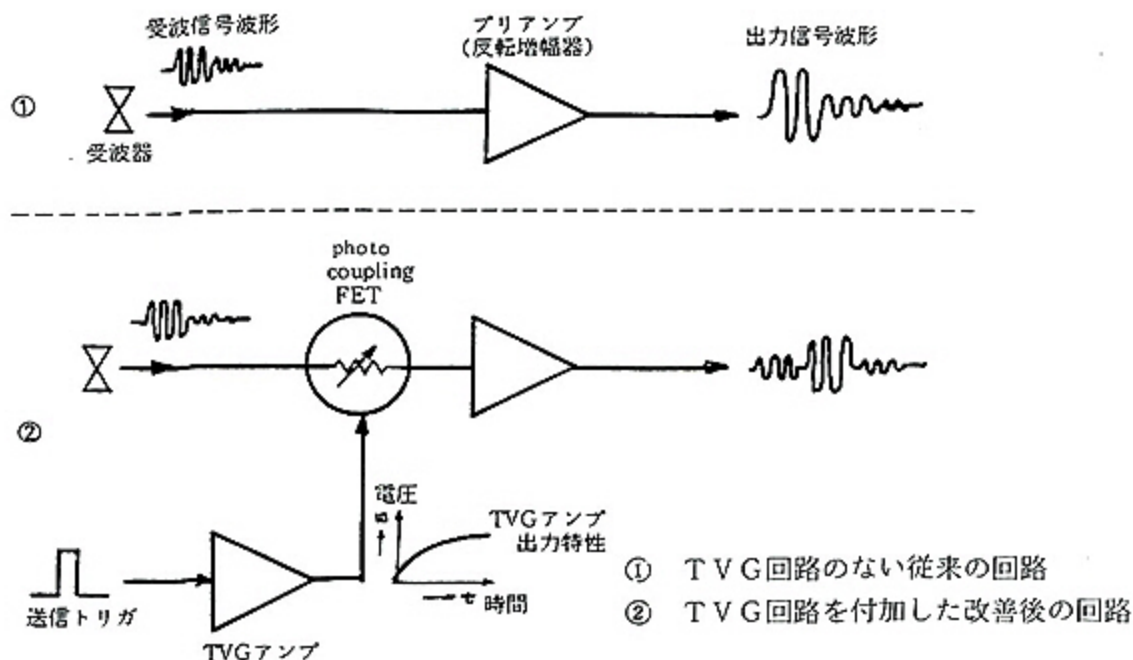


図4 TVG回路の原理図
Principles of TVG circuit

ンプの利得を制御する手法を使っている。実際には、実海域データから、送信トリガにより 50msec の間に約 18dB の利得変化が生じるように時定数を与えている。

5. 改善後の確認試験

4 項で述べた改善の後、同様の海域において試験を行い効果を確認した。その結果を図 5 に示す。図の①は TVG のない状態のデータであり、②は TVG を付加したものである。この図のように TVG のないものに比較して残響等の影響が著しく少なくなっている。

また、TVG を付加した状態での送波レベルと送波パルス幅を変化した時のデータを図 6 に示す。当然のことであるが送波レベル (SL) を増加していけば海底下の深い所まで探査できるようになることが分かる。また、パルス幅 (WN) を広くすれば、同様に音響エネルギーは増加するので深い所の地層まで探査できるようになる。しかし、パルス幅を広くすることは、同時に分解能の低下をもたらすので、細かい地層情報が得られなくなる。SL と WN を増加させると残響や反射も増加するので、なるべく海底に接近してデータを得ようとするならば、実用的には SL を 100 dB 以下とし、

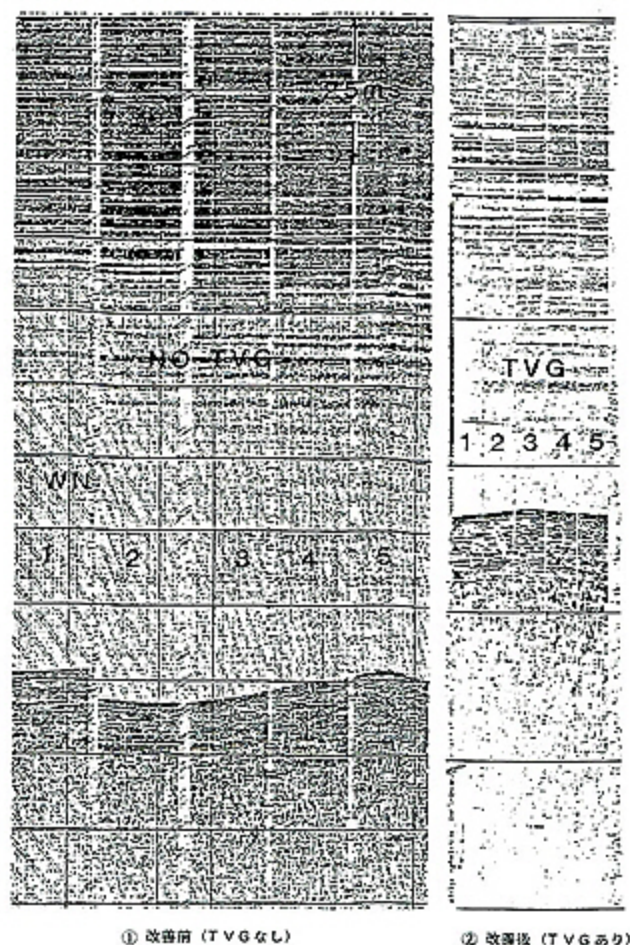


図5 TVG回路による効果
Effect of the TVG circuit

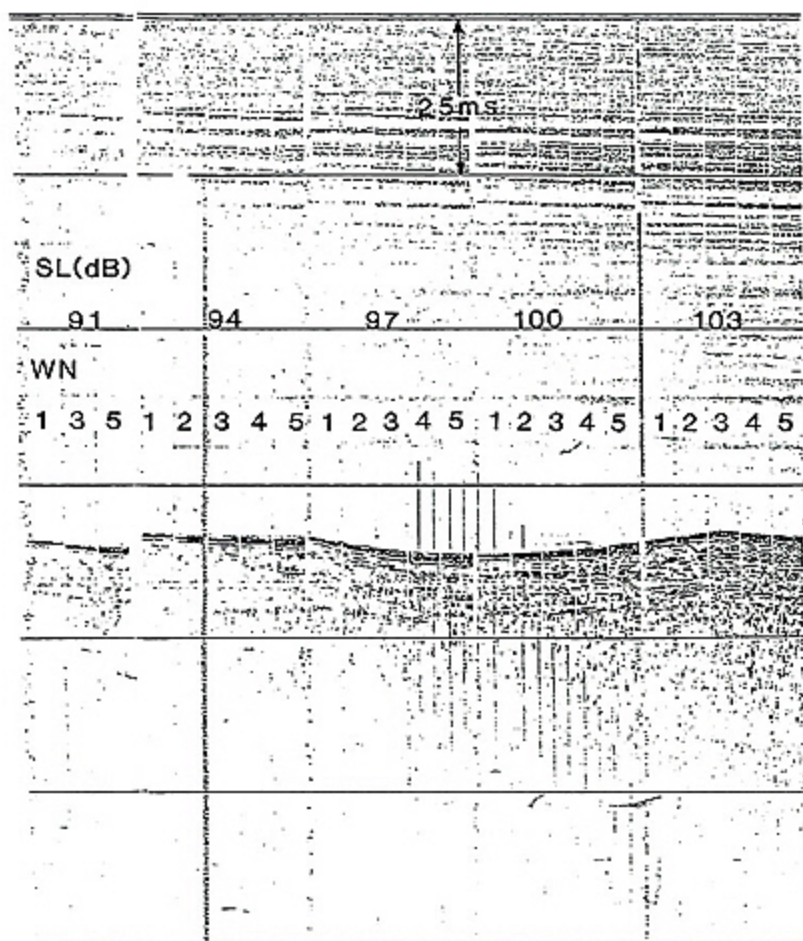


図6 記録データの一例 (TVG付加後)
Examples of the recorded data (TVG)

WNを3 (印加パルス幅 0.66msec) 程度に選択すれば、現状では、海底から20m程度離れた所からデータを得ることは可能である。

6. 結 論

以上述べてきたように、TVG回路を付加することにより一定の効果が確認され、実海域試験の結果では十分分解能の高い地層情報が得られている。したがって、潜水船の上昇下降時にSBPのデータを得てから海底の観察やサンプリングを行うことにより、より多くの地質学的な知見が得られることを期待している。

今後は、できるだけ残響を減少させるために送受波器の研究や、遮音材の開発などを進めていくつもりである。

おわりに、このSBP装置の試験はセンターの運航部の多大な協力を得たことを記す。特に潜

水船への取り付け等に関し、同部の段野副司令、渡辺整備士から配慮を得たのでここに深謝する。

参考文献

- (1) 海洋音響研究会, "海洋音響—基礎と応用— (1984), 186—197
- (2) 大塚清ほか, 1982 "曳航式深海底探索調査システムのソーナー", JAMSTECTR (8) 1—28
- (3) 土屋利雄ほか 1985, "「しんかい2000」用 サブボトムプロファイラの開発" JAMSTECTR (15) 11—22
- (4) 海洋科学技術センター, "2000 m 潜水調査船システム開発建造の記録 (1分冊)" (1984), 4—5

(原稿受理: 1986年4月20日)