PNC TJ7690 97-002

反射法地震探査技術に関する事例調査

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1997年2月

株式会社 地球科学総合研究所

~~社内資料~~
PNC TJ7690 97-002
1997年 2月

反射法地震探査技術に関する事例調査

太田陽一*・多田正明*

要　旨

本調査は、反射法地震探査に関する既存技術の情報を収集し、陸上および海上地震探査では詳細な調査が困難な、沿海部の深部地質構造を解明するための海－陸境界部の反射法地震探査技術開発および、地質構造や岩種の違いに対して、反射法地震探査を最適化するための反射法地震探査利用技術開発のための基礎資料を得る事を目的として実施したものである。

反射法地震探査の事例に関する情報収集として、陸上・海上それぞれについて、震源－受振器の種々の組み合わせによりデータ取得を行った事例を調査した。また、それら事例に用いられたハードウェア・ソフトウェア等の要素技術に関する調査を実施した。これらの情報を整理し、事例集、ハードウェア一覧表としてまとめられた。

沿海部の深部構造探査法として、震源としては、陸上部はバイブロサイス、海上部はエアガンが望ましく、受振器としては、陸上部はジオフォン、浅海部はベイケーブル、深海部はストリーマーケーブルが望ましいと思われる。

本報告書は、株式会社 地球科学総合研究所 が 動力炉・核燃料開発事業団 との契約により実施した業務の成果である。

契約番号 ： 08C1236

事業団担当部課室 ： 東濃地科学センター 技術開発課　薮内 聡

＊ ： 研究部 探査技術課

~~OFFICIAL USE ONLY~~
PNC TJ7690 97-002
FEBRUARY, 1997

Technical Survey on the Technology of the Reflection Seismology

Yoichi Ohta*
Masaaki Tada*

Abstract

This survey has been performed in order to obtain the basic idea on the possible development for the seismic reflection survey in the transition area, where the standard onshore or offshore seismic reflection survey would not be applied to investigate the subsurface geological structure, and to obtain the knowledge to optimize the seismic reflection method to be applied to the areas of various type of geological condition, by summarizing the examples of the data acquisition, processing and the results of the several types of the reflection seismic surveys.

The seismic surveys with various combination of the energy source and receivers were selected as the examples for both the onshore and offshore surveys. The individual hardware/software technology adopted in these surveys has been also examined. Those were summarized in this report.

With regard to the survey method to investigate the subsurface geological structure in the transition area, it would be recommended to use air-gun in the water and vibroseis on land as the energy source, and use geophone on land, bay-cable in shallow water, and streamer cable in the deep water as the receiver.

Work performed by Japex Geoscience Institute, Inc. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development
PNC Liaison : Geotechnics Development Section, Tono Geoscience Center, Satoshi Yabuuchi
* : Exploration Geophysics Section, R & D Department

目　次

付図一覧
付表一覧
付録一覧

1. 緒　言 …… 1
2. 反射法地震探査技術の概要 …… 2
   2.1 反射法の解析原理 …… 2
   2.2 震源 …… 4
   2.3 受振器 …… 7
   2.4 探鉱機 …… 7
3. 陸上反射法地震探査の事例 …… 9
   3.1 ダイナマイトージオフォン調査 …… 9
   3.2 バイブロサイスージオフォン調査 …… 10
   3.3 インパクターージオフォン調査 …… 14
4. 海上反射法地震探査の事例 …… 16
   4.1 エアガンーストリーマー調査 …… 16
   4.2 エアガンーベイケーブル調査 …… 17
   4.3 バイブロサイス-ベイケーブル調査 …… 19
5. 反射法地震探査の各要素技術 …… 20
   5.1 ハードウェア技術 …… 20
      5.1.1 震源 …… 20
      5.1.2 受振器 …… 20
      5.1.3 探鉱機 …… 21
   5.2 データ取得技術 …… 22
   5.3 データ処理技術 …… 23
6. 結　言 …… 25
7. 参考資料 …… 26

付 図 一 覧

Fig. 1　陸上反射法地震探査作業概念図
Fig. 2　共通反射点重合法（ＣＤＰ法）作業概念図
Fig. 3　共通反射点重合法（ＣＤＰ法）解析概念図
Fig. 4　速度解析の実例（海上データ）
Fig. 5　CDP 重合の実例（海上データ）
Fig. 6　バイブロサイス波形処理概念図
Fig. 7　ダイナマイト震源波形観測レイアウト
Fig. 8　ダイナマイト震源波形（発震深度による波形の相違）
Fig. 9　ダイナマイト震源波形スペクトル
Fig. 10　ダイナマイト震源波形の相違によるショット記録の相違
Fig. 11　バイブロサイス作動原理図（JGI Technical News No. 107 より）
Fig. 12　バイブロサイス震源波形（相互相関後）（JGI Technical News No. 107 より）
Fig. 13　バイブロサイスショット記録/重合記録例（JGI Technical News No. 107 より）
Fig. 14　油圧インパクタ震源波形（JGI Technical News No. 102 より）
Fig. 15　油圧インパクタショット記録例（JGI Technical News No. 102 より）
Fig. 16　油圧インパクタ重合記録例(ﾊﾞｲﾌﾞﾛｻｲｽとの比較)(JGI Technical News No. 102 より)
Fig. 17　海上震源の種類および作動原理図（McQuillin, 1984 より）
Fig. 18　エアガン震源波形およびそのスペクトル
Fig. 19　単一エアガンおよび Tuned エアガンアレーの震源波形
Fig. 20　ウォーターガンの震源波形およびそのスペクトル
Fig. 21　バブルモデルおよびそのスペクトル
Fig. 22　ゴーストモデルおよびそのスペクトル
Fig. 23　ジオフォンアレーストリングの結線
Fig. 24　ディジタルテレメトリ探鉱機とアナログテレメトリ
Fig. 25　堆積岩地域ダイナマイトショット記録（北海道南長沼周辺）
Fig. 26　堆積岩地域ダイナマイト重合記録（北海道南長沼周辺）（薬量 4Kg×1 孔）
Fig. 27　堆積岩地域ダイナマイト重合記録（北海道南長沼周辺）（薬量 4Kg×3 孔）
Fig. 28　堆積岩地域バイブロサイスショット記録（北海道南長沼周辺）
Fig. 29　堆積岩地域バイブロサイス重合記録（北海道南長沼周辺）（ 5-40 Hz）
Fig. 30　堆積岩地域バイブロサイス重合記録（北海道南長沼周辺）（40- 5 Hz）
Fig. 31　堆積岩地域バイブロサイス重合記録（北海道南長沼周辺）（ 5-25 Hz）
Fig. 32　堆積岩地域バイブロサイス重合記録（北海道南長沼周辺）（20-60 Hz）
Fig. 33　結晶質岩地域バイブロサイスショット記録 1（茂住断層周辺）
Fig. 34　結晶質岩地域バイブロサイスショット記録 2（茂住断層周辺）
Fig. 35　結晶質岩地域バイブロサイス重合記録（茂住断層周辺）
Fig. 36　結晶質岩地域バイブロサイス深度記録（茂住断層周辺）

Fig. 37　結晶質岩地域バイブロサイスショット記録 1（葛根田地熱地帯　6-40 Hz）
Fig. 38　結晶質岩地域バイブロサイスショット記録 2（葛根田地熱地帯 20-70 Hz）
Fig. 39　結晶質岩地域バイブロサイス重合記録 1（葛根田地熱地帯　6-40 Hz）
Fig. 40　結晶質岩地域バイブロサイス重合記録 2（葛根田地熱地帯 20-70 Hz）
Fig. 41　結晶質岩地域地質解釈断面図（葛根田地熱地帯 20-70 Hz）
Fig. 42　結晶質岩地域インパクタショット記録（笠間地域）
Fig. 43　結晶質岩地域重合記録（笠間地域）
Fig. 44　堆積岩地域バイブロサイスショット記録（北海道江別市周辺）
Fig. 45　堆積岩地域インパクタショット記録（北海道江別市周辺）
Fig. 46　バイブロサイス/インパクタ震源波形坑井内観測（北海道江別市周辺）
Fig. 47　堆積岩地域バイブロサイス重合記録（北海道江別市周辺）
Fig. 48　堆積岩地域インパクタ重合記録（北海道江別市周辺）
Fig. 49　堆積岩地域バイブロサイス記録と坑井記録対比図（北海道江別市周辺）
Fig. 50　海上ストリーマー・エアガン調査概念図と重合断面図（大阪湾）
Fig. 51　陸上反射法調査と沿岸部調査の概念図
Fig. 52　エアガン-ベイケーブル/ジオフォン、バイブロ-ジオフォンショット記録
（淡路島、東大地震研 1995 より）
Fig. 53　エアガン-ベイケーブル/ジオフォン、バイブロ-ジオフォン重合記録
（淡路島、東大地震研 1995, 千葉大 1996 より）
Fig. 54　エアガン-ベイケーブル/ジオフォンショット記録
（神戸、地科研物探学会 1996 より）
Fig. 55　バイブロサイス-ベイケーブル/ジオフォンショット記録
（神戸、地科研物探学会 1996 より）
Fig. 56　バイブロサイス/エアガン-ベイケーブル/ジオフォン重合記録
（神戸、地科研物探学会 1996 より）
Fig. 57　陸上データ解析流れ図
Fig. 58　エアガン波形へのデコンボリューション
Fig. 59　陸上ショット記録へのデコンボリューション
Fig. 60　ウォーターガン波形へのウェーブレット処理
Fig. 61　屈折初動解析による静補正法の原理図（JGI Technical News No. 110 より）
Fig. 62　屈折初動解析の実例（JGI Technical News No. 110 より）
Fig. 63　初動解析による静補正適用前後の重合断面図（JGI Technical News No. 110 より）

付 表 一 覧

Table.　1　主要震源の分類表
Table. 2-1　主要受振器の分類表
Table. 2-2　主要受振器の分類表
Table.　3　主要探鉱機の分類表
Table. 4-1　主要震源の性能比較表
Table. 4-2　主要震源の性能比較表
Table. 5-1　主要受振器の性能比較表
Table. 5-2　主要受振器の性能比較表
Table.　6　主要探鉱機の性能比較表

付 録 一 覧

Appendix.　1　主要震源関連資料
Appendix.　2　主要受振器源関連資料
Appendix.　3　主要探鉱機関連資料

1. 緒　言

本報告書は、平成８年度 動力炉・核燃料開発事業団 東濃地科学センターとの契約業務「反射法地震探査技術に関する事例調査」に基づき、株式会社地球科学総合研究所が実施した調査に関する、成果報告書である。

反射法地震探査技術は、石油・天然ガス等の地下資源探査を目的に開発されてきた技術であるが、地層科学研究における地下深部地質構造を解明するための有力な調査法として位置づけられる。

本調査は、反射法地震探査技術に関する既存技術の情報を収集し、

- 陸上および海上の反射法地震探査では詳細な調査が困難な、沿岸部の深部地質構造を解明するための海ー陸境界部の反射法地震探査技術開発、
- 地質構造や岩種の違いに対して、それぞれの場合で反射法地震探査を最適化するための反射法地震探査利用技術開発、

の基礎資料を得る事を目的として、実施された。

調査は、陸上および海上反射法地震探査について、種々の震源ー受振器の組み合わせで実施された調査の事例を収集・整理し、それらの評価を行うとともに、それら事例に用いられたハードウェア、ソフトウェア等の要素技術についてまとめる方法により実施した。

2. 反射法地震探査技術の概要

2.1 反射法の解析原理

(1)反射法地震探査

地表の震源から発生した波は、地層中を伝わり、地層境界面で反射して再び地表へ戻る。これを記録して、反射波の到達時間と振幅を処理/解析することにより、地下の速度構造と地質構造形態(幾層もの地層の重なり具合)を明らかにするのが反射法の原理である。

Fig.1 に反射法の作業概念図を示した。図の上部に調査の概念図を示した。図の下部に示したように、反射法の結果は測線上の多数の共通反射点の直下の反射波の振幅を、測線に沿って一定間隔に並べて表示される（反射断面図）。このことにより、地下の地層境界面の形状が反射波の並びとして表現され、地下地質構造形態が理解できる。

また、反射波の振幅は、地層境界面での速度の差が大きいほど大きくなるので、反射断面図上の反射面の振幅から、地層の性質についてもある程度推定できる。

(2)共通反射点(ＣＤＰ)重合法

共通反射点重合法の概念図を Fig.2に示した。測線上に一定間隔(10m～50m程度)に受振点を設け受振器を設置し、測線上の一点で発振して多数の受振点で反射波を同時観測する。この時同時受振する受振点数をチャネル数と呼ぶ（概念図中では１２チャネルとしている)。次に、発震点と受振点全体を同距離(通常受振点間隔の1～4倍程度)だけ移動し、発震を行い記録を取得する。この様に発震/受振を規則的に繰り返すことにより、地下の同一の点(共通反射点(CDP))で反射したデータが２重、３重に取られる事になる。このデータに種々の補正処理を行い足し合わせる(重合する)ことにより、測線上の各ＣＤＰ位置の直下の地下反射波が強調される。足し合わせるデータの数を重合数と呼ぶ（概念図中では３重合)。

また、各ＣＤＰを構成するデータの補正処理を行う時、各反射面までの反射波の速度情報も得ることができる。

(3)反射法の解析原理

現地調査で取られた大量のディジタルデータは、能力の高い計算機で処理・解析する事により、地下反射断面図が得られる。

ＣＤＰ編集後、地下の一点からの反射波は、反射波の反射時間(T)と発震点/受振点間の距離(オフセット距離 X)の関係はその反射点まで波の速度(V)とは、以下の関係(双曲線)がある。

$$T=\sqrt{T_0^2+\frac{X^2}{V^2}}$$ T_0：オフセット距離 0 の反射時間

この関係を用いて、種々の速度 V を仮定してオフセット X の反射時間 T の補正(NMO補正)を行うと、真の速度を与えた時のみ反射波は同一時間 T_0 に並び、これを足し合わせる(重合する)ことで雑音の少ない反射波を得られることになる。この事を模式的に表わした図をFig.3に示した。

Fig.4に実際の海上のＣＤＰデータに対して、上記手順で速度を解析した例(速度解析)を示した。 ＣＤＰ重合により、信頼度の高い地下反射面の構造形態が得られると同時に、この速度解析を通して、地表から反射面までの速度情報も同時に得ることができる。この速度情報は、重合後のマイグレーション処理にも用いられる。

Fig.5に海上データの１ＣＤＰに対するＣＤＰデータ、ＮＭＯ補正、重合トレース、並びに各ＣＤＰの重合データを並べた重合断面図を示した。

ＣＤＰ重合法の実際のデータ解析において基本となるのは、

＊発振点・受振点座標等の測量データ

＊現場磁気テープ上の記録の発振点と受振点の関係

等を的確に扱うことである。ＣＤＰは、これらを用いて定義でき、ＣＤＰ編集が行える。

(4)バイブロサイス波形処理法

都市部/市街地において、深度数ｋｍまでの深部を対象とした反射法地震探査の震源としては、大型のバイブロサイスが最適である。

バイブロサイス波形処理の概念図を Fig.6 に示した。震源からは、(A)に示す様な周波数が徐々に変化する長時間の振動（スイープ）を発生させる。地下の反射面として(B)に示す５層を仮定すると、各反射面からの反射波は、それぞれ (C)～(G)の波形となる。地表の受振器での観測波形は、これら (C)～(G) 全ての重ね合わせとなり、(H)に示す様な波形となる。この波形から (B) を類推するのは困難であり、何らかの方法により、地表受振器による観測波形から地下からの反射波(B)を推定する必要がある。

バイブロサイス波形処理とは、(H) の波形に対して、震源からある瞬間にパルスが生成された時の波形に変換する処理である。この処理は、スイープ波形 (A) を用いて行い、クロスコリレーションと呼ばれる。この結果を図中の最下部に示す。(B)で仮定した５層の反射波が明瞭に確認できる。 この波形処理は、通常は現地調査の記録計で行われ、観測記録の品質管理にもこの処理後の記録が用いられる。

この波形処理によれば、都市部での種々のノイズ（車両交通・土木工事等）に対して、削減効果がある程度期待できる。このことが、バイブロサイス震源が都市部・市街地で有効である理由の一つである。

2.2 震源

陸上反射法地震探査の震源としては、ダイナマイト、バイブロサイス、油圧インパクターなどがある。

ダイナマイト震源は、深度20m～30m、直径10cm程度の爆破孔を作孔し、孔底付近にダイナマイト（薬量最大10Kg/孔程度）を装填し発震を行うものである。ダイナマイトの震源波形観測および地表受振器での波形観測例をFig.7～Fig.10に示した。

Fig.7は、ダイナマイト波形観測のレイアウトを示したものである。震源位置 S3に５つのダイナマイト孔(深度14m、22m、27m、38m、50m)を作孔し、各1.2Kgのダイナマイト発震を行っている。 受振点としては、坑井(◎印)中の深度約750mの坑井内受振器と地表に直線状に配置した地表受振器(受振点間隔12.5m)を設け、同時観測を行ったものである。Fig.8およびFig.9に坑井内受振器の観測波形(ほぼ震源波形と考えて良い)およびその周波数スペクトルをそれぞれ示した。震源波形は最小位相型に近いことがわかる。また発震深度(発震地質)と震源波形の関連については、発震深度が深くなるにつれて震源波形がより高周波数になっていく様子がわかる。それぞれの発震に対する地表受振器の観測波形(屈折波および反射波)の一部をFig.10に示した。坑井内受振器の震源波形の特徴と地表受振器の波形の特徴は調和的であることが確認できる。更に、発震深度が浅くなると表面波が卓越してくる様子が確認できる。

ダイナマイト震源の特徴を以下に示す。

〈震源特性〉

- パルス型震源
- 震源波形最小位相に近い(Fig.8, Fig.9)
- 作孔地質によるエネルギー/周波数特性の相違に対する注意(Fig.10)

〈主なパラメータ〉

- 対象深度による薬量の調整
- 総薬量を増大させるための多孔爆破

〈実作業上の問題〉

- 環境問題に対する配慮（泥水処理、作孔残土処理、廃孔作業）
- 舗装道路上の作孔は不可
- 作孔技術者、火薬取り扱い免許所有者が必須。法律上の規制が厳しい。
- 都市部の調査には不適

バイブロサイス震源は、周波数が徐々に変化する振動(スイープ)を一定時間発生させる地表震源である。個々の振動は小さいが、長時間(10数秒～30秒程度)発生させる事、１発震点で複数回スイープする事、数台のバイブロサイスを同時使用する事等で十分な震源エネルギを得る震源である。その作動原理を Fig.11 に示した。 全車両重量でBase Plateを地面に押し付けた後、 Reaction Massを油圧制御により振動させ、その反作用としてBase Plateを振動させるものである。周波数が徐々に変化するスイープ波形は一定の電気信号として生成される。地面の振動が入力スイープ波形の位相

と合致するように、 Base PlateおよびReaction Massに固定された加速度計の出力結果を用いてフィードバックを行う機構(バイブレータコントロールエレクトロニクス)を有している事が、バイブロサイス震源の特徴である。この制御が高精度に行えることにより、地表条件の多少の違い(カップリングの相違)があるにも拘わらず、震源の複数台の同時発震、複数回のスイープの重合等が可能である理由である。

バイブロサイス震源の位相制御にはいくつかの方法がありそれを、Fig. 12に示した。現在最も一般的に用いられるのは、Ground Force Lockであり、震源波形が最もゼロ位相に近くなる。バイブロサイス現場記録(クロスコリレーション後)および重合断面図の例をFig. 13に示した。

バイブロサイス震源の特徴を以下に示す。

〈震源特性〉

・非パルス型震源

・震源波形（コリレーション後）ゼロ位相に近い(Fig. 12, Fig. 13)

〈主なパラメータ〉

・発震台数（1台～４台程度)

・スイープ長

・スイープ周波数

・スイープ数

・ノイズエディット機能

〈実作業上の問題〉

・都市部調査に適している。

・道路使用許可申請等が必要な場合が多い

油圧インパクタ震源は、重錘に加速度(ガス圧)を与えて落下させる地表震源である。

Fig. 14に油圧インパクターの震源波形およびそのスペクトルを示した。ガス圧7気圧程度の震源波形・エネルギーは、200Kgの重錘を2.5mの高さから自由落下させた時とほぼ同等であることが確認できる。Fig. 15にショット記録例ならびにバイブロサイスショット記録との比較、Fig. 16に重合記録比較例を示した。

油圧インパクタ震源の特徴として、以下が上げられる。

〈震源特性〉

・パルス型震源

・震源波形最小位相に近い(Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16)

〈主なパラメータ〉

・スタック回数

・ノイズエディット機能

〈実作業上の問題〉

・比較的狭い道路にもアクセス可能

・バイブロサイスの補助震源

・浅層高分解能調査に最適。

海上反射法地震探査の震源としては、エアガン、ウォーターガンなどが用いられる。これら震源の動作原理を模式的に表した図を Fig.17に示した。

エアガンは、深度5m～10m程度の水中に圧搾空気を瞬間的に発射する震源であり、海上震源としては最も一般的なものである。単一のエアガンの震源波形およびその周波数スペクトルをFig.18に示した。10msec～20msecの正のピークが初動であり、20msec～30msecの負のピークは海面からのゴーストである。また、100msec、200msecに認められる周期性のある後続波は、水中に発射された空気の振動(バブル振動)により生成された弾性波である。

バブル振動の周期がエアガンの容量により変化する性質を用い、容量の異なるいくつかのエアガンを組み合わせて同時に発震することで、後続のバブル振動のエネルギーを相対的に抑制する工夫が通常行われる(Tunedアレーエアガン)。Fig.19に単一エアガンとTunedアレーエアガンの波形の比較を示した。バブル振動がほぼ完全に抑制されている様子が確認できる。

エアガンの震源特性をまとめると、以下である。

〈震源特性〉

- パルス型震源
- 震源波形最小位相(Fig.18)

〈主なパラメータ〉

- 容量および個数
- バブル抑制のための工夫 (Tuned Array, GI-Gun等) (Fig.19)
- 発震の深度 (発震側のゴーストの影響の考慮) (Fig.21,Fig.22)
- コンプレッサが必須

ウォーターガンは、流体中の速い流れにより生成される空洞(真空)が、周りの水圧により潰れる際のエネルギを利用するものである。Fig.20にウォーターガンの震源波形およびそのスペクトルを示した。初動は、20msec付近の小振幅の部分であり水中に流体を放出した瞬間である。この後の約30msec間で空洞が成長している。この空洞が潰れた瞬間に強いエネルギが発生する(約50msec付近のメインピーク)。空洞が成長する速さは、周りの静水圧(水深)の変化に敏感である。この震源は、エアガン震源のバブルに相当するものが生成されない事、エアガンに比べ高周波数成分に富む等の特徴があるが、反面、主エネルギが時間0(発震時間)から遅れたところに現れる(最小位相型ではない)事、時間0からメインピークまでの時間が一定でない(水深の変化によって変わる)事等の欠点がある。

この震源の特徴は以下である。

〈震源特性〉

- パルス型震源
- バブル振動が無い

・高分解能震源（パルス幅が狭い）
・震源波形は、最小位相からはずれている。(Fig. 20)

〈主なパラメータ〉
・容量および個数
〈実作業上の問題〉
・発震時からメインパルス発生までの時間がガン深度によって変化する事、最小位相から外れている事から、精密な処理のためには、各発震毎の震源波形観測が必要である。

2.3 受振器

陸上では、ジオフォンが使われる。振動の速度振幅を電気信号に変換するために、コイルと電磁石を組み合わせた素子をケースに装填し、地面にスパイクで固定して地面の振動を観測するものである。通常用いられるジオフォンは、１受振点あたり9個～12個の素子を並列/直列に結線したもの(ジオフォンストリングスと呼ばれる)が用いられている。これは、1受振点の観測を行う際、ある地点の地表近傍の局所的異常の除去、受振器アレーによる表面波抑制などが行える様に設計されている。 Fig. 23は、12個の素子を6個直列×2並列に用いる場合のジオフォンストリングスの内部結線の模式図を示したものである。ストリングスの両端にはコネクターがあり、そのどちら側からでも電気信号を取り出せる事、2つのストリングスを２つ以上を並列に繋ぐことでより大きな受振器アレーを構成できる事等を考慮し、素子間は3本のケーブルで結線されている。

ジオフォンに関する主な事項を以下に示す。
・ムービングコイル型：振動の速度振幅を電気信号に変換。
・９個組/ストリングあるいは２ストリング１８個が一般的。(Fig. 23)
・固有周波数(f_0) ： 8, 10 Hzが一般的
・高分解能調査で高周波受振器(f_0=28, 40, 100Hz等)が用いられる場合もある。
・スプリアス現象への注意：f_0の10倍程度の周波数成分で特性が不安定になる。
・アレー展開による表面波抑制。

海上では、ハイドロフォンが使われる。
・圧電型：振動の圧力変化を電気信号に変換。
・ストリーマーケーブル、ベイケーブルに装填して用いられる。
・ケーブル内でのアレー
・ストリーマーケーブルの深度（通常5m～10m）は、受振側のゴーストを考慮。

2.4 探鉱機

震源から生成され地層中を伝播した波は、地表/海中の受振器で電気信号（アナログ）に変換されるが、これをディジタル信号に変換(A/D変換)し、数多くの受振点での振動波形を集中的に管理し、ショット記録のモニター表示、磁気テープ記録等を行

う装置を探鉱機と呼ぶ。

A/D変換を受振器近傍の装置で行い、ディジタル化された信号がケーブルを通して観測車まで送られるタイプ（ディジタルテレメトリ）が近年の探鉱機では主流である。旧来は、受振器のアナログ信号をケーブルで観測車まで送り、観測車内部の探鉱機でA/D変換を行うタイプが多かった。Fig. 24に上記２つのタイプの信号の流れを示す模式図を示した。

・高ダイナミックレンジ
・多チャネル（3次元調査対応、1000チャネルを超える）
・小型・軽量

等が探鉱機評価の対象となる。

3. 陸上反射法地震探査の事例

3.1ダイナマイトージオフォン調査

・北海道南長沼ダイナマイト（堆積岩）(Fig.25,26,27)

堆積岩が比較的厚く存在する北海道の平野部におけるダイナマイト調査事例である。調査は、往復走時 2sec以深の深部反射波を確認するために必要な震源の仕様を評価するために、ダイナマイト薬量(4Kgならびに12Kg)の違いによる重合記録の比較を目的として行われたものである。

Fig.25にこの調査の代表的なショット記録例を示した。1ショットの原記録(図の右端)に対して深部反射波を確認するために、ゲインリカバリ(AGC等)を適用して表示したものである。

Fig.26およびFig.27に薬量４Kgおよび12Kgの重合断面図をそれぞれ示した。データ処理は、屈折初動走時解析、CDP編集、ゲインリカバリ、Deconvolution、速度解析、NMO補正、ミュートおよび重合等、陸上標準データ処理を実施している。 断面図全体を参照すると、堆積岩特有の成層構造が認められ、特に1.5sec以浅については断面図の左側に緩やかに傾斜する連続性の良い反射波が確認できる。この部分については、薬量の違いによる両者の差異は殆ど認められない。1.5sec～3.0secの部分は、浅部とは逆の断面図の右側に傾斜する構造形態が認められるが、堆積状況がやや複雑になり、反射波の連続性が乏しくなっている。この部分では、薬量の違いによる両者の差異は、若干12kgの方が優れている様に見える。しかしその差異の程度は僅かである。3sec以深では、両者ともに明確な反射波は確認できない。

〈データ取得概要〉

- 震源　：　ダイナマイト 単孔 および３孔
- 探鉱機　：　GUS-BUSディジタルテレメトリ
- 受振器　：　OYO McSeis111(f_0=8Hz)
- 受振点間隔　：　２５ ｍ
- チャネル数　：　２８０チャネル固定展開
- 測線長　：　７ ｋｍ
- 総発震点数　：　４８点　(4.2kg×1孔)
  ４８点　(4.2kg×3孔)
- 総作業日数　：　２１日間
- 作業人員　：　約２０名

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理

3.2バイブロサイスージオフォン調査

・北海道南長沼バイブロサイス（堆積岩）（Fig. 28, 29, 30, 31, 32）

堆積岩が比較的厚く存在する北海道の平野部におけるバイブロサイス調査事例である。調査は、往復走時 2sec以深の深部反射波を確認するために必要な震源の仕様を評価するために、バイブロサイスの発震仕様の違いによる重合記録の比較を目的として行われたものである。

Fig. 28に代表的なバイブロサイスショット記録例を示した。Fig. 29～Fig. 32にバイブロサイスのスイープ周波数の違いによる重合記録の比較を示した。データ処理としては、陸上標準データ処理を実施している。スイープ周波数としてそれぞれ5－40Hz, 40－5Hz, 5－25Hz, 20－60Hzの場合の重合記録である。2sec以深では、反射波の周波数成分が本質的に低周波数になるため、深部反射波に対しては、5－25Hzが最も優れている。しかしながら、浅部反射波の分解能は悪くなっている。浅層高分解能を目的とした場合、20－60Hzの重合記録が最も優れている。

バイブロサイス震源の特徴は、上記のように対象深度に合わせて最適なスイープ周波数帯を選択することが可能である事と言える。

〈データ取得概要〉

- 震源　：　バイブロサイス４台
- 探鉱機　：　GUS-BUSディジタルテレメトリ
- 受振器　：　OYO McSeis111(f_0=8Hz)
- 受振点間隔　：　２５ m
- チャネル数　：　２８０チャネル固定展開
- 測線長　：　７ ｋｍ
- スイープ数　：　２８ 回
- スイープ長　：　２７ 秒
- 記録長　：　３２ 秒
- 総発震点数　：　８１点(5 - 40 Hz)
  ３２点(40 - 5 Hz)
  ３２点(5 - 25 Hz)
  ３２点(20 - 60 Hz)
- 総作業日数　：　２３日間
- 作業人員　：　約１５名

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理

・茂住周辺バイブロサイス（結晶質岩）（Fig. 33, 34, 35, 36）

結晶質岩が分布する山岳地周辺(茂住断層周辺)におけるバイブロサイス調査事例である。調査は、茂住断層およびその深部構造形態を把握する目的で行われたものである。

Fig. 33およびFig. 34にショット記録例を示した。顕著な成層構造が発達していない地域でのショット記録の典型である。Fig. 35に重合断面図、Fig. 36に深度断面図および深部反射波の解釈断面図を示した。

断面図全体を参照すると、堆積岩地域と比較して反射波の連続性悪いが、これは結晶質岩中には顕著な成層構造が発達しないためと思われる。しかしながら、断

層近辺での反射波の特徴の変化、深部反斜面をわずかながら確認することができる。

〈データ取得概要〉

- 震源　：　バイブロサイス2台
- 探鉱機　：　GDAPS-3 ディジタルテレメトリ
- 受振器　：　HGS SM-7(f_0=10Hz)
- 発震点間隔　：　50 m標準
- 受振点間隔　：　12.5 m
- チャネル数　：　240 チャネルロールアロング
- 測線長　：　7 km
- スイープ数　：　6 回
- スイープ長　：　16 秒
- スイープ周波数：12-120 Hz
- 記録長　：　24 秒
- 総発震点数　：　95 点(Line-1)
  30 点(Line-A)
- 総作業日数　：　12日間
- 作業人員　：　約15名

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理

・葛根田バイブロサイス（結晶質岩）(Fig.37,38,39,40,41)

結晶質岩(火山岩)が分布する地熱地帯(葛根田)のバイブロサイス調査事例である。調査は、地熱地帯の花崗岩基盤の構造形態の把握、浅部地熱貯留層(フラクチャー)の把握を目的として行われたものである。

Fig.37およびFig.38にショット記録例を示した。それぞれ深部を対象としてスイープ周波数を6－40Hzとしたもの、および浅部高分解能のため 20－70Hzとしたものである。これらの記録に陸上標準データ処理を適用した重合断面図を、Fig.39およびFig.40に示した。この断面図と周辺のボーリング結果を参照して作成された解釈断面図をFig.41に示した。

〈データ取得概要〉

- 震源　：　バイブロサイス4台
- 探鉱機　：　GDAPS-3 ディジタルテレメトリ
- 受振器　：　HGS SM-7(f_0=10Hz)
- 発震点間隔　：　20 m標準
- 受振点間隔　：　10 m
- チャネル数　：　700 チャネル固定
- 測線長　：　7 km
- スイープ数　：　5 回
- スイープ長　：　20 秒
- スイープ周波数：　6-30 Hzおよび16-50Hzの2種類
- 記録長　：　25 秒
- 総発震点数　：　300 点 ×2種
- 総作業日数　：　23日間
- 作業人員　：　約15名

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理

・淡路島バイブロサイス（結晶質岩）（Fig. 52, 53）

地表から花崗岩が分布する淡路島を横断するバイブロサイス調査事例である。調査は、兵庫県南部地震に伴い活動したと思われる種々断層の深部地下構造形態を把握する目的で行われたものである。

Fig. 52にショット記録例を示した。上部は淡路島の地形であり、図の中央部に示すVP1151が、淡路島中央部でのバイブロサイス発震、陸上ジオフォン受振を行ったショット記録例である。Fig53にこれらの重合断面図を示した。この断面図は、沿岸部のデータも同時に用いて重合している。

淡路島の東西の沿海部分では、島に向かって急激に上昇する急傾斜の堆積層が確認できる。また、この部分では基盤岩(花崗岩)の強振幅が確認できる、その下部には明確な反射波は確認できない。花崗岩が地表に露出する中央部では、地下の反射波の連続性は著しく悪くなり、花崗岩中には顕著な層構造を解釈するのは困難である様子がわかる。

〈データ取得概要〉

- 震源 : バイブロサイス4台
- 探鉱機 : GDAPS-3 ディジタルテレメトリ
- 受振器 : HGS SM-7(f_0=10Hz)
- 発震点間隔 : 50 m標準
- 受振点間隔 : 25 m
- チャネル数 : 269 チャネル固定
- 測線長 : 6.3 km
- スイープ数 : 12-18 回
- スイープ長 : 20 秒
- スイープ周波数 : 8-80 Hz
- 記録長 : 32 秒
- 総発震点数 : 110 点
- 総作業日数 : 10 日間
- 作業人員 : 約15名

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理

・神戸市バイブロサイス（結晶質岩）（Fig. 56）

芦屋市市街地～六甲山花崗岩地域のバイブロサイス調査事例である。兵庫県南部地震後の断層周辺の深部地下構造を明らかにするために行われた調査であり、浅海部の調査も同時に実施している。

最終重合断面図をFig. 56に示す。

〈データ取得概要〉

- 震源 : バイブロサイス1-4台
- 探鉱機 : GDAPS-3 ディジタルテレメトリ
- 受振器 : HGS SM-7(f_0=10Hz)
- 発震点間隔 : 50 m標準
- 受振点間隔 : 25 m

- チャネル数　：　240 チャネルロールアロング
- 測線長　：　約 7 ｋｍ
- スイープ数　：　6-12 回
- スイープ長　：　16-25 秒
- スイープ周波数：　8-50 Hz
- 記録長　：　32-41 秒
- 総発震点数　：約 100 点
- 総作業日数　：　10 日間
- 作業人員　：　約15名

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理

・北海道江別市周辺バイブロサイス（堆積岩）（Fig. 44, 46, 47, 49）

北海道の江別市周辺の平野部の堆積岩地域のバイブロサイス調査事例である。表層が付近に低速度層が不均質に分布しており、震源からの高周波成分の減衰が大きな地域である。Fig. 44にショット記録例を示した。低周波成分に富む記録であり、地形は平坦であるが、初動走時が不規則に変化しており、表層構造が不均質である事がわかる。Fig. 46にこの地域のバイブロサイス震源波形観測結果を示した。

Fig. 47に重合断面図、Fig. 49にマイグレーション記録断面図と坑井記録との対比図を示した。ショット記録が低周波にもかかわらず、比較的分解能の高い重合記録が得られている。また、坑井記録とも非常に良い対比を示している。

〈データ取得概要〉

- 震源　：　バイブロサイス3台
- 探鉱機　：　GUS-BUS ディジタルテレメトリ
- 受振器　：　OYO McSeis111(f_0=8Hz)
- 発震点間隔　：　25 m標準
- 受振点間隔　：　25 m
- チャネル数　：　192（48チャネル×４平行測線）ロールアロング
- 測線長　：　4.5 + 3 ｋｍ
- スイープ数　：　26 回
- スイープ長　：　20 秒
- スイープ周波数：　10-55 Hz
- 記録長　：　25 秒
- 総発震点数　：　110 点(Line-1)
  70 点(Line-A)
- 総作業日数　：　20 日間
- 作業人員　：　約20 名

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理

3.3インパクター－ジオフォン調査

・北海道江別市周辺インパクター（堆積岩）（Fig. 45, 48）

北海道の江別市周辺の平野部の堆積岩地域のインパクター調査事例である。前述と同一地域、同一測線を設定して、バイブロサイス・インパクターの厳密な比較を行った事例である。Fig. 45にショット記録例を示した。全体に低周波であるが、Fig. 44(バイブロサイス記録)と比較すると若干高周波数成分が多くなっている事が確認できる。

Fig. 48に重合断面図を示した。Fig. 47(バイブロサイス重合記録)と比較すると、1 sec以浅では、より分解能の高い断面図が得られている事がわかる。一方1.3sec付近の反射振幅は、バイブロサイス記録と比較して、弱くなっている。

浅層高分解能震源としてのインパクターの有効性が確認できるとともに、深部反射に対しての震源エネルギーの限界も同時に考慮する必要がある。

〈データ取得概要〉

- 震源 : インパクター1台
- 探鉱機 : GUS-BUS ディジタルテレメトリ
- 受振器 : OYO McSeis111(f_0=8Hz)
- 発震点間隔 : 25 m標準
- 受振点間隔 : 12.5 m
- チャネル数 : 96 チャネルロールアロング
- 測線長 : 2.6 km
- スタック回数 : 20-30回
- サンプル間隔 : 2ミリ秒
- 記録長 : 3 秒
- 総発震点数 : 80 点
- 総作業日数 : 約 4日間
- 作業人員 : 約10 名

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理

・笠間インパクター（結晶質岩）（Fig. 42, 43）

笠間市周辺のインパクター調査事例である。調査は、地表付近から速度4000m/sを超える中生代の地層が存在する同地域の基盤の花崗岩の分布を確認するために実施されたものである。測線は狭い道路上に設定され、大型バイブロサイスの使用が不可能であった。 Fig. 42にショット記録例を示した。表面波が卓越し、明確な反射波は確認し難い。Fig. 43に重合断面図を示した。浅部に急傾斜の反斜面が多数確認できる。これらは、この地域の地表地質図と良く対応している。基盤からの反射波は、明確には確認できない。

〈データ取得概要〉

- 震源 : インパクター1台
- 探鉱機 : DFS-V + MSP
- 受振器 : Mark-Products(f_0=10Hz)
- 発震点間隔 : 20 m標準
- 受振点間隔 : 10 m
- チャネル数 : 96 チャネルロールアロング
- 測線長 : 7.6 + 2.5 km
- スタック回数 : 9-15回
- サンプル間隔 : 2ミリ秒
- 記録長 : 3 秒
- 総発震点数 : 355 + 79 点
- 総作業日数 : 15 日間
- 作業人員 : 約 10名

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理

4. 海上反射法地震探査の事例

4.1 エアガンーストリーマー調査

・大阪湾エアガン(Fig.50)

大阪湾におけるエアガンーストリーマー調査例である。調査は、兵庫県南部地震の勃発の数年前に実施されており、大阪湾の堆積構造、基盤構造形態を明らかにする目的で実施されたものである。

Fig.50に海上ストリーマー・エアガン調査の概念図と大阪湾の重合断面図を示した。大阪湾中央部は、厚い堆積層があり、側方変化の少ない成層構造を示しており、反射波の連続性は非常に良い。基盤には、淡路島に近づくに従って、いくつかの逆断層の存在が明確に確認できる。

<データ取得概要>

- 震源 : エアガン(300 CI×2, 1,800～2,000 PSI)
- 探鉱機 : DFS-V
- 受振器 : ストリーマーケーブル(500m)
- エアガン深度 : 7 m
- ケーブル深度 : 10 m
- 発震点間隔 : 25 m
- 受振点間隔 : 25 m
- チャネル数 : 20 チャネル
- 測線長 : 3測線 合計 78 km
- サンプル間隔 : 2ミリ秒
- 記録長 : 5 秒
- 総作業日数 : 約10 日間

<データ処理概要>

- 海上標準データ処理：
  - ＊データフォーマット変換
  - ＊測量データの編集
  - ＊CDP編集
  - ＊ゲインリカバリー、Deconvolution
  - ＊速度解析
  - ＊NMO補正
  - ＊ミュート/CDP重合
  - ＊フィルター/スケーリング

4.2 エアガン－ベイケーブル調査

・淡路島エアガン/ベイケーブル(Fig. 51, 52, 53)

淡路島を横断する測線の内、島の東西の沿岸部会の浅海部分のエアガン/ベイケーブル調査例である。調査は、兵庫県南部地震に伴い活動したと思われる種々断層の深部地下構造形態を把握する目的で行われたものである。

Fig. 51に陸上反射法調査と対比する形式で、沿岸部のエアガン/ベイケーブル調査の概念図を示した。受振器としては陸上部のジオフォンと浅海部のベイケーブルを同一の記録系に結線し、海上のエアガン発震、陸上のバイブロサイス発震に対して、ジオフォンとベイケーブル同時に記録する調査方法の概念図である。この調査方法によれば、陸上部分と浅海部分においても反射波の受振が切れ目なく行うことができる。

この調査例では、海上エアガン発震に対して、ジオフォン/ベイケーブル受振を行ったものである。Fig. 52にショット記録例を示した。SP2014は淡路島の東岸浅海部でのエアガン発震、浅海部ベイケーブル＋陸上ジオフォンの受振記録、SP957は淡路島西岸浅海部でのエアガン発震、浅海部ベイケーブル＋陸上ジオフォンの受振記録を示している。

データ処理においては、海岸に近い陸上部分のCDPを構成する記録には、バイブロサイス発震/ジオフォン受振、エアガン発震/ジオフォン受振が混在する。また、浅海部分はエアガン発震/ベイケーブル受振のみであるが、陸上部分との合理的な接合が必要となる。そこで、通常の陸上標準処理のほかに、重合前に震源/受振器の位相の違い(エアガン/バイブロサイス、ジオフォン/ベイケーブル(ハイドロフォン))の補正を行う必要がある。

これらの補正後の重合断面図をFig53に示した。陸上部分と沿海部分はほぼ切れ目なく自然に接合されており、1断面図としての解釈が可能である。

淡路島の東西の海上部分では、急傾斜の堆積層が確認できる。この部分では、基盤岩(花崗岩)の強振幅が確認できる。

〈データ取得概要〉

- 震源 : エアガン(500 CI+200 CI, 1,500～2,000 PSI)
- 探鉱機 : GDAPS-3 ディジタルテレメトリ
- 受振器 : ベイケーブル
- エアガン深度 : 5 m
- 発震点間隔 : 25 m
- 受振点間隔 : 25 m
- チャネル数 : 96 チャネル
- 測線長 : 2 km(ベイケーブル部分のみ)
- サンプル間隔 : 4 ミリ秒
- 記録長 : 16 秒
- 総作業日数 : 2 日間(ベイケーブル発震作業のみ)

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理＋異種震源/受振器位相補正処理

・神戸エアガン/ベイケーブル(Fig. 54, 56)

芦屋港～芦屋市市街地付近でのエアガン/ベイケーブル調査事例である。兵庫県南部地震後の市街地周辺断層およびその深部地下構造を明らかにするために行われた調査であり、陸上部分はバイブロサイス/ジオフォン調査として、行われたものである。本調査事例では、Fig. 51に示した受振系に対して、エアガン発震のみでなく、バイブロサイス発震も行っている。

Fig. 54に、エアガン発震に対して、ベイケーブル受振およびジオフォン受振を同時に行った記録を示した。このジオフォンの部分は芦屋の市街地であり、ノイズレベルが非常に高い場所であることがわかる。それにも拘わらず、浅海部のベイケーブル部分は比較的良好なS/N比であることが確認できる。これはベイケーブルが水中受振のため、地表の表面波ノイズがかなり抑制されるためと思われる。

データ処理においては、標準陸上データ処理のほかに、異種震源/受振器の位相補正行う必要がある。

これら補正後の最終重合断面図をFig. 56に示した。芦屋港付近で深度1000m以深の基盤が、陸上部では深度数100mまで上昇してきている様子が確認できる。

〈データ取得概要〉

- 震源 : エアガン(500 CI+200 CI, 1,500～2,000 PSI)
- 探鉱機 : GDAPS-3 ディジタルテレメトリ
- 受振器 : ベイケーブル
- エアガン深度 : 5 m
- 発震点間隔 : 25 m
- 受振点間隔 : 25 m
- チャネル数 : 96 チャネル
- 測線長 : 2.4 km
- サンプル間隔 : 4 ミリ秒
- 記録長 : 16 秒
- 総作業日数 : 2 日間

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理＋異種震源/受振器位相補正処理

4.3 バイブロサイス-ベイケーブル調査

・神戸バイブロサイス/ベイケーブル(Fig.55,56)

芦屋港～芦屋市市街地付近でのバイブロサイス/ベイケーブル調査事例である。兵庫県南部地震後の市街地周辺断層およびその深部地下構造を明らかにするために行われた調査であり、陸上部分はバイブロサイス/ジオフォン調査として、また沿海部はエアガン/ベイケーブル調査も行われている。

Fig.55に、バイブロサイス発震に対して、ベイケーブル受振およびジオフォン受振を同時に行った記録を示した。この例でも、ベイケーブル受振のS/N比が良好な様子がわかる。

データ処理においては、標準陸上データ処理のほかに、異種受振器の位相補正行う必要がある。

これら補正後の最終重合断面図をFig.56に示した。芦屋港付近で深度1000m以深の基盤が、陸上部では深度数100mまで上昇してきている様子が確認できる。

〈データ取得概要〉

- 震源 : バイブロサイス1-4台
- 探鉱機 : GDAPS-3 ディジタルテレメトリ
- 受振器 : HGS SM-7(f_0=10Hz)
- 受振器 : ベイケーブル
- 発震点間隔 : 50 m標準
- 受振点間隔 : 25 m
- チャネル数 : 96 チャネルロールアロング
- 測線長 : 2.4 km
- スイープ数 : 6-12 回
- スイープ長 : 16-25 秒
- スイープ周波数 : 8-50 Hz
- 記録長 : 32-41 秒
- 総発震点数 : 約50 点
- 総作業日数 : 3 日間

〈データ処理概要〉

- 陸上標準データ処理＋異種受振器位相補正処理

5. 反射法地震探査の各要素技術

5.1 ハードウェア技術

5.1.1 震　源 (Table.1,4-1,4-2)

主要震源の分類表をTable.1に示す。また、主要震源の性能比較表をTable.4に示す。震源関連のカタログ等の資料をAppendix.1に添付した。

陸上反射法地震探査における主要震源としては、油圧機構で振動を制御し、設定した周波数を連続的に地中に送るバイブレータ震源が広く使われている。大型バイブレータの進入が困難な調査地域においては、小型バイブレータまたは油圧インパクターが用いられる。

海上反射法地震探査における主要震源としては、圧縮空気を瞬時に水中に放出して弾性波を発生させるエアガンは、圧入水を用いたウォータガンと共に広く使われている。エアガンは現在２つのタイプが主流となっている。１つはBOLT社が作製している Long life エアガンで、もう一方はSODERA社の G ガンである。

Long lifeエアガンの最も優れている点は、連続使用において50万回程度まで整備の必要がないことで、しかも出力レベル、周波数特性が良く、ピーク／バブル比が高いという性能も兼ね備えている。

Gガンは、動作部分が少ないため、整備の必要性が少ない。また小型で軽量のため分解・組立が短時間で行え、最高圧力3000psiまで充填できるため出力が高く、海中で空気を抜けるため船上における暴発がなく作業上安全等の利点がある。

孔内震源は地表震源と同じく、一般的に振動が衝撃的(インパルシブ)なものと連続波を発生するものが用いられている。現在発表されている主な孔内震源でサービスを提供しているものには、ドリルビット震源(WESTERN ATLAS INTERNATIONAL社)、孔内エアガンシステム(BOLT TECHNOLOGY社)、孔内スパーカ(CSM社)等がある。

5.1.2 受振器 (Table.2-1,2-2,5-1,5-2)

主要受振器の分類表をTable.2に示す。また、主要受振器の性能比較表をTable.5に示す。受振器関連のカタログ等の資料をAppendix.2に添付した。

陸上反射法地震探査における主要受振器としては、24ビットADC型探鉱機の高域周波数特性(デジタルフィルタによるアンティエリアス周波数は200～210Hz/2msecサンプリング)に対応するため、スプリアス周波数を240～250Hzの高域に移動したタイプの受振器(10Hz)が使われている。

陸海境界部、湿地等に用いられるマーシュホン、ジンバルホン、ハイドロホンおよびデュアルセンサ（ジオフォンとハイドロフォンが１つの容器に収納されている）および３成分受振器は、ベーシックユニット（センサ本体）を収納するケース(容器)として用意されており、固有周波数の選択が可能である。

海上反射法地震探査における主要受振器としては、調査地域の水深、海域の状況および航行船舶状況によりミニストリーマケーブル、ストリーマケーブル、海底ケーブル（ベイケーブル）が使い分けられている。

ストリーマケーブルは、曳航方法の問題や船舶の大きさ、収納スペース等の物理的な問題と探鉱対象の多様化に伴って曳航長が長くなる傾向にある。この対応として、スペースの節約と曳航時の負荷軽減を計るためより小径のスリム化したストリーマケーブルが開発されている。従来型（ケロシンを充填油として用いているケーブル）でのスリム化と新しい概念のソリッド型ストリーマケーブル（固型で屈曲性のある材質の中にセンサを組込んだ注油の必要がないケーブル）が開発されている。

5.1.3 探鉱機（Table.3,6）

主要探鉱機の分類表をTbale.3に示す。また、主要探鉱機の性能比較表をTable.6に示す。探鉱機関連のカタログ等の資料をAppendix.3に添付した。

陸上および海上反射法地震探査における主要地震探鉱機としては、従来のIFP増幅器の問題点を改善した24ビットデルタシグマ型AD変換技術を採用した有線、無線式デジタルテレメトリ探鉱機が、現在主流となっている。 24ビットAD変換技術の出現により下記の点が改善されている。

問題点		改善点
・IFP増幅器による低レベル、高ゲイン時の不確定さ	：	24ﾋﾞｯﾄADC採用による高ダイナミックレンジ化
・アナログフィルターによる歪み	：	1次RCフィルタ（位相歪みが小さい）の適用
・サンプリンクスキュー	：	各チャネルに1つのAD変換器
・消費電力/チャネル	：	エリアスフイルタ、IFP増幅器および制御回路を減らことによる低消費電力化（運用時間の向上）
・コスト	：	上記回路の削減による単純で低コストな回路

また小規模（120ch以下）な2次元調査には、従来型（IFP増幅器+16ビットAD変換器）および24ビット型の有線式アナログテレメトリ探鉱機が用いられている。

5.2 データ取得技術

反射法地震探査技術の中で、データ取得仕様の策定は重要であり、調査対象地域の

- 表層付近の地質状況、
- 地下地質構造形態の概略、
- 予定測線の地形、道路状況
- 車両通行、工事等の人工ノイズの状況

等を考慮しながら、

(1)探査深度、
(2)深度方向の分解能、
(3)測線方向の分解能、

について、探査目的に合致した実行可能な調査仕様を策定する必要がある。

(1)については、どの様な震源を用いるかであり、震源エネルギの大きなものを用いれば、より深部の探査が行えるが、浅部構造の分解能が低下する(2)。

(3)については、受振点の間隔をどの様に設定するかであり、通常20m～25mであり、浅部の微細な側方変化も対象とする場合、5m～10mとする場合もある。

〈受振器・震源アレー〉

地表の受振器・震源では、震源・受振器ともそれぞれある程度の広がりを持たせる場合が多い。これは、発震点・受振点の地表付近の局所的な異常を平均化する事が、主目的である。

地表付近を横方向に伝播する表面波を震源・受振器のアレーによりある程度抑制する事ができる。しかしながら、表面波の伝播速度・周波数(伝播速度は周波数の関数である)・強度等の特性は、地域性が大きく(卓越周波数は10Hz程度である事が多いが)、理論通りの表面波抑制は困難である。受振器アレー長は、受振点間隔あるいは受振点間隔の2倍程度にするのが、一般的である。アレー長を長くすればするほど、表面波の抑制効果は大であるが、浅部急傾斜反射波まで抑制することとなり、測線方向の分解能は低下する。

〈震源・受振器のゴーストによる周波数特性の変化〉

海上反射法地震探査では、発震・受振ともに水中で実施され、海況ノイズを避けるために、水面下数 mでの観測(ストリーマー、ベイケーブル)を行っている。その場合、発震・受振ともに海面からの反射波(ゴースト)も同時に受振することが避けられない。

ゴーストは、直接受振器に到達する波に後続し、ある時間差(受振器深度と水の速度によって決まる)を持って受振器に到達するものであり、直接波とほぼ同じ振幅で、極性が反転するものである。

Fig.22にゴーストのモデル及びそのスペクトルを示した。ゴーストの特徴は、上述の時間差の逆数の周波数成分が極端に抑制される(ノッチ)ことである。図の例では、時間差20msec(水の速度を1500m/sとすると水深15mに相当するゴースト)であるので、ノッチ周波数は50Hzである。高周波数成分を精度良く観測するためには、このノッチを観測周波数帯の外側になる様に受振器深度を設定する必要がある。例えば、100Hzまでの反射波を観測するためには、受振器深度は7.5m以浅に設定する必要がある。

5.3 データ処理技術

標準的な反射法地震探査データ処理の流れ図をFig.57に示した。これらの概略を以下に述べる。

(1)共通反射点編集（ＣＤＰ編集）

陸上・海上に共通な処理で、反射法データ処理の最も基本的な処理である。全記録の発振点・受振点座標を用いて、反射点（発振点と受振点の中点座標）の分布図を作成し、反射点の分布が密な位置を選び重合測線（ＣＤＰ測線）を設定する。通常ＣＤＰ間隔は、受振点間隔の1/2とする。

(2)屈折波解析(Refraction Analysis)

陸上データ処理特有な処理であり、表層構造の不均質を補正し、地下反射波の重合効果を高めるために、重要な補正処理である。全ての現場原記録から初動走時を読みとり、その値から発振点・受振点・表層基底層速度を未知数とするインバージョンを行い（改良タイムターム法）表層の構造を求めるものである。

この結果は、表層第一層の厚さの変化および標高変化に対する走時変化の補正(屈折波静補正）のデータとして用いる。(Fig.61,62,63)

(3)最小位相変換(Minimum Phase Conversion)

バイブロサイスの現場でのコリレーション処理後の震源波形は、ゼロ位相となっているが、後に述べるデコンボリューションを行うと波形の歪が起こる。これを避けるために、震源波形をゼロ位相から最小位相変換するオペレータを設計し、それを原記録に適用する最小位相変換を行うものである。震源波形が最小位相に近いダイナマイト・油圧インパクター・エアガン等については、この補正を行う必要はない。

(4)振幅補償(Gain Recovery)

原記録では、反射時間の大きい深部反射波は減衰しているので、これを補正して定常の時系列に補正するのが、振幅補償である。反射波の距離による減衰（幾何発散(Geometrical Spreading)）効果を補正するための手法が主であるが、方法としては以下がある。

- 球面発散を補正する方法。
- 反射時間(T)の冪乗で補正する方法。
- 自動振幅調整（AGC）でデータに依存して補正する方法

現実のデータでは、球面発散補正のみでは不十分な場合が多く、データに対してテストを行い決定する。

(5)デコンボリューション(Deconvolution)(Fig.58,59,60)

発振点・受振点の特性の相違を補正し、分解能の高いデータを得るためのデコンボリューション処理を行う。最小位相を仮定しているため、震源波形が最小位相に近い場合には、この処理後震源波形は、ほぼパルスになる(Fig.58,59)。

Fig.60に示すように、最小位相からかけ離れたウォーターガン波形には、この処理が有効ではない。そこで、波形の最小位相変換を行った後、デコンボリューションを適用すると、パルス型の震源波形が得られる。

(6)速度解析(Velocity Analysis)

反射法の最も基本的な処理の一つである。ある深度からの反射波の反射時間とオフセット距離、速度(RMS速度)の関係は、前述の様に近似的には双曲線の関係がある。このことを用いて種々の一定速度を仮定して、NMO補正および重合を行うと、各反射面に対して、速度が最適の時のみ高い重合効果が得られることになる。これを利用して、各解析点周辺のCDPデータを用いて行うのが、速度解析である。定速度重合法(Constant Velocity Stack (CVSK))の速度解析例をFig.4に示した。

(7)NMO補正(NMO Correction)

各速度解析点で決定した速度関数(To,V)を測線方向に内外挿することにより、速度断面図が得られ、これを用いてNMO補正を行う。

(8)残差静補正(Residual Statics)

屈折波を用いた静補正では、比較的長周期の補正値は精度良く補正されるが、短周期の受振点・発振点固有の補正は不十分である。そこで、NMO補正後のデータの反射波を用いた残差静補正を行う。

(9)重合(CDP Stack))

NMO補正、残差静補正終了後、各CDP内の反射波走時は、同一時間に並び、屈折波・表面波・ノイズ等は同一走時とならない。そこで、これらを足し合わせる(重合)ことで、S/Nの良い反射記録が得られる。

(10)マイグレーション(Migration)

重合断面図上では、反射波は、各CDP位置から反射面までの往復垂直走時がそのCDP位置に表現されている。従って、傾斜した反射面に対しては、重合断面図上の反射面の傾斜/位置が、真の構造から若干ずれてくる。これを補正し、各CDP直下の構造形態を表す様にする処理がマイグレーション処理である。

6. 結　言

反射法地震探査の事例として、陸上・海上それぞれにつき、様々な震源ー受振器の組み合わせによりデータ取得を行った調査例をまとめた。

陸上調査については、

- ●ダイナマイトージオフォン調査
- ●バイブロサイスージオフォン調査
- ●インパクタージオフォン調査

海上調査については、

- ●エアガンーストリーマー調査
- ●エアガンーベイケーブル調査
- ●バイブロサイスーベイケーブル調査

の事例を収集した。調査地域としては、堆積岩地域および結晶質岩地域の事例をまとめた。

沿海部の深部構造探査の震源としては、陸上部ではダイナマイト、バイブロサイスが考えられるが、結晶質岩地域ではダイナマイト発震孔の作孔が困難な事が予想される。従って神戸・淡路島等で有効性が確認できているバイブロサイスが最も適していると思われる。特に、調査地域が都市部およびその周辺である場合は、ダイナマイトの使用は問題が多い。また、都市部特有の車両等の人工的なノイズに対しては、バイブロサイス震源が圧倒的に良質なデータ取得が行える。

海上部（浅海、深海）の震源としては、エアガンが最も適している。対象深度を考慮して、エアガン容量、バブル抑制エアガンの使用等を決定する必要がある。

受振器としては、陸上部はジオフォンが一般的である。浅海部では、ベイケーブル、深海部はストリーマーケーブルが望ましい。

沿海部（海陸境界部）においても、十分な重合数・十分なオフセット距離を確保することが重要と思われるが、これを実現するためには、陸上発震（バイブロサイス）での浅海部受振（ベイケーブル）のデータ取得および浅海部発震（エアガン）での陸上受振（ジオフォン）のデータ取得が必要である。

深海部においてはエアガンーストリーマーの組み合わせでデータ取得を行えば良い。

データ処理においては、海陸境界部では、2種類の震源、2種類の受振器により取得されたデータが混在することになるが、異種震源・異種受振器の特性を把握してそれらを的確に補正する手法が必要である。

7．参考資料

・Maurice Pieuchot(1984)、Seismic Instrumentation, Handbook of Geophysical Exploration, Section 1., Volume 2, Geophysical Press.

・R. McQuillin, et al. (1984)、An Introduction to Seismic Interpretation, Reflection Seismics in Petroleum Exploration, Graham & Trotman

・W. C. Pritchett(1990)、Acquiring Better Seismic Data, Chapman and Hall

・井川、太田(1988)、Introduction to Exploration Seismology, 地科研技術報告No. 64

・井川(199４)、地下構造の探査ー反射法地震探査とVSP(Vertical Seismic Profiling), 地震、第２輯、第47巻、103－112

・井川、川中他(1996)、1995年兵庫県南部地震震源域周辺の深部反射法調査について、物理探査、Vol. 49、No. 6

・横倉、加野他(1996)、1995年兵庫県南部地震震源域周辺の断層・基盤構造について、物理探査、Vol. 49、No. 6

・「昭和60年度 高精度地震探鉱法の開発研究」総合報告書(TRC, SK, 地科研)　昭和61年3月

・「平成元年度 笠間地域物理探査」 報告書（金属鉱業事業団）　平成元年11月

・「平成元年度 深部探鉱研究班'89地震探鉱調査 報告書」（SK、地科研）　平成２年10月

・「平成２年度 深部探鉱研究班'90地震探鉱調査 報告書」（SK、地科研）　平成２年10月

・「平成４年度 難地域物理探査技術に関する研究報告書」（石油公団TRC）　平成５年3月

・「平成６年度 地熱探査技術等検証調査 断裂型貯留層探査法開発 弾性波利用探査法開発」報告書（新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)）　平成７年3月

・「平成７年度 淡路島横断地下構造調査」総合報告書(東大地震研究所)　平成８年1月

・「茂住反射法地震探査」（動燃 委託業務報告書総合報告書）　1996年３月

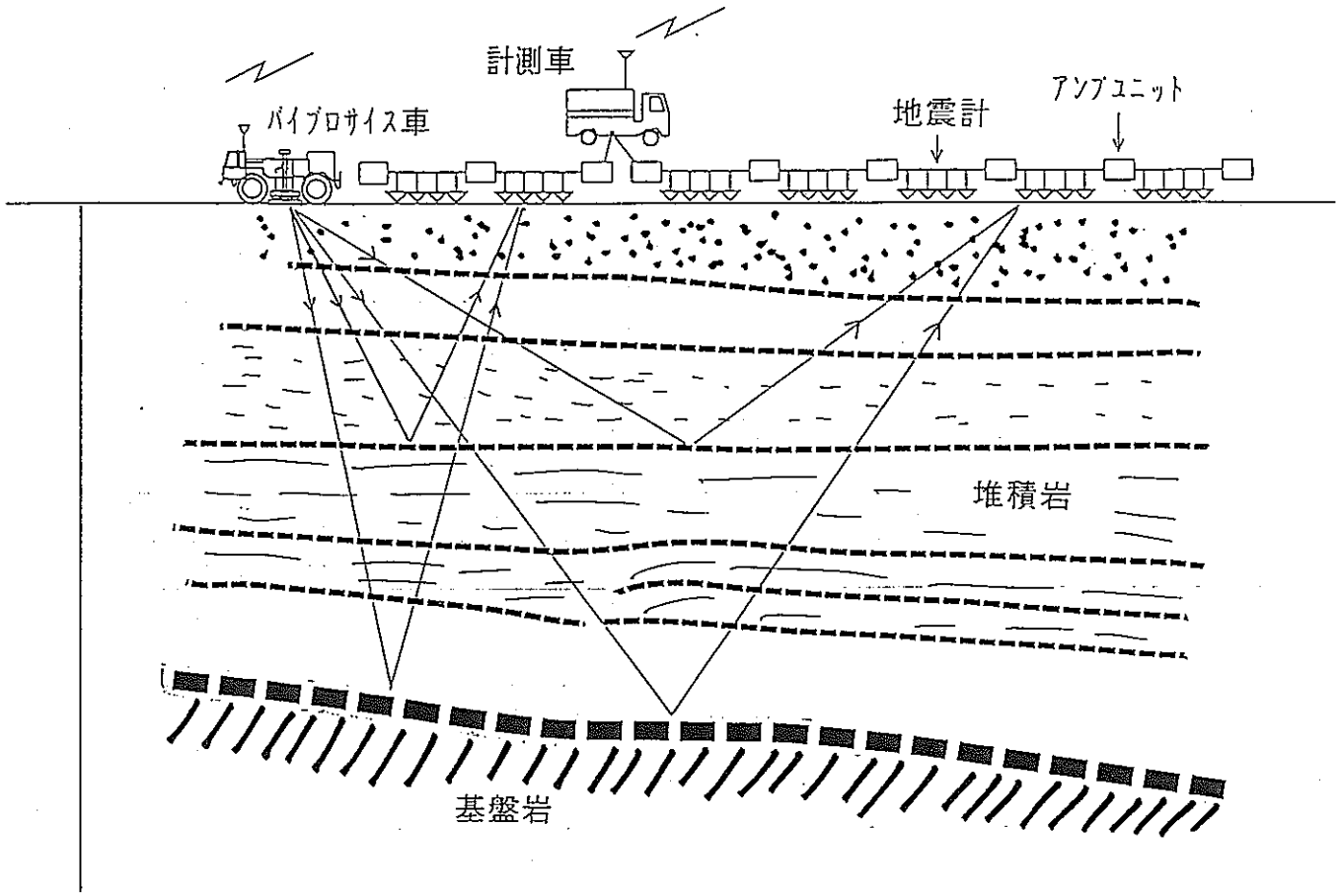
・ YUATSU IMPACTOR JMI-200 II、JGI Technical News No. 102

・ YUATSU IMPACTOR JMI-400(P&S) 、JGI Technical News No. 112

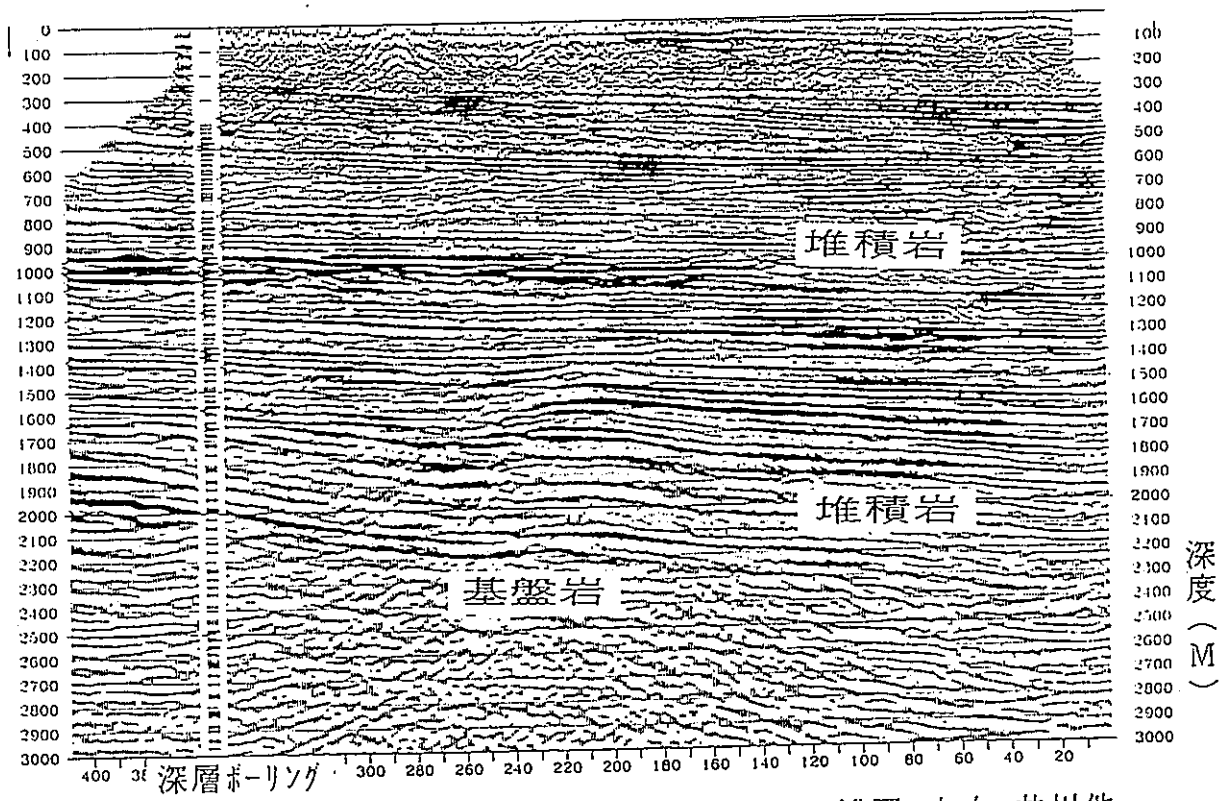
・ SEISMIC SURVEY WITH VIBRATORY ENERGY SOURCE, JGI Technical News No. 107

・ REFRACTION ANALYSIS on INTERACTIVE GRAPHIC SYSTEM, JGI Technical News No. 110

バイブロサイス反射法調査



反射波断面図



府中市に於けるバイブロサイス反射法，地震学会，1991，浅野，山水，井川他

Fig. 1　陸上反射法地震探査作業概念図

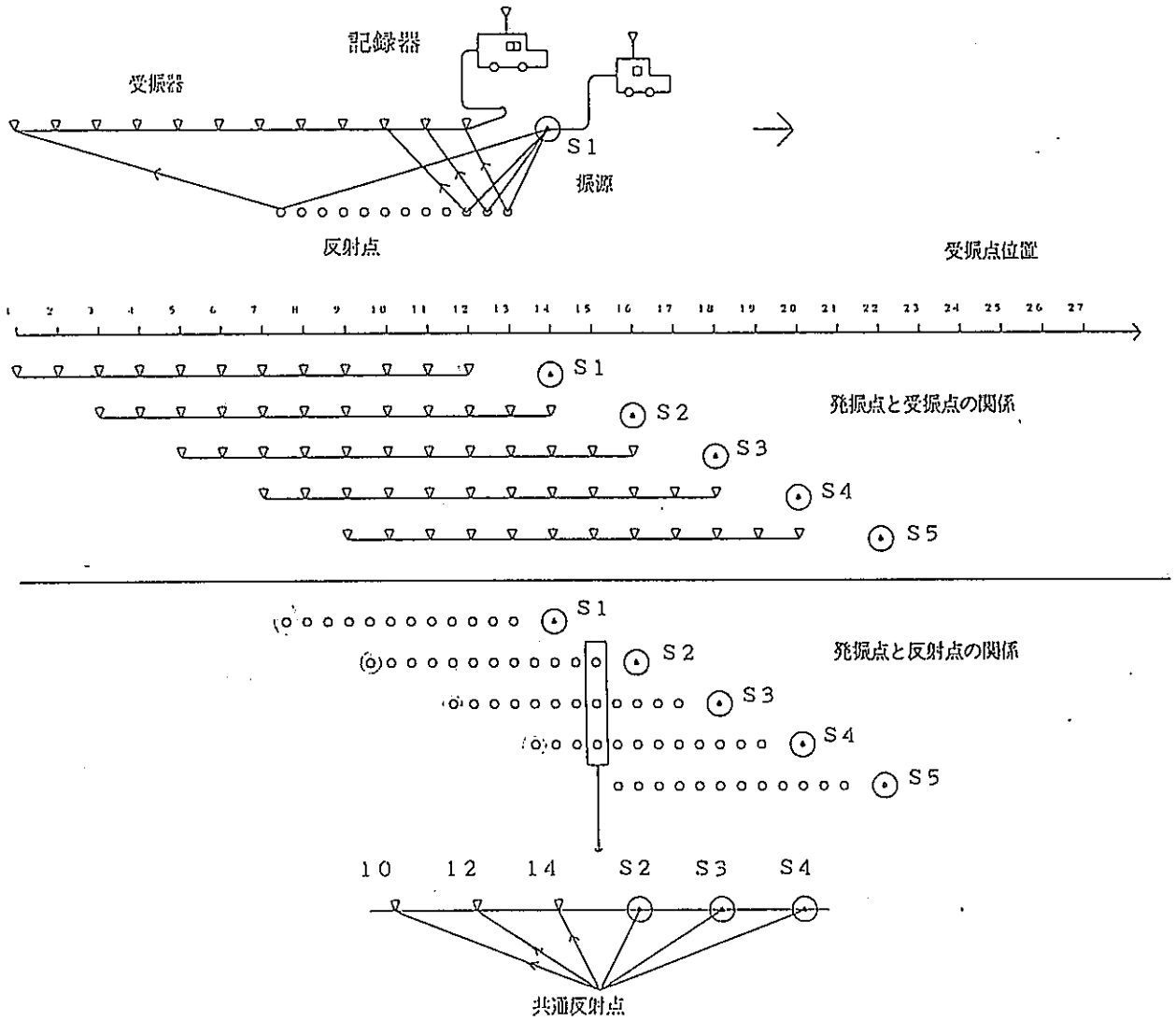
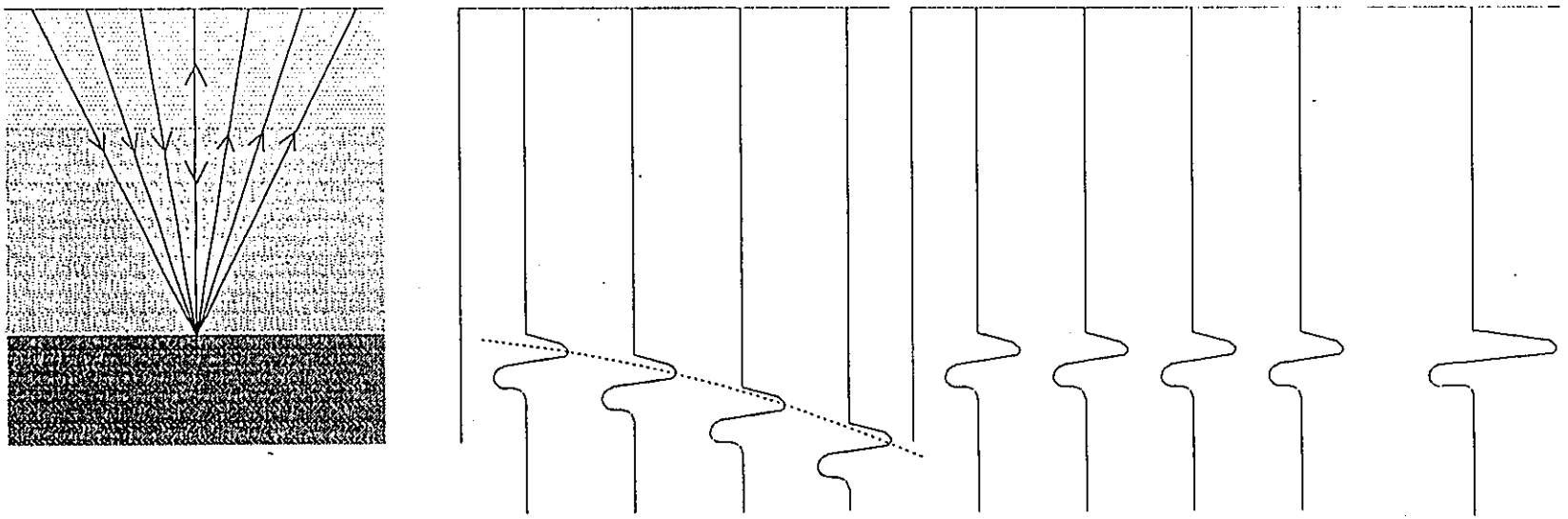


Fig. 2 共通反射点重合法（CDP法）作業概念図

共通反射点重合法



（1）共通反射点　（2）反射波　（3）ＮＭＯ補正　（4）重　合

図　３．１３

Fig. 3　共通反射点重合法（ＣＤＰ法）解析概念図

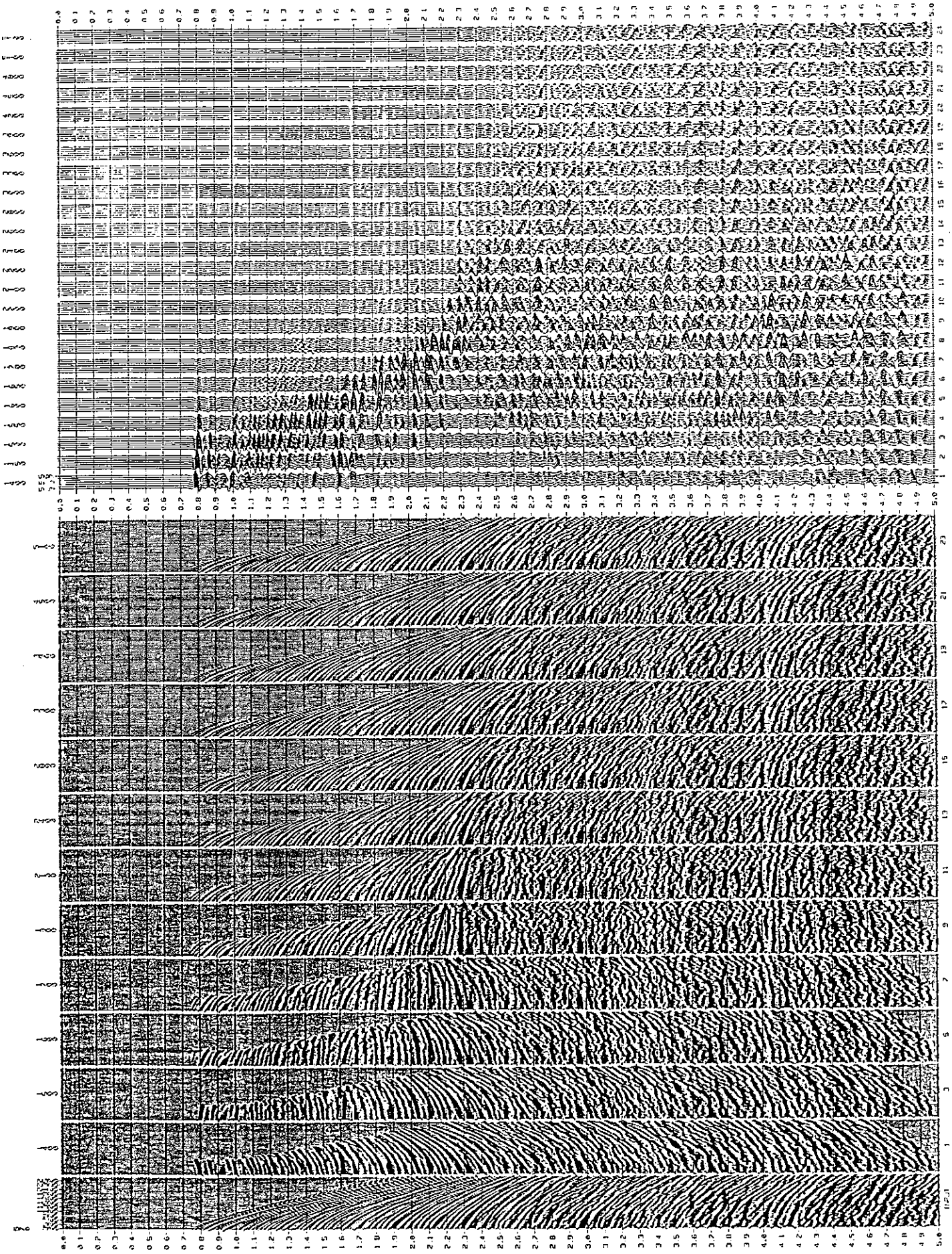


Fig. 4　速度解析の実例（海上データ）

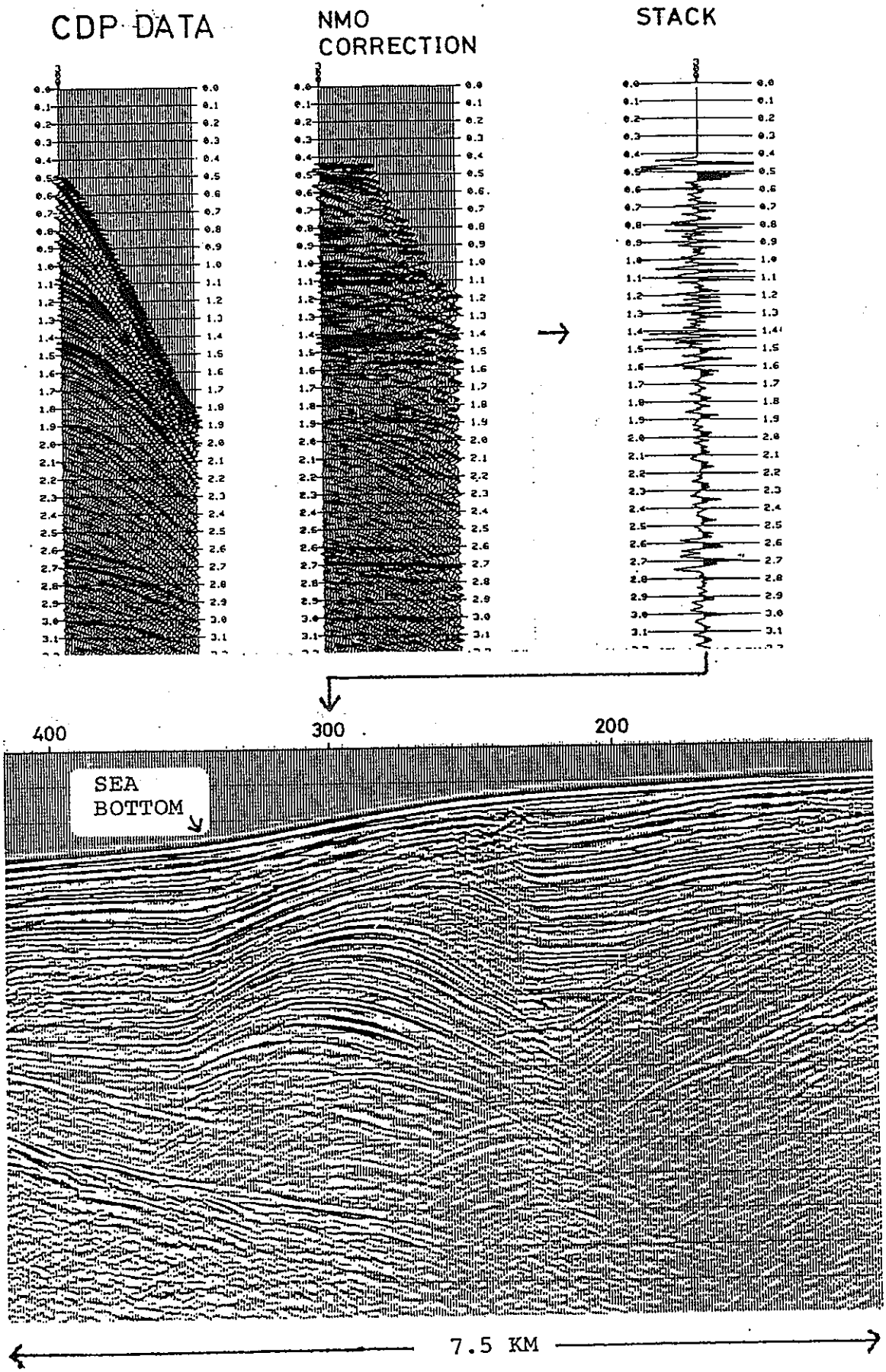


Fig. 5 CDP 重合の実例（海上データ）

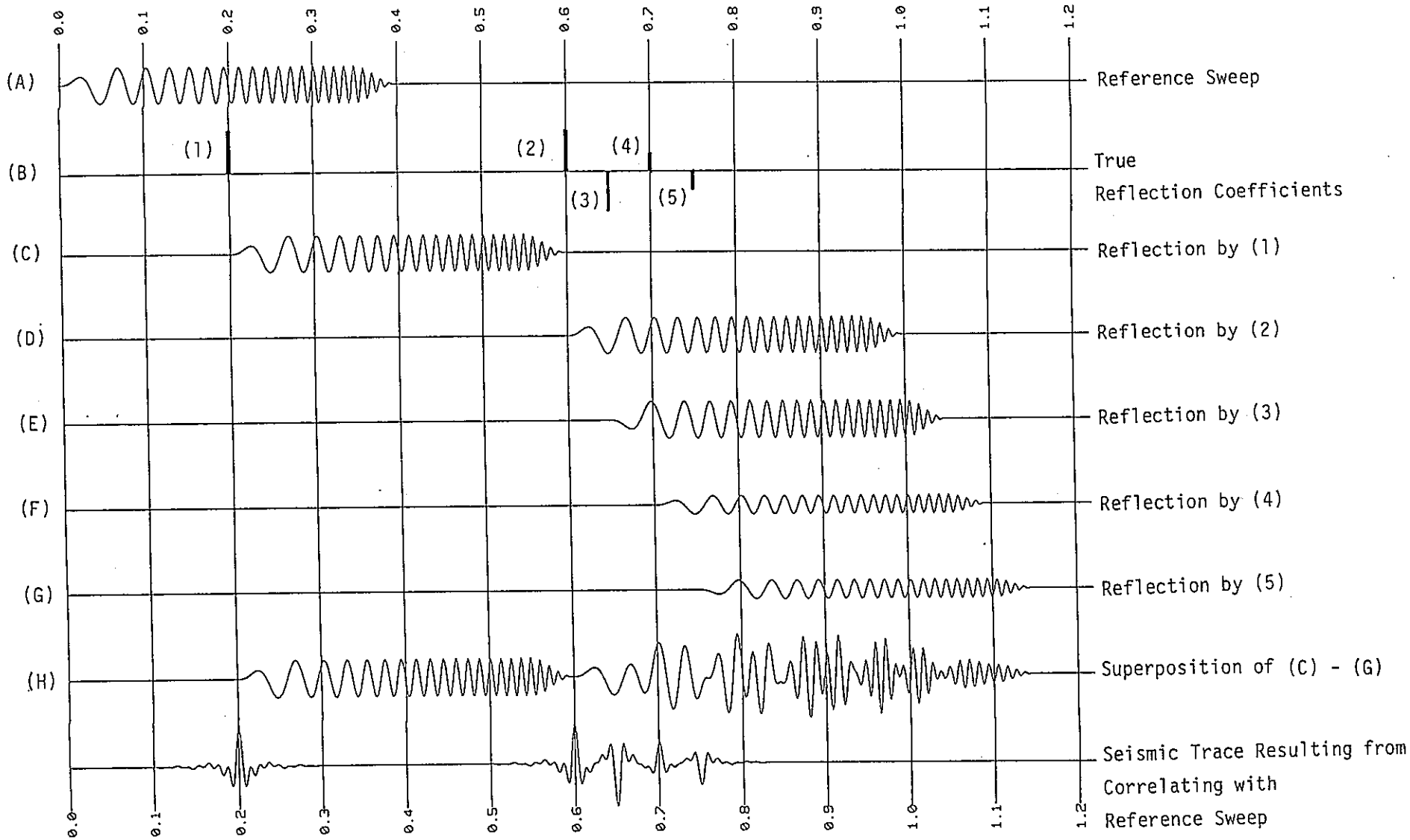


Fig. 6 バイブロサイス波形処理概念図

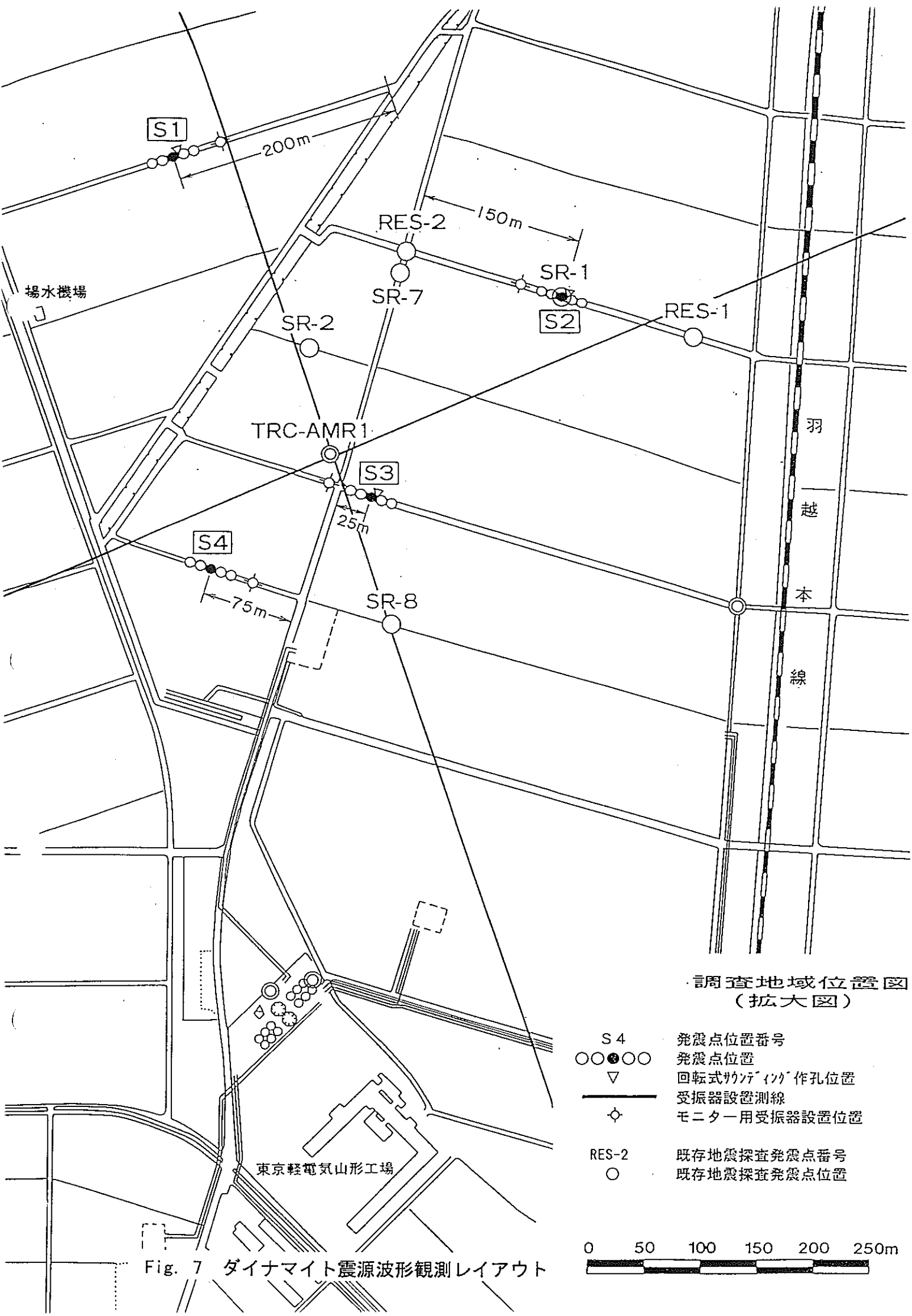


Fig. 7 ダイナマイト震源波形観測レイアウト

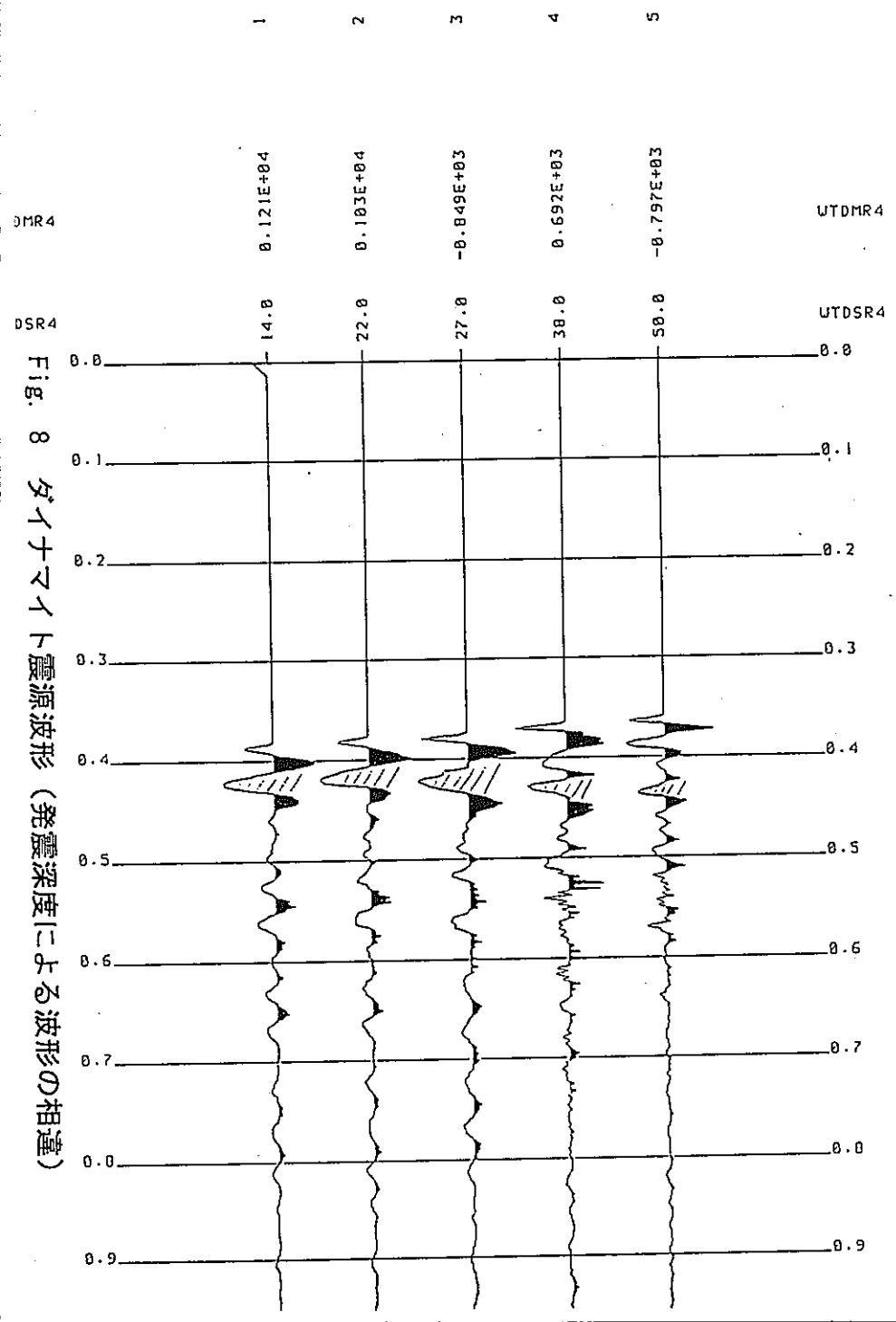


Fig. 8 ダイナマイト震源波形（発震深度による波形の相違）

```
* AMARUME YOBI-JIKKEN
(LRS1300 V-COMP.   SHOT: S3) **

          SHOT DEPTH
  SEQ.1     14 M
  SEQ.2     22 M
  SEQ.3     27 M
  SEQ.4     38 M
  SEQ.5     50 M

 PROCESSING SEQUENCE

 1) SCAL2MAX
 2) PLOT
     POLARITY:
       DOWNGOING NEGATIVE
     EXC 0.5
```

TRC-AMR1内受振器記録（S 3）

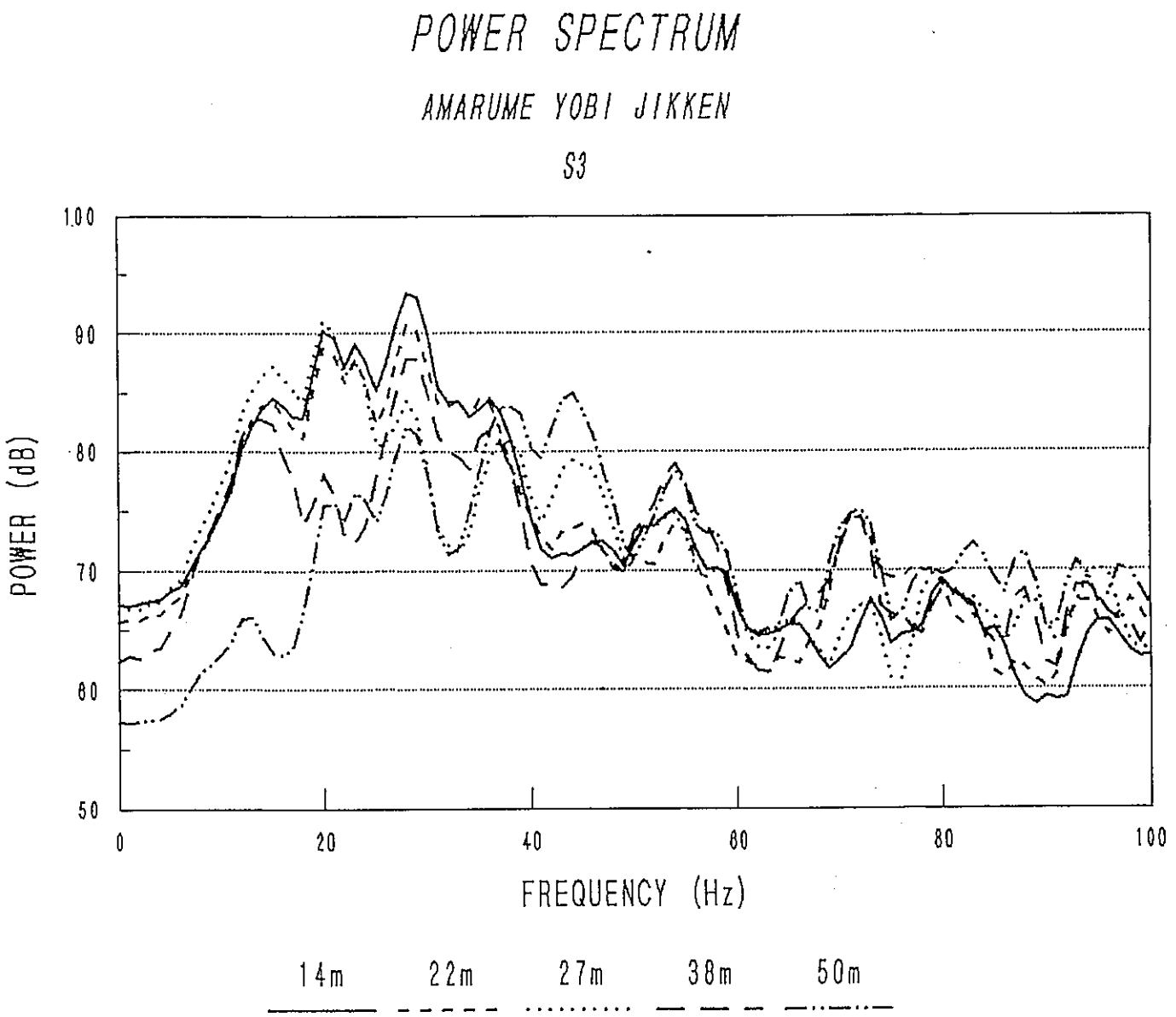


Fig. 9 ダイナマイト震源波形スペクトル

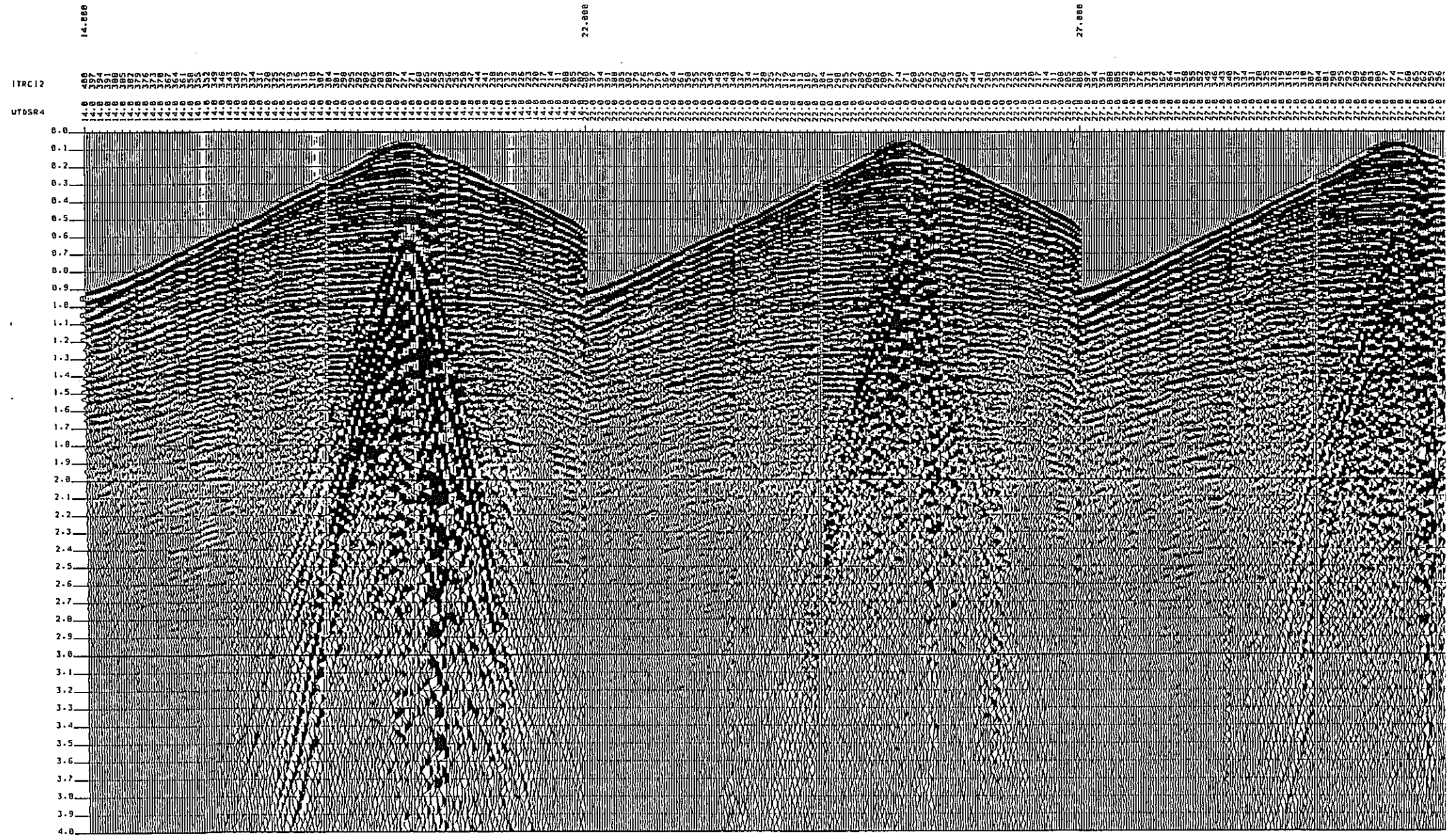


Fig. 10　ダイナマイト震源波形の相違によるショット記録の相違

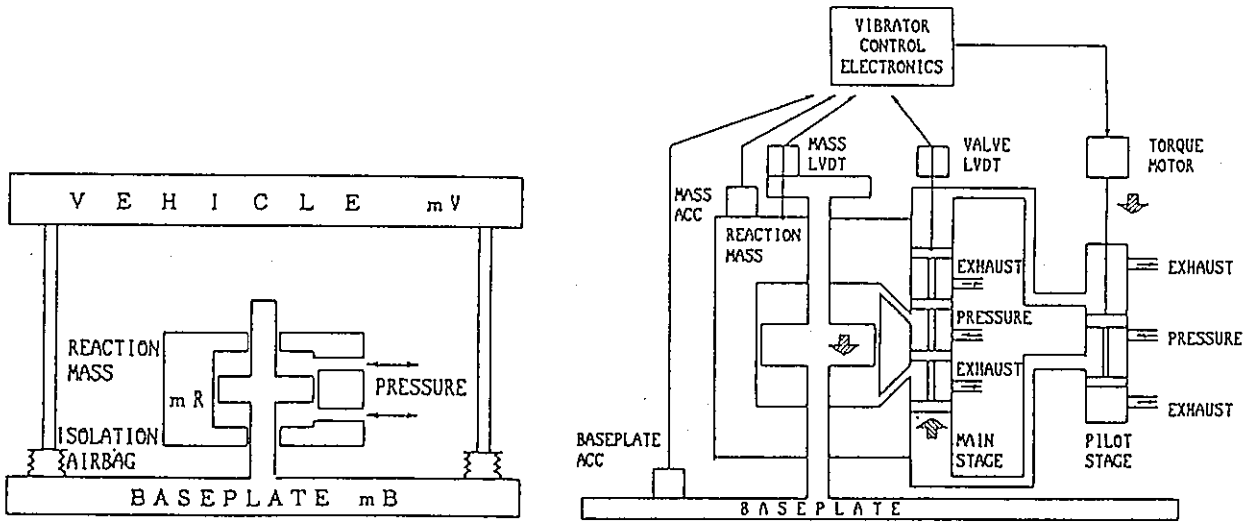
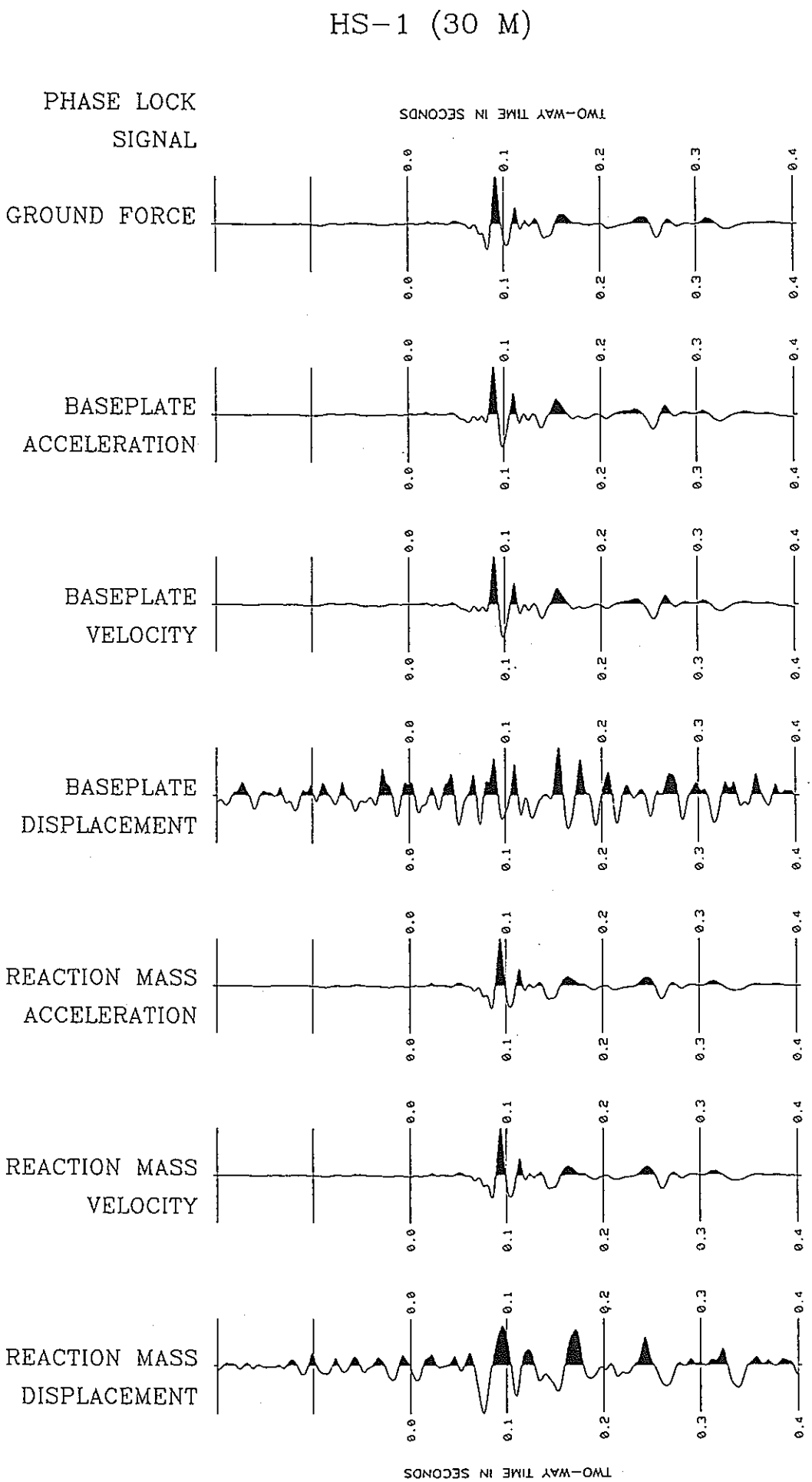
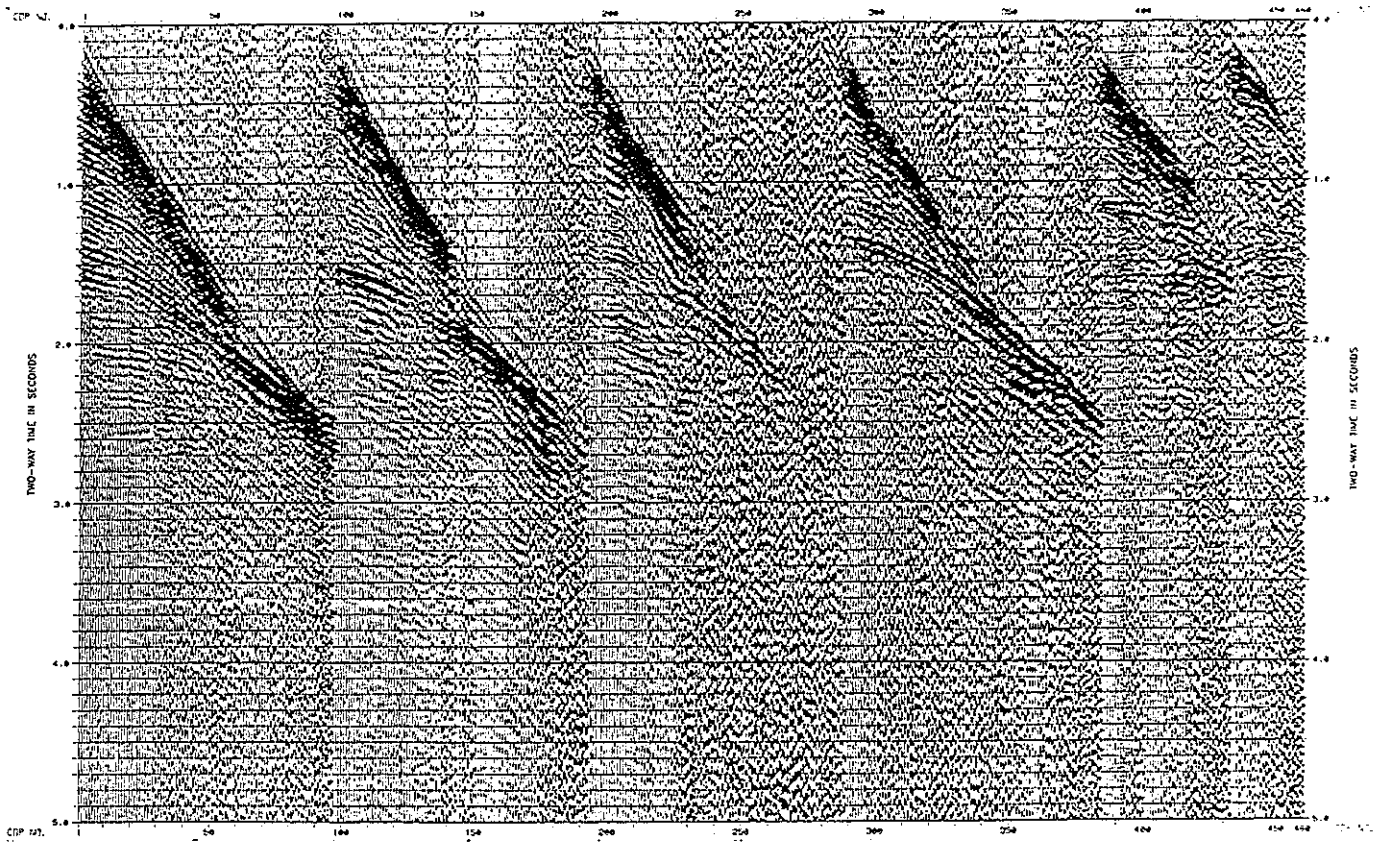


Fig. 11 パイプロサイス作動原理図（JGI Technical News No. 107 より）

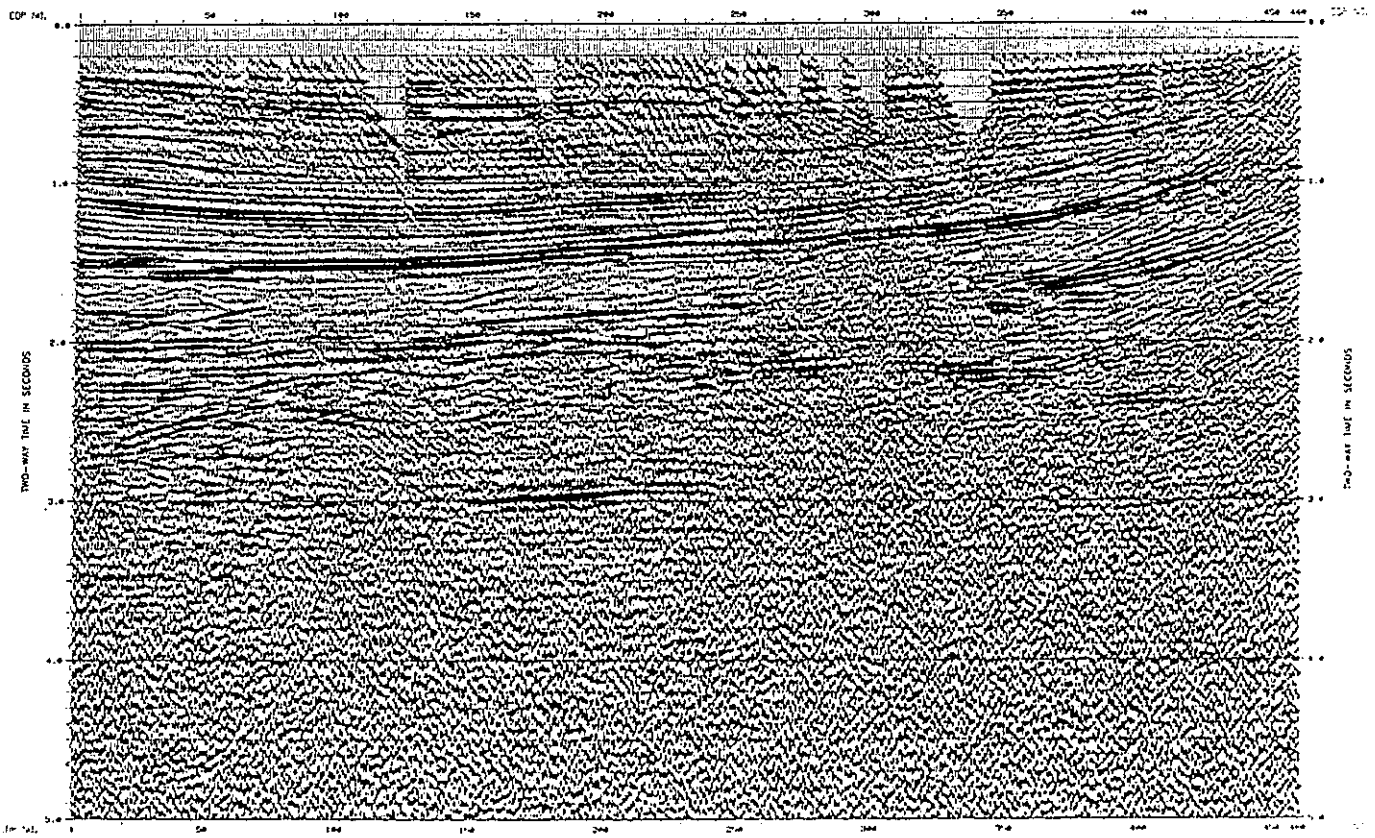


様々な位相制御信号を用いたときのバイブレータ
直下30mの地震計による観測波形の相互相関波形

Fig. 12　バイブロサイス震源波形（相互相関後）（JGI Technical News No. 107 より）

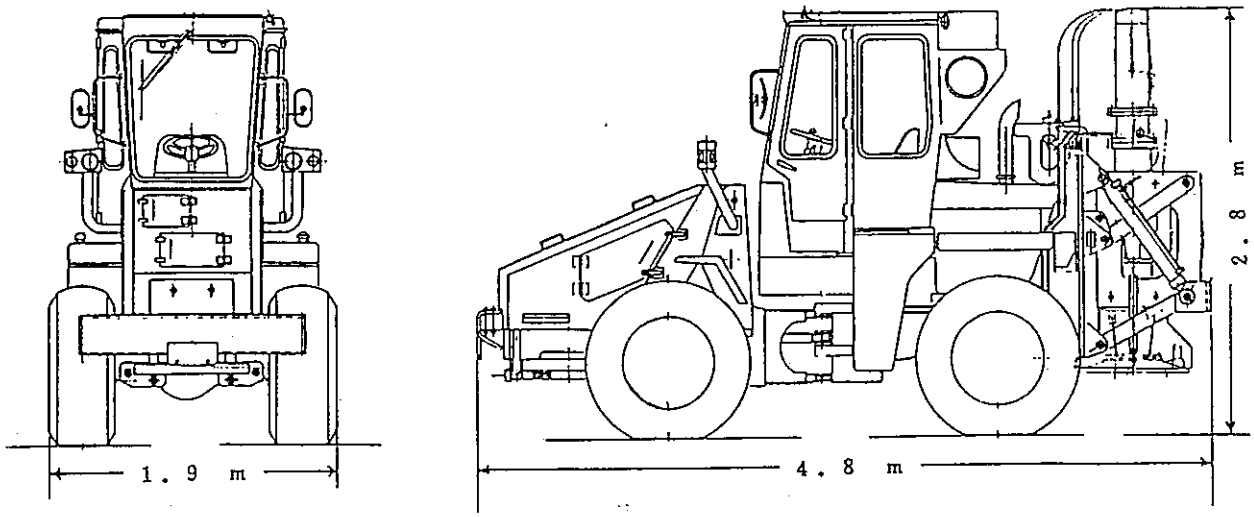


相互相関後の原記録



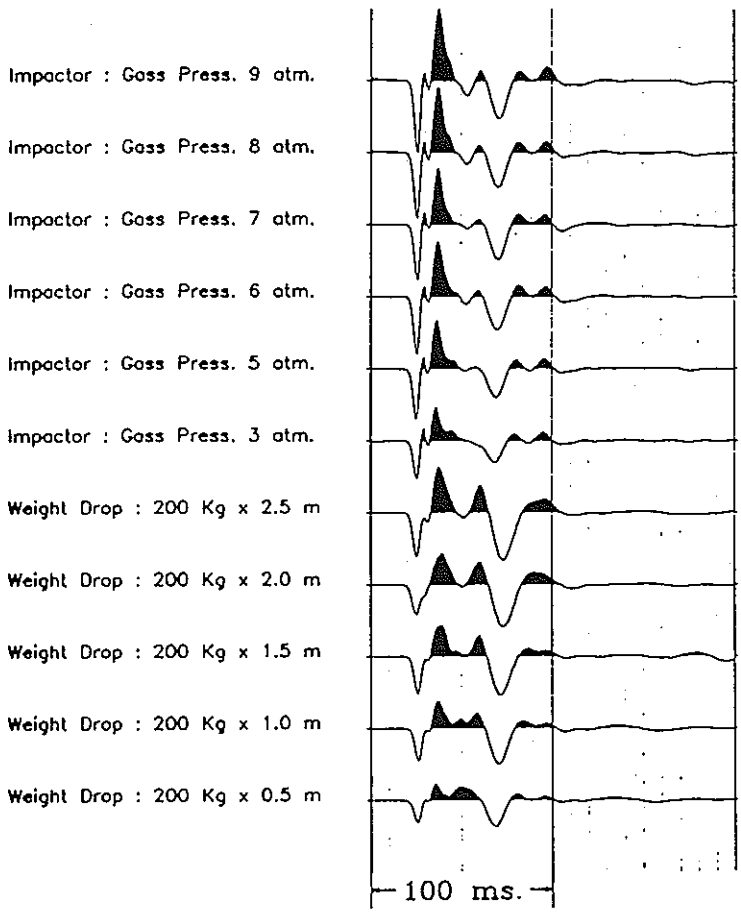
重合断面図（昭和61年度 地震学会講演予稿集 No.2）

Fig. 13　バイブロサイスショット記録/重合記録例（JGI Technical News No. 107 より）

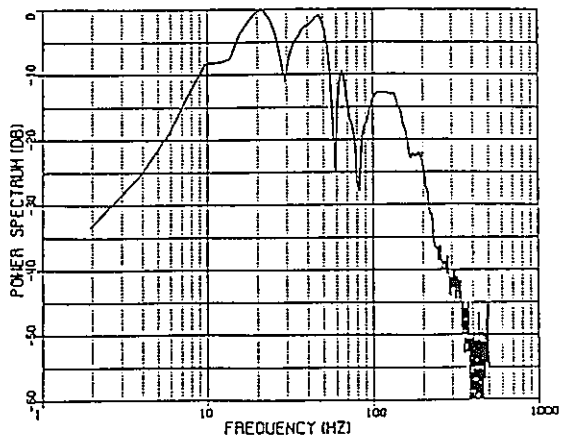


Observed Source Signature

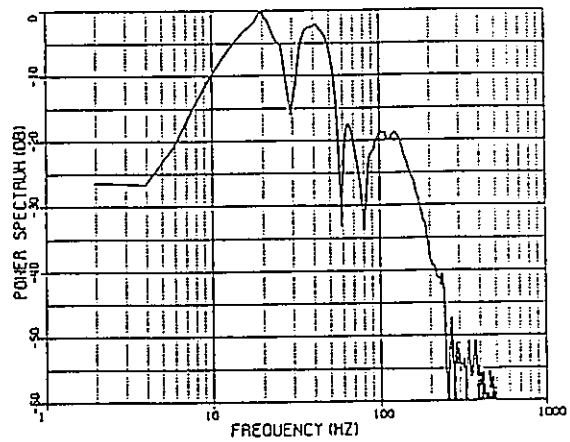
Well Depth 5 meter
(Relative Amplitude Preserved)



Power Spectrum of Source Signature



IMPACTOR

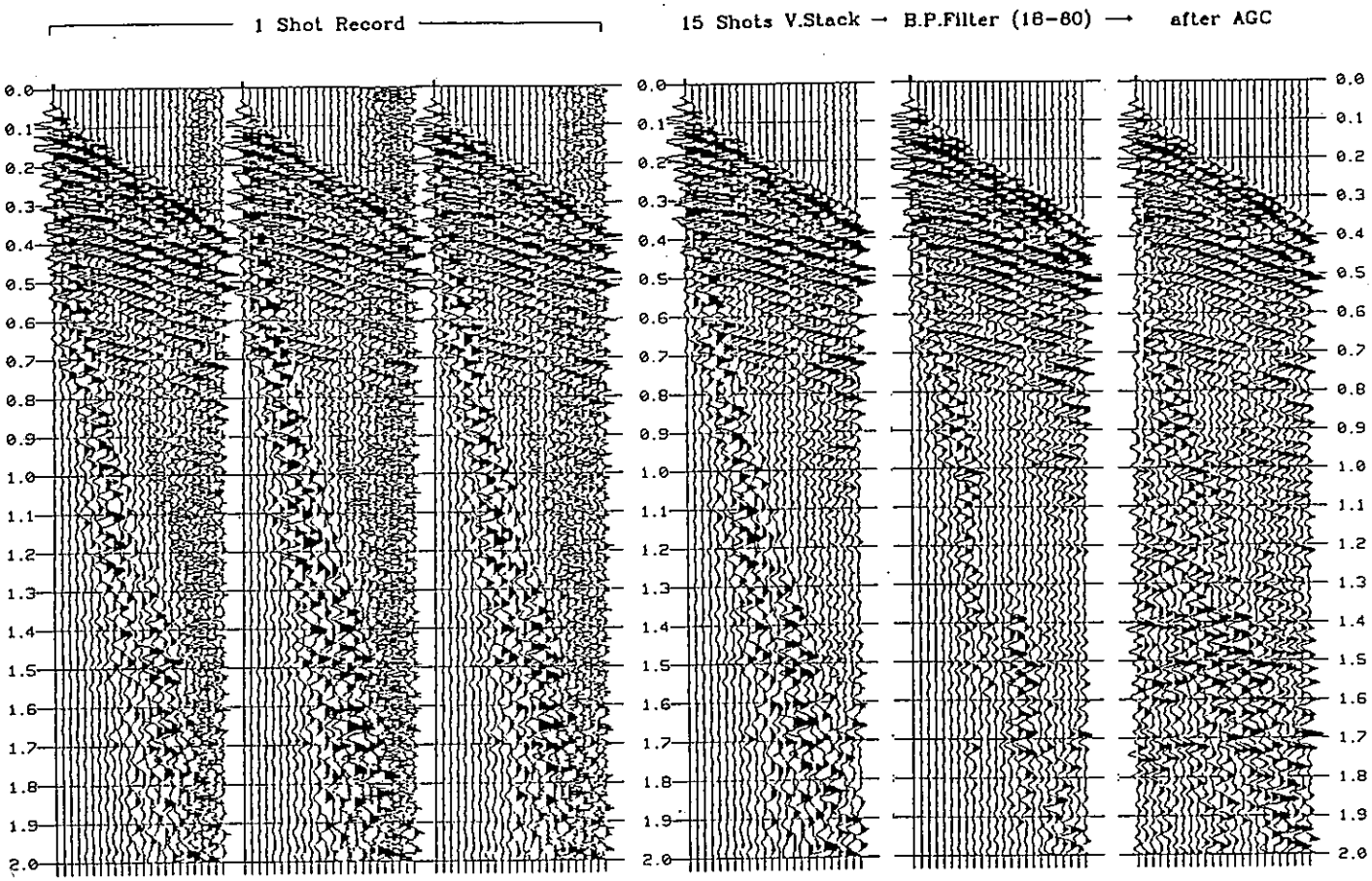


WEIGHT DROP

Fig. 14 油圧インパクタ震源波形（JGI Technical News No. 102 より）

Example of Shot Record

Max. offset = 480 m



Comparison of Shot Record

Max. offset = 1500 m

IMPACTOR
(1 UNIT)
30 Impacts Stack

VIBRATOR
(4 UNITS)
8 – 43 Hz Up Sweep
20 Sweeps Stack

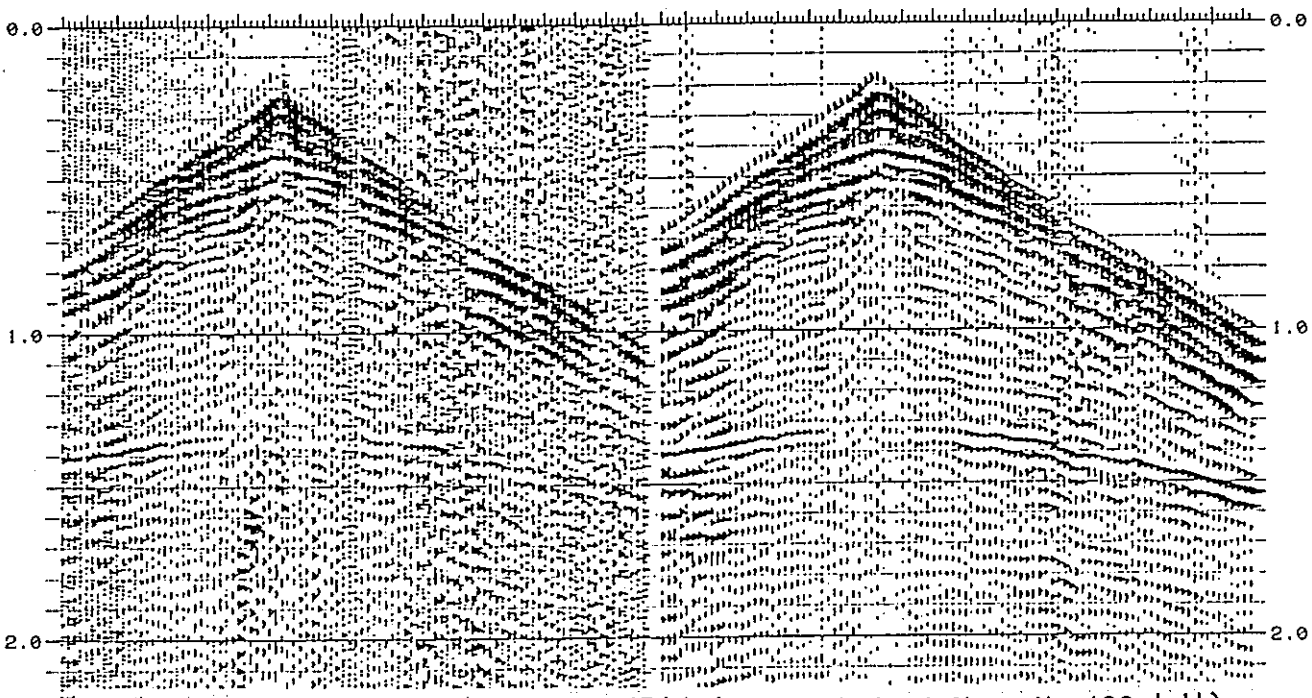


Fig. 15 油圧インパクタショット記録例 (JGI Technical News No. 102 より)

MAIN CHARACTERISTICS

IMPACTOR

Mass Weight	200 Kg
Baseplate Weight	200 Kg
Impact Speed	8.0 m/s(Max)
Impact Energy	6400 joules

VEHICLE (MITSUBISHI WS-500)

Turning Radius	3.7 m
Speed	30 Km/h

DIMENSION (Including Vehicle)

Width	1.9 m
Length	4.8 m
Height	2.8 m
Weight	6.5 ton

Comparison of 24-fold Stack Section

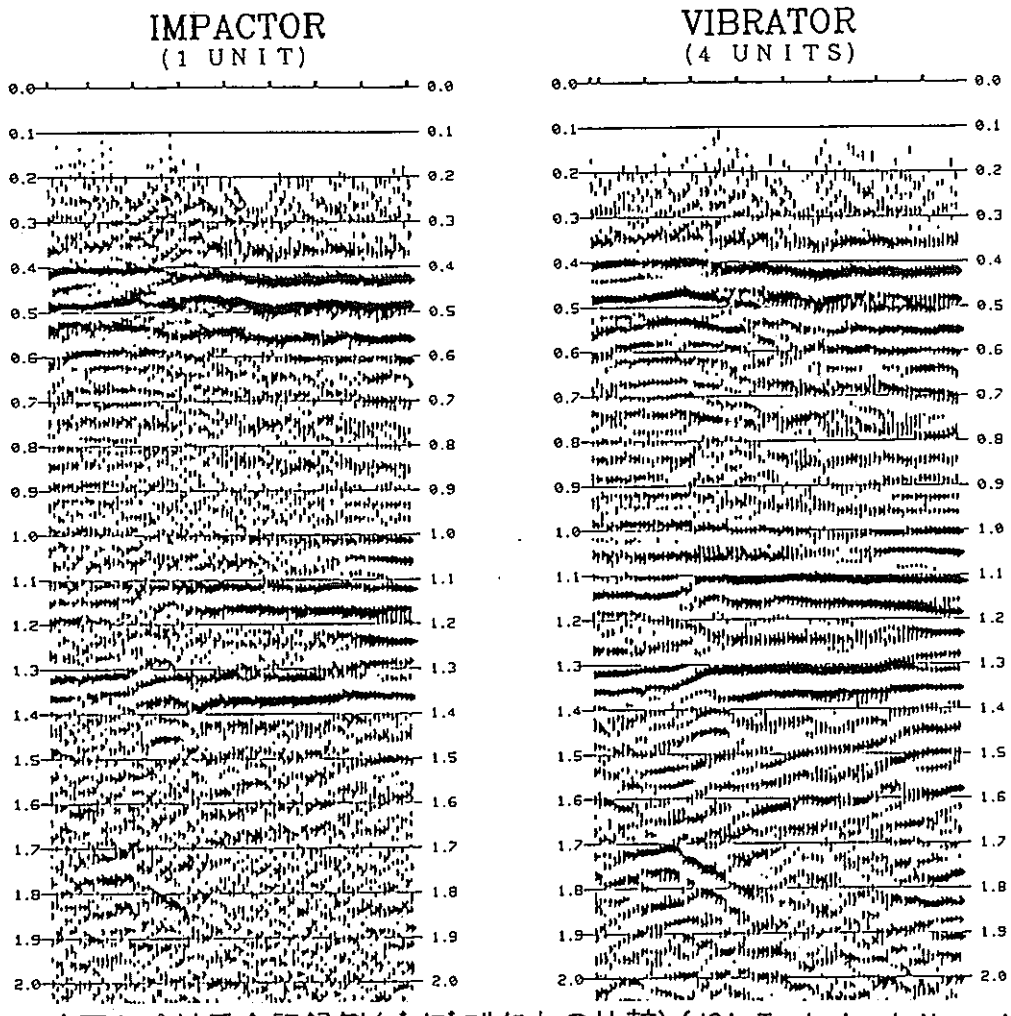


Fig. 16 油圧インパクタ重合記録例(バイブロサイスとの比較)(JGI Technical News No. 102 より)

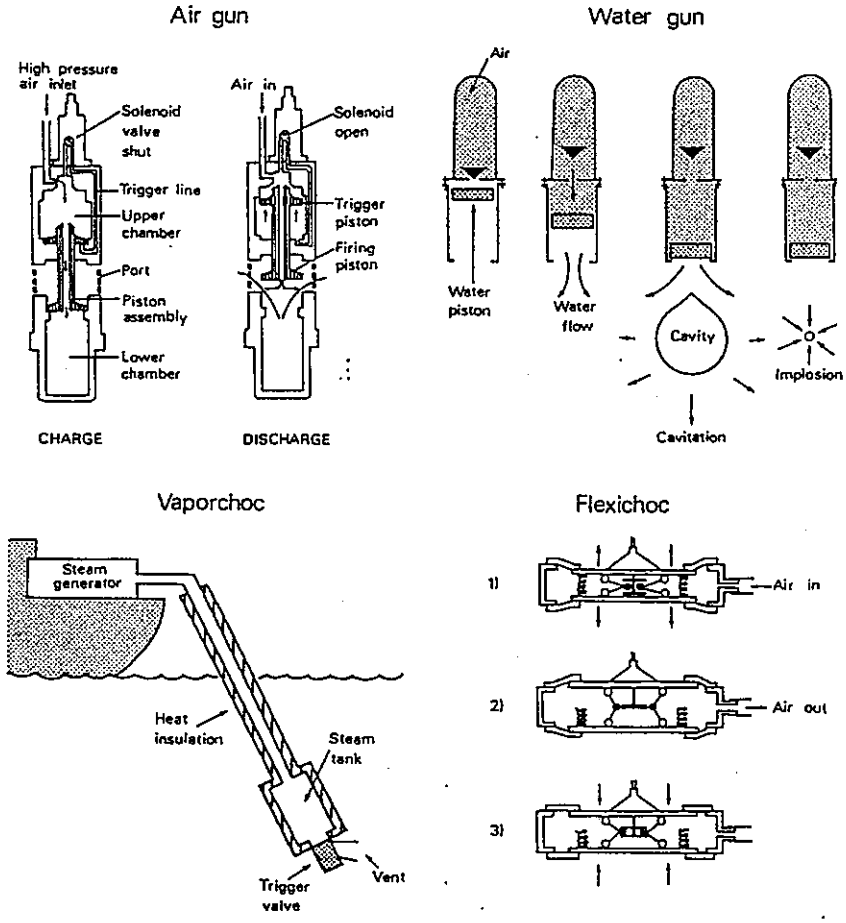


Fig. 17　海上震源の種類および作動原理図（McQuillin, 1984 より）

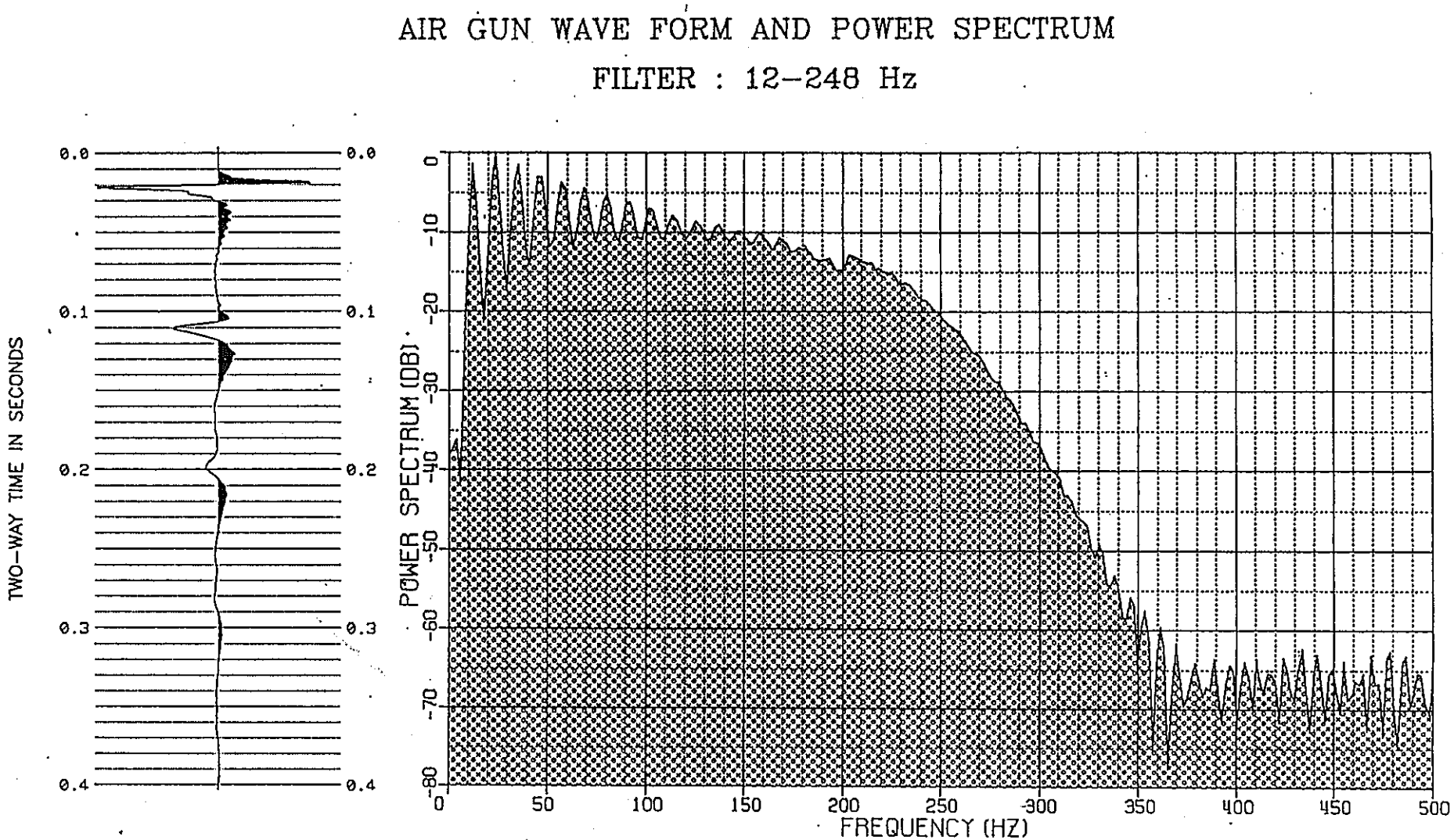
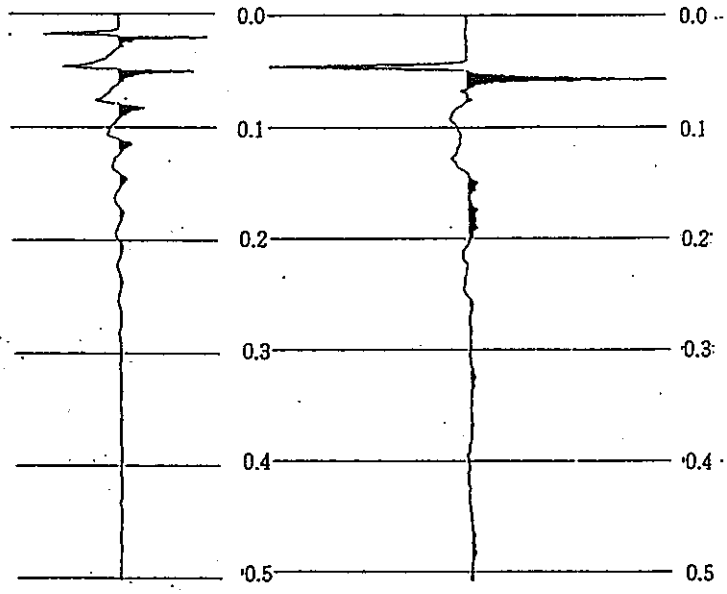


Fig. 18 エアガン震源波形およびそのスペクトル



1個のエアガン（左）と，組み合わせによるエアガン（右）の発音波形

Fig. 19　単一エアガンおよび Tuned エアガンアレーの震源波形

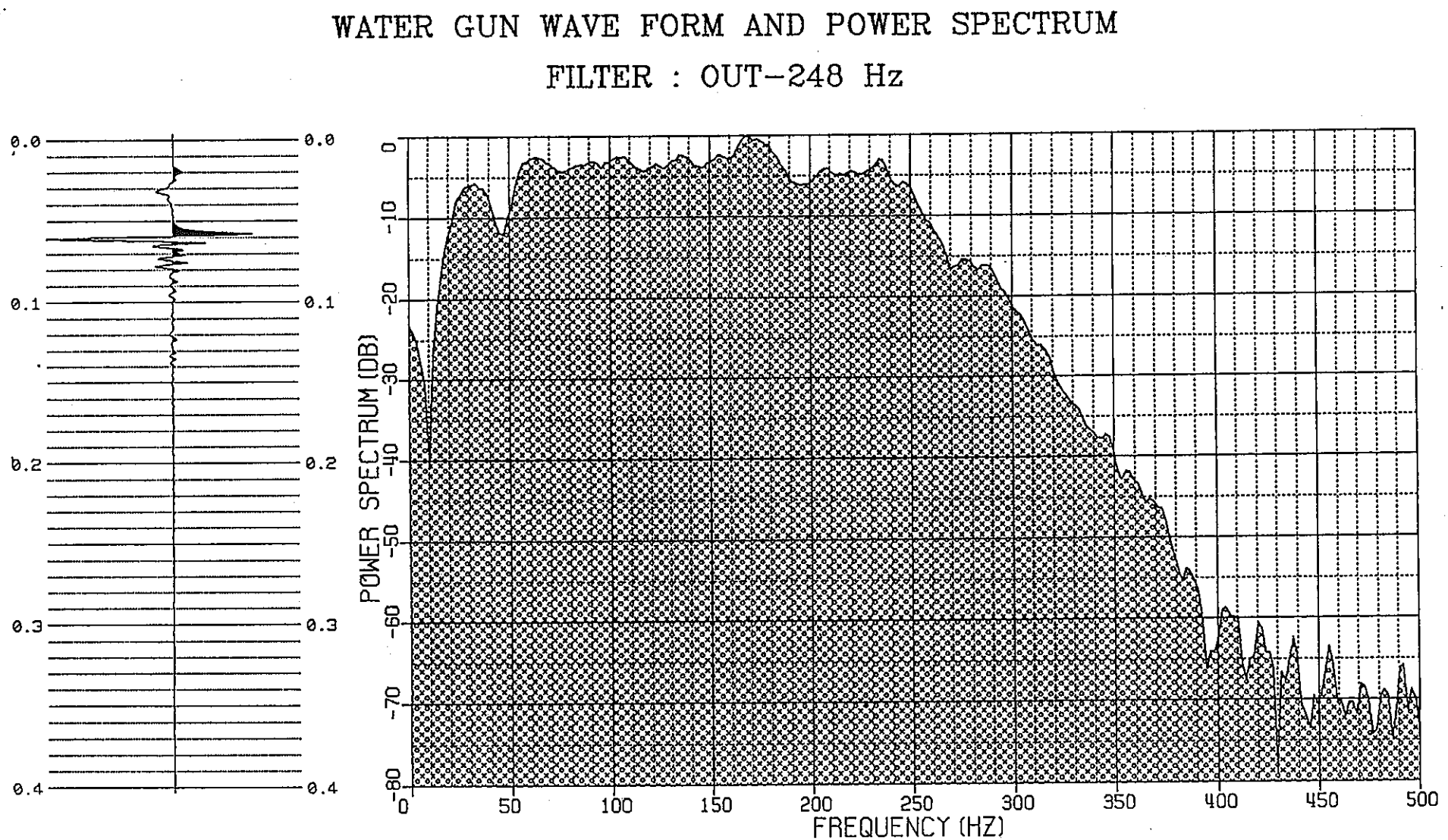


Fig.20 ウォーターガンの震源波形およびそのスペクトル

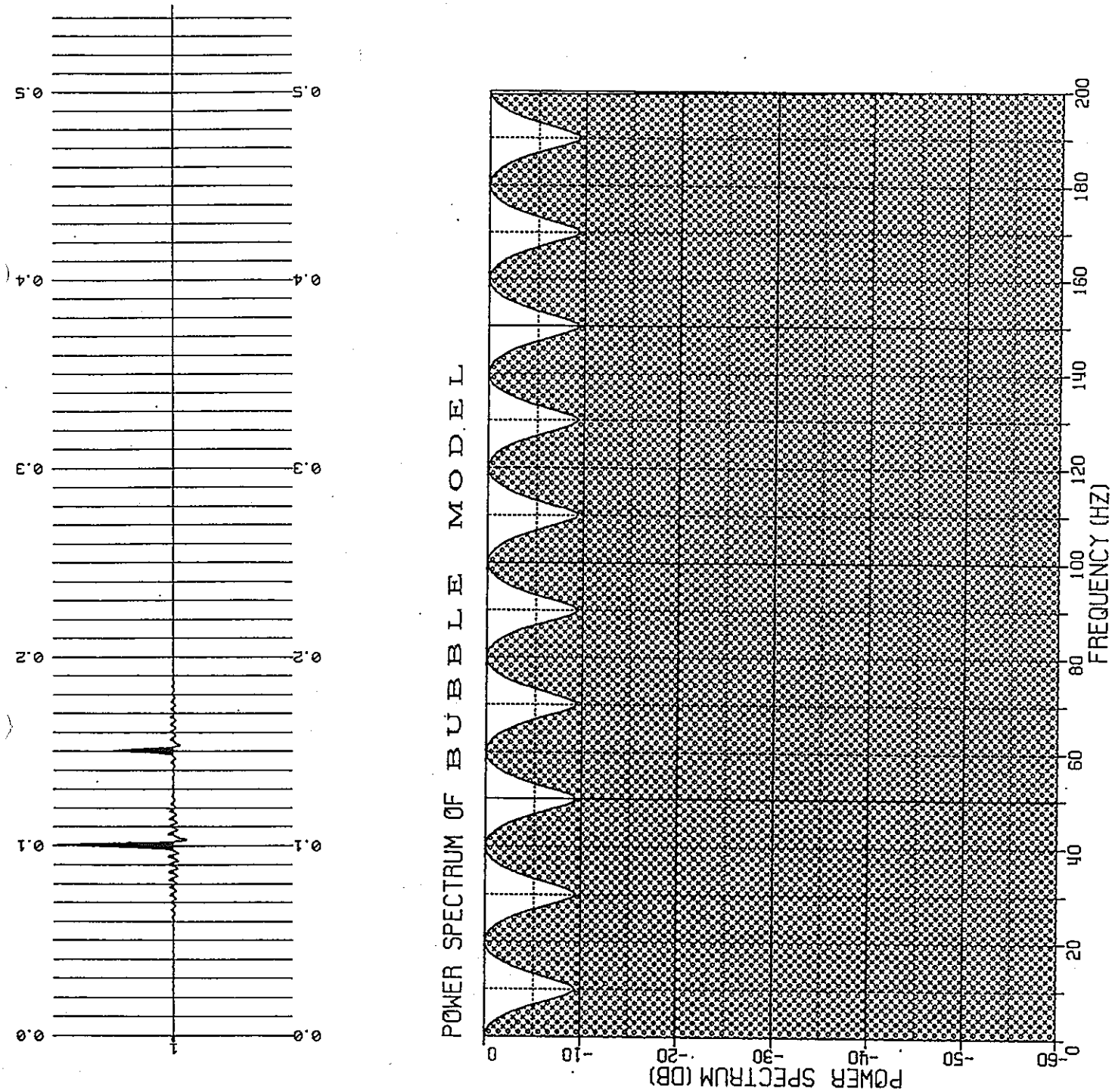
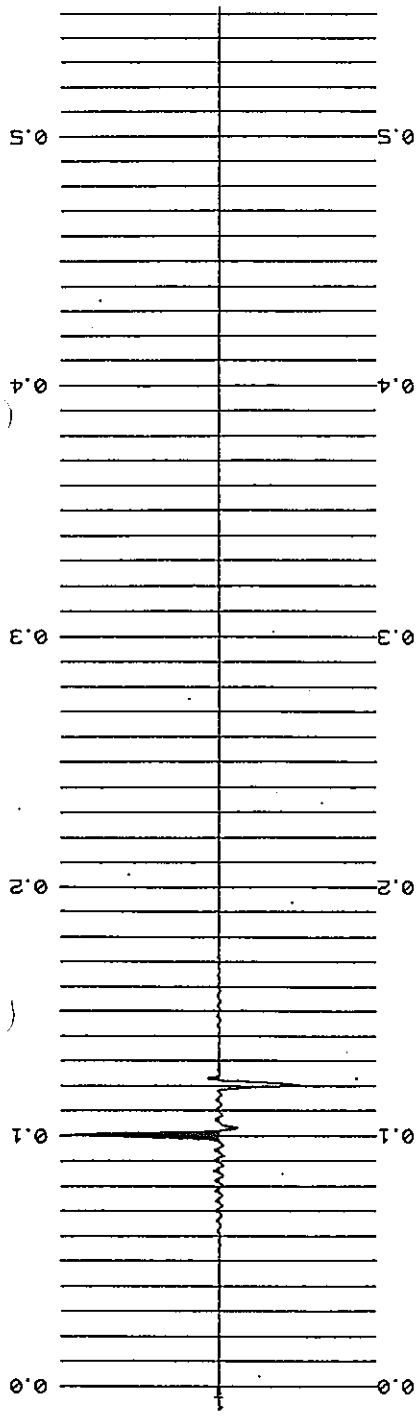


Fig. 21　バブルモデルおよびそのスペクトル



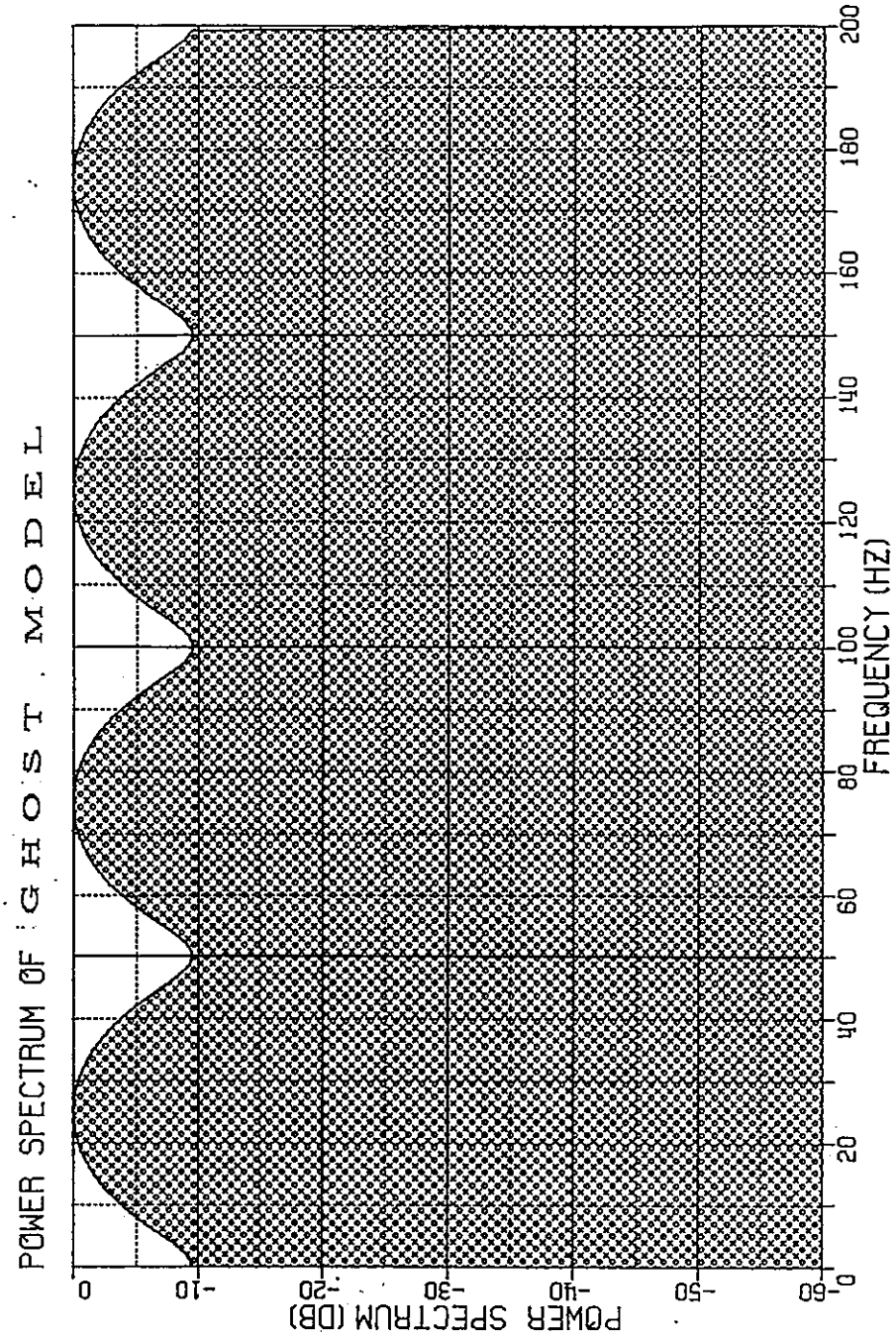


Fig. 22　ゴーストモデルおよびそのスペクトル

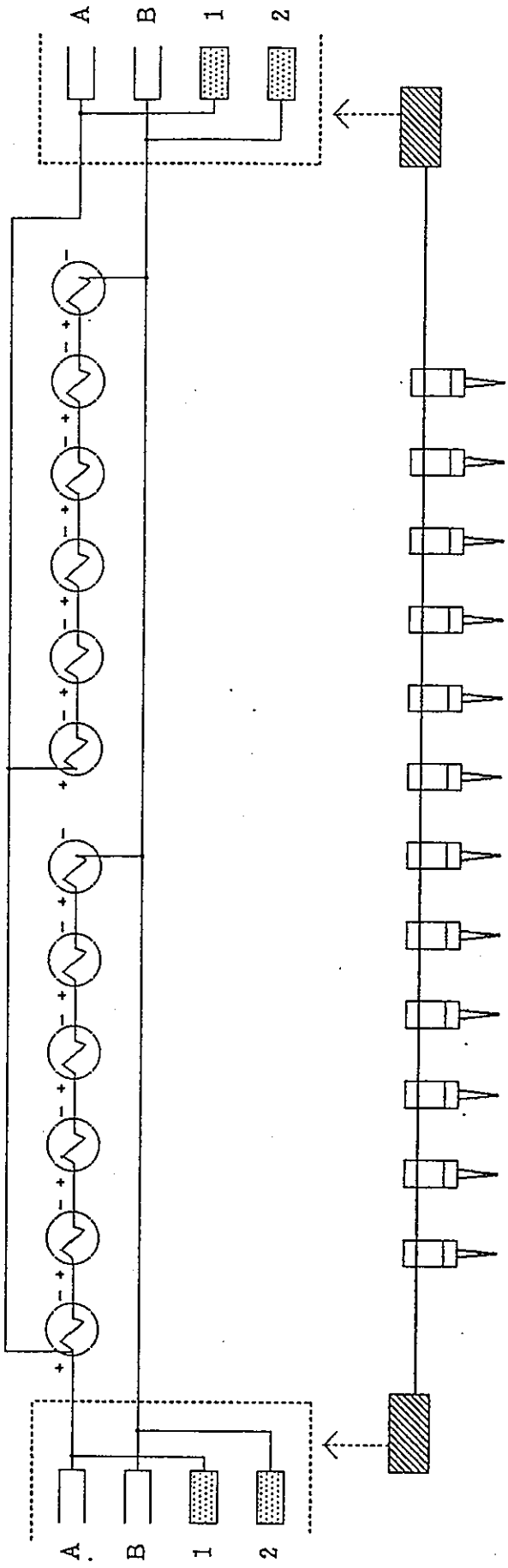
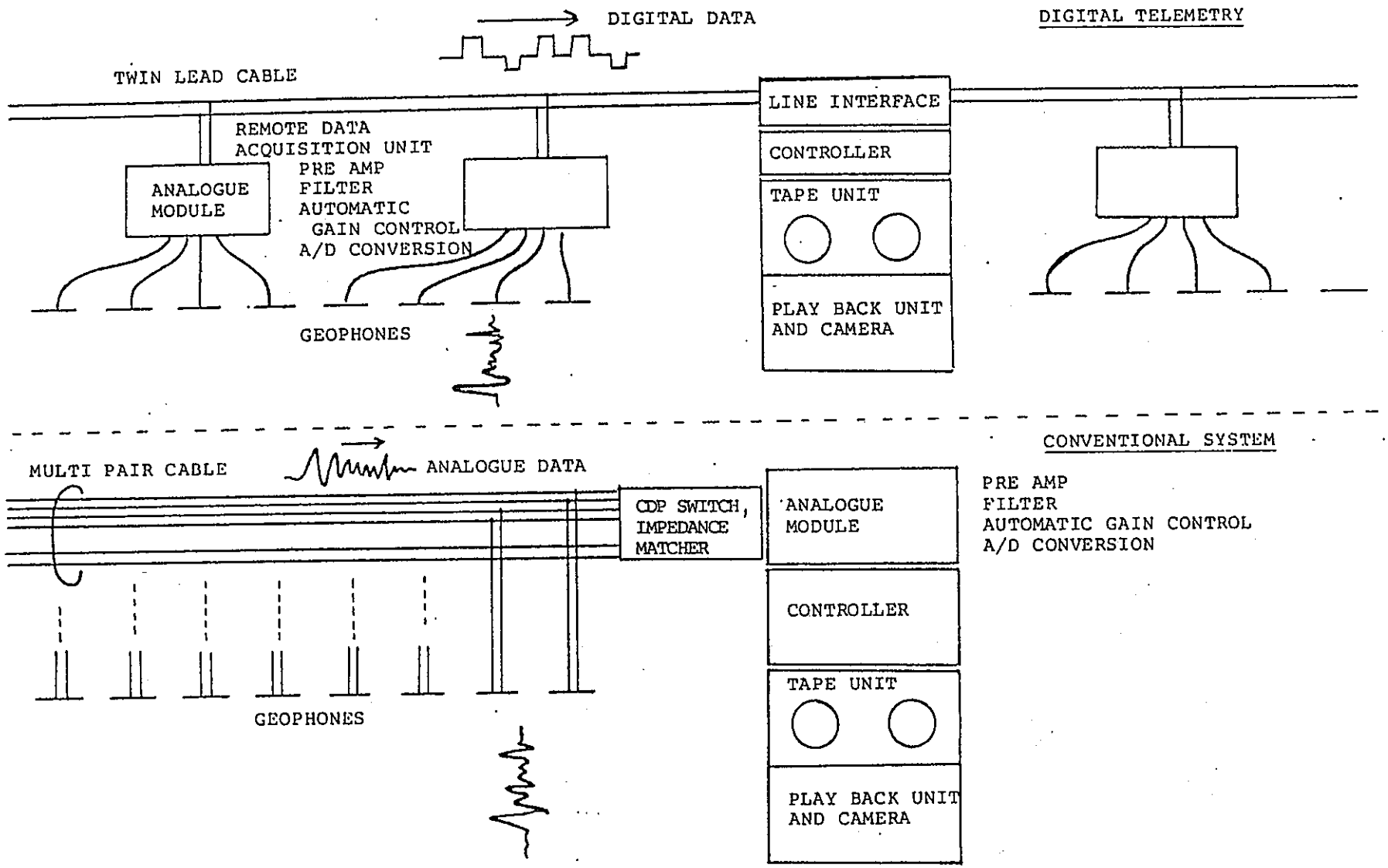


Fig. 23　ジオフォンアレーストリングの結線



COMPARISON OF DIGITAL TELEMETRY AND CONVENTIONAL SYSTEM

Fig. 24 ディジタルテレメトリ探鉱機とアナログテレメトリ

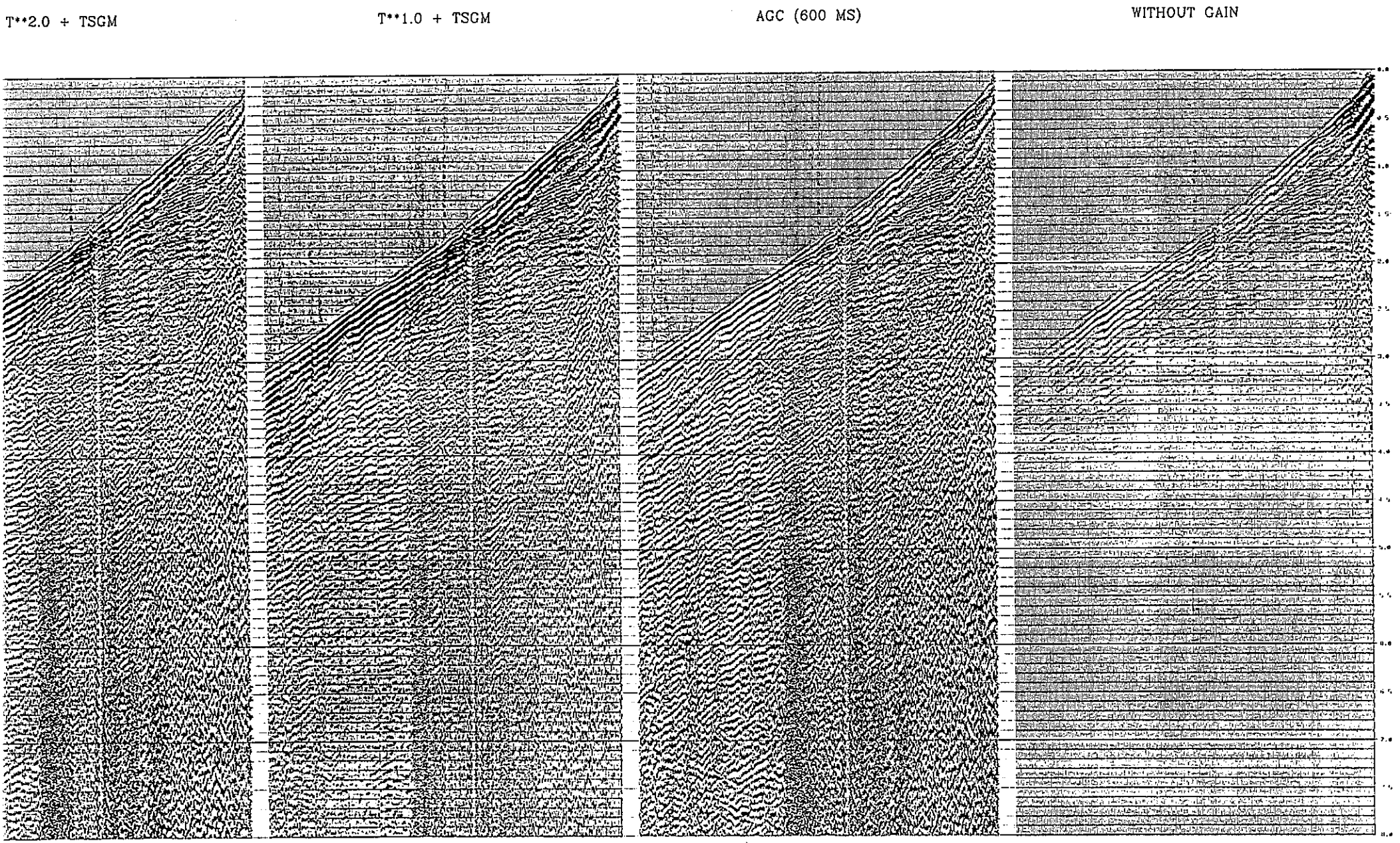
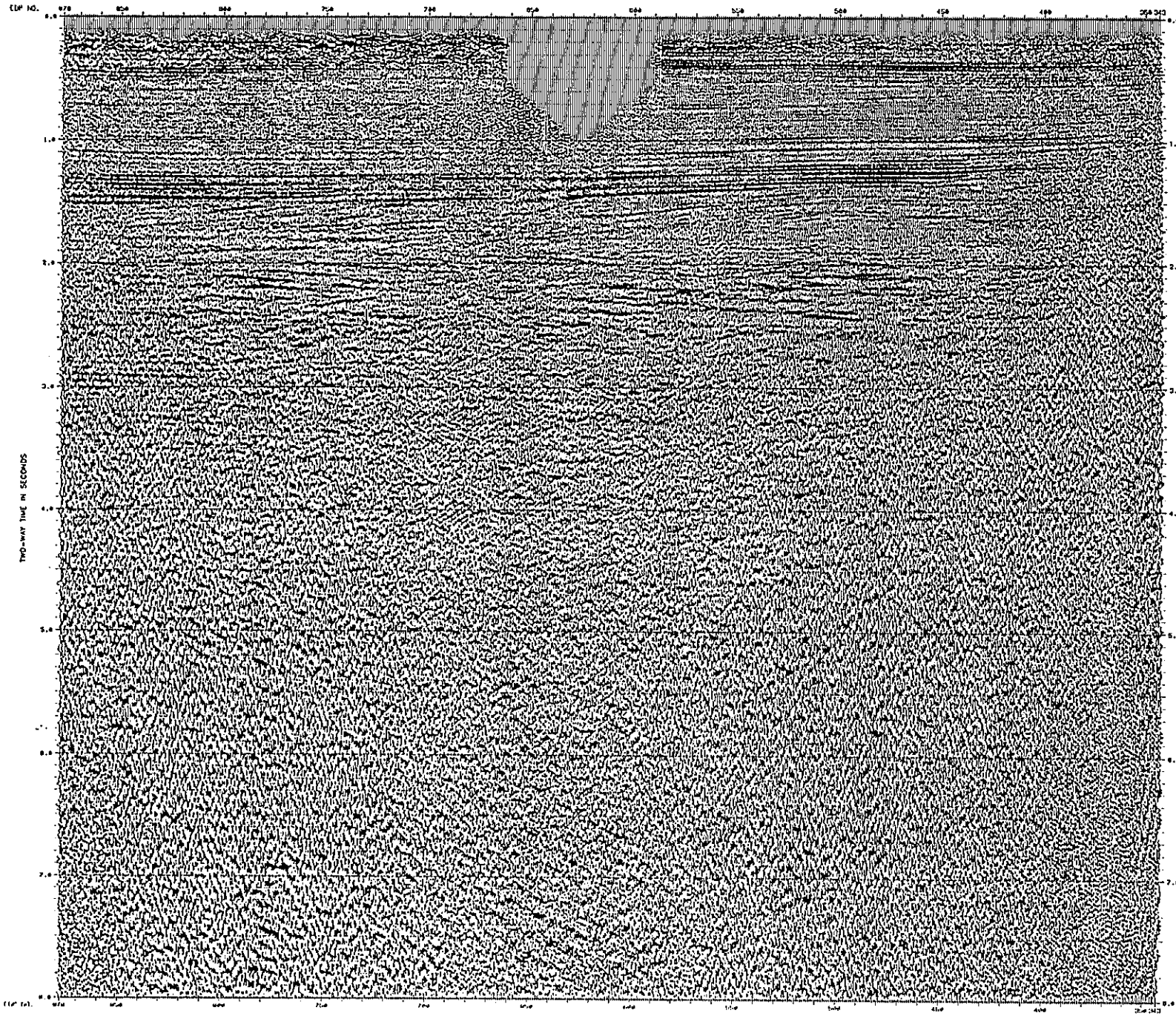


Fig. 25　堆積岩地域ダイナマイトショット記録（北海道南長沼周辺）



CONVETIONAL FULL STACK

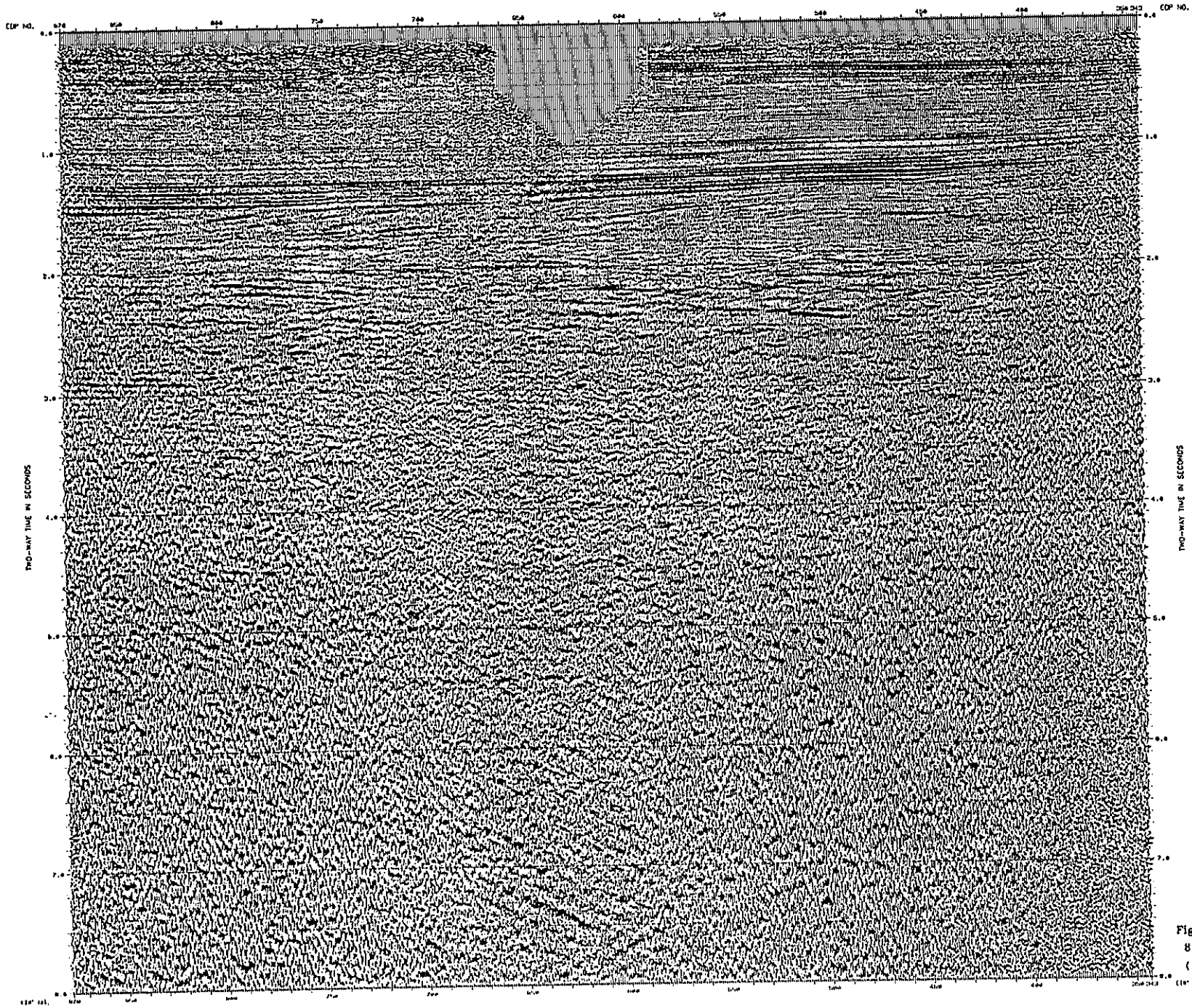
LINE : 89D-1
CHARGE : (4 Kg) X 1 Hole

PROCESSING SEQUENCE

1) Demux
2) Bad Trace Edit
3) CDP Sort
4) Gain Recovery
5) DCON before Stack
6) Static Corrections to Datum Plane
7) 1st Residual Static
8) NMO Correction (Stretch=2.0)
9) Trace Balancing (AGC 1000 ms)
10) Mute
11) 2nd Residual Static
12) Stack (SQRT) (Full Stack)
13) Band Pass Filter (Space and Time Variant)
14) Trace Balancing (AGC 1000 ms)
15) Trace Scaling (TSCM)

Fig.23-1
８９Ｄ－１　通常処理重合断面図
（オフセットレンジ：フルスタック）

Fig.26　堆積岩地域ダイナマイト重合記録（北海道南長沼周辺）（薬量 4Kg×1孔）



CONVETIONAL FULL STACK

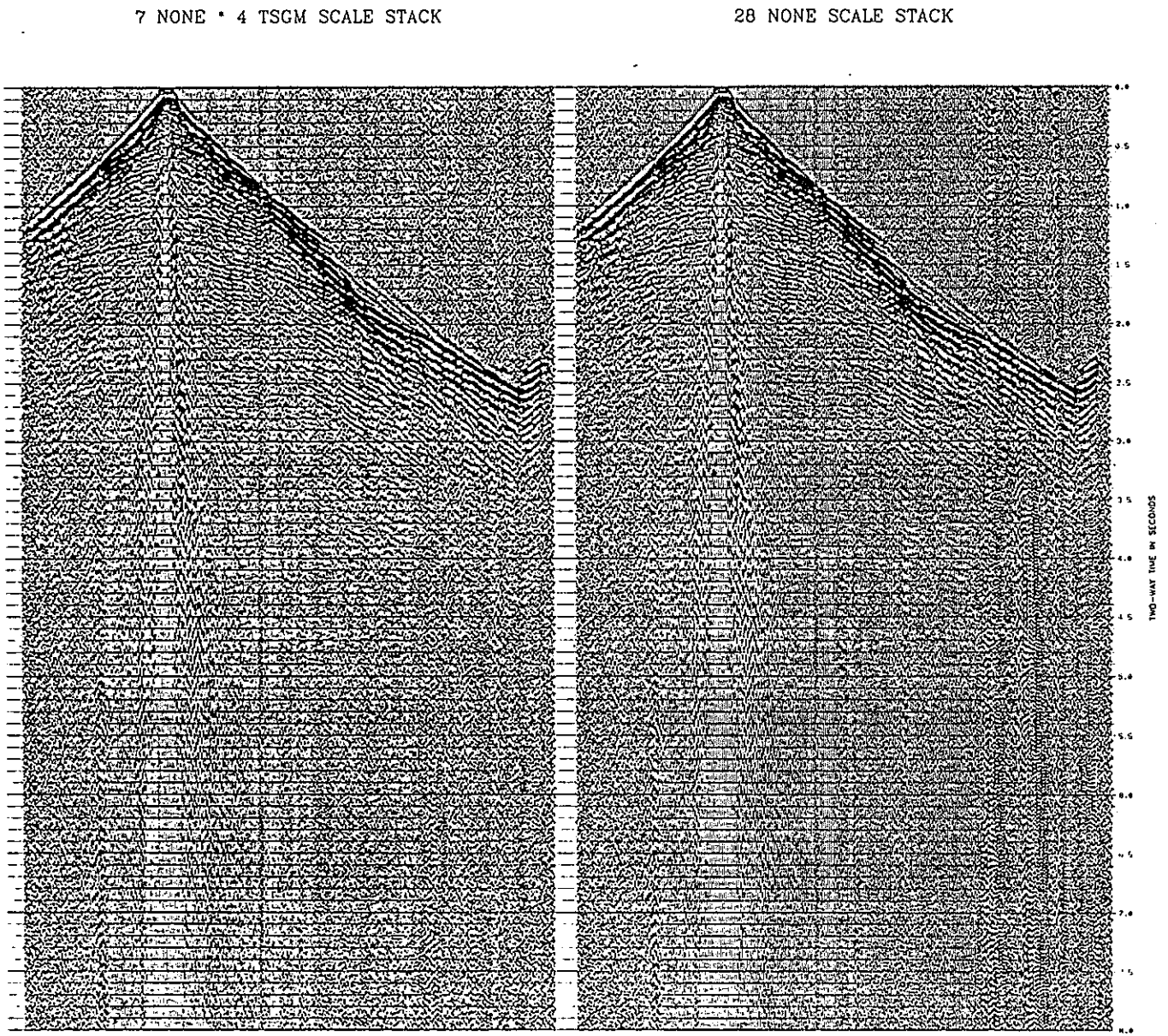
LINE : 89D-2
CHARGE : (4 Kg) X 3 Holes

PROCESSING SEQUENCE

1) Demux
2) Bad Trace Edit
3) CDP Sort
4) Gain Recovery
5) DCON before Stack
6) Static Corrections to Datum Plane
7) 1st Residual Static
8) NMO Correction (Stretch=2.0)
9) Trace Balancing (AGC 1000 ms)
10) Mute
11) 2nd Residual Static
12) Stack (SQRT) (Full Stack)
13) Band Pass Filter (Space and Time Variant)
14) Trace Balancing (AGC 1000 ms)
16) Trace Scaling (TSCM)

Fig.23-2
８９Ｄ－２　通常処理重合断面図
（オフセットレンジ：フルスタック）

Fig. 27　堆積岩地域ダイナマイト重合記録（北海道南長沼周辺）（薬量 4Kg×3 孔）



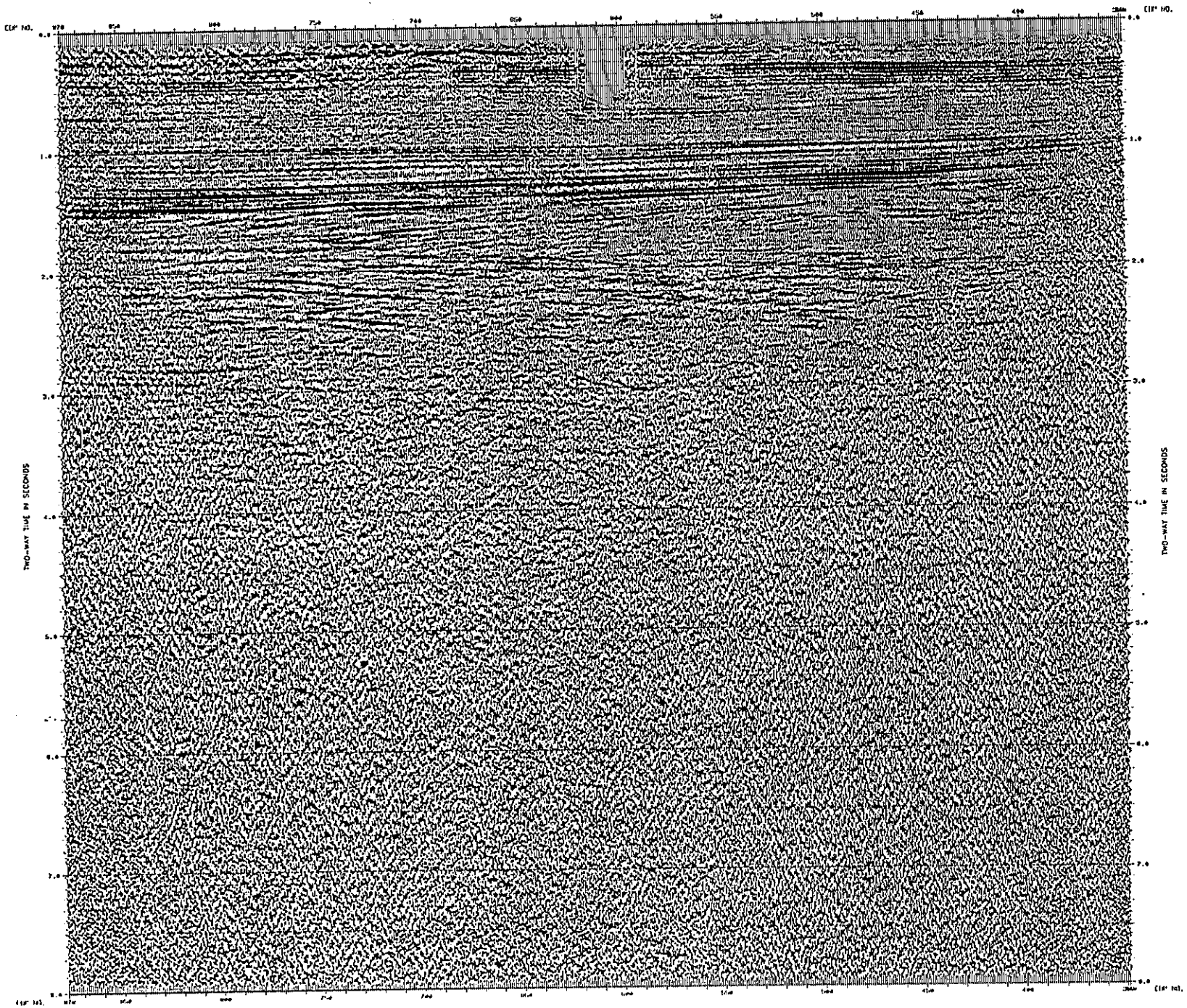
DIVERSITY STACK TEST
(BEFORE CROSS CORR.)

LINE: 90V-1
VP. : 198.5

PROCESSING SEQUENCE

1) Diversity Stack Test
2) Cross Correlation
3) Display (TSGM 4.0)

Fig. 28 堆積岩地域バイブロサイスショット記録（北海道南長沼周辺）



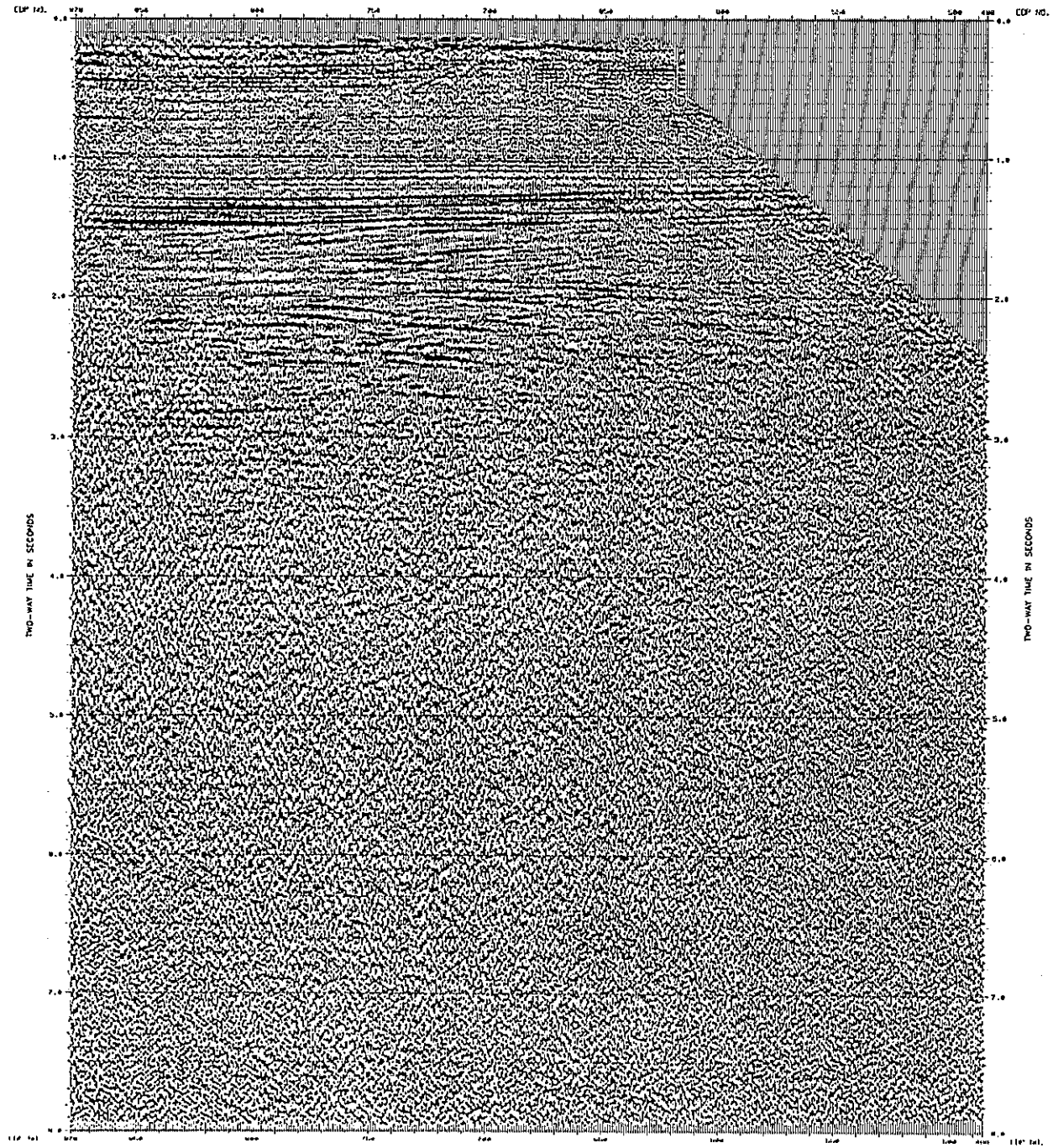
CONVETIONAL FULL STACK

LINE : 90V-1
SWEEP : 6 ~ 40 Hz

PROCESSING SEQUENCE

1) Cross Correlation
2) Bad Trace Edit
3) CDP Sort
4) Gain Recovery
5) Band Limited DCON
6) Static Corrections to Datum Plane
7) 1st Residual Static
8) NMO Correction (Stretch=2.0)
9) Trace Balancing (AGC 1000 ms)
10) Mute
11) 2nd Residual Static
12) Stack (SQRT) (Full Stack)
13) Band Pass Filter (Space and Time Variant)
14) Trace Balancing (AGC 1000 ms)
15) Trace Scaling (TSCM)

Fig. 29 堆積岩地域バイブロサイス重合記録（北海道南長沼周辺）（5-40 Hz）



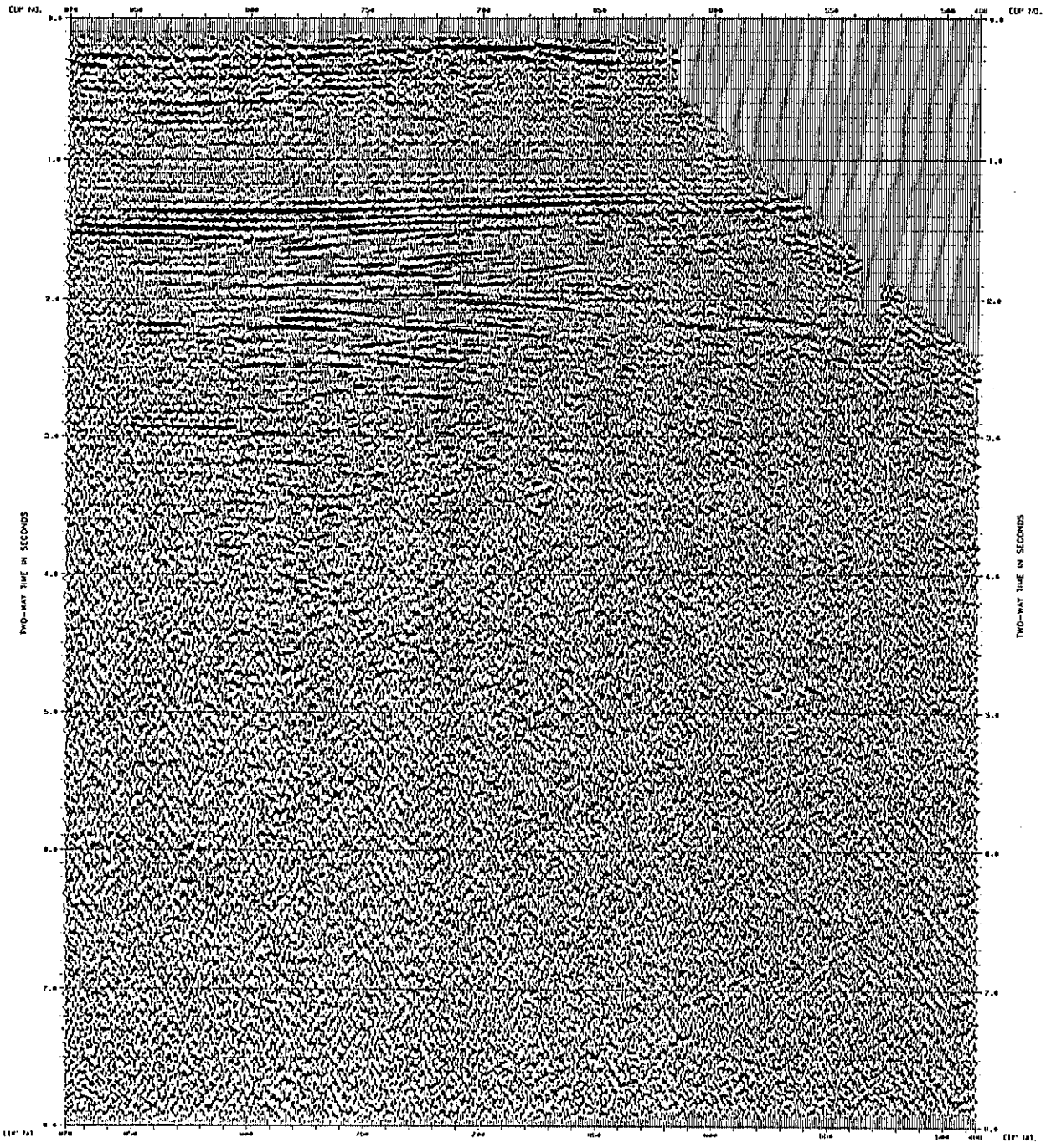
CONVETIONAL FULL STACK

LINE : 90V-2
SWEEP : 40 ~ 5 Hz

PROCESSING SEQUENCE

1) Cross Correlation
2) Bad Trace Edit
3) CDP Sort
4) Gain Recovery
5) Band Limited DCON
6) Static Correctionx
   to Datum Plane
7) 1st Residual Static
8) NMO Correction
   (Stretch=2.0)
9) Trace Balancing
   (AGC 1000 ms)
10) Mute
11) 2nd Residual Static
12) Stack (SQRT)
   (Full Stack)
13) Band Pass Filter
   (Space and Time Variant)
14) Trace Balancing
   (AGC 1000 ms)
15) Trace Scaling (TSCM)

Fig. 30　堆積岩地域バイブロサイス重合記録（北海道南長沼周辺）（40- 5 Hz）



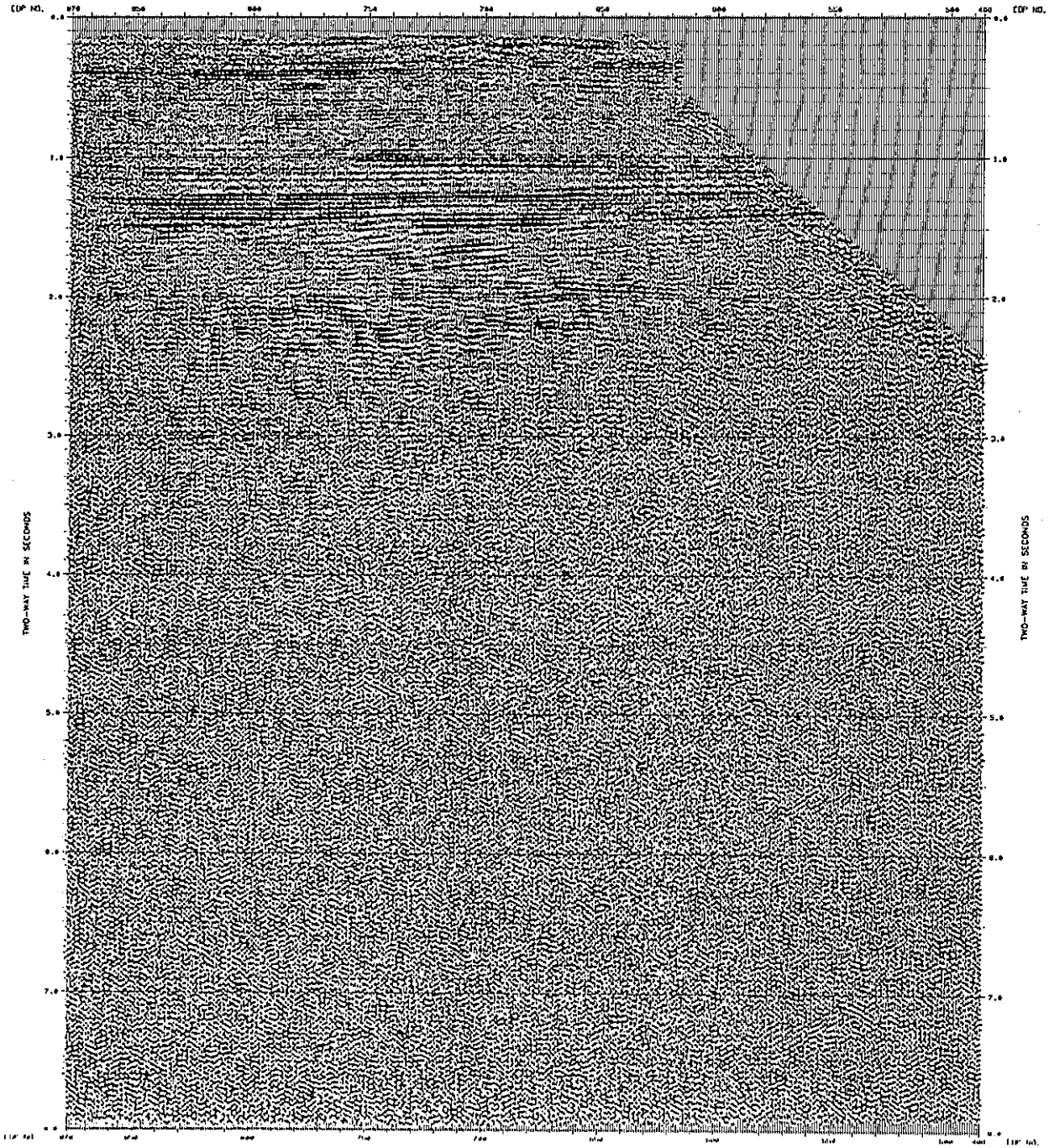
CONVETIONAL FULL STACK

LINE : 90V-3
SWEEP : 5 ~ 25 Hz

PROCESSING SEQUENCE

1) Cross Correlation
2) Bad Trace Edit
3) CDP Sort
4) Gain Recovery
5) Band Limited DCON
6) Static Correctionz to Datum Plane
7) 1st Residual Static
8) NMO Correction (Stretch-2.0)
9) Trace Balancing (AGC 1000 ms)
10) Mute
11) 2nd Residual Static
12) Stack (SQRT) (Full Stack)
13) Band Pass Filter (5-25 Hz)
14) Trace Balancing (AGC 1000 ms)
15) Trace Scaling (TSGM)

Fig. 31 堆積岩地域バイブロサイス重合記録（北海道南長沼周辺）（5-25 Hz）



CONVETIONAL FULL STACK

LINE : 90V-4
SWEEP : 20 ~ 60 Hz

PROCESSING SEQUENCE

1) Cross Correlation
2) Bad Trace Edit
3) CDP Sort
4) Gain Recovery
5) Band Limited DCON
6) Static Corrections to Datum Plane
7) 1st Residual Static
8) NMO Correction (Stretch=2.0)
9) Trace Balancing (AGC 1000 ms)
10) Mute
11) 2nd Residual Static
12) Stack (SQRT) (Full Stack)
13) Band Pass Filter (Space and Time Varient)
14) Trace Balancing (AGC 1000 ms)
15) Trace Scaling (TSCM)

Fig. 32 堆積岩地域バイブロサイス重合記録（北海道南長沼周辺）（20-60 Hz）

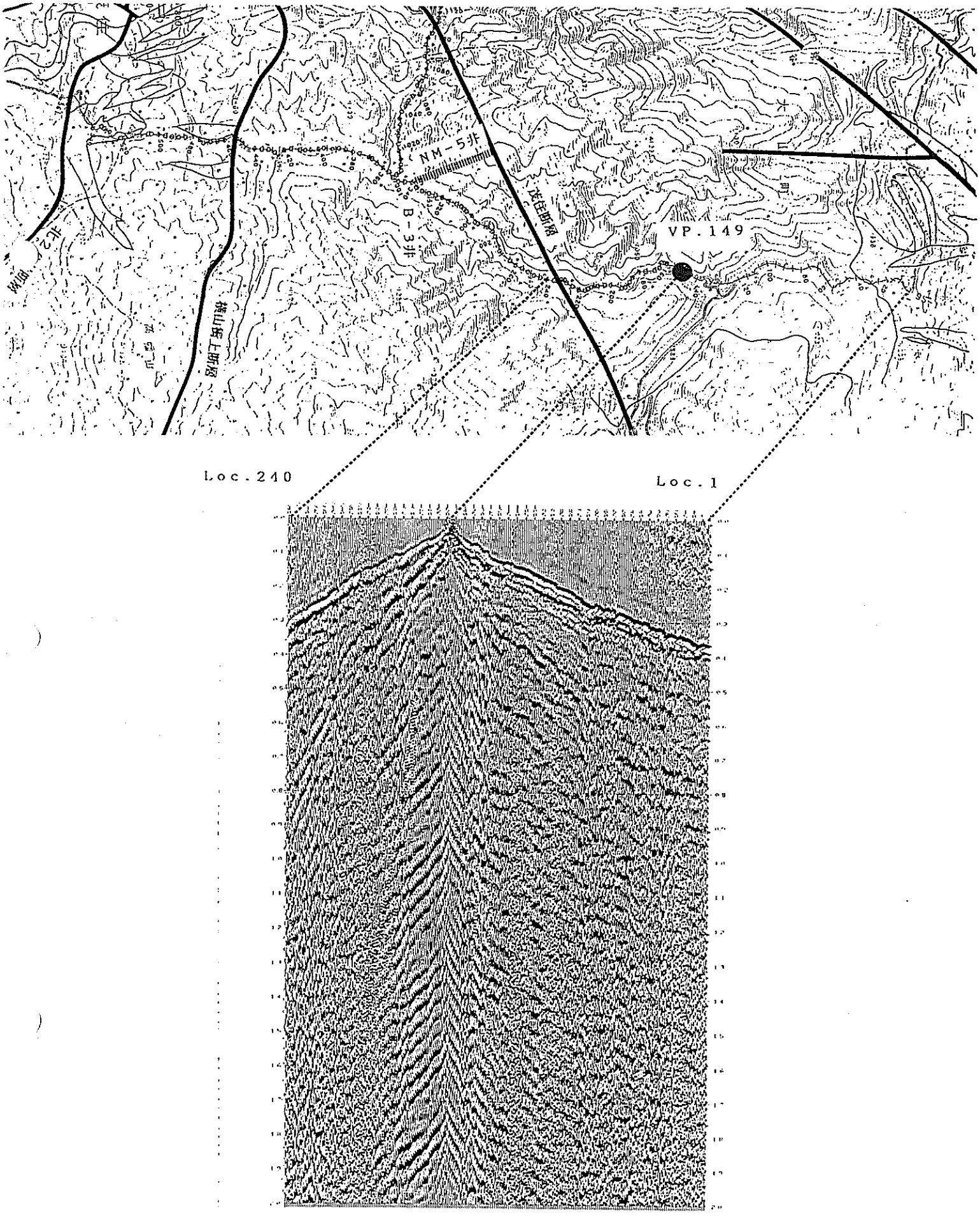


Fig.33　結晶質岩地域バイブロサイスショット記録１（茂住断層周辺）

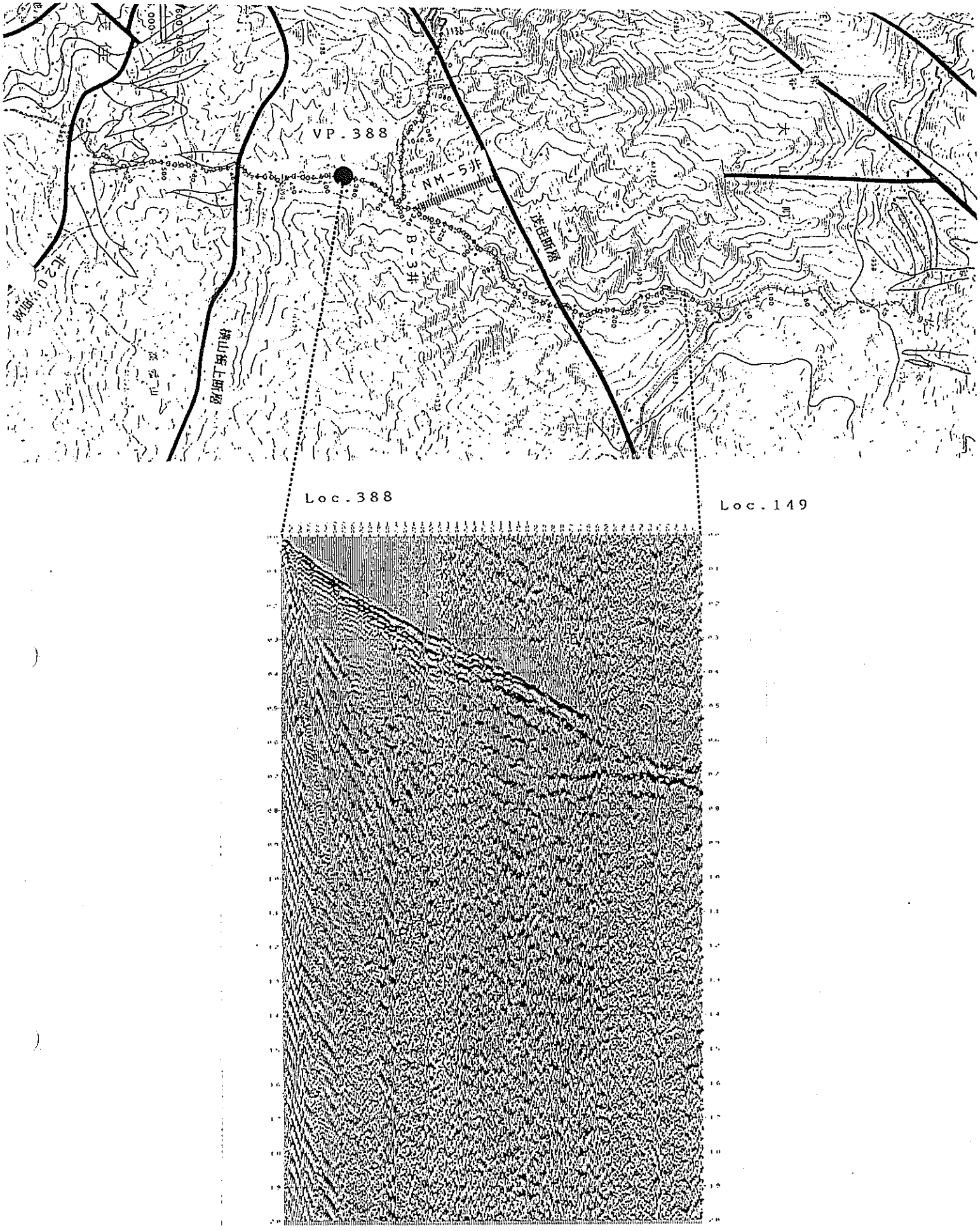


Fig. 34　結晶質岩地域バイブロサイスショット記録２（茂住断層周辺）

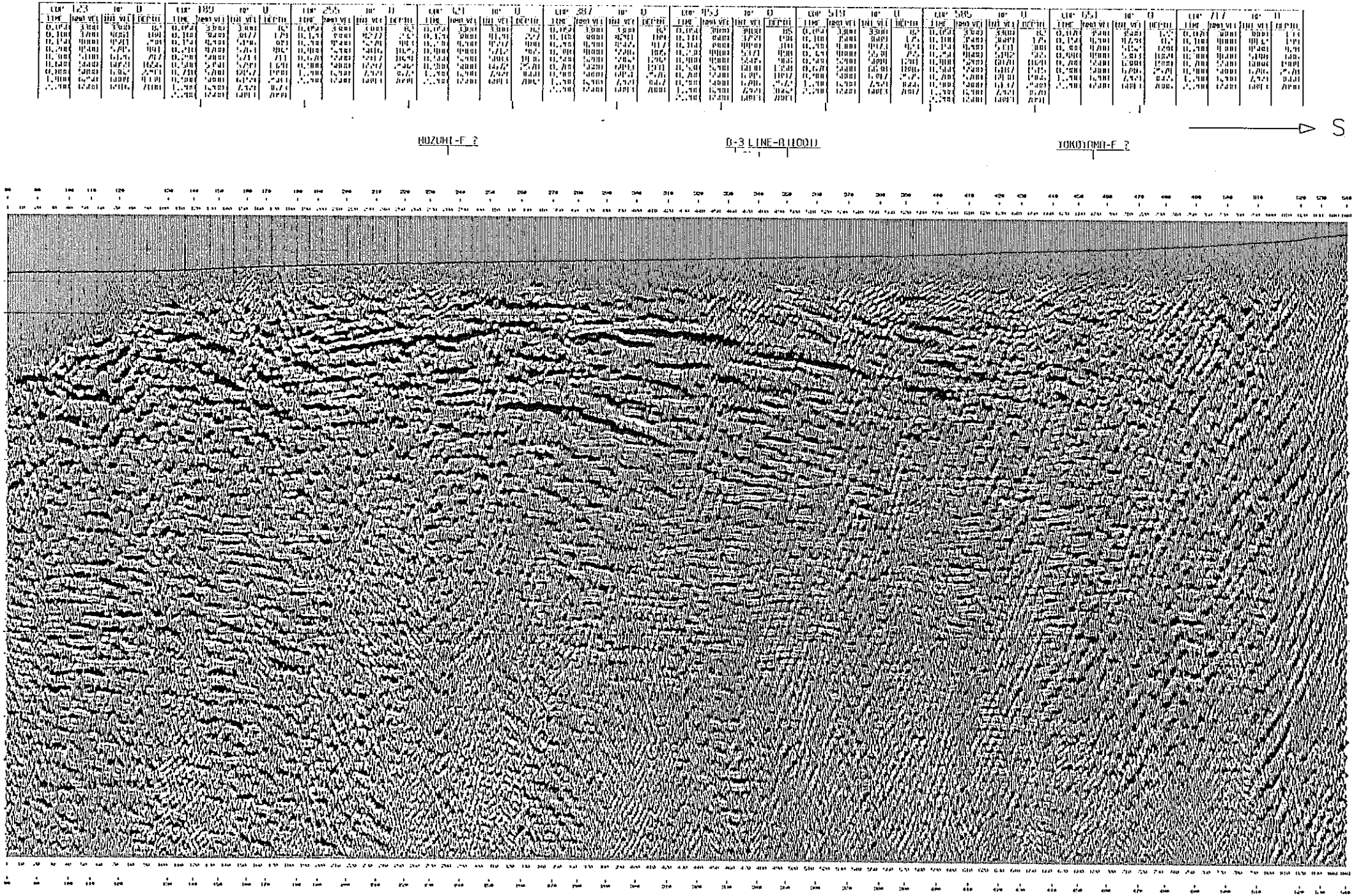


Fig. 35　結晶質岩地域バイブロサイス重合記録（茂住断層周辺）

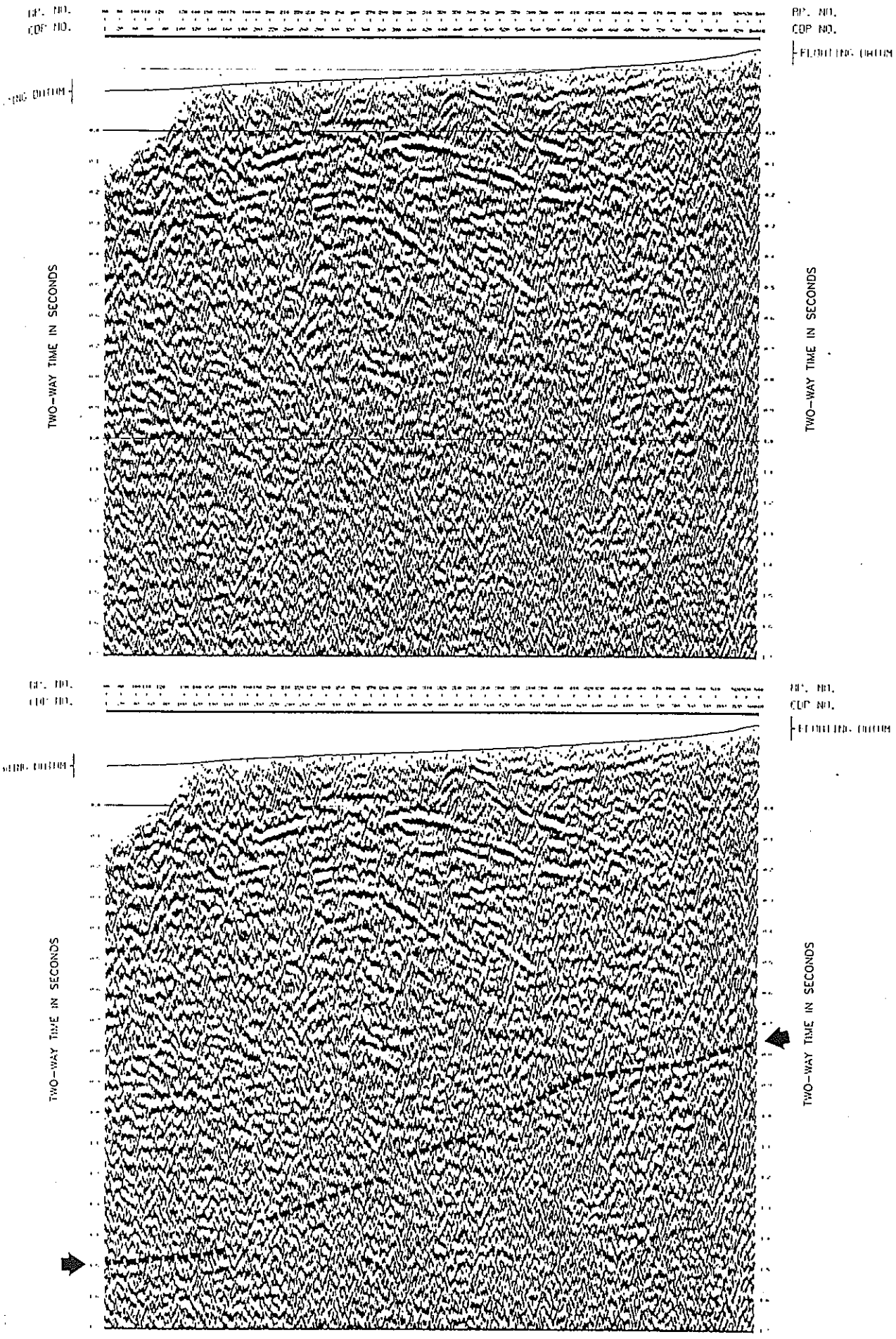


Fig. 36　結晶質岩地域バイブロサイス深度記録（茂住断層周辺）

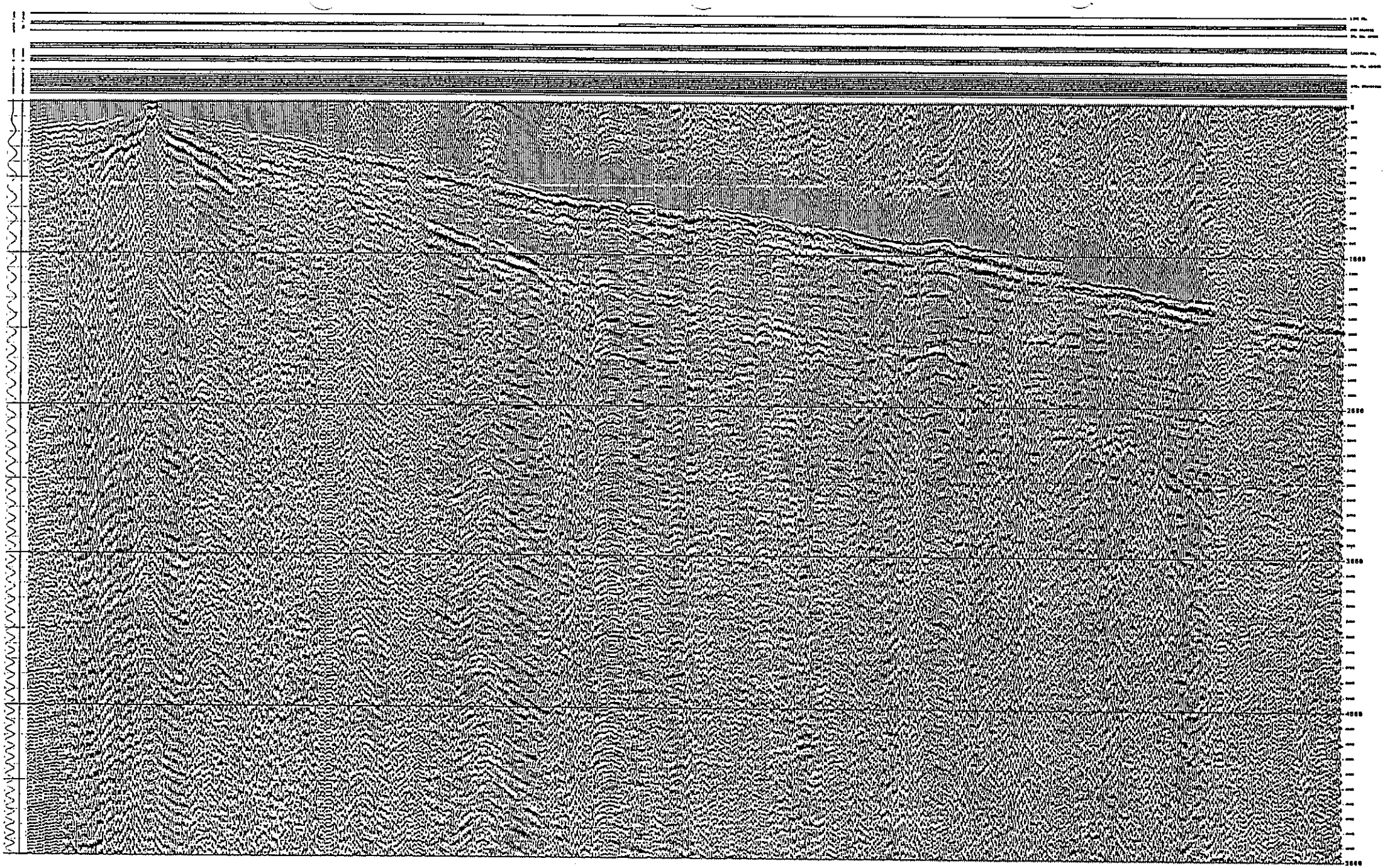


Fig. 37　結晶質岩地域バイブロサイスショット記録１（葛根田地熱地帯　6-40 Hz）

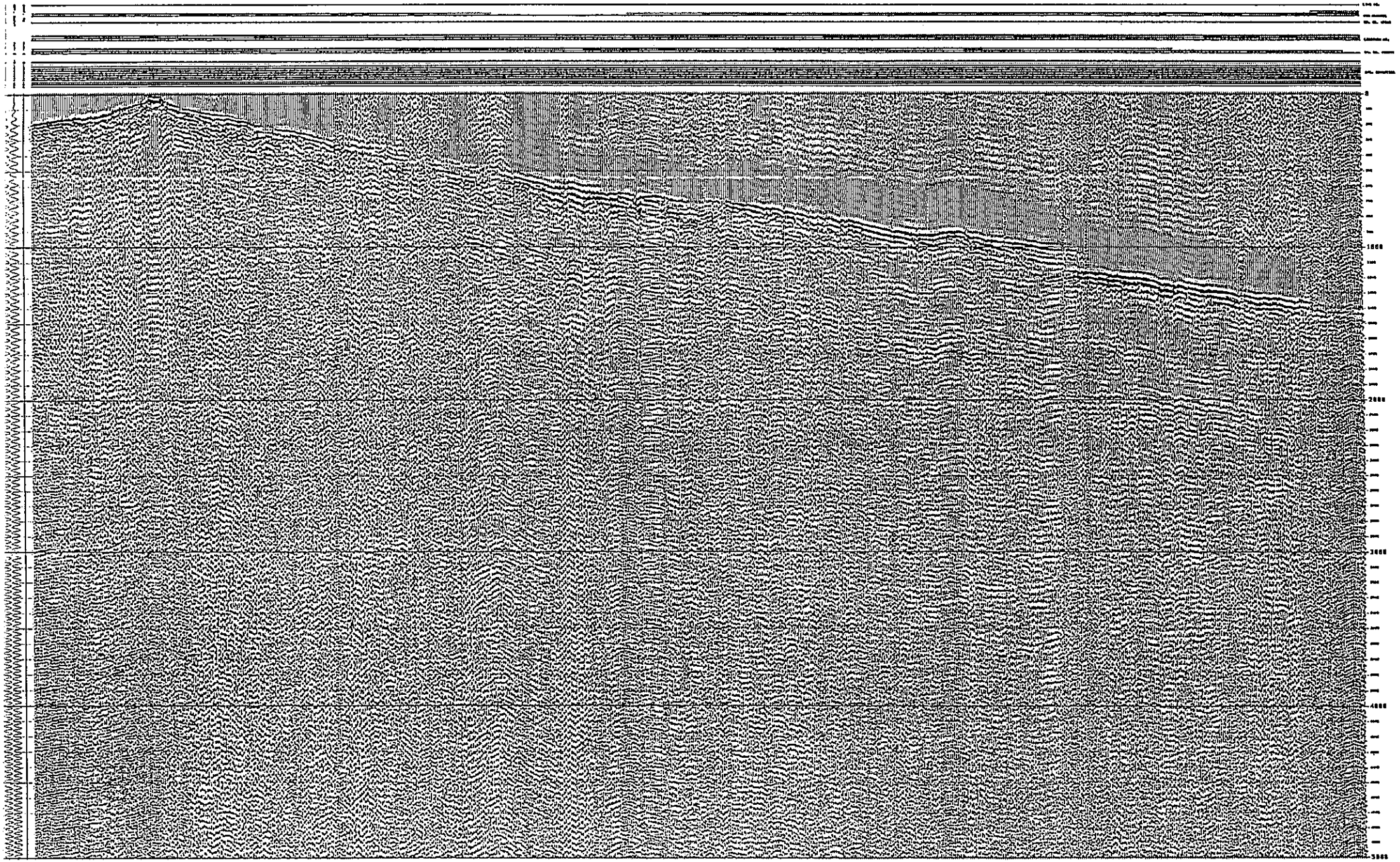


Fig. 38　結晶質岩地域バイブロサイスショット記録 2（葛根田地熱地帯 20-70 Hz）

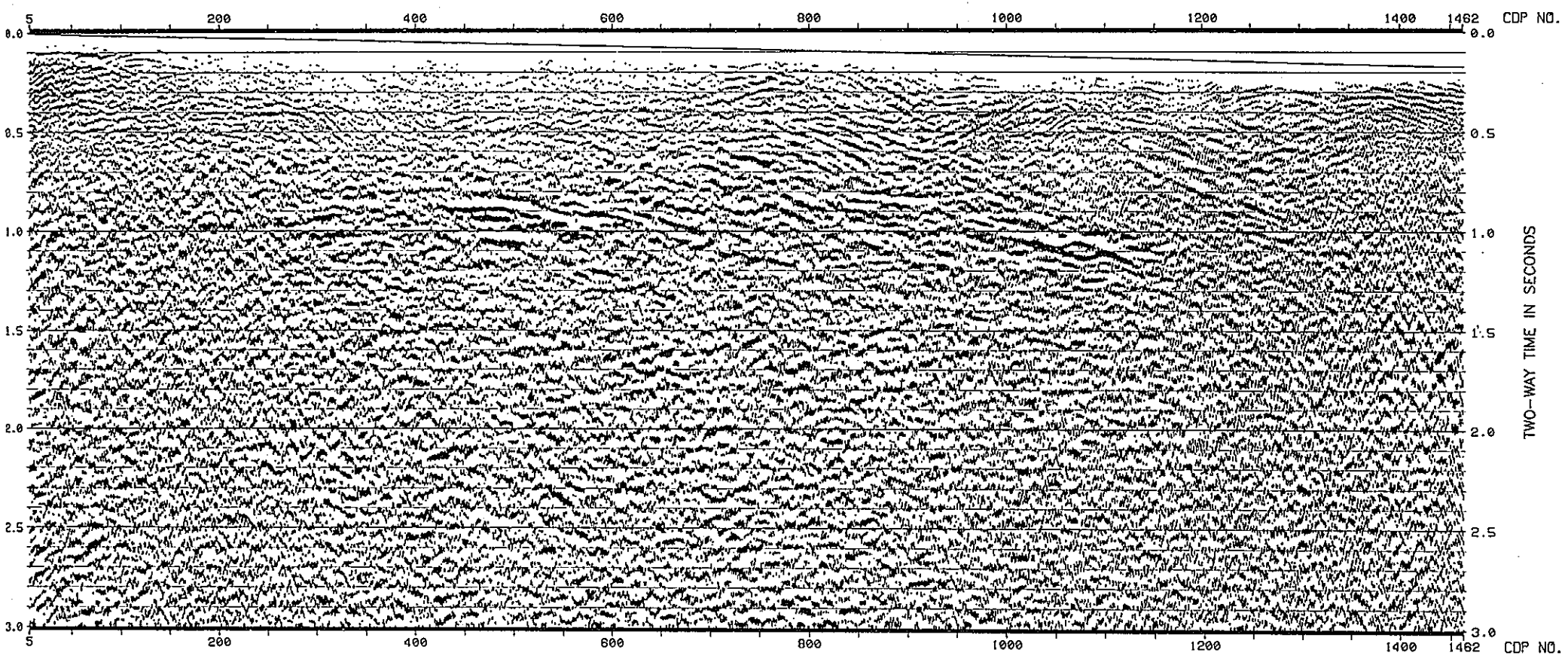


Fig. 39 結晶質岩地域バイブロサイス重合記録 1 (葛根田地熱地帯 6-40 Hz)

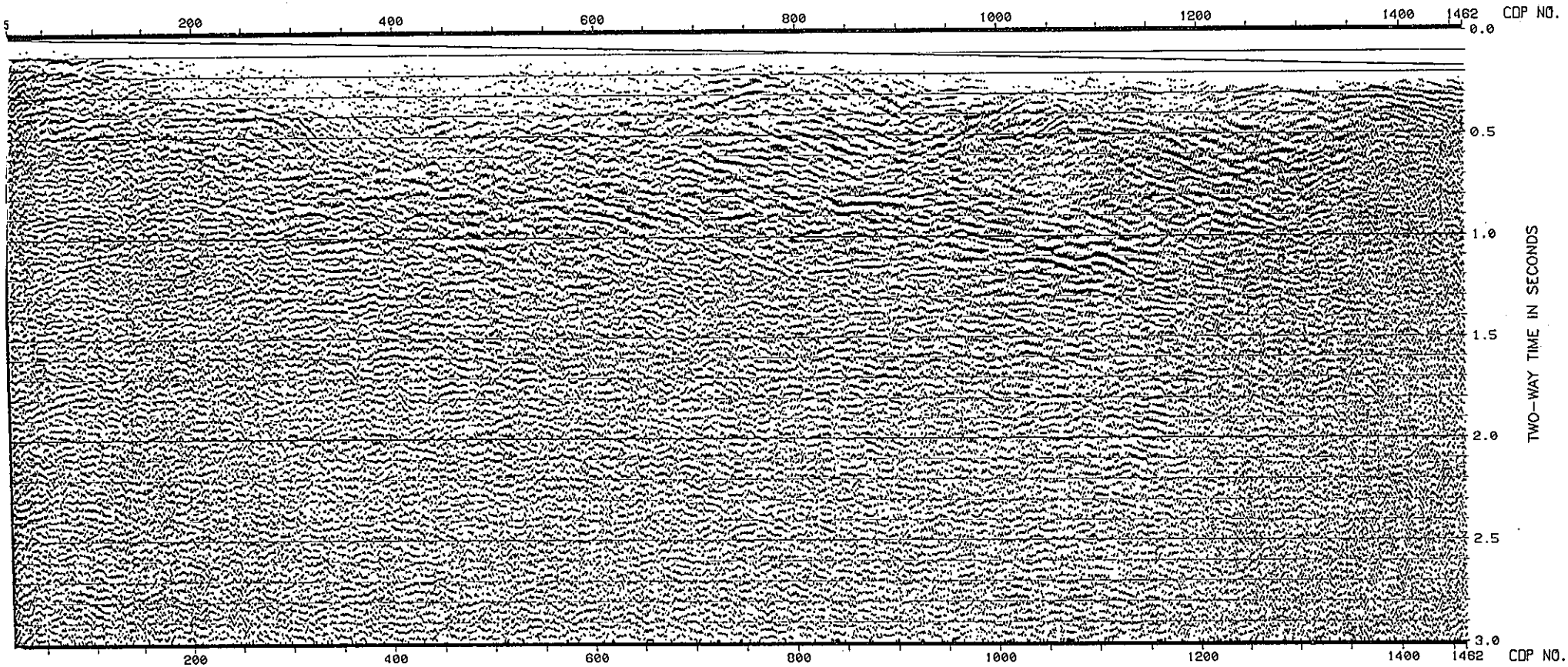


Fig. 40　結晶質岩地域パイプロサイス重合記録２（葛根田地熱地帯 20-70 Hz）

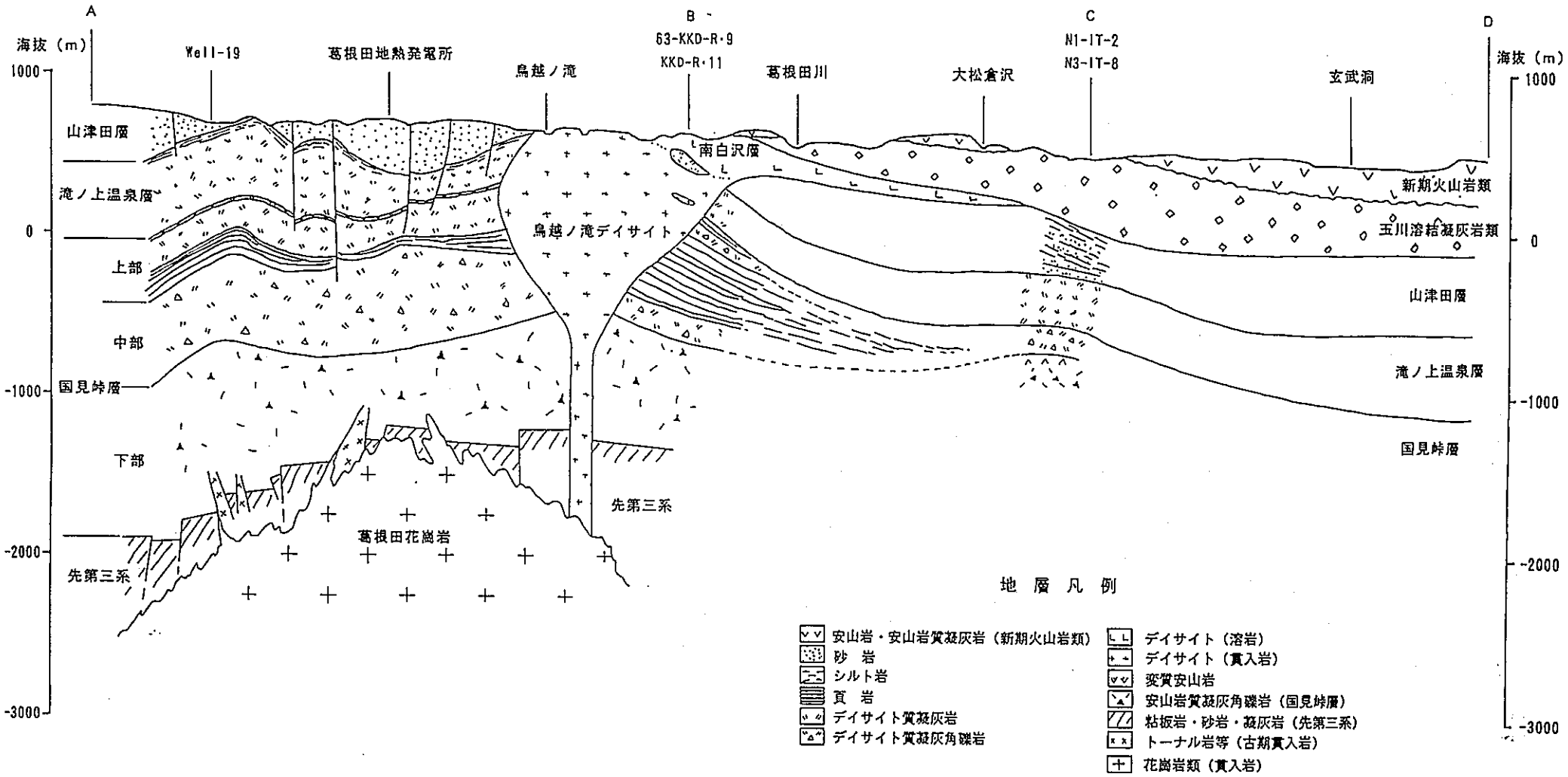


Fig. 41　結晶質岩地域地質解釈断面図（葛根田地熱地帯 20-70 Hz）

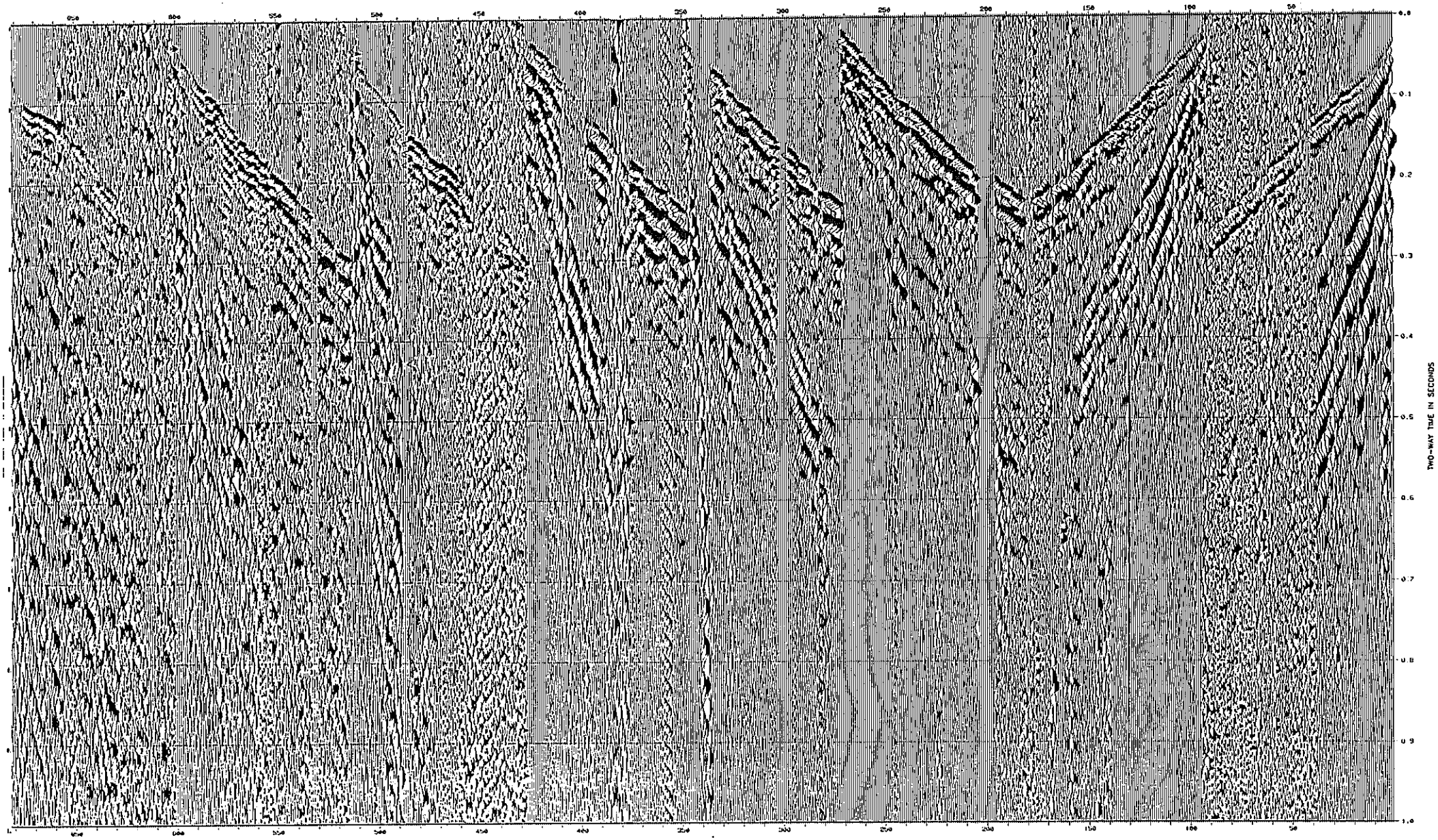


Fig. 42　結晶質岩地域インパクタショット記録（笠間地域）

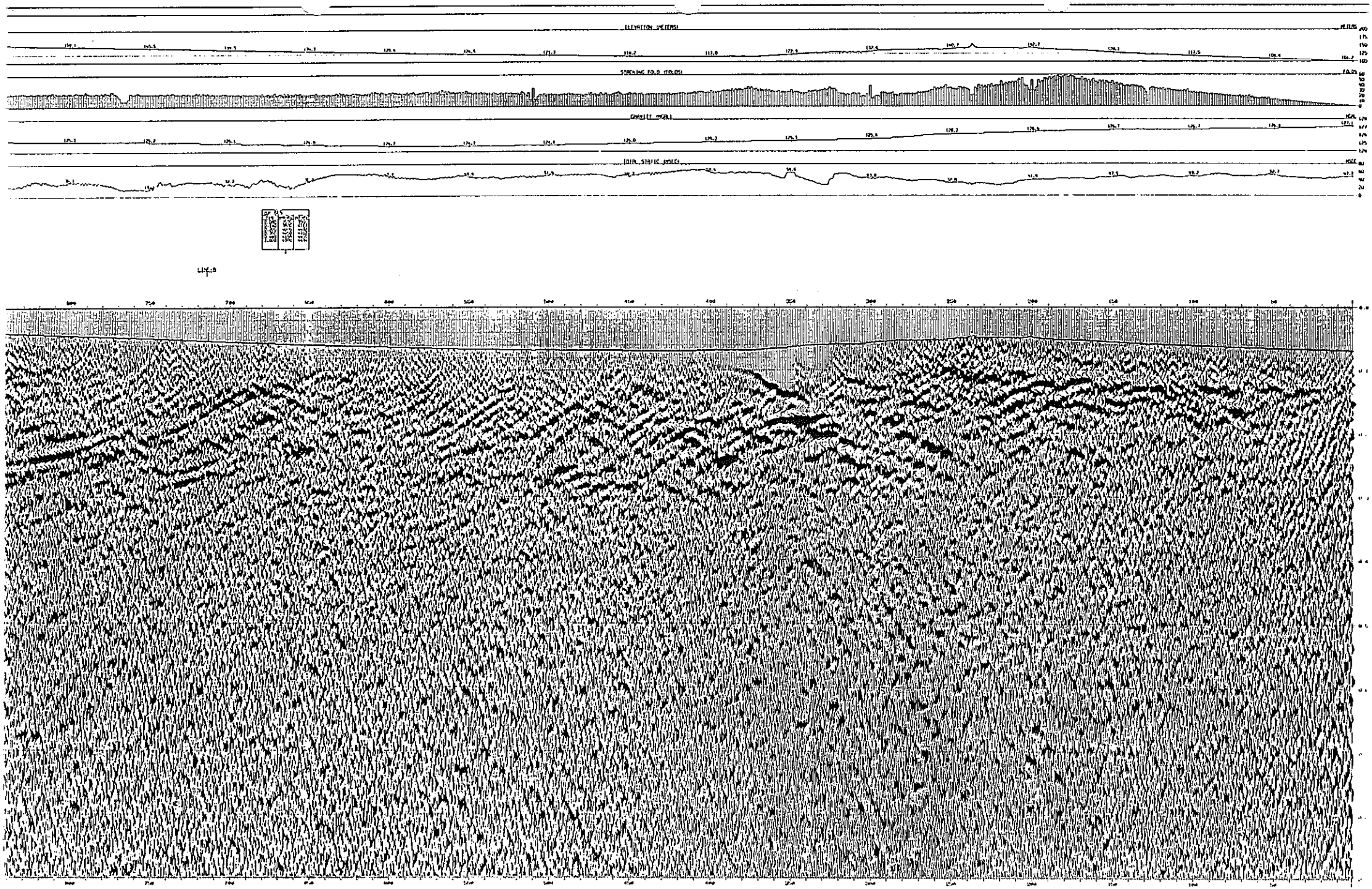
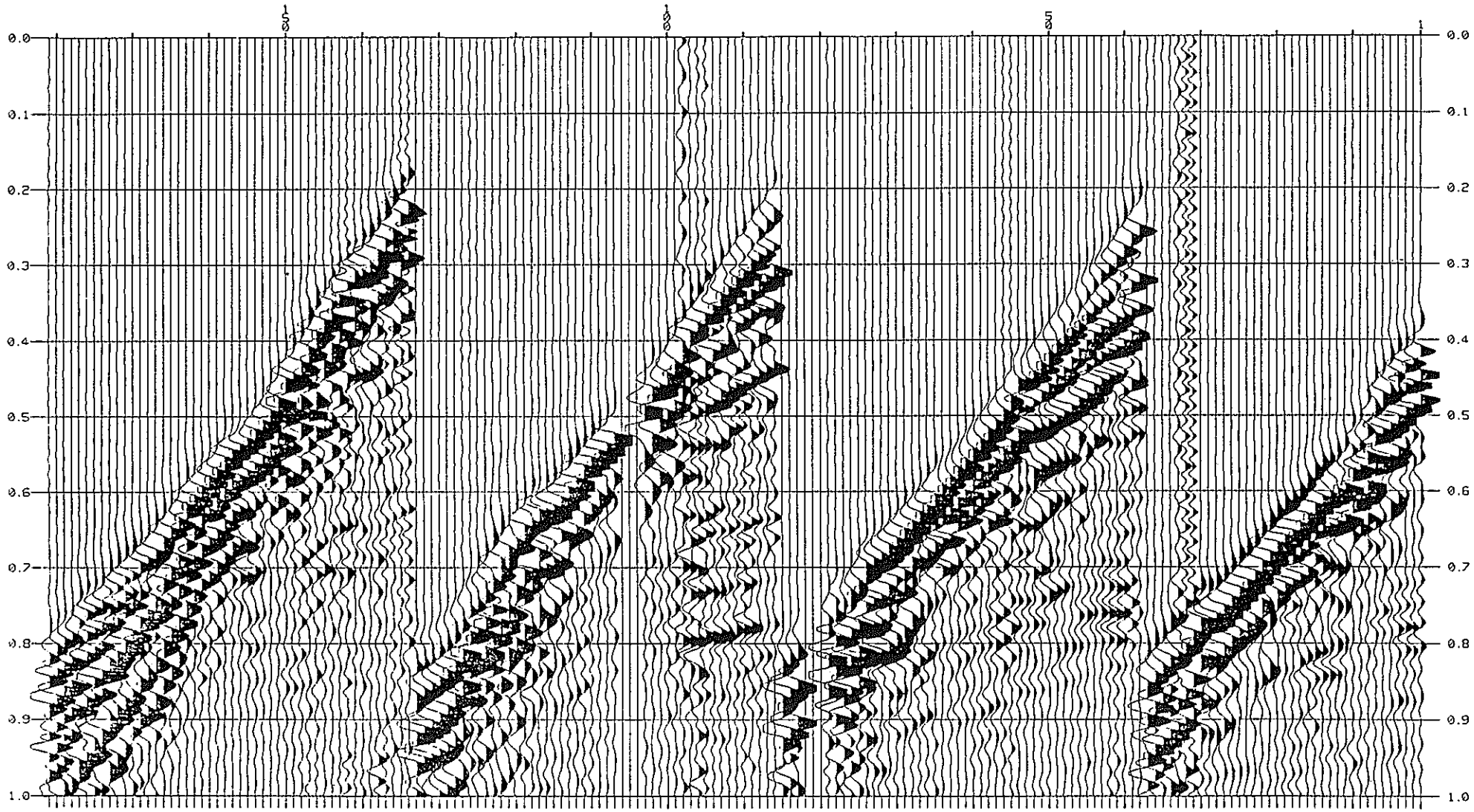
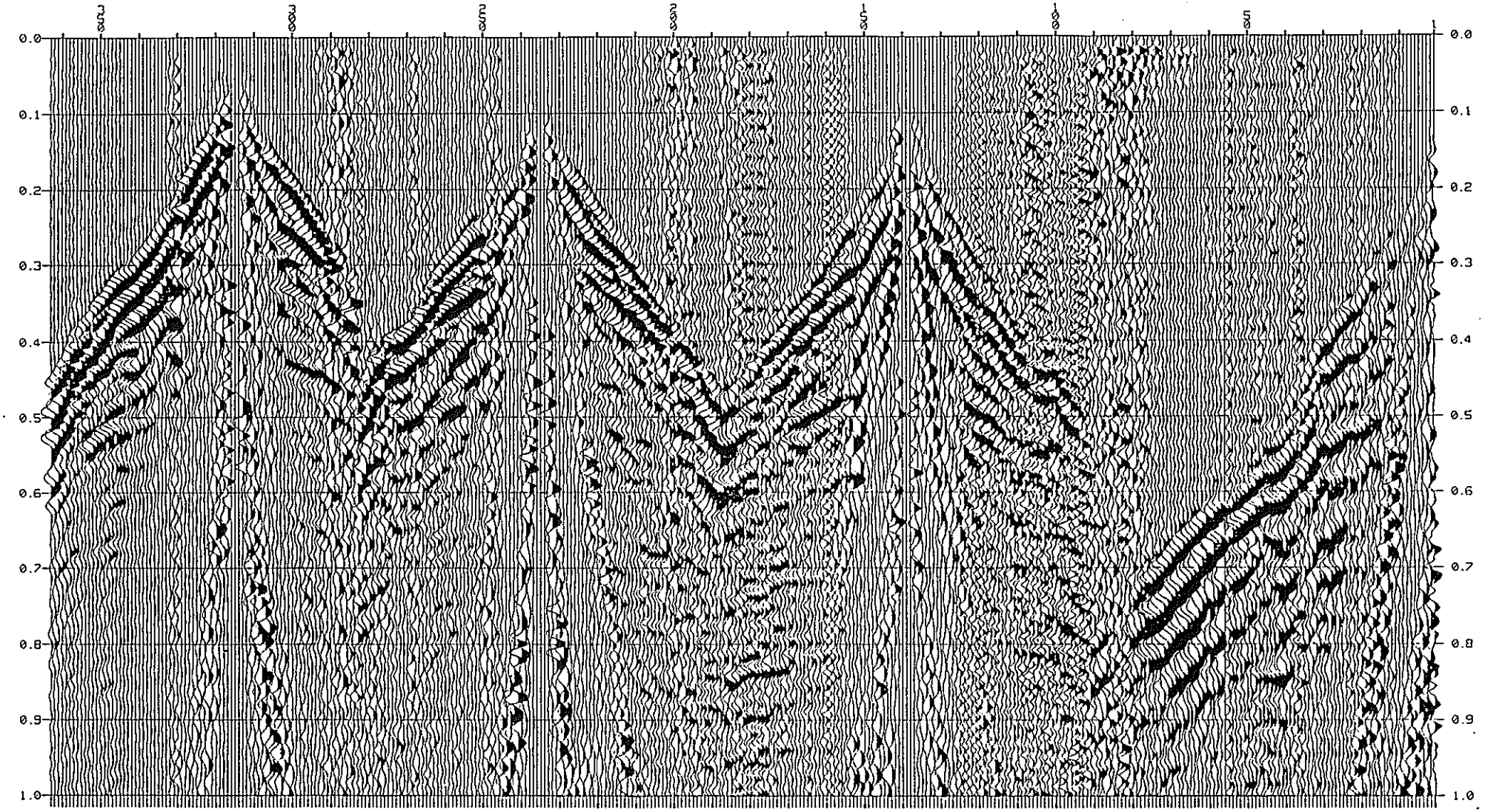


Fig. 43　結晶質岩地域重合記録（笠間地域）



VIBRATOR

Fig. 44　堆積岩地域バイブロサイスショット記録（北海道江別市周辺）



IMPACTOR

Fig. 45　堆積岩地域インパクタショット記録（北海道江別市周辺）

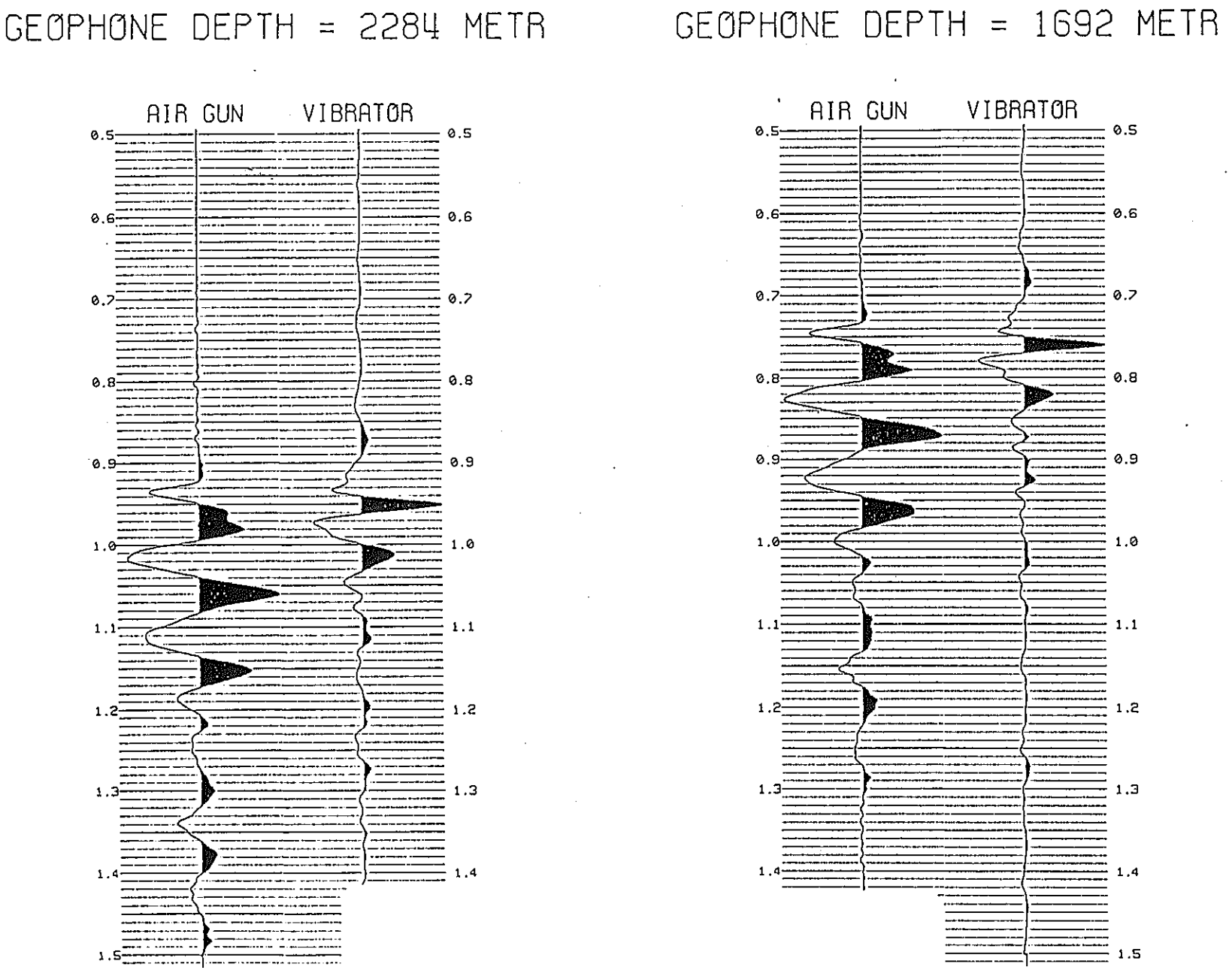
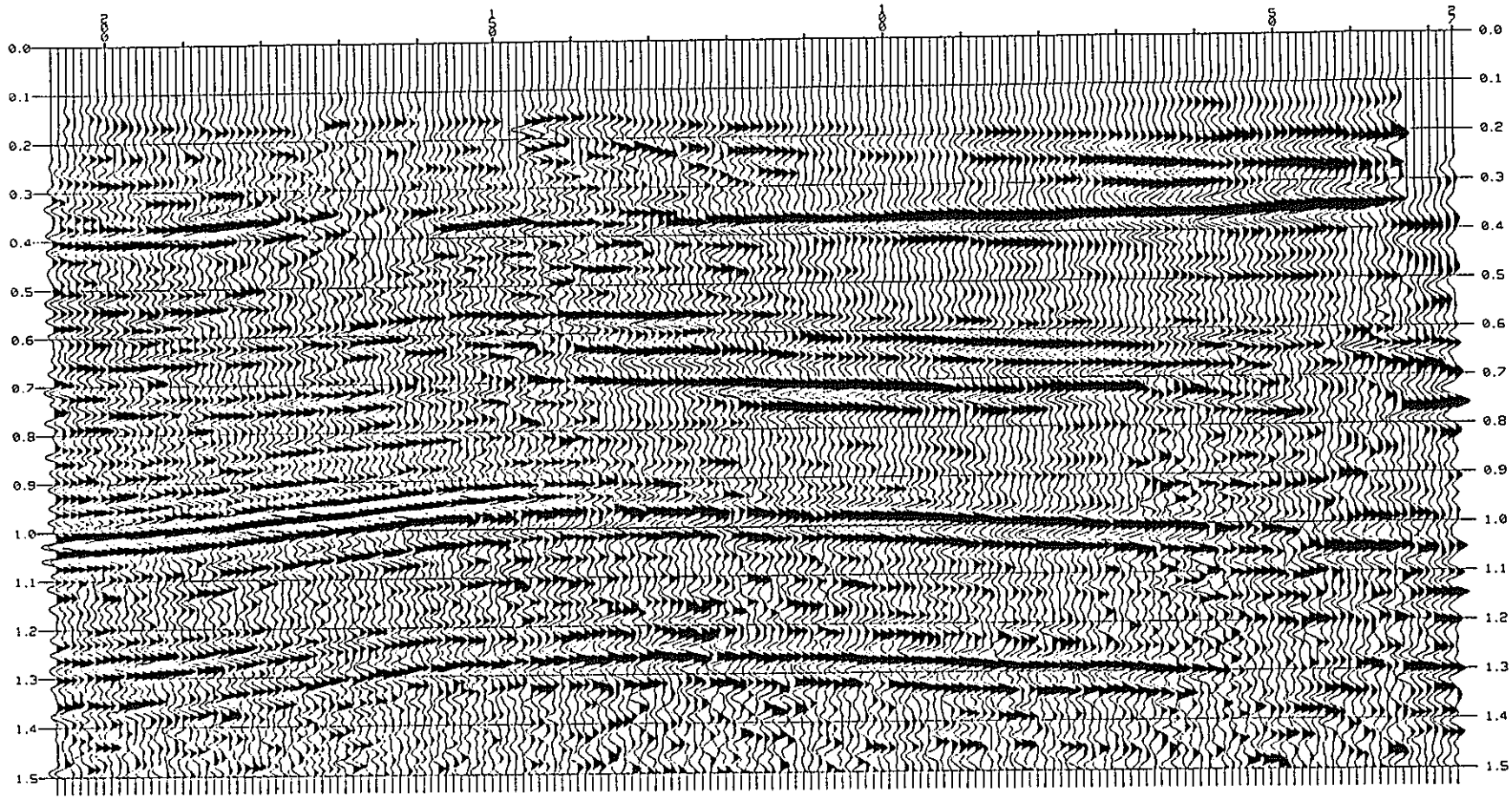
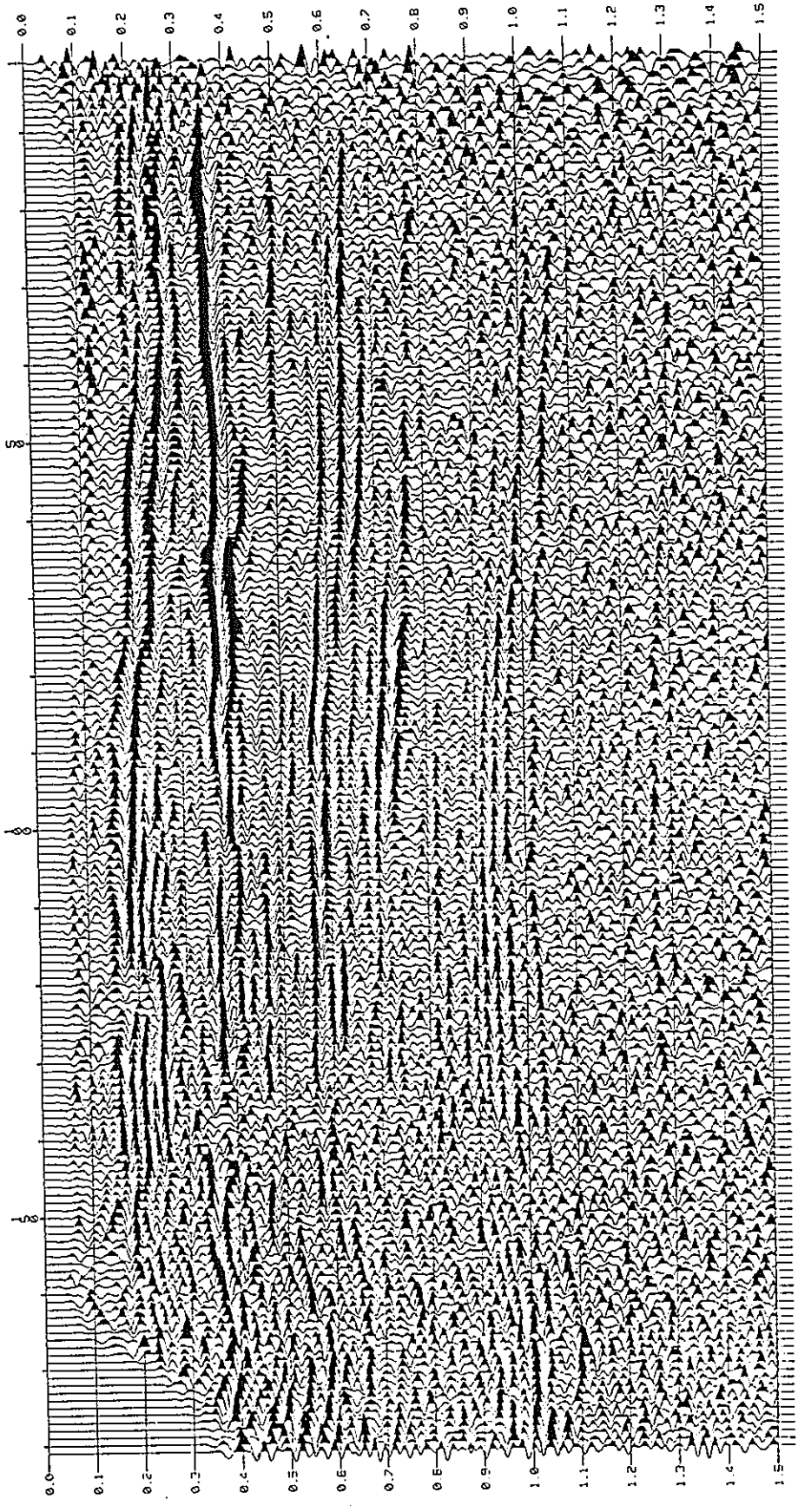


Fig.46 バイブロサイス/インパクタ震源波形坑井内観測（北海道江別市周辺）



VIBRATOR

Fig. 47　堆積岩地域バイブロサイス重合記録（北海道江別市周辺）



IMPACTOR

Fig. 48　堆積岩地域インパクタ重合記録（北海道江別市周辺）

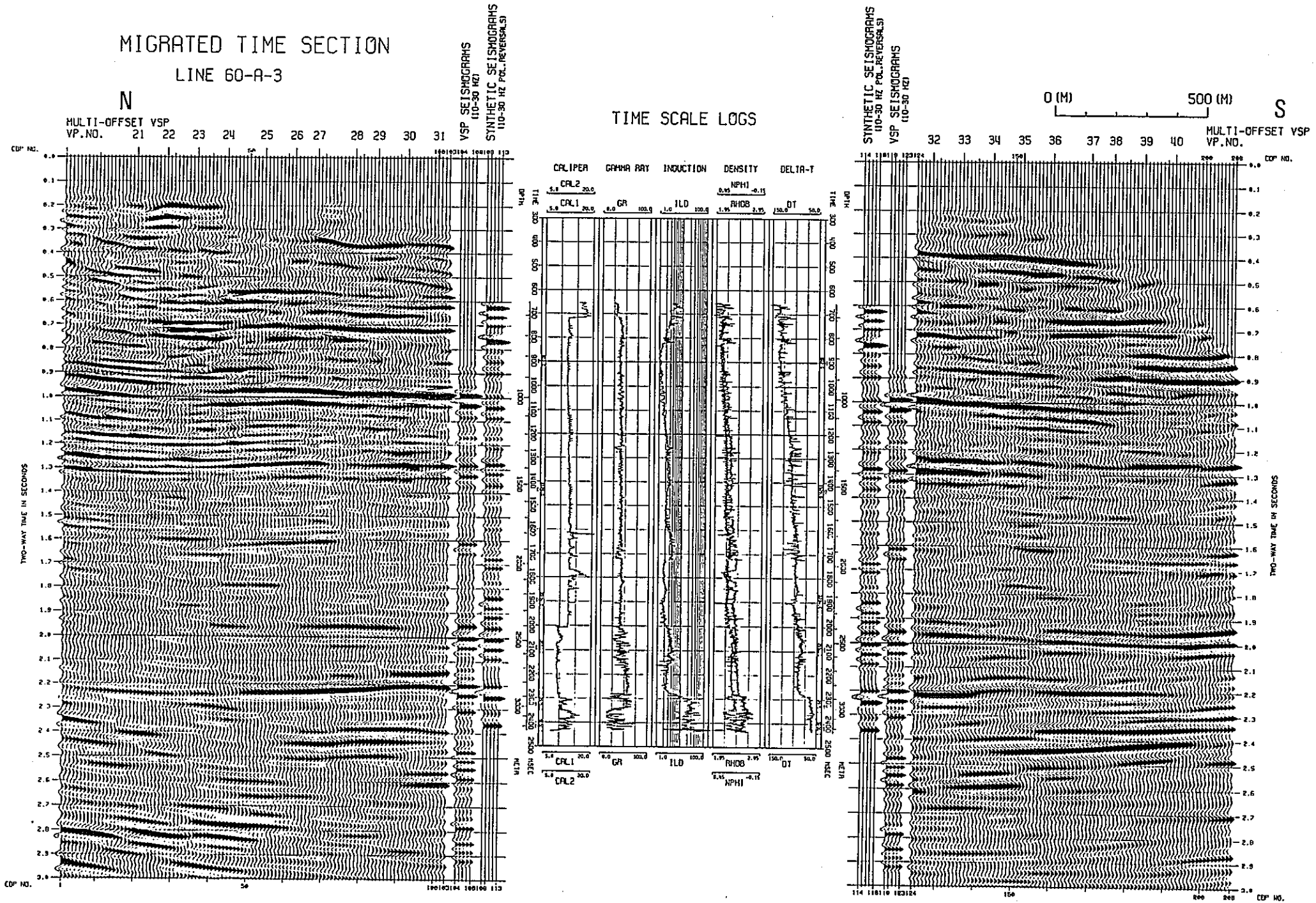
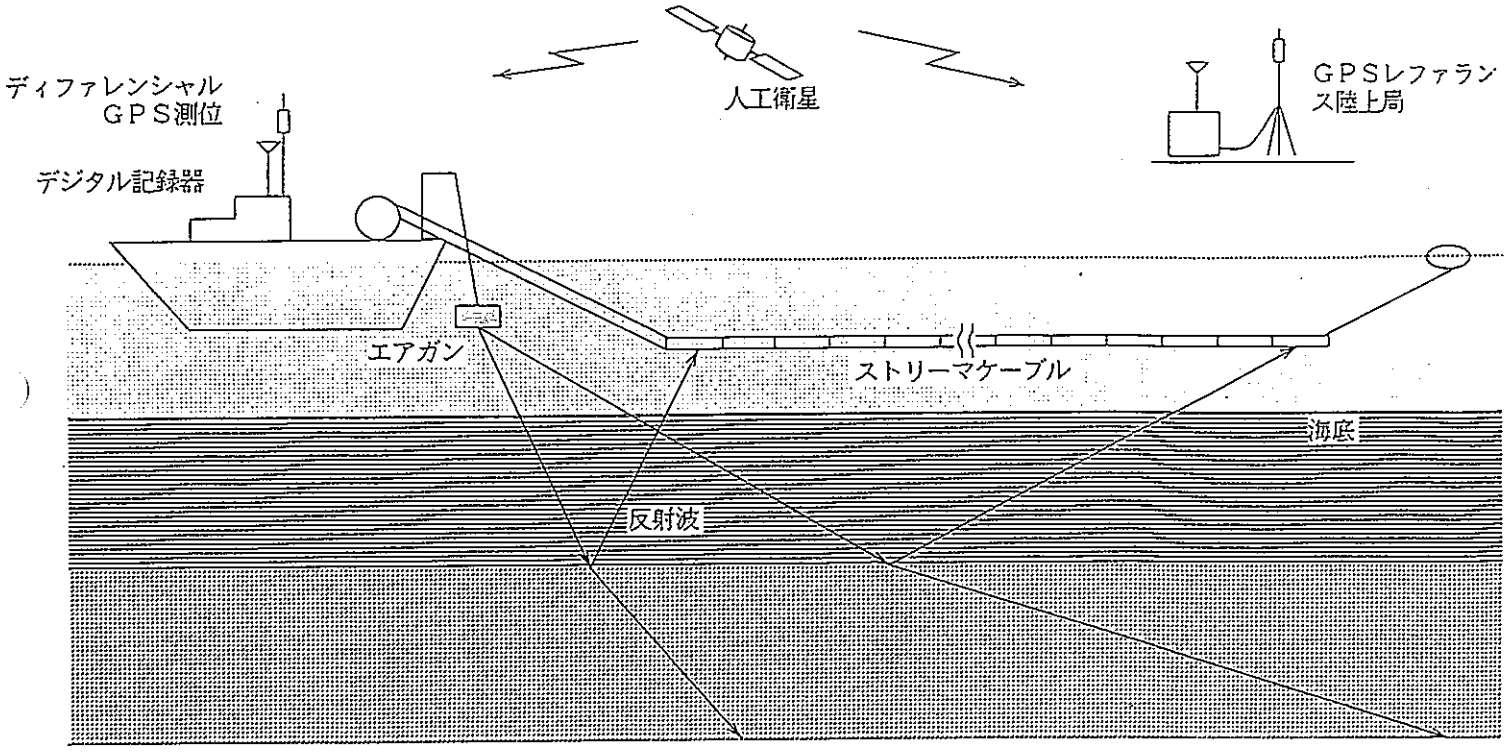
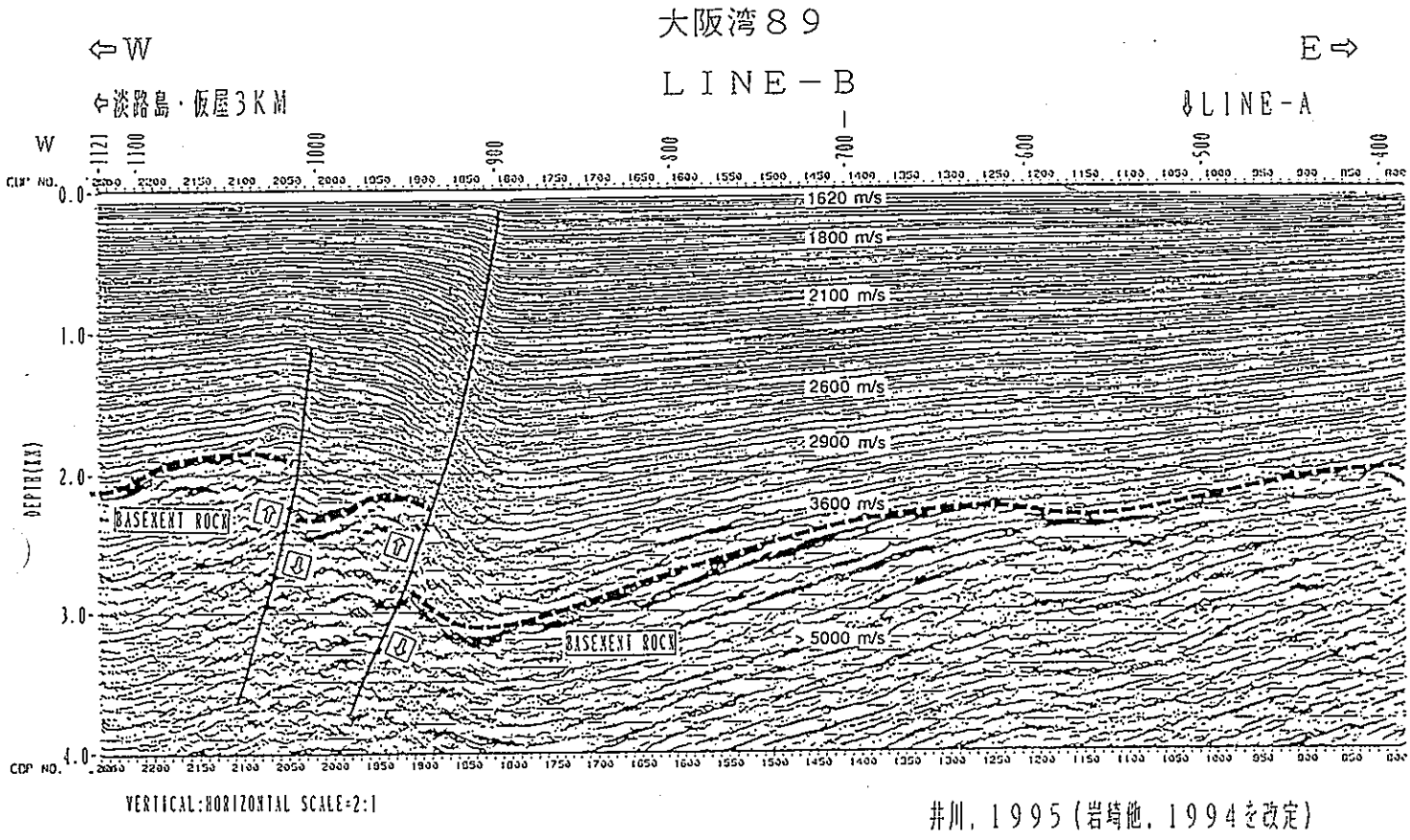


Fig.49 堆積岩地域パイプロサイス記録と坑井記録対比図（北海道江別市周辺）

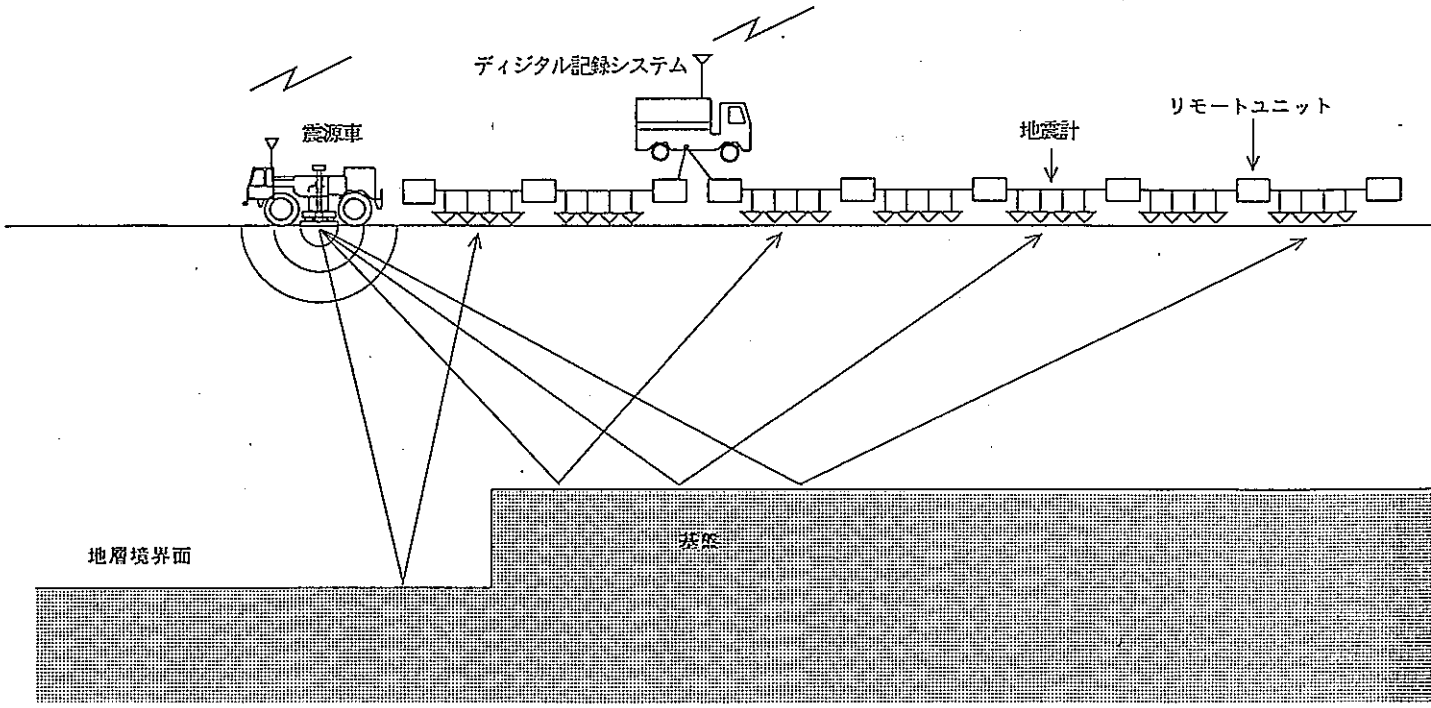




井川，1995（岩崎他，1994を改定）

Fig. 50　海上ストリーマー・エアガン調査概念図と重合断面図（大阪湾）

反射法陸上調査概念図



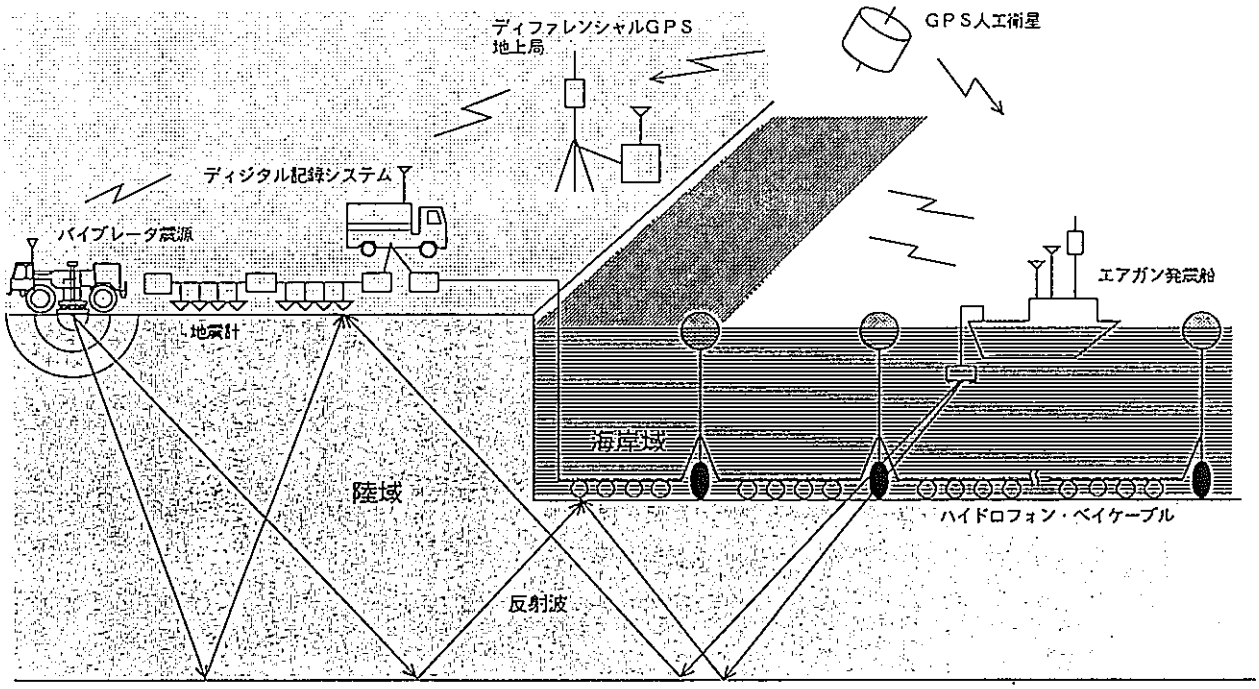
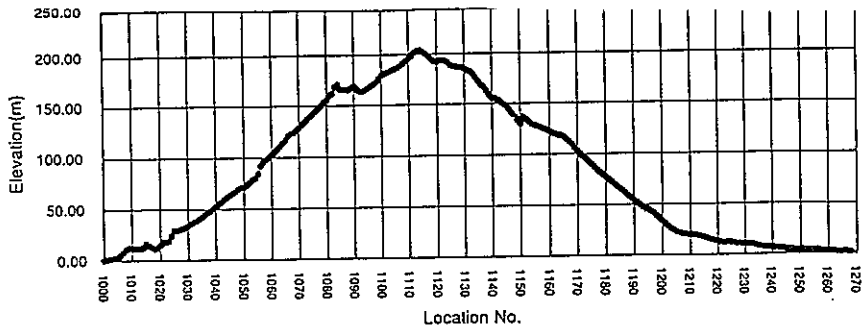


Fig. 51　陸上反射法調査と沿岸部調査の概念図



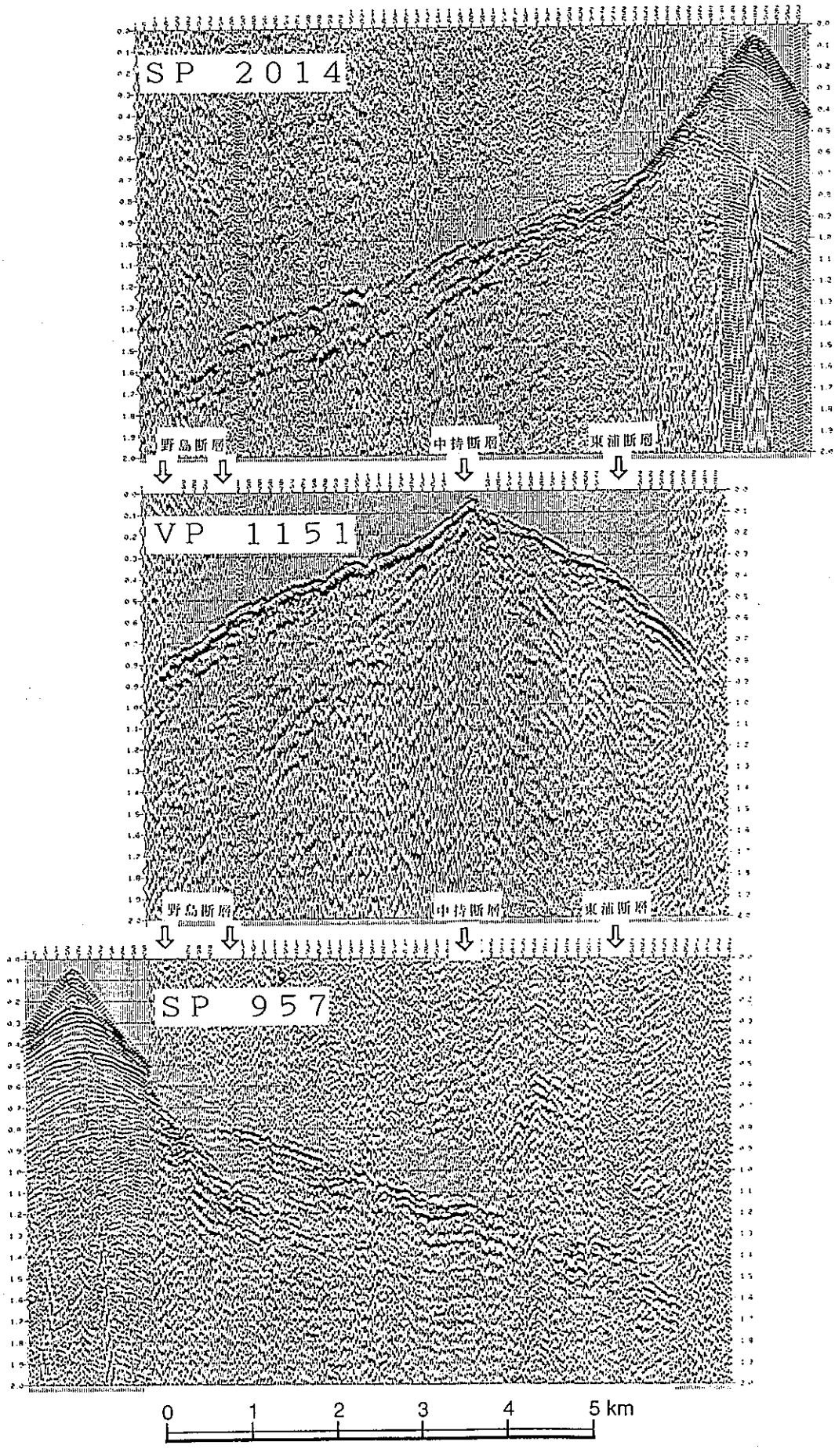


Fig. 52 エアガンーベイケーブル/ジオフォン、パイプロージオフォンショット記録
(淡路島、東大地震研 1995 より)

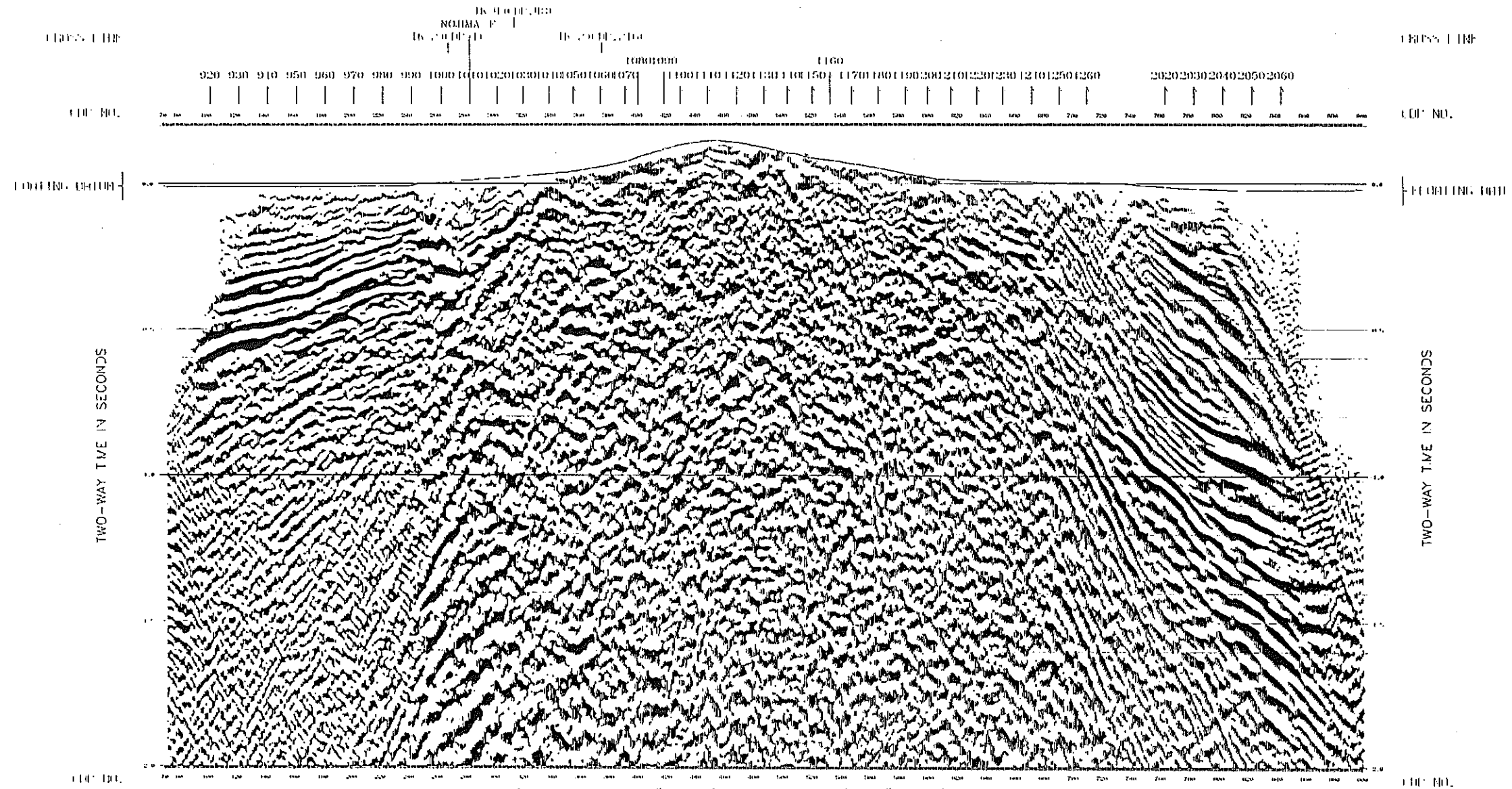


Fig.53　エアガン-ベイケーブル/ジオフォン、バイブロ-ジオフォン重合記録

（淡路島、東大地震研 1995, 千葉大 1996 より）

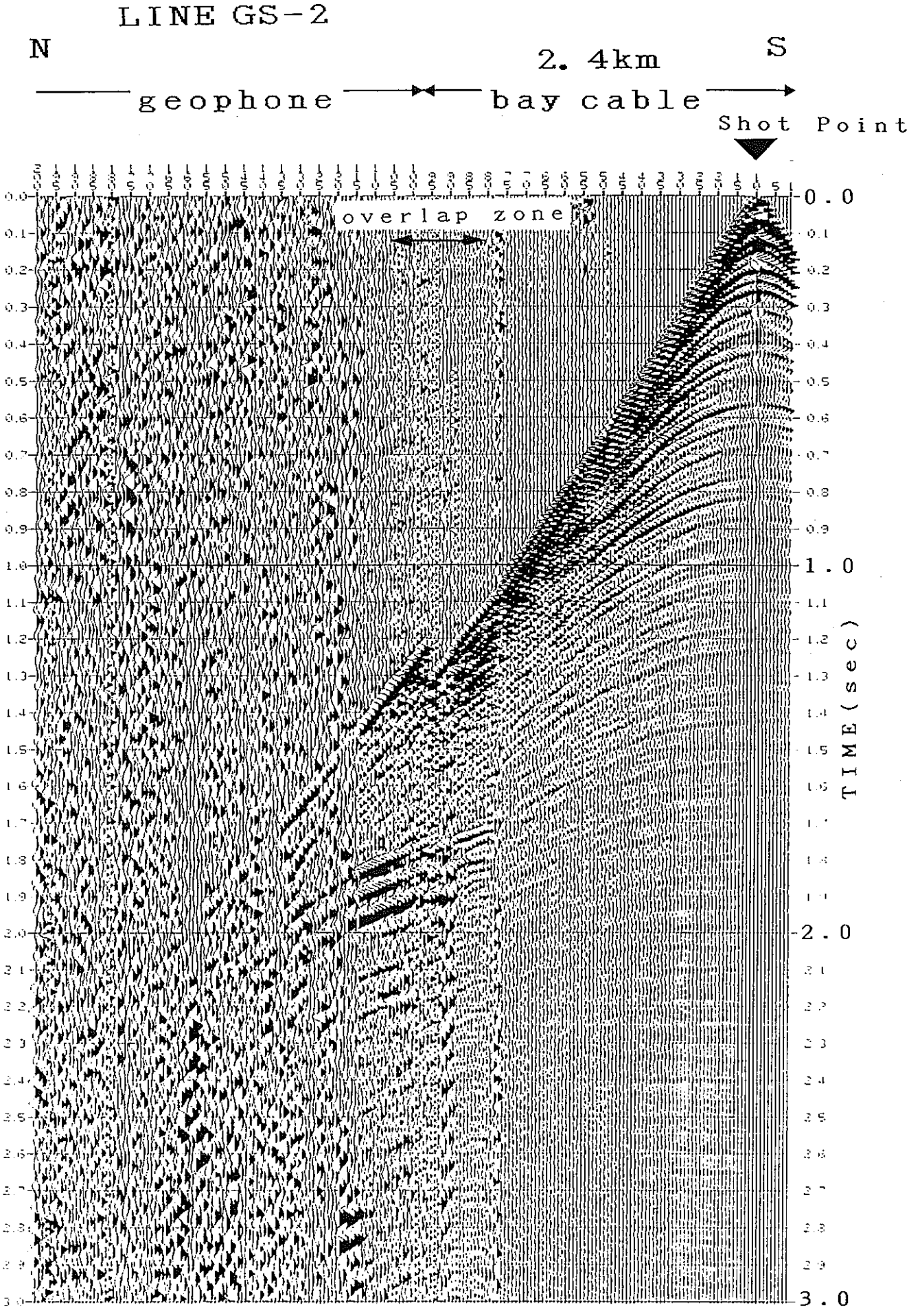


Fig. 54　エアガン-ベイケーブル/ジオフォンショット記録

（神戸、地科研物探学会 1996 より）

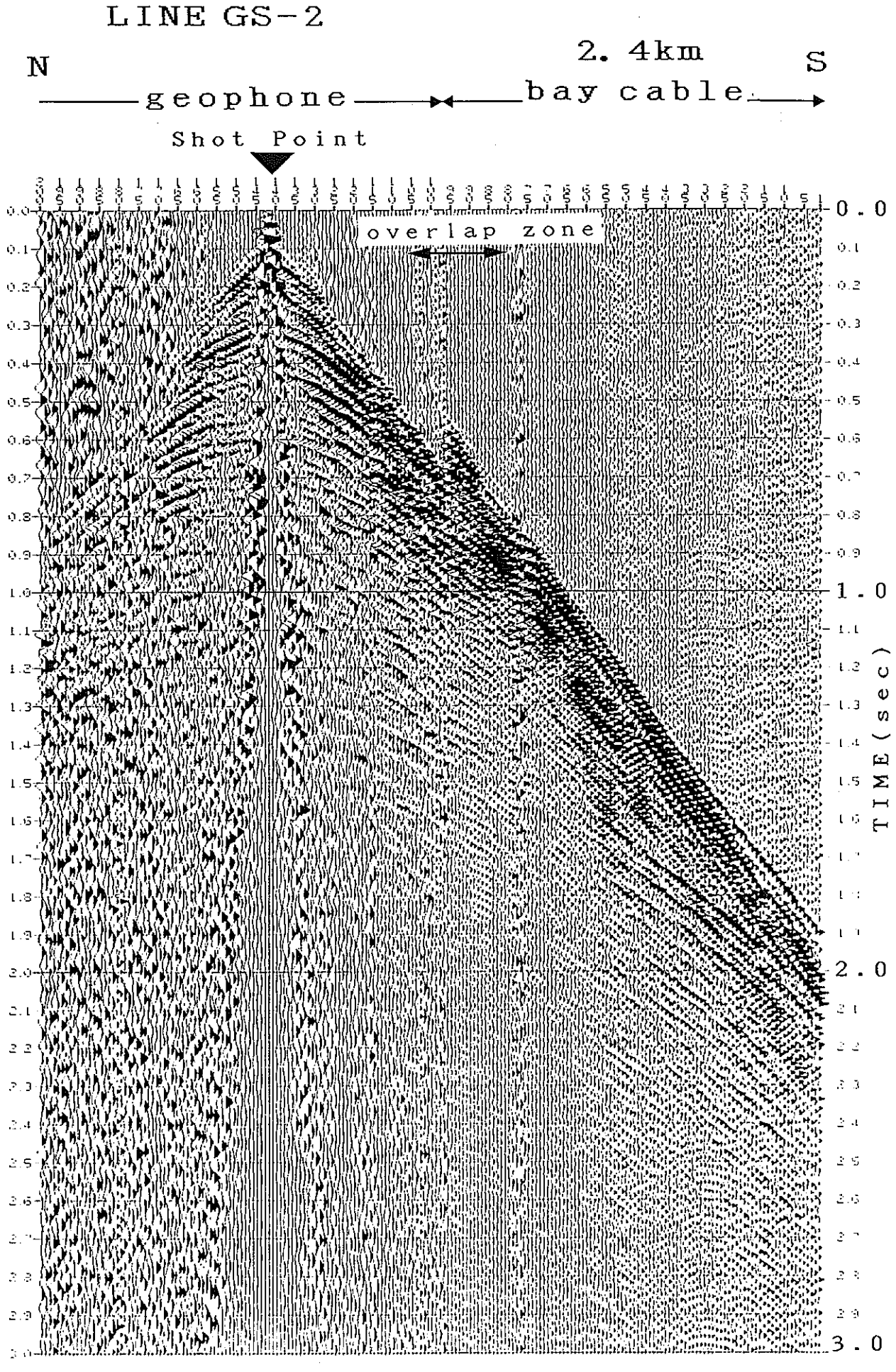


Fig. 55　バイブロサイス-ベイケーブル/ジオフォンショット記録
（神戸、地科研物探学会 1996 より）

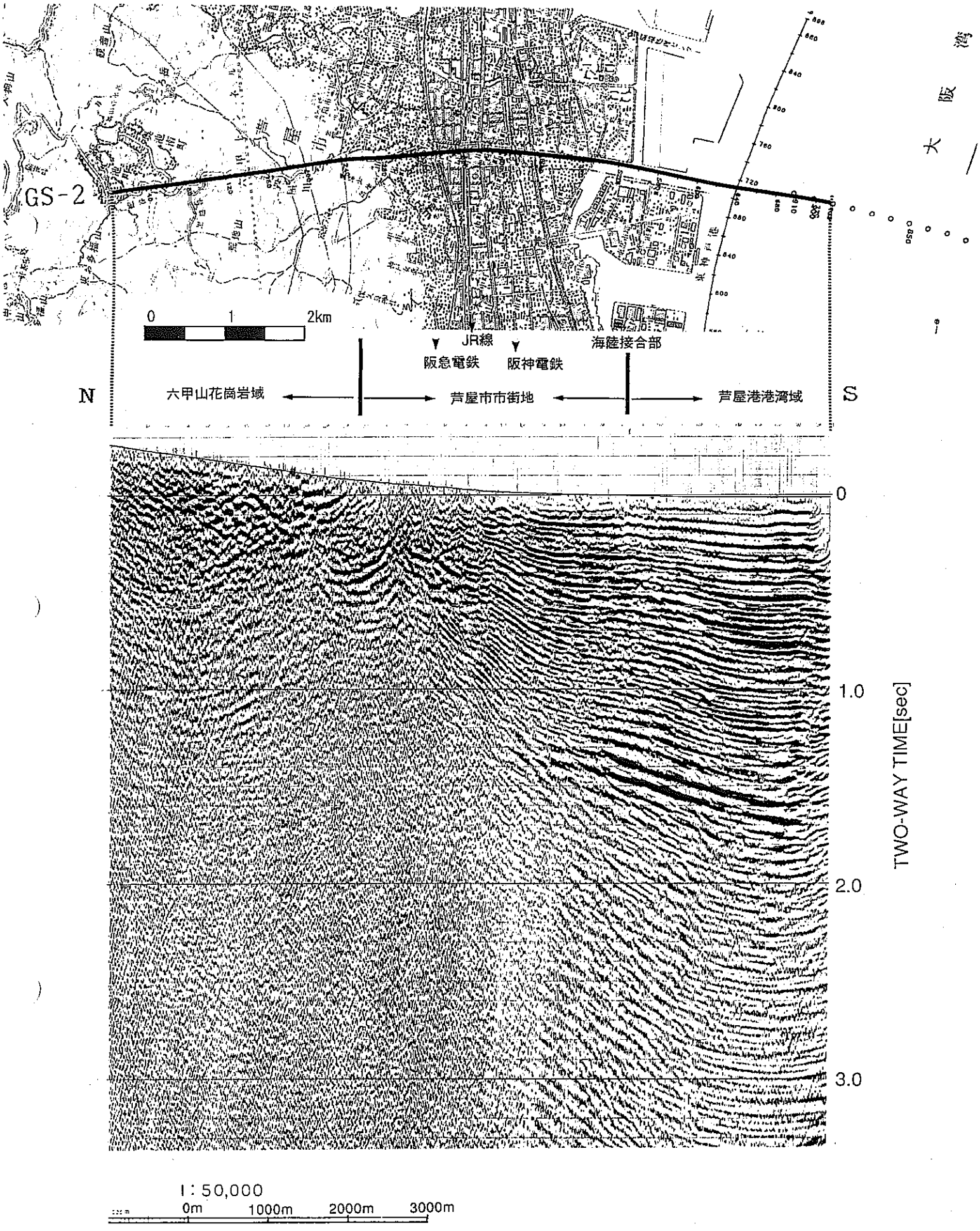


Fig. 56　バイブロサイス/エアガン-ベイケーブル/ジオフォン重合記録
（神戸、地科研物探学会 1996 より）

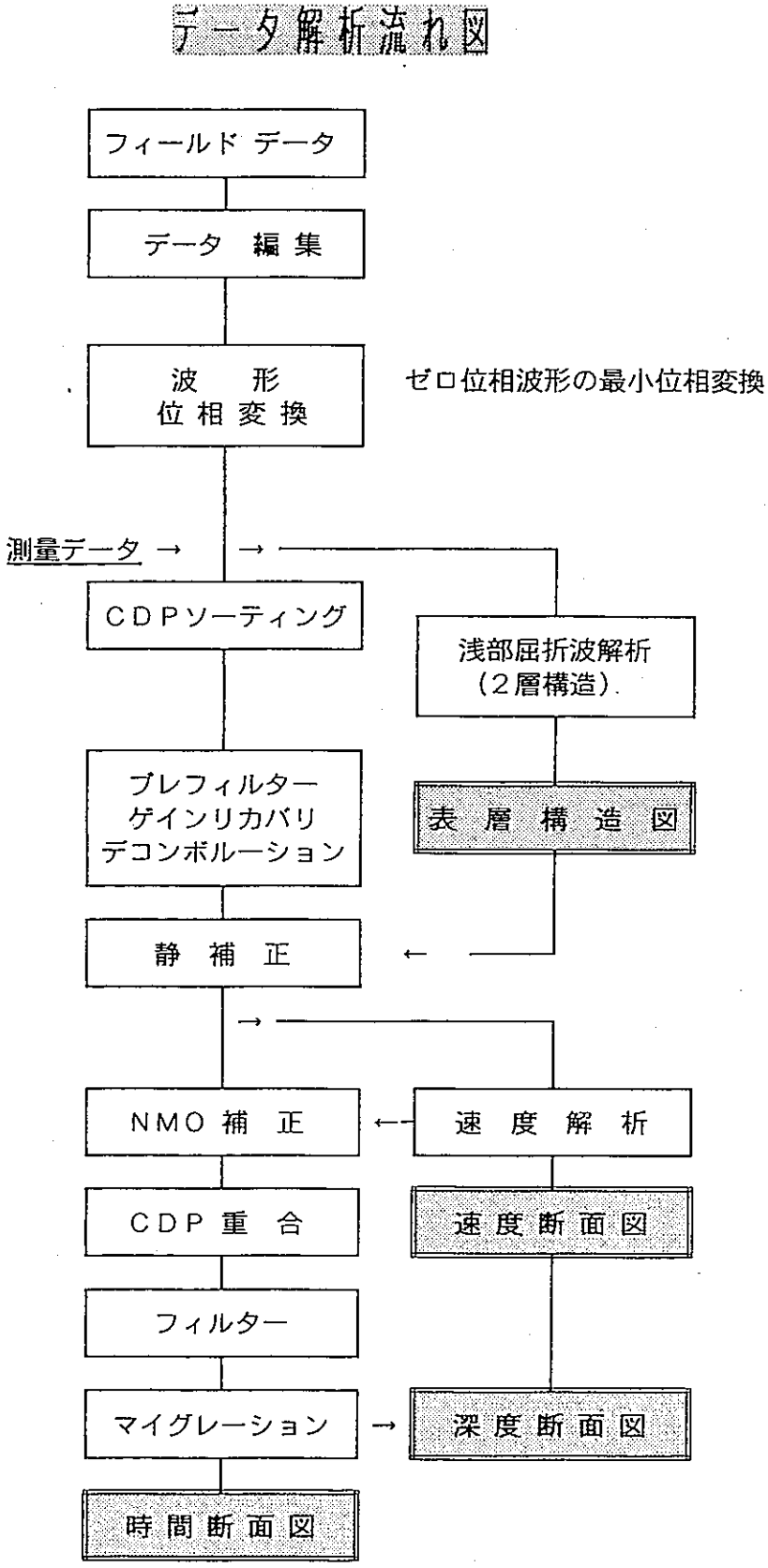


Fig. 57　陸上データ解析流れ図

AIR GUN WAVE FORM AND POWER SPECTRUM
after DECONVOLUTION

FILTER : 12-248 Hz
OPERATOR LENGTH : 300 msec

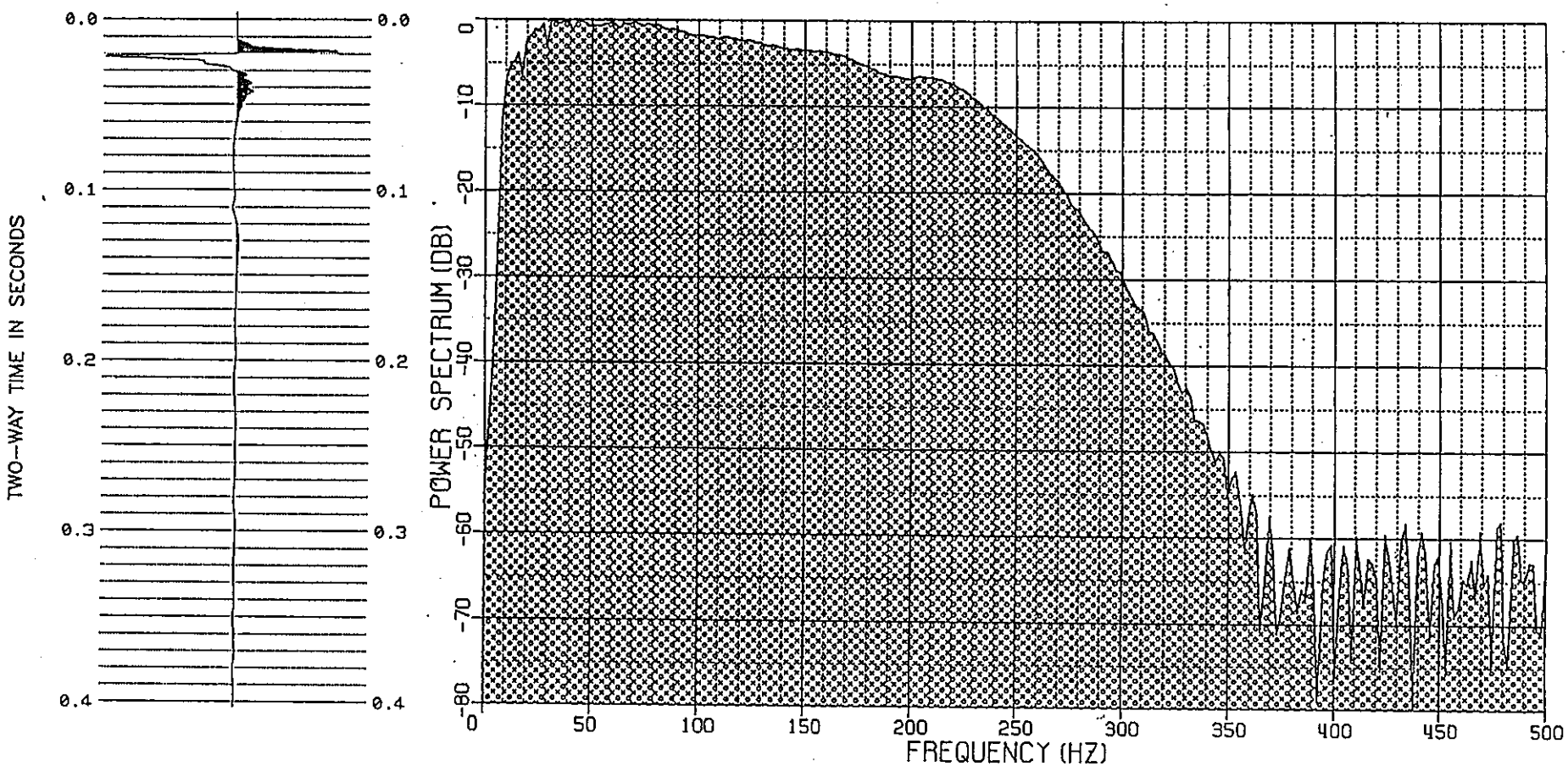


Fig.58 エアガン波形へのデコンボリューション

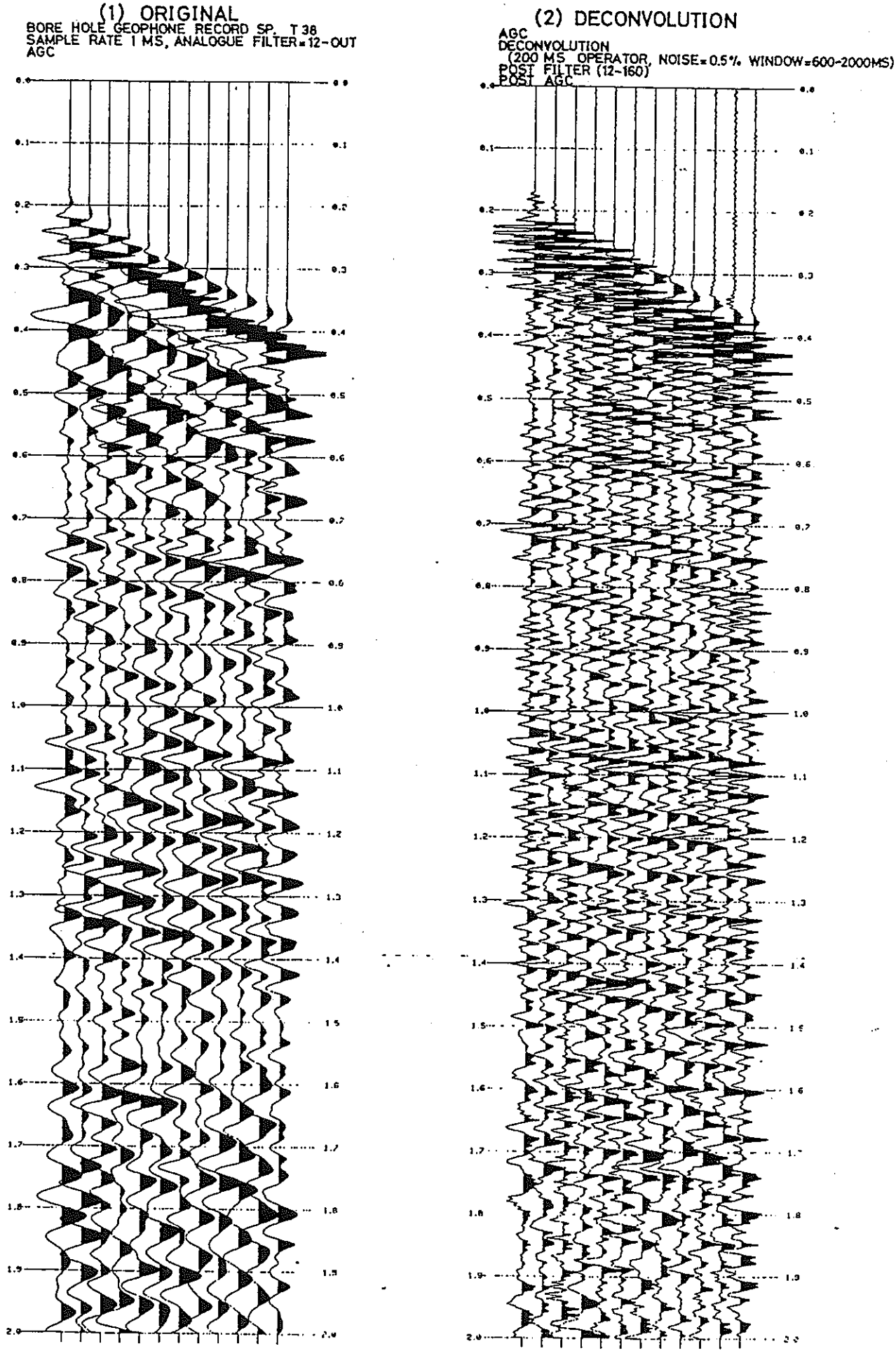


Fig. 59　陸上ショット記録へのデコンボリューション

ウォーターガン Wavelet
Deconvolutionのテスト

水深 6 m 探鉱機のフィルター OUT - 128 HZ

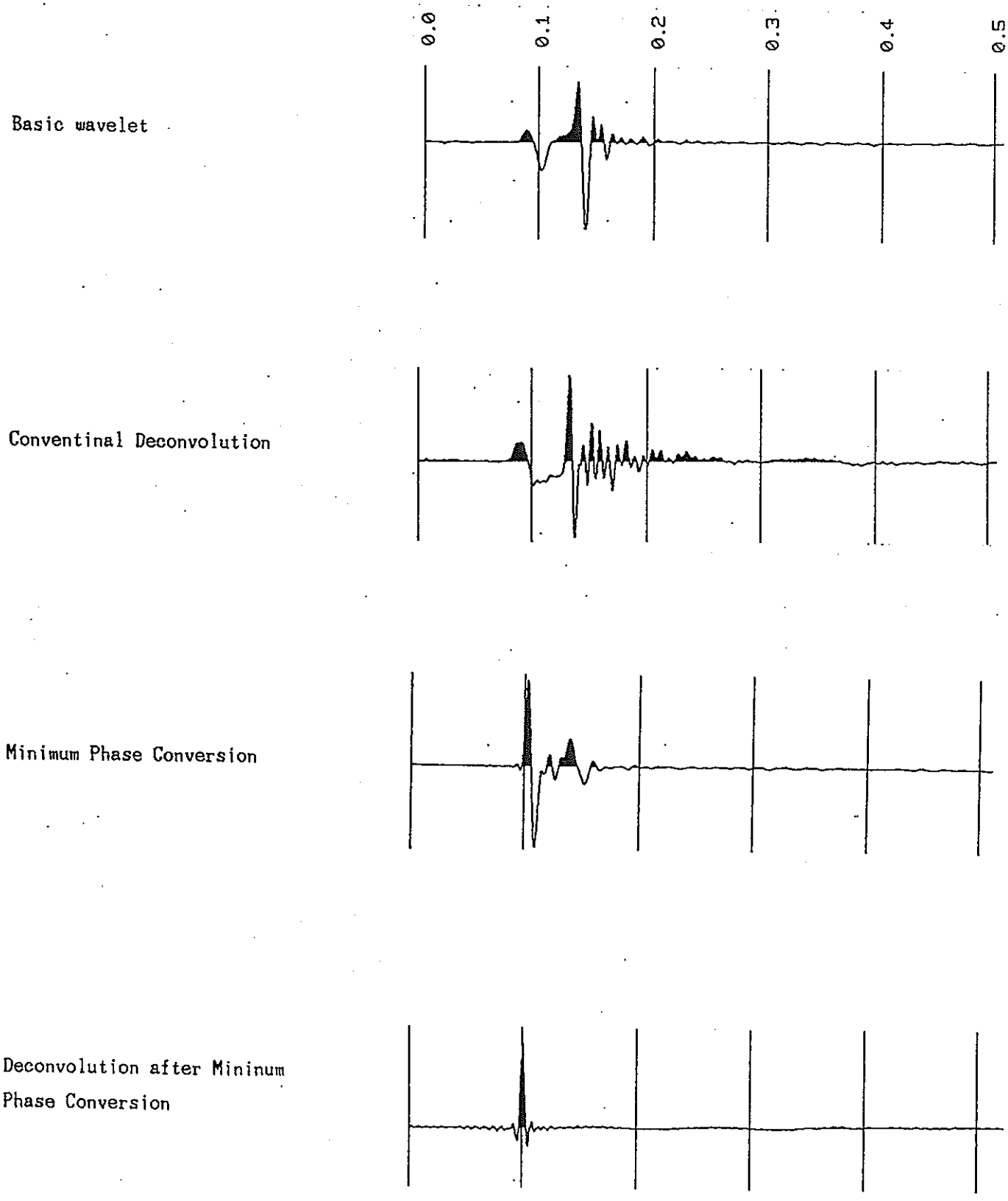
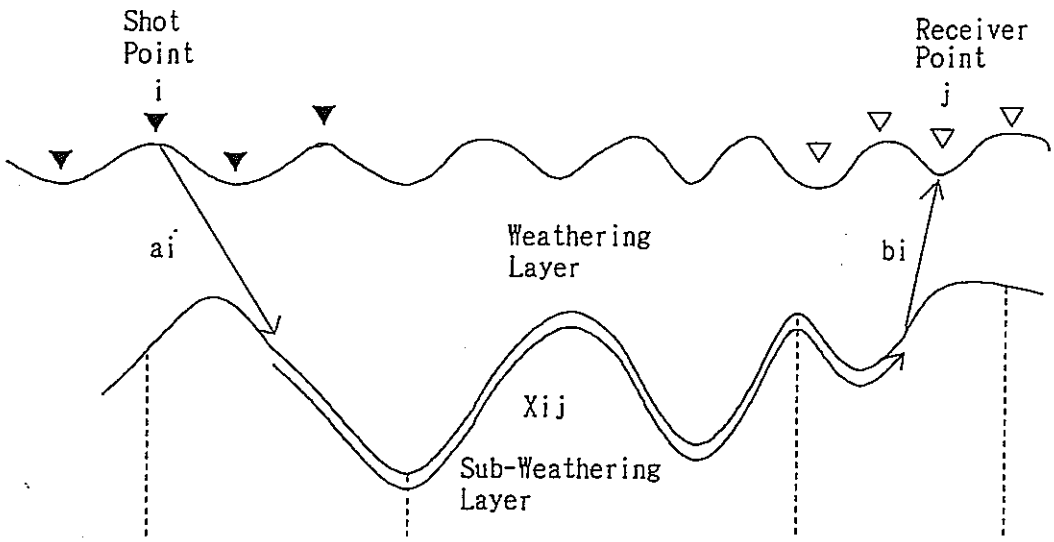


Fig. 60 ウォーターガン波形へのウェーブレット処理

Time - Term Method



$$T_{ij} = a_i + b_i + X_{ij}$$

$$X_{ij} = \sum_k \Delta_{ijk} (P_o + \delta P_k)$$

Tij	:	Travel Time from SP-i to RP-j
ai	:	Time-Term at SP-i
bi	:	Time-Term at RP-j
Δ ijk	:	Ray Path Length of k'th Block
Po	:	Initial Value of Slowness
δ Pk	:	Slowness Perturbation

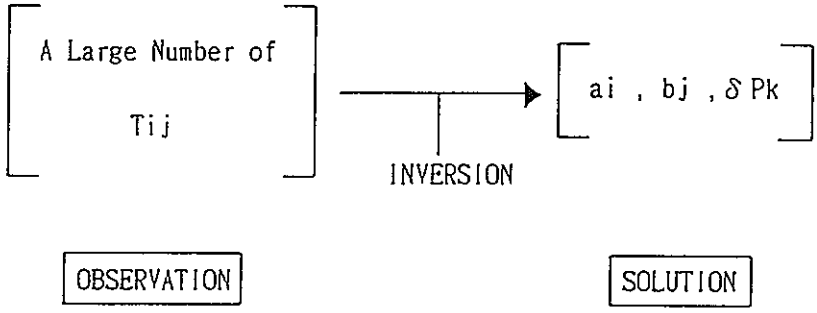


Fig. 61 屈折初動解析による静補正法の原理図（JGI Technical News No. 110 より）

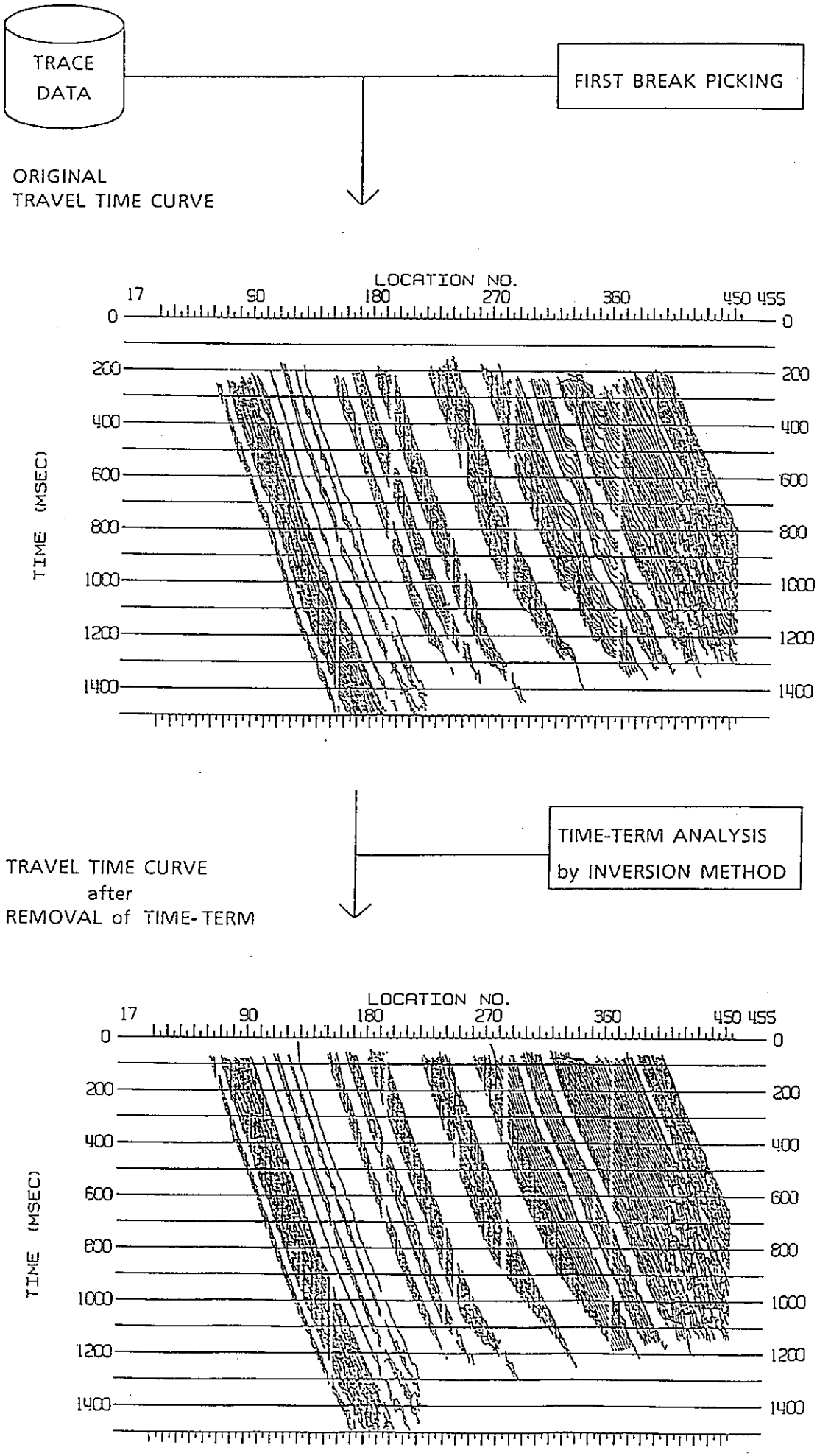
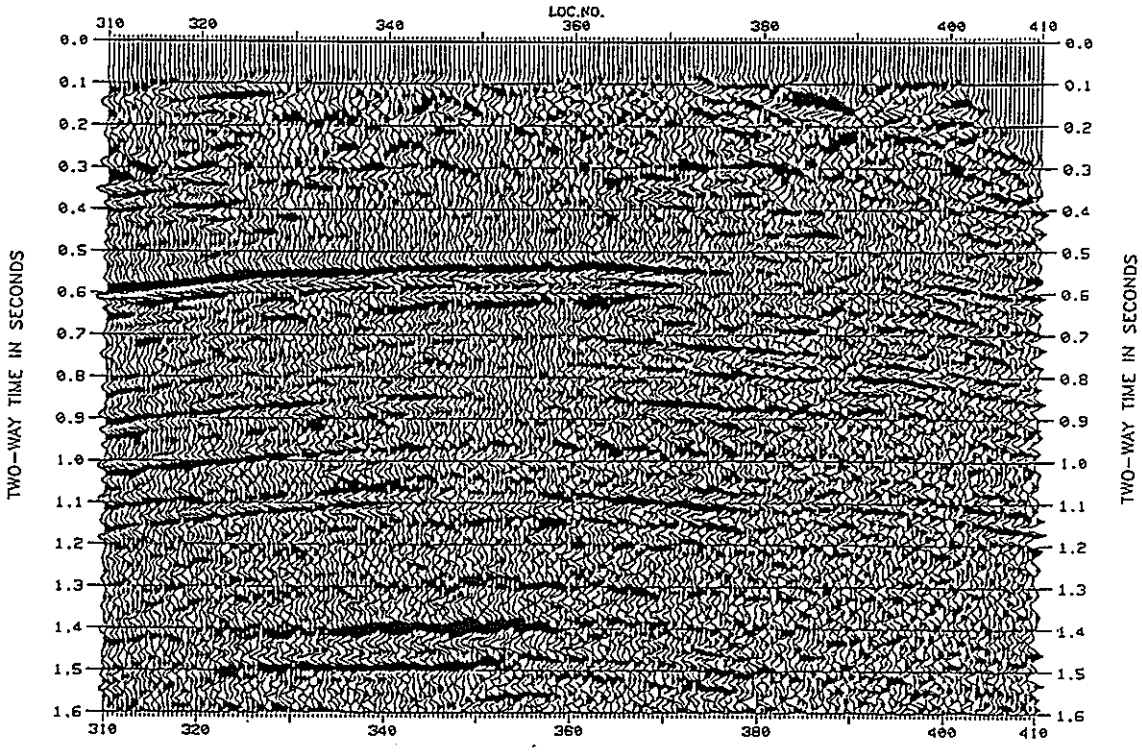
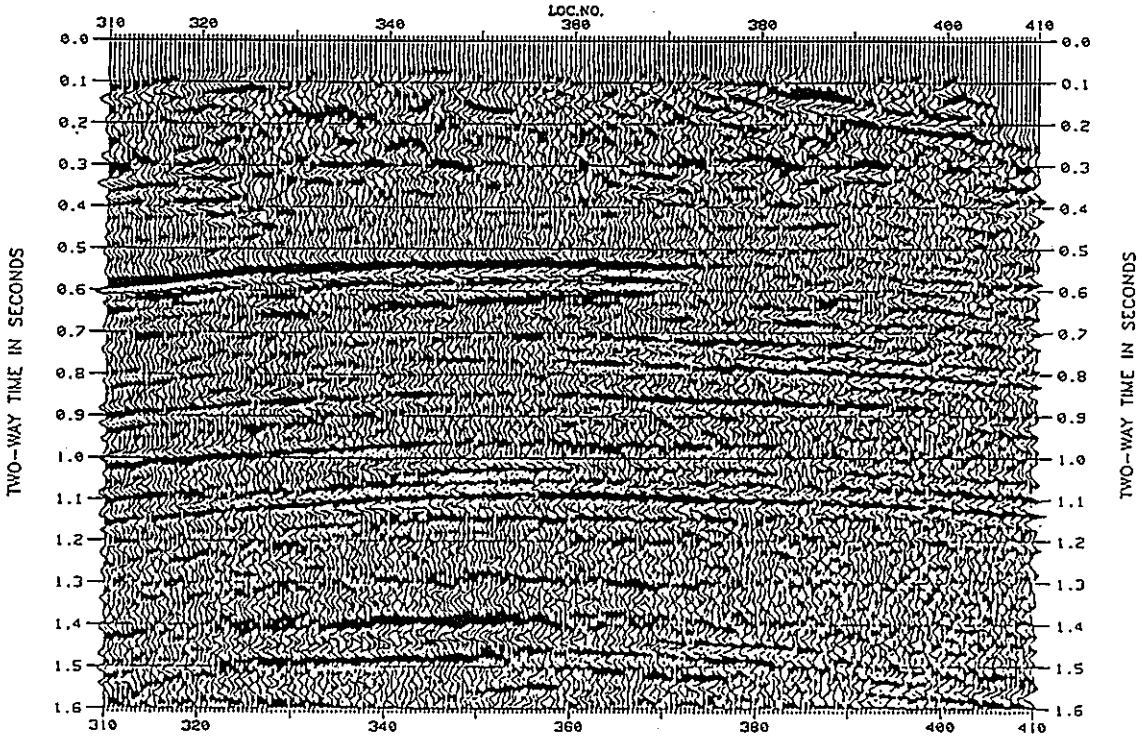


Fig. 62　屈折初動解析の実例（JGI Technical News No. 110 より）

REAL DATA EXAMPLE



STACK SECTION with CONVENTIONAL STATIC CORRECTION



STACK SECTION with NEW STATIC CORRECTION DERIVED by IMPROVED TIME-TIRM METHOD

Fig. 63　初動解析による静補正適用前後の重合断面図(JGI Technical News No. 110 より)

Ｔａｂｌｅ．　１　　主要震源の分類

使用環境	方式	周波数特性 エネルギー	型式	製造元	添付資料 ページ
陸上	爆薬(Explosive)	～5000Hz	ｶｰﾄﾘｯｼﾞ式ﾀﾞｲﾅﾏｲﾄ	日本油脂	
	ﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀ (Vibrator)	5～ 250Hz	Y-2400　(P波)	IVI	A-1-1
		5～ 250Hz	HEMI50,60(P波)	IVI	A-1-2
		10～ 500Hz	MINIBUGGY(P/S波)	IVI	A-1-6
		4～ 100Hz	M18HD/620(S波)	MERTZ	A-1-7
	ｲﾝﾊﾟｸﾀｰ (Impactor)	9000ｼﾞｭｰﾙ	JMI-400(P/S波)	地科研(JGI)	A-1-9
		2000～2500ｼﾞｭｰﾙ	CJM-MINI165(P/S)	JGI/千葉大	A-1-10
	ｴｱｶﾞﾝ(Land airgun)	～ 300Hz	LSS-3B	BOLT	A-1-11
沼,湖 浅海域	ｴｱｶﾞﾝ(Air gun)	～ 300Hz	Model 1500LL	BOLT	A-1-12
海上	ｴｱｶﾞﾝ(Air gun)	～ 300Hz	Model 1500LL	BOLT	A-1-12
	ｳｫｰﾀｰｶﾞﾝ(Water Gun)	～ 300Hz	Model P400／H400	SSI	A-1-13
孔内	爆薬 (Cap,Primer code)	～5000Hz	導爆線	物理計測	A-1-16
		～5000Hz	BASD(雷管)	PRAKLA	
	ｴｱｰｶﾞﾝ(Air gun)	～ 300Hz	Wellseis system	BOLT	A-1-17
	ｽﾊﾟｰｶ(Sparker)	100～2000Hz	HTSS	CSMA	A-1-19
		200～2000Hz	研究用	SWRI	
	ﾋﾟｴｿﾞｴﾚｸﾄﾘｯｸ (Piezo electric)	500～5000Hz	研究用	SWRI	
		300～2500Hz	CHARTS 150	TRONTO大学	
	ﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀ(Vibrator)	5～ 400Hz	1軸ﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀ(P/S)	CHEVRON	
	ﾏﾙﾁﾃﾞｨｽｸ (Multi Disc)		Model-1393	応用地質	A-1-21

Ｔａｂｌｅ．　２－１　主要受振器の分類

使用環境	ﾀｲﾌﾟ	固有周波数 (ｽﾌﾟﾘｱｽ周波数)	型式	製造元	添付資料 ページ
陸上	受振器 (Geophone)	10Hz(＞250Hz)	UM-2	MARK PRODUCTS	A-2-1
		10Hz(＞240Hz)	SM-24	I/O SENSOR	A-2-3
		10Hz(＞180Hz)	SM-7	I/O SENSOR	A-2-5
		10Hz(＞250Hz)	GS-32CT	GEO SPACE	A-2-7
		30Hz	UM-2	MARK PRODUCTS	A-2-1
	3成分型受振器 (3components geophone)	4.5～100Hz	TDC-Ⅱ	MARK PRODUCTS	A-2-9
		10Hz	SM-24	I/O SENSOR	A-2-3
沼、湖 浅海、 陸海境界部	ﾏｰｼｭ型受振器 (Marshphone)	10Hz	UM-2(MC10)	MARK PRODUCTS	A-2-11
		10Hz	SM-24	I/O SENSOR	A-2-13
		10Hz	GS-32CT	GEO SPACE	A-2-7
	ｼﾞﾝﾊﾞﾙ型受振器 (Gimbalphone)	10Hz	UM-2	MARK PRODUCTS	A-2-14
		10Hz	SG-1、2	I/O SENSOR	A-2-16
		8～14Hz	GS-GP1	GEO SPACE	A-2-18
	受振器/ﾊｲﾄﾞﾛﾎｰﾝ (Dual sensor)	10Hz	GS-PV1-S	GEO SPACE	A-2-20
		10Hz	SGH-2	I/O SENSOR	A-2-22
	ﾐﾆｽﾄﾘｰﾏ ｹｰﾌﾞﾙ (Mini streamer cable)	6～10KHz/3dB	ST-5	INNOVATIVE	A-2-23
			ｱﾅﾛｸﾞｹｰﾌﾞﾙ	SYNTRON	
	ﾍﾞｲｹｰﾌﾞﾙ (Bay cable)	7～36KHz±3dB	BC-5,6	INNOVATIVE	A-2-24
			ｱﾅﾛｸﾞｹｰﾌﾞﾙ	MARK PRODUCTS	
海上、浅海、 陸海境界部	ｵｰｼｬﾝﾎﾞﾄﾑｹｰﾌﾞﾙ (Ocean bottm cable)		SYNTRAK480 -24用	SYNTRON	A-3-55
			I/O SYSTEM TWO用	I/O	A-3-63
	ｽﾄﾘｰﾏ ｹｰﾌﾞﾙ (Multi streamer Cable)		SYNTRAK480 -24用	SYNTRON	A-3-75
			I/O SYSTEM TWO用	I/O	A-3-69
			CENTVRY MUX用	HYDROSCIENCE TECHNOLOGIES	A-3-80

Ｔａｂｌｅ．　２－２　主要受振器の分類

使用環境	ﾀｲﾌﾟ	最高動作温度／圧力深度(固有周波数)	型式	製造元	添付資料ページ
孔内	受振器 (Geophone)	260℃　(F=10Hz)	L-15A-TW	MARK PRODUCTS	
		260℃　(F=10Hz)	SM-500	I/O SENSOR	A-2-25, 38
		200℃ (F=8～30Hz)	SMC-1850	GEO SPACE	A-2-26
	3成分受振器ﾂｰﾙ (3components geophone tool)	20000psi　(F=10Hz)	LRS-1300	WESTERN ATLAS	A-2-28
		20000psi　(F=10Hz)	MLR	WESTERN ATLAS	A-2-29
		1000m	Model3042	応用地質	A-2-31
	ｼﾞﾝﾊﾞﾙ型受振器ﾂｰﾙ (Downhole 3components gimbal tool)		SDG-2	I/O SENSOR	A-2-25
		20000psi　(F=10Hz)	AWG-1300	WESTERN ATLAS	
	ﾊｲﾄﾞﾛﾎｰﾝｱﾚｰ･ﾂｰﾙ (Hydrophone array tool)	600m　(3～1000Hz)	P-27-12C	MARK PRODUCTS	A-2-33
		10Km(7～36KHz±3DB)	DH-6	INNOVATIVE	A-2-35
		175℃/(5～4KHz)	DHS	CSMA	A-2-36

Ｔａｂｌｅ．　３　　主要探鉱機の分類

使用環境	方式	伝送方式 (最大録音ﾁｬﾈﾙ数)	型式	製造元	添付資料 ページ
陸上 沼、湖 浅海域	有線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙ ﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機 (Cable Digital Telemetry System)	有線　(1000)	GUS-BUS-I	GUS *	A-3-1
		有線　(1000)	GUS-1000	GUS *	A-3-3
		有線　(8192)	GDAPS-3	地科研(JGI)	A-3-5
		有線(8128×N line)	GDAPS-4	JGI	A-3-6
		有線／無線　(8064)	I/O SYSTEM ONE	I/O	A-3-7
		有線　(38400)	SN388	SERCEL	A-3-12
		有線　(9600)	ARAM24	Geo-X	A-3-16
		有線　(7680)	Vision8000	WESTERN	A-3-22
	無線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙ ﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機 (Radio Digital Telemetry System)	無線／有線　(10000)	MYRIASEIS	CGG	A-3-28
		無線／有線　(1536)	TELSEIS STAR	FAIRFIELD	A-3-30
		無線／有線　(4000)	POLYSEIS	SYNTRON	A-3-34
		無線／有線　(1536)	DIGIFLEX	GECO-PRAKL	A-3-39
		無線／有線　(1000)	EAGLE	OPSEIS	A-3-44
	有線式ｱﾅﾛｸﾞ ﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機 (Analog Telemetry System)	有線　(480)	DAS-2	OYO	A-3-48
		有線　(480)	GALILEO 2460	BISON	A-3-50
		有線　(240)	DFS-V	TI *	A-3-52
浅海域 深海	海底ｹｰﾌﾞﾙ用探鉱機 (Ocean Bottm Cable System)	有線　(1920)	SYNTRAK480-24	SYNTRON	A-3-55
		有線　(8064)	I/O SYSTEM TWO	I/O	A-3-63
	ﾏﾙﾁｽﾄﾘｰﾏ用探鉱機 (Multi Streamer Cable System)	有線　(1920)	SYNTRAK480-24	SYNTRON	A-3-75
		有線　(8064)	I/O SYSTEM TWO	I/O	A-3-69
		有線　(1280)	CENTURY MAX	HYDROSCIENCE TECHNOLOGIES	A-3-80

*製造中止

Table. 4-1 主要震源の性能比較表

使用環境	陸上						
震源タイプ	爆薬	バイブレータ				インパクター	
型式	カートリッジ式 特殊新桐ダイナマイト	Y－2400(P波) バードワーゲン車	HEMI50(P波) HEMI60(P波) バードワーゲン車	ミニバギー(P／S波)	M－18／620(S波)	P／S型 油圧インパクター JMI－400	P／S型小型油圧インパクター CJI－MINI165
原理(概要)	ｶｰﾄﾘｯｼﾞ式特殊ﾀﾞｲﾅﾏｲﾄが多用されている。このﾀﾞｲﾅﾏｲﾄは塩化ﾋﾞﾆｰﾙ管を材質としたｶｰﾄﾘｯｼﾞ、ｶﾞｲﾄﾞﾎﾙﾀﾞｰ、ﾌﾞｰｽﾀｰで構成され、各ｶｰﾄﾘｯｼﾞをﾈｼﾞ込みで接続した1本の筒の状態で孔内に装填する。 爆薬量に応じて本体ｶｰﾄﾘｯｼﾞ部及びﾌﾞｰｽﾀｰ部を多段に接続する。 雷管は発光感度(瞬発熱)の高い電気雷管を使用し、発破時刻の遅延時間をｻﾝﾌﾟﾙ時間以下に押さえている。 爆薬は水孔装填に支障のないように比重が1.3以上のものを用いている。 爆薬量に対する作孔深度の目安は、発破孔径:50mmの場合 薬量2.5Kg:発破孔深度7.5m 4.5Kg: 9.0m 6.5Kg: 10.5m 8.5Kg: 14.0m ｶｰﾄﾘｯｼﾞ長により、作孔深度を決める。 この他に人工地震による地域地殻構造調査の震源として、深度の深い過酷な条件での水中発破用に開発された海底発破用爆薬1号が使用されている。	油圧機構で振動を制御し、設定した周波数を連続的に地中に送る震源。反射法地震探査の震源として使用される。 ﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀ(Y-2400)は、地表面と直接接触したﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄ(振動板)に直結した軸上のﾋﾟｽﾄﾝをﾘｱｸｼｮﾝﾏｽ内部を油圧で制御することにより振動を発生させる。 振動発生時には、車体重量をﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄにかけて、ﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄと地面のｶｯﾌﾟﾘﾝｸﾞ効果をあげている。制御装置は、基準信号とﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄの加速度計信号を常時監視し、起震力、ﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄおよびﾘｱｸｼｮﾝﾏｽの速度、加速度、変位に対する位相制御を行う。 対象深度、環境ﾉｲｽﾞにより1台のﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀによる単一ｽｲｰﾌﾟでは十分なｴﾈﾙｷﾞｰが得られない場合は、複数台のﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀを用い、ｽｲｰﾌﾟを繰返し重合わせることにより発震ｴﾈﾙｷﾞｰを増大させている。	油圧機構で振動を制御し、設定した周波数を連続的に地中に送る震源。反射法地震探査の震源として使用される。 ﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀ(HEMI60)は、地表面と直接接触したﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄ(振動板)に直結した軸上のﾋﾟｽﾄﾝをﾘｱｸｼｮﾝﾏｽ内部を油圧で制御することにより振動を発生させる。 振動発生時には、車体重量をﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄにかけて、ﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄと地面のｶｯﾌﾟﾘﾝｸﾞ効果をあげている。制御装置は、基準信号とﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄの加速度計信号を常時監視し、起震力、ﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄおよびﾘｱｸｼｮﾝﾏｽの速度、加速度、変位に対する位相制御を行う。 対象深度、環境ﾉｲｽﾞにより1台のﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀによる単一ｽｲｰﾌﾟでは十分なｴﾈﾙｷﾞｰが得られない場合は、複数台のﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀを用い、ｽｲｰﾌﾟを繰返し重合わせることにより発震ｴﾈﾙｷﾞｰを増大させている。	油圧機構で振動を制御し、設定した周波数を連続的に地中に送る震源。反射法地震探査の震源として使用される。 ﾐﾆﾊﾞｷﾞｰは、油圧装置とその電子制御装置から構成。油圧系は、振動発生装置、ﾘﾌﾄ装置、油圧用ｴﾝｼﾞﾝから構成。 振動装置は車体の中央部に取り付けられており、振動部の最大荷重は(ﾎｰﾙﾀﾞｳﾝｳｪｲﾄ)は約3ﾄﾝ。振動装置は水平位置に取り付けることが可能でS波震源として使用出来る。水平面内では任意の方向に回転ができ、ｲﾝﾗｲﾝ、ｸﾛｽﾗｲﾝ方向での発震が可能。 小型ﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀを搭載しているﾐﾆﾊﾞｷﾞｰ車は、回転半径が4.3mで比較的狭い道路での発震が可能。 制御装置は、大型ﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀと同ﾀｲﾌﾟの装置とのｲﾝﾀｰﾌｪｰｽが出来る。	油圧機構で振動を制御し、設定した周波数を連続的に地中に送る震源。反射法地震探査の震源として使用される。 M-18/617ﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀの作動原理は、P波ﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀと同じ機構。振動板を水平方向に振動させる機構が異なる。 制御装置は、基本信号とﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄの加速度計信号を常時監視し、起震力、ﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄおよびﾘｱｸｼｮﾝﾏｽの速度、加速度、変位に対する位相制御を行う。 対象深度、環境ﾉｲｽﾞにより1台のﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀによる単一ｽｲｰﾌﾟでは十分なｴﾈﾙｷﾞｰが得られない場合は、複数台のﾊﾞｲﾌﾞﾚｰﾀを用い、ｽｲｰﾌﾟを繰返し重合わせることにより発震ｴﾈﾙｷﾞｰを増大させている。回転式でP波駆動が可能。	ｲﾝﾊﾟｸﾀｰは、重錘落下を応用したものでﾋﾟｽﾄﾝ(重錘)の動作を油圧ｼｽﾃﾑで制御しているため、従来の重錘落下装置に比べて繰り返し性能に優れている。また落下するﾋﾟｽﾄﾝを圧縮窒素ｶﾞｽで加速落下させ、その打撃力を大きくしている。ﾋﾟｽﾄﾝの制御は油圧で行っている。 探鉱機との同期はﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄに取付けられてTBｾﾝｻを使用している。 地震探鉱機との同期制御は、有線と無線方式が用意されている。 この震源の特徴は、垂直軸から左右方向に傾斜させてﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄを打撃することによりP波とS波の発生可能。 汎用のﾎｲﾙﾛｰﾀﾞの前部に搭載され移動性に優れ、油圧制御により震源波形の再現性が良い。	P/S型油圧ｲﾝﾊﾟｸﾀｰの小型版。 油圧ｲﾝﾊﾟｸﾀｰは、重錘落下を応用したものでﾋﾟｽﾄﾝ(重錘)の動作を油圧ｼｽﾃﾑで制御しているため、従来の重錘落下装置に比べて繰り返し性能に優れている。また落下するﾋﾟｽﾄﾝを圧縮窒素ｶﾞｽで加速落下させ、その打撃力を大きくしている。ﾋﾟｽﾄﾝの制御は油圧で行っている。 探鉱機との同期はﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄに取付けられてTBｾﾝｻを使用している。 地震探鉱機との同期制御は、有線と無線方式が用意されている。 この震源の特徴は、垂直軸から左右方向に傾斜させてﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄを打撃することによりP波とS波を交互に発生可能 汎用のﾎｲﾙﾛｰﾀﾞの前部に搭載され移動性に優れ、油圧制御により震源波形の再現性が良い。 不整地、狭い道路で効率的な調査を行うことが可能。
外観 寸法 全長/幅/高 重量 主仕様 周波数範囲 ﾎｰﾙﾀﾞｳﾝｳｴｲﾄ ﾘｱｸｼｮﾝﾏｽ重量 ﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄ重量	2Kg/50mm径/1m、1Kg/35mm径/2m 特殊新桐ダイナマイトの主仕様 仮比重:1.50～1.65 殉爆度(度):4～6 爆速:6,500～7,000m/sec 火薬力:8,800f(L･Kg/cm2) 耐水圧:5Kg/cm2･24Hr	APPENDEX-1-1参照 8.2m/2.5m/3.4m 17.7ﾄﾝ APPENDEX-1-1参照 5～250Hz 13.6ﾄﾝ 3ﾄﾝ 1.7ﾄﾝ	APPENDEX-1-2参照 HEMI60仕様 8.75m/ m/3.1m 29ﾄﾝ APPENDEX-1-3参照 5～250Hz 28.1ﾄﾝ 3.7ﾄﾝ 2ﾄﾝ	APPENDEX-1-6参照 6m/1.8m/2.4m 4.2ﾄﾝ APPENDEX-1-6参照 10～500Hz 2.9ﾄﾝ 141Kg 174Kg	APPENDEX-1-7参照 9.8m/3m/3.8m 23.9ﾄﾝ APPENDEX-1-8参照 4～100Hz(S) 5～250Hz 23.1ﾄﾝ 2.7ﾄﾝ(S) 4.2ﾄﾝ(P) 2.7ﾄﾝ(S) 4.2ﾄﾝ(P)	APPENDEX-1-9参照 5.8m/2.2m/3m 8.8ﾄﾝ 35度(最大傾斜角) 9000ｼﾞｭｰﾙ(出力) 400Kg 400Kg	APPENDEX-1-9参照 2.5m/1m/2.2m 1.2ﾄﾝ APPENDEX-1-10参照 30度(最大傾斜角) 2000ｼﾞｭｰﾙ(出力) 65Kg 65Kg
コスト	作孔深度(30m)、孔数(1)、薬量(8.5Kg)、運搬費、許認可等の発破費 掘削費:45万円(1.5万円/m) 発破費:30万円(6点発破の平均) 合計:75万円/点	購入価格(FOB) 本体および電子制御装置を含む。 5,000万円／台	購入価格(FOB) 本体および電子制御装置を含む。 5,800万円／台(HEMI50) 7,300万円／台(HEMI60)	購入価格(FOB) 本体および電子制御装置を含む。 1,900万円／台	購入価格(FOB) 本体および電子制御装置を含む。 8,100万円／台	製作費 本体および電子装置を含む。 3,800万円／台	制作費 本体および電子装置を含む。 1,500万円／台
適用可能／不可能となる条件	都市部での使用は不可。 舗装道路上の作孔は不可。	都市部調査に適している。 大型車両のため使用道路の幅に制限。	都市部調査に適している。 大型車両のため使用道路の幅に制限	舗装道路でのS波発震は不可。 (ﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄの構造上地面を傷める)	舗装道路でのS波発震は不可。 (ﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄの構造上地面を傷める)	不整形地、狭い道路での発震可能。 舗装道路上の発震にはﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄ上にｺﾞﾑﾌﾟﾚｰﾄを敷いた状態での対策が必要	不整地、幅1m程度の道路での使用が可能。 舗装道路上の発震にはﾍﾞｰｽﾌﾟﾚｰﾄ上にｺﾞﾑﾌﾟﾚｰﾄを敷いた状態での対策が必要
製作会社 代理店	日本油脂(株) 日本発破(株) 発破作業	IVI 三恵エンジニアリング	IVI 三恵エンジニアリング	IVI 三恵エンジニアリング	SERCEL MERTZ 極東貿易	JGI	千葉大学／JGI JGI
APPENDIX NO		APPENDIX-1	APPENDIX-1	APPENDIX-1	APPENDIX-1	APPENDIX-1	APPENDIX-1

Table. 4-2 主要震源の性能比較表

使用環境	海上		坑内				
震源タイプ	エアーガン	ウォータガン	爆薬	スパーカ	シリンドリカルベンダ	マルチディスク型	坑内エアガン
型式	2800LLX 1900LLX 1500LL	P 400/H400	導爆線	CSMA社型およびSWRI社型	SWRI社型	OYO Wappa Source	DHS—600、1500、1900 DHS—5500、6600および WELLSEIS SYSTEM
原理(概要)	圧縮空気を用いる非爆薬震源。 高圧空気(1600−2000)psiを鋼鉄製ｴｱｰﾁｬﾝﾊﾞｰに圧入し、これを密閉しているﾋﾟｽﾄﾝの作動により圧縮空気を水中に放出する。水中での空気ﾊﾞﾌﾞﾙの急速膨張により地震ﾊﾟﾙｽが発生する。 ｴｱｶﾞﾝﾊﾟﾙｽの周波数帯域波、ﾁｬﾝﾊﾞｰ容積、放出時の空気圧力、ｶﾞﾝ深度によって変化する。 海上 調査では、2次的な気泡震動(ﾊﾞﾌﾞﾙ)の減衰、広帯域な周波数特性とｴﾈﾙｷﾞｰを持つﾊﾟﾙｽを発生を発生させるため、ﾁｬﾝﾊﾞｰ容量の異なるｶﾞﾝ組合わせて使用する。ひとつのｴｱｰｶﾞﾝが発生する発震波形は放出された気泡の振動により、いくつものﾋﾟｰｸをともなう。この二次振動を取除くために容量の異なるｴｱｰｶﾞﾝを複数個用いて互いに二次振動を打ち消させ、単一ﾋﾟｰｸを有する発震波形をつくる。あるいは、特殊な気泡振動除去装置を用いる。	圧縮空気を用いる非爆薬震源。 高圧空気(1600−2000)psiを鋼鉄製ｴｱｰﾁｬﾝﾊﾞｰに圧入し、これを密閉しているﾋﾟｽﾄﾝの作動により圧縮空気を水中に放出する。水中での空気ﾊﾞﾌﾞﾙの急速膨張により地震ﾊﾟﾙｽが発生する。 ｴｱｰｶﾞﾝの変形型で、圧縮空気を水中に放出して、発生ﾊﾞﾌﾞﾙの気泡がつぶれる瞬間に引き波(implosion)を発生させﾊﾞﾌﾞﾙを減衰させる。 ｴｱｶﾞﾝのようなﾊﾞﾌﾞﾙが発生しないためｴﾈﾙｷﾞｰの増加には同一ｻｲｽﾞのｶﾞﾝを多数用いる方法が取れる。	坑内震源として使用する場合は、ｹｰｼﾝｸﾞまたは坑壁の破壊を避けるため、雷管や少量の火薬(最大100g未満)が用いられている。爆薬震源は、地質条件にあったｴﾈﾙｷﾞｰの選択(比較的容易に薬量の増減が可能)が出来ることが特徴。 一般的には導爆線ﾀｲﾌﾟの火薬を専用のツールの溝に埋込んで使用している。 導爆線型坑内震源は、通常の7芯の検層ｹｰﾌﾞﾙに接続して、地上からの制御で1組ずつ順次爆発させる。 物理計測ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ製のツールは、ｴﾚｸﾄﾛﾆｸｽ容器と4連の導爆線ﾏｶﾞｼﾞﾝから構成される。ｴﾚｸﾄﾛﾆｸｽ部は、爆破する導爆線の選択と爆破信号の検出を行う。 導爆線ﾏｶﾞｼﾞﾝは、4連構成で合計16発の爆破が可能。	ｽﾊﾟｰｶ震源は、従来型の海上調査用ｽﾊﾟｰｶを改造したﾀｲﾌﾟと通常のｽﾊﾟｰｶと異なり、電極の間に特定の形をした絶縁体を入れ、その形状によって波形および周波数の制御を可能にしているｱｰｸﾃﾞｨｽﾁｬｰｼﾞ型が開発されている。 ｱｰｸﾃﾞｨｽﾁｬｰｼﾞ型は、電極間を電極液に満たし、その空間を密閉しているため清水あるいは泥水中においても発震可能。1000ｼﾞｭｰﾙﾀｲﾌﾟが製作されている CSMA社の高温用ｽﾊﾟｰｶは、従来型で120μFのｷｬﾊﾟｼﾀｰに充電した5KVの電圧を2から10分間隔で放出可能。ツールは7芯の検層ｹｰﾌﾞﾙで使用できる。	ﾋﾟｴｿﾞ素子を使用した新しい概念の震源。作動原理は、金属のｼﾘﾝﾀﾞｰの内側にｼﾘﾝﾀﾞｰ状のﾋﾟｴｿﾞ素子をはりつけ、素子に電圧をかけた時のたわみを利用して弾性波を発生させる。 坑壁へのﾛｯｷﾝｸﾞを必要としないため、高速でのｼｮｯﾄが可能。1秒間で10回の発震が報告されている。	土木物理探査用に開発された震源。従来の震源と異なった原理の孔中震源 作動原理は、ｽﾌﾟﾘﾝｸﾞで駆動されたハンマをｱﾝﾋﾞﾙに打ちつけることにより、多重ﾃﾞｨｽｸ間に入っている坑内流体を坑内に押出し、弾性波を発生させる。DC12Vで駆動する構造で、比較的操作が容易。 震源は、流体を瞬間的に吐出させるための層構造の円盤と、その円盤の上部を打撃するためのﾊﾞﾈと重錘で構成されている。円盤の上部をﾊﾞﾈで加速した重錘で打撃して起震ｴﾈﾙｷﾞｰを地中に伝達する。TB信号は、震源に内蔵した受振器から出力される。	動作原理は、通常の海上用ｴｱｰｶﾞﾝと同じ。坑内用はｹｰｼﾝｸﾞに合わせて形状をｽﾘﾑにしたり、泥水中でのｵﾍﾟﾚｰｼｮﾝに配慮している点が異なる。 ｴｱｶﾞﾝ震源の長所は、ｼｮｯﾄ時間や出力波形の安定性、短いｼｮｯﾄ間隔、有効周波数がｻｲｽﾐｯｸ帯域に集中している。 その反面ﾊﾞﾌﾞﾙの影響がある。また深度とともに実効作動圧力が減少する短所がある。 坑内ｴｱｶﾞﾝは、BOLT社がｴｱｰｶﾞﾝの懸垂装置とｺﾝﾌﾟﾚｯｻｰをﾄﾗｯｸに搭載し、受振装置も同様にﾄﾗｯｸに搭載したｼｽﾃﾑ(WELLSEIS ｼｽﾃﾑ)を開発し、ｻｰﾋﾞｽを提供している。 ｴｱｰｶﾞﾝ懸垂装置は、3個の40立方ｲﾝﾁ容量のｴｱｰｶﾞﾝを70cm間隔で連結し、最大作動圧力4500psiで斉発する。制御用信号線の他、地上のｺﾝﾌﾟﾚｯｻより高圧空気を送り込むための直径1.25ｲﾝﾁの専用ｹｰﾌﾞﾙ(ｱﾝﾋﾞﾘｶﾙｹｰﾌﾞﾙ)を使用している。
外観 寸法　全長/径 重量 主仕様 周波数特性 エネルギー 発震間隔 耐圧 耐熱	APPENDIX-1-12参照 246cm/25.4cm 213kg(1000立方ｲﾝﾁ) APPENDIX-1-12参照 300Hz 10～1000立方ｲﾝﾁ(2000psi) 30秒	APPENDIX-1-13参照 131cm/42cm(P400およびH400) 174Kg(P400)　168Kg(H400) APPENDIX-1-14,15参照 300Hz 5～1000立方ｲﾝﾁ(2000psi) 8秒	APPENDIX-1-16参照 8.5m(16連の場合)/11.5cm 250Kg APPENDIX-1-16参照 700KSC 200℃	APPENDIX-1-20参照 2×3.6m/11.4cm 300Kg APPENDIX-1-19参照 100～2000Hz 1700ｼﾞｭｰﾙ 2分 1000Bar 175℃	216cm/9.21cm 45.3Kg 500～5000Hz 450m 3000m 125℃	APPENDIX-1-21参照 2.3m/60mm(OYO Wappa Source) 20Kg APPENDIX-1-22参照	APPENDIX-1-17,18参照 246cm/25.4cm 213kg(1000立方ｲﾝﾁ) APPENDIX-1-17,18参照 300Hz 10～40立方ｲﾝﾁ(3000psi)Model22550 107℃
コスト	購入価格(FOB) 2800LLX:本体$1万　ﾁｬﾝﾊﾞ$ 400(10) ﾁｬﾝﾊﾞ$1200(100) 1900LLX:本体$1.5万　ﾁｬﾝﾊﾞ$500(20) ﾁｬﾝﾊﾞ$1500(200) 1500LL :本体$2万 ﾁｬﾝﾊﾞ$4000(1000)	購入価格 350万円(P400)	1ｼｮｯﾄ当りの単価 10万円	CSMA社ｽﾊﾟｰｶ ﾚﾝﾀﾙ料金 51万円/日(20日以内) ｽﾀﾝﾊﾞｲ時:18万円/日 輸出入諸費用:31万円	研究用	OWS孔中震源(60mm径)購入価格 500万円	BOLT社WELLSEIS System ﾚﾝﾀﾙ料金 100万円/日(受振装置含む)
適用可能／不可能となる条件	最小発震深度:0. 6m	最小発震深度:0. 6m	坑内温度により使用する導爆線のﾀｲﾌﾟの変更が必要。ｹｰｼﾝｸﾞ内での使用は薬量の制限。裸坑での使用は基本的に困難。	坑井間距離の制限。	坑井間距離の制限。	坑井間距離の制限。	深度により実効作動圧力が減少する。
製作会社 代理店	BOLT 極東貿易	SSI 東陽通商	物理計測ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	CSMA 地熱技術開発	SWRI(研究用)	OYO	BOLT 極東貿易
APPENDIX NO	APPENDIX-1	APPENDIX-1	APPENDIX-1	APPENDIX-1	APPENDIX-1	APPENDIX-1	APPENDIX-1

Table. 5-1 主要受振器の性能比較表

使用環境	陸上(地表)				沼. 湖. 浅海						
受振器名称	ジオフォン		3成分ジオフォン		マーシュホーン		ジンバルホーン		ミニストリーマケーブル ベイケーブル		
受振器タイプ 型式	速度型受振器 UM－2	速度型受振器 SM－24	速度型受振器 TDC－Ⅱ(L-10A)	速度型受振器 PE-6/B(SM-7B)	速度型受振器 MC-10(UM-2)	速度型受振器 PE-8(SM-24)	速度型受振器 UM－2	速度型受振器 SG－1、－2	圧力型受振器 ミニストリーマケーブル	圧力型受振器 ベイケーブル	圧力型受振器 BC-6ベイケーブル
原理(概要)	線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。そのケースの振動速度に比例した出力を発生する。ジオフォンはベーシックユニットとそのケースから構成される このケースは使用環境、目的(湿地帯、坑内、3成分)に応じてマーシュケース、ジンバル3成分ケースに使いわける。 UM-24は24ビットADC探鉱機の2ミリ秒サンプリング(anti-alias filter:210-240Hz)対応を目的として開発され、そのスプリアス周波数(共振周波数)は、従来型(180Hz)に比べ250Hzまで高域に改良されている。 主な特徴は、高スプリアス性シャント抵抗が不要(ダンピング抵抗が68%に設定)、耐久性修理の容易さが向上している。	線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。そのケースの振動速度に比例した出力を発生する。ジオフォンはベーシックユニットとそのケースから構成される このケースは使用環境、目的(湿地帯、坑内、3成分)に応じてマーシュケース、ジンバル3成分ケースに使いわける。 SM-24は24ビットADC探鉱機の2ミリ秒サンプリング(anti-alias filter:210-240Hz)対応を目的として開発されそのスプリアス周波数(共振周波数)は、従来型(180Hz)に比べ240Hzまで高域に改良されている。 主な特徴は、高スプリアス性耐久性の向上。	線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。3成分ケース中に上下動ジオフォンと水平動ジオフォンが収納されている。 このタイプのジオフォンはS波探査に用いられる。 水平成分のジオフォンを取扱うためケース上部の水準器によるレベル設定及び方向指示マークによる方位の設定が容易に出来る構造。 Oリングシールによって50気圧までの防水性が保証されている。 下記の固有周波数4.5～100Hzの各種ベーシックユニット3の収納が可能。 L-10A、L-28、L-40A L-300	線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。3成分ケース中に上下動ジオフォンと水平動ジオフォンが収納されている。 このタイプのジオフォンはS波探査に用いられる。 水平成分のジオフォンを取扱うためケース上部の水準器によるレベル設定及び方向指示マークによる方位の設定が容易に出来る構造。 になっている。 2種類の3成分ケースが用意されている。PE-6/Bケースは軽量・防水性ケースでガルペリン(galperin)または2成分ジオフォンの4組構成等の特殊な配置での収納が可能。PE-6/C、6/Dケースはミニュチア受振器の収納ケースで小型軽量化によるカップリング特性の改良型。	線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。防水性のマーシュケースに収納し、長時間の防水性を保持する。 UM-2の他に固有周波数4.5Hzから40Hzの受振器が収納できるMC-10マシュケースが用意されている。 耐圧は50気圧(35m)。	線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。防水性のマーシュケースに収納し、長時間の防水性を保持する。 SM-24マーシュホンの他にSM-4、6、7、9、11、15受振器が収納できるPE-8マーシュケースが用意されている。 耐圧は43気圧(30m)。	線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。 陸域と海域の境界部、浅海、深海ボトムケーブルに使用される。海底の地形、岩礁の起伏に対して受振器位置を垂直、水平に保持する構造。地面に置いた状態で使用できる。 耐圧は50気圧(35m)。	線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。 陸域と海域の境界部、浅海に使用される。海底の地形、岩礁の起伏に対して受振器位置を垂直、水平に保持する構造。地面に置いた状態で使用できる。 100m水深、30度傾斜まで特性を維持する。	海上調査用のケーブル。 多数の圧力型受振器(ハイドロフォン)をポリウレタン製のチューブ内にアレー状に配置し、このチューブ内に浮力媒体としてオイルを封入した水中連続型のハイドロフォンアレーケーブルの細径・短長型。 48チャネルのミニストリーマケーブルは、80m長のリードインケーブル50mのストレッチセクション、100mのアクテブセクション(12.5m/CH間隔、4CH/本)を6本接続と80mのテイルストレッチセクション構成で、約全長800mとなる。 このタイプのケーブルは、ノイズの低減化、注入液の少量化、収納場所の省スペース化巻取りドラムの小型化および曳航時の抵抗を押さえる等の運用に当たってすぐれた長所をもつ。	浅海調査用のケーブル。 海底に敷設した状態で使用するケーブル。マスターケーブル及び船からマスターケーブルまでの距離を決めるエックステンションケーブルから構成。マスターケーブルは、1本当たり25m間隔で8ch接続、100m長となる。 96chシステムの場合、12本接続で、全長1.2km。ハイドロホーンは、1ch当たり3個をマスタケーブルのコネクターに接続する。 この手法は、曳航ノイズ、フローティング等に起因する波によるノイズ等の影響を軽減できる。運用上は、電気的なリークに十分注意する必要がある。	浅・深海調査用のケーブル。 海底に敷設した状態で使用するケーブル。最大測定深度は1000m。実用的には30m以浅の調査に使用される。 既存コネクターのピン数にあわせた1本当たりチャネル数(4～8)で製作されている。 ハイドロホーンは、マスターケーブルの中にモールド(内蔵)されている。ハイドロホーンPVDFおよびPZTセラミックセンサー構造により来来型のマスターケーブルのコネクターにハイドロフォンを接続するベイケーブルに比べて耐水圧性能を向上させている。
外観 全長/直径/重量 主仕様 固有周波数 スプリアス周波数 歪率 感度 傾斜角 コイル抵抗 マス重量	APPENDIX-2-1参照 31.5mm/27.4mm/76.4g APPENDIX-2-2参照 10Hz >250Hz 0.02～0.05% 27.5V/m/sec 0～20度 395Ω 8.4g	APPENDIX-2-3参照 32.0mm/25.4mm/74.0g APPENDIX-2-4参照 10Hz >240Hz <0.03% 20.9V/m/sec 0～10度 395Ω 11g	APPENDIX-2-9参照 16cm/7cm/7cm/636g APPENDIX-2-10参照 10Hz(L-10Aの場合) >150Hz 0.20% 31.2V/m/sec 374Ω 12.2g	APPENDIX-2-5、13参照 16cm/7cm/7cm/636g APPENDIX-2-6参照 10Hz(SM-7Bの場合) 340Hz <0.2% 28.8V/m/sec 375Ω 11g	APPENDIX-2-11参照 31.5mm/27.4mm/76.4g APPENDIX-2-12参照 10Hz(UM-2の場合) >250Hz 0.02-0.05% 27.5V/m/sec 0～20度 395Ω 8.4g	APPENDIX-2-13参照 31.5mm/27.4mm/76.4g APPENDIX-2-4参照 10Hz(SM-24の場合) >240Hz <0.03% 20.9V/m/sec 0～10度 395Ω 11g	APPENDIX-2-14参照 31.5mm/27.4mm/76.4g APPENDIX-2-15参照 10Hz(UM-2の場合) >250Hz 0.02-0.05% 27.5V/m/sec 0～20度 395Ω 8.4g	APPENDIX-2-16参照 45mm/250mm/1090g APPENDIX-2-17参照 10Hz(SM-7Bの場合) 340Hz <0.2% 28.8V/m/sec 375Ω 11g	48chケーブル構成(12.5m) 8本:100mアクティブセクション 2本:50mヘッドストレッチセクション 1本:80mテイルストレッチセクション 1本:35mデックリードケーブル 1本:80mリードインセクション	98chケーブル構成 26本:103.5mマスタケーブル 2本:エックステンションケーブル 650個:ハイドロフォン、コネクター付 その他コネクタ類	APPENDIX-2-24参照 12.7cm/3.2cm/334g APPENDIX-2-24参照 周波数特性:7-36KHz(3dB) 最大動作深度:10,000m 動作温度:-25～105 感度:-190dB re1V/upa 電圧感度対周波数:0.5dB 電圧感度対温度:1dB 電圧感度対深度:1dB 供給電圧:12～36VDC
コスト	9個/組構成 3000組レンタル(FOB)価格 $428,000	9個/組構成 3000組レンタル(FOB)価格 $662,000	3個/組構成(10m長) 購入(FOB)価格 $430	3個/組構成(5m長) 購入(FOB)価格 $492	9個/組構成(34m長) 購入(FOB)価格 $532	9個/組構成 購入(FOB)価格 $972	1個/組構成(10m長) 購入(FOB)価格 $248	1個/組構成 購入(FOB)価格 $785	48チャネル構成(12.5m間隔) レンタル料金 $650/日	98チャネル構成 購入(FOB)価格 $149,000	12チャネル構成(BC-6)、500m 購入(FOB)価格 $13,900 $10,920 (上は本体、下はリードケーブル)
適用可能／不可能となる条件	陸域(防滴性)使用。 構造(スパイク)上、舗装道路の使用時には特別な受振器スタンドを必要とする。	陸域(防滴性)使用。 構造(スパイク)上、舗装道路の使用時には特別な受振器スタンドを必要とする。	陸域(防滴性)使用。 構造(スパイク)上、舗装道路の使用時には特別な受振器スタンドを必要とする。	陸域(防滴性)使用。 構造(スパイク)上、舗装道路の使用時には特別な受振器スタンドを必要とする。	沼、湖、湿地帯(防水性)使用。構造上(スパイク埋設)の使用制限あり。	沼、湖、湿地帯(防水性)使用。構造上(スパイク埋設)の使用制限あり。	浅海域(防水性)の起伏部、岩礁地帯等に効果的。	浅海域(防水性)の起伏部、岩礁地帯等に効果的。	ハイドロホーン性能およびコネクター部分の耐水圧からの制限で水深30m以浅に使用される。	ハイドロホーン性能およびコネクター部分の耐水圧からの制限で水深30m以浅に使用される。	1000m水深での使用可能。 実用的には30m以浅の調査に使用される。
製作会社 代理店	MARK PRODUCTS 極東貿易	I/O SENSOR 三恵エンジニアリング	MARK PRODUCTS 極東貿易	I/O SENSOR 三恵エンジニアリング	MARK PRODUCTS 極東貿易	I/O SENSOR 三恵エンジニアリング	I/O SENSOR 三恵エンジニアリング	I/O SENSOR 三恵エンジニアリング	SYNTRON 極東貿易	MARK PRODUCTS 極東貿易	INNOVATIVE TRANSDUCER 三恵エンジニアリング
APPENDIX NO	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2

Table. 5-2 主要受振器の性能比較表

使用環境	海上(深海)				坑内						
受振器名称	オーシャンボトムケーブル (海底ケーブル用デジタルテレメトリ探鉱機接続)		マルチストリーマケーブル (ストリーマーケーブル用デジタルテレメトリ探鉱機接続)		ジオフォン(単体)		3成分ジオフォンツール(アレー)		ハイドロホーンアレー		
受振器タイプ	圧力型受振器 SYNTRAK480-24	圧力型受振器 I／O SYSTEM TWO	圧力型受振器 SYNTRAK480-24	圧力型受振器 CENTURY MUX	速度型受振器 L-15A-TW	速度型受振器 SM-500	速度型受振器 LRS-1300 シングルレベル型	速度型受振器 MLR マルチレベル型	圧力型受振器 ハイドロホーンアレー	圧力型受振器 P-27S-12C	圧力型受振器 DH-6
原理(概要)	浅海調査用のケーブル。 海底に敷設した状態で使用するケーブル。この手法は、曳航ノイズ、フローティング等に起因する波によるノイズ等の影響を軽減できる。 アナログ型ベイケーブルに比べて、受振器またはイドロフォンの近傍でAD変換を行うため、長い伝送によるリーケージクロスフィードによるデータ品質の影響を防げる。 ケーブルはデータ取得モジュールと、このモジュール間を接続するケーブルおよび船上から最初のモジュールを結ぶリードインケーブルから構成。データ取得モジュールは、12ch毎にモジュール間接続ケーブルで接続。 このケーブルは、ツイスト線または光ファイバー線の選択が可 センサは、ハイドロフォン、ジオフォンダブルセンサの選択が可能。	浅海調査用のケーブル。 海底に敷設した状態で使用するケーブル。この手法は、曳航ノイズ、フローティング等に起因する波によるノイズ等の影響を軽減できる。 アナログ型ベイケーブルに比べて、受振器またはイドロフォンの近傍でAD変換を行うため、長い伝送によるリーケージクロスフィードによるデータ品質の影響を防げる。 データ取得モジュール(BCX)は6ch毎にモジュール間接続ケーブルで接続される。この接続ケーブル(BCXケーブル)は、テレメトリ線、センサ線、電力線構成。 センサは、ハイドロフォン、ジオフォンダブルセンサの選択が可能。	海上調査用のケーブル。 多数の圧力型受振器(ハイドロフォン)をポリウレタン製のチューブ内にアレー状に配置し、このチューブ内に浮力媒体としてオイルを封入した水中連続型のハイドロフォンアレーケーブル。 標準的な構成は、リードインフロントストレッチセクション、アクティブセクション、エンドストレッチセクションケーブルおよびエンドブイ。 このケーブルは、50mm径の場合7.2トン/7.2Km長、56mm径の場合10トン/7.2Km長と軽量が特徴。非常に軽量なストレスメンバ(Vectran)材質を採用している。 ケーブルのセクションは並列に接続された8個のハイドロフォンから構成されており、各グループとも20uV/ubarに統一されている。小型で防水性が向上している。	海上調査用のケーブル。 多数の圧力型受振器(ハイドロフォン)をポリウレタン製のチューブ内にアレー状に配置し、このチューブ内に浮力媒体としてオイルを封入した水中連続型のハイドロフォンアレーケーブル。 標準的な構成は、リードインフロントストレッチセクション、アクティブセクション、エンドストレッチセクションケーブルおよびエンドブイ。 ケーブルセクションは、アクティブ100m/本、ストレッチ50m/本、リードイン1Km以下が標準長。 径は51mm、ケーブル破断張力15,000lbf。 ハイドロフォンは、100m長間に最大128個.収納可能。 荒天の海上においても十分な曳航能力を保つため、従来のワイヤタイプのストレスメンバ(3本)を採用しているにもかかわらず軽量化している	高温の坑井で使用する3成分坑内受振器のセンサとして開発された速度型受振器。 線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。そのケースの振動速度に比例した出力を発生する。スプリング材料の改良により260℃(6時間連続)動作可能。 NEDOの地熱用坑内機器開発で開発したマルチレベル型デジタル坑内受振システム(DS-2)のセンサとして採用されている。	高温の坑井で使用する3成分坑内受振器のセンサとして開発された速度型受振器。 線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。そのケースの振動速度に比例した出力を発生する。スプリング材料の改良により260℃動作可能。 LRS-1300のセンサとして採用されている。	孔内弾性波探査(VSP、トモグラフィ)に使用されている。 線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。そのケースの振動速度に比例した出力を発生する。 孔井の孔壁にクランプした状態で測定を行う3成分受振器システムで、孔内装置と地上装置から構成。標準の7芯検層ケーブルとヘッドに接続できる。このケーブルを介して地上の地震探鉱機で録音。 LRS-1300は、従来型 と比べて水平方向の受振特性を高周波域(150Hz)までフラットな周波数特性を持つ。垂直方向は350Hz。 各種のクランプアームが用意され130mmから500mmまでの孔井径に対応できる。 受振器下部にジャイロ、CCLガンマ線等のツール接続が可。	孔内弾性波探査(VSP、トモグラフィ)に使用されている。 線輪型の電磁式受振器(ジオフォン)。そのケースの振動速度に比例した出力を発生する。 1回の発震で、5レベルの受振データが取得できるマルチレベル型デジタル坑内受振器システム。坑内装置と受振装置構成。坑内装置は5台の3成分受振器(LRS相当)と1台のデジタイザー(AD変換とテレメトリ機能)および各坑内受振器を接続するインタコネクトケーブル(受振点間隔を決めるケーブル)から構成。 デジタイザーは24ビットADCを採用。受振器上部にガンマ線ツールの接続が可能。 地上装置は、データ取得・録音制御、QCモニタ、ツールテスト保守機能を有する。	孔内弾性波探査(VSP、トモグラフィ、マイクロサイスミックモニターリング等)に使用されている。 圧電素子に機械ひずみを加えることにより発生する電位差(圧電現象)を利用する圧電型受振器。 圧電素子にはチタン酸バリウムよりキューリ点の高いチタン酸ジルコン鉛を使用し、高温での特性を安定させている。その他の特性はチタバリとほぼ同じ。 各ハイドロフォンモジュールに内蔵されている増幅器(地上からの制御で増幅度設定)により増幅後、周波数変調(FM)により高ダイナミックレンジ(60dB)で伝送される。7芯検層ケーブルが用いられる。 受振点間隔はハイドロフォン間を接続するケーブル長で決められる。	孔内弾性波探査(VSP、トモグラフィ)に使用されている。 圧電素子に機械ひずみを加えることにより発生する電位差(圧電現象)を利用する圧電型受振器。 圧電素子には機械強度が非常に大きく、温度変化に対しても安定し、任意の形条が容易につくることの出来るチタン酸バリウムが使用されている。 各ハイドロフォンに内蔵されたトランス結合で多芯ケーブル(リードインケーブル)を介して地上の地震探鉱機で録音される。 標準チャネル数はリードインケーブルの運用性から12。 国内のハイドロフォンVSP等に用いられている。 受振点間隔はハイドロフォン間を接続するケーブル長で決められる。	孔内弾性波探査(VSP、トモグラフィ)に使用されている。 圧電素子に機械ひずみを加えることにより発生する電位差(圧電現象)を利用する圧電型受振器。 圧電素子にはPZTセラミックスを採用し、高温・高圧環境での使用を目的とした開発。 設計上の最大動作深度は10,000m。 各ハイドロフォンに内蔵された増幅器で増幅され、多芯ケーブル(リードインケーブル)を介して地上の地震探鉱機で録音される。1ch当たり8mAを地上から供給している。最大チャネルはリードケーブルの電線で供給出来る電流値で制限される。 受振点間隔はハイドロフォン間を接続するインタコネクトケーブルが本体と一体化しているため、固定となる。
外観	APPENDIX-3-56,57参照	APPENDIX-3-64参照	APPENDIX-3-76,77参照	APPENDIX-3-81,82参照		APPENDIX-2-38参照	APPENDIX-2-28参照	APPENDIX-2-29参照	APPENDIX-2-36参照	APPENDIX-2-33参照	APPENDIX-2-35参照
全長/直径/重量					3.8cm/3.2cm/142g	3.8cm/3.7cm/101g	130cm/10.2cm/54.5Kg	原理(概要)参照	1.26m/7cm(1ユニット当たり)	3.2m/3.8cm	12.7cm/3.81cm/334g
主仕様	APPENDIX-3-58～62参照	APPENDIX-3-65～68参照	APPENDIX-3-78,79参照	APPENDIX-3-83,84参照		APPENDIX-2-39参照	APPENDIX-2-28参照	APPENDIX-2-30参照	APPENDIX-2-37参照	APPENDIX-2-34参照	APPENDIX-2-35参照
最大展開ケーブル長	12Km	25Km	7.2Km～10Km	7.9Km		固有周波数:10Hz	固有周波数:10Hz	固有周波数:10Hz	周波数特性:5～4KHz(6dB)	周波数特性:3～1000Hz	周波数特性:7～36KHz(3dB)
最大構成チャネル数	1920ch	8064ch	1920ch	1280ch(2msec)		感度:0.4V/cm/sec	感度:0.31V/cm/sec	周波数特性:～350Hz(V) ～150Hz(H)	最大動作圧力:140MPa	最大動作深度:600m	最大動作深度:10,000m
最大構成ケーブル数	8本	512本	8本	10本		コイル抵抗:600Ω	コイル抵抗:600Ω	クランプ力:7.3:1(自重)	動作温度:175℃	動作温度:-40～75℃	動作温度:-25～105℃
最大チャネル数/ケーブル	480ch	1008ch(2msec)	480ch			動作温度:-40～260℃	動作温度:-40～260℃	感度:0.244V/cm/sec	感度:79uV/μbar	感度:25uV/μbar	感度:-190dB re1V/μpa
ケーブル径			50～56mm	51mm			感度:0.244V/cm/sec	最大動作圧力:20,000psi	深度制御:CCL	利得:6dB(2倍)	電圧感度対周波数:0.5dB
標準セクション長	75m(6.25m間隔の場合)		75m(6.25m間隔の場合)	100m			最大動作圧力:20,000psi	動作温度:200℃	受振点間隔:2m最小	出力インピダンス:100ohm以下	電圧感度対温度:1dB
ハイドロフォン間隔	25,18.75,12.5,, 6.25m	25m他	25,18.75,12.5,, 6.25m	3.125m～25m			動作温度:175℃	AD変換:24ビットADC	増幅度:60dB(1000倍)	使用時間:連続14H	電圧感度対深度:1dB
動作温度			-20～75℃	-10～40℃			前置増幅度:60dB(1000倍)	(最小16ビット分解能)			供給電圧:12～36VDC
動作深度(survival)	125m	600m	35m(125m)	35m(900m)			出力インピダンス:1ohm以下				
コスト				240chシステム構成および予備を含む 1.75億円	1個/組構成 購入価格 3万円(垂直成分) 3.5万円(水平成分)	1個/組構成 購入(FOB)価格	ノンジンバル受振器および予備部品/保守装置を含む 購入価格 1400万円		6チャネル構成 レンタル料金 100万円/日 輸出入費用:70万円 待機料:40万円/日	12チャネル構成、1500m 購入(FOB)価格 $25,000	48チャネル構成(DH-6)、2500m 購入(FOB)価格 $100,600
適用可能／不可能となる条件	海底ケーブルの敷設時の曳航船舶(横断)数および動作深度(125m)による制限。	海底ケーブルの敷設時の曳航船舶(横断)数および動作深度(600m)による制限。	海象条件および観測船の喫水深度、回航時のケーブルエアガン曳航深度による制限から20～ 30m水深までが進入可能。ただし岸壁、岩礁等の障害物がないことが条件。	海象条件および観測船の喫水深度、回航時のケーブルエアガン曳航深度による制限から20～ 30m水深までが進入可能。ただし岸壁、岩礁等の障害物がないことが条件。	孔井内温度(260℃以下)	孔井内温度(260℃以下)	孔井内温度(175℃以下)	孔井内温度(200℃以下)	孔井内温度(200℃以下)	孔井内温度(75℃以下)	孔井内温度(105℃以下)
製作会社 代理店	SYNTRON 極東貿易	I／O 極東貿易	SYNTRON 極東貿易	Hydroscience Tec. 三恵エンジニアリング	MARK PRODUCTS 極東貿易	I/O SENSOR 三恵エンジニアリング	WESTERN ATLAS 日商岩井	CSMA 地熱開発技術	CSMA 地熱開発技術	MARK PRODUCTS 極東貿易	INNOVATIVE TRANSDUCE 三恵エンジニアリング
APPENDIX NO	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2	APPENDIX-2

Table. 6 主要探鉱機の性能比較表

使用環境	陸上(沼、湖、陸海境界部)						海上			
タイプ	有線式デジタルテレメトリ探鉱機			無線式デジタルテレメトリ探鉱機			マルチストリーマ用デジタル テレメトリ探鉱機		海底ケーブル用デジタル テレメトリ探鉱機	
型式	G・DAPS－3 G・DAPS－4	I／O SYSTEM TWO	SN388	MYRIASEIS	TELSEIS	POLYSEIS	SYNTRAK 480－24	I／O SYSTEM TWO	SYNTRAK 480－24	I／O SYSTEM TWO
原理(概要)	有線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機は、従来型ｱﾅﾛｸﾞﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機の長距離ﾃﾞｰﾀ伝送における運用性とﾃﾞｰﾀ品質の問題点を受振点近傍でA/D変換を行う小型装置(ﾘﾓｰﾄｽﾃｰｼｮﾝﾕﾆｯﾄと短いﾃﾞｼﾞﾀﾙ伝送ｹｰﾌﾞﾙでﾃﾞｼﾞﾀﾙ化した信号を中央録音装置(ｾﾝﾄﾗﾙﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞﾕﾆｯﾄ)に送る技術で解決した有線(ｹｰﾌﾞﾙ伝送を基本とした探鉱機。 G・DAPS3、4は観測車に搭載し全体のシステム制御およびﾃﾞｰﾀ処理を行うｾﾝﾄﾗﾙﾚｺｰﾃｨﾝｸﾞﾕﾆｯﾄ(CRU)、受振器からのﾃﾞｰﾀをA/D変換するﾘﾓｰﾄｽﾃｰｼｮﾝﾕﾆｯﾄ(RSU)、RSUを駆動するﾊﾞｯﾃﾘﾕﾆｯﾄ(BU)、CRUとRSU RSU間のｺﾏﾝﾄﾞとﾃﾞｰﾀ伝送を行うﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘｹｰﾌﾞﾙ(DTC)から構成。 G・DAPS4は最新の24ﾋﾞｯﾄADC技術による小型・低消費電力・高ﾀﾞｲﾅﾐｯﾚﾝｼﾞのRSUと最新のｲﾝﾀｰﾌｪｰｽ技術によるﾏﾙﾁﾗｲﾝ化(1024ﾗｲﾝ)と高速ﾃﾞｰﾀ伝送を実現している。CRUはUNIXﾍﾞｰｽの小型化と操作性に特徴がある。	有線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機は、従来型ｱﾅﾛｸﾞﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機の長距離ﾃﾞｰﾀ伝送における運用性とﾃﾞｰﾀ品質の問題点を受振点近傍でA/D変換を行う小型装置(ﾘﾓｰﾄｽﾃｰｼｮﾝﾕﾆｯﾄと短いﾃﾞｼﾞﾀﾙ伝送ｹｰﾌﾞﾙでﾃﾞｼﾞﾀﾙ化した信号を中央録音装置(ｾﾝﾄﾗﾙﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞﾕﾆｯﾄ)に送る技術で解決した有線(ｹｰﾌﾞﾙ伝送を基本とした探鉱機。 SYSTEM TWOは観測車に搭載し全体のシステム制御およびﾃﾞｰﾀ処理を行うシステムｺﾝﾄﾛｰﾙﾓｼﾞｭｰﾙ(SCM)、受振器からのﾃﾞｰﾀをA/D変換する小型ﾘﾓｰﾄｼｸﾞﾅﾙｺﾝﾃﾞｼｮﾅｰ(MRX)、MRXを駆動するﾊﾞｯﾃﾘﾕﾆｯﾄ、SCMとMRX、MRX間のｺﾏﾝﾄﾞとﾃﾞｰﾀ伝送を行うﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘｹｰﾌﾞﾙから構成。 SYSTEM TWOは最新の24ﾋﾞｯﾄADC技術による小型・低消費電力化のMRXを実現している。MXRは、有線及び無線ﾃﾚﾒﾄﾘ伝送が可能で、防水型ﾕﾆｯﾄもｯﾄも用意されている。また電力供給についても各種方式が用意されている。	有線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機は、従来型ｱﾅﾛｸﾞﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機の長距離ﾃﾞｰﾀ伝送における運用性とﾃﾞｰﾀ品質の問題点を受振点近傍でA/D変換を行う小型装置(ﾘﾓｰﾄｽﾃｰｼｮﾝﾕﾆｯﾄと短いﾃﾞｼﾞﾀﾙ伝送ｹｰﾌﾞﾙでﾃﾞｼﾞﾀﾙ化した信号を中央録音装置(ｾﾝﾄﾗﾙﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞﾕﾆｯﾄ)に送る技術で解決した有線(ｹｰﾌﾞﾙ伝送を基本とした探鉱機。 SERCEL388は観測車に搭載し全体のシステム制御およびﾃﾞｰﾀ処理を行うｾﾝﾄﾗﾙｺﾝﾄﾛｰﾙﾕﾆｯﾄ(CCU)、受振器からのﾃﾞｰﾀをA/D変換するｽﾃｰｼｮﾝﾕﾆｯﾄ(SU)、SUを駆動するﾊﾟﾜｰｽﾃｰｼｮﾝﾕﾆｯﾄ(PSU)、CCUとSU間SU間のｺﾏﾝﾄﾞとﾃﾞｰﾀ伝送を行うﾗｲﾝｹｰﾌﾞﾙ(LC)から構成。 SN388は最新の24ﾋﾞｯﾄADC技術による小型・低消費電力化のSUを実現している。 電力供給については、ﾊﾟﾜｰｽﾃｰｼｮﾝﾕﾆｯﾄ(PSU)を40または80ﾁｬﾈﾙ毎に配置することにより、個々のSUにﾊﾞｯﾃﾘｰﾕﾆｯﾄを接続する必要がない。	無線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機はｾﾝﾄﾗﾙﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞﾕﾆｯﾄとﾘﾓｰﾄﾕﾆｯﾄ間、ﾘﾓｰﾄﾕﾆｯﾄ間のｹｰﾌﾞﾙの接続を必要としない探鉱機で有線式探鉱機で対応出来ない地域(山岳、浅海、湖等)の調査に使用されている。 しかし、周波数許可、混信等の他に低ﾃﾞｰﾀ伝送速度による作業効率の低下等の点から無線と有線の混合で調査を行う例が多い。 MYRIASEISは、観測車に搭載し全体のシステム制御とﾃﾞｰﾀ録音を行うｾﾝﾄﾗﾙﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞｼｽﾃﾑ(CRS)と受振器からのﾃﾞｰﾀをA/D変換するﾃﾚﾒﾄﾘｽﾃｰｼｮﾝﾕﾆｯﾄ(TSU)から構成。 このシステムの主な特徴は伝送に使用する周波数は2波(受信と送信用)で周波数割当の許認可が容易。無線伝送と有線伝送を混在して使える。TSU内での加算が可能。 1000ﾁｬﾈﾙの録音が可能であるが、実際にはﾃﾞｰﾀ伝送に長時間を要するため、運用上120程度が実用的なﾁｬﾈﾙ数。 IFP増幅器と16ﾋﾞｯﾄADCの組合わせによるA/D変換技術。	無線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機はｾﾝﾄﾗﾙﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞﾕﾆｯﾄとﾘﾓｰﾄﾕﾆｯﾄ間、ﾘﾓｰﾄﾕﾆｯﾄ間のｹｰﾌﾞﾙの接続を必要としない探鉱機で有線式探鉱機で対応出来ない地域(山岳、浅海、湖等)の調査に使用されている。 しかし、周波数許可、混信等の他に低ﾃﾞｰﾀ伝送速度による作業効率の低下等の点から無線と有線の混合で調査を行う例が多い。 TELSEISは、観測車に搭載し全体のシステム制御とﾃﾞｰﾀ録音を行うﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞｼｽﾃﾑ、受振器からのﾃﾞｰﾀをA/D変換し無線伝送を行うﾘﾓｰﾄﾕﾆｯﾄ(RU)から構成。 1500ﾁｬﾈﾙの録音が可能であるが、実際にはﾃﾞｰﾀ伝送に長時間を要するため、運用上120程度が実用的なﾁｬﾈﾙ数。 TELSEISは最新の24ﾋﾞｯﾄADC技術による小型・低消費電力化のRUを実現している。	無線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機はｾﾝﾄﾗﾙﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞﾕﾆｯﾄとﾘﾓｰﾄﾕﾆｯﾄ間、ﾘﾓｰﾄﾕﾆｯﾄ間のｹｰﾌﾞﾙの接続を必要としない探鉱機で有線式探鉱機で対応出来ない地域(山岳、浅海、湖等)の調査に使用されている。 しかし、周波数許可、混信等の他に低ﾃﾞｰﾀ伝送速度による作業効率の低下等の点から無線と有線の混合で調査を行う例が多い。 POLYSEISは、観測車に搭載し全体のシステム制御とﾃﾞｰﾀ録音を行うｾﾝﾄﾗﾙﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞｼｽﾃﾑ(CRU)と受振器からのﾃﾞｰﾀをA/D変換及び無線伝送を行うﾘﾓｰﾄﾃﾚﾒﾄﾘﾕﾆｯﾄ(RTU)から構成。 4000ﾁｬﾈﾙの録音が可能であるが、実際にはﾃﾞｰﾀ伝送に長時間を要するため、運用上120程度が実用的なﾁｬﾈﾙ数。 POLYSEISは最新の24ﾋﾞｯﾄADC技術による小型・低消費電力化のRTUを実現している。	マルチストリーマ用ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機は、有線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機に受振器としてストリーマーｹｰﾌﾞﾙ(ﾊｲﾄﾞﾛﾌｫﾝ)を接続した構成の探鉱機。 海上調査(30m以深)に使用される。観測船に搭載されるﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞﾕﾆｯﾄとストリーマーエレクトロニクスユニットのｺﾝﾄﾛｰﾙﾕﾆｯﾄ及及びストリーマケーブルに接続されるエレクトニクスユニット(A/D変換/ﾃﾞｰﾀ伝送)から構成。 システムは1msecｻﾝﾌﾟﾙ間隔で8本のストリーマケーブルのデータ取得・処理が可能。基本的なシステムは、システムコントロラー、QCｸﾞﾗﾌｨｸｽｺﾝﾄﾛｰﾗｰ、マルチストリーマレメトリﾌﾟﾛｾｯｻ、マルチストリーマレコーディングシステム構成。システムコントロラーはインテル80486ｺﾝﾋﾟｭｰﾀﾍﾞｰｽ(16MB DRAM)で録音及び処理を行う。ストリーマケーブルエレクトロニクスは12chのハイドロホーン信号を24ﾋﾞｯﾄ変換し、テレメトリﾌﾟﾛｾｯｻへのﾃﾞｰﾀ伝送を行う。 SYNTRAKは最新の24ﾋﾞｯﾄADC技術による小型・低消費電力化のエレクトロニクスユニットを実現している。	マルチストリーマ用ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機は、有線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機に受振器としてストリーマーｹｰﾌﾞﾙ(ﾊｲﾄﾞﾛﾌｫﾝ)を接続した構成の探鉱機。 海上調査(30m以深)に使用される。観測船に搭載されるﾚｺｰﾃﾞｨﾝｸﾞﾕﾆｯﾄとストリーマーエレクトロニクスユニットのｺﾝﾄﾛｰﾙﾕﾆｯﾄ及及びストリーマケーブルに接続されるエレクトニクスユニット(A/D変換/ﾃﾞｰﾀ伝送)から構成。 システムは最大16本のｹｰﾌﾞﾙ制御と7680ch(2msec)の録音が可能。基本的なシステムは、システムコントロールモジュール、ラインインターフェースモジュール、オペレータコンソールモジュール、テープトランスポートモジュル及びストリーマエレクトロニクスを制御するストリーマインターフェースモジュール(SIM)構成。SIMは1モジュールで4本のストリーマケーブルの制御を行う。ストリーマケーブルエレクトロニクスは16chのハイドロホーン信号を24ﾋﾞｯﾄ変換し、SIMへのﾃﾞｰﾀ伝送を行う。 最新の24ﾋﾞｯﾄADC技術による小型・低消費電力化のエレクトロニクスユニットを実現している。	海底ケーブル用ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機は、有線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機に受振器としてﾍﾞｲｹｰﾌﾞﾙ(受振器、ﾊｲﾄﾞﾛﾌｫﾝ)を接続した構成の探鉱機。 ﾍﾞｲｹｰﾌﾞﾙによるﾃﾞｰﾀ取得はストリーマケーブルで調査が出来ない地域(航路のような船舶の妨害が多い港湾、陸域と海域の境界で浅い水深部)に使用されている。 システムはﾎﾞﾄﾑケーブル、24ﾋﾞｯﾄﾃﾞｰﾀ取得ﾓｼﾞｭｰﾙ、マルチケーブルテレメトリシステム、ハイドロホーンローケーションシステムおよびスプライスユニット構成。マルチケーブルテレメトリシステムは、80486ﾍﾞｰｽのシステムコントロラ、VMEﾍﾞｰｽのマルチケーブルテレメトリﾌﾟﾛｾｯｻ、マルチケーブルレコーディング・システム、QCｸﾞﾗﾌｨｸｽﾜｰｸｽステーション構成。 ロケーションシステムは震源船に搭載する音響送信器と近傍のハイドロフォン間の到着時間を測定し、その位置を計算している。 スプライスユニットは、陸上と陸海境界部の接続を行い、ラインに電源を供給する。海底、湿地帯に設置可能。24ﾋﾞｯﾄADC技術による小型・低消費化。	海底ケーブル用ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機は、有線式ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘ探鉱機に受振器としてﾍﾞｲｹｰﾌﾞﾙ(受振器、ﾊｲﾄﾞﾛﾌｫﾝ)を接続した構成の探鉱機。 ﾍﾞｲｹｰﾌﾞﾙによるﾃﾞｰﾀ取得はストリーマケーブルで調査が出来ない地域(航路のような船舶の妨害が多い港湾、陸域と海域の境界で浅い水深部)に使用されている。 システムは最大8064ch(4msec)のﾃﾞｰﾀ取得が可能。 1モジュールで6ch分(24ﾋﾞｯﾄADC変換方式)のﾃﾞｰﾀ取得を行うモジュール(BCX)、全体制御を行うシステムコントロールモジュール(SCM)、ラインとのインターフェースを行うラインインターフェスモジュール(LIM)、オペレータとのコミュニケーションを行うオペレータコントロールモジュール(OCM)及びBCXの制御を行うマリンラインコントロラー(MLC)構成。 システムはケーブルの断線時に多芯ケーブルの予備を利用した折り返し機能を自動的に行い、データ取得のダウンタイムを短くしている。
外観 寸法 全長／幅／高 重量 主仕様 最大録音チャネル数 最大マルチライン数 最大チャネル数/ライン チャネル数/RSU ﾀﾞｲﾅﾐｯｸﾚﾝｼﾞ	APPENDIX-3-5,6参照 RSU:30.4cm/26.7cm/17.0cm APPENDIX-3-5,6参照 APPENDIX-6参照 2032ch/ﾗｲﾝ×512ﾗｲﾝ×2 512ﾗｲﾝ×2 2032ch 1ch 120dB(12dB)	APPENDIX-3-8参照 MXR:24.4cm/24.4cm/20cm 6.8Kg APPENDIX-3-9,10,11参照 8064ch(4msec) 512ﾗｲﾝ 2016ch 6ch 120dB(12dB)	APPENDIX-3-14,15参照 SU: APPENDIX-3-13参照 38400ch(4msec) 16ﾗｲﾝ 2400ch 1－6ch 120dB	APPENDIX-3-28参照 TSU:75cm(H)/16cm(D) 10Kg(ﾊﾞｯﾃﾘを含む) APPENDIX-3-27参照 1000ch 1ﾗｲﾝ 1000ch 1ch 105dB	APPENDI3-3-31参照 RU:91.4cm(H)/11.4cm(D) 9.5Kg(ﾊﾞｯﾃﾘを含む) APPENDIX-3-32,33参照 1536ch 1ﾗｲﾝ 1536ch 6ch	APPENDIX-3-35参照 RTU:73.3cm(H)/15cm(D) 12Kg(ﾊﾞｯﾃﾘを含む) APPENDIX-3-36参照 4000ch 1ﾗｲﾝ 4000ch 3ch	APPENDIX-3-76,77参照 SEU:53.4cm(L)/8.3cm(D) APPENDIX-3-78,79参照 1920ch 8ﾗｲﾝ(8ｽﾄﾘｰﾏｹｰﾌﾞﾙ) 480ch/ﾗｲﾝ(1～4本の場合) 12ch 114dB(12dB)	APPENDIX-3-70～72参照 APPENDIX-3-73,74参照 7680ch 16ﾗｲﾝ(16ｽﾄﾘｰﾏｹｰﾌﾞﾙ) 480ch(2ms)/ﾗｲﾝ 16ch 114dB(12dB)	APPENDIX-3-56,57参照 SEU:53.4cm(L)/8.3cm(D) APPENDIX-3-58～62参照 1920ch 8ﾗｲﾝ 480ch/ﾗｲﾝ 12ch 114dB(12dB)	APPENDIX-3-64参照 APPENDIX-3-65～68参照 8064ch 512ﾗｲﾝ 1008ch(2ms)/ﾗｲﾝ(25m間隔) 6ch 120dB(12dB)
コスト	480ﾁｬﾈﾙ構成(ﾀﾞｲﾅﾏｲﾄ震源) ﾃｽﾄ装置及び保守用装置を含む。 $855,000	480ﾁｬﾈﾙ構成(ﾀﾞｲﾅﾏｲﾄ震源) ﾃｽﾄ装置及び保守用装置を含む。 $866,000	480ﾁｬﾈﾙ構成(ﾀﾞｲﾅﾏｲﾄ震源) ﾃｽﾄ装置及び保守用装置を含む。 $871,000	170ﾁｬﾈﾙ構成 ﾃｽﾄ装置及び保守用装置を含む。 3億円	480ﾁｬﾈﾙ構成 ﾃｽﾄ装置及び保守用装置を含む。 $910,000					
適用可能／不可能となる条件	陸上 ﾘﾓｰﾄｽﾃｰｼｮﾝﾕﾆｯﾄ/ﾊﾞｯﾃﾘﾕﾆｯﾄ ｹｰﾌﾞﾙによる制限(防滴性)	陸上/陸海境界部 防水型ﾕﾆｯﾄが用意されている	陸上/陸海境界部 防水型ﾕﾆｯﾄが用意されている (ﾍﾞｲｹｰﾌﾞﾙﾕﾆｯﾄ)	浅海/陸上/陸海境界部 防水型ﾕﾆｯﾄ 水深30m以浅(ｾﾝｻｹｰﾌﾞﾙ長による運用性からの制限)	浅海/陸上/陸海境界部 防水型ﾕﾆｯﾄ 水深30m以浅(ｾﾝｻｹｰﾌﾞﾙ長による運用性からの制限)	浅海/陸上/陸海境界部 防水型ﾕﾆｯﾄ 水深30m以浅(ｾﾝｻｹｰﾌﾞﾙ長による運用性からの制限)	海上(深海) ｹｰﾌﾞﾙの制限あり(受振器表参照)	海上(深海) ｹｰﾌﾞﾙでの制限あり(受振器表参照)	浅海/陸海境界部 ｹｰﾌﾞﾙでの制限あり(受振器表参照)	浅海/陸海境界部 ｹｰﾌﾞﾙでの制限あり(受振器表参照)
製作会社 代理店	JGI	I／O 極東貿易	SERCEL 三恵ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ	SERCEL 三恵ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ	FAIRFIELD	SYNTORON 極東貿易	SYNTRON 極東貿易	Hydoroscience Tec. 三恵ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ	SYNTRON 極東貿易	I／O 極東貿易
APPENDIX番号	APPENDIX-3	APPENDIX-3	APPENDIX-3	APPENDIX-3	APPENDIX-3	APPENDIX-3	APPENDIX-3	APPENDIX-3	APPENDIX-3	APPENDIX-3

Appendix.　1　主要震源関連資料

ＩＶＩ／Ｙ２４００ バイブレーター

制作　　：ＩＶＩ／ＦＡＩＬＩＮＧ（米国）

仕様 ーー

周波数	：５－２５０ＨＺ
最大印加重	：１３．６トン
マス重量	：３トン
ﾌﾟﾚｰﾄ重量	：１．７トン
プレート面積	：１Ｘ２ｍ

車両諸元ーー

全長	：８ｍ
全幅	：２．４５ｍ
全重量	：１８トン
全高	：３．３５ｍ

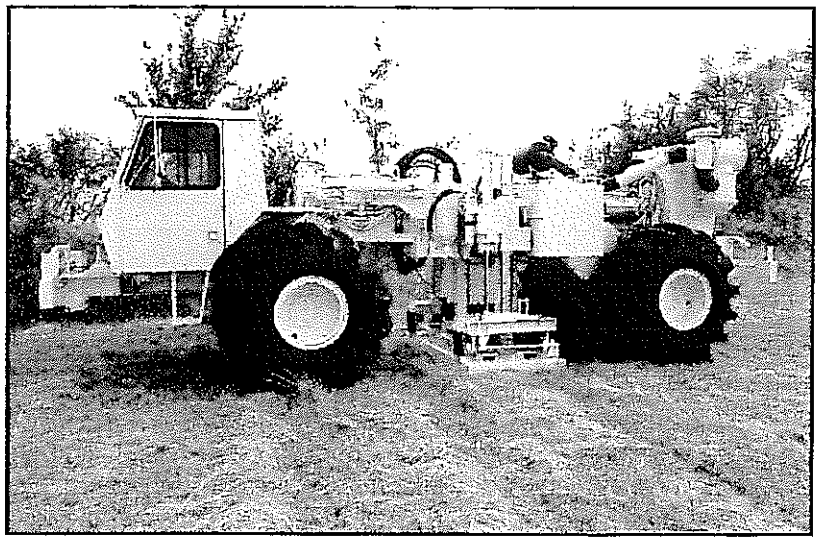
INDUSTRIAL VEHICLES INTERNATIONAL, INC

'birdwagen'

HEMI 50 Vibrator

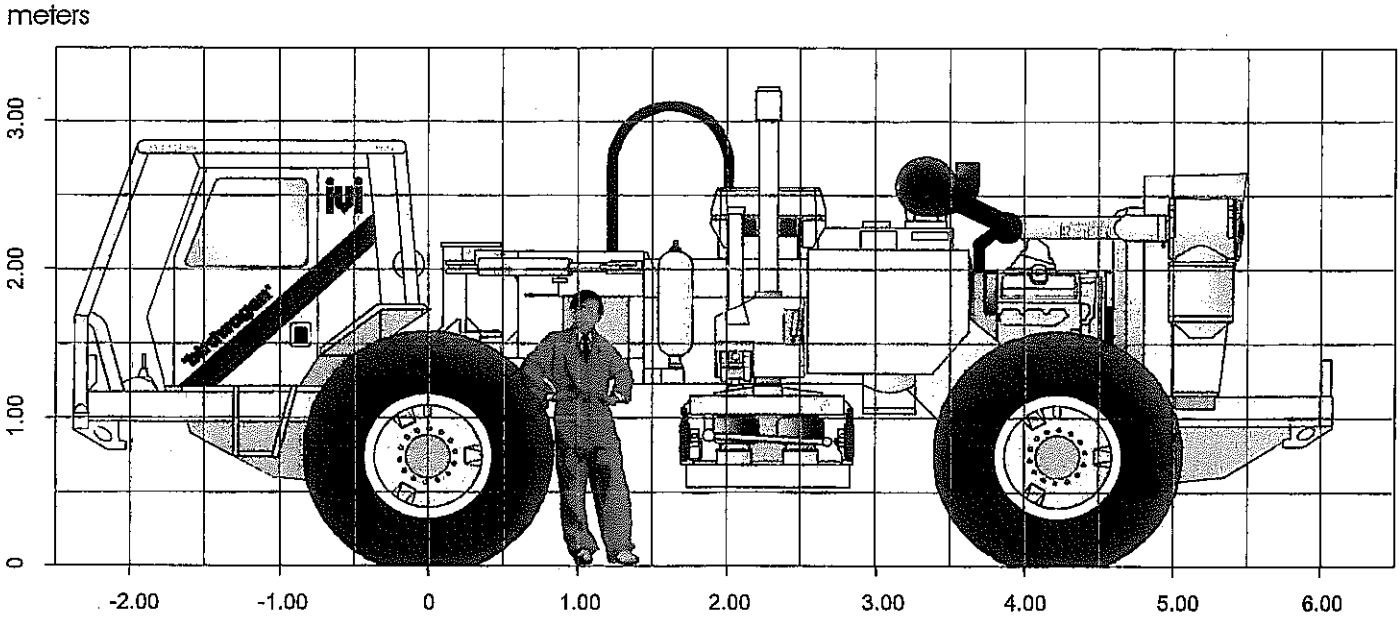
50,000 Pound Vibrator

Hydraulic Drive Articulated 4X4 Vehicle
Articulated Steering



The **'birdwagen'** MARK IV off-road carrier with the **HEMI 50** vibrator is an advanced seismic source production system designed for high quality and high production geophysical prospecting. The 50,000 pound output vibrator offers broad band output and a high signal to noise ratio for the deepest surveys. The advanced features include high fidelity output, 4 Speed transmissions, variable speed hydraulic motors, noise limiting systems, and ergonomic operator features. Wagon wheel articulated steering, which was first introduced to the geophysical industry by IVI in 1984, offers safe and reliable off road operation. The unique IVI traction system delivers the massive tractive effort, and the terrain following capability needed in rugged geophysical prospects.

Side View Dimensional Drawing of the **'birdwagen'** with **HEMI 50**



'birdwagen' Mark 4b Vehicle

CATEGORY	ENGLISH	METRIC
Total Weight	52,000 Pounds	29.030 kgf.
Front Axle Weight	25,000 Pounds	11.340 kgf.
Rear Axle Weight	27,000 Pounds	12.247 kgf.
System Pressure	3,000 PSI	204 bar
Transmission	4 Speed	4 Speed
Cab	2 or 3 Man Vista Cab	2 or 3 Man Vista Cab
Turning Radius	23 Feet 6 Inches	7.16 meters
Engine - 6V-92T Detroit	322 Horsepower @ 2100 RPM	240 kW @ 2100 RPM

HEMI-50 Vibrator

CATEGORY	ENGLISH	METRIC
Max. Theoretical Peak Force	50,160 Pounds	22.748 kgf.
Mass Piston Area	16.72 Inches^2	107,9 cm^2
Reaction Mass Weight	6,620 Pounds	3.000 kgf.
Reaction Mass Stroke	3.0 Inches	7,62 cm.
Reaction Centering	Air Springs	Air Springs
Servovalve	200 GPM	756 l/m
Servovalve Pilot Filter	3 Micron	3 Micron
Baseplate Area	4,230 Inches^2	27.290 cm^2
Baseplate Assembly Weight	4,260 Pounds	1.932 kgf.
Lift System Stroke	34 Inches	86,4 cm.
Lift Cylinder Diameter	3.25 Inches	8,26 cm.
Lift Synchronization	Split Crossbeam	Split Crossbeam
Vibrator Pump Flow	120 GPM @ 2100 RPM	454 l/m @ 2100 RPM
Holddown Weight	50,000 Pounds	22.680 kgf.

'birdwagen' OPTIONS

OPTION	DESCRIPTION
Front Winch	Hydraulically powered 20,000 pound winch
Front Winch (High Torque)	Hydraulically powered 30,000 pound winch
Distance Measuring Device	Programmable display that shows distance travelled in chosen units.
Noise Reduction	Equipment that limits the ambient noise of the 'birdwagen'
Cold Weather Options	Various heaters, covers, and other equipment for cold temperatures
Optional Lighting	Various vehicle lighting configurations for different local requirements
Cab Protective Structure	A cab structure designed to protect the cab in rugged conditions

Specifications are subject to change without notice. All specifications reflect standard equipment.

'birdwagen'

INDUSTRIAL VEHICLES INTERNATIONAL, INC.
6737 EAST 12TH STREET, TULSA, OKLAHOMA 74112 U.S.A. PHONE (918) 836-6516 FAX (918) 838-9529
E-MAIL ivi@gnn.com

4bhemi50d\10-96

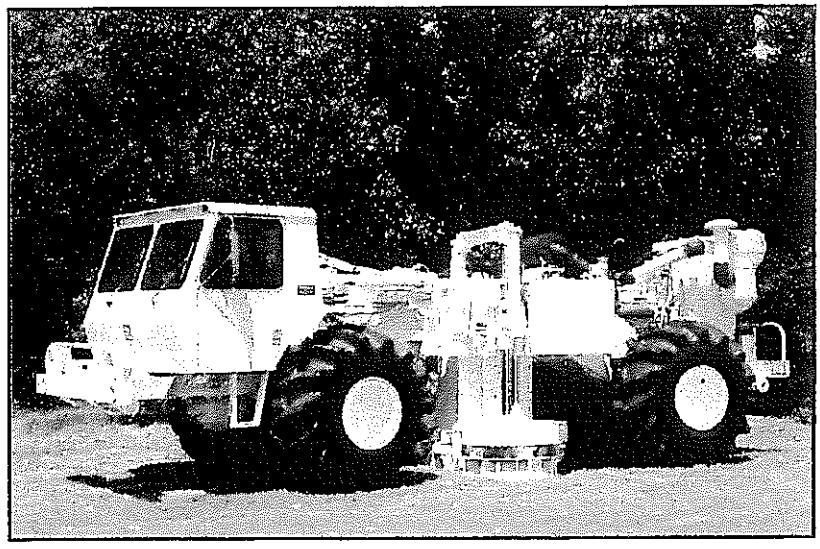
INDUSTRIAL VEHICLES INTERNATIONAL, INC

'birdwagen'

HEMI 60 Vibrator

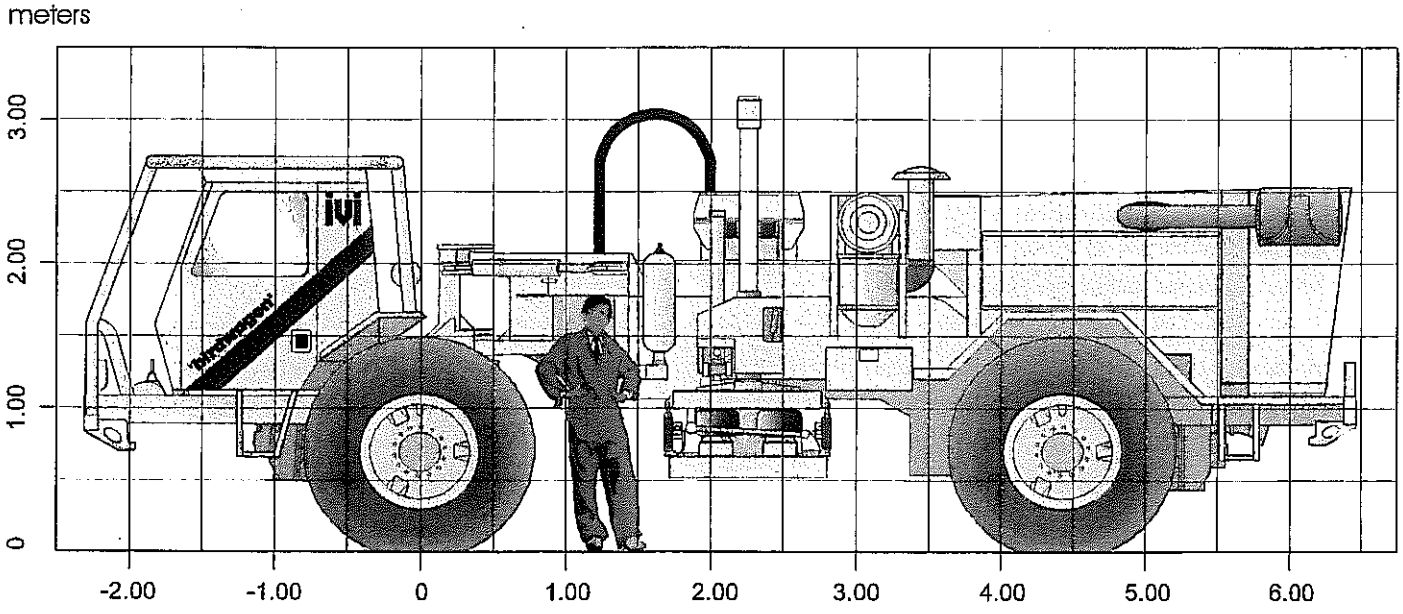
60,000 Pound Vibrator

Hydraulic Drive Articulated 4X4 Vehicle
Powershift Transmissions



The **'birdwagen'** MARK IV off-road carrier with the **HEMI 60** vibrator is an advanced seismic source production system designed for high quality and high production geophysical prospecting. The 60,000 pound output vibrator offers broad band output and a high signal to noise ratio for the deepest surveys. The advanced features include high fidelity output, powershift transmissions, variable speed hydraulic motors,noise limiting systems, and ergonomic operator features. Wagon wheel articulated steering, which was first introduced to the geophysical industry by IVI in 1984, offers safe and reliable off road operation. The unique IVI traction system delivers the massive tractive effort, and the terrain following capability needed in rugged geophysical prospects.

Side View Dimensional Drawing of the **'birdwagen'** with **HEMI 60**



'birdwagen' Mark 4b Vehicle

CATEGORY	ENGLISH	METRIC
Total Weight	64,000 Pounds	29.030 kgf.
Front Axle Weight	31,500 Pounds	14.288 kgf.
Rear Axle Weight	32,500 Pounds	14.742 kgf.
System Pressure	4,000 PSI	276 bar
Transmission	IVI Powershift	IVI Powershift
Cab	2 or 3 Man Vista Cab	2 or 3 Man Vista Cab
Turning Radius	26 Feet	7,92 meters
Engine - Caterpillar 3406C	400 Horsepower @ 2100 RPM	298 kW @ 2100 RPM

HEMI-60 Vibrator

CATEGORY	ENGLISH	METRIC
Max. Theoretical Peak Force	61,620 Pounds	27.950 kgf.
Mass Piston Area	20.54 Inches²	132,5 cm²
Reaction Mass Weight	8,250 Pounds	3.742 kgf.
Reaction Mass Stroke	Plus or Minus 1.75 Inches	Plus or Minus 4,45 cm.
Reaction Centering	Air Springs	Air Springs
Servovalve	200 GPM	756 l/m
Servovalve Pilot Filter	3 Micron	3 Micron
Baseplate Area	4,606 Inches²	29.716 cm²
Baseplate Assembly Weight	4,400 Pounds	1.996 kgf.
Lift System Stroke	36 Inches	91,4 cm.
Lift Cylinder Diameter	4.0 Inches	10,16 cm.
Lift Synchronization	Split Crossbeam	Split Crossbeam
Vibrator Pump Flow	120 GPM @ 2100 RPM	454 l/m @ 2100 RPM
Holddown Weight	62,000 Pounds	28.123 kgf.

'birdwagen' OPTIONS

OPTION	DESCRIPTION
Front Winch	Hydraulically powered 20,000 pound winch
Front Winch (High Torque)	Hydraulically powered 30,000 pound winch
Distance Measuring Device	Programmable display that shows distance travelled in chosen units.
Noise Reduction	Equipment that limits the ambient noise of the **'birdwagen'**
Cold Weather Options	Various heaters, covers, and other equipment for cold temperatures
Optional Lighting	Various vehicle lighting configurations for different local requirements
Cab Protective Structure	A cab structure designed to protect the cab in rugged conditions

Specifications are subject to change without notice. All specifications reflect standard equipment.

'birdwagen'

INDUSTRIAL VEHICLES INTERNATIONAL, INC.
6737 EAST 12TH STREET, TULSA, OKLAHOMA 74112 U.S.A. PHONE (918) 836-6516 FAX (918) 838-9529
E-MAIL ivi@gnn.com

4bhemi60d\10-96

バイブレータ（ミニバギー車載型ミニバイブ）

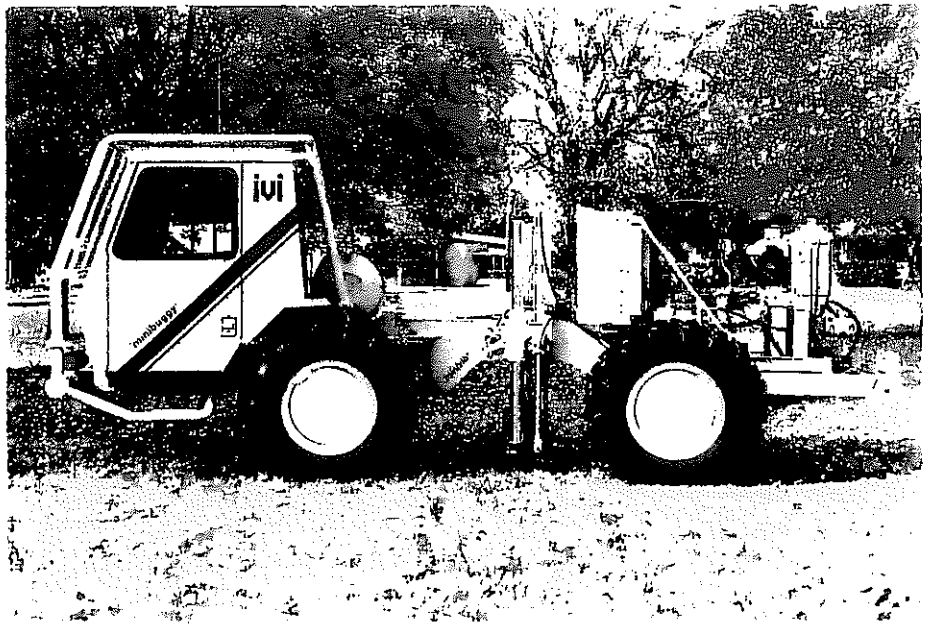
制　　作：　ｉｖｉ／ＦＡＩＬＩＮＧ（米国）

仕　　様：

周波数	10 - 500 Hz
最大加重	2.722 ﾄﾝ
マス重量	0.141 ﾄﾝ
ﾌﾟﾚｰﾄ重量	0.174 ﾄﾝ
ﾌﾟﾚｰﾄ面積	0.657 ㎡

車両諸元：

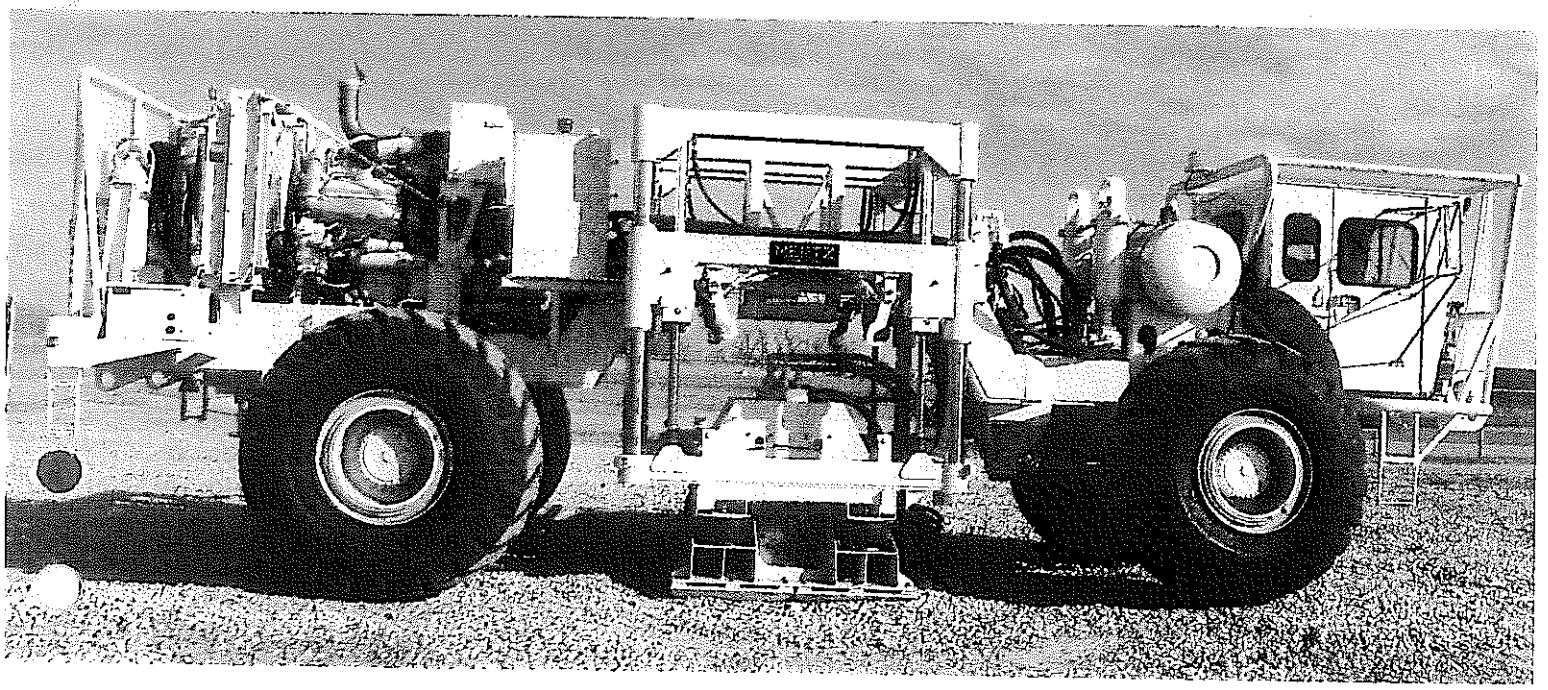
全長	6.045 m
全幅	1.829 m
全重量	4.173 ﾄﾝ
全高	2.395 m



（株）地球科学総合研究所

Rotatable S-Wave
MERTZ M18HD/620

SERVO-HYDRAULIC VIBRATOR



- **Capabilities include usable P-wave output of 50,000 lbs.** with optional S-wave operation using a 30,000-lb. **Rotatable** S-Wave.
- **Single Detroit 6V-92T, 325 hp turbocharged diesel engine** powers both vehicle and vibrator functions. Reduces operating/maintenance costs.
- **Two 4-speed, hydrostatically driven manual** transmissions for simplicity and reliability.
- **Planetary hub assemblies on rugged 35,000-lb.** steerable axles provide added reliability.
- **Air-actuated, drum-type brakes** on each of the four wheels. Parking brakes are spring-actuated, air-released, for fail-safe operation.
- **Framework is reinforced, high-strength rectangular steel tubing.** Center section is raised to accommodate a low-profile vibrator actuator.
- **Front-mounted, hydraulic winch** with 30,000-lb. capacity complete with roller guide and wire rope.
- **Cab features room for operator plus two trainees.** Fully insulated and complete with heating and air conditioning units. Maximum operator safety and comfort with protective roll bar.
- **Designed to allow all of the vehicle weight** to be used as "hold-down" weight.
- **Proven reliable in field operations** since 1985.
- **Excellent mobility** in sand or snow.

MERTZ, INC.

P.O. Box 150 / 1701 N. Waverly / Ponca City, OK 74602 USA
Telephone (405) 762-5646 / Telex 74-8553 / FAX 405-765-5221

SALES
8323 Southwest Freeway Suite 800 / Houston, TX 77074 USA
Telephone (713) 270-1101 / Telex 79-4267 / FAX 713-270-7106

Printed in USA

式会社

MERTZ M18HD/620 ROTATABLE VIBRATOR

SPECIFICATIONS

VEHICLE DIMENSIONS

Wheelbase 207 in. (5.26 m)
Overall Width 120 in. (3.05 m)
Overall Length 32 ft. 3 in. (9.83 m)
Overall Height 12 ft. 4 in. (3.76 m) pad up
Turning Radius 31.5 ft. (9.6 m) to center of outside track

HYDRAULIC PUMPS

Vehicle Drive Two Sundstrand 24 series
Vibrator Drive One Sundstrand 26 series

HYDRAULIC MOTORS

Vehicle Drive Two Sundstrand 24 series
Winch Drive One Char-Lynn 2000

HEAT EXCHANGERS

Vehicle Young OCM150
Vibrator Young OCS-600

VIBRATOR ISOLATION

Six air bags, Goodyear 12 in. (30.4 cm)

ELECTRONICS

Adaptable to either Pelton, Texas Instruments, or Geosource

LIFT SYSTEM

Four hydraulic cylinders 2.5 in. (6.4 cm) bore. Four guide rods.

VEHICLE WEIGHT

	P-Wave	S-Wave
Front	24,000 lbs. (10,890 kg.)	*
Rear	28,600 lbs. (12,970 kg.)	*
Gross Weight	52,600 lbs. (23,860 kg.)	*

**Virtually the same as P-Wave*

VEHICLE FEATURES

Frame Heavy, rectangular, low-alloy, high-strength steel. Reinforced and welded.
Standard Equipment Cab-mounted, dry-type fire extinguisher 2 lbs. (.9 kg) Water can and rack
Optional Equipment Various cold starting aids. Various tires. CAT or Cummins engines.

WINCH

Braden hydraulic, 30,000 lb. (13,608 kg) line pull
Winch Cable 150 ft. (45.75 m), 3/4 in. (1.9 cm) diameter

VIBRATOR SPECIFICATIONS

Actuator	P-Wave	Rotatable S-Wave
Weight	9,250 lbs. (4,196 kg)	6,000 lbs. (2,722 kg)
Stroke (P-P)	2 in. (5.08 cm)	7 in. (17.8 cm)
Piston Area	16.67 in.^{2} (107 cm^2)	10 in.^{2} (64.5 cm^2)
Peak Force	50,000 lbs. (22,680 kg)	30,600 lbs. (13,880 kg)
Servovalve	Moog 79C266	Same
Baseplate Wt. (Hold Down)	51,000 lbs. (23,133 kg)	Same
Frequency Range (approx.)	5-250 Hz	4-100 Hz

ENGINE

Detroit Diesel 6V-92T, 325 hp @ 2100 rpm

TRANSMISSION SYSTEM

Marco Pump Drive, Two Funk HMD Gearboxes

AXLES

Front and Rear Rockwell PSM-1614, 35,000 lb. (15,880 kg) Steerable

TIRES

Front and Rear 26.5 x 25, 20-Ply, Firestone SRG, WB E-3

BRAKES

Service 20 1/4 in. x 4 in. Drum on Each Wheel
Parking Fail-Safe, Maxi-Brake, on Each Wheel

LIFT SYNCHRONIZATION

Upper and lower cross beams

IMPROVED CAB

Steel Construction Fully insulated and carpeted with air conditioner, heater, and defroster. Tinted glass.
Triple Seating Bucket seats for both driver and trainees complete with seat belts.
Control Panels Full instrumented vehicle and vibrator control panels.
Double Doors Door on driver and passenger side. Roll-over protection.

地科研　ＪＭＩ－４００　Ｐ／Ｓ油圧インパクタ

地科研　ＪＭＩ－２００　Ｐ油圧インパクタ

千葉大　地科研　ＭＩＮＩ６５　Ｐ／Ｓ油圧インパクタ

仕　様

小型油圧インパクター

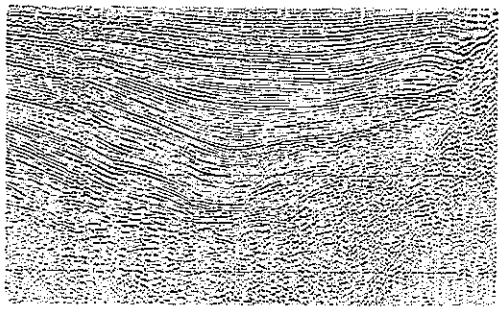
諸　元

全高	約 1425 mm
全幅	約 500 mm
重量	約 410kg（除くアーム、ブラケット）
最大傾斜角度	約 ±30°
傾斜方向	車輌進行方向に対し直角方向
ロッド重量	約 65kg
ロッドストローク	300mm
打撃エネルギー（計算値）	約 2000 Joule （ピストン下死点時 N_2ガス圧 6kg/cm²のとき）
N_2ガス容量	30ℓ
N_2ガス圧（圧縮時）	max 11kgf／cm²（ゲージ圧）
打撃サイクル	1回／10sec
押付力	800kg以上
ベースプレート重量	約 65kg（方形）

The Land Air Gun

The Land Air Gun Model LSS-3B is a surface seismic energy source designed to produce a powerful, repeatable, wide-band impulse each time the system is fired and the gun is triggered. Similar in principle to the Marine Air Gun, it uses water as the medium to couple a controlled compressed air impulse into the earth. A unique quality of the Bolt Land Air Gun is the ability to precisely predict the fire time. The Land Air Gun is coupled directly to the earth before firing and the combination of fire time predictability and source coupling allows the accurate synchronization of multiple Land Air Guns with a stable, repeatable signature--the essential requirement for all seismic data acquisition.

▼ *Typical sedimentary basin seismic record acquired with (4) Model LSS-3B Land Air Guns. Depth at 2.5 seconds is approximately 22,000 feet.*



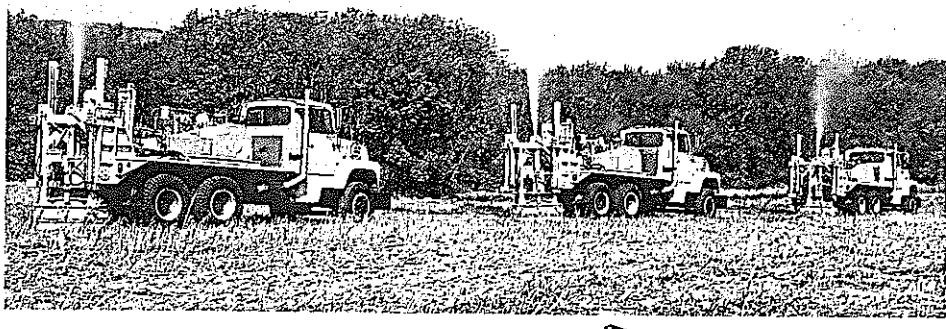
WORLDWIDE APPROVAL

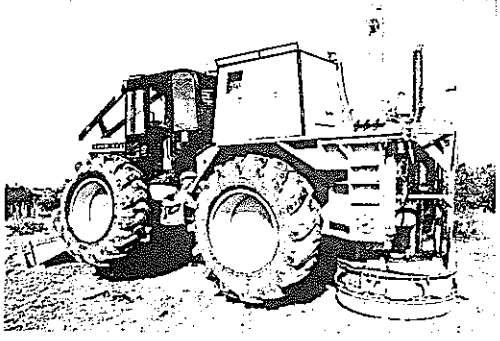
Proven over the years on all types of terrain in the United States and abroad, the Land Air Gun provides a capability for producing quality data at high production rates. Single unit crews are used for shallow high resolution surveys, while three to five-unit crews a employed for deep-basin exploratio The LSS-3B is designed in modular form to permit ease of mounting on wide variety of domestic and foreign vehicles such as 4 x 4 and 4 x 6 truc swamp buggies and log skidders.

NO ENVIRONMENTAL RESTRICTIONS

The minimal effect on the surface an surrounding environment, has made the Bolt Land Air Gun exceedingly popular in the United States as well in many other countries, particularly areas where the use of explosives is prohibited.

▼ *Three Model LSS-3B units being synchronously fired*





▲ *Model LSS-3B Land Air Gun mounted on a Log Skidder for rough terrain surveys*

▼ *Model LSS-3B Land Air Gun mounted on a 4 x 6 truck*

The Marine Air Gun

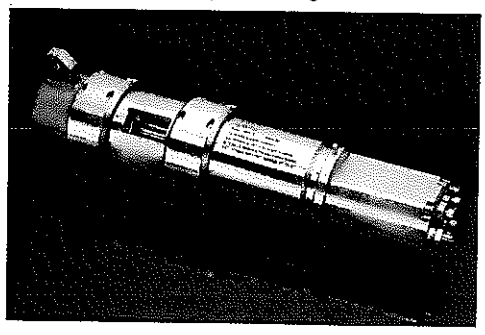
BACKGROUND

Prior to the development of the Bolt PAR® Air Gun, chemical explosive charges had been used to generate the powerful seismic impulses needed for offshore geophysical exploration. The use of high explosives presented the geophysical exploration industry with numerous operating problems such as safety hazards, environmental damage and lack of precise repeatability. A number of alternative seismic energy sources were introduced and abandoned by the industry before the widespread acceptance of the Bolt Marine Air Gun in the mid-1960's. The Bolt Air Gun demonstrably eliminated the numerous undesirable problems associated with high explosives.

THE NEED FOR ACCURACY

The Bolt Air Gun is a precision instrument designed for long-term operation in the harsh marine environment. Precise electrical triggering and highly repeatable radiated pulses have allowed the industry to implement the powerful concept of tuned and clustered air gun arrays. These arrays may include as many as 80 air guns and permit geophysicists to tailor the power and frequency spectrum of the arrays to meet survey objectives. Bolt Air Gun arrays are also particularly suitable to meet the increasingly important requirement for stable seismic signatures which are demanded for three-dimensional surveys and advanced computer imaging.

▼ *Model 2800 Air Gun. First gun to feature Bolt's patented Long Life design.*



▼ *Long Life Retro-Fit Kit for Bolt's Model 1500C standard Air Gun*

A VERSATILE TOOL

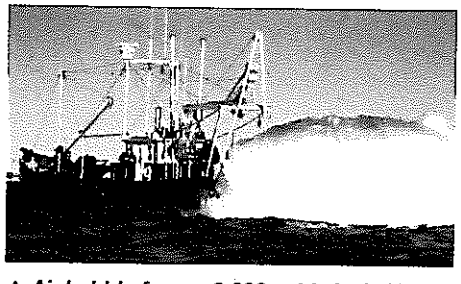
The Bolt Air Gun provides geophysicists with a tool of such versatility that it has become the worldwide standard energy source for marine seismic exploration. An important feature of the Bolt Air Gun is the ability to vary the volume of air expelled by the gun through the use of interchangeable firing chambers. Based on the individual model, the volumes can range from 1 cubic inch to 9,000 cubic inches. While the major application for Bolt Air Guns is in geophysical exploration for hydrocarbons, other applications include reservoir mapping using 3-D imaging techniques and deep earth crustal studies.

THE RELIABILITY FACTOR

Marine seismic surveys are carried out 24 hours a day, seven days a week. Interruptions are costly, and few "dropouts" are permitted among the guns in arrays. Consequently, the challenge has been to perfect a device that can produce many powerful impulses per minute for weeks at a time without failure in the marine environment. This reliability has been achieved with the Bolt Air Gun through the Company's policy of rigorous testing and strict attention to quality control and research.

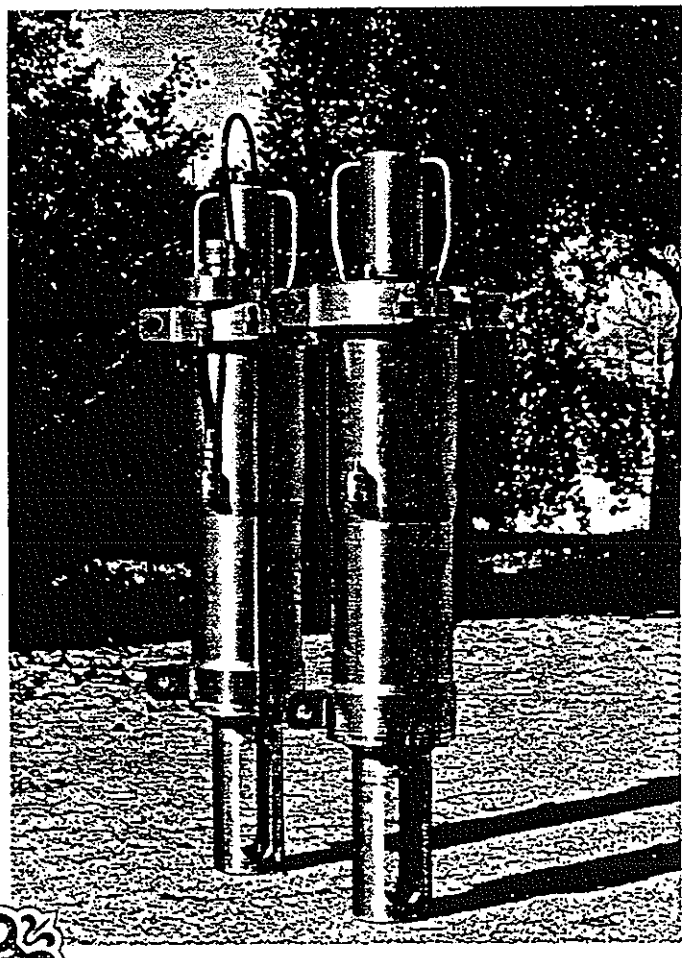
NEW DEVELOPMENTS

Recent research and development effort focused on extending the period between routine air gun maintenance cycles has led to the introduction of a new generation of Bolt Air Guns which can operate over 500,000 "shots" without failure. This typically amounts to over two months of seismic vessel operation. These new "long life" guns, Models 1500LL and 1900LL, also provide higher peak sound pressure and an improved frequency spectrum, as compared with previous models. A retro-fit kit, which incorporates the improvements of the new Long Life Guns, allows users to quickly upgrade existing Bolt Air Gun Models to the new standards.



▲ *Air bubble from a 9,000 cubic inch Air Gun fired at a depth of 35 feet*

HYDROPNEUMATIC WATER GUNS



PNEUMATIC P 400

or

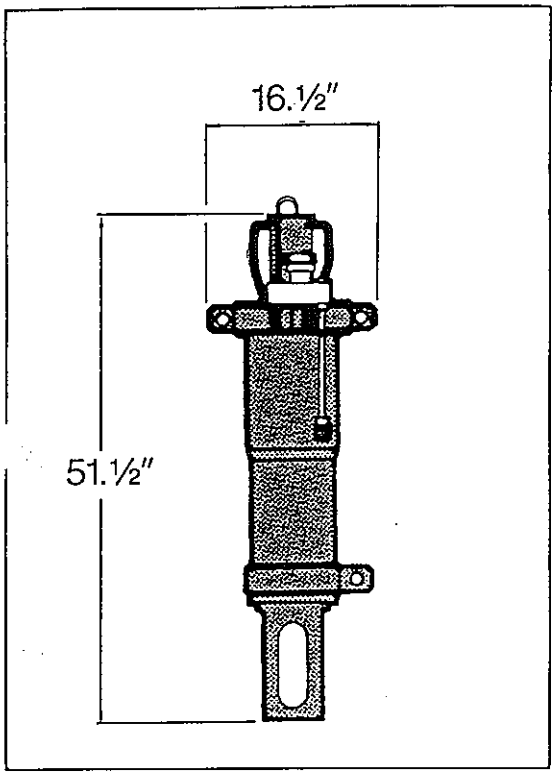
HYDRAULIC H 400

Same powerful and clean pulse
Broad band

Seismic Systems, Inc.
8925 Lipan, Houston, Texas 77063
Phone: (713) 782-2586, Telex: 762435

HYDROPNEUMATIC WATER GUN

P 400



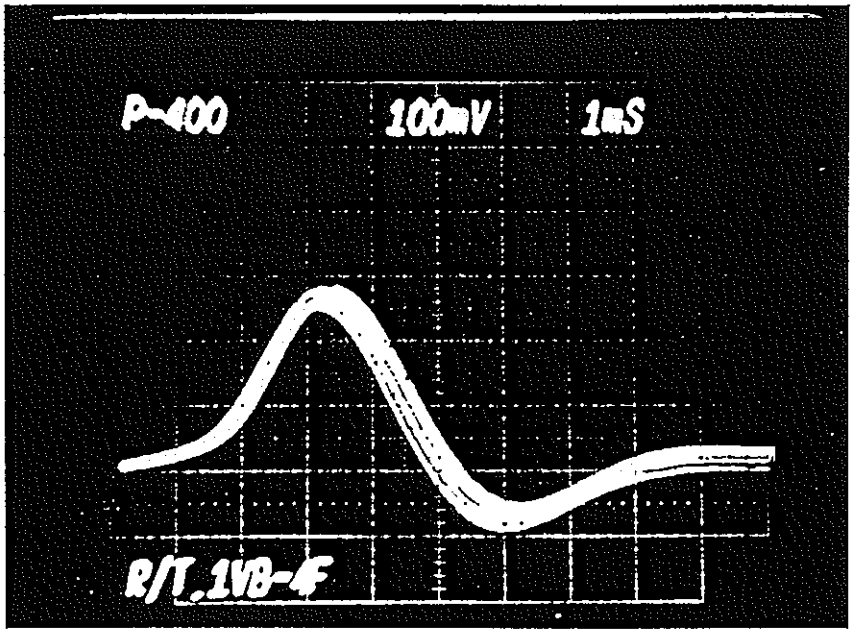
Specifications

Physical :

Material :Stainless Steel
Weight :387 Lbs (174 Kg)

Operational :

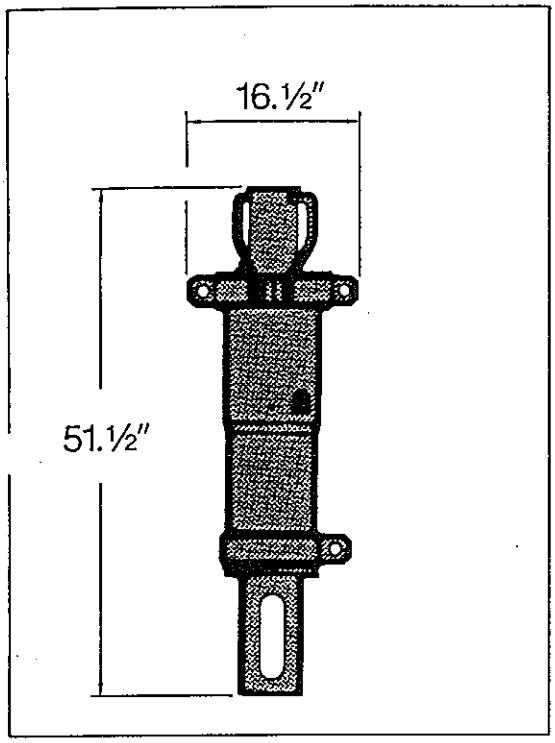
Firing Pressure :2000 psi (140 b)
Air consumption :310 cu. in. per shot
Max. Firing cycle :8 sec.
Min. Firing depth :2 ft (0,6 m)



Repeatability of Implosion Peak
Horizontal : 1 msec/Div.

HYDROPNEUMATIC WATER GUN

H 400



Specifications

Physical :

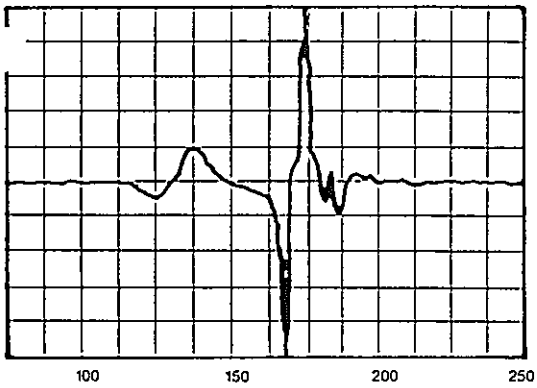
- Material :Stainless Steel
- Weight :374 Lbs (168 Kg)

Operational :

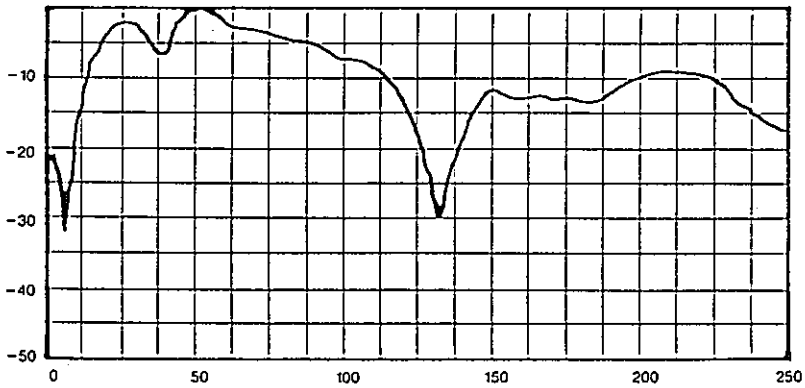
- Air Firing pressure :2000 psi (140 b)
- Air consumption :10 cu. in. per shot
- Max. Firing cycle :8 sec.
- Min. Firing depth :2 ft (0,6 m)

Typical Signature & Spectrum (Courtesy Seismograph Service Ltd.)

Far Field - Signature



Far Field - Spectrum



Firing Depth: 20 ft (6m)

Horizontal :12.5 msec/Div
Vertical :0.6 bar-m/Div
Filtering :0–125 Hz

Horizontal :12.5 Hz/Div
Vertical :5db/Div

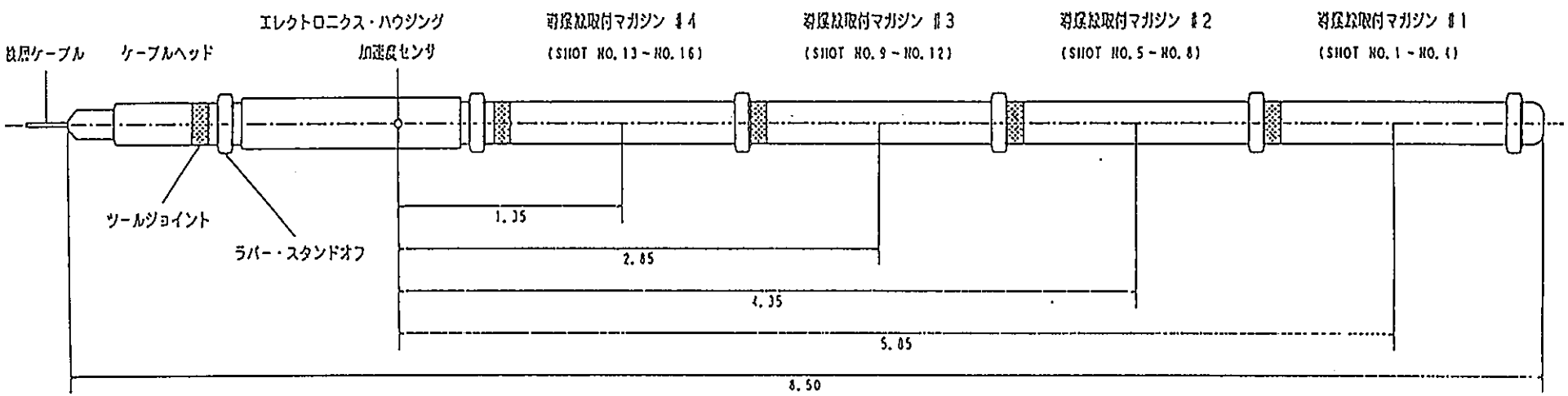
坑内ツール製作仕様

全長 ： 8.5m (ケーブルヘッド含む)
外径 ： φ95mm (エレクトロニクス部)
φ86mm (導爆線取付マガジン部)
重量 ： 約250kg
温度 ： 200°C
圧力 ： 700KSC (設計値)
導爆線装填数 ： 16発 (4発/マガジン)
タイムゼロ ： 加速度センサによる衝撃波形出力
使用ケーブル ： 7芯鉄線ケーブル (15/32" 6000m)
スタンドオフ ： φ115mm (耐熱ゴム製、6箇所)

エレクトロニクス部製作仕様

制御セレクター回路
駆動電圧 ： 20VDC
消費電流 ： 8.5mA (200°C)
制御選択パルス ： 20mAカレントドライブ
アドレス出力 ： X=8、Y=16 マトリクスポイント=128

FETスイッチアレイ回路
制御電圧 ： 15VDC
消費電流 ： 10mA (チャンネル選択時)
制御電圧範囲 ： 120VDC (最大)
制御許容電流 ： 1A/チャンネル (最大)



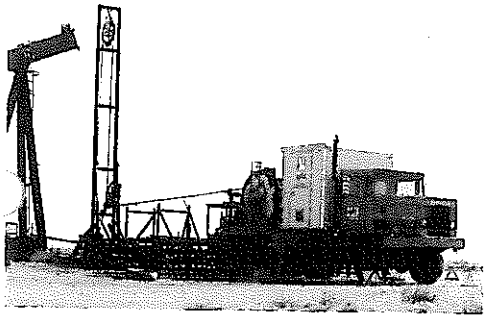
導爆線型坑内震源

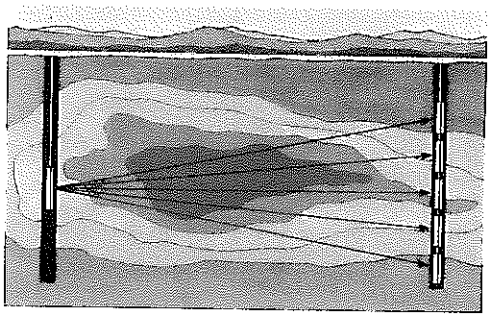
[単位 ： m]

The Wellseis® Borehole Energy Source System

The theoretical advantages of a down-well seismic energy source for cross-well seismic imaging and reverse Vertical Seismic Profile (VSP) surveys have long been understood. However, practical applications lagged because of the lack of a suitable energy source. In 1986, based on years of experimental work in wells, Bolt introduced a down-well energy source to the industry. This energy source was designed to provide interwell imaging in deep producing wells to aid in reservoir characterization. Another down-well source was developed for shallow engineering surveys to aid in rock property investigations.

▼ *Bolt's WELLSEIS® shooting System on-site at a producing oil well*





▲ *Typical crosswell configuration used for interwell reservoir imaging.*

THE WELLSEIS® BOREHOLE SYSTEM

Major components of the WELLSEIS® Source System are a 1-Gun or 3-Gun WELLSEIS® Borehole Air Gun Tool and a 2,500M armored air/electrical umbilical cable. All tools include an umbilical termination, a casing collar locator, nearfield gun sensors and a recoil-limiting device. The 3-gun tool contains 3 sets of discharge ports located so as to maximize signal strength while maintaining point-source characteristics. Each gun has an internal pressure sensor and can be timed independently. Other major components are a hydraulic winch, a high pressure air compressor and depth measuring instruments. The system is mounted on a heavy-duty truck with an operator's cab which contains all controls. A secondary system which allows for operation in high temperature (to 420°F) wells or in deviated and horizontal wells has also been developed by Bolt.

MINI-WELLSEIS® BOREHOLE SYSTEM

The Mini-Wellseis® Borehole Source System has been specifically designed and developed for mineral and engineering type crosswell surveys. Many of the major features of Bolt's Standard Wellseis® System are preserved in the Mini-Wellseis® System but scaled down accordingly. This system can be mounted on a pick-up truck or small trailer.

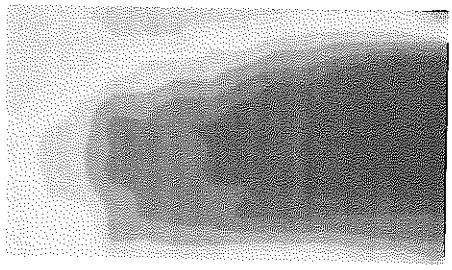
INTERWELL TOMOGRAPHIC IMAGING

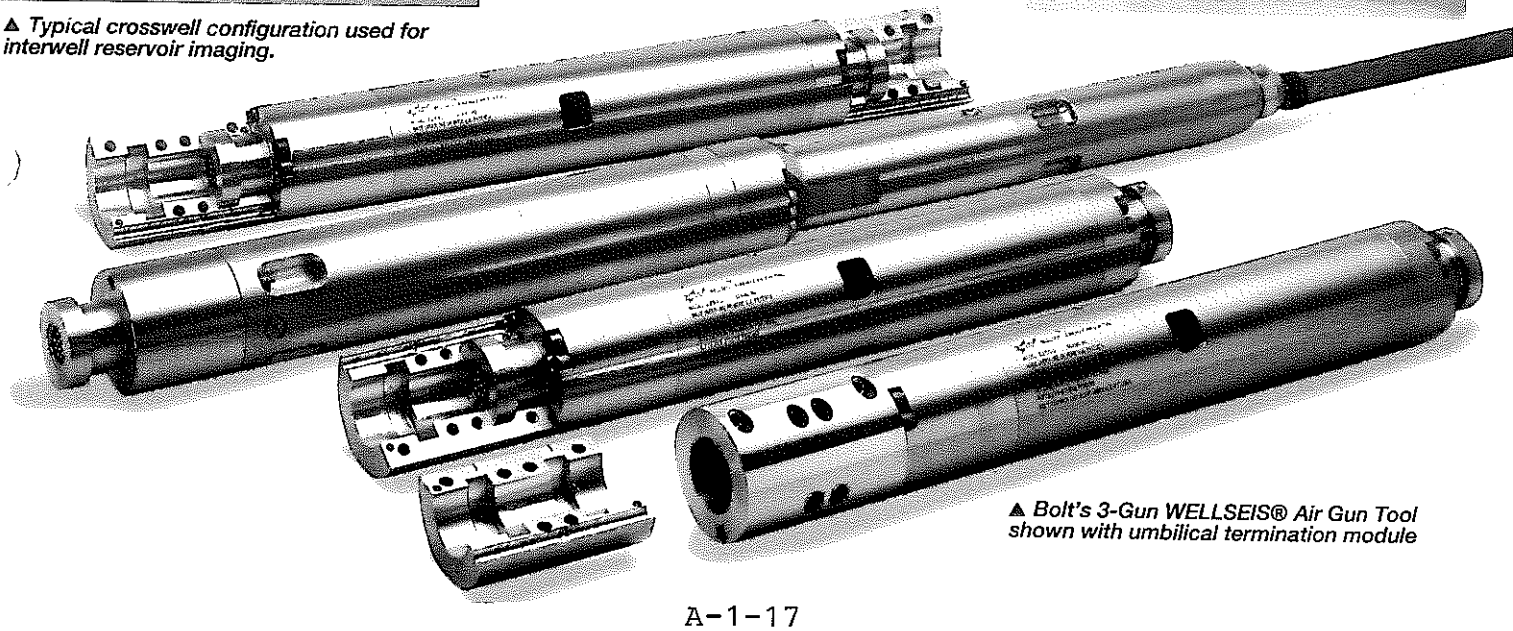
The major application of the WELLSEIS® System has been interwell tomographic imaging for the purpose of monitoring enhanced oil recovery processes, particularly steam injection. Excellent quality data are obtained at ranges in excess of 500M with tool depths to 2,500M. Frequencies as high as 1,500 Hz. have been recorded.

INTERWELL RECORDING

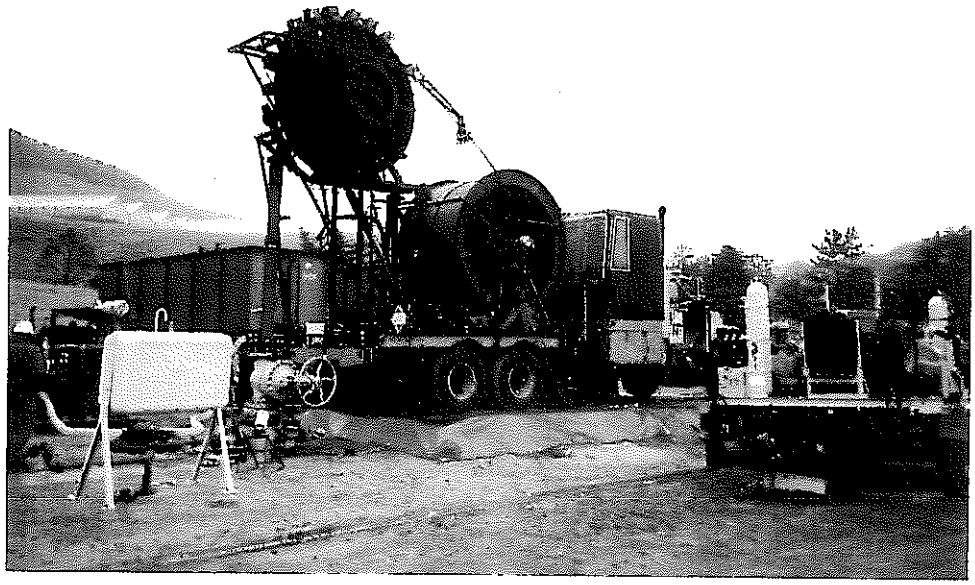
Bolt has developed a WELLSEIS® Recording System which utilizes a 24-channel seismograph with a 50-microsecond sampling interval capability. A personal computer with appropriate software provides quality control including signatures, spectra and tomography scan displays. (Data are stored in 9-track SEG Y format.)

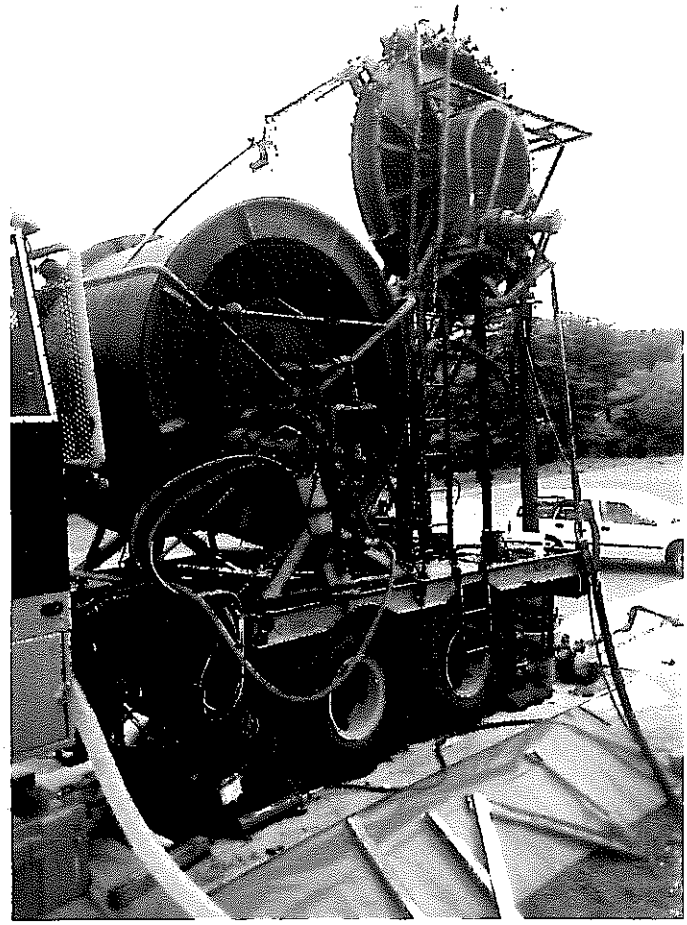
▼ *Steamflood monitoring survey. The change in velocities indicated by colors shows the position of the steam over a 12 month period*





▲ *Bolt's 3-Gun WELLSEIS® Air Gun Tool shown with umbilical termination module*





坑内エアガン
Borehole airgun

CSM Associates Limited

HIGH TEMPERATURE SPARKER SEISMIC SOURCE

Specification

Electrical output energy	up to 1700 Joules
Discharge voltage	up to 5 kV
Energy storage capacitance	up to 120 μF
Discharge rate at max output	2 per minute
Maximum wireline cable length	8 km
Acoustic pressure output level	1.5 bar-metre @ 1800Hz
Acoustic output bandwidth	100-2000 Hz
Discharge instant acoustic signal	Current pickup/Geophone
Discharge terminal geometry	Axial
Tool Power requirement	150 Volts at 500 mA max
Surface power supplies	200 Volts @ 1 amp
Operating temperature range	0 to 175°C
Max operating Pressure	1000 Bar
Pressure housing material	High Tensile Stainless Steel
Tool length (2 sections)	2 x 3.6 m + casing collar locator
Tool max OD	114 mm
Tool weight in air	300 kg
Operable in water and hydrocarbon wells	
Automatic triggering	

Cable specification

Industry Standard — 7 Core

Conductor assignments:

1	Casing collar locator
2,3,4,5	+ 200 VDC
6	Spare
7	Geophone 0/P
Armour	Return

Cable length	8 km
Notional conductor resistance	30 Ohms/conductor/km

Further information on CSM Associates Ltd's high temperature electronics technology and borehole tools can be obtained from:

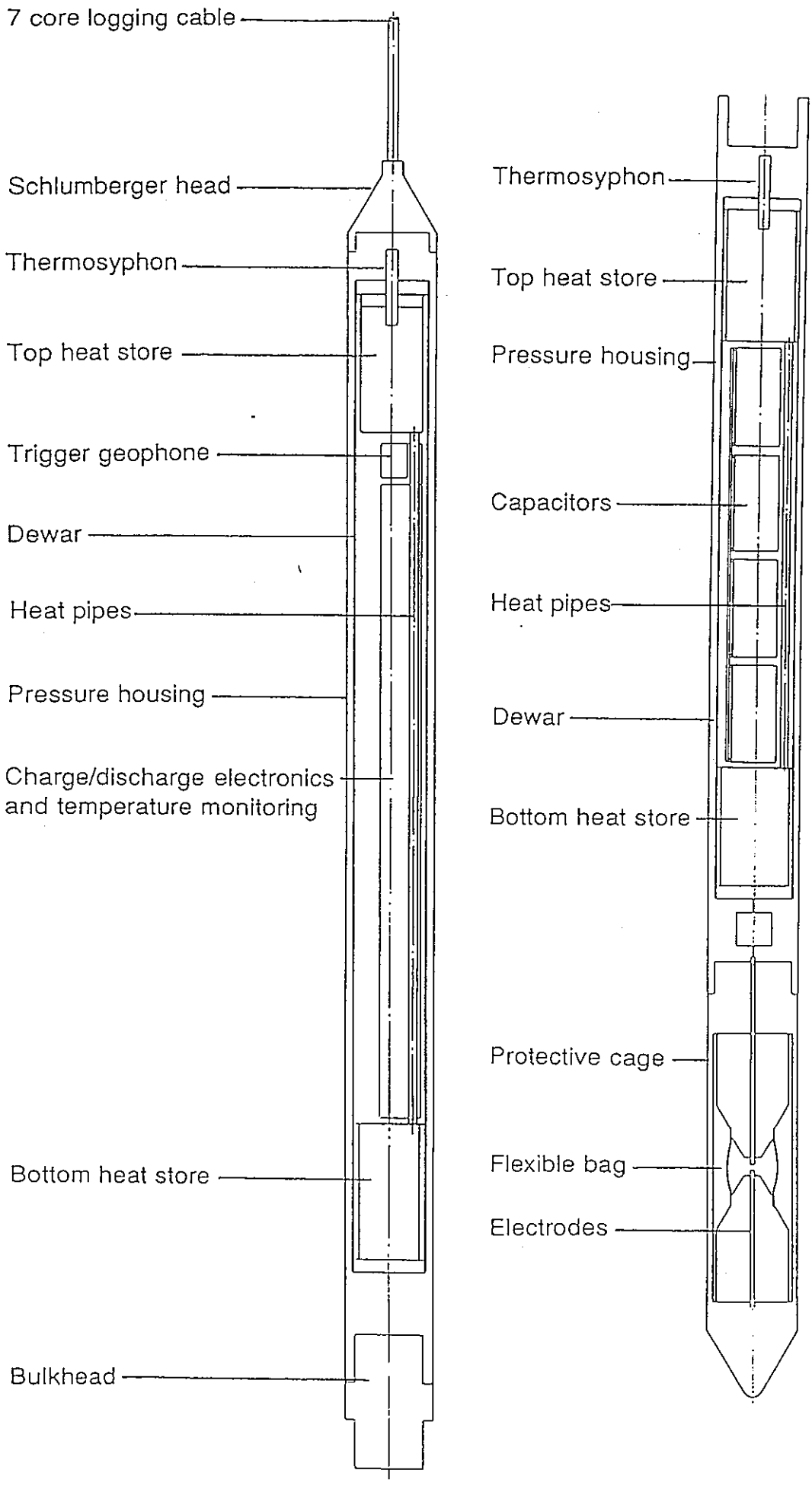
The Technical Director - Tel +44 1209 860141
Fax +44 1209 861013

Earth Sciences

Engineering

Mining & Minerals

Information Technology


7 core logging cable
Schlumberger head
Thermosyphon
Top heat store
Trigger geophone
Dewar
Heat pipes
Pressure housing
Charge/discharge electronics
and temperature monitoring
Bottom heat store
Bulkhead
Thermosyphon
Top heat store
Pressure housing
Capacitors
Heat pipes
Dewar
Bottom heat store
Protective cage
Flexible bag
Electrodes

OYO

新しいコンセプトに基づいた孔中振源
OWS孔中振源

Model-1394

＜概　要＞

OWS孔中振源は従来の振源とは異なった原理の画期的な孔中振源です。起振エネルギーを流体を介して地盤に高い効率で伝達します。小さなエネルギーで大きな起振力が得られることを重点に設計されており、孔壁を傷めることなく効果的な起振を行なうことができます。

振源は流体を瞬間的に吐出させるための層構造の円盤と、その円盤の上部を打撃するためのバネと重錘で構成されています。円盤の上部をバネで加速した重錘で打撃して起振します。トリガ信号は振源に内蔵したジオフォンから出力されます。

＜特　長＞

- 小さなエネルギーで大きな起振力が得られます。
- 孔壁を傷めず効果的に起振できます。
- 発生する波の再現性がよく、安定したトリガ信号が得られますので効果的なスタッキングを行なうことができます。
- シンプルな構造で保守が容易です。
- 操作はきわめて簡便で、小型のコントローラとDC12Vのバッテリで動作します。

RP-1810

〈仕　様〉

ゾンデ

直　　径……60mm

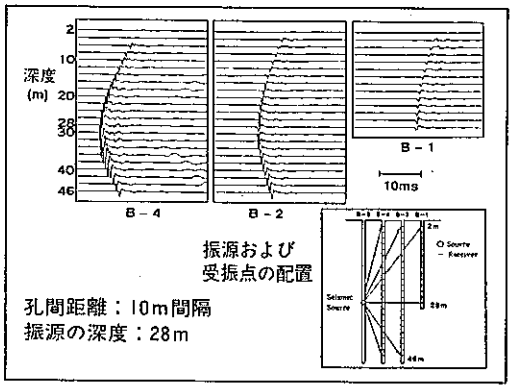
長　　さ……約2.3m

重　　量……約20kg

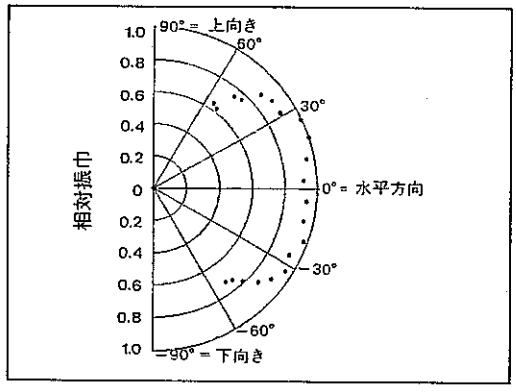
トリガ信号……振源内ジオフォンからの波形出力
およびコントローラ内で波形整形
したパルス出力の2種類

コントローラ寸法…(W)280mm×(H)210mm×(D)220mm

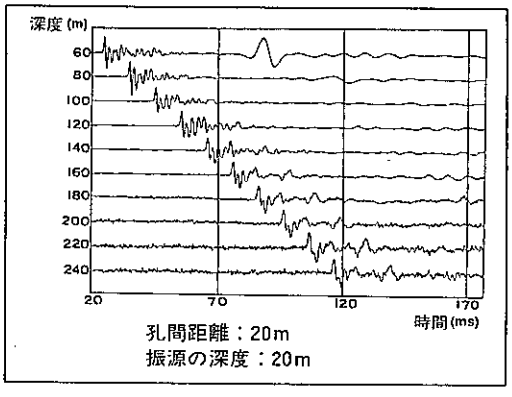
電　　源……DC12V



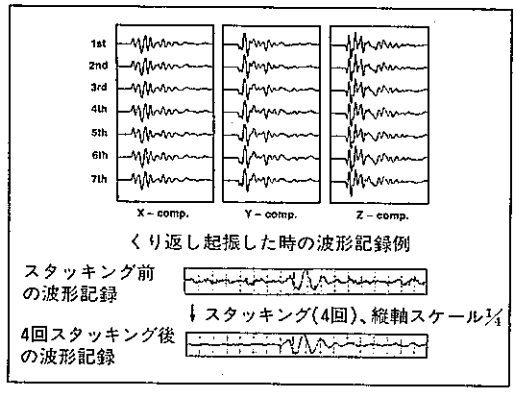
クロスホール測定による波形記録例
—ハイドロフォンアレイにより受振



OWSの放射パターン
—孔間距離約6m、地質：第三紀層砂礫



ボアホールシャトルによる波形記録例
—起振点—受振点間最大距離220mノンスタック、
地質：第三紀層泥岩



波形の再現性を示す記録例
—安定したトリガ信号と再現性の良い波形が得られるため、効果的なスタッキングが可能

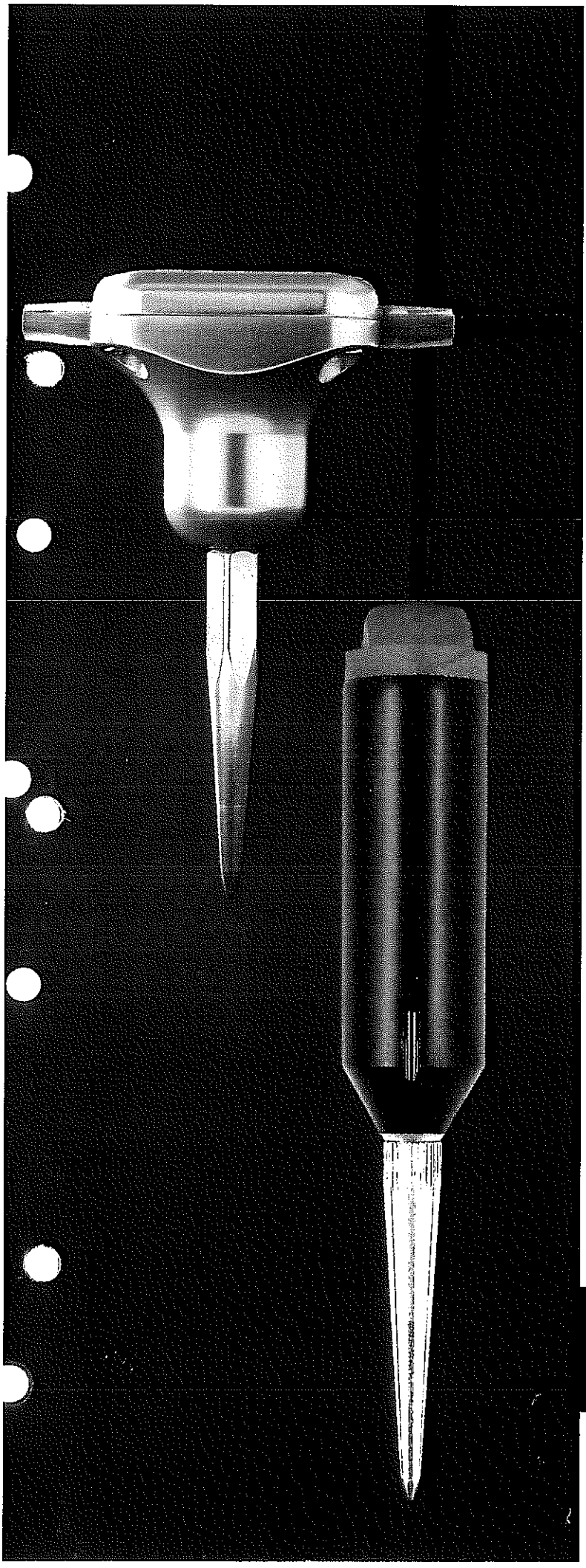
応用地質株式会社

●製品に関するお問い合わせは、計測技術研究所にて承ります。
●仕様は製品改良のため、予告なしに変更することがありますのでご了承ください。

本　　社	：東京都千代田区九段北4-2-6		☎03-3234-0811
計測技術研究所	：埼玉県浦和市太田窪2-2-19		☎048-882-5371
東京事業本部	☎03-3946-3111	関西事業本部	☎06-384-5105
札幌支社	☎011-863-6711	中国支社	☎0829-21-1161
東北支社	☎022-237-0471	四国支社	☎089-925-9516
北信越支社	☎025-274-5656	九州支社	☎092-591-1840
中部支社	☎052-793-8321		

RP-1810 (9606-1.6K) Printed in Japan

Appendix. 2 主要受振器源関連資料



The New Standard in Seismic Data Acquisition

Ultraphone™ Mark® 2

Mark Products utilizes a scientific breakthrough in **Magnetic Flux Density Technology** to develop the low distortion, Ultraphone™ Mark® 2 geophone (patents pending). This technology, coupled with other unique features, results in the most advanced geophone in the seismic industry. Computer-aided design of all parameters and precision robotic machining of critical parts ensures constant repeatability of all specifications throughout the long life of the Ultraphone™ Mark® 2.

Technical excellence in the design of *inductive damping* ensures faithful recording of the true amplitude of the seismic signal, regardless of temperature changes in the geophone spread during the recording day.

Today's high technology recording systems are capable of precision measurement of distortion, sensitivity, damping, natural frequency, phase characteristics and other operational specifications of the entire geophone spread. Ultraphone™ Mark® 2 gives the user the unique ability to take maximum advantage of these capabilities.

FEATURES

- **Ultra-low distortion**
- **Ultra-compatibility with modern 24 bit recording systems**
- **Inductive damping**
- **Spurious-free band pass @ 1ms sample rate**
- **High sensitivity**
- **Precision tolerances**
- **Available in rugged land and marsh case**

ULTRA-LOW DISTORTION GEOPHONE

UM-2

Patents pending.

Ultraphone™ Mark® 2

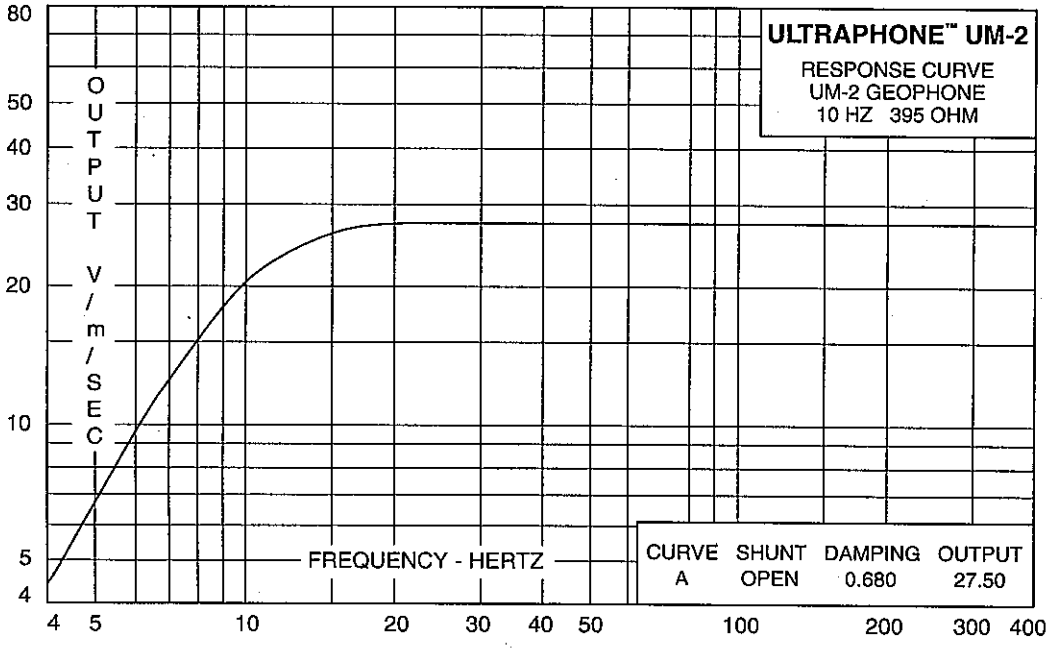
Mark Products has built its reputation in the seismic industry by providing outstanding performance and reliability from sensitive electronic components.

The Ultraphone™Mark®2 is ready to go to work anywhere in the world, providing the user with the ability to meet with the most stringent requirements and parameters.

SPECIFICATIONS

Distortion (@12 Hz, .7 in/sec):	Less than 0.02% (typical), maximum 0.05% with tilt from 0° to 20°
Spurious Frequency:	Beyond 250 Hz
Frequency:	10 Hz ± 2.5%
Open Circuit Damping:	68% ± 2.5%
Sensitivity:	27.5 V/m/sec ± 2.5% (0.699 V/in/sec)
Coil Resistance:	395 ohms
Moving Mass:	8.4 gm (0.29 oz)
Coil Travel:	1.78 mm (0.07 in)
Diameter:	27.4 mm (1.08 in)
Length:	31.5 mm (1.24 in)
Weight:	76.4 gm (2.68 oz)

All parameters are 24° C.



MARK PRODUCTS®
A Division of Shaw Resource Services, Inc.

U.S.A.: 10502 FALLSTONE ROAD • HOUSTON, TEXAS 77099 • PH: (713) 498-0600 • FAX: (713) 498-8707 • TELEX: 76-2069
CANADA: 1108 55TH Avenue N.E., Box 73, Station M • Calgary, Alberta, T2P 2G9 Canada • PH: (403) 275-3544 • FAX: (403) 295-1805

2M1094


SENSOR MAKES THE DIFFERENCE
HIGHEST SPURIOUS FREQUENCY RESPONSE
NEW SM-24 GEOPHONE
Announcing the world's most advanced geophone—the new SM-24 Low Distortion Geophone from SENSOR. With an unprecedented extended spurious frequency response in excess of 240 Hz, the new SM-24 offers another powerful new SENSOR innovation that will make the difference on your next prospect. SENSOR...exceeding the standard in sensor technology. Call SENSOR today.
SENSOR
A Subsidiary of INPUT/OUTPUT, INC.
USA (713)388-4466 • England 44 (0) 1603 400516
Canada (403)252-9982 • Holland 31 (0) 715 61 3941
I/O

SM-24

Extended Spurious Superphone

SPECIFICATIONS	VALUE	TOLERANCES
Natural Frequency	10 Hz	+/-2.5% (0° to 10° tilt)
Spurious Frequency	>240 Hz	
Distortion (@ 12 Hz/0.7 ips coil to case)	0.10% or less at 0° to 10° tilt	
Open Circuit Damping	0.25	
Damping with 1339 ohm Shunt	0.60	+5/-0%
Sensitivity	28.8 V/m/s	+/-2.5%
Coil Resistance	375 ohm	+/-2.5%
Max. Coil Excursion	2 mm (p-p)	
Moving Mass	11 g	
RtBcFn	6000	
Diameter	25.4 mm	
Height	32.0 mm	
Weight	74 g	
Guarantee (with normal use*)	3 years	

* Normal use excludes damage caused by high voltage and physical damage to the element case.
All specifications specified at 20°C in the vertical position unless otherwise stated.

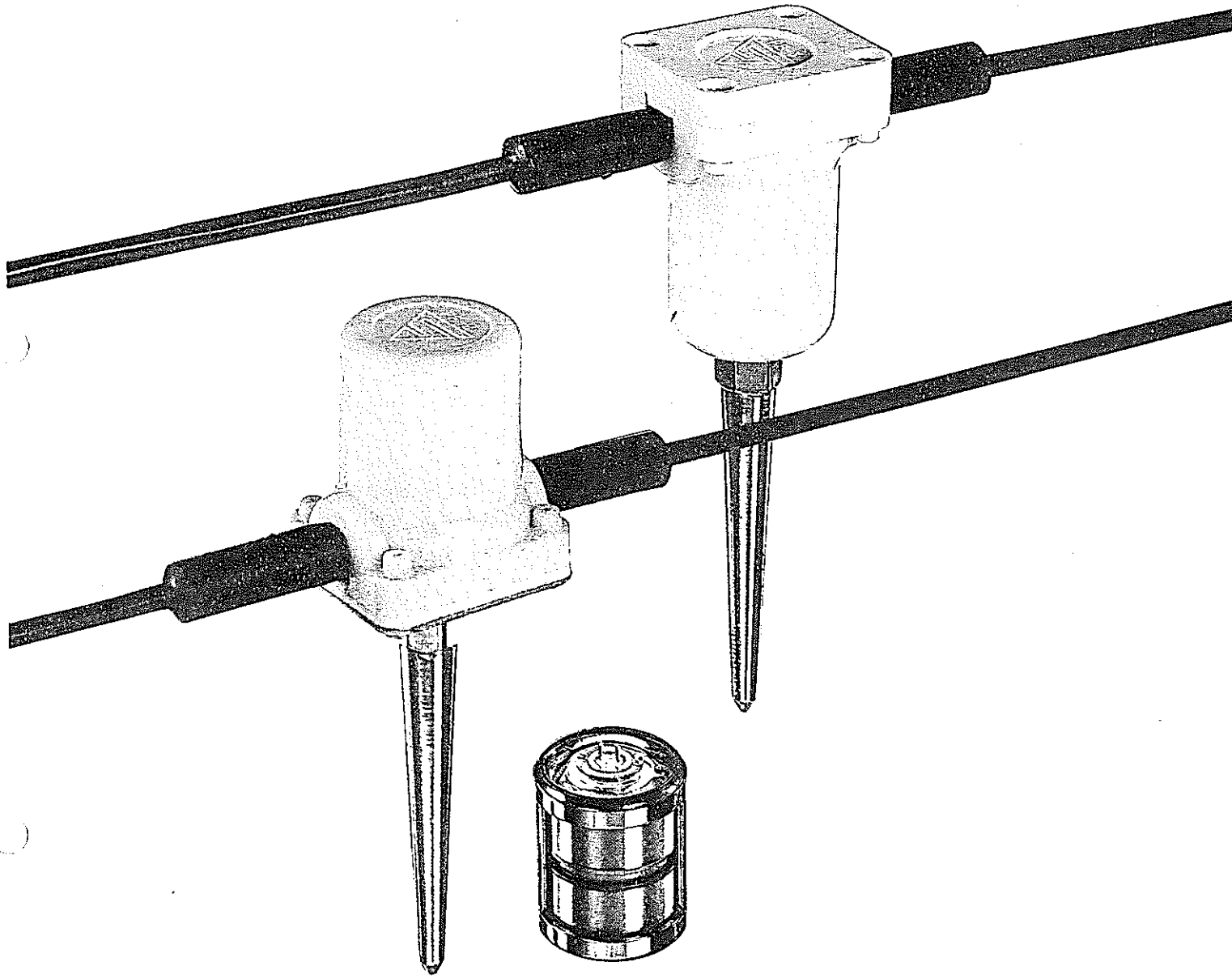
INPUT/OUTPUT, INC.

1001 North Highway 35 Bypass • Alvin, Texas 77511-8552 USA • Fax 713/331-5245 • Phone 713/388-4466
Input/Output of Canada, Inc. • 5826 Burbank Road, S.E. • Calgary, Alberta, Canada T2H 1Z3 • Fax 403/252-8550 • Phone 403/252-9982
49A Hurricane Way, Airport Industrial Estate • Norwich NR6 6JB England, Norfolk • Telex 975566 SNSRUK G • Fax 1603-415143 • Phone 1603-400516
Rouwkooplaan 8 • 2251 AP Voorschoten, Holland • Telex 39111 SENSR NL • Cable SENSOR Voorschoten • Fax 071-5617145 • Phone 071-5613941

SM-7

digital grade

wide band geophone clean response to above 300 Hz



SENSOR Nederland bv

HGS PRODUCTS
Halliburton Geophysical Services, Inc.
A Halliburton Company

SENSOR SM-7

1) GEOPHONE SPECIFICATIONS

BASIC UNIT	: SENSOR SM-7B
FREQUENCY	: 10 Hz ± 5 %
SPURIOUS RESPONSE	: 340 Hz
COIL RESISTANCE	: 375 Ohms ± 5 %
TILT	: 25°
OPEN CIRCUIT DAMPING	: 0.25 ± 5 %
SENSITIVITY	: 0.73 V/in/sec ± 5 % (0.288 V/cm/sec)
DISTORTION	: Less than 0.2 % at 12 Hz (Max. tilt 20°)
COIL VELOCITY	: 0.7 in/sec P-P
IMPEDANCE	: 2766 Ohms
COIL MASS	: 11 grams
COIL TRAVEL	: 0.08 in (2 mm) P-P
ENVIRONMENT	: −40 to +100℃
BASIC UNIT DIMENSIONS	: Diameter 1.00 in (2.54 cm)
	Height 1.25 in (3.20 cm)
	Weight 2.59 oz (74 grams)
* with SHUNT RESISTER	
SHUNT RESISTER	: 1000 Ohms
TOTAL DAMPING	: 0.686 ± 5 %
SENSITIVITY	: 0.531 V/in/sec ± 5 % (0.209 V/cm/sec)
TOTAL RESISTANCE	: 273 Ohms ± 5 %
IMPEDANCE	: 734 Ohms

2) GEOPHONE STRING SPECIFICATIONS

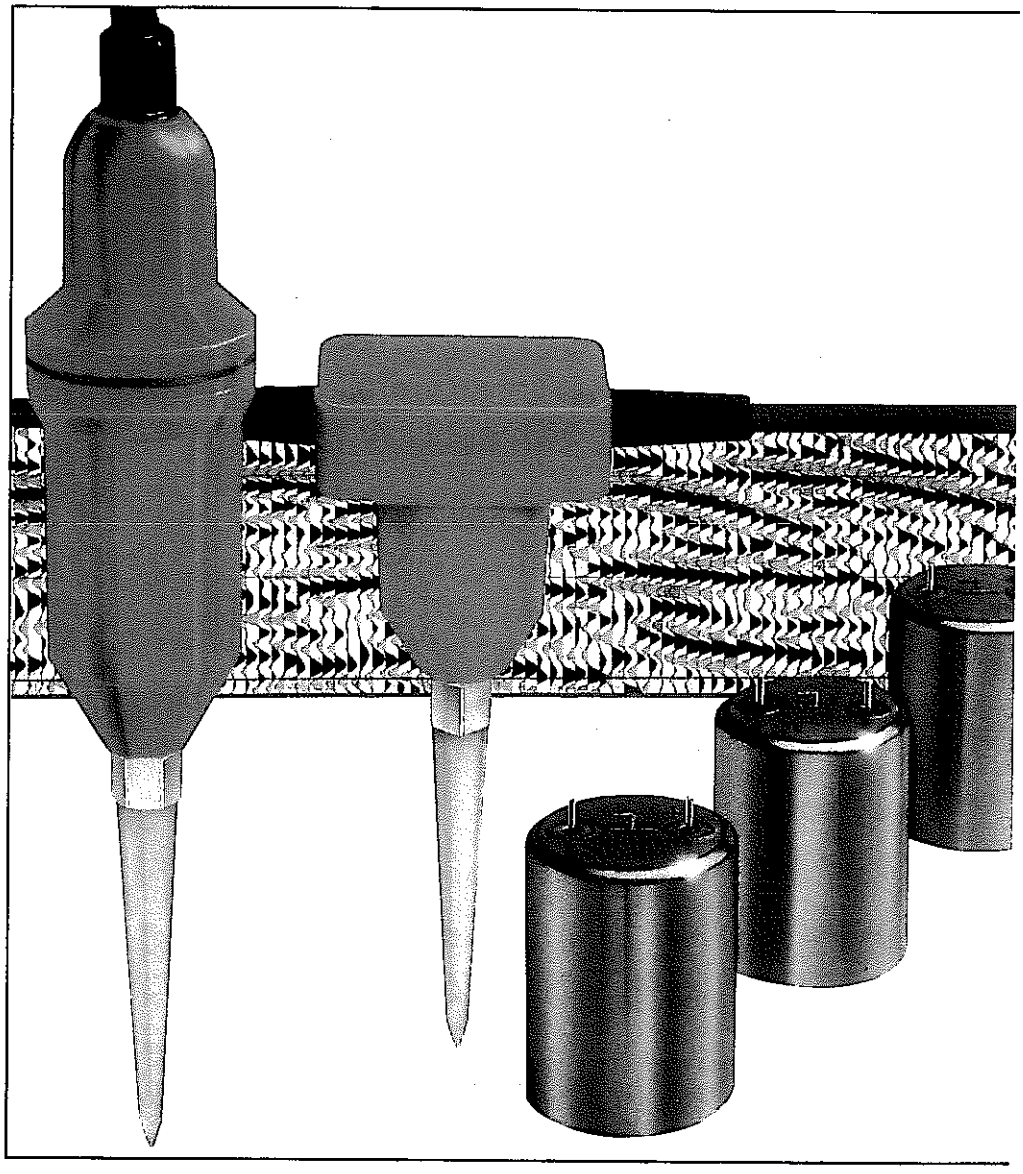
BASIC UNIT	: SENSOR SM-7B
CONFIGURATION	: 3 Series - 3 Parallel
FREQUENCY	: 10 Hz ± 5 %
SPURIOUS RESPONSE	: 340 Hz
RESISTANCE	: 273 Ohms ± 5 %
DAMPING	: 0.686 ± 5 %
SENSITIVITY	: 1.593 V/in/sec ± 5 % (0.627 V/cm/sec)
DISTORTION	: Less than 0.2 % at 12 Hz
COIL VELOCITY	: 0.7 in/sec P-P
IMPEDANCE	: 739 Ohms
GEOPHONE SHUNT	: 1000 Ohms
STRING SHUNT	: None
CONNECTOR	: AMPHIB Ⅳ-A on both side
	Geophone Positive to pin A,1
	Geophone Negative to pin B,2
POLARITY	: up movement = Negative Value
	(Connection: + = pin A, − = pin B)

GS-32CT

CLOSE TOLERANCE, HIGH SPURIOUS GEOPHONE

- Enhanced spurious response >250 Hz for extended clean band width
- Simultaneous control of damping and sensitivity for unequaled channel-to-channel uniformity
- Externally damped for reduced damping change when exposed to temperature variations – again enhancing channel-to-channel uniformity
- Typical string distortion <.03% (12 series, damped 70%)
- Compatible with GS-20DX and GS-30CT geophones
- Optional coil resistance of 635 ohms provides greater sensitivity (.640 V/i/s @ 68.3% damping)

The latest 24-bit Data Acquisition Systems have the capability for recording the full dynamic range of geophones without the distortion caused by floating point amplifiers. This challenge to the historic efficacy and superior performance of geophones gave reason for Geo Space to develop geophone performance to an even higher level... a level which maintains the geophone as the strongest link in the data acquisition technology chain.



The GS-32CT is the newest addition to Geo Space's family of close tolerance geophones. It features a spurious response in excess of 250 Hz for extended clean band width.

The GS-32CT is fully compatible with its predecessors, the GS-20DX and the GS-30CT. It offers unsurpassed geophone-to-geophone uniformity along with the long-term, field proven reliability that only Geo Space can provide.

Geo Space
CORPORATION

GS-32CT

CLOSE TOLERANCE GEOPHONE SPECIFICATIONS

Specifications at 25°C.
* Maintains all specifications at Vertical to 20° tilt with the following exception:
Harmonic Distortion at 12 Hz (Vertical to 10° tilt).

	395 ohm	635 ohm
Frequency		
Natural Frequency (Fn):	10 Hz ± 2.5%	10 Hz ± 2.5%
Typical spurious Frequency:	>250 Hz	>250 Hz
Resistance		
D C Resistance (DCR)	395 ohms ± 2.5%	635 ohms ± 2.5%
Distortion		
Harmonic Distortion with coil to case velocity of 0.7 in/sec (1.8 cm/sec) P-P @ 12 Hz	<0.10%	<0.10%
String, 12 series, damped 70%	<0.03% (Typical)	
String, 12 series, damped 68.3%		<0.03% (Typical)
With coil to case displacement of 0.0093 in (0.0236 cm) P-P @ 10 Hz	<0.20%	<0.20%
Sensitivity		
Intrinsic Voltage Sensitivity (G):	.698 V/in/s, .275 V/cm/s	.880 V/in/s, .346 V/cm/s
Sensitivity @ 70% Damping	.500 V/in/s, .197 V/cm/s ± 2.5%	
Sensitivity @ 68.3% Damping		.640 V/in/s, .252 V/cm/s ± 2.5%
Normalized Transduction Constant:	.0351 $\sqrt{DCR}$ V/in/s .0138 $\sqrt{DCR}$ V/cm/s	.0349 $\sqrt{DCR}$ V/in/s .0137 $\sqrt{DCR}$ V/cm/s
Damping		
Open Circuit Damping (Bo)	31.6%	31.6%
Shunt Resistance for Damping Calibration	1000 ohms	1690 ohms
Damping Constant	536.0	852.8

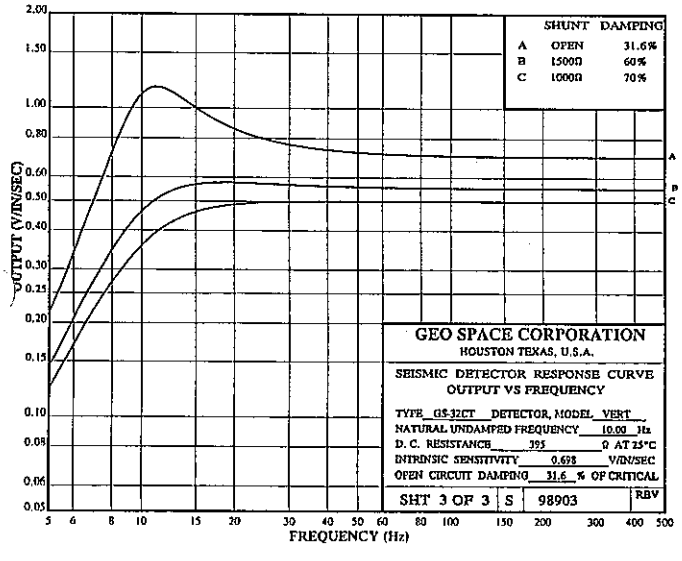
Physical Specifications

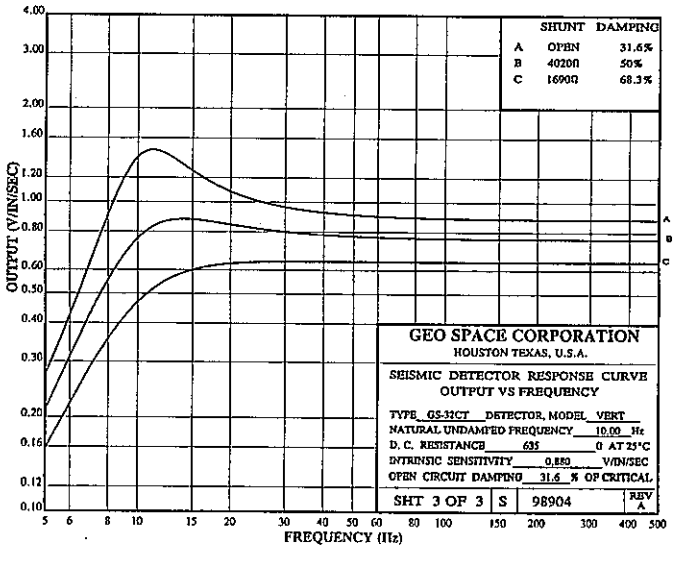
Moving Mass (M):	.395 oz (11.2 g) ±2.5%
Case to Coil Motion P-P:	>.06 in (>.152 cm)
Operating and Storage Temperature:	-45° to 100° C
Dimensions (less terminals*)	
Weight	3.03 oz, 86 g
Diameter	1.00 in, 2.54 cm
Height	1.30 in, 3.30 cm

*Terminal height is .16 in (.41 cm)

Cases Available
PC-801-LP Land Case
PC-801-LPC Land Case
PC-901 Marsh Case

Specifications are subject to change without notice.

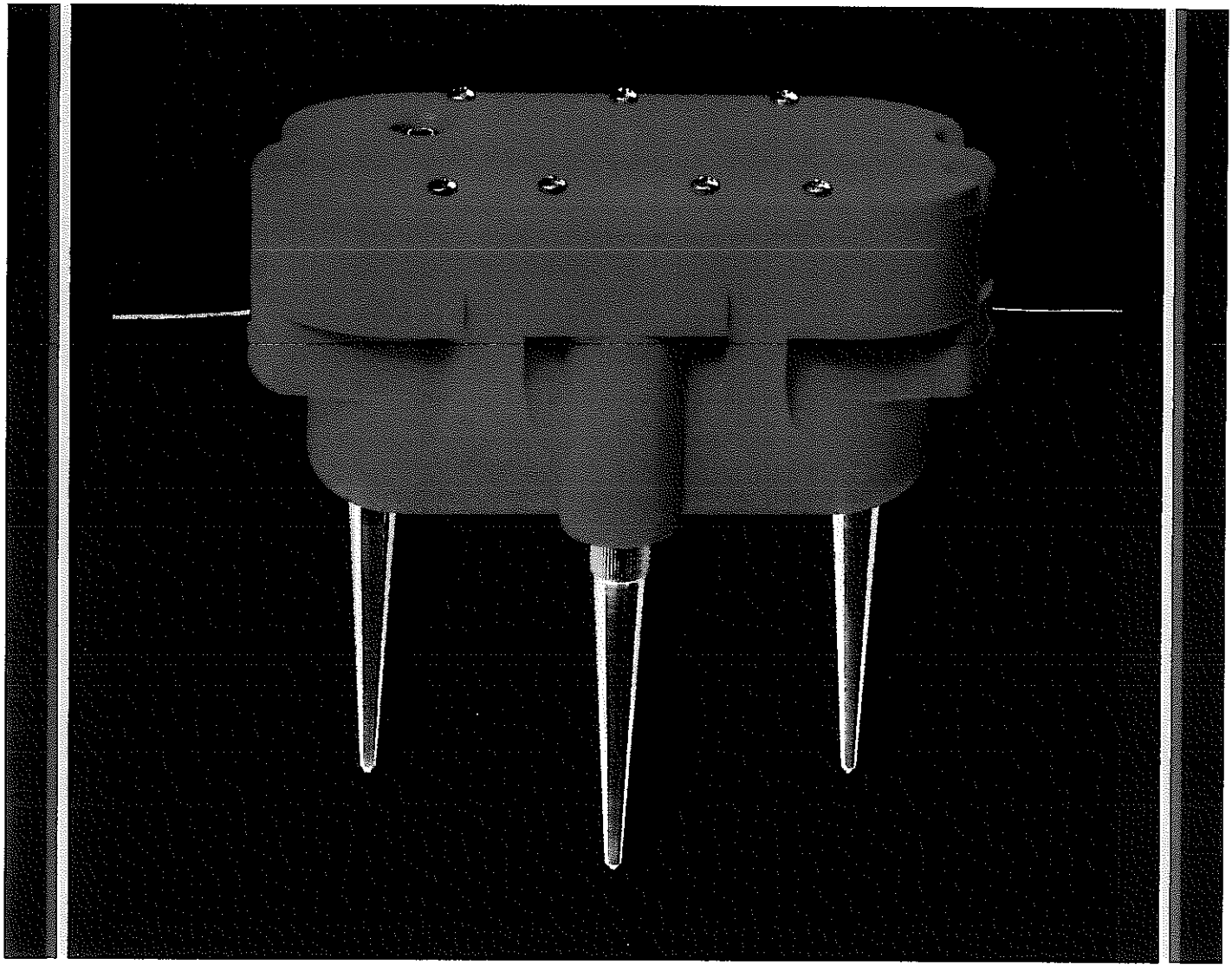




Geo Space CORPORATION

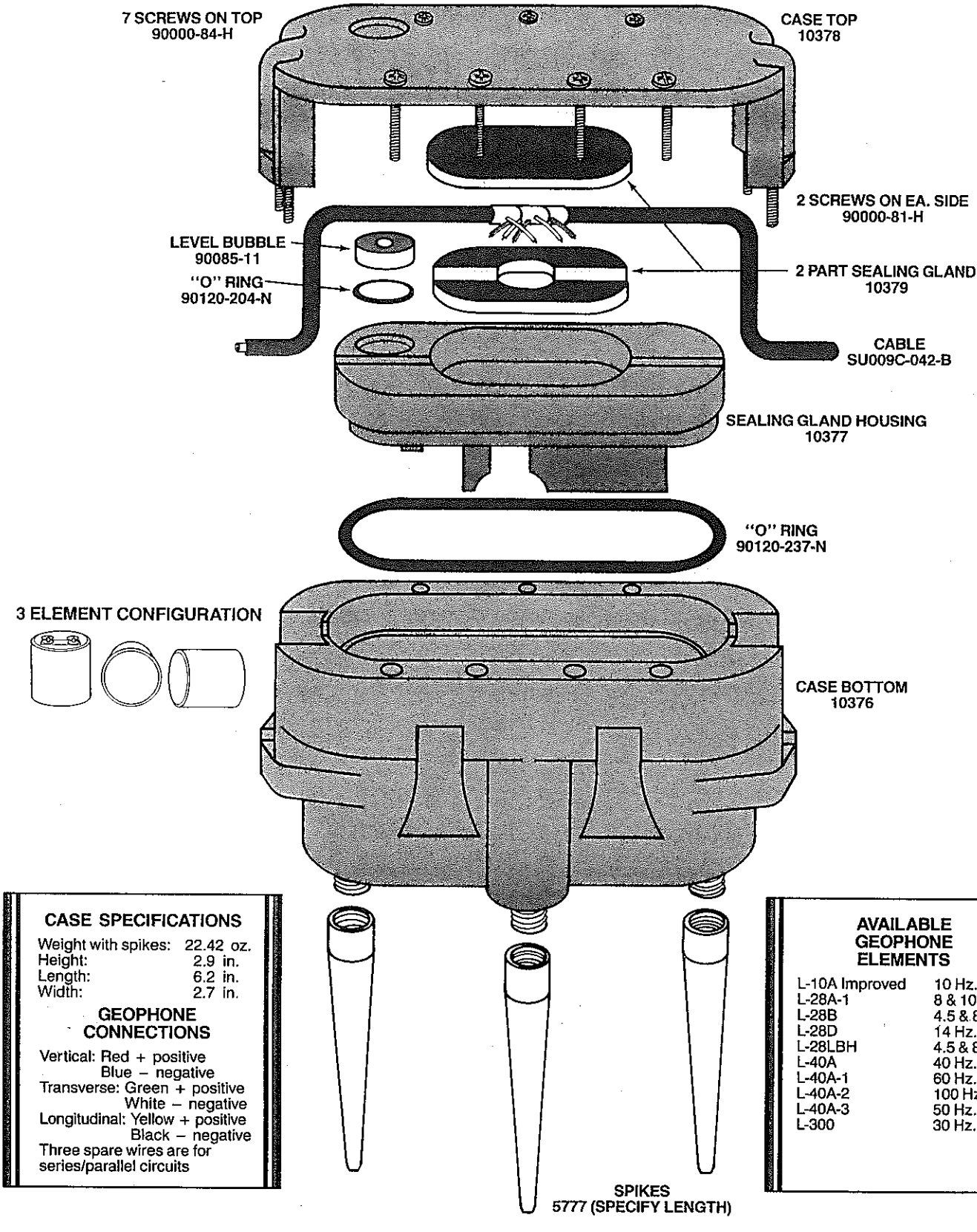
7334 N. Gessner • Houston, TX 77040 U.S.A.
TEL: (713) 939-7093 • FAX (713) 937-8012
2735-37 Ave. N.E. • Calgary, Alberta T1Y 5R8, Canada
TEL (403) 250-9600 • TLX 038-21172 • FAX (403) 250-9643
E-mail: GeoSpace@Worldnet.att.net
Web Site: http://www.geospacecorp.com

TDC-II



The TDC-II land case breaks new ground in three dimensional seismic sensing. Available in frequencies from 4.5 to 100 Hz, it complements a variety of Mark geophones. The compact unit, featuring an easy-to-read replaceable level bubble, is "O" ring sealed for waterproof performance. Its three-spike triangular pattern provides excellent coupling and accurate orientation.

- Low Profile
- "O" ring sealed for waterproofing to 50 PSI
- Easy-to-read/replaceable level bubble
- Clearly identifiable arrows for horizontal axes
- Three-spike triangular pattern
- Single and dual cable entry
- Frequency selection — 4.5 to 100 Hz.



CASE SPECIFICATIONS

Weight with spikes:	22.42 oz.
Height:	2.9 in.
Length:	6.2 in.
Width:	2.7 in.

GEOPHONE CONNECTIONS

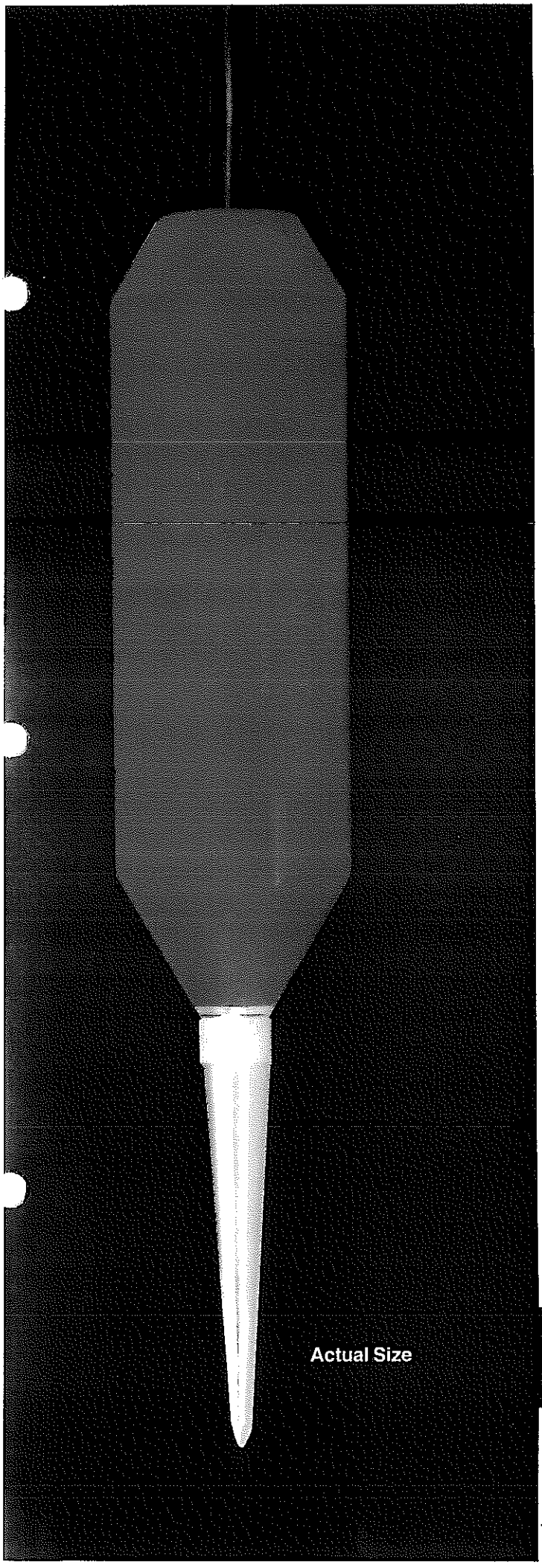
Vertical: Red + positive
Blue – negative
Transverse: Green + positive
White – negative
Longitudinal: Yellow + positive
Black – negative
Three spare wires are for series/parallel circuits

AVAILABLE GEOPHONE ELEMENTS

L-10A Improved	10 Hz.
L-28A-1	8 & 10 Hz.
L-28B	4.5 & 8 Hz.
L-28D	14 Hz.
L-28LBH	4.5 & 8 Hz.
L-40A	40 Hz.
L-40A-1	60 Hz.
L-40A-2	100 Hz.
L-40A-3	50 Hz.
L-300	30 Hz.

Mark Products • (713) 498-0600 • 10502 Fallstone Road • Houston, Texas 77099 • Telex 76-2069 • Fax 713/498-8707
Mark Products • (403) 275-3544 • 1108 55th Ave. N.E. • P.O. Box 73, Station M • Calgary, Alberta, T2P 2G9 Canada

2M-6-89



The Amphib Marsh Case combines economy with water-tight construction for use with a variety of Mark geophones. Made of strong, durable glass-filled nylon, it features a Thread Lok assembly that prevents normal loosening from heat, humidity, or time.

A knot anchor relieves cable stress and works independently from the water block so that there is no interference with the assembly seal. For added dependability, the spike attaches onto a case stud for the increased strength of metal to metal.

The only device of its kind offering a complete water block, the Amphib Marsh Case is a universal case designed primarily for Mark's L-10, L-15, L-28 and L-40 geophones. It also has capabilities, with one additional part, to accommodate other geophones.

FEATURES

THREAD LOK ASSEMBLY

KNOT INDEPENDENT OF WATER BLOCK

SPIKE ATTACHED TO CASE METAL TO METAL

GLASS-FILLED NYLON CONSTRUCTION

UNIVERSAL DESIGN

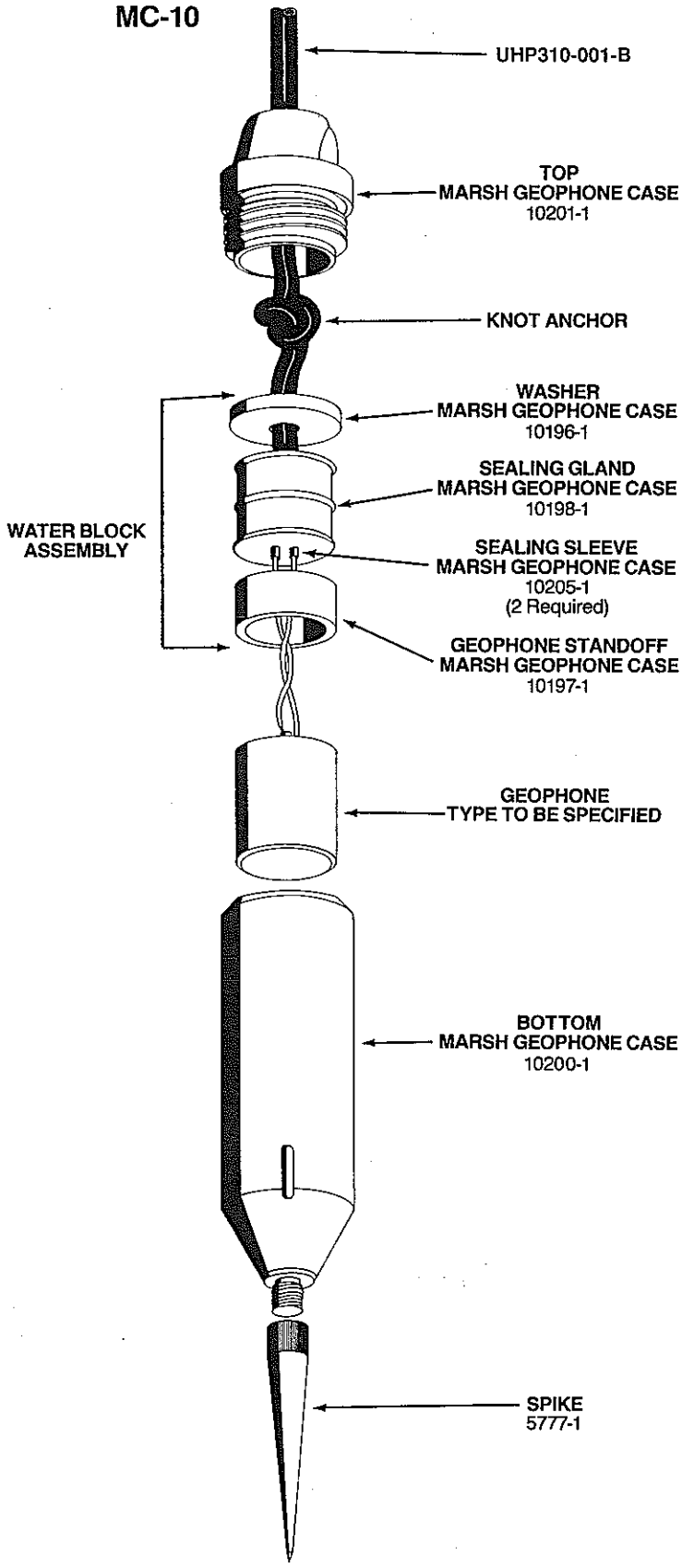
AMPHIB MARSH CASE

MC-10

Warranty is subject to the terms and conditions listed on our General Warranty page in this catalog.

Patent Pending

MC-10

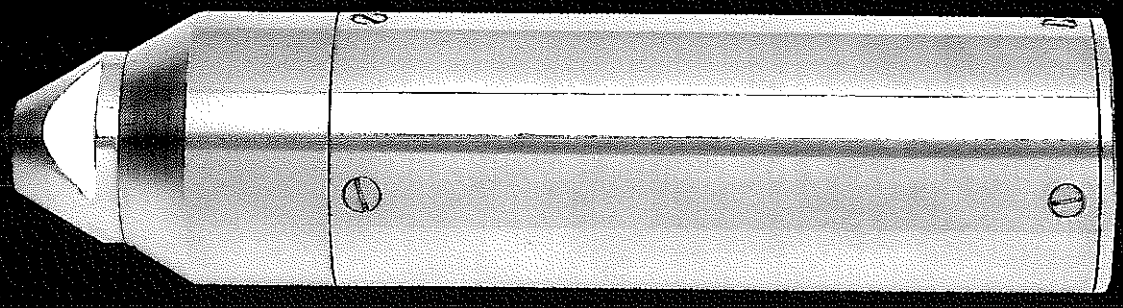


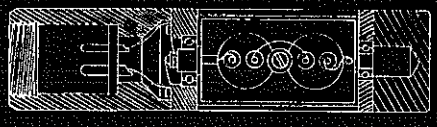
MARK PRODUCTS®
A Division of Shaw Resource Services, Inc.

U.S.A.: 10502 FALLSTONE ROAD • HOUSTON, TEXAS 77099 • PH: (713) 498-0600 • FAX: (713) 498-8707 • TELEX: 76-2069
CANADA: 1108 55th Avenue N.E., Box 73, Station M • Calgary, Alberta, T2P 2G9 Canada • (403) 275-3544 • FAX: (403) 295-1805

2M495

Ultraphone™ Mark® 2 Gemini Gimbal High Performance Geophone





Land or Water, Gimbal Mounted, High Performance Geophone

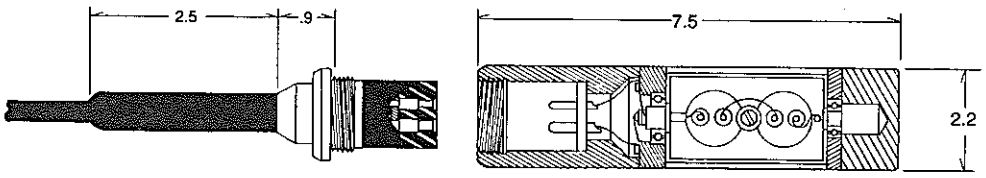
This industry proven, versatile and stable, high performance gimbal geophone offers a marked improvement in transition zone and ocean bottom cable operations.

Designed for use with the Ultraphone™ Mark® 2, this twin-mounted gimbal takes advantage of **Rare Earth Magnet Technology** to provide the user with the most advanced geophone in the world.

Installation is quickly made to existing bay or ocean bottom cables with factory-furnished, waterproof/molded connectors.

GEMINI GIMBAL FEATURES:

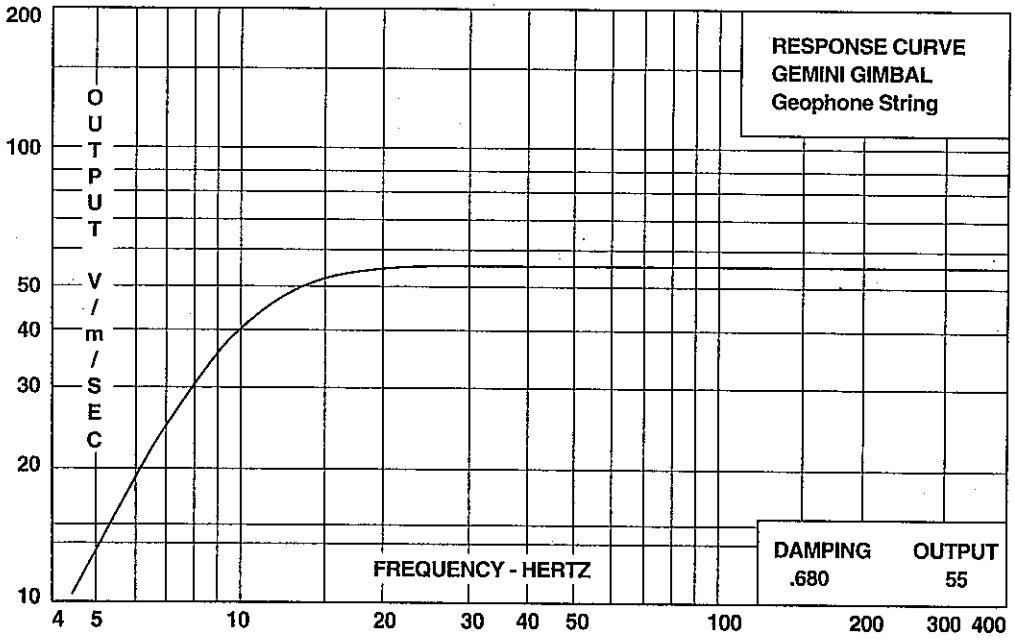
- TRUNNION ACTION GIMBALS
- SUPERIOR GROUND COUPLING CHARACTERISTICS
- UNIQUE DESIGN MINIMIZES AMBIENT NOISE
- ENVIRONMENTALLY SAFE FLUID DAMPING
- FULL 360° SINGLE AXIS ROTATION
- RUGGED AND LONG LIFE
- SMALL AND EASY TO HANDLE



SPECIFICATIONS

Frequency, ±2.5%	10 Hz.
Spurious	Beyond 250 Hz.
Coil Resistance, ±5%	790 Ohms
Distortion @0.7 ips.	Less than 0.5% @ 12 Hz.
Open Circuit Damping	68% ± 2.5% (65.5%—70.5%)
Sensitivity @ 0.67 Damping,±5%	55 V/m/s (1.4 V/ips)
Case-to-Coil, Motion, p-p	1.78 mm (0.070 in.)
Weight	2.5 Kg (5.5 lb.)

ALL PARAMETERS ARE SPECIFIED AT 24° C



MARK PRODUCTS®
A Division of Shaw Resource Services, Inc.

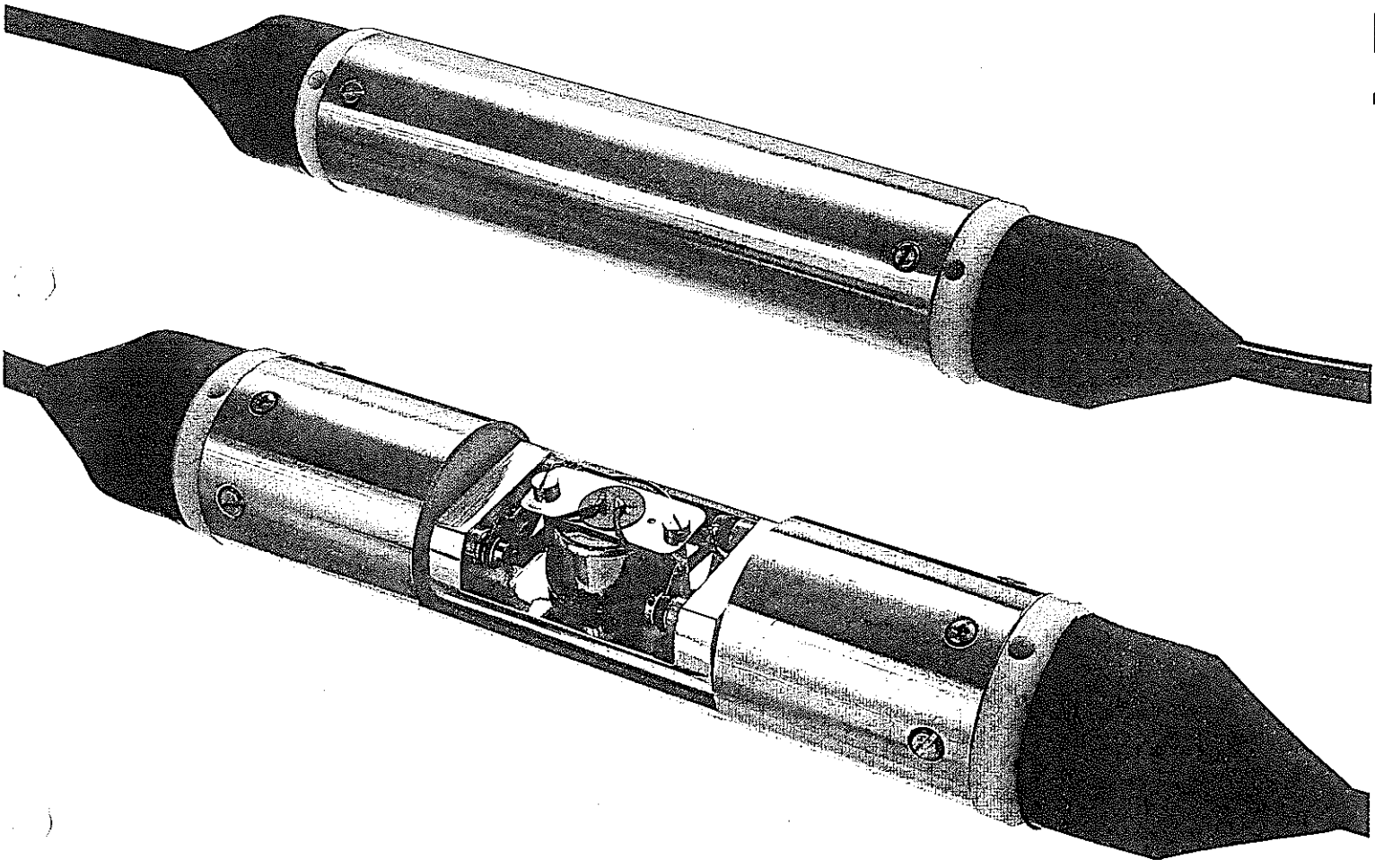
U.S.A.: 10502 FALLSTONE ROAD • HOUSTON, TEXAS 77099 • PH: (713) 498-0600 • FAX: (713) 498-8707
CANADA: 1108 55TH Avenue N.E., Box 73, Station M • Calgary, Alberta, T2P 2G9 Canada • PH: (403) 275-3544 • FAX: (403) 295-1805

2M1095

GIMBAL

Suspension unit.

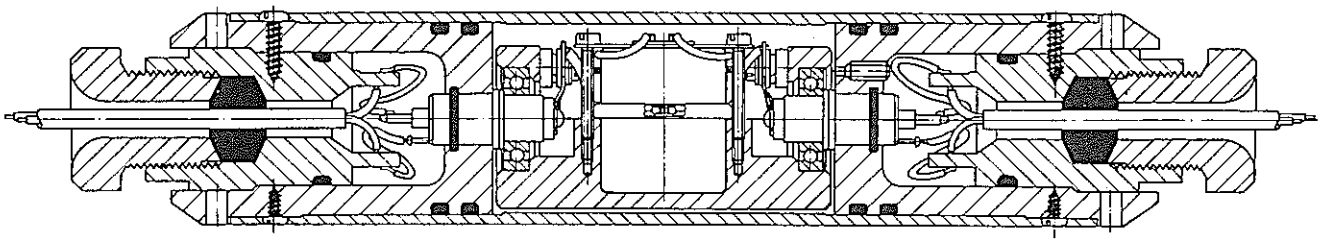
A velocity sensitive geophone for land and water use



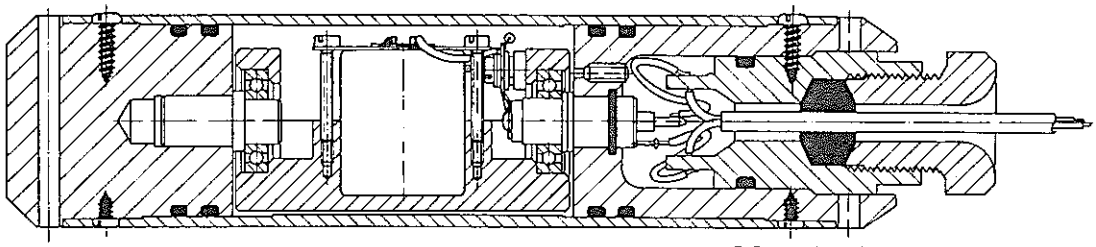
SENSOR Nederland bv

WESTERN ATLAS

Gimbal Suspension Geophone



SG-2 with dual cable outlets



SG-1 with single cable outlet

The Sensor Gimbal suspension geophone has been developed for use:
- on land
- in water too shallow for hydrophones
- in water too deep for planting geophones

No planting required, low specific gravity gives optimum coupling, reduces phase shift and amplitude/frequency anomalies.

The Gimbal case is available with single or dual cable outlets allowing through line connection and eliminating the need for troublesome connectors.

Either vertical or horizontal models are available using the time proven SM-4-7-15 basic units with a special tilt tolerance (up to 30°) to ensure trouble free operation and to maintain specification even on irregular surfaces. For complete basic unit specification refer to SM-4-7-15 brochures.

Maximum operating depth 100 meters.

Types of units available:

SG-1	Cable outlet one end
SG-2S	Cable outlet both ends, internal connection series
SG-2P	Cable outlet both ends, internal connection parallel

Type	Diameter	Length	Weight
SG-1	45 mm (1.77 in)	185 mm (7.28 in)	1000 g (2.2
SG-2	45 mm (1.77 in)	250 mm (9.84 in)	1100 g (2.4

Holland
Rouwkoopiaan 8
2251 AP Voorschoten
Phone: 071 - 61 39 41
Fax: 071 - 61 71 45
Telex: 39111 SENSR NL
Cable: SENSOR Voorschoten

England
49A Hurricane Way
Aiport Industrial Estate
Norwich NR6 6JB Norfolk
Phone: 603 - 40 05 16
Fax: 603 415 143
Telex 975566 SNSRUK G

Canada
5304 Huballa Rd.S.E.,
Calgary, Alberta, T2B 1T6
Phone: 403-235-3526
Fax: 403-273-1073

United States
1001 N.Highway 35 Bypass.
Alvin, Texas, 77511-8552
Phone: 713-331-6451
Fax: 713-331-5245

GS-GP1 GIMBAL GEOPHONE

VELOCITY SENSITIVE GEOPHONE FOR LAND AND WATER

Gimbal geophones earned a place in seismic exploration history as the seismic sensors used in the first offshore bottom drag cables. Later, gimballed drag cables lost their position to streamers as hydrophones became the preferred sensor for offshore exploration. Now, the interest in gimbal geophones is returning, this time for use in combination with hydrophones in attenuating the ghosting effect caused by the water/air interface. To meet this renewed demand for gimbal geophones, Geo Space is now offering its model GS-GP1.

In keeping with tradition, the Model GS-GP1 gimbal geophone provides the same industry leading values that customers have learned to expect from Geo Space. Straightforward construction, rugged dependability, trouble-free operation, and outstanding cost effectiveness mark the Model GS-GP1 as a Geo Space product.

Geo Space
CORPORATION

GS-GP1

VELOCITY SENSITIVE GEOPHONE FOR LAND AND WATER

SPECIFICATIONS

Gimbal: Single gimbal construction, oil filled for damping.

Cable Entry: Choice of single entry cable or cable entry from each end.

Geophones: GS-20DX or GS-30CT. See brochure for complete geophone specifications.

Water Depth: 656 feet (200 meters) maximum.

Size	**Single Entry**	**Dual Entry**
Diameter	2.00 in. (50.8 mm)	2.00 in. (50.8 mm)
Length	8.4 in. (213.4 mm)	10.5 in. (266.7 mm)
Weight	2.4 lbs. (1.1 kg)	2.6 lbs. (1.2 kg)

Specifications are subject to change without notice.

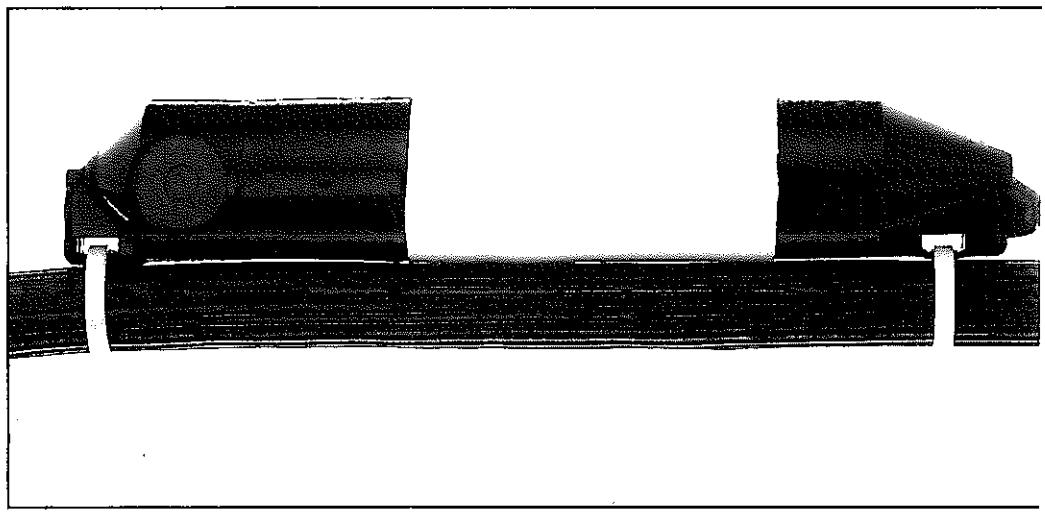
Geo Space CORPORATION

7334 N. Gessner • Houston, TX 77040 U.S.A.
TEL. (713) 939-7093 • TLX 790433 • FAX (713) 937-8012
2735-37 Ave. N.E. • Calgary, Alberta T1Y 5R8, Canada
TEL. (403) 250-9600 • TLX 038-21172 • FAX (403) 250-9643

Printed in USA 9/95/1M

GS-PV1-S

DUAL SENSOR



- Completely molded unit with waterblock eliminates water entry
- Minimal sensitivity change from 1-656 ft.
- Less exposed leader wire
- Higher geophone and hydrophone output
- Capability of matching geophone and hydrophone sensitivity
- Anchor slots for tie wrap or other material to facilitate taping unit to cable

The GS-PV1-S Dual Sensor minimizes ghosting by combining pressure sensing (hydrophone) and velocity sensing (geophones) into a single unit.

For ocean bottom cable applications, combining the output of geophones and a hydrophone is now a widely accepted technique for reducing ghosting. To overcome the disadvantages of using two separate sensors, Geo Space now offers both pressure sensing and motion sensing in one unit. To achieve vertical orientation, the geophones are gimbal mounted and positioned adjacent to the hydrophone with all elements in a single waterproof enclosure. Boot guard available for added protection.

Standard Dual Sensor Specifications With Matched Geophone and Hydrophone Sensitivity

Velocity Sensor
2 each GS-30CT:
Natural Frequency 10 Hz ± 2%
Sensitivity 2.55 volts/in/sec ± 2%
Damping .70 ± 2% (.686 to .714)
DC Resistance 3677 ohms ± 4%

Pressure Sensor
Natural Frequency 10 Hz ± 15%
Sensitivity 6.76 volts/bar ± 1.5 db
Sensitivity change at operational depth less than 3dB
Damping .70 typical (.60 to .80)
DC Resistance 871 ohms ± 5%

Operational Depth: 1 - 656 Ft.

Dual Sensor Physical Dimensions
Length:14.25 in (36.20 cm)
Diameter:2.50 in (6.35 cm)
Weight:4.50 lb (2.04 Kg)

Consult the factory for information on customizing geophone and hydrophone parameters to your required specifications.

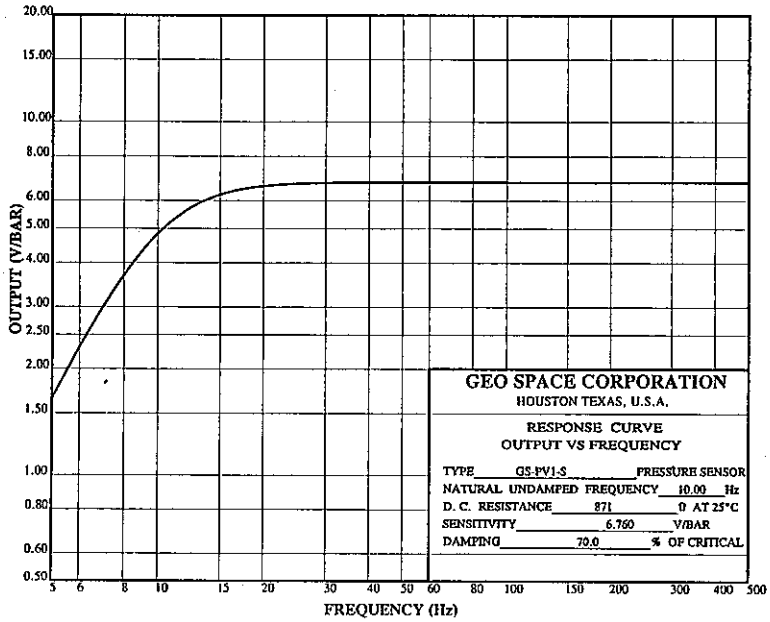
Specifications @ 25°C, atmospheric pressure.

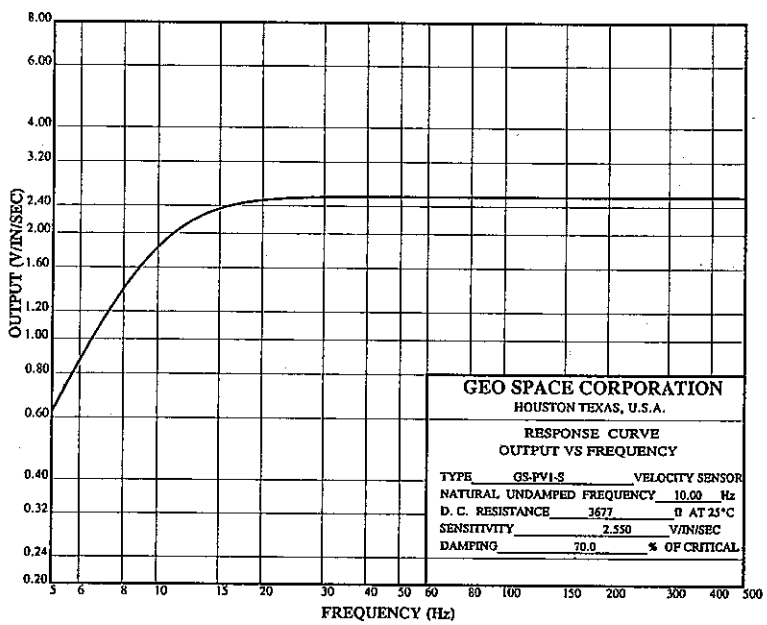
Specifications are subject to change without notice.

Geo Space
CORPORATION

GS-PV1-S

DUAL SENSOR
Frequency Response Curves



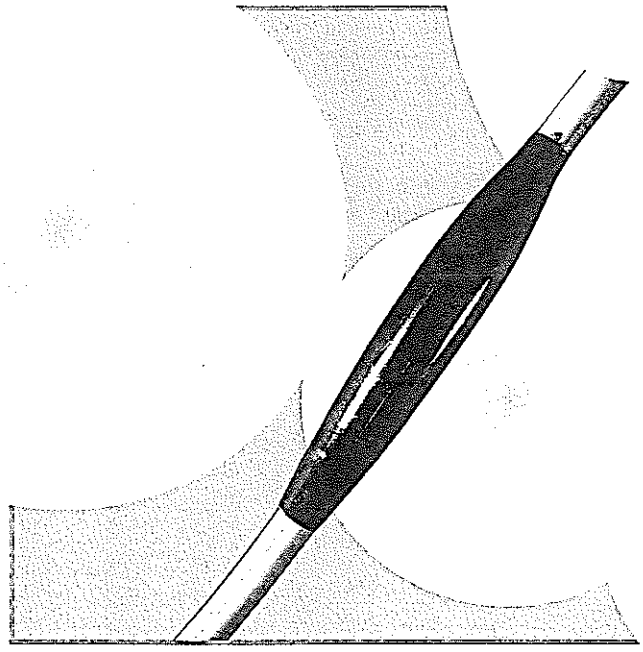


Geo Space CORPORATION

7334 N. Gessner · Houston, TX 77040 U.S.A.
TEL. (713) 939-7093 · TLX 790433 · FAX (713) 937-8012
2735-37 Ave. N.E. · Calgary, Alberta T1Y 5R8, Canada
TEL. (403) 250-9600 · TLX 038-21172 · FAX (403) 250-9643

Printed in USA 3/96/3M

JCERS INC.



Flotation is provided through the use of a closed cell foamed polyurethane jacket on the cable itself. The result is a slight positive buoyancy in fresh water. Mass loading and use of depth controllers results in a perfectly balanced cable less susceptible to noise caused by changes in sea state. The ST-5's robustness has been demonstrated under extreme adverse conditions. In Antarctic pack ice, the entire ST-5 solid towed array was dragged over ice with no damage and minimal disruption of data collection. The ST-5 weighs in at approximately 1/5th of a comparable oil filled array and occupies 1/5th the space. ITI currently produces single and multichannel versions of ST-5. Please call for information on specific applications.

Specifications:

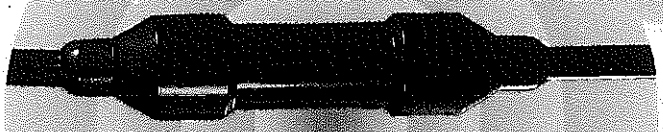
- Number of receivers: Customer specified
- Number of signal pair: Customer specified
- Receiver spacing: Customer specified
- Operating bandwidth: 6Hz to 10KHz 3dB
- Number of amplifiers: 1 Amplifier per element
- Amplifier type: Low noise differential w/local driven ground. 20dB/gain
- Type of sensor: ITI PVDF "C" elements patent pending
- Element capacitance: 18nF
- Element housing: Patented low turbulence design with positive pressure gradient on all surfaces within 2cm of the sensing element.
- Array type: Solid, no oil which can be spilled in event of an accident.
- Strength member: Kevlar 900KGF break strength
- Array sensitivity: –188.0dB RE: 1v/μPa
- Array length: Customer specified
- Lead in: Kevlar stress member- diameter 2.73cm -3.45cm depending on # conductors.
- Output Z: 400 Ohm
- Cable type: Low density polyurethane
- Element construction: Polyurethane
- Total array buoyancy: Within 3% of neutral buoyancy.
- Boundary Layer Interface: Hydrophilic polymer

INNOVATIVE

TRANSDUCERS INC.

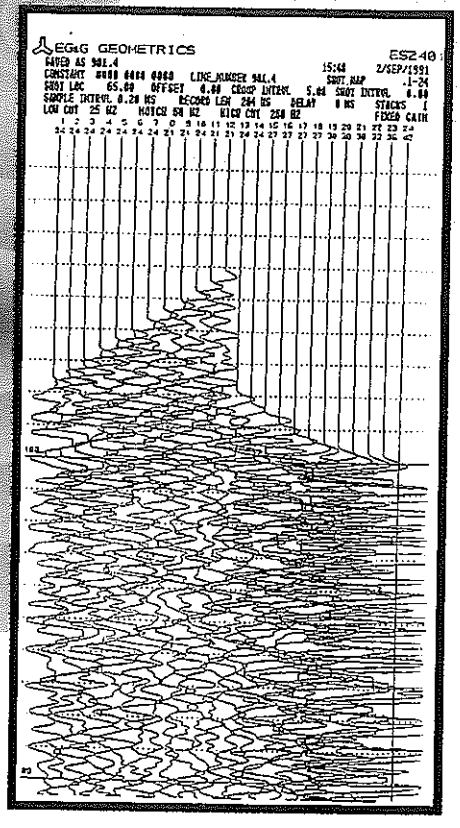
BC-5 Bottom Cable Hydrophone Array

BC-5 is designed for use where multisensor/multichannel bottom referenced arrays are required to collect reflector or refractor data. PVDF cylindrical sensors feature high sensitivity, immunity to acceleration, and ruggedness not available in conventional piezo ceramic configurations. Arrays utilizing BC-5 hydrophones are designed for high signal-to-noise ratio, and are compatible with all modern recording systems.



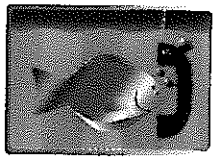
BC-6 Bottom Cable Hydrophone Array

BC-6 is designed to meet the requirements of extreme depth applications. Featuring many of the same design characteristics as BC-5, the BC-6 is ideal for use in passive listening systems. BC-6 features high sensitivity, stable response, and extreme robustness. Arrays utilizing BC-6 hydrophones are designed for high signal-to-noise ratio, and are compatible with all modern recording systems.



Specifications:

- Material: Polyurethane
- Sensor: BC-5 PVDF,BC-6 PZT Ceramic
- Dimensions: 12.7cm long, 3.2cm O.D.
- Weight: 334 grams
- Operating Temp: BC 5 -25° to 70°C, BC-6 -25° to 105°C
- Maximum Depth: BC-5 1000m,BC-6 10,000m
- Sensitivity: –190dB re 1V/µPa
- Voltage Sensitivity v. Frequency: ±0.5dB
- Voltage Sensitivity v. Temp: ±1.0dB re 25°C
- Voltage Sensitivity v. Depth: ±-1.0dB
- Frequency Response*: 7Hz to 36KHz ± 3dB
- Supply Voltage: 12-36 VDC
- Supply Current: 8ma/hydrophone

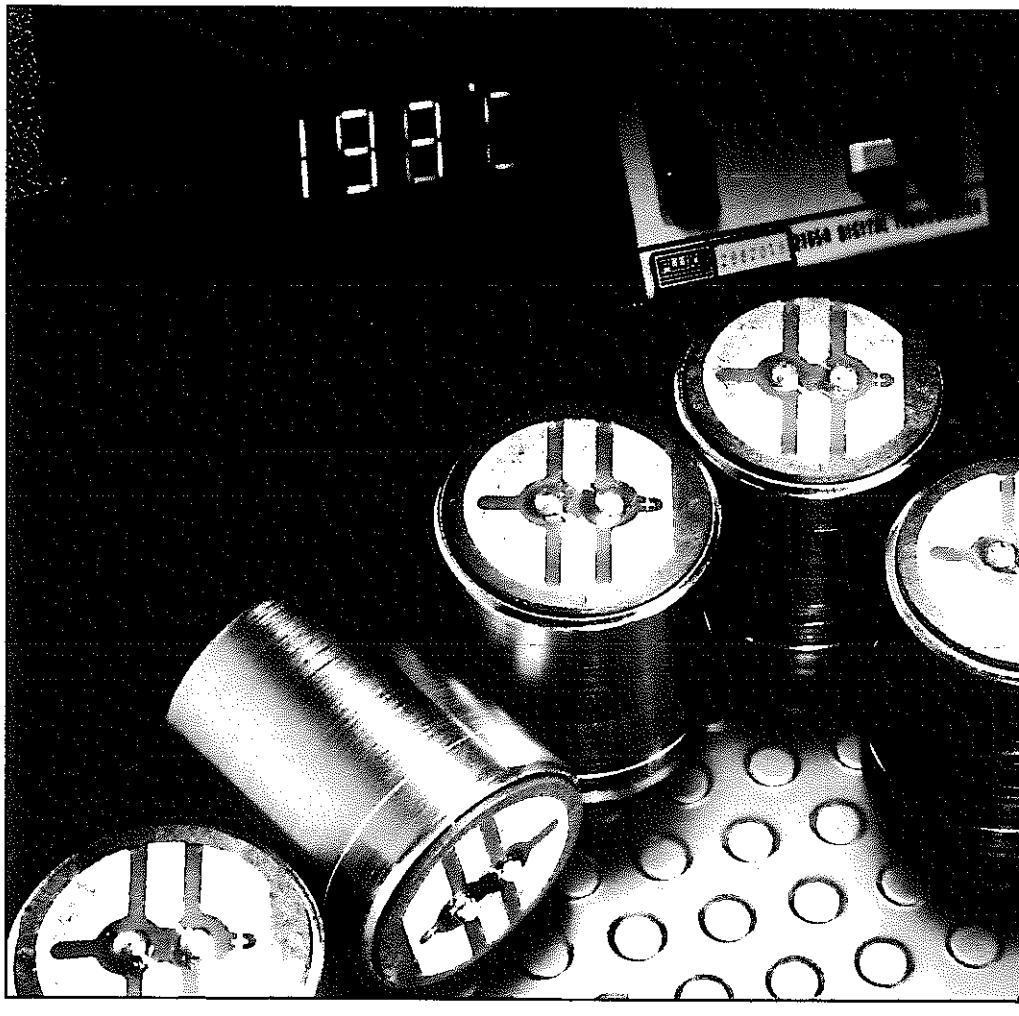


* Preamplification circuitry can be modified for operation at frequencies up to 50KHz. All hydrophones are calibrated prior to shipping certification. Models with calibration curves are available at no extra cost.

SMC-1850

HIGH TEMPERATURE GEOPHONE

- Small size, high output
- Patented PCB header
- 100% burn-in of basic units
- All units tested at 200° C
- Ideal for VSP, tri-axial and gimbal downhole operations
- Full one year warranty



The SMC-1850 High Temperature Geophone has been tested at 200° C for more than 300 hours with no loss in performance specifications. Its design structure and super strength magnetic field makes the output of this small geophone equal to or greater than the output of larger units. Rotating dual coil construction withstands severe shocks and rough handling. The patented PCB header provides easy and reliable electrical connections.

Standard natural frequencies are 8, 10, 14 and 30 Hz. Coil resistance is 1850 ohms. All units are available in both vertical and horizontal models, and are ideal for VSP, tri-axial and gimbal downhole operations.

Geo Space
CORPORATION

SMC-1850

HIGH TEMPERATURE GEOPHONE

SPECIFICATIONS

Natural Frequency	8.0 ± 0.5 Hz		10.0 ± 0.5 Hz		14.0 ± 0.7 Hz		30.0 ± 1.5 Hz
Coil Resistance ± 5%	1850 ohms						
Intrinsic Sensitivity ± 5%	.40 V/cm/sec (1.02 V/in/sec)						
Open Circuit Damping ± 10%	.70		.70		.50		.22
Total Harmonic Distortion	Less than 1% at 12 Hz or natural frequency whichever is larger						
Operating Position	Vert	Horiz	Vert	Horiz	Vert	Horiz	Vert to Horiz
Maximum Tilt Within Specifications	10°	3°	20°	5°	30°	10°	180°
Temperature Limits	-40°F to 392°F (-40°C to 200°C)						

All specifications apply to measurements made after a heat cycle of 200°C and after unit returns to room temperature (20°C). Units will operate at larger tilt angles, but performance will not necessarily meet specifications.

Maximum Coil Excursion: 0.12 in P-P (3.0 mm P-P)

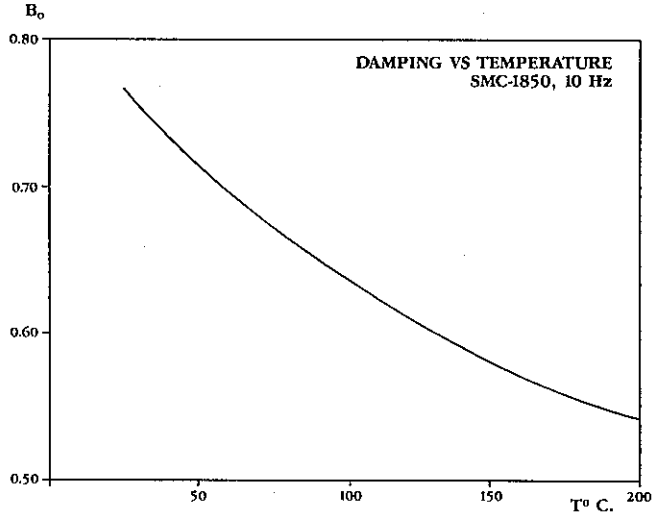
Suspended Mass: 0.23 oz (6.6 g)

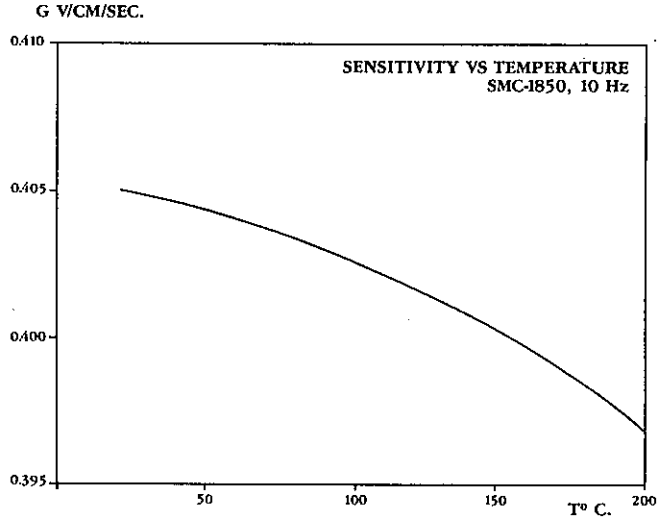
Dimensions: **Diameter:** 0.875 in (22.2 mm) **Height:** 1.04 in (26.4mm) **Weight:** 1.52 oz (43g)

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Natural Frequency: Negligible temperature dependency

Coil Resistance: Rt = 1,850 (1 + 0.00393 (t - 25° C)





Specifications are subject to change without notice.

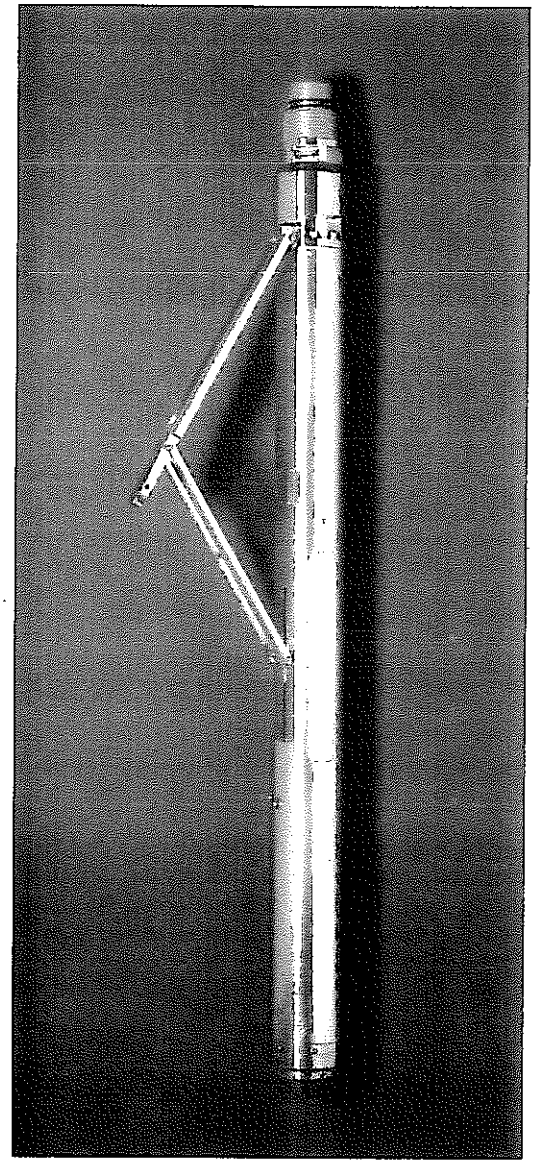
Geo Space CORPORATION

7334 N. Gessner • Houston, TX 77040 U.S.A.
TEL (713) 939-7093 • TLX 790433 • FAX (713) 937-8012

2735-37 Ave N.E. • Calgary, Alberta, Canada T1Y5R8
TEL (403) 250-9600 • TLX 03-821172 • FAX (403) 250-9643

LRS-1300
Downhole Receiver Tool

The LRS-1300 Three-Component Downhole Receiver Tool* from LRS offers greater sensing precision and more flexibility in field operations than does any comparable tool available today. The high-performance characteristics make the LRS-1300 suitable for standard wellsite seismic applications, such as checkshot, VSP, and salt-dome proximity surveys, as well as a growing number of borehole-to-borehole surveys.



Design Features

- Excellent frequency response: flat to 350 Hz for vertical components and 150 Hz for horizontal components
- Excellent shear-wave particle motion reproducibility free of resonance up to 150 Hz
- High clamp-force-to-weight ratio (up to 7.3:1), permitting cable slacking to reduce cable-induced noise and improve acoustic coupling
- Suitable for borehole diameters up to 20 inches
- Failsafe mechanism that releases arm upon loss of power
- Optional gimbal-mounting that keeps elements normal to each other at up to 60° tilt**
- Isolation box that reduces pickup of 60 Hz and its harmonics 90 dB down from peak signal level
- Optional wireline simulator for testing and calibration
- Quick disassembly into two units, one for electronics and the other for all mechanical components

Excellent frequency response (flat below 150 Hz) and advanced operating features make the LRS-1300 tool the ideal choice for downhole seismic applications.

Western Atlas International

LRS

Applications

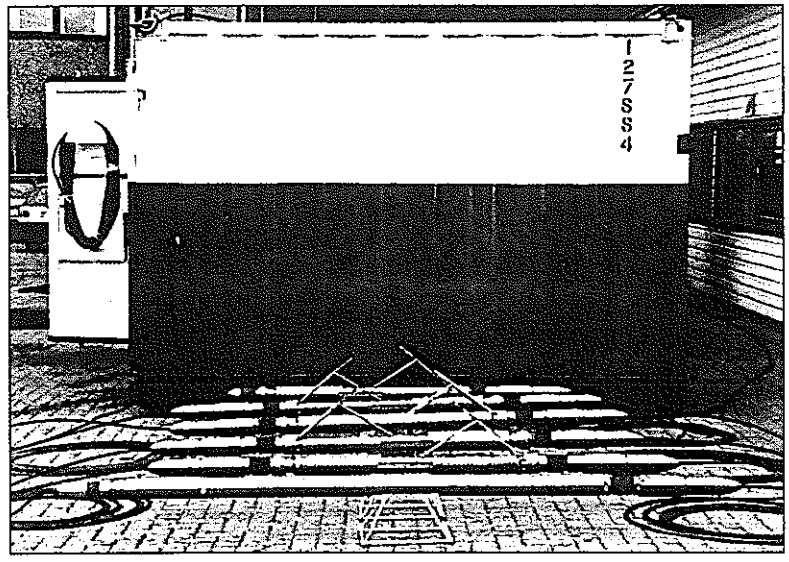
- Structural and stratigraphic imaging using zero-, far-, and multiple-offset VSPs with vertical-incidence or walkaway shooting
- Formation description using AVO and anisotropy techniques for a better understanding of lithology, porosity, pore fluid content, and the orientation of vertically aligned fractures
- Reservoir characterization using 3-D VSPs, crosswell seismic profiling, and hydraulic fracture monitoring
- Saltdome imaging using 2-D and 3-D salt-proximity surveys and VSPs. Both inside and outside surfaces and detached domes can be surveyed.

Advanced Technology

- Five triaxial, gimbal-mounted borehole receivers
- Sensor orientation options
  - Standard (0° to 60°), geophone orientation fixed with respect to the tool body
  - High angle (0° to 90°), self orienting to high side of the borehole
- Delta-Sigma analog-to-digital conversion (16-channel surface and 16-channel downhole)
- Surface and downhole digital signal processing (DSP)
- Fully integrated data acquisition and real-time VSP and velocity survey on-site processing
- 200°C (392°F) maximum borehole temperature rating
- Integrated test features controlled from the surface

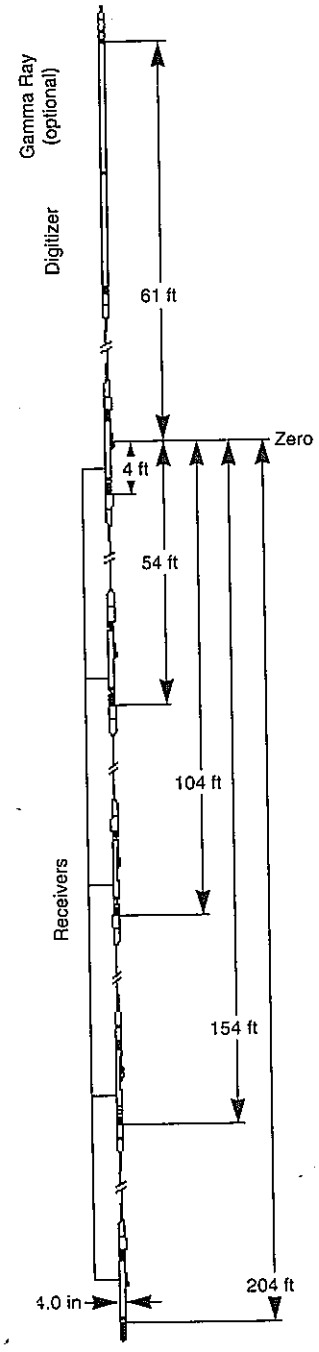
Flexible Operation

- Open hole or cased holes
- Retractable locking arms
- Vertical or deviated wells
- Excellent three-component acoustic coupling with a force-to-weight ratio up to 7.3:1 and maximum locking force of 880 lb (399 kg)
- Surface-selectable recording parameters (sample rates, record lengths)
- 16 surface channels
- Combinable with other logging tools, including the gamma ray
- Optional interconnect lengths



Offshore seismic unit with an MLR receiver string — Up to five levels of receivers can be used to reduce rig time for both offshore and onshore surveys. MLR system well-site setup time averages only 20 to 30 minutes to go into the well or rig down coming out of the hole.

Specifications



Physical Specifications	
Diameter	4.0 in. (101.6 mm), 4.15 in. (105.4 mm) with standoffs
Temperature Rating	392°F (200°C)
Pressure Rating	20,000 psi (137.9 MPa)
Borehole Size	4.6 to 20.0 in. (117.4 to 508 mm)
Interconnect Lengths	50 ft (15 m); other lengths optional
Downhole Receivers	See AWS-1300 GM downhole receiver flyer for specifications

Analog-to-Digital Electronics	
A/D Converters	32 individual Delta-Sigma, 1 per channel (16 surface, 16 downhole)
Surface Channel Gain	Selectable over 0 to 78 dB range
A/D Sampling Rate	4 kHz continuous (internal 64 times oversampling @ 256 kHz)
Dynamic Range	96 dB minimum
Resolution	16 bits minimum (17 bits equivalent @ 1.0 ms sampling, 17.5 bits equivalent @ 2.0 ms sampling)
Maximum Input Signal	± 10 V (± 3.68 V F.S. at input to A/D converters)
Input Attenuation	9 dB
Low-Pass Filter	1.2 kHz

Digital Electronics	
Digital Signal Processor	Texas Instruments TMS 320C30
Digital Filters	Finite Impulse Response (FIR)
Decimation	0.5, 1.0, or 2.0 ms sample intervals (selectable from surface)
Low-Pass Filters	0-600 Hz, 0-300 Hz, or 0-150 Hz
DC Offset Removal	Digital averaging (selectable in or out)
Synchronization Error	1 μsec, FIR reconstruction coincides with T_{zero} (time break)
Maximum Record Length	6 sec @ 0.5 ms sampling, 12 sec @ 1.0 ms sampling, 24 sec @ 2.0 ms sampling
Integrated Test Features	100 Hz oscillator, temperature readout, power supply and cablehead voltage monitor, and surface digital-to-analog output

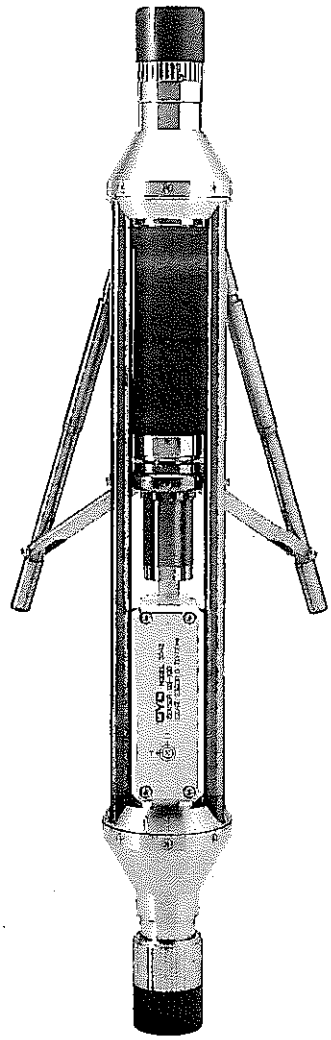
OYO

oyo corporation

ボアホールサイスミックシステム

92mmボアホールシャトル

Model-3042



ボアホールサイスミックにおいて、孔内にジオフォンを固着する技術は大変重要で、地盤の挙動をいかに忠実に捕らえられるかによって探査の成否が決まるといっても過言ではありません。従来の孔内固着ツールは大型で重いものが多く、応答周波数が低いなど必ずしも忠実に地盤の挙動を捕らえられるとは言い難い状況にあります。ボアホールシャトルはゾンデをきわめて小型・軽量にしながら、強いクランピングフォースを実現したもので、従来より高い周波数まで応答する優れたシステムです。センサユニットには各種のジオフォンや加速度計などを搭載することができます。

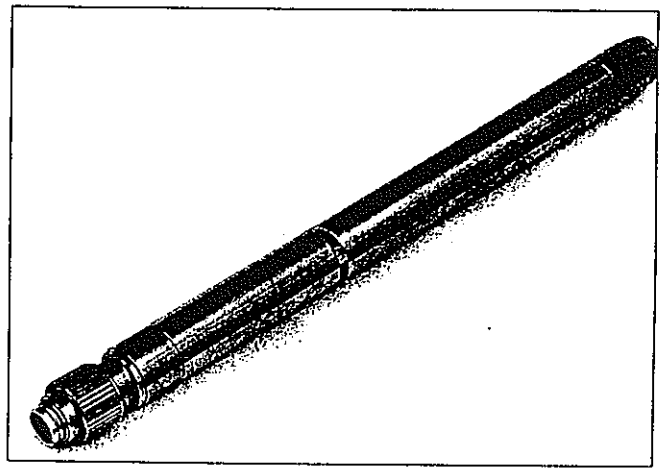
また、方位を計測するためのユニットも接続できます。方位計ユニットは回転部のないモジュール化したジャイロを用いており安定して計測でき、鉄ケーシング孔内でも利用可能です。データの収録と方位計はボアホールシャトルー170によって行ないます。

〈仕　様〉

ボアホール適用孔径直径……φ110mm～φ250mm（4in～10in）
最大保持力……6000N
最大耐圧強度……10MPa
寸　　法……直径：92mm
　　長さ：660mm
重　　量……10kg

■ボアホールジャイロユニット

ジャイロタイプの孔内方位計は、鉄ケーシング孔でも使用できボアホールシャトルに直接接続して使用できます。
方位センサとして角速度を検出するジャイロを使用していますが、ゾンデ内に内蔵されたＣＰＵにより初期方位からの角度が測定できます。
出力はアナログ信号とデジタル信号の両方が取出せます。最新の技術により、長時間安定して信頼性の高い測定が可能です。
またジャイロがジオフォンにたいしてノイズ源になることはありません。



〈仕　様〉

出力信号……アナログ出力：±5mA(－179.9°～＋180.0°)
　　デジタル出力：－179.9°～＋180.0°
供給電源……12VDC、200mA
最大角速度……300°/s（高感度タイプ90°/s）
角度分解能……0.1 度以下
寸　　法……直径：50mm
　　長さ：650mm
重　　量……5 kg

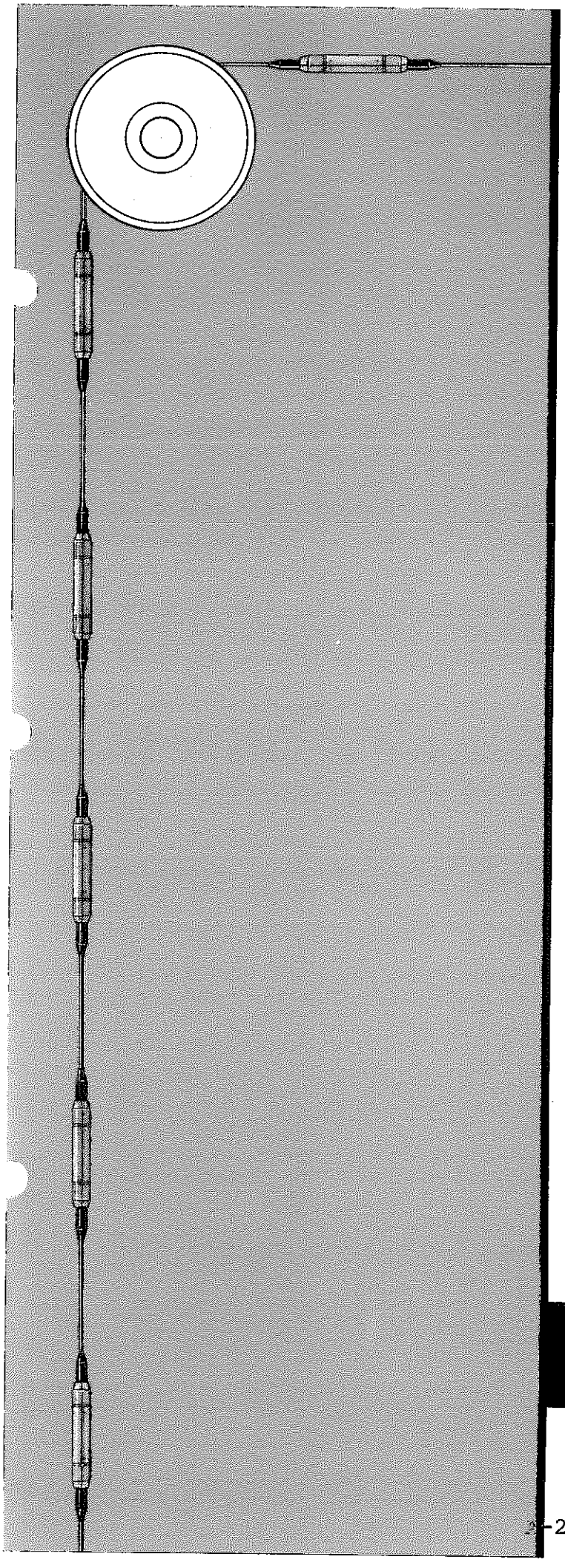
応用地質株式会社

〒102 東京都千代田区九段北4-2-6 TEL(03)3234-0811 FAX(03)3263-6854
●計測技術研究所 (048)882-5371 ●川本地盤工学研究所 (03)3946-3206
●探査工学研究所 (048)882-5374 ●中国四国技術センター (0829)21-1161

〈事業本部〉
●東京(03)3946-3111
●関西(06)384-5105
〈支　社〉
●札幌(011)863-6711
●東北(022)237-0471
●北陸(0762)49-3362
●中部(052)793-8321
●中国(0829)21-1161
●四国(0899)25-9516
●九州(092)591-1840
〈事 業 部〉
●北関東(048)757-3451
●信越(025)274-5656
〈支　店〉
●秋田(0188)63-3305
●山形(0236)31-3488
●福島(0245)36-0543
●水戸(0292)21-4802
●千葉(043)234-3021
●横浜(045)474-0910
●厚木(0272)24-6514
●新潟(0251)274-5656
●長野(0262)28-8871
●静岡(054)283-8161
●金沢(0775)27-0146
●神戸(078)682-0051
●岡山(086)263-1331
●山口(08397)3-2953
●高松(087)822-6696
●徳島(0886)53-0125
●高知(0888)33-8811
●長崎(0958)25-1472
●熊本(096)381-6785
●鹿児島(0992)26-3971
〈営 業 所〉
●釧走(01527)4-3942
●帯広(0155)22-6734
●函館(0138)65-9049
●旭川(0166)54-3434
●室蘭(0177)77-4156
●盛岡(0196)54-3712
●いわき(0246)53-4222
●宇都宮(0286)33-8581
●羽田(03)741-2812
●川口(0482)85-0363
●福井(0776)27-1876
●富山(0764)32-5730
●浜松(0534)53-2552
●豊橋(0532)56-0375
●桑名(0594)53-7470
●三重(0592)27-1914
●米原(0749)52-0383
●京都(075)811-5594
●大阪(06)391-1146
●南大阪(0724)32-9045
●和歌山(0734)26-4857
●奈良(0742)36-0831
●鳥取(0857)23-9899
●島根(0852)31-8971
●新居浜(0897)44-7227
●大分(0975)32-1961
●宮崎(0985)27-6859
●沖縄(0988)79-4956
〈海　外〉
●アメリカ
●カナダ
●イギリス
●フランス
●スイス
●オランダ
●ロシア
●シンガポール
●マレーシア
●中国

●製品に関するお問合せは計測技術研究所海外営業部までお願い致します。
〒336 埼玉県浦和市太田窪 2-2-19 ☎048-882-5371 FAX048-885-6424
●仕様は製品改良のため、予告なしに変更することもありますのでご了承下さい。

RP-1707(9310-1.6K) Printed in Japan



Vertical seismic profiling yields much useful information about the subsurface and in many cases it can assist in the calibration of well logs to obtain better definition away from the well bore.

Mark's Model P-27S-12C Hydrophone is a rugged, sensitive element with a wide band-pass (3-1000 Hz) whose sensitivity does not appreciably vary with depth. Hydrophones are plugged into individual cable sections, therefore, the instrument can usually be repaired without sending the entire cable assembly back to the factory.

Twelve (12) hydrophones are commonly employed per cable. Spacing may be altered by the use of additional cable segments.

FEATURES

SECTIONALIZED CABLE

PLUG-IN HYDROPHONES

VERY HIGH OUTPUT

OUTPUT STABLE WITH DEPTH

SINGLE DETECTOR/STATION

3-1000 HZ BANDPASS

2 INCH (5.08 CM) O.D.

2000 FT (609.6 M) DEPTH RATING

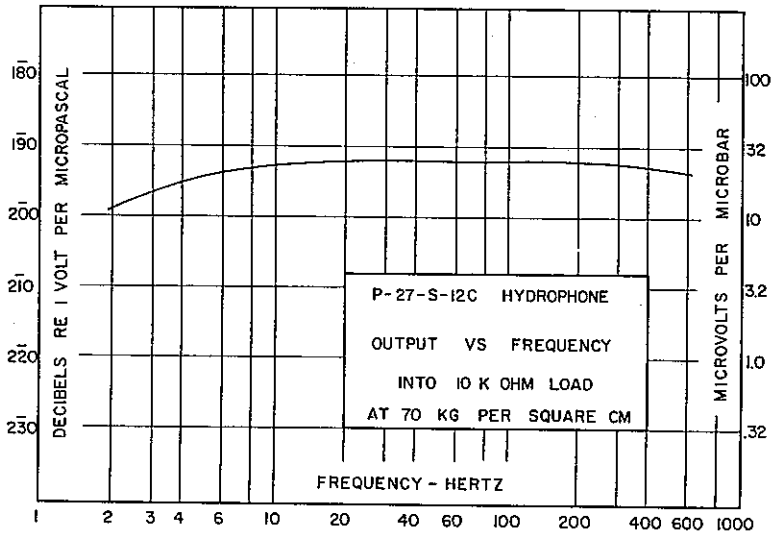
VERTICAL SEISMIC PROFILE HYDROPHONES AND CABLE

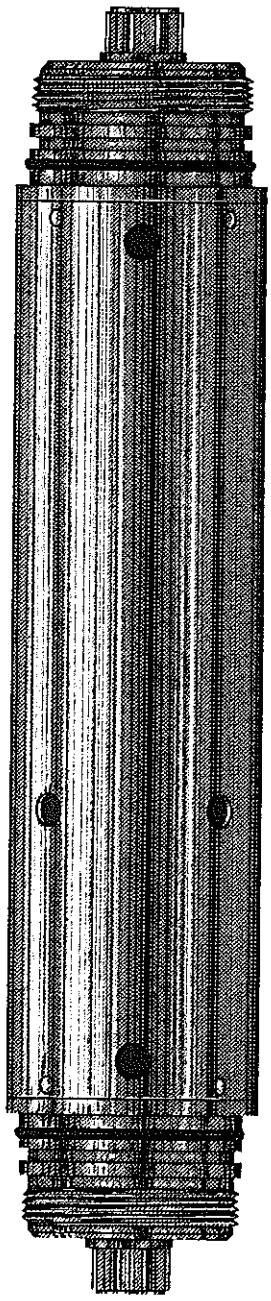
P-27-12C

Basic unit guaranteed for one year on a prorated basis, external voltage and highline damage not included in warranty.

Warranty is subject to the terms and conditions listed on our General Warranty page in this catalog.

Hydrophone
Transductance . . . . . 25 Microvolts/Microbar
Output Impedance . . . . . <100 Ohms
Operating Time . . . . . 250 Hours/Full Charge
Diameter . . . . . 2 Inches (5.08 CM)
Battery Charging Time . . . . . 14 Hours (0 to Full Charge)
Battery Charging Rate . . . . . 0.025 Amperes
Cable
Breaking Strength . . . . . 920 Lbs (3/32″)
Resistance . . . . . 47 Ohms/1000 Ft (305 M)
Depth Rating . . . . . 2000 Ft (609.6 M)
Temperature Rating . . . . . – 40°F to 167°F
– 40°C to 75°C





MARK PRODUCTS®
A Division of Shaw Resource Services, Inc.

U.S.A.: 10502 FALLSTONE ROAD • HOUSTON, TEXAS 77099 • PH: (713) 498-0600 • FAX: (713) 498-8707 • TELEX: 76-2069
CANADA: 1108 55th Avenue N.E., Box 73, Station M • Calgary, Alberta, T2P 2G9 Canada • (403) 275-3544 • FAX: (403) 295-1805

2M691

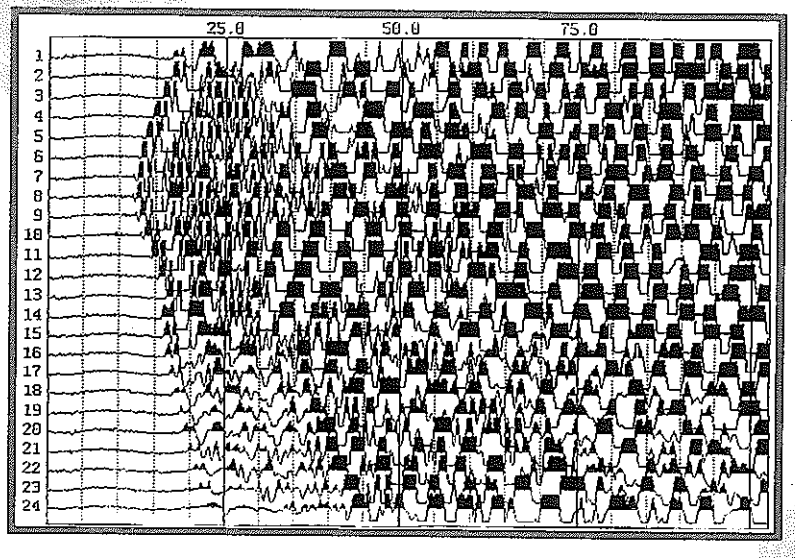
INNOVATIVE TRANSDUCERS INC.

DH-5 Down-Hole Array

DH-5 is designed for use in down hole velocity profiling and cross hole imaging surveys. Configured to meet your specifications for sensitivity, response, and depth requirements, DH-5 is a time and cost effective solution to your down hole velocity and cross hole imaging data collection requirements. Light weight and ease of handling increase data collection efficiency. PVDF hydrophones provide superior data quality and immunity to noise.

DH-6 High Pressure Down Hole Hydrophone Array

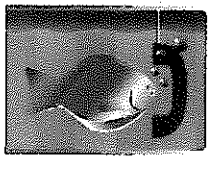
DH-6 is the first multichannel down hole hydrophone array designed to operate at depths up to 10,000 meters. Featuring many of the design characteristics which have made ITI's DH-5 the standard for shallow geotechnical engineering surveys, DH-6 offers high sensitivity, extreme depth performance, and high temperature operation. All DH hydrophone arrays are available as turn-key systems which include high strength lead-in cable, high pressure connector, and surface winch suitable for truck bed mounting.



Specifications:

- Material: Polyurethane
- Sensor: DH-5 PVDF, DH-6 PZT Ceramic
- Dimensions: 1.27cm diameter wire, 3.81 O.D.
- Weight: 334 grams
- Operating Temp: DH-5 -25° to 70°C, DH-6 -25°C to 105°C
- Maximum Depth: DH-5 1000m, DH-6 10,000m
- Sensitivity: -190 dB re 1V/µPA
- Voltage Sensitivity v. Temp: ±1.0dB re 25°C
- Voltage Sensitivity v. Depth: ±-1.0dB
- Voltage Sensitivity v. Frequency: ±0.5dB
- Frequency Response*: 7Hz to 36KHz ±3dB
- Supply Voltage: 12-36 VDC
- Supply Current: 8ma hydrophone

* Preamplification circuitry can be modified for operation at frequencies up to 50KHz. All hydrophones are calibrated prior to shipping certification. Models with calibration curves are available at no extra cost.



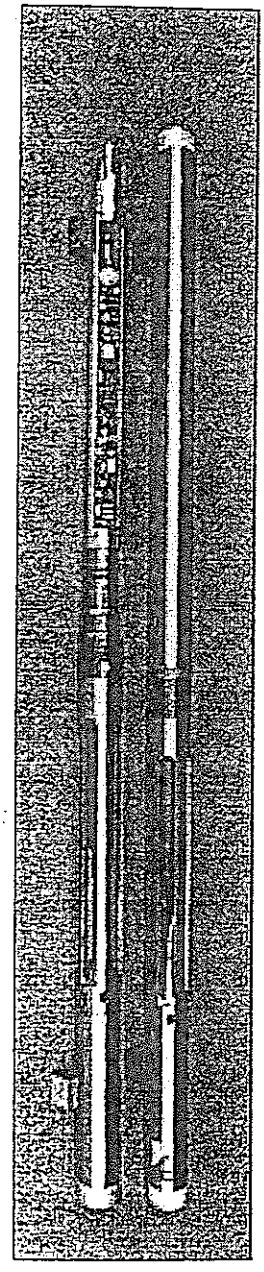
CSM Associates Limited

Downhole Hydrophone String

A field proven system with an extensive development history. The CSMA hydrophone string reflects the current state of the art in terms of design and is performance proven by systems currently in use on long-term continuous deployment.

Its wide bandwidth and excellent dynamic range make it ideal for many geophysical applications, in particular:

Interwell seismic surveys	*Tube wave surveys*
Vertical seismic profiling	*Microseismic event monitoring*



The principal features of the string are:

- *4th generation field proven system*
- *Developed from extensive experience of borehole tool design and utilisation*
- *Modular construction for easy maintenance*
- *Designed for long-term deployment*
- *Simple deployment technique*
- *Slim lightweight yet rugged construction for easy handling and durability*
- *Fits standard Schlumberger 3³/₈" cablehead (can be adapted to fit customer requirements)*
- *Deployed on standard 7-conductor wireline*
- *FM data transmission for reliability and maintaining data integrity*
- *Switchable downhole gain control*
- *Variable hydrophone separation (2 metre min.) to customer requirements*
- *Up to 5 hydrophones in standard string*

Custom Design

The modular design of the hydrophone string means the needs and special requirements of a particular user can, wherever possible, be accommodated with minimal cost penalties.

It is this adaptability which renders the CSMA hydrophone string so valuable to users requiring "custom" performance without incurring "custom" development costs.

Earth Sciences

Engineering

Mining & Minerals

Information Technology

Technical Specification

Mechanical

Outside dia:	*70 mm*
Max operating pressure:	*140 MPa*
Max operating temp:	*175°C*
Hydrophone spacing using cables:	*2m min*
Standard cable head:	*Schlumberger type*
Length of hydrophone module:	*1.26m*
Depth control device:	*CCL (optional)*
Hydrophone:	*OAS E-4SD (pressure balanced)*
Hydrophone sensitivity:	*79V/Bar (-82 dB re 1V/µBar)*

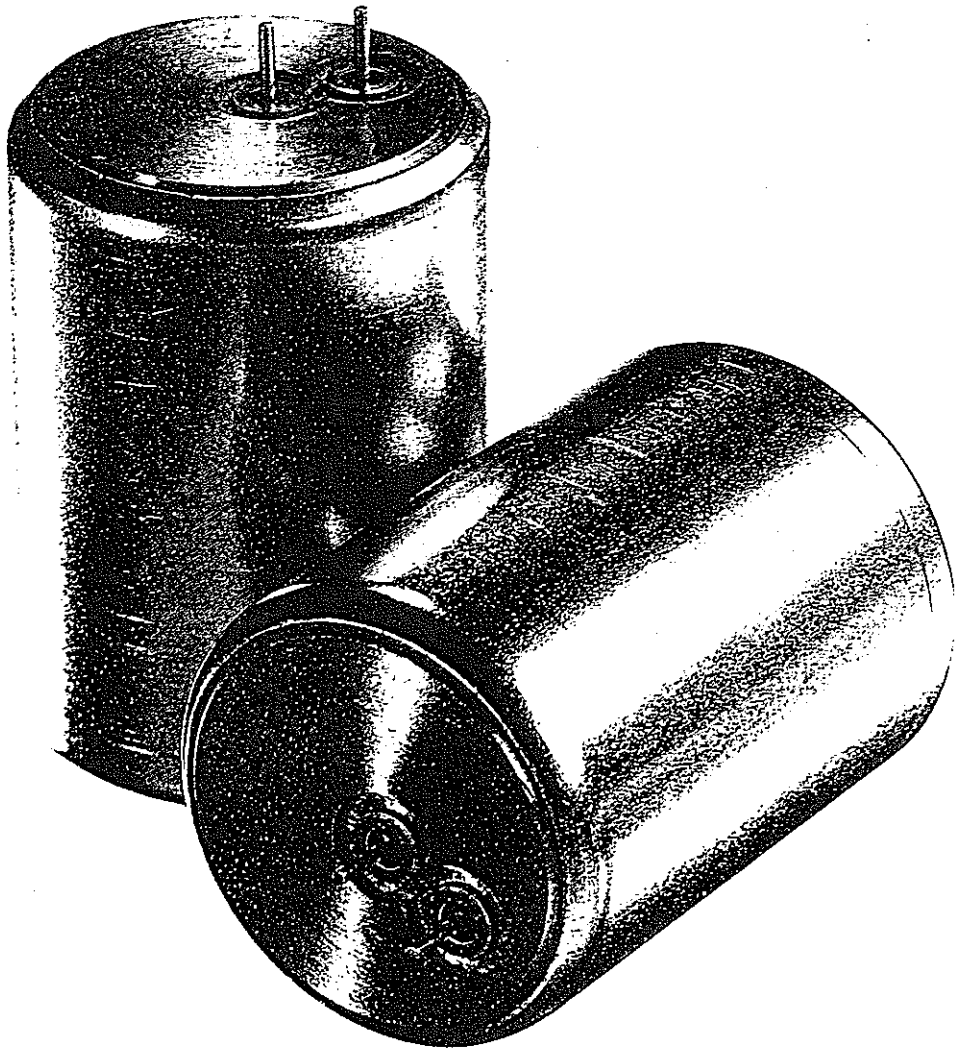
Electrical

Signal conditioning unit:	*differential input, 110 dB CMRR average*
Voltage noise, 1kHz:	*7nV/root Hz referred to input*
Signal transmission:	*FM, IRIG sub carriers*
Signal output:	*± 1V to ± 10V user adjustable (standard ± 2.5V)*
Transmission cable:	*7 core logging cable*
Number of gains:	*8, ± 100m Bar to ± 0.025m Bar (standard setting)*
Dynamic range/gain:	*60 dB*
Overall system dynamic range:	*134 dB (8 gains)*
Signal bandwith:	*5-4000 Hz @ -6 dB*
Crosstalk between channels:	*-60 dB*
System noise:	*<5mV rms at 120°C*
Low pass roll off:	*48 dB/octave at 4 kHz*
High pass roll off:	*6 dB/octave at 5 Hz*
Phase error:	*less than 1%*
Signal distortion:	*less than 0.5%*

Rosemanowes, Herniss, Penryn, Cornwall TR10 9DU, UK Tel (01209) 860141 Fax (01209) 861013

SM-500

High temperature geophone (260°C)



SENSOR Nederland bv

WESTERN ATLAS

SENSOR SM-500 HIGH TEMPERATURE GEOPHONE (260°C = 500°F)

The SM-500 is a very high temperature geophone (260°C) developed by Sensor to tight specifications to provide long life and reliable service.

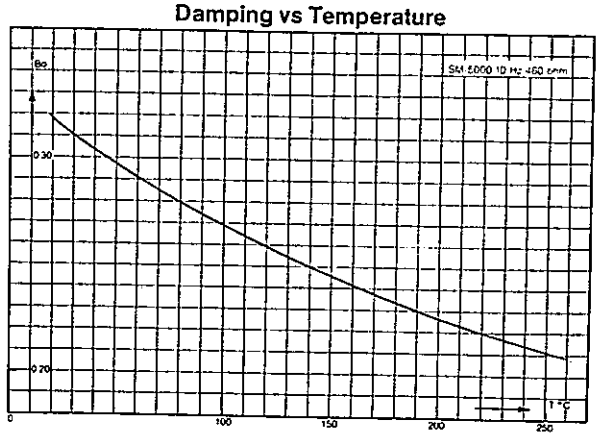
Gold plated springs and precious metal contacts designed for optimum contact and reliable performance.

Electrical Specifications		
Natural frequency at 20°C Fn		10 Hz
Frequency tolerance		± 1 Hz
Coil resistance at 20°C	Rc	460 ohm ± 10%
Sensitivity at 20°C	G	31.0 V/m/s 0.78 V/in/s ± 10%
O.C. Damping at 20°C	Bo	0.30 ± 10%
Weight of moving mass	m	9.1 g
Available coil movement		4 mm PP (0.16 in)
Temperature limit		—40°C to + 260°C —40°F to + 500°F
Available working positions:		Vertical Horizontal

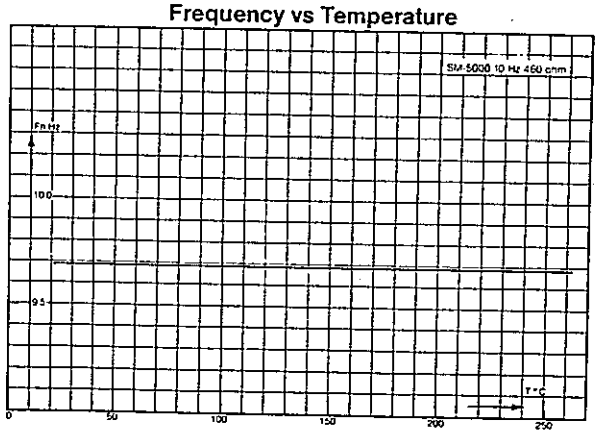
Physical specifications	Basic Unit (element)
Diameter	25.4 mm (1.00 in)
Height (excl. terminals)	37.0 mm (1.46 in)
Height (incl. terminals)	41.0 mm (1.61 in)
Weight	101 g (3.56 oz)

Sensor reserves the right to alter specifications to offer the best possible product.

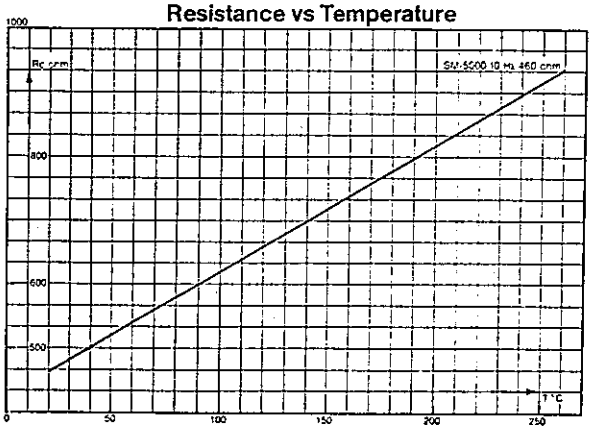
Damping vs Temperature



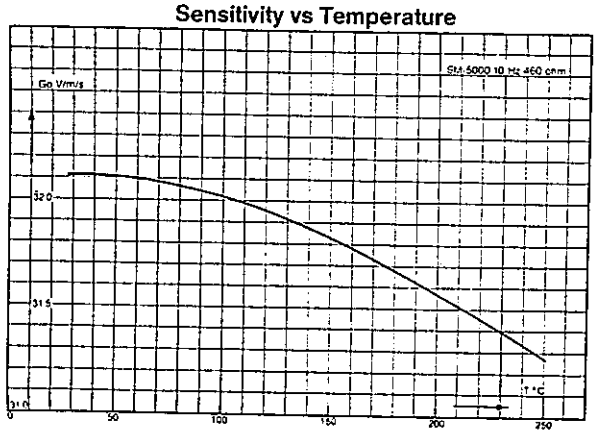
Frequency vs Temperature



Resistance vs Temperature



Sensitivity vs Temperature



Holland
Rouwkooplaan 8
2251 AP Voorschoten
Phone: 071 - 61 39 41
Fax: 071 - 61 71 45
Telex: 39111 SENSR NL
Cable: SENSOR Voorschoten

England
49A Hurricane Way
Airport Industrial Estate
Norwich NR6 6JB Norfolk
Phone: 603 - 40 05 16
Fax: 603 - 41 51 43
Telex: 975566 SNSRUK G

Canada
5304 Hubalta Rd. S.E.
Calgary, Alberta, T2B 1T6
Phone: 403 - 235 - 3526
Fax: 403 - 273 - 1073

United States
1001 N.Highway 35 Bypass
Alvin, Texas, 77511 - 8552
Phone: 713 - 331 - 6451
Fax: 713 - 331 - 5245

May 1992
Printed in the Netherlands

Appendix. 3 主要探鉱機関連資料

GUS-BUS

DIGITAL SEISMIC TELEMETRY SYSTEM

GUS MANUFACTURING, INC.

8037 LOCKHEED • P.O. BOX 10013 • EL PASO, TEXAS 79991 • (915) 778-9961

TELEX: 749-442 GUS ELP

8000 HARWIN DRIVE • SUITE 220 • HOUSTON, TEXAS 77032 • (713) 789-6435

THE GUS-BUS
DIGITAL SEISMIC TELEMETRY SYSTEM

INTRODUCTION

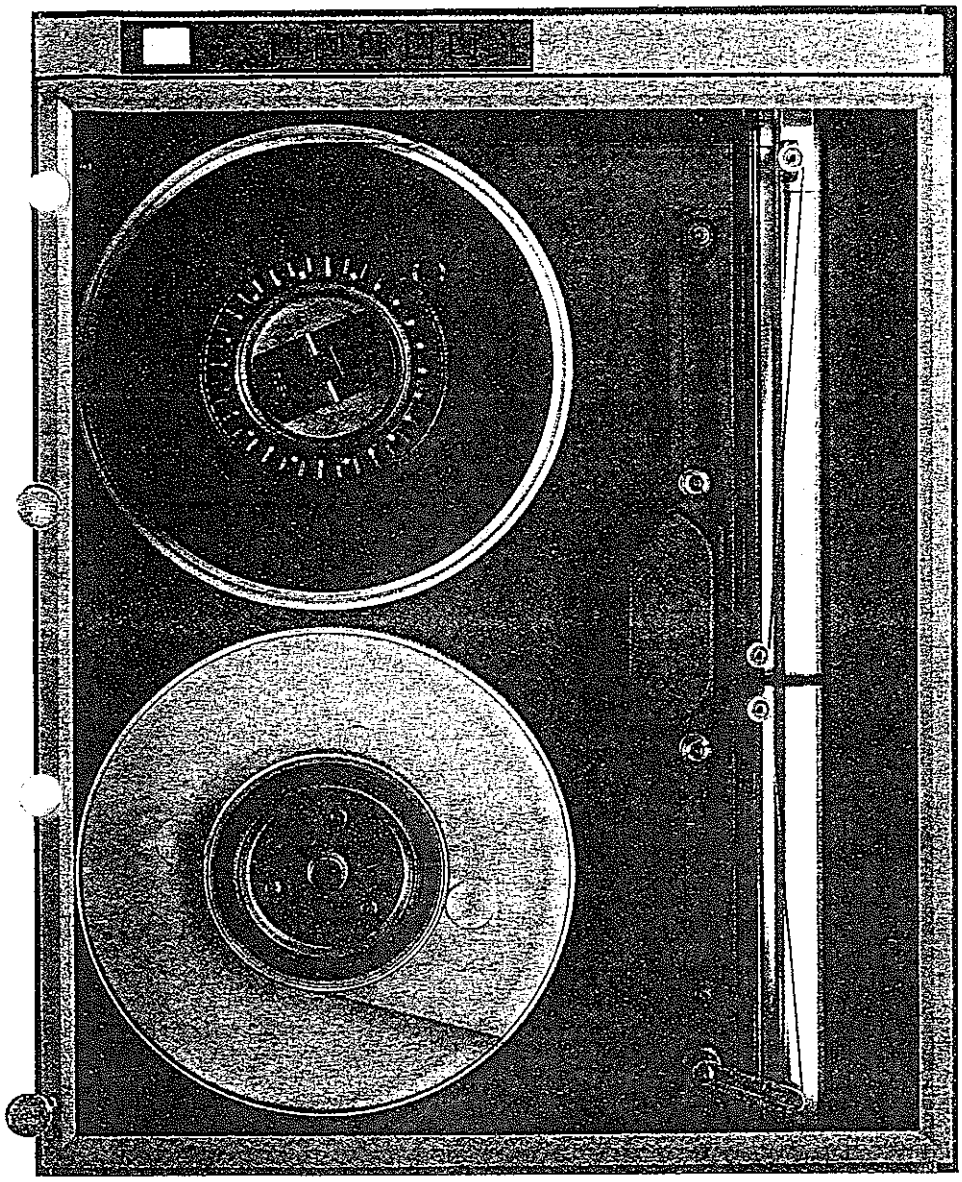
The GUS-BUS Digital Seismic Telemetry System is a true telemetry system designed for the seismic industry. It consists of remotely controlled data acquisition units which gather data from the sensors. The gathered data are processed, digitized, properly formatted and held until the correct time when they are transmitted (telemetered) to a central recording station. The communication link is a single twin-lead cable between any Remote Data Acquisition Unit (or RDAU) and the Line Interface Unit (LIU) in the central station.

The object of the GUS-BUS Seismic Telemetry System is to drastically reduce cable cost and make it operationally feasible to deploy hundreds of channels in two dimensions, and to provide automatic status checking and roll-a-long configurations. Without compromising data acquisition accuracy, resolution, or frequency-amplitude spectral specifications, the RDAU boxes respond to commands from the recorder unit over inexpensive twin-lead lines. Typically, ten miles of line may be used (or up to four, ten-mile lines) before it is necessary to move the recording truck (some prospects may be recorded entirely from one setup). Any interval or spacing is feasible. Each RDAU serves four ground stations, and all ground stations have identical amplitude and frequency response, no matter what distance from the recorder is involved. Field experience verifies the system claim of absolute freedom from crossfeed and static or 60 Hz pickup.

IMPORTANT GENERAL SYSTEM SPECIFICATIONS

Number of Recorded Channels	384 Standard 768 Optional
Sample Interval	1, 2, or 4 Milliseconds
Number of Transmission Lines	4 Standard
RDAU's/Transmission Line	100 Maximum, Standard
Total RDAU's	400 (1600 Channels on the ground)
Roll-A-Long and Gap	Automatic, Solid-State, No Mechanical Switches
Recording Filters	Lo-Cut, Notch, and High-Cut (Alias) Standard
Auto Gain Ranging	6dB Floating Point, 0-84dB Range. Automatic nulling.
A to D Conversion	Sign and 13 or 14 bits, auto-nulled

The following sections give specifications for each unit in a GUS-BUS system and for system accessories.



Capabilities

The GUS-1000 may be configured for either dynamite, impulse source or Vibroseis* operation. In the dynamite configuration, the memory size is determined by the number of channels, highest sample rate required and the record length. (Output tape is 6250 GCR format.)

In a Vibroseis* application, the memory size is dependent on the number of channels and sample rate as before, but also on the sweep length and listen time. A real-time full-precision correlator (32 bits) and summing capability with recursive editing is also included in the system. The system can either correlate after stack or correlate before stack to take advantage of the technique of using different sweep parameters.

The GUS-1000 system can be interfaced to a laser camera (standard) or optionally to a high-speed digital plotting system.

Data Acquisition Unit

The GUS-1000 may be equipped with a line interface unit to match present GUS-BUS RDAUs or with a unit to match the new GUS remote unit — RU-1000.

Using the GUS-BUS RDAUs, the line interface can accommodate up to 16 twin leads, each recording 48 channels @ 2 msec for a total system capability of 768 channels @ 2 msec sample interval.

Using the new RU-1000 units, the system capability can be extended to 1000 channels @ 2 msec with only two input lines on the ground.

The RU-1000 units have an output data rate an order of magnitude higher than the RDAUs. This data rate can be maintained over the input line by using repeater stations. Data entries to the remote stations are via a hand-held terminal, thus eliminating front panel switches entirely. All necessary testing on the system can be accomplished from the central control unit.

Correlator

This optional module is capable of full-precision real-time correlation of up to 1000 channels @ 2 msec sample interval. To achieve this speed, data are converted to the frequency domain for the correlation.

Summing Module

This optional module consists of two plug-in cards, one for the arithmetic unit and one for the edit function. The standard module uses the recursive edit concept for the editing process.

Tape Transport

This new 6250 GCR transport eliminates the dust problems associated with vacuum columns. It is plug-compatible with the STC-GCR formatter.

*Vibroseis, service mark of Conoco, Inc.

GUS MANUFACTURING, INC.
P.O. Box 10013/8037 Lockheed
El Paso, Texas 79925/915-778-9951
Telex: 749-442 GUS ELP
Sales Office:
10550 Richmond
Houston, Texas 77042/713-789-6435

Summary of Key Specifications

GUS-1000

TELEMETRY CONTROL UNIT

Number of Telemetry cable inputs	16 max
Number of channels per cable	500 max (RU-1000)
ble activity and data monitoring display	External CRT
Operator controls on unit	None

SYSTEM CONTROL UNIT

System Structure
Functional modules with individual uP controllers on high-speed polled synchronous 32-bit data bus and low-speed command bus.

Operator Control Panel	Remotable
Operator Display	Plasma display panel 12 lines of 40 characters
Operator Parameter Entry	"Touch" display panel
Operator Mode Entry	7 pushbuttons
Extended data and control interfaces	IEEE 488 and RS232
Internal Data Format	IEEE 754, 32-bit floating point
Internal Data Rate	32 M bytes/sec aggregate (1000 channels @ 2 msec)
Vibroseis* Edit (Other algorithms readily implemented)	Recursive Zeroing
Data Summing	IEEE 754, 32-bit floating point
Recorded Data Format	SEG D, 2½-byte standard with IEEE 488 interface for external header

(Other SEG or proprietary data formats available)

System Built-in Test Features

Test Initiation	On Power Up or by operator request
Test Level 1	Internal functional module
Test Level 2	System functional and data flow
Test Level 3 (Operator-initiated)	Remote Unit Analog and Digital Performance

REAL-TIME CORRELATOR

(Integrated in System Control Unit)
Real-time frequency domain, full-precision correlator incorporating 3 special-purpose high-speed floating point processors: 2 FFT processors and 1 Complex Multiply processor.

FFT Processor

Memory Size	64k x 32 bits
Memory Bandwidth	64M bytes/sec
Data Format	IEEE 754, 32-bit floating point
Arithmetic Speed (Continuous with I/O)	35M Flops
I/O (Concurrent)	8M bytes/sec

FFT Performance Summary

8k real points	8.192 msec
16k real points	16.384 msec
32k real points	37.449 msec

Complex Multiply/Control Processor

Data Format	IEEE 754, 32-bit floating point
Arithmetic Speed (Continuous with I/O)	6M Flops

MAGNETIC TAPE UNIT

Format	IBM Compatible
Density	6250 GCR or 1600 PE
Speed	125/75 inches/sec Read/Write 300 inches/sec Rewind
Reel Size	10.5 inches

MEMORY UNIT

Capacity	48M bytes incl. full ECC (12 thousand channel sec @ 2 msec, double buffered)
Expansion	192M bytes max with 3 expansion chassis

MECHANICAL

Telemetry Control Unit
15.75 inches H x 19 inches W x 20.5 inches D and approx 100 lb Wt
No operator controls

System Control Unit
15.75 inches H x 19 inches W x 20.5 inches D and approx 100 lb Wt
Remotable System Control Panel

Memory Unit
15.75 inches H x 19 inches W x 24 inches D and approx 180 lb Wt
Technician Diagnostic Panel

Magnetic Tape Unit
24.75 inches H x 19 inches W x 15 inches D and approx 90 lb Wt
Local Control Panel

Tape Formatter Unit
10.5 inches H x 19 inches W x 22 inches D and approx 90 lb Wt
No operator controls

Above modules packaged in two 19-inch racks 24 inches W x 29 inches D x 56 inches H. Total System Power approx 2.0 kW at 115 V 60 Hz

RU-1000

Channels per unit	4
Preamplifier	
Input Impedance	10 kilohms and 0.12 uF
Preamplifier Gains (remotely selected)	23, 33, 42 dB
Equivalent Input Noise	Less than 0.3 uV rms
Filters	
Low-Cut Filter Type	Butterworth
Roll-Off	18 or 36 dB/octave
Cut-Off Frequencies (remotely selected)	12, 18, 27 Hz

(Other frequency sets available by plug-in component packs)

Notch Filter	IN/OUT remotely selected 50 Hz or 60 Hz available
Reject Ratio	40 dB min
Alias Filter Type	5-Pole Cauer
Stop-Band Attenuation	-70 dB above 160, 320, 640 Hz
Cut-Off Frequencies (remotely selected)	80, 160, 320 Hz
IFP Amplifier and AD Converter	
Gain Range	0-84 dB
Gain Step	6 dB
Converter	14-bit binary
Min Gain Noise	0.5 mV at Converter
Converter Full Scale	7.50 volts
Amplifier Offset	Auto Nulled
Analog System	
Distortion	0.05% rms max. large signal
Gain Similarity	1.0% from mean (channel to channel)
Full Scale Input	40/120/360 mV r

Built-in Test Capability
Geophone Resistance Limits
Geophone Array Step Response
Built-in Analog Signal Generator driven by digital pattern downloaded from Control Unit allows flexible test generation.

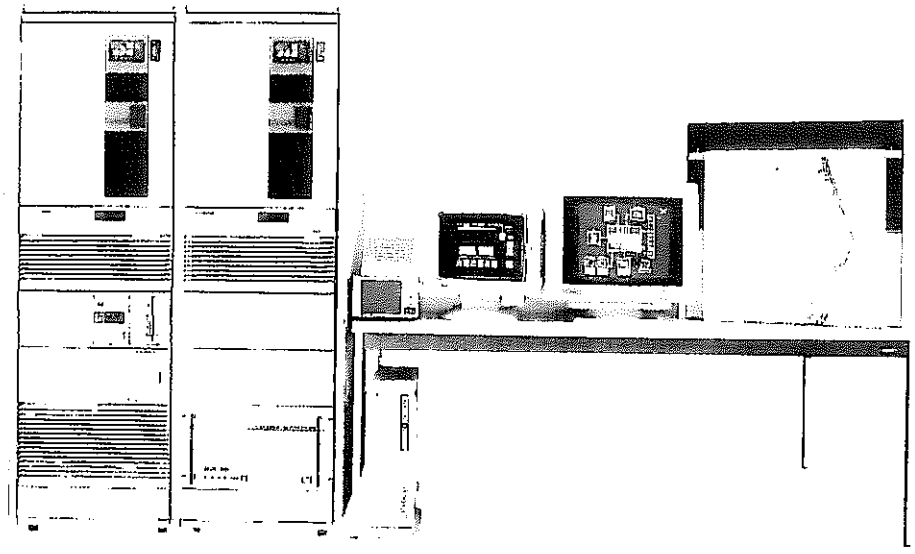
Data Transmission: Transmission Line
Three data links on single line.
Seismic data on high-speed time division multiplexed 8 MHz link. Data burst of 128 bits includes seismic data, status and ECC.
Two low-speed command/status links provide full communication between Remote Units and Control Unit.

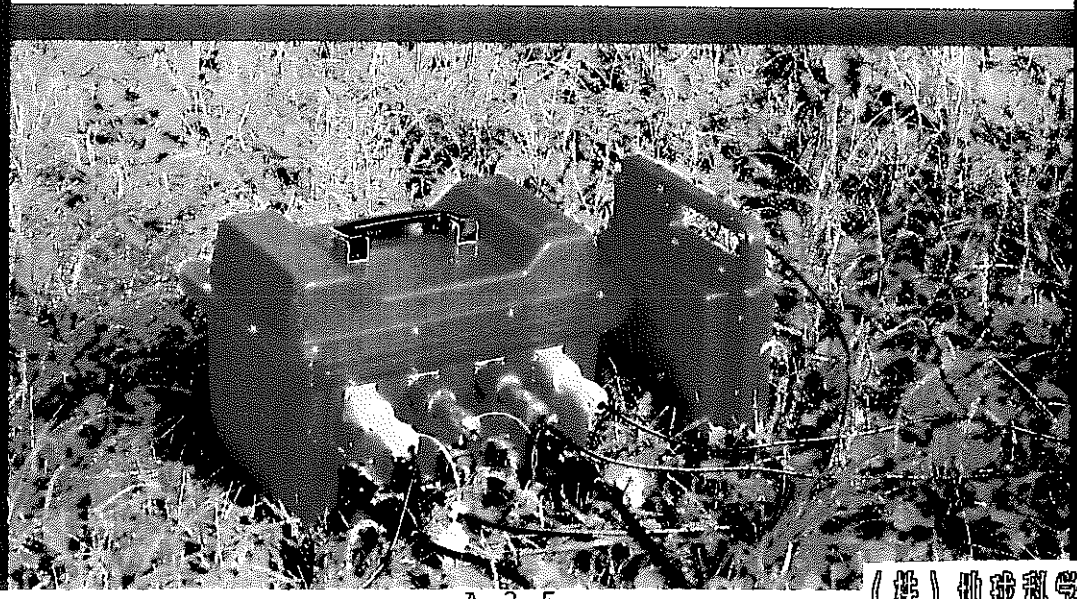
Physical Size	13 inches H x 16 inches W x 7.5 inches D
Weight	27 lb incl. battery

All specifications shown in this publication are subject to revision without notice.

GDAPS3 ディジタルテレメトリーシステム

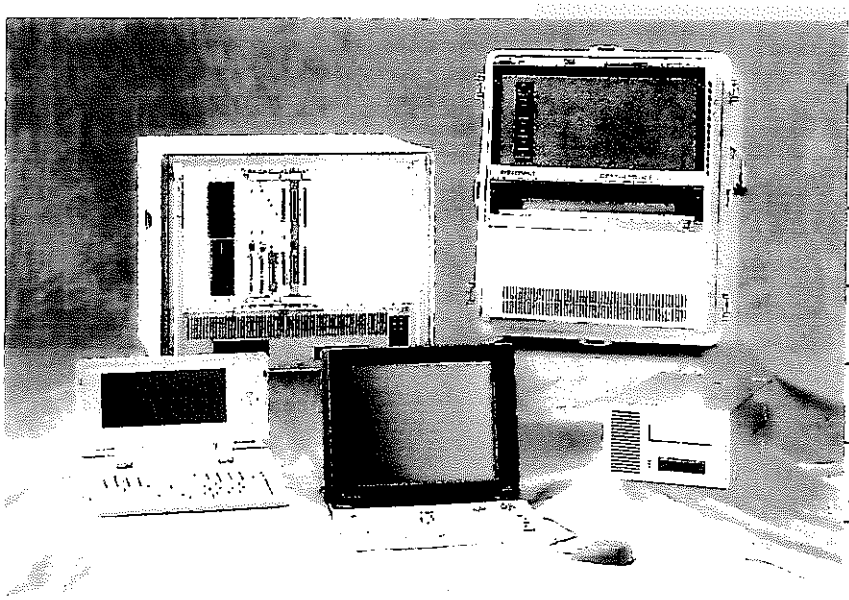
制作	：地球科学総合研究所
最大チャネル数	：８０９６
ライン数	：１６
チャネル／ライン	：５１２
チャネル／リモートユニット	：４
データ伝送	：ディジタル
増幅方式	：ＩＦＰ
ディジタル方式	：１６ビットＡ／Ｄ＋４ビットゲイン
ダイナミックレンジ	：１２０ｄｂ
サンプルレート	：０．５，１，２，４　ｓｅｃ
エリアスフィルター	：９０，１８０，３６０，７２０ｈｚ
ローカットフィルター	：ｏｕｔ（１ｈｚ），４～６０ｈｚ（４ｈｚステップ）
記録テープ	：６２５０ｂｐｉ，９トラックテープ，ＳＥＧＹ

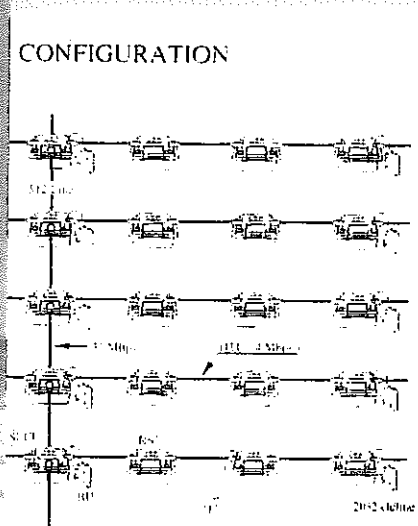


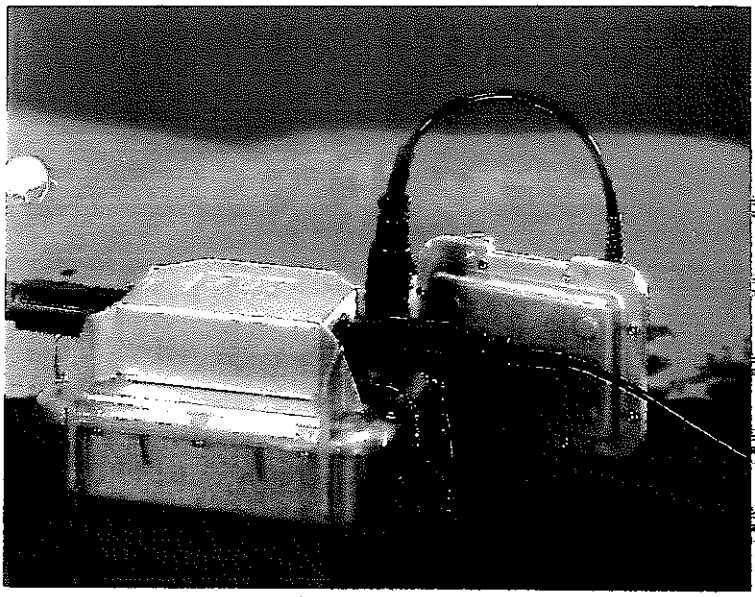


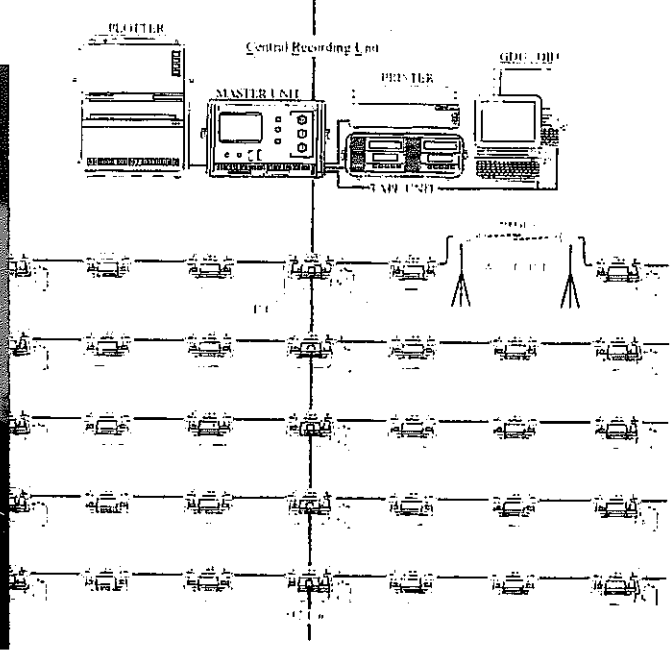
G・DAPS-4ﾃﾞｨｼﾞﾀﾙﾃﾚﾒﾄﾘｰｼｽﾃﾑ

製作	：(株)地球科学総合研究所
ライン数	：１０２４
チャネル／ライン	：２０３２
チャネル／ﾘﾓｰﾄﾕﾆｯﾄ	：４
データ伝送	：ディジタル
ﾃﾞｨｼﾞﾀﾙ方式	：24ﾋﾞｯﾄΔ－Σ
ダイナミックレンジ	：１２０ db
サンプルレート	：0.5，1，2，4　ms
エリアスフィルター	：830，415，207.5，103.8　Hz
記録テープ	：1/2ﾃｰﾌﾟﾄﾞﾗｲﾌﾞ，ｶｰﾄﾘｯｼﾞﾄﾞﾗｲﾌﾞ(SEGY, SEGD)
ＱＣ機能	：2D/3Dﾌﾟﾘﾌﾟﾗﾝﾆﾝｸﾞ及びﾃﾞｰﾀ解析









SECOND GENERATION

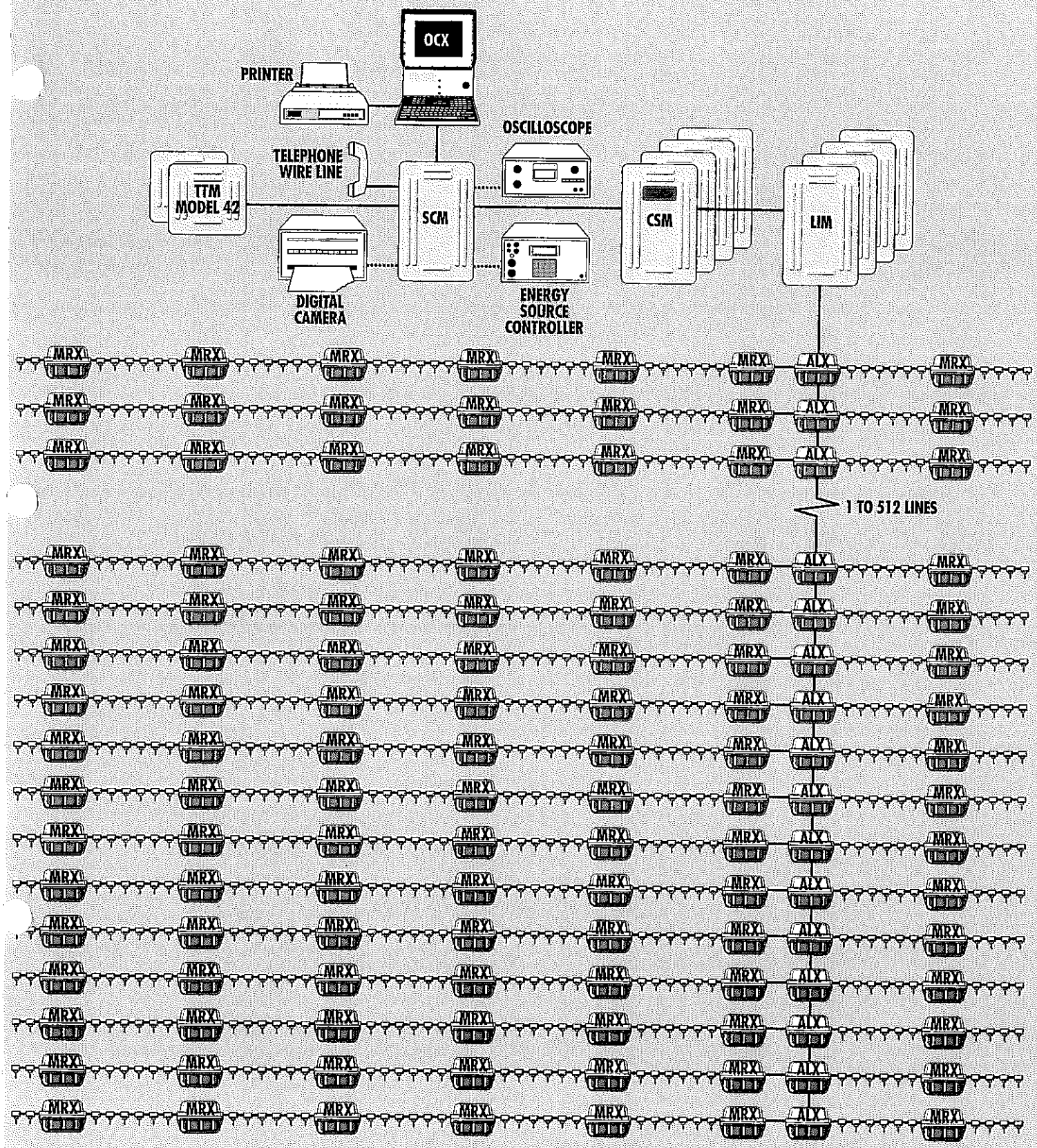
I/O SYSTEM TWO

SEISMIC TELEMETRY DATA ACQUISITION SYSTEM

POWERFUL INNOVATIONS FOR YOUR ADVANTAGE

INPUT/OUTPUT, INC.

SYSTEM CONFIGURATION



SPECIFICATIONS

MINIATURE REMOTE SIGNAL CONDITIONER (MRX)

Remote Signal Conditioner (MRX)

A/D Converter	24-Bits (23 + Sign)
Data Channels Per MRX	6
Preamplifier K-Gain	12, 24, 36 or 48 dB Circular K-Gains
Dynamic Range	
Non-Shorted Input	*8.7-135 Hz, 650 Ohm Source, 2ms Sample Interval*
Instantaneous DR	120.0 dB @ 12 dB K-Gain 119.3 dB @ 24 dB K-Gain 115.0 dB @ 36 dB K-Gain 104.1 dB @ 48 dB K-Gain
Total Dynamic Range	140.2 dB
Equivalent Input Noise	
Non-Shorted Input	*8.7-135 Hz, 650 Ohm Source, 2ms Sample Interval* 1.408 µV RMS @ 12 dB K-Gain 0.381 µV RMS @ 24 dB K-Gain 0.157 µV RMS @ 36 dB K-Gain 0.137 µV RMS @ 48 dB K-Gain
Maximum Input Signal	1408 mV RMS @ 12 dB K-Gain 352 mV RMS @ 24 dB K-Gain 88 mV RMS @ 36 dB K-Gain 22 mV RMS @ 48 dB K-Gain 3982 mV P–P @ 12 dB K-Gain 996 mV P–P @ 24 dB K-Gain 249 mV P–P @ 36 dB K-Gain 62 mV P–P @ 48 dB K-Gain
Distortion	0.0005% THD
Channel Gain Matching	0.1%
Common Mode Rejection	100 dB or greater
Crossfeed Isolation	110 dB or greater
Frequency Response	3-750 Hz
Time Standard	1 ppm
Input Impedance	
Differential Mode	20K Ohms in parallel with 0.1µf
Common Mode	250K Ohms @ 50-60 Hz

Powering Options (MRX)

- 12V Battery
- Solar Assist 12V Battery
- Power-The-Down-Cable

Conventional MRX-1	
Dimensions	9.6" x 9.6" x 7.9" (24.4 cm x 24.4 cm x 20.0 cm)
Weight	15 lb (6.8 kg)
Amphibious MRX-2	
Dimensions	9.6" x 9.6" x 8.7" (24.4 cm x 24.4 cm x 22.1 cm)
Weight	16.2 lb (7.3 kg)

MRX Filters

All filters are resident and remotely selectable including:

- Digital Anti-Alias Filters **Linear or Minimum Phase Response**
  540 or 750 Hz @ 1/2 ms
  270 or 400 Hz @ 1 ms
  135 or 200 Hz @ 2 ms
  68 or 100 Hz @ 4 ms
  Rejection above Nyquist Frequency -135 dB
  Passband Ripple +/-0.1 dB

- Digital Low-Cut Filters *(ON or OFF as desired)*
  32 Frequencies: 3-90 Hz
  Slope: 12 dB/octave

- Digital Hi-Line Pickup Eliminator (HPE) *(ON or OFF as desired)*

  (Simultaneous cancellation of 3 selectable frequencies)

Power Line Related	50 or 60 Hz (Harmonics and Sub-harmonics)
Fixed Frequencies	Selectable from 3 to 420 Hz in 0.01 Hz increments
Rejection	80 dB or greater

- Spectral Shaping Filter *(ON or OFF as desired)*
  (3 Start and 3 End Frequencies for each of 3 End Frequency Boosts)

End Frequency Boost	12dB		18dB		24dB	
	Start	End	Start	End	Start	End
Frequency (Hz)	10.7	37.4	12.5	92.2	12.5	200.0
Frequency (Hz)	17.2	60.5	20.1	149.0	20.2	323.3
Frequency (Hz)	28.0	98.3	32.7	242.0	32.9	525.3

MRX Ambient Environmental Specifications

Operating Temperature	-50 to +75 °C
Humidity Range	0 to 100%
Operating Altitude	To 5500 meters

System Control Module (SCM)

Dimensions	26.1" x 17.6" x 11.3" (66.3 cm x 44.7 cm x 28.7cm)
Weight	75 lb (34.1 kg)
Power	75 Watts

Line Interface Module (LIM)

Dimensions	26.1" x 17.6" x 11.3" (66.3 cm x 44.7 cm x 28.7 cm)
Weight	75 lb (34.1 kg)
Power	105 Watts
Channel Capacity	1008 Channels @ 2 ms
Line Capacity	1 to 128 input lines

Operator Console Modules (OCM)

OCM	Standard Console or Portable Console
PC Platform	486/386 IBM compatible PC

Correlator Stacker Module (CSM) *optional*

Dimensions	14" x 17" x 26.5" (35.6 cm x 43.1 cm x 67.3 cm)
Weight	120 lb (54.4 kg)
Power	250 Watts @ 12VDC

Correlation Capacity

	Sample Interval/Channel Capacity			
	4 ms	2 ms	1 ms	0.5 ms
One CSM	2016	1008	504	252
Four CSMs	8064	4032	2016	1008

Tape Transport Modules (TTM)

TTM	Standard 9 Track @ 1600/6250 bpi
Dimensions	17" x 20" x 29" (43.2 cm x 50.8 cm x 73.7 cm)
Weight	155 lb (70.3 kg)
Power	290 Watts
TTM Model 10	Portable 9 Track @ 1600/6250 bpi
Dimensions	24" x 20" x 15" (61.0 cm x 50.8 cm x 38.1 cm)
Weight	115 lb (52.3 kg)
Power	250 Watts
TTM Model 45	Standard 18 Track @ 37,871 bpi (IBM 3480 compatible)
Dimensions	22.4" x 11.0" x 14.8" (56.9 cm x 27.9 cm x 37.6 cm)
Weight	52 lb (23.5 kg)
Power	250 Watts

TTM Model 40 — Portable 18 Track @ 37,871 bpi (IBM 3480 compatible)

	Tape Unit	Controller Unit
Dimensions	32" x 16" x 9.5" (81.3 cm x 40.6 cm x 24.1 cm)	32" x 16" x 9.5" (81.3 cm x 40.6 cm x 24.1 cm)
Weight	55 lb (25 kg)	35 lb (15.9 kg)
Combined Power	330 Watts	

Data Recording Tape Formats

SEG-D 8058	4-Byte IEEE Demultiplexed*
SEG-D 8048	4-Byte Demultiplexed

**IEEE format is documented in ANSI/IEEE Std 754-1985*

Ambient Environmental Specifications Central Recording Modules

Operating Temperature	0 to +50 °C
Storage Temperature	-40 to +75 °C
Humidity Range	0 to 100% (Non-Condensing)
Operating Altitude	To 5500 Meters

SPECIFICATIONS SYSTEM EXPANSIONS AND PERIPHERALS

Advanced Line Tap (ALX)

Dimensions	19.4" x 18.9" x 9.5" (49.3 cm x 48.0 cm x 24.1 cm)
Weight	32 lb (14.5 kg)

MRX Carrier Rack

Capacity	9 MRX units (MRX-1 or MRX-2) and 10 MRX batteries (MBP or SBP)
Dimensions	30.3" x 20.5" x 35.4" (76.9 cm x 52.1 cm x 89.9 cm)
Weight	91 lb (41.2 kg)

Line Check Module (LCX)

Dimensions	21.0" x 18.0" x 8.0" (53.3 cm x 45.7 cm x 20.3 cm)
Weight	34.5 lb (15.7 kg)

Battery Packs

MRX-1 Battery Pack (MBP)

Operation	36 Hour operation at 25 °C
Dimensions	8.6" x 8.6" x 5.25" (21.8 cm x 21.8 cm x 13.3 cm)
Weight	15.2 lb (6.9 kg)

MRX-1 Solar Battery Pack (SBP)

Operation	120% of typical MRX power
Dimensions	8.6" x 8.6" x 5.25" (21.8 cm x 21.8 cm x 13.3 cm)
Weight	16 lb (7.2 kg)

Battery Charger (MBC)

Capacity	16 batteries (MBP or SBP)
Line Voltage	85 to 265 VAC
Line Frequency	47 to 63 Hz
Input Power	750 VA
Dimensions	5.8" x 27.6" x 15.4" (14.7 cm x 70.1 cm x 39.1 cm)
Weight	31 lb (14 kg)

Input/Output, Inc. reserves the right to change its product specifications at any time without notice, in order to provide the best possible products and services.

INPUT/OUTPUT, INC.

12300 Parc Crest Drive • Stafford, Texas 77477 USA • Telex 203391 • Fax 713/879-3500 • Phone 713/933-3339
Input/Output of Canada, Inc. • 5826 Burbank Road, S.E. • Calgary, Alberta, Canada T2H 1Z3 • Fax 403/252-8550 • Phone 403/252-9982
Dromalour, Kanturk, County Cork, Ireland • Fax 353 29 51150 • Phone 353 29 51166

SN 388

TELEMETRY SEISMIC DATA ACQUISITION SYSTEM

Sercel

SN 388

24 BITS

UNIQUE VERSATILE SEISMIC SYSTEM FOR UNIVERSAL USE

The **SN 388** is a large capacity, high resolution system designed for land seismic data acquisition. Taking advantage of SERCEL's unequalled experience in cable telemetry systems, coupled with the most advanced electronics and workstation technology, the **SN 388** offers the oil industry versatility and the most reliable performance within any harsh field environment, anywhere in the world.

• FROM PORTABLE DYNAMITE TO VIBROSEIS CONFIGURATIONS.
• FROM LARGE 3 D (UP TO 19200 CH) TO HIGH RESOLUTION OR 3 COMPONENT SURVEYS

The **SN 388** is composed of a CENTRAL CONTROL UNIT (CCU) and electronic field equipment that are routinely interconnected by electrical cables. Due to its very low power consumption, the STATION UNIT (SU), which performs **24-bit** acquisition and transmission, is remotely powered through the interconnecting cable using a DC voltage generated from a small number of standard 12 VDC batteries, evenly distributed along the spread.

The SN 388 SU's are manufactured with custom designed integrated circuits. This offers the user field upgradable packaging which contributes to the maximum flexibility at the lowest cost, and enhances the performance of the system:
- 1 channel per SU for high resolution surveys,
- 3 channels* per SU for 3 component high resolution surveys,
- 6 channels per SU for large 3-D surveys.

With 650 grams per channel weight and very low power consumption, the SN 388 SU gives an unparalleled advantage in all operations required for seismic data acquisitions, especially 3D.

CENTRAL CONTROL UNIT

The hardware of the SN 388 CENTRAL CONTROL UNIT (CCU) takes advantage of the UNIX™ operating system and computing network architecture to offer the maximum expandability and flexibility.

The HUMAN COMPUTER INTERFACE (HCI) is dedicated to system interaction with the operator, through a fast and comprehensive software package specially designed to ease geophysical operations in the field.

Data acquisition and optional correlation and stack processing are carried out by one or more 1200 CH MODULES (up to 16) to reach the maximum capacity of 19200 channels at 2 ms sample rate or equivalent data rate capacity.

Expandable and powerful Ethernet™ data network is used to connect the HCI to the various modules.

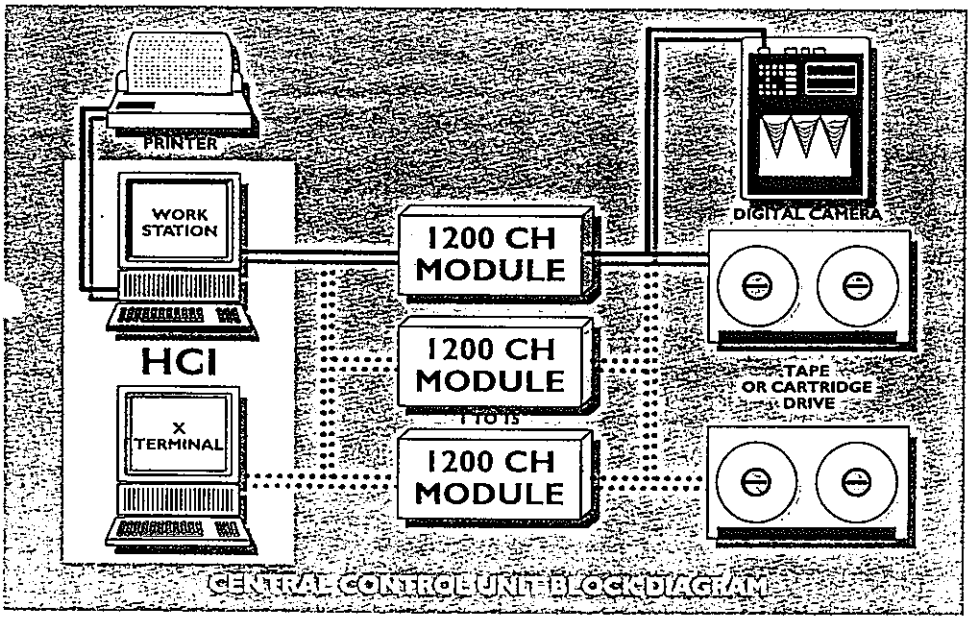
The raw or processed data are recorded on magnetic media, either a reel or a cartridge drive.

DIGITAL FILTERING MAY BE PERFORMED ON THE RECORDED DATA OR PLAY-BACK DATA TO DISPLAY ON DIGITAL CAMERA NOTCH OR BANDPASS FILTERED SEISMIC TRACES.

Peripheral equipment such as a printer, plotters or digital camera can be connected to the CCU to provide data, operation log and parameter hard copy. The system has the capability to display a noise monitor of the complete spread in real time, without any delay or missing data due to segmented processing. In addition, the powerful tool GEO-QA/QC can offer a real time QC of seismic data.

TM : UNIX, ETHERNET are registered trademarks of UNIX Systems Laboratories Inc, Xerox Corporation.

(*) on request.



CENTRAL CONTROL UNIT BLOCK DIAGRAM

1200 CH PAM/APM

Zero dead time

A SINGLE MODULE PERFORMS 1200 CH @ 2 MS ACQUISITION CORRELATION AND STACK

The hardware design of the 1200 Ch PORTABLE ACQUISITION MODULES (PAM) or ACQUISITION and PROCESSING MODULES (APM) is the key factor to offer a reduction in size and to enhance performance.

ZERO DEAD TIME OPERATION(*)

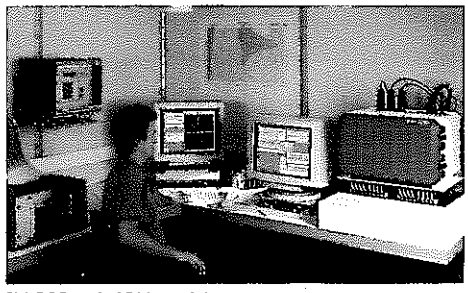
To answer the need for increasing daily production, the 1200 Ch PAM/APM modules are organized around a pipe-line architecture to ensure that vibrator drivers and dynamite shooters will not wait for the acquisition system to be ready.

MINIMUM WEIGHT AND VOLUME

For portable dynamite operations the PAM houses all necessary electronics to acquire 1200 Channels at 2 ms sample rate, within a 22 kg unit (0.088 m³).

The APM which, in addition to the acquisition itself, performs the correlation and stack operations, is packaged within a single 37 kg unit (0.111 m³), for configurations up to 1200 Channels at 2 ms sample rate.

To facilitate configuration change and equipment maintenance, the five boards dedicated to acquisition and recording are identical and fully interchangeable between the PAM and APM modules.



SN 388 with APM module.

TAPE DRIVES

*Reel or cartridge tapes can be used as magnetic media on **SN 388** systems, for recording in demultiplexed format:*

- the SS8TT tape drive provides recording on a widely used 6250 b.p.i. 1/2 inch tape reel, housed in a waterproof and portable unit, specially designed for harsh and portable seismic environments.

- the SCSI 488 CARTRIDGE drive makes it possible to record a 3480 IBM compatible cartridge tape, directly in the field. For dual drive recording, the standard software provides alternate or simultaneous recording without additional devices.

DIGITAL CAMERA or VERSATEC PLOTTER

An external digital camera is used to generate a paper record of the acquired seismic data, either in read-after-write (**) or in play-back mode.

NOISE MONITORING

*The **SN 388** provides real time noise monitoring and energy levels in graphic form within the spread display window.*

(*) excluding tape drive limitation.

(**) with SS8TT tape drive.

SN 388 with PAM module

FIELD EQUIPMENT

For any harsh environment

CROSSING STATION UNIT

A CROSSING STATION UNIT (CSU) is required to connect each line to the previous line or to the CCU module.
A low attenuation cable is used for this transverse connection, providing a digital link over a maximum distance of 800 m without a repeater.

A 12 V standard battery is connected to each CSU to power its internal circuits as well as the near SU's of the relevant spread line (see also PSU).

TRANSVERSE REPEATER UNIT

Over a distance of 800 m between two lines, a TRANSVERSE REPEATER UNIT (TRU) is required every 800 m to connect the line to the previous line or to the CCU module.

POWER STATION UNIT

A POWER STATION UNIT (PSU) is required to regenerate the DC voltage distributed over the line cables to provide power to the SU's. A 12 V standard battery is connected to each PSU.
The number of PSUs in operation depends on the SU configuration ; one PSU is required:
- every 40 channels with the 1 channel SU,
- every 90 channels with the 3 channel SU,
- every 48 channels with the 6 channel SU.

The CSU acts as a PSU for the line in which it is inserted.

BAY CABLE UNIT

For transition zone and shalow water operation.

MICROWAYE LINK

To offer additional flexibility with full SN 388 capacity.

CABLES

LINE CABLES

- for the single or 3 channel SU, the cable provides digital transmission and remote power. The receiver group is directly connected to the SU socket, to achieve the highest resolution performance,
- for the 6 channel SU, the cable includes the digital transmission, remote power, and acquisition of 6 receiver groups.

The receiver groups are connected to the cable take-outs.

TRANSVERSE

To connect the lines to the CCU, transverse cables are used (see CSU), between any two successive CSUs and between the nearest CSU and the 1200 CH MODULE.

DETOUR

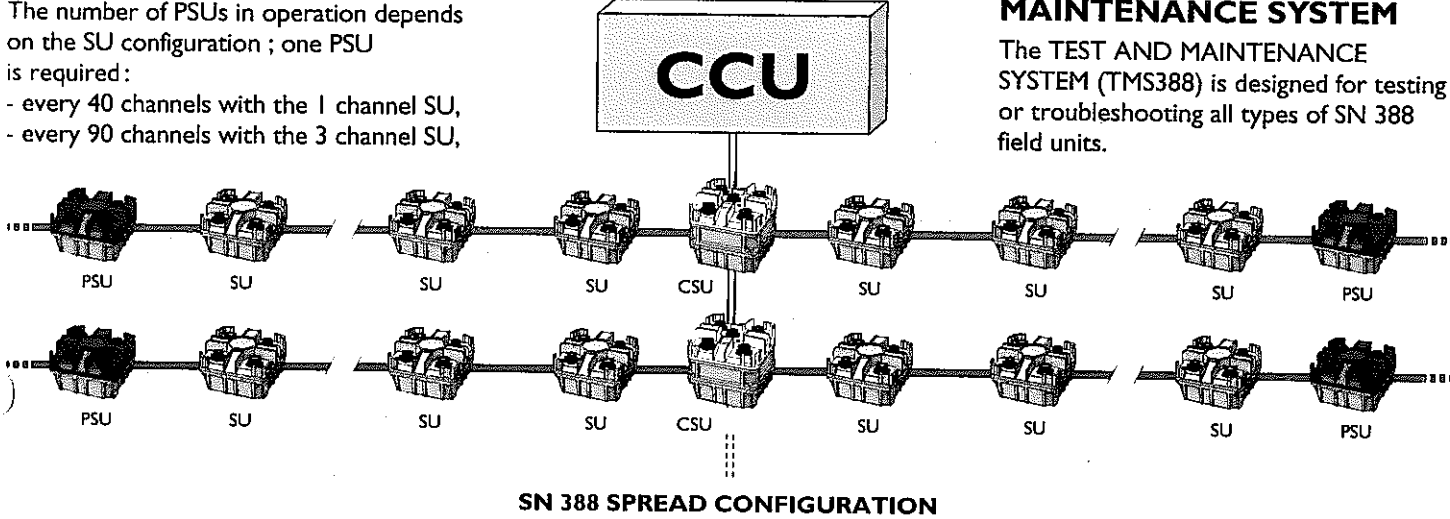
When a detour is needed along the seismic line, an extension cable is laid down and a PSU is required at each end of the extension cable.

LINE TESTER (LT388).

For large 3-D operations, in order to check the advanced spread lines, a LINE TESTER (LT388) makes it possible to perform transmission and receiver tests on the complete connected line, without CCU being needed.

TEST AND MAINTENANCE SYSTEM

The TEST AND MAINTENANCE SYSTEM (TMS388) is designed for testing or troubleshooting all types of SN 388 field units.



SN 388 SPREAD CONFIGURATION

A Fresh Look at Seismic Recording

Central Recording Unit:
DYNAMIC PERFORMANCE THROUGH FLEXIBLE THINKING

A central recording unit (CRU) is rarely subjected to the same punishment the ground equipment suffers. Nevertheless, failure of any single CRU component is sometimes why a crew stops shooting.

Geo-X did not want their CRU to be like those which other manufacturers offer*. Geo-X had no pre-existing IFP system on which its CRU had to be based, but there was a list of requirements which we knew a modern CRU just had to meet.

To keep costs down, it must use off-the-shelf technology wherever possible. It must be based on a software architecture that allows very rapid introduction of new features developed by Geo-X or a third party.

There must be the maximum level of hardware redundancy within the system. Upgrading to a greater channel capacity must be low in cost, requiring only a new circuit board rather than a whole new cabinet. It must be modular, lightweight and low-power to allow for flexible truck mounting and use on portable crews. It must be genuinely so easy to use, that minimal training is required.

When Geo-X had fulfilled all these "musts", they introduced the industry to *ARAM24*.

To take advantage of continuing increases in PC power, Geo-X chose DOS-based PCs as the heart of the *ARAM24* CRU. Nothing else comes close for cost/performance ratio, variety of peripherals, and almost worldwide availability. Since *ARAM24*'s introduction, 33MHz 80486 processors have been replaced by 90MHz Pentiums, and 150MHz units have already been announced.

In addition, using PC-based architecture for the CRU permits easy networking. And networking is the most cost-effective way of increasing processing and data display functionality. By connecting another PC or laptop to the CRU, bird-dogs can use *ARAM24* software to access data files and run tests - out of the way of the observer.

*Geo-X succeeded.

Geo-X chose not to develop its own tape transport interface because to do so would restrict owners to having to buy storage peripherals from a sole supplier. Instead, *ARAM24* uses industry standard SCSI-II. The basic CRU comes complete with multi-gigabyte SCSI hard disk and 5 gigabyte Exabyte 8mm drives to provide a unique level of data storage redundancy. Users can also choose 3480 cartridge, 9-track tape drives or virtually any other existing or future storage devices, as long as they conform to the SCSI standard.

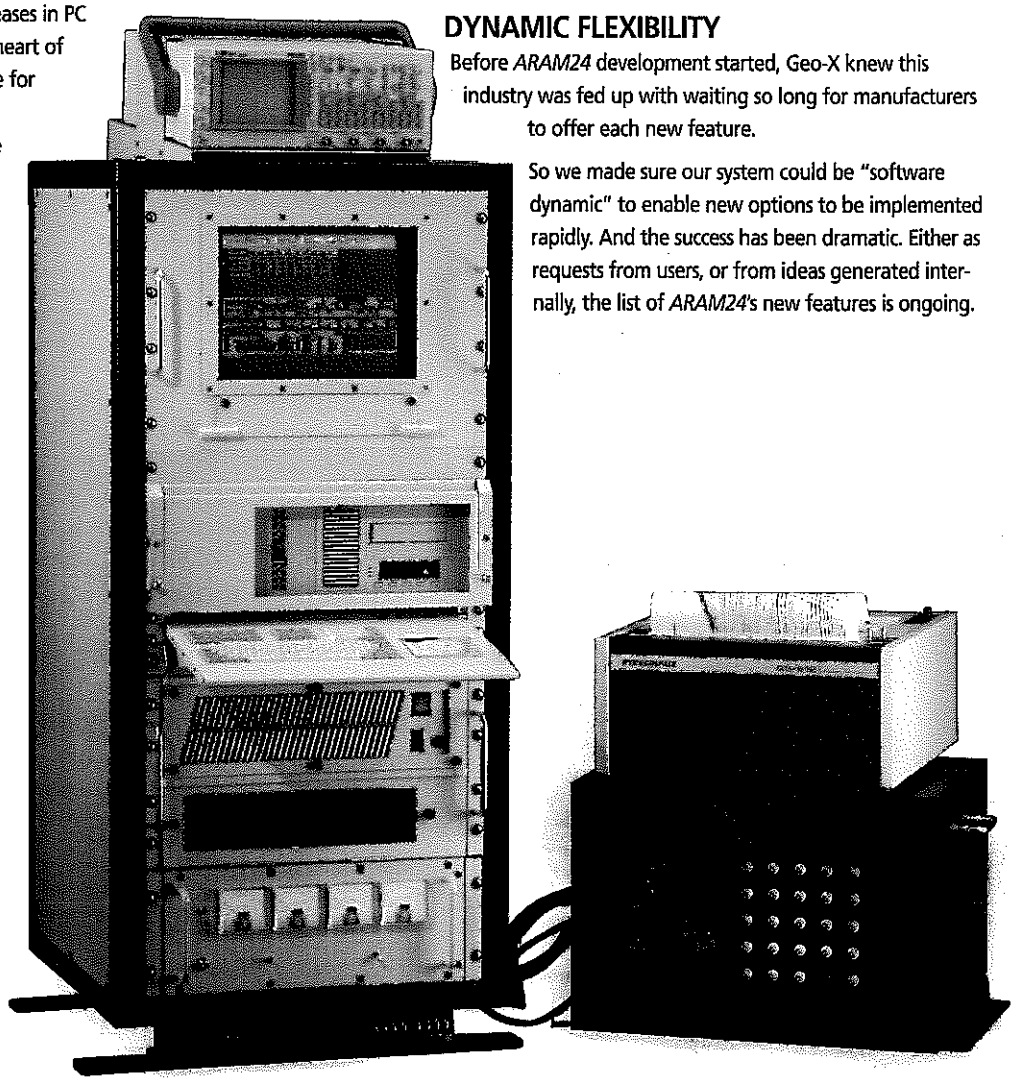
And since today's crews can record enormous amounts of data, *ARAM24* writes in SEG-Y, permitting high-speed file location through proprietary header-scan software. It's even possible to view just the data headers to verify date, time, number of channels and so on.

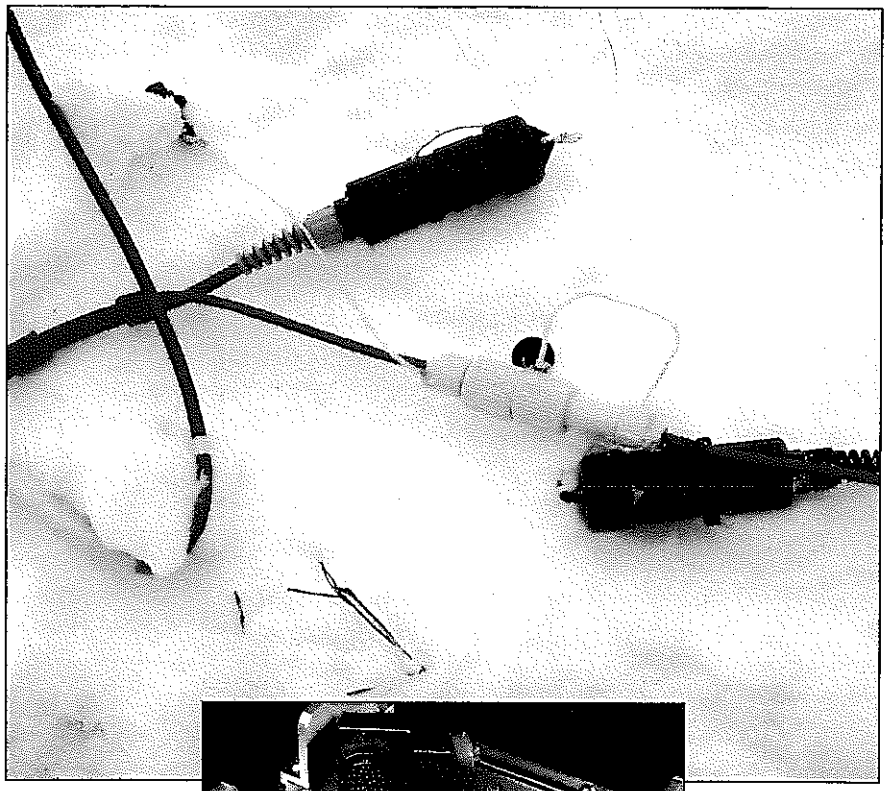
Virtually the only pieces of CRU hardware unique to *ARAM24* are housed in the "Acquisition Bucket." Interfacing directly with the CRU Pentium, the standard configuration allows a staggering 3,000 active channels at 2mS to be acquired. Upgrading in stages of 700ch/2mS requires only a single card and a few thousand dollars! Even switching from dynamite to vibroseis only requires a low-cost software upgrade, not the purchase of a bulky, expensive correlator.

DYNAMIC FLEXIBILITY

Before *ARAM24* development started, Geo-X knew this industry was fed up with waiting so long for manufacturers to offer each new feature.

So we made sure our system could be "software dynamic" to enable new options to be implemented rapidly. And the success has been dramatic. Either as requests from users, or from ideas generated internally, the list of *ARAM24*'s new features is ongoing.





Each *ARAM24* remote unit needs the connection of only one digital data pair in and out. The result is that, compared to other systems, a medium-sized *ARAM24* crew needs thousands fewer contact points for its telemetry to function. That's thousands fewer potential problems. And thanks to *ARAM24*'s encoding techniques, data bandwidth is little more than 3MHz, so cables and connectors can take more abuse before they bother you.

To quote one observer, the result of Geo-X's attention to REAL field problems is a system that "comes on and stays on." Maybe that's the reason *ARAM24* crews are so productive!

...AND MORE CONNECTORS! LINE CHANGEABLE CONNECTOR

24-bit remote acquisition modules (RAMs) tend to be far more reliable than their IFP predecessors. So nowadays the major reason to take RAMs off the line can be just to replace worn connectors.

One problem here is that RAMs can only generate profits when they're on the line and working. Another problem is that most engineers want to avoid opening the RAM box more than necessary. It can let in moisture and dirt, causing electronic noise to increase. That's frustrating when maybe the reason the 24-bit system was originally chosen was for its extremely low noise level.

But imagine "line-changeable connectors". Ones that can be changed in seconds, on the line, by untrained labour and without special tools. No more unnecessary opening of boxes and lost production. Line-changeable connectors exist as a low cost option, but only with *ARAM24*.

ARAM24 "line changeable connector". Keeping boxes on the line.

ARAM24 GEO·X SYSTEMS LTD.

ARAM24 SEISMIC RECORDING SYSTEM SPECIFICATIONS

REMOTE ACQUISITION MODULE

Number of Channels / RAM:
8

Converter:
24 Bit Delta-Sigma
(23 + Sign)

Dynamic Range:
120.0dB @ 12dB Preamp gain
117.8dB @ 24dB Preamp gain
116.0dB @ 30dB Preamp gain

Maximum Input:
1V RMS @ 12dB Preamp gain
225mV RMS @ 24dB Preamp gain
127mV RMS @ 30dB Preamp gain

Input Impedance:
20K ohms differential mode

Equivalent Input Noise:
1uV RMS @ 12dB Preamp gain
.3uV RMS @ 24dB Preamp gain
.2uV RMS @ 30dB Preamp gain

Total Harmonic Distortion:
< .0004%

Channel Matching:
Better than 1.0%

Common Mode Rejection:
> 90dB

Time Standard:
+/- 5ppm for -40°C to +70°C

Crossfeed Isolation:
> 100dB

Frequency Response:
3Hz to 1968 Hz

Anti-Alias Filters:
(Frequency at -3dB Point)
62Hz @ 4ms or 2ms sampling
82Hz @ 4ms or 2ms sampling
103Hz @ 4ms sampling
123Hz @ 2ms or 1ms sampling
137Hz @ 3ms sampling
164Hz @ 2ms or 1ms sampling
205Hz @ 2ms sampling
246Hz @ 1ms or $^1/_2$ms sampling
328Hz @ 1ms or $^1/_2$ms sampling
410Hz @ 1ms sampling
492Hz @ $^1/_2$ms or $^1/_4$ms sampling
656Hz @ $^1/_2$ms or $^1/_4$ms sampling
820Hz @ $^1/_2$ms sampling
984Hz @ $^1/_4$ms sampling
1312Hz @ $^1/_4$ms sampling
1640Hz @ $^1/_4$ms sampling
1968Hz @ $^1/_8$ms sampling

Rejection at Nyquist:
130dB

Remote Functions:
Normal Acquisition Mode
Repeater Mode
Low Power Mode
Line Termination Mode
Low Distortion Oscillator Test Mode

Power Connectors:
2 in parallel

Maximum Distance Between RAMS:
1890 ft. (576m) Twisted-Pair

Telemetry:
Twisted-Pair Wire Cable to
geophone string.
Co-ax wire or twisted pair transmission

LINE TAP UNITS:

Functions:

3 way line junction
Missing RAM detect & replace

Connections:

A Side: 1024 channels
B Side: 1024 channels
Line Side: Up to LIU Maximum

Record on Base Line:

Yes

PHYSICAL SPECIFICATIONS:

RAM: (with bumper bars and Line Changeable Connectors)

Size: W 9.25" X D 9.75" X H 4.7" (23cm X 25cm X 12cm)
Weight: 13.5 lbs (6.1kg)
Power Supply: 12 or 24 volt battery
Consumption: 290mW /Channel

Battery:

12 amp hour battery bag
Size: W 9" X D 5" X H 7" (22.9cm X 12.7cm X 17.8cm)
Weight: 18.7 lbs (8.5kg)
Recharge Time: 10 hours
Continuous Use: 85hrs. @ 20° C
Solar Panel: 3 Watt Output

Line Tap Unit:

Size: W 9.25" X D 9.75" X H 2.75" (23cm X 25cm X 7cm)
Weight: 9.7 lbs (4.4kg)
Power Supply: 12 or 24 volt battery
Consumption: 2.3W /Tap max.

Battery Charger: (Charge 10 batteries simultaneously)

Size: W 18.5" X D 16.5" X H 9.8" (47cm X 42cm X 25cm)
Weight: 38.9 lbs (18kg)
Power Supply: 110V 60cyl AC or 220V 50cyl AC

ARAM24 CENTRAL UNIT

Number of Channels:

9600 Channels @ 4ms	1200 Channels @ 1/2ms
4800 Channels @ 2ms	600 Channels @ 1/4ms
2400 Channels @ 1ms	300 Channels @ 1/8ms

Line Interface Unit Capacity:

(Look Ahead / LIU)	Up to 4000 Channels
(Recording / LIU)	Anti-Alias Filter
1280 Channels @ 4ms,	62Hz
640 Channels @ 2ms	123Hz
320 Channels @ 1ms	246Hz
160 Channels @ 1/2ms	492Hz
80 Channels @ 1/4ms	984Hz
40 Channels @ 1/8ms	1968Hz

(Receiver Lines / LIU)
The total number of lines in is limited only by the LIU channel capacity. The upper end maximum is 128 receiver lines using 128 Line Tap Units.

System Line Interface Capacity:

8LIUs, up to 128 lines per Line Interface Unit.

Recording Format:

9-Track, 3480, or 8mm cassette
Demultiplexed SEG-Y tape format in 4 byte configuration.
Demultiplexed SEG-D (8058 IEEE).

Record Length:

From SR (Sample Rate) to a maximum of 128 seconds at a 2ms SR.

Tape Transport:

MarkIV 1/2" 9-track Quad Density Tape Drive
Exabyte 8505 8mm Cassette Drive
Fujitsu 3480 Cartridge Drive
SCSI Controller

Roll-Along:

Software Controlled Automatic Roll-Along where the maximum channel handling limit is a function of the system configuration.

Calibration:

Automatic DC Offset Removal
Remote Preamp Gain Selection
Software controlled Remote Line Tap configuration

Remote Monitoring:

Low Battery
Open Cable
Converter Status
Check Sum
Serial No.
RAM Configuration
RAM Orientation
RAM Transfer
TAP Configuration
TAP Serial No.
Transmission Error*

System Testing:

Automatic Daily & Start-Up Tests
Continuous System Diagnostic Test
Hard Copy of System Integrity Test

Remote Testing:

Channel Pulse
Channel Resistance
Channel Distortion*
Channel Common Mode Rejection*
Channel Crossfeed
Equivalent Input Noise
String Pulse
String Resistance
String Distortion*
String Leakage*
Analog Crossfeed
String Noise

Data Analysis:

Multiple Scaling Options (Exponential, AGC, ...)
Polarity Reversal
Deconvolution (Spiking or Zero Phase)
NMO
Narrow Band Filtering
Bandpass Filtering
Notch Filtering
Amplitude & Phase Analysis
Data Stacking
F-K filter
3D Fold Analysis
Video & Hardcopy Output

DATA DISPLAY

Thermal Plotter:

Display from Disc or Tape
Odd/Even Displays
Selectable Playback Filters
Selectable Horizontal & Vertical Scale
Selectable Data Windows
Selectable Gain Methods
Multiple & Variable Plots per Record
Alphanumeric print out
12" or 24" Thermal Plotter

Monitor:

Wiggle / VA / Wiggle & VA
Selectable Horizontal & Vertical Scale
Selectable Gain Methods
Flip Screen Images
Instantaneous Amplitude Analysis
Filtering

VIBROSEIS OPTIONS:

Frequency Domain Correlator

(12 Second Sweep)

Correlation & Summing

400,000 Samp/Sec.

Summing Options:

Sum before Correlation
Noise Burst Edit
Diversity stack
Sum only

PHYSICAL SPECIFICATIONS:

Central Recording Equipment:

(Portable Packaging)

Operator Console:

Pentium-90 with two 8mm drives
Size: W 21.25" X D 24" X H 12"
(54cm X 61cm X 31cm)
Weight: 77 lbs (35kg)
Power: 310 watts

Fujitsu 3480 Tape Transport:

Size: W 11.5" X D 22.5" X H 13"
(29cm X 57cm X 33cm)
Weight: 59 lbs (27kg)
Power: 250 watts

Monitor & Keyboard:

NEMA 4 rated 10.4" TFT Monitor
Keyboard & Trackball
Size: W 18" X D 20" X H 11"
(45cm X 51cm X 27cm)
Weight: 48 lbs (22kg)
Power: 44 watts

Control Unit & Line Interface:

Size: W 21.25" X D 21" X H 14.5"
(54cm X 53cm X 37cm)
Weight: 77 lbs (35kg)
Power: 240 watts

OYO Thermal Plotter:

Size: W 12.25" X D 19.7" X H 13"
(431cm X 50cm X 33cm)
Weight: 42 lbs (19kg)
Power: 280 watts

Vibroseis Module:

Frequency Domain Correlator
No additional packaging/power requirement

ENVIRONMENTAL:

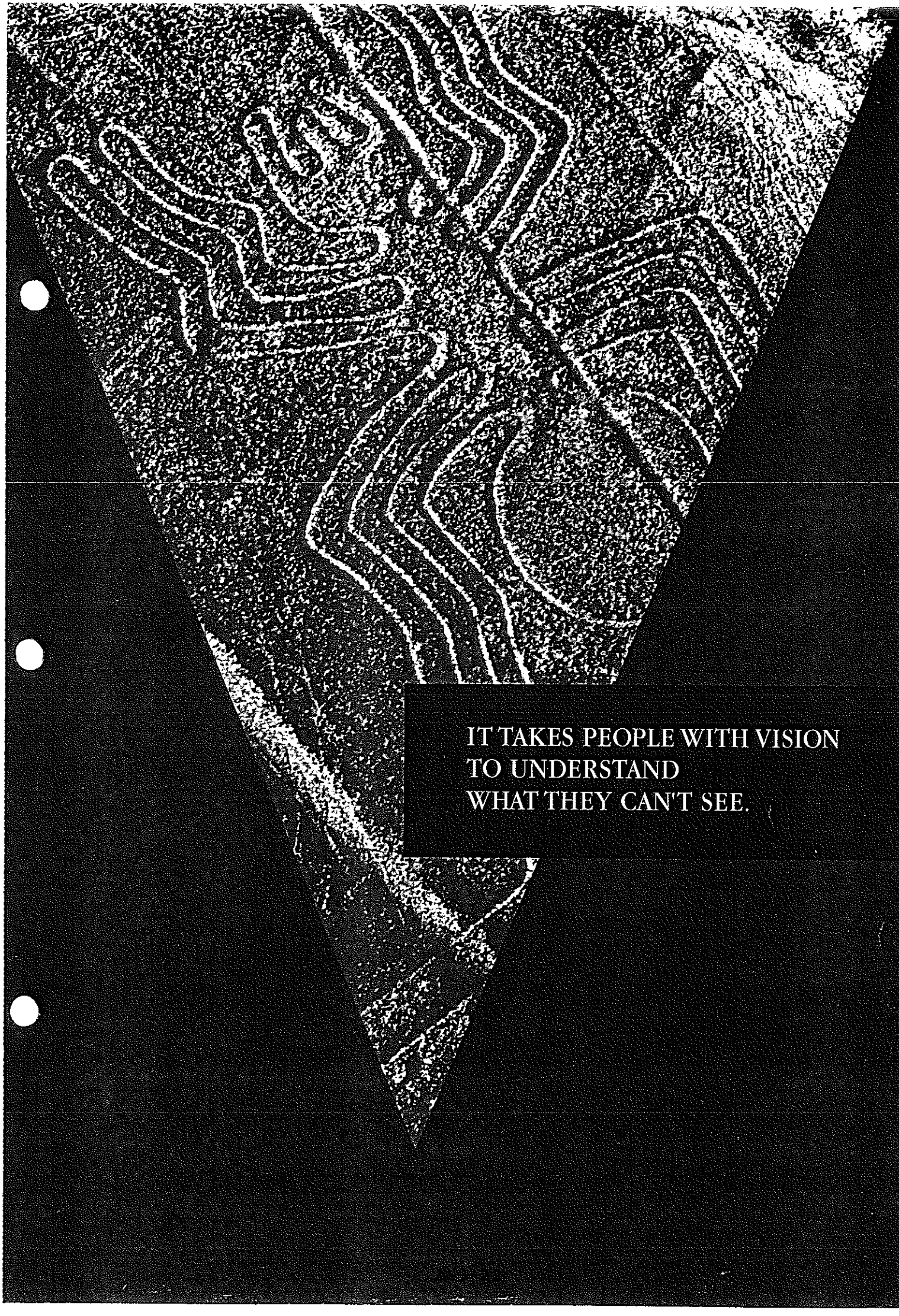
Central Recording Equipment:

Operating: 0°C to +50°C
Storage: -10°C to +70°C
Humidity: 5-100% (no condensation)

Ground Equipment:

Operating: -40°C to +70°C
Storage: -45°C to +85°C
Humidity: 5-100%

* New Testing Capabilities. **Note:** Ram MK II contains a downloadable low distortion oscillator capable of outputting up to a 8 sec. test signal.


IT TAKES PEOPLE WITH VISION
TO UNDERSTAND
WHAT THEY CAN'T SEE.

VISION 8000 SYSTEM ARCHITECTURE

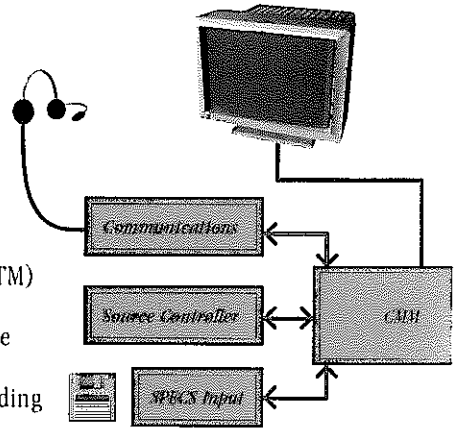
GEDIZED, COMPACT, MODULAR COMPONENTS

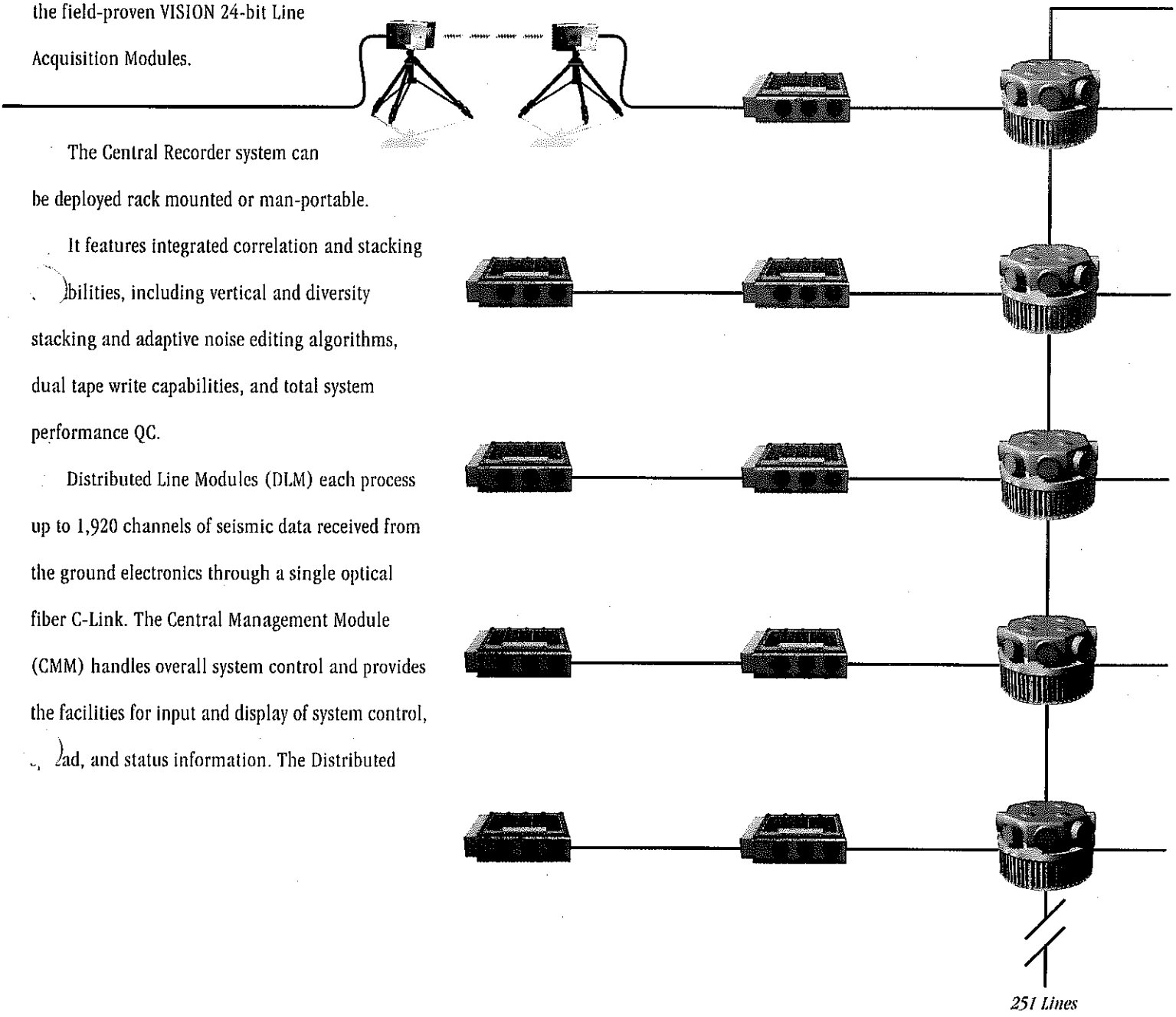
The VISION 8000 recording system is based on a pipelined, VME RISC workstation architecture with revolutionary crossline telemetry interfacing the field-proven VISION 24-bit Line Acquisition Modules.

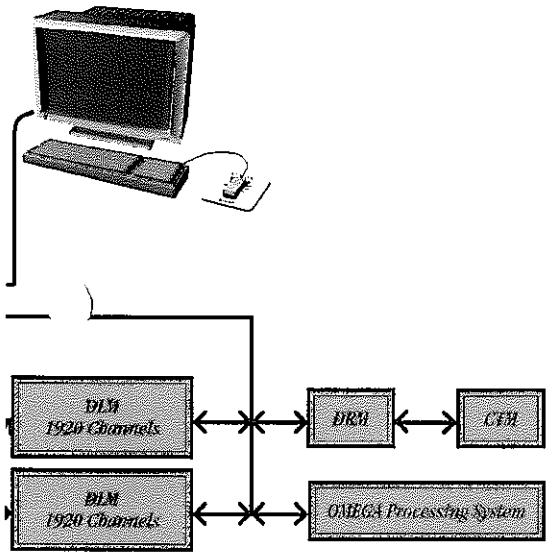
The Central Recorder system can be deployed rack mounted or man-portable.

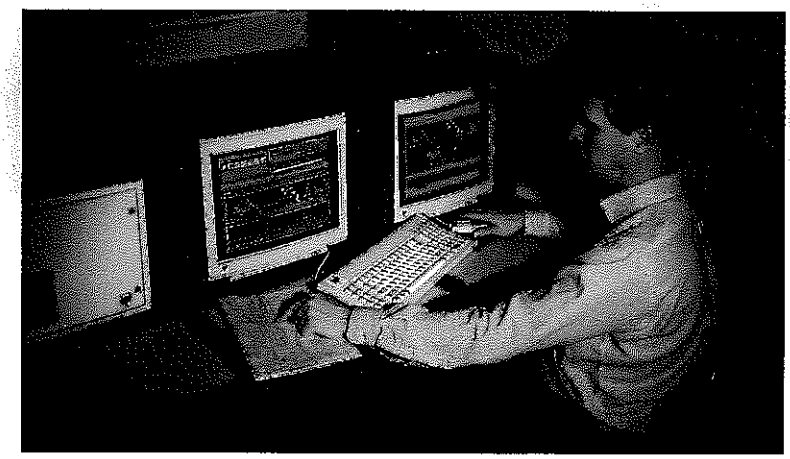
It features integrated correlation and stacking bilities, including vertical and diversity stacking and adaptive noise editing algorithms, dual tape write capabilities, and total system performance QC.

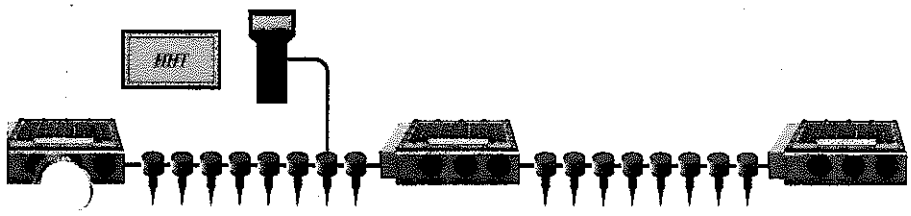
Distributed Line Modules (DLM) each process up to 1,920 channels of seismic data received from the ground electronics through a single optical fiber C-Link. The Central Management Module (CMM) handles overall system control and provides the facilities for input and display of system control, ad, and status information. The Distributed Recording Module (DRM) interfaces the system with the Cartridge Tape Module(s) (CTM) housing the recording media. Up to seven tape modules may be interfaced to the DRM, providing the ultimate in recording media flexibility.

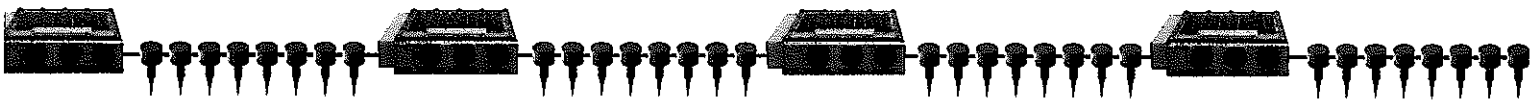


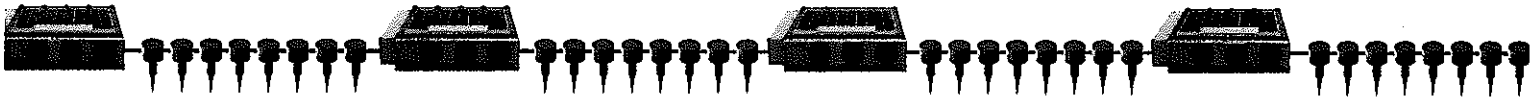












Key specifications of the VISION 8000 system

Total active channels	*7,680*
No. of lines	*251*
Active channels per line	*1,024*
Roll capacity	*Virtually unlimited*
Inter-record deadtime	*750 ms (max)*
Channels per DLM	*1,920*
C-Link channel capacity	*3,840*

VISION 8000™ SPECIFICATIONS

SYSTEM SPECIFICATIONS

SEISMIC

Recording Capacity

7,680 channels maximum @ 2 and 4 ms

3,840 channels maximum @ 1ms

Auxiliary Channels

8 channels

Automatic reference sweep quality check

Additionally, any system channel may be mapped to an auxiliary channel.

Sample Interval

1, 2, and 4-ms

Record Length

1 to 99 sec in 512-ms intervals - reduced at channel capacity limits

Dynamite 64 sec at maximum channel capacity

Vibroseis 54 sec (correlate before stack) at channel capacity

Vibroseis 16.5 sec (correlate after stack) at channel capacity

Calibration

Automatic DC offset removal

Automatic gain calibration

Summing and Correlation

Full precision, floating point, frequency domain

Noise editing

Vertical and diversity stack

Real-time correlation

Correlate before or after stacking

Orthogonal sweeps

- Preload up to 16 pilots
- Two pilot sweeps per crew

3-D SPREAD CONTROL

Complete flexibility of 3-D Spread Control

Roll options

Line roll

Spread roll

Scatter shooting

Flexible offend, roll-on, and roll-off options.

Roll Capacity

Greater than 100-km roll capacity for any number of lines and channels (up to system capacity), with 50-meter group intervals

Preplan Control

Complete preplan control of spread configuration

Quick, on-line modification of preplan

Complete system parameter entry from preplan

Maximum Configurations

Maximum LAMs per segment	254
Maximum LAMs per line	508
Recorded and look-ahead channels per segment	512
Recorded and look-ahead channels per line	1024
Maximum number of lines	251

Crossline Configuration

CL-Units (crossline units) may be placed at any convenient place in the line.

QUALITY CONTROL, MONITORING, AND TESTING

Shotpoint QC

For each channel on each record, the system checks the following parameters against defined thresholds

- Dead traces
- Noisy traces
- Telemetry errors
- Total number of bad traces
- Maximum number of consecutive bad traces

Correlation QC

Correlation wavelet automatically verified for each record.

Monitoring Capabilities

Dual-trace oscilloscope
Single-channel and multichannel monitor output
Digital camera interface
Operator console and auxiliary monitor

Look-ahead Testing

Performs full range of instrument tests on any channel defined.

Instrumentation Test Capability

Automated daily and monthly test and analysis
Manual test operation
Instrument tests
- Noise (peak and rms)
- Spectral analysis
- Impulse response
- Total harmonic distortion
- Common mode rejection
- Pattern tests

Electronic Logs

Observer log
Shotpoint summary
System logs
- Observer's log format can be completely customized.
- Observer's log may be printed on-line and/or as a summary at the end of the day.

Spread Testing

Fully test geophone groups in place
Automatically detects non-planted geophones
Tests typically run as part of daily tests and for all look-ahead channels before rolling into new groups
Characteristics tested
- Continuity
- Leakage
- Impedance
- Total harmonic distortion
- Sensitivity
- Damping
- Natural frequency
- Crosstalk

Source Position

Logs and validates source DGPS position

Remote Status Monitoring

Exception monitoring and display
Monitors and grades against threshold specification
- Temperature
- Line voltage
- Battery voltage
- Power supply voltages
- Dead or low-amplitude channels
- Transceiver equalizer gain

Telemetry exceptions
- Command and data violation
- Command and data parity error
- Framing error
- CRC error
- No data received

Unit exceptions
- Hardware error
- Software error
- Abnormal mode

Recording System Diagnostics

Automatic board diagnostic software locates defective boards in the recording system modules.

Transfer to Processing System

Direct connection to Omega® processing system
Transfer up to 2,000 channels in real time
SPS output

OPERATOR INTERFACE (OIC)

Easy to use X-Window™/Motif™ operator interface. A single operator can operate a several thousand channel system.

Programs

Error logger

Acquisition sequencing

- Vibroseis acquisition
- Explosive and air-gun acquisition

System parameters

Observer log

Diagnostics

Mapping display

Real-time spread display

Preplan

- Displays can be either in logical or geographical (actual positions)
- Background topographical (or other map view) may be displayed along with equipment displays.
- Thematic (objects) or bitmap backgrounds.

Documentation

Complete context sensitive help available on line from any window

Complete operator's manual available on line

MYRIASEIS* II

AMPHIBIOUS RADIO TELEMETRY RECORDING SYSTEM

GEOMECANIQUE

CGG

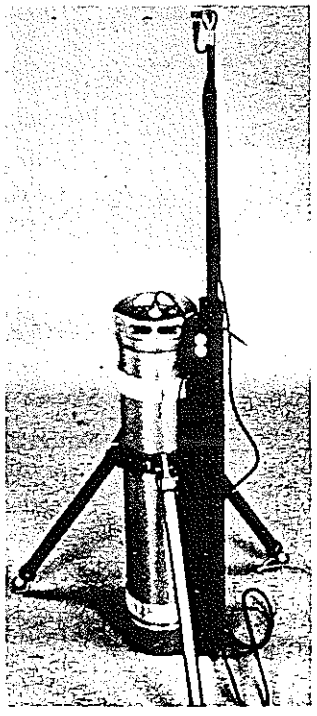
NEW DEVELOPMENTS

- Full capability to mix cable and radio transmission in harsh environments.
- Flexibility to use any energy sources (air gun, dynamite, Vibrators...)

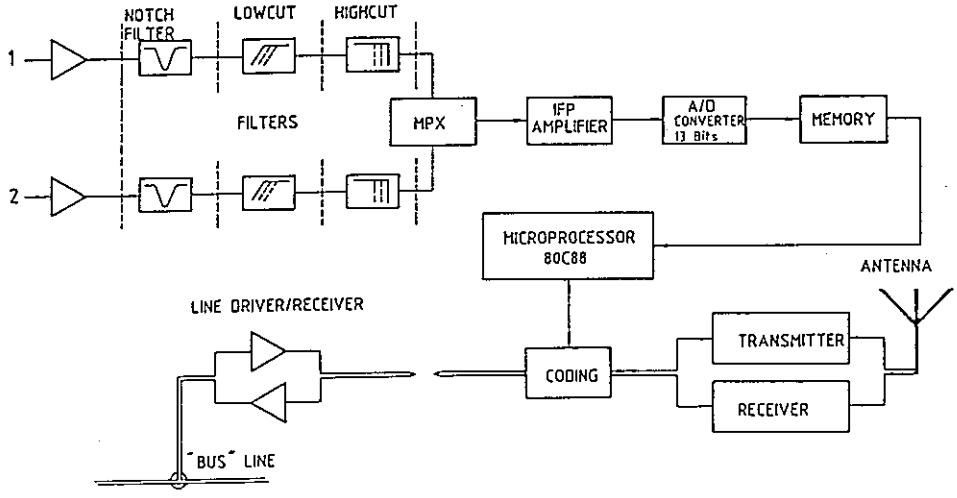
TELEMETRY STATION UNIT (TSU)

Each TSU comprises :

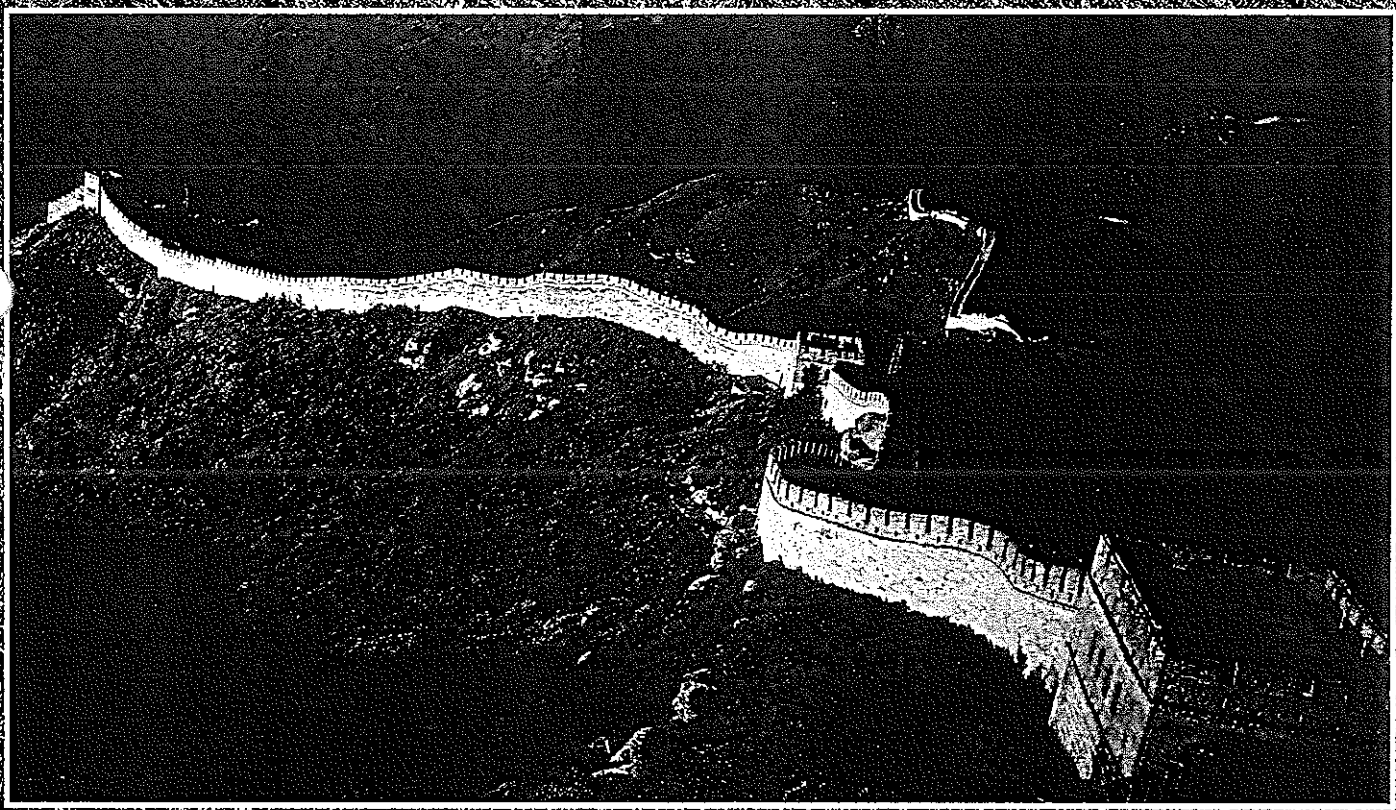
- a two channel analog filtering and amplification system for seismic data provided by the sensors ;
- a digital-to-analog converter ;
- a digital memory for storing the seismic samples from a trace ;
- a microprocessor used to manage the memory and dialogue operations between the TSU and the CRU ; this microprocessor is also used to stack successive seismic shots ;
- a radio receiver to receive orders from the CRU ;
- a radio transmitter for transmitting seismic data previously stored in a memory to the CRU ;
- a battery with an autonomy of up to five days depending of the mode of operation ;
- each TSU weighs 10 kilograms.



MYRIASEIS II
DUAL CHANNEL CIRCUIT DIAGRAM



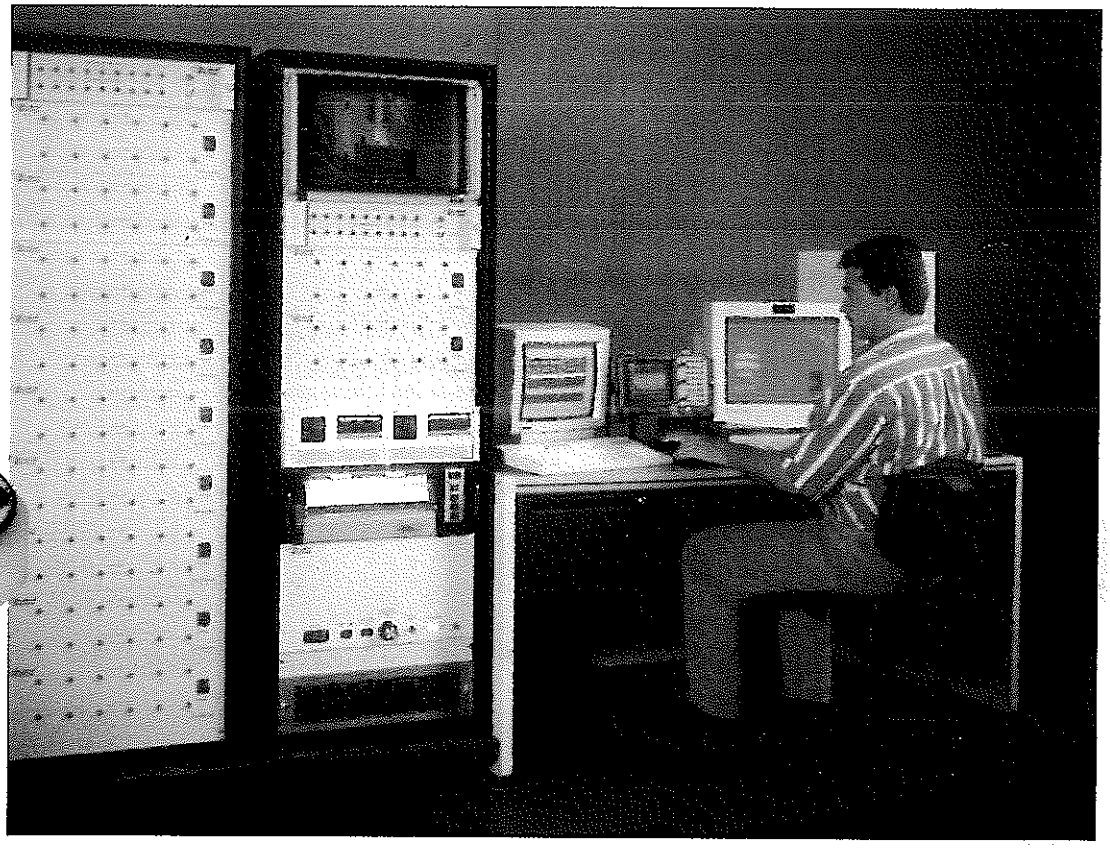
GAIN AN UNFAIR ADVANTAGE IN THE WORLD'S MOST CHALLENGING EXPLORATION ENVIRONMENTS



TELSEIS® STAR SYSTEM

THE TELSEIS® STARSTATION

TELSEIS StarStation provides an integrated solution for immediate decisions in the field. The ever increasing need for higher crew productivity demands that answers are provided without delay to help in managing complex 3-D programs and the ability to perform state-of-the-art data processing in the field.



TELSEIS® STAR STATION

TELSEIS® Star System

SPECIFICATIONS

RECORDING SYSTEM

Recording Computer
32 Bit, VME bus, floating point computer, 64MB standard memory (expandable to 256MB), dual hard disk drives, optional 160MFLOP array processor (up to 640MFLOPS available), rasterizer, UNIX operating system software.

Control & Line Management
VME based 486 PC with 1.44MB 3.5" floppy disk drive for control & line management, MS DOS & Windows operating system software. Operator input via pointing device and keyboard. Color graphics monitor displays current condition of spread.

Data Storage
IBM 3480 compatible 38000 BPI cartridge drive, or 9 track ½" 6250 BPI tape drive. Other SCSI storage devices available.

Recording Format
SEGD 8024, SEGD 8048, SEGD 8058 and SEGY demultiplexed data formats.

Plotter
Direct thermal plotter, 80 dots per cm (203 dots per inch).

High Pass Filters
Digital filter threshold frequencies selectable in 1Hz increments. Slope: 6 to 60 dB per Octave.

Notch Filters
Digital filtering of 50 or 60 Hz before data transfer to tape or plotter. Selected by operator.

Seismic Trace and Line Capability
16380 maximum traces; up to 32 active lines.

Data Receivers
12 multi-trace receivers per mainframe unit.

Data Receiver Sensitivity
Bit error rate of 10^{-6} with RF signal to noise ratio of 17dB.

Antenna System
High Gaih, Yagi array with RF preamplifier and rotator.

Command Transmitter
RF Power: 30 watts (nominal).

Recorder Environmental Specifications
Ambient Temperature: 0°C to +50°C. (+32°F to +122°F)
Humidity: 5 to 95%, non-condensing.

Operating voltage
220VAC, 50/60Hz

Vibrator Option
Addition of Pelton Advance II sweep generator or equivalent and Fairfield proprietory vibrator software package.

Optional Portable Recording System
Individual hardware modules can be mounted into portable, waterproof, dustproof, shock and vibration absorbing aluminum or plastic cases for portability.

Width: 53.3 cm (21") max
Height: 39.4 cm (15½") max
Depth: 81.3 cm (32") max
Weight: 45 kg (100lb) max, fully loaded

Actual case dimensions and weights depend on individual hardware module sizes and are typically less than those stated above.

4 handles for lifting.

System RF Specifications
- Telemetry RF Band: 214 to 230MHz (up to 384 individual radio frequencies).
- RF Channel Spacing: 20 KHz.

Giving you the TELSEIS *Advantage in all Applications and Environments*

TELSEIS® STAR SYSTEM

Fairfield Industries, TELSEIS® System Division, 10627 Kinghurst Drive, Houston, Texas, 77099 USA. (03/96)

TELSEIS® Star System

SPECIFICATIONS

REMOTE UNIT WITH 24 BIT ADC

Sample Rate
1/4, 1/2, 1, 2, 3 and 4 milliseconds.

Number of Traces
4 Traces per Remote Unit.

ADC Resolution
24 bits (23 plus sign).

Crossfeed
Unmeasurable between Remote Units
>100dB between traces in same Remote Unit, typically 108dB.

Harmonic Distortion
0.001% THD with external input signal 3dB below maximum.
Typically 0.0007%.
0.002% typical with internal oscillator.

Preamplifier Gain
24, 36 & 48 dB

Equivalent Input Noise
0.13μV @ 48dB, 0.06μV typical
0.35μV @ 36dB, 0.18μV typical
1.25μV @ 24dB, 0.60μV typical
(100Hz bandwidth and 1kΩ source impedance)

Maximum Input Signal
20mV rms @ 48dB
80mV rms @ 36dB
320mV rms @ 24dB

Instantaneous Dynamic Range - S/N
108dB @ 24dB, typically 114dB

Timing Standard
±0.001%

Gain Accuracy
±1.5% trace to trace, typically ±0.5%

Common Mode Rejection Ratio
>100dB @ 24dB preamplifier gain.
Typically 120dB @ 36dB & 48dB.

High Cut Filters (Digital)
103, 137, 206, 412, 824 & 1648 Hz.

Synchronization Accuracy
±250μs between Remote Units, typically <100μs.
Synchronous between traces within same Remote Unit.

Input Impedance
10kΩ (differential).
Other impedances available.

Data Memory Capacity
256,000 samples per Remote Unit - Dynamite.
69,000 samples per Remote Unit - Summing.

Summing Capability
Up to 255 profiles.

Test Features
Filter Impulse Response
System Noise
Gain Accuracy
Harmonic Distortion
Crossfeed
Ambient Spread Noise
Sensor Impulse Response
Sensor Leakage

Monitoring Features
Ambient Dynamic Range
RF Error Detection
Battery Status
Operational Parameters
Moisture Ingress Detection

Battery Operating Life
5-7 days in normal mode; almost indefinite with optional solar charger.

RF Power
1 Watt nominal. Automatic power stepping (to lower power levels).

Physical - Including Internal Battery

Diameter:	11.4 cm (4.5")
Height:	91.4 cm (36")
Weight:	9.5kg (21 lb)

Antenna
Coaxial Omni-directional Dipole.

Height:	173 cm (68")
Weight:	400gm (14oz)

Floatation Collar

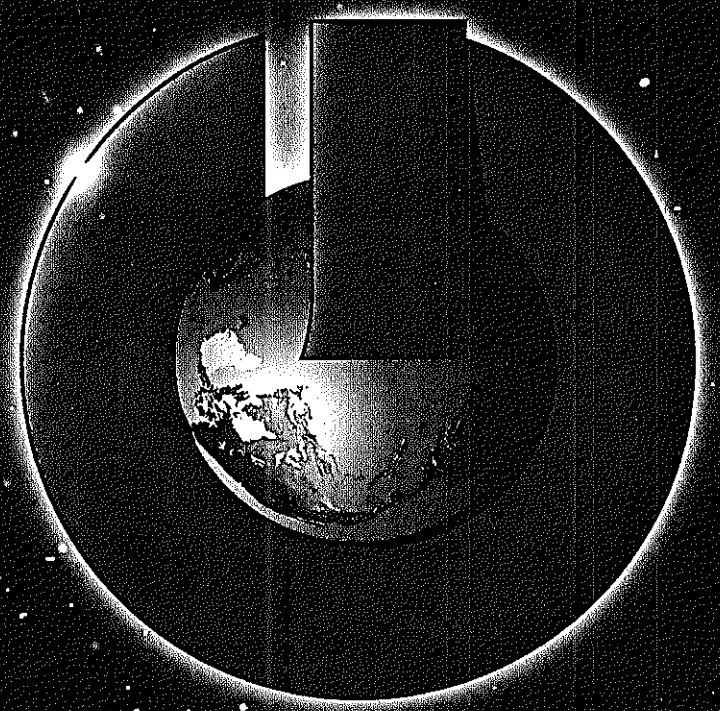
Diameter:	48.3 cm (19")
Thickness:	7.5 cm (3")

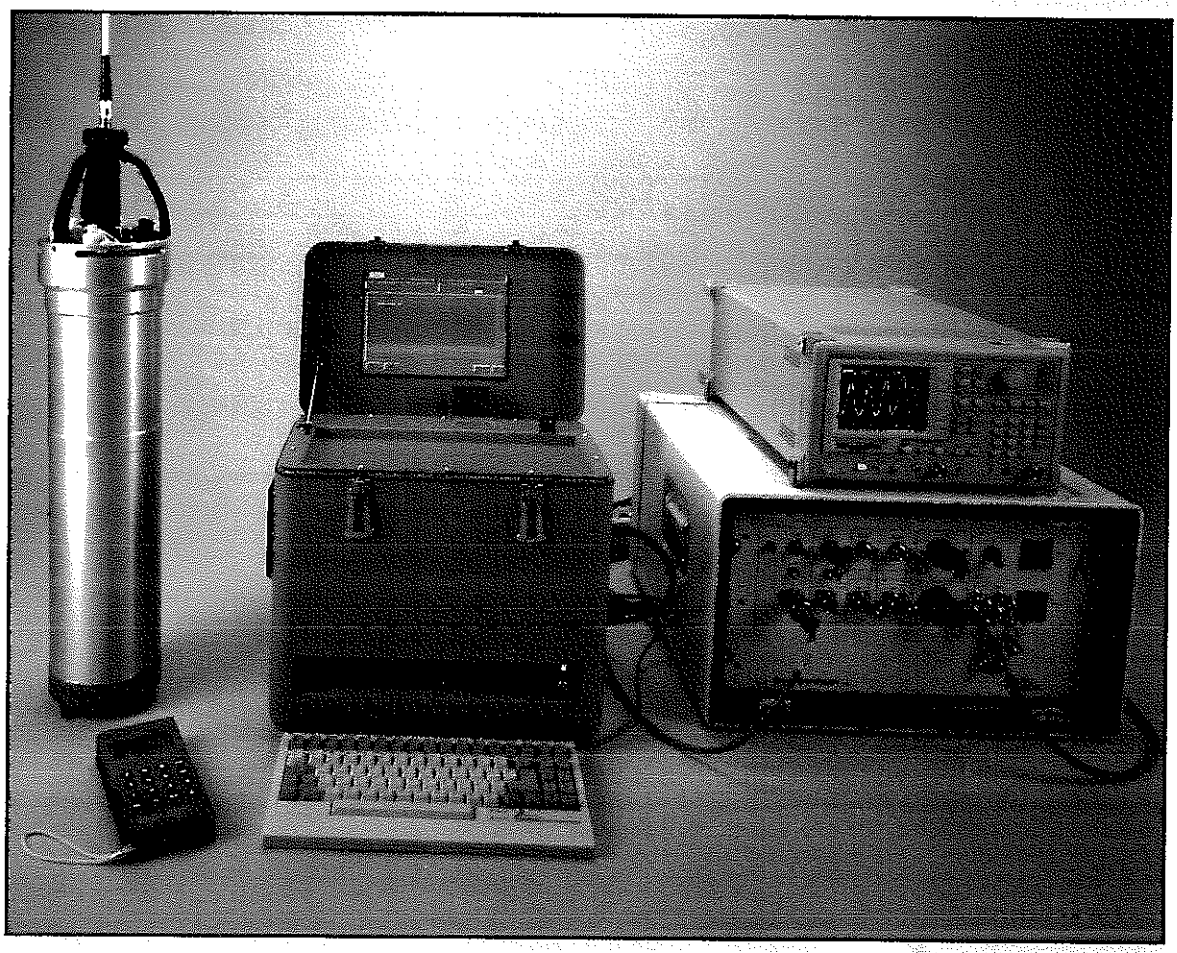
Operating Temperature Range
-35°C to +70°C (-31°F to +158°F)

Giving you the TELSEIS *Advantage in all Applications and Environments*

TELSEIS® STAR SYSTEM

SYNTRON POLYSEIS™ SYSTEM





Portable Recording Unit

RADIO TELEMETRY

The radio transmission system uses a digital modulation technique to transmit data at a very high data rate in reduced radiowave spectrum.

Transmission ranges of three to four kilometers are attained at power levels as low as 100 milliwats. This allows for simpler radio licensing in many countries. In many cases, no licensing is necessary. A special error correction system increases the data transmission reliability making it comparable to a cable telemetry system. Transmission ranges in excess of 20 kilometers have been obtained with one watt and up to 35 kilometers with ten watts.

MODULARITY

The PolySeis™ System is a modular design consisting of the following primary modules:

- The Remote Telemetry Unit (RTU) The RTU is available in a 3-channel configuration for the marine buoy (RTU/B) version and can accomm date up to six channels for the land unit (RTU/L).
- The Data Concentrator Unit (DCU) receives data from the RTU and retransmits it to the recording system.
- The Portable Recording Unit (PRU) module's primary function is to provide data recording at the DCU. The unit also functions as a field test unit and acts as the primary recording unit for small arrays of one to 480 channels.
- The Central Recording Unit (CRU) is designed to provide central recording for multiple DCUs to process received data, and to control command functions at the DCUs.

Syntron

A SUBSIDIARY OF GEOSCIENCE CORPORATION

PolySeis™ System
Specifications

♦ RTU

Number of Traces:	Up to 3 with RTU/B Up to 6 with RTU/L
Sample Rate:	.25, .5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16 msec
ADC Resolution:	24 bits (23+sign)
Preamplifier Gain:	12, 24, 36 and 48 dB
Maximum Input Signal:	795.5 mV RMS @ 12 dB preamp ± 2% 198.9 mV RMS @ 24 dB preamp ± 2% 49.7 mV RMS @ 36 dB preamp ± 2% 12.9 mV RMS @ 48 dB preamp ± 2%
Equivalent Input Noise: @ 2 ms Sample Rate @ 24 dB Preamp	0.16 μV RMS typical 0.4 μV RMS maximum (3 - 206 Hz)
Instantaneous Dynamic Range:	118 dB @ 2 ms Sample Rate @ 12 dB Preamp
Harmonic Distortion: @ 2 ms Sample Rate	0.0005% THD typical 0.001% THD maximum
Total Dynamic Range:	140 dB
Calibration:	Automatic Gain Automatic DC Offset Removal
Crossfeed Between Traces in Same RTU:	>100 dB
Common Mode Rejection	> 100 dB @ 24 dB Preamp
Gain Accuracy:	0.2% Channel to Channel
Input Impedance:	Differential mode 200 kΩ in parallel 11 nF Common mod 50 kΩ in parallel 44 nF
Anti-Alias Filters: Cut Frequency @ -3 dB	1652, 824, 412, 274, 206, 137, 103, 68.7, 51.5, 34.3 and 25.7 Hz
Digital Low-Cut Filters:	16 frequencies: 2 to 60 Hz
Synchronization Accuracy:	Radio: ± 25 μs typical, < ±50 μs maximum Line: ± 8 μs
Telemetry Link:	Radio (TFM), wireline and combination of both
Telemetry Cable:	Twisted pair wire conductors
Antenna Type:	Horizontal: Symmetrical dipole Vertical: Omnidirectional whip

* Physical Dimensions

RTU/B		*RTU/L*	
Diameter:	150 mm (5.9")	Width:	220 mm (8.6")
Height	733 mm (28.9")	Length:	390 mm (15.3")
Weight:	12 kg (26.5 lb)	Height:	115 mm (4.5")
		Weight:	8 kg (17.6 lb)

* Test and Monitoring Features

All tests are remotely selectable and analyzed in the field.

- Impulse Response
- Battery Voltage (Low voltage cut-off)
- Ambient Spread Noise
- Operational Parameters
- Sensor Leakage
- Geophone and Hydrophone Performance Test
- Crossfeed
- Time-break Accuracy
- Anti-phase Stack Test
- Autocorrelation

* Internal Test Oscillator

6 Different Sine Wave Frequencies:	7.8, 15.625, 31.25, 62.5, 125, 250, 500 Hz
Distortion:	0.001% typical

* Integrated Processing Capabilities

- Stack Only
- Diversity Stack
- Digital Filtering
- Notch Filtering
- Noise Editing: Zeroing
- Correlation before and after stack
- Autoadaptive Preamplifier Gain

Syntron, Inc., 17200 Park Row, Houston, Texas 77084 USA, TEL 281-579-7700, FAX 281-579-7505, TLX 36732

PolySeis™
Specifications

* Reliability Specifications
(Based on MIL-STD 781D & 810E)

Temperature (high):	MIL-STD-810E, Method 501.3, +70°C
Temperature (low):	MIL-STD-810E, Method 502.3, -40°C
Vibration:	MIL-STD-810E, Method 514.4, Cat 3
Shock:	MIL-STD-810E, Method 516.4, Proc IV
Salt Fog:	MIL-STD-810E, Method 509.3, Corrosion effects

* Transmission Characteristics
All parameters are remotely selectable from the Central Unit

Frequency Channel
Transmitter Power
Data Rate

◊ Transmitter (Telemetry)

Frequency Bands:	68-88 Mhz or 214-234 Mhz
Frequency Step:	25 Khz or 20 Khz
Switchable Power:	1 μW to 10 W
Type of Modulation:	TFM (Tamed Frequency Modulation)
Switchable Bits Rate:	100, 200, 400 Kps

◊ Receiver (Commands)

Frequency Bands:	68-88 Mhz or 214-234 Mhz
Frequency Step:	25 Khz or 20 Khz

♦ POWER SUPPLY

* RTU/B (Buoy)

- ◊ Battery Autonomy: 40 to 60 continuous hours, depending on testing and power setting
- ◊ Power saver feature by means of On/Off timer remotely controlled from the Central Unit to extend the battery life

* RTU/L (Land Unit)

- ◊ Internal Battery autonomy: 30 hours in normal mode
- ◊ Autonomy not limited with use of solar panel
- ◊ Optional external battery pack 8 to 9 days in normal mode
- ◊ Power saver feature by means of an On/Off timer remotely controlled from the Central Unit to extend the battery life

♦ DATA CONCENTRATOR UNIT (DCU)

Transmission link between RTU and DCU, and DCU to/from CRU:	Radio or wire line combined fiber-optic cable
External Power Voltage:	12 Vdc ± 10%
Dimensions (H x W x D):	320 x 534 x 560 mm
Weight:	35 kg (77.16 lb)
Operating Temperature:	-30°C to +55°C

* DCU Cable

Twisted pair wire conductors

Maximum distance between RTUs:	600 m (1968.5')
Maximum distance between DCU and first RTU:	600 m (1968.5')

* DCU Transmitter (Commands)

RF Band:	68 to 88 MHz / 214 to 234 MHz
Frequency Step:	25 Khz or 20 Khz
Switchable RF Power:	100 mW, 1 W, 10 W
Temperature Range:	-30°C to +70°C

* DCU Receiver

1 up to 4 channels

RF Band:	68 to 88 MHz / 214 to 234 MHz
Frequency Step:	25 Khz or 20 Khz
Modulation:	Tamed Frequency Modulation
Switchable Data Rate:	400, 200 or 100 Kbps
Temperature Range:	-30°C to +55°C

Syntron, Inc., 17200 Park Row, Houston, Texas 77084 USA, TEL 281-579-7700, FAX 281-579-7505, TLX 36732

◆ INFRARED COMMAND UNIT (IFU)

Transmission Range:	3 m average
Interconnections:	Serial link for connecting a Differential GPS System
Keypad & LCD:	Sealed
Hand-held Packaging:	Solid aluminum, waterproof

◆ PORTABLE RECORDING UNIT (PRU)

Consists of DCU and Ruggedized PC

Processor:	Intel Pentium or Intel 486
Memory Cache:	256 Kbytes external cache SRAM
Power Supply:	12 Vdc
Recording Medial Devices:	SCSI device for seismic data record (Options): 3480 type tape drive or removable hard disk; or, 4 or 8 mm DAT device; or, 9-track 6250 tape drive
Channel Capacity:	480 with one PRU 960 with two PRUs
Maximum Acquisition Length:	16 sec @ 1 ms 32 sec @ 2 ms
Recording Format:	SEG-D 8058 (IEEE) SEG-2 32-bit FP (IEEE)
Remote Status Monitoring:	Battery Voltages Field Noise Data Transmission Errors Telemetry Commands Errors RF Power Level (in radio TX) RTU and DCU Status ADC Overdrives
Monitoring Capabilities:	Digital AGC Digital Camera: OYO DFM-480

◆ CENTRAL RECORDING UNIT (CRU)

Power Supply:	110 or 220 Vac
Tape Drive System:	Dual IBM 3480-compatible cartridge tape drive system
Plotter:	One OYO GS 612
Graphics Display:	One 1280 x 1024 high resolution 50.8 cm (20") or 53.34 cm (21") color graphics monitor
Recording Format:	SEG-D 8058 (IEEE)
User Interface:	Motif/X-Windows Windowing User Interface

* VME Chassis

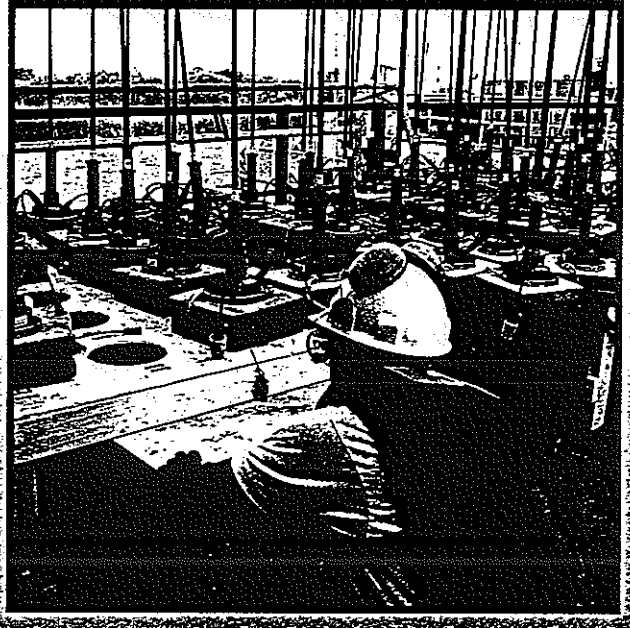
Chassis:	Custom 6U/9U
One SPARC 10 Embedded Workstation:	1280 x 1024 S-Bus graphics board Sun keyboard and mouse Ethernet card 1 Centronics printer port 1 Gbyte hard disk drive
Telemetry Interface Unit (TIU) Board:	1; with two ports each communicating with a string of DCUs
Data Collector Board:	1
Data Processor Board(s):	1 or 2
Rasterizer Board:	1
Interface Boards:	1 SCSI tape I/F board 1 fiber-optic I/F board 1 source controller I/F board

* System Capabilities

Radio or Cable Configuration:	In excess of 8000 channels; in dynamite or vibroseis mode
Number of Auxiliary Channels:	0 ... 20
Number of DCUs:	20 maximum (10 per fiber-optic line)

Digiseis-FLX

radio telemetry acquisition system



Schlumberger Geco-Prakla

Digiseis-FLX

radio telemetry acquisition system specifications

Central processing equipment

Seismic Trace Capacity: real-time maximum channels: 1536 @ 4 msec, 768 @ 2 msec, 384 @ 1 msec; up to 65,000 in stored data modes

Tape Recording: SEG D 8024 (two byte quaternary demultiplexed) at 6250 BPI on ½ in. tape, 64 kbyte per trace record limit, drive autochange

Monitor Records: paper or video display and hex dump; fixed, ramp or AGC gain control 0 to 126 dB in 1 dB steps

Data Retrieval: multiple modes used as needed: real-time, stretch, storage, bucket brigade and noise preview

System Processor: multiprocessors for system control, graphics, acquisition playback gain and telemetry control

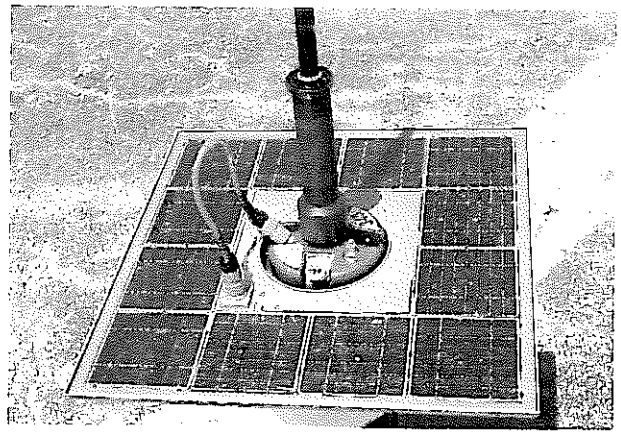
Operator Interface: keyboard and video monitors for text and graphics; menus to define spread, set acquisition and recording parameters, monitor status, and control operations and test

Remote Control of Parameters: control via radio of sample rate, DAU active traces, preamp gain, high-cut and low-cut filter response, RF and test signal generator functions

On-Line Monitor Functions: multiplexed display of sensor activity and telemetry errors, shot process monitor, exceptions report of process errors, shot and observer logs, RF Spectrum, noise preview, DAU status

DAU Test Functions: seismic channel sine wave and pulse response, offset, noise, distortion, amplitude, filter response, dynamic range, sensor presence, timing stability (drift), automatic sequence with analysis

CPE Test Functions: control processor executes extensive self-test and checks operational state of memory and other processing elements, tape drive test functions, oscillograph test patterns



DAU fitted with intelligent solar panel for smart battery management.

Data Acquisition Unit (DAU)

Sample Interval: 1/4 , 1/2 , 1, 2 or 4 ms

Active Channels per DAU: 1 to 4, all sample rates

Crossfeed - 3 to 125 Hz: 100 dB minimum

Input Impedance: 10 K differential

Common Mode Rejection: 85 dB minimum from 15.625 Hz to 62.5 Hz

Preamplifier Gain Factors, remotely set

x4	x16	x64	x256
(12 dB)	(24 dB)	(36 dB)	(48 dB)

Noise - (RTI) µV RMS - 8 to 218 Hz with 1 kΩ input termination

1.4	0.57	0.28	0.17

DC Offset - (RTI) µV with 1 kΩ input termination

20	5	1.25	0.313

Dynamic Range - dB (FS to noise RTI)

120	116	110	102

Maximum Input Voltage - mV, RMS

1448	362	90	22

Maximum Input Voltage - mV, peak

2048	512	128	32

Spread (or System) Dynamic Range (near trace FS to far trace noise): 138 dB

Distortion - THD, 8 to 218 Hz,: 0.05% at full scale -1.5 dB level

Gain Similarity: +/-1.0% of full scale, channel to channel at midband

DAU Data Processing Resolution: 24 bit, fixed point

Telemetered Resolution: 16 bit, floating point (sign bit, 12 bit mantissa and 3 quaternary gain bits)**

** 24 bit available Q1 1996

Timing Accuracy with Tweaks Active: +/- 0.0002%

Synchronization accuracy: +/-20 µsec plus radio propagation delay

High-Cut Filters: 3 dB corners at 109, 218, 432, Hz, for 4, 2, 1 milliseconds Base Scan Interval; minimum of 72 dB reject from Nyquist onward

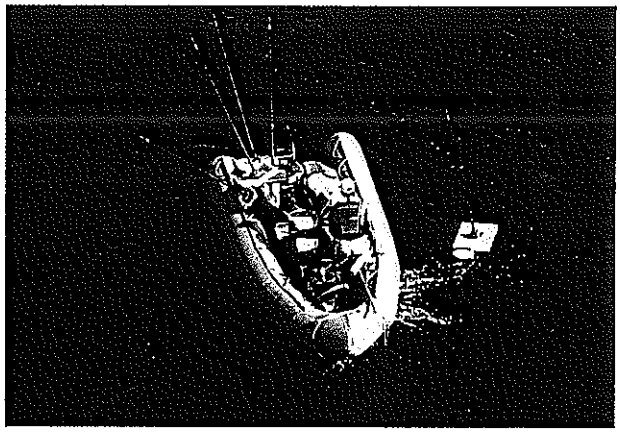
Low-Cut Filters: fixed pole at 3.0 Hz with slope of 6 dB per octave plus a 3 dB corner selectable from seven frequencies with a slope of 24 dB per octave or filter bypassed

Test Signal Generator: two signal sources, each generating pulse or sine wave. Total dynamic range greater than 100 dB

Battery Operating Life @ 25°C (without optional solar panel): minimum 12 hours for 2 traces at maximum duty cycle, extended to several days with reduced duty cycle use

DAU Antenna: wide band vertically polarized coaxial dipole in a ruggedized housing

Data Storage: 48,000 samples



DAU deployed from inflatable.

Data telemetry link

Frequency Band: 66 MHz to 82 MHz by digital frequency synthesis

Channel Spacing: 10 or 20 kHz standard, synthesizer allows variable

RF Channels Active: currently 384

Range: typically in excess of 15 km over water

Bit Error Rate: less than one bit error per million bits at 23 dB signal/noise received at -72 dBm

DAU Transmitter: nominal 1 W maximum output, phase modulated and transmit power controlled

RF Power Control: continuous power leveling dynamically controlled over an 80 dB range

Command telemetry link

Command Frequency: select one of two available in the 72 to 76 MHz band via operator keyboard

Command Transmitter: frequency modulated, keyboard adjustable RF output to 25 W

Frequency Deviation: modulation produces 4.5 kHz peak deviation

Range: command link radio range is compatible with reply range

Command Receiver: crystal controlled and synthesized channel selection

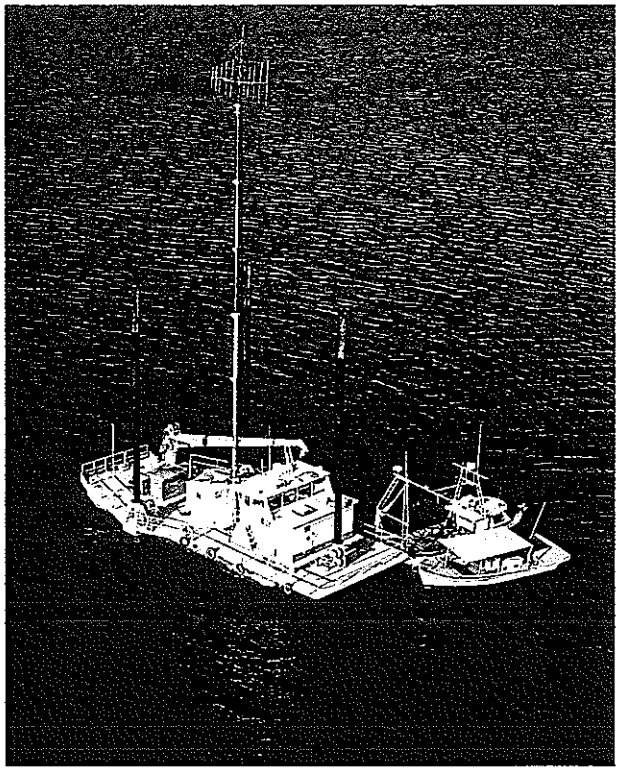
Error Protection: security codes prevent operation from corrupted commands; redundant commands or retransmission of commands provides command correction

Receiving equipment

Receiver Capacity: 32 RF receivers per receiver unit, system maximum of 384 receivers in 12 receiver units

Base Antennae: rugged omnidirectional vertical dipole and multi-element directional log periodic provided

RF Preamplifier: low noise remote preamplifier, operator actuated



Compact 1536 channel central system, barge mounted.

Physical specifications

Data Acquisition Unit
Diameter: 6 ½ in. (16.5 cm)
Height: 30 in. (76.2 cm)
Weight: 25 lb (11.3 kg)

DAU Antenna
Length: 79 in. (201 cm)
Weight: 1.3 lb (0.59 kg)

System/RF Control Case
Dimensions: 19.4 x 22.8 x 27.8 in.
(49.3 x 57.9 x 70.6 cm)
Weight: 143 lb (64.9 kg)
Power: 250 W

Data Receiver Case - 64 receivers
Dimensions: 19.4 x 22.8 x 27.8 in.
(49.3 x 57.9 x 70.6 cm)
Weight: 140 lb (63.6 kg)
Power: 510 W

Tape Drive/Power Distribution
Dimensions: 19.4 x 22.8 x 27.8 in.
(49.3 x 57.9 x 70.6 cm)
Weight: 150 lb (68.0 kg)
Power: 250 W

Battery Charger: 32 outputs
Dimensions: 17 x 13 x 12 in. (43.2 x 33 x 30.5 cm)
Weight: 45 lb (20.5 kg), cables additional
Power: 750 W

Peripherals	Weight: lb (kg)	Power: Watts
Video Monitor	56 (25.4)	95
Oscillograph	60 (27.3)	210
Printer	37 (16.8)	240
Spectrum Analyzer	45 (20.5)	100

Environmental specifications

Ambient Operating Temperature Range
Data Acquisition Unit: -30 to +60°C
Central Processing Equipment: +10 to +40°C

Operating Humidity
Data Acquisition Unit: 100% - floats in water
Central Processing Equipment: 20% to 80% non-condensing

OPSEIS® EAGLE

The Optimum Seismic Data-Gathering System

FCC APPROVED
24 BIT TECHNOLOGY
OPSEIS GEOPHYSICAL SYSTEMS™
MADE IN USA

OPSEIS®

OPSEIS Inc. is no stranger to the business of seismic acquisition. We began in 1974 as a research and development project to create radio telemetry seismic data-recording systems. And for years, our technology has set the standard in the industry.

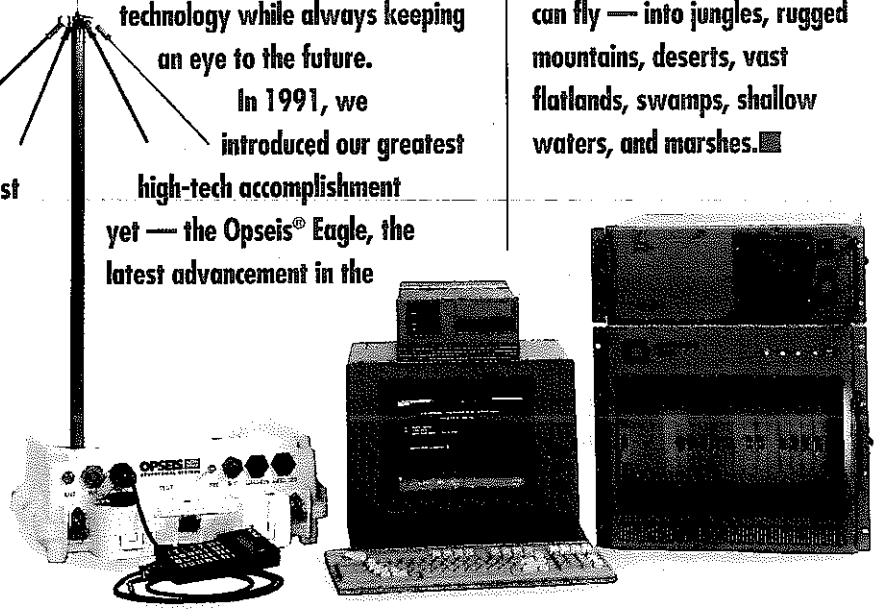
In 1978, we introduced to the marketplace the original RF seismic acquisition and recording system. That Opseis® system made possible the first detailed seismic surveys in transition zones, lakes, and previously unexplorable mountainous regions. This system is also ideal for use in heavily populated areas because it enables the least amount of intrusion.

Since then, our equipment has been used for seismic surveys all over the world, in the harshest of climates — the jungles of Indonesia, Bolivia, and Venezuela; the mountains of China and Columbia; the shallow coastal waters of the Gulf of Mexico; the desert and transition zone around the Nile River; the Australian outback; and Alaska's North Slope.

Through the years, we have continued as pioneers in our field, fine-tuning geoseismic monitoring technology while always keeping an eye to the future.

In 1991, we introduced our greatest high-tech accomplishment yet — the Opseis® Eagle, the latest advancement in the Opseis® family of telemetry seismic data-acquisition and recording equipment.

With the Opseis® Eagle Seismic Data-Gathering System, the search for oil and gas continues to be performed in places formerly thought impossible to reach, but now exploration is possible with the speed of "real" time technology. The Opseis® system can venture, with efficiency and high productivity, anywhere the eagle can fly — into jungles, rugged mountains, deserts, vast flatlands, swamps, shallow waters, and marshes.■



The Opseis® Eagle System – featuring the Seismic Acquisition Remotes (SAR), for use on water or land, the Field Deployment Aid, and the Central Recording Station (Operator Display Terminal, Tape Drive, RF Unit and Seismic Processing Unit).

EAGLE

OPSEIS®
GEOPHYSICAL SYSTEMS
7700 E. 38TH
TULSA, OK 74145
PHONE: 918-621-5700
FAX: 918-621-5799
TELEX: 49614655
OPSEIS INC TUL

Opseis® Eagle Central Recording Station Specifications

Record Format:
SEG-Y, SEG-D - 1/2 inch, 9-track, 6250 BPI,
IBM compatible; 1/2 inch, 18 track IBM 3480 Cartridge.

Test Features:
- SAR Battery and Regulator Voltages
- Geophone Circuit Continuity, Leakage, and Response
- Blaster and Uphole Geophone
- RF Transmission Link-Spectrum display of SAR data transmission
- CRC Error Detect and Display
- Spread Noise Detect and Display
- Spread Performance-Filter Response and Geophone Levitate on all recording channels
- Distortion, Common Mode and Crosstalk Analysis

CRS Features:
Versatile hard copy output
Reproduce Gain Mode Selection
Auto, Manual AGC, or Fixed Gain
Trip Time
Adjustable 0-0.9 seconds after time break in 0.1 second intervals
Trip Slope
Adjustable from 1 to 280 ms in 1 ms increments
Trace to Trace in 10 ms steps
Trip AGC Rate
Adjustable windows between 50 ms and 1 s
Initial Gain
Operator selectable
Fixed Gain
Adjustable constant gain for data traces
Digital Data Filters
Low Cut Filter
-3 dB, 3 to 45 Hz
6 to 60 dB/Octave
High Cut Filter
3 to 412 Hz
6 to 60 dB/Octave
Notch Filter
45 to 60 Hz
10 Hz -3dB to -3dB

RF Transmission Error:
Less than one bit in 10^6 with RCVR input power level greater than -100 dBM

RF Transmission Link:
Operates with 150 dB path loss - With Yagi antennas at CRS and SAR's. Range - Typically 8-15 mile range (13-24 kilometers)

FCC Information (Domestic use):
FCC Rule Part 90
10 Watts minimum @ 12V, 15 Watts nominal.
216-220 MHz
0.0005% freq. tol., -20°C to +55°C

RF Information (International use):
10 Watts minimum@ 12V, 15 Watts nominal
216-230 MHz
0.0005% freq. tol., -20°C to +55°C

Physical Specifications
Seismic Processing Unit
Size: 15.75 in x 19 in x 24 in
(40 cm x 48 cm x 61 cm)
Weight: 85 lbs (38.6 kg)
RF Unit
Size: 7.0 in x 19 in x 20 in
(17.8 cm x 48 cm x 51 cm)
Weight: 42 lbs (19.1 kg)
Tape Unit (Single Cartridge)
Size: 4.5 in x 8.55 in x 21.75 in
(1.78 cm x 3.3 cm x 8.4 cm)
25 lbs (11.2 kg)
Cabinet & Hardware
(Houses SPU, Tape Unit, and RF Unit)
Standard Rack
Size: 44 in x 24 in x 30 in
(111.8 cm x 61 cm x 76 cm)
Weight 150 lbs (68.8 kg)
Short Rack
Size: 44 in x 24 in x 30 in
(111.8 cm x 61 cm x 76 cm)
Plotter
Size: 8.6 in x 17.0 in x 20 in
(22 cm x 43 cm x 51 cm)
Weight: 51 lbs (23 kg) with fan fold paper
Display Terminal
Size: 14 in x 16.5 in 19.5 in
(36 cm x 42 cm x 50 cm)
Weight 44 lbs (20 kg) with bracket

Electrical Requirements:
AC Input
110 V - 230 VAC +15% -10%
50 or 60 Hz ±2 Hz
Power:
Seismic Processing Unit - 600 Watts; RF Unit - 160 Watts; Tape Unit - 400 Watts; Plotter (OYO) - 230 Watts; Operator Display Terminal - 300 Watts

Environmental:
Temperature
Operating Range: +5° to +50° C
Storage Range: -65° to +85° C
Relative Humidity
5 to 95% non-condensing

OPSEIS®

GEOPHYSICAL SYSTEMS

7700 E. 38TH
TULSA, OK 74145

PHONE: 918-621-5700
FAX: 918-621-5799

TELEX: 49614655
OPSEIS INC TUL

Opseis® Eagle RF Blaster Unit
Model 816 Specifications

Safety Features:
Coded Blast Command
Arm Switch
Blaster ID (Addressable)

Display:
Liquid Crystal
2 rows, 16 characters

Audio Circuit:
2-Way Voice Communication over RF Link

Information Displayed:
Cap Break and First Break Uphole Times
Blaster Self Test Message

Power Pack:
Ni-Cad Rechargeable Battery Pack
12V, 10 AH
Operating Time per Charge: 40 Hours (Approx.)
(Approx. 1000 shots)

Detonating Circuit:

Dynamite:	600 Volts min.
	1.8 joules min.
Airgun:	N/O, N/C Relay Contacts
	or Optical Coupler

Arm, Fire Pulse widths selectable from CRS

Environmental:
Temperature

Operating Range:	-30° to +70° C
Storage Range:	-65° to +85° C

Relative Humidity
0 to 100% condensing (lid closed)

Physical Specifications:
19.0" X 9.0" X 9.5"
24 lbs. (11 kg)

Test Circuits:
Uphole Phone Resistance
(0-2000 ohm)
Cap Resistance
(0-100 ohms)
Moisture Detection
Battery Voltage
Power Up Self Test
Test Limits Selected Remotely by CRS

Data Output to CRS:
Blaster ID
Cap Break Time: 0-10 ms
(0.1 ms Resolution)
UHP First Break Time: 5-100 ms
(0.1 ms Resolution)
First 500 ms of UHP
1 Channel Airgun Data
16 Bit Amplitude & (Modified SEG-Y)
13 Bit + Sign (Data) + 3 Bit Exponent
0.5 ms Time Resolution

FCC Information (Domestic use):
FCC Rule Part 90
10 Watts minimum @ 12V, 15 Watts nominal.
216-220 MHz
0.0005% freq. tol., -20°C to +55°C

RF Information (International use):
10 Watts minimum@ 12V, 15 Watts nominal
216-230 MHz
0.0005% freq. tol., -20°C to +55°C

DAS-2
DATA ACQUISITION SYSTEM

NEW!

DAS-2 features:

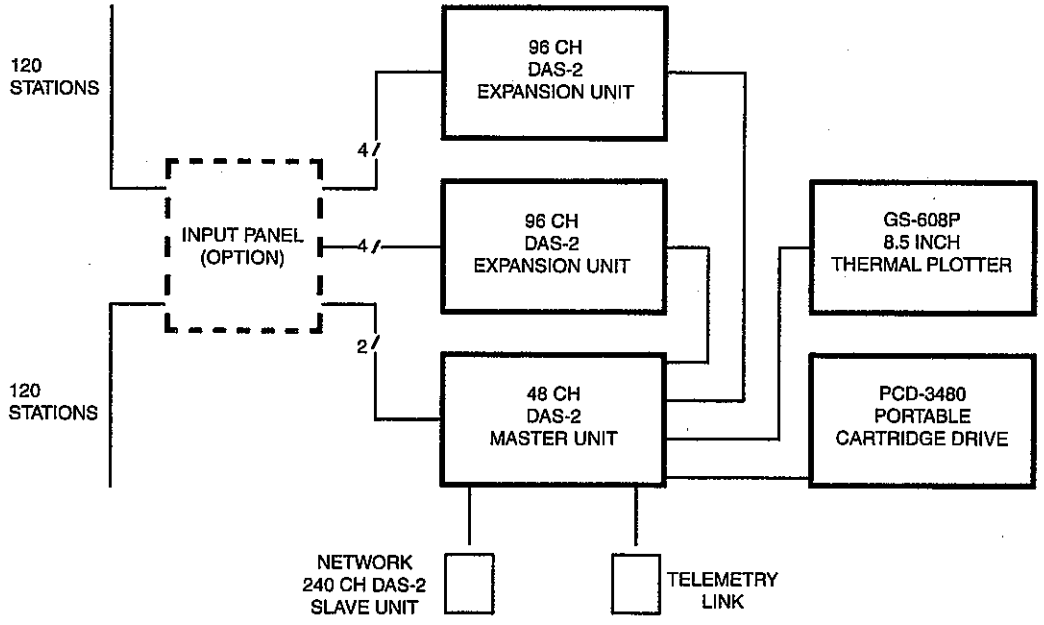
- 48, 144, 240 channels
- 480 channels using master slave mode
- 24 bit Delta Sigma A/D technology
- Instantaneous dynamic resolution of 120 dB (measured)
- System dynamic range of 134 dB (measured)
- 31.25 ms to 4 ms sample interval
- Built-in line test capability
- Real time noise editing, stacking, precision correlation

DAS-2 is a multi-purpose land or marine seismic data acquisition system that provides exceptionally high quality data. It records data from both impulsive and vibratory sources for 2-D and small 3-D seismic surveys for oil and gas exploration. Other applications include high resolution P and S wave reflection, refraction, VSP, crosshole tomography, acoustic emissions monitoring and microseismic detection.

DAS-2 incorporates a Pentium 100 MHZ CPU as its main system controller. All system operation and acquisition functions such as parameter input, automatic roll-along, data recording, post-acquisition Q.C. processing and plotter output are managed by easy-to-use menu-driven software. DAS-2 can run third-party DOS based software for in-field processing and data analysis.

DAS-2 includes a built-in signal generator, control and switch capability for testing the performance of the recording instrument, spread cables and geophone stations. These diagnostic functions optimize the time to bring up the line and ensures recording the best quality data.

BLOCK DIAGRAM - DAS-2 240 CHANNEL SEISMIC SYSTEM



OYO *Instruments, Inc.*

Houston USA: Tel 713-937-5800 Fax 713-937-1161
Calgary CAN: Tel 403-250-9600 Fax 403-250-9643
Luton UK: Tel 1582-573980 Fax 1582-574945

DAS-2 SPECIFICATIONS

DATA ACQUISITION	
Number of channels	48, 144, 240
Number of Auxiliary Channels	2 - 6 (12 dB Gain)
Sampling Intervals	31.25, 62.5, 125, 250 µsec 0.5, 1, 2, and 4 ms
Number of Samples per Trace	48 channels - 160 K max 144 channels - 54 K max 240 channels - 32 K max
Acquisition Memory	16 MB (exp to 32 MB)
System Memory	32 MB (exp to 128 MB)
Time Standard Accuracy	0.001%
TB to To accuracy	±15.625 µsec
Delay Time (@ 1, 10, 100 ms step)	0 - 9,900 ms
Pre-Trigger	4,096 samples
amplifier	
Input Protection	Diode/Filter
Gain Constants	24, 48 dB
Gain Accuracy (channel/channel)	± 0.5%
Input Impedance - Differential	20K/0.005 µF
- Common Mode	5K/0.02 µF
Common Mode Rejection Ratio	100 dB
Maximum Input Signal	22 mVRMS @ 48 dB K-gain 350 mVRMS @ 24 dB K-gain
Equivalent Input Noise	
@ 2 ms Sample Interval	0.07 µVRMS @ 48 dB K-Gain
(500 Ohms Source, 156.25 Hz)	0.35 µVRMS @ 24 dB K-Gain
DC Offset	0.1 µV @ 48 dB K-Gain 0.15 µV @ 24 dB K-Gain
Frequency Response	3 - 9,600 Hz
Alias Filter (High-Cut)	
Analog	12K & 300K Hz @ 6 dB/octave
Digital (Standard)	10K, 5K, 2.5K, 1.25K, 625, 312.5, 156.25, 78.125 Hz @ 96 dB/Stopband Attn.
(Extended)	12K, 6K, 3K, 1.5K, 750, 375, 187.5 93.75 Hz @ 72dB/Stopband Attn. +/- 0.1 dB Passband Ripple
Low Cut Filter	
Analog (default)	3 Hz @ 6 dB/octave Optional - 0.3 Hz @ 6 dB/octave
Digital - frequency selectable	3 to 255 Hz in 1 Hz steps Slope: 6 db/octave or 12 dB/octave
Digital Filtering (Post Acquisition Filtering)	Low-pass, High-pass, Band-pass Multiple notch, Power spectrum Decon, Filter panels
A/D Resolution	24 bits
Dynamic Resolution (Measured)	110 dB @ 48 dB K-Gain
@ fc = 3 - 156.25 Hz	120 dB @ 24 dB K-Gain
System Dynamic Range (Measured)	134 dB
Crossfeed Isolation	100 dB
Total Harmonic Distortion	0.002%
LINE TEST	
Station Impedance	10 Ω to 10 KΩ
AC Leakage	1 KΩ to 10 MΩ
Station Activity	1 inactive phone in an array of 18
Station Distortion	0.002%
Cable Cross-Talk	100 dB
Cable Break Location	+/-2 stations
DATA DISPLAY & RECORDING	
Display (PC-AT compatible)	640 x 480 LCD Color
Mass Storage (Basic Systems)	
Floppy Disk (3.5 inch)	1.44 MB
Hard Disk	520 MB
Mass Storage (Optional)	
Hard Disk Expansion	1 GB
DAT Tape Storage System (4mm)	2 GB
External Tape Drives	
3480 Format Cartridge Drive	200 MB
Recording Formats	SEG-2, SEG-D

PERIPHERAL INTERFACE	
RS-232, Centronics, VGA Analog, Keyboard	
Optional - SCSI, Network, Telemetry	
PRINTERS	
Internal Thermal Printer	
Resolution	203 dots/in (8 dots/mm)
Plot Width	4.1 in (104 mm)
Paper Width	4.4 in (112 mm)
Plot Speed	1 in/sec (25 mm/sec)
External Thermal Plotter (GS-608)	
Resolution	203 dots/in (8 dots/mm)
Plot Width	8.3 in (211 mm)
Paper Width	8.5 in (216 mm)
Plot Speed	1 in/sec (25 mm/sec)
SYSTEM TESTS	
Power Up Diagnostic	Functional
System Diagnostic	Board Level
Performance	Equivalent input noise Preamp gain accuracy Impulse response Crossfeed isolation Total harmonic distortion
Geophone & Cable	Station Impedance AC Leakage Station Activity Station Distortion Cable Cross-talk Cable Break Location
PHYSICAL	
Master Control Unit	
Dimensions	16.75 x 19 x 11.88 inches (42.5 x 48.3 x 30.2 cm)
Weight	55 lbs. (25 Kg)
Expansion Module	
Dimensions	13 x 19 x 11.9 inches (33 x 48.2 x 30.2 cm)
Weight	35 lbs (15.8 Kg)
Thermal Plotter (GS-608)	
Dimensions	13.5 x 14 x 9 inches (34.3 x 35.6 x 22.9 cm)
Weight	24 lbs. (10.9 Kg)
3840 Format Cartraidge Drive Unit	
Dimensions	16.4 x 9.7 x 22.5 inches (41.7 x 24.6 x 57.2 cm)
Weight	45 lbs. (20 Kg)
ENVIRONMENTAL	
Temperature	
Operating	0°C to 50°C
Storage	-40°C to 85°C
Humidity	
Operating	5-95% non-condensing
Storage/Transfer	Waterproof
POWER REQUIREMENTS	12 VDC Nominal (10.8 - 16 VDC)
Master Controller (48 channels)	12 Amp
Expansion Unit (96 channels)	11.5 Amp
Thermal Plotter (GS-608)	
Standby	8 Amp
Plotting	17 Amp
3840 Format Cartridge Drive	
Standby	10 Amp
Operating	20 Amp

Specifications are subject to change without notice.

BISON Galileo
Seismic Data Acquisition System

This system is configured by the scientist or engineer for any application. There are options for data resolution, sampling speeds, memory, processors and much more.

Flexibility is key element Bison gives its customers. As a fully compatible PC the GALILEO has unsurpassed flexibility in capability and price performance options.

Choose from a family of A/D boards, displays, memory: to 128 MB RAM; Pentium processors with clock speeds to 133 MHz.; operating systems: MS-DOS® or Windows NT™; hard drives up to 5 GB on board; record length is as large as the memory purchased; marine option provides for continuous recording with no limit on record length.

For 12 channel systems, on-board batteries are optional.

APPLICATIONS:

- Land and marine exploration
- Water resource, aquifer and contaminations studies
- Construction and engineering studies
- Mining and tunneling studies
- Research and education
- Depth to bedrock
- Rippability surveys
- Tomography and borehole surveys
- Shear wave velocity studies
- Foundation studies
- Vibration monitoring
- Earthquake monitoring

BISON INSTRUMENTS, Inc.

SELECTION GUIDE FOR THE GALILEO SEISMIC ACQUISITION SYSTEM

Select the Analog to Digital Converter

A/D: 21-bit for all sample rates (patented DIFP™)
Sample Interval:
From 50 microseconds to 4 milliseconds
Frequency Response:
4 - 4000 Hz.
Analog Filters:
Low-Cut: 4 - 1020 Hz.
High-Cut: 4000 - 60 Hz.
Gain:
0, 20, 40, 60 db
Maximum input:
± 5 volts
Input Noise:
0.75 Microvolts RMS

A/D: 24-bit for all sample rates
Sample Interval:
From 250 microseconds to 16 milliseconds
Frequency Response:
1 - 1500 Hz.
Analog Filters:
Low-Cut: 1- 255 Hz.
High-Cut: 1,500 Hz. Bessel. Digital high cut FIR filter from 25.7 Hz. to 1,650 Hz.
Gain:
12, 24, 36, 48, 60 db
Maximum Input:
±1.2 Volts
Input Noise:
50 Nanovolts RMS
Test Function:
DC and AC test signals to test geophones, analog filter and A/D, noise and gain

Sample Size: Depends on the memory available, marine option allows for continuous recording with no limit on sample size.

Selectable Features

pentium™
Select Processor:
Pentium with clock speeds to 133 MHz.
Select Number of Recording Channels:
12, 24, 36, 48, 60. Active channels selectable at time of operation, 1, 3, 6 up to maximum in system
Select Display:
Monochrome, dual scan or active matrix color, 10.4 in. (356 mm) diagonal
Select Memory:
4MB minimum up to 128 MB
Select Operating Systems:
MS-DOS® or Windows NT™
Select Hard Drive:
1 or 2 hard drives, each from 540 MB to 1.35 GB

Optional Features

Optional Port:
SCSI-2
Optional Printer:
Direct write thermal; 41,290 dots/sq. in. (6,400/sq. cm)
Optional Accessories:
Geophones, geophone spread cables
Network Options:
Ethernet, Serial or BisoNet

Software Options:
Software rollbox, full precision correlator, BisonView field QC, BisonStore tape utility, seismic refraction analysis, seismic reflection processing

Standard Features

Standard Accessories:
Power cables, trigger switch, extension cable, printer paper, manuals.
Keyboard:
PC compatible, 86 key, etched stainless steel, piezoelectric
Ports:
Two RS-232, EPP parallel, CRT and second keyboard
Floppy drive:
3.5 in., 1.44 MB
Other:
Clock/calendar, battery monitor
Environmental:
Operating 0 ° to 50 °C
Physical:
Size: 37.6 cm x 51.8 cm x 21.5 cm
(14.8 in. x 20.4 in. x 7.5 in.)
Weight: 10-14 kg
Power:
Approx 2 watts per channel in system

BISON INSTRUMENTS, Inc.

Please note that these specifications are subject to change without notice.

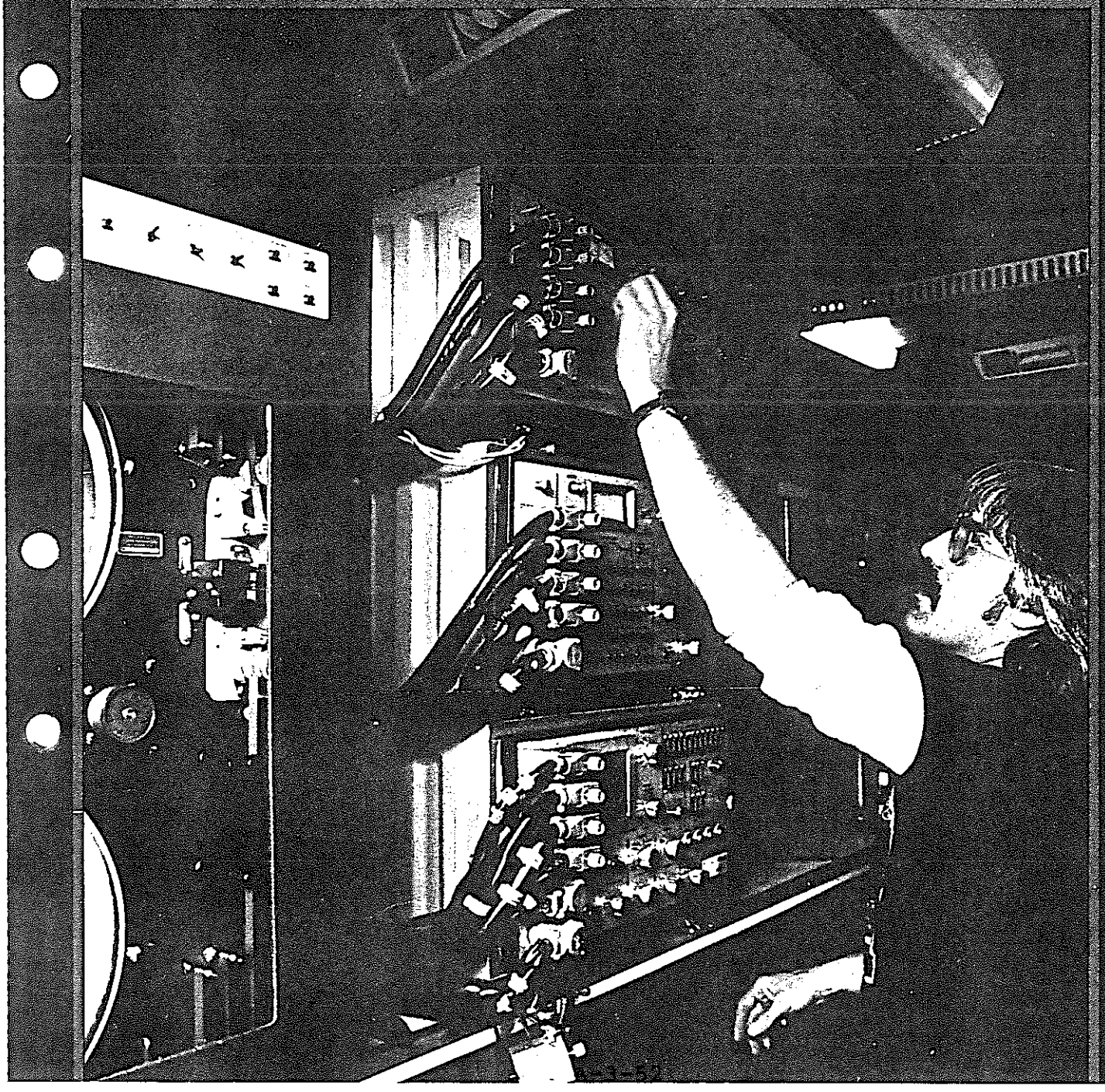
5610 Rowland Road • Minneapolis, MN 55343-8956
Telephone: (612) 931-0051 • FAX: (612) 931-0997

Printed in U.S.A.

TEXAS INSTRUMENTS

DIGITAL FIELD SYSTEM DFS V

The standard for portability and performance



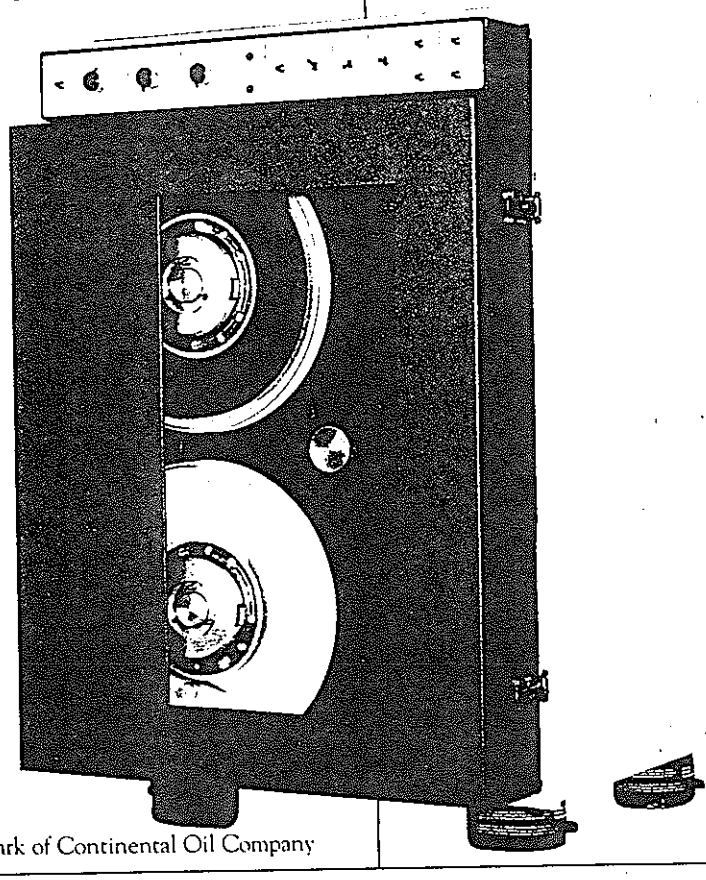
The standard in digital field systems

Tape-transport Module

The transport houses the read/write electronics and the tape-drive system. A read-after-write head translates 9-track data at either 800, 1600, or 6250 bpi in SEG B format and at 1600 or 6250 bpi in SEG C format.

Marine, Vibroseis†, and other high-production requirements are met with automatic rewind and switch-over in dual-transport operation. Also included are provisions for connecting as many as four transports to a system. Tape speed is displayed decimally in inches per second for easy and accurate readings. Fine-tuning is greatly simplified with the easy access for electronic deskew and head azimuth adjustment.

Three transport models are offered: The lightweight 8.5 in. and nonportable 10.5 in. versions for 800 and 1600 bpi, plus the new FX 6250 for 6250 bpi recording.



†Trademark of Continental Oil Company

DFS V Performance Specifications Summary

SEG B

Data Channels	Auxiliary Channels	Sample Rates (ms)
800 and 1600 bpi		
8	4	¼[a], ½, or 1
24	4	½[a], 1, or 2
28	2	½[a], 1, or 2
48	4	1[b], 2, or 4
60	2	2 or 4
96	4	2[a] or 4
120	4	2[a] or 4
240	4	4[a]
6250 bpi		
8	0	¼, ½, or 1
24	4	½, 1, or 2
28	2	½, 1, or 2
48	4	1, 2, or 4
56	2	1, 2, or 4
60	2	2 or 4
96	4	2 or 4
120	4	2 or 4
240	4	4

a—1600 bpi only
b—1 msec available at extra cost

SEG C

Data Channels	Auxiliary Channels	Sample Rates (ms)
1600 and 6250 bpi only		
12	2	½, 1, or 2[c]
24	6	1, 2, or 4[d]
30	0	1, 2, or 4[d]
48	6	2 or 4
60	2	2 or 4
96	6	4
120	6	4

c—2 msec at 1600 bpi only
d—4 msec at 1600 bpi only

Number of Bits
- 15-bit (14 + sign) data word
- 3-bit gain word
- 13-bit (12 + sign) reproduce

Number System
- Binary 1's or 2's complement, SEG B format
- Sign and absolute value, SEG C format

Frequency Response
- 3 to 256 Hz

Crossfeed Isolation
- 80 dB

Recording Formats
- 9-track SEG B or SEG C

Data Rate
- 64 kHz (max), 8 kHz (min)

Tape-speed Range (Three Models)
- 10 to 120 ips

Distortion
- 0.05% (3 to 256 Hz) at maximum input signal

Time-standard Accuracy
- 1 part in 20,000 (0.005%)

Dynamic Range
- Referred to input signal 174 dB (theoretical)
- RMS basis referred to noise
- 115 dB @ 2^4 G.C., 114 dB @ 2^6 G.C., 105 dB @ 2^8 G.C.

Gain-step Accuracy
- ±0.05% up to 60 dB
- ±0.15% 60 to 72 dB
- ±0.5% 72 to 84 dB

Dynamic-recording Range
- Theoretical 90 dB

- RMS basis referred to noise 80 dB
- Peak basis referred to noise 78 dB

A/D Linearity
- ±0.02%

Gain Constants (G.C.)
(Selectable, preset minimum system gain)
- 2^8, 2^6, or 2^4 (48, 36, or 24 dB respectively)

Maximum Gain	Minimum Gain
2^{22} (132 dB)	2^4 (24 dB)

Method of Dynamic-gain Control
- Quaternary (4 to 1) floating point

Range of Dynamic Gain
- 84 dB in 12 dB steps

Maximum Input Signal
- Gain constant and difference mode
  - 2^4 (24 dB) 328 mV RMS
  - 2^6 (36 dB) 82 mV RMS
  - 2^8 (48 dB) 20.5 mV RMS
- Frequency and common mode
  - 0-62 Hz 7 V, peak
  - 62-700 Hz 3.5 V, peak
  - 700 Hz-1 kHz 7 V, peak
  - 1 kHz-3 kHz 10 V, peak‡
  - 3 kHz-10 MHz 50 V, peak‡

Equivalent Input Noise
- 8-128 Hz (2kΩ source)
- C.G. 2^8 RMS noise 0.10 μV
- C.G. 2^6 RMS noise 0.17 μV
- C.G. 2^4 RMS noise 0.60 μV

Filters
- Low-cut: "In/out," 18 or 36 dB/octave (substitute to change)
- High-cut (antialias): Single-frequency plug-in, 64, 128, or 256 Hz. Slope: Minimum 70 dB down at ½ sampling (Nyquist) frequency
- Notch: 6-channel plug-in, "in/out" 50 Hz,–40-dB bandwidth, 0.173 Hz 60 Hz,–40-dB bandwidth, 0.21 Hz
- Reproduce: High-cut, 18 dB/octave Single-frequency plug-in, cutoffs of 45, 64, 90, 128, and 256 Hz
- Digital dc Offset: Automatically removes dc offset produced by floating-point amplifier, A/D converter, and multiplexer

‡Transient burst

AGC Options (Switch Selectable)
- Individual channel AGC
- Programmed gain control (PGC)

Other Standard Features
- Energy-monitor display (gain or input)
- AGC level and burst-out ratio selection
- Automatic 1600 bpi ID burst
- Time break and time break lengthened
- Three internal time-break options
- Decimal millivolt display of binary data display
- Auxiliary data filter with data-channel response
- Independent frequency reference (system timing check)
- Floating-point or fixed-gain operation
- Overdriven channel identification
- Shot-point seis amplifier
- Independent auxiliary and data galvo level switches
- Up to four transports (switch selectable)
- Two-transport auto rewind and switch-over
- Decimal display of tape speed in inches per second

Test Features (Standard on All Systems)
- Ohmmeter leakage and continuity: ac and dc voltage monitoring of all modules
- Test signals: 10.7 and 33.3 Hz sine waves with or without exponential decay
- 160 μs pulse
- 50 and 60 Hz for notch tuning
- 50 Hz timing reference
- Overdrive decimal display and channel identification
- Parity-error decimal display
- D/A front-panel test point with sync feature
- Automatic display of 66 different fault conditions for efficient troubleshooting

Data Channels	Power	Weight	Volume
24	252 W	157 lbs (71.3 kg)	8.6 cu. ft. (0.24 m³)
48	260 W	164 lbs (74.55 kg)	8.6 cu. ft. (0.24 m³)
60	270 W	168 lbs (76.36 kg)	8.6 cu. ft. (0.24 m³)
96	337 W	223 lbs (101.36 kg)	11.7 cu. ft. (0.33 m³)
120	350 W	230 lbs (104.55 kg)	11.7 cu. ft. (0.33 m³)

Temperature Range (Ambient)
- Operating, forced-air ventilation, continuous duty: 0-55°C (Temperatures derate 1°C/1,000-ft. elevation increase)
- Operating, 3 minutes on, 9 minutes off, intermittent: 0°-40°C
- Storage: −55° to +65°C

Humidity
- 0-95% without condensation

Altitude
- 4,500 m (15,000 feet) operating

Shock
- Nonoperating: Nonrepetitive, case lids on, 15G maximum, normal triaxial ½ sine wave with a duration of 11 ms
- Operating: 0.5G maximum, normal triaxial, ½ sine wave for 11 ms

Vibration
- Nonoperating: Case lids on, 2G maximum over the range 10 to 100 Hz
- Operating: 0.5G maximum over the frequency range 10 to 100 Hz

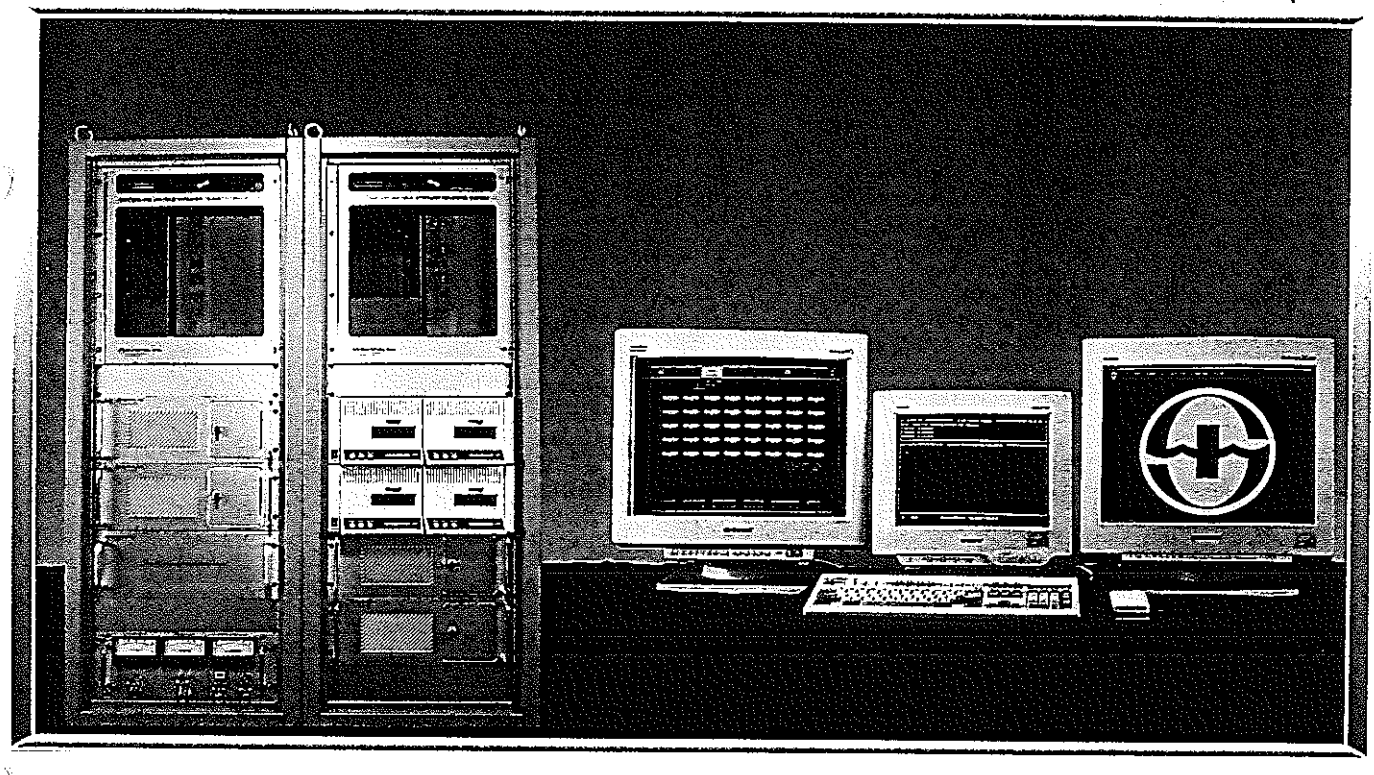
Dust and Sandproof
- With case lids on (transport must be operated with case lids on)

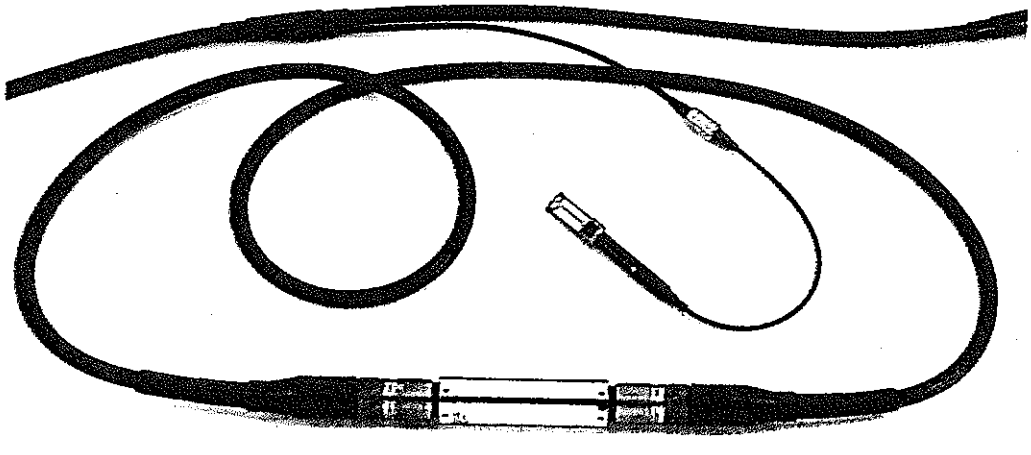
Optional
- 10.5-in. reel nonportable transport
- 800 and 1600 bpi conversion kits
- Low-cost rack, air cooled, for portable cases, 8-in. or 10-in. transport
- Console with forced-air ventilation
- Choice of additional filter frequencies
- 8-ms sample rate

SYNTRAK 480-24™
Ocean Bottom Cable System

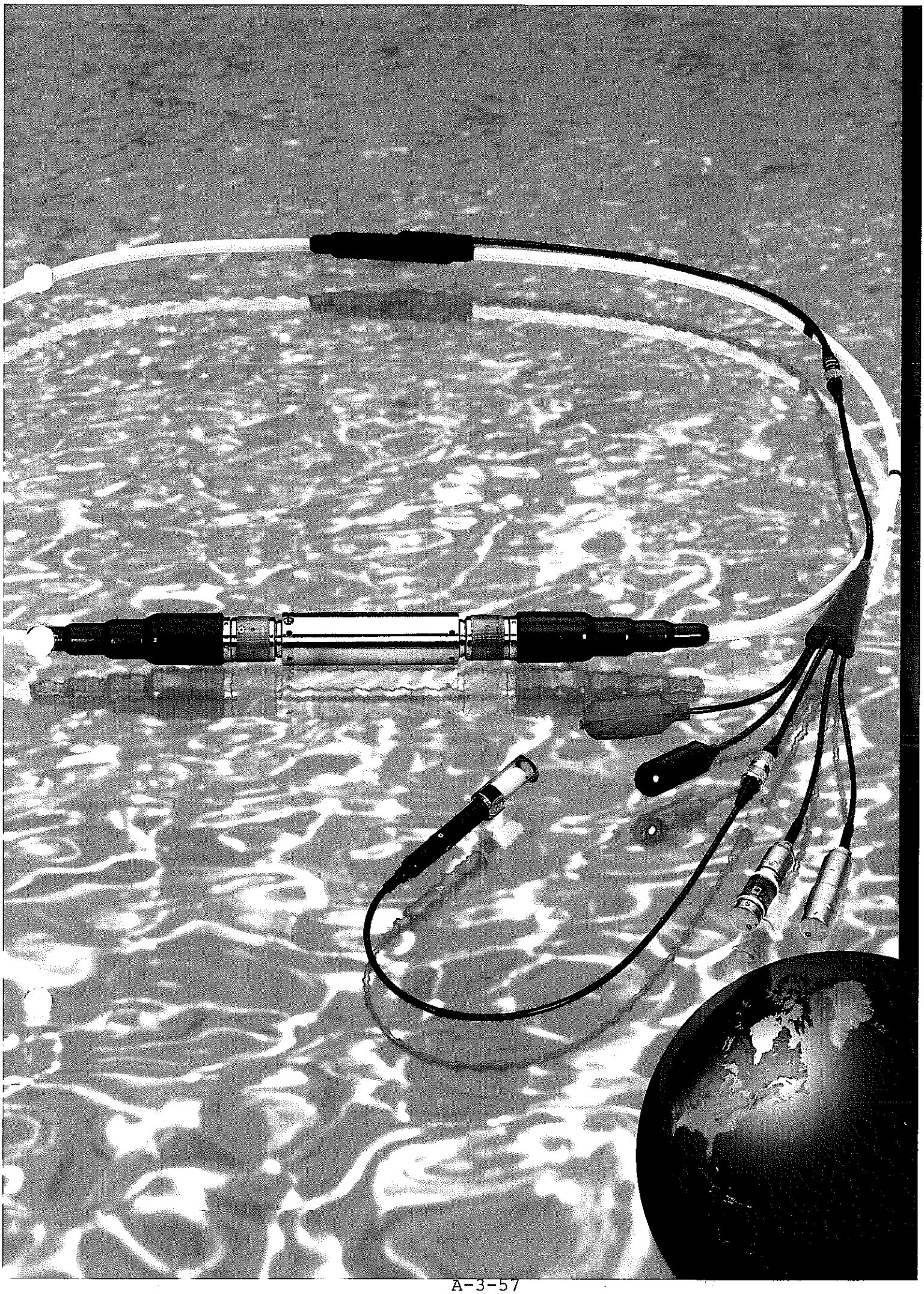
Syntron, Inc.
A Tech-Sym Company

SYNTRAK 480-24™
Ocean Bottom Cable System
Specifications





Syntron , Inc., 17200 Park Row, Houston, Texas 77084 USA, TEL 281-579-7700, FAX 281-579-7505, TLX 36732



Syntron

A SUBSIDIARY OF GEOSCIENCE CORPORATION

SYNTRAK 480-24™ Ocean Bottom Cable System *Specifications*

◆ 24-BIT DATA ACQUISITION MODULE

Number of Seis Channels: 12 Channels per Module

ynamic Range:	(3 - 206 Hz: 2-ms sample rate)
114 dB	@ 12 dB K-Gain
113 dB	@ 24 dB K-Gain
109 dB	@ 36 dB K-Gain
99 dB	@ 48 dB K-Gain
Equivalent Input Noise:	(3 - 206 Hz: 2-ms sample rate)
3.000 µV RMS	@ 12 dB K-Gain
0.800 µV RMS	@ 24 dB K-Gain
0.312 µV RMS	@ 36 dB K-Gain
0.250 µV RMS	@ 48 dB K-Gain
DC Offset:	(3 - 206 Hz: 2-ms sample rate)
3.000 µV	@ 12 dB K-Gain
0.800 µV	@ 24 dB K-Gain
0.312 µV	@ 36 dB K-Gain
0.250 µV	@ 48 dB K-Gain
istortion:	Less than 0.0005 % (>106 dB) at 3 dB below Full Scale
Common Mode Rejection:	80 dB
Internal Crossfeed Isolation:	≥ 110 dB
Depth Transducer	
Type:	Strain Gage
Accuracy:	± 0.46 m (1.5 feet)
Range:	0 to 122 m (0 to 400 feet)
Pressure:	200 psi Max.
Internal Pressure Transducer Pressure:	25 psi nominal
Depth:	200 m, operating 300 m, survival
Power Requirements Consumption:	7 watts per Data Acquisition Module
Input Voltage:	65 to 240 Vdc
Dimensions Canister Housing:	8.255 cm (3.25") diameter x 38.1 cm (15") length
Face to Face Distance:	35.43 cm (13.95")
Overall Length With Connectors:	53.34 cm (21")

* Preamplifier

Type: Voltage Mode Differential 181.8K Ohms

Preamplifier K-Gain:

Gain (± 0.4 %)	Max Volts Peak	Pressure (20Volts/Bar)
12 dB	2048 mV	102.4 millibars
24 dB	512 mV	25.6 millibars
36 dB	128 mV	6.4 millibars
48 dB	32 mV	1.6 millibars

* Low-Cut Filter

Type:	Analog (Butterworth)
Frequency:	3 Hz
Slope:	- 6 dB/octave
Type:	Digital (IIR Butterworth)
Frequency:	3 - 15 Hz
Slope:	- 6 dB/octave

* High-Cut Filter

Type: Digital Linear Phase

Selectable Sample Rate	Filter Corner Frequency (- 3 dB)
4 ms	103 Hz @ 276 dB/octave
2 ms	206 Hz @ 276 dB/octave
1 ms	412 Hz @ 276 dB/octave
0.5 ms	824 Hz @ 276 dB/octave

Syntron, Inc., 17200 Park Row, Houston, Texas 77084 USA, TEL 281-579-7700, FAX 281-579-7505, TLX 36732

SYNTRAK 480-24™
Ocean Bottom Cable System
Specifications

* High-Cut Filter Characteristics

Output Word Rate f0 (Hz)	Pass-band f1 (Hz)	Passband Flatness (dB)	- 3dB Freq f2 (Hz)	Stop-band f3 (Hz)	Group Delay* *(ms)
2000	750	0.04	824	1000	14.50
1000	375	0.08	412	500	29.00
500	188	0.10	206	250	58.00
250	94	0.10	103	125	116.00

*** Without digital low-cut filter.*
With digital low-cut filter, group delays are zero ms.

* A/D Converter

Type: Delta-Sigma Architecture
Number of bits: 24 bits
Dynamic Range: 120 dB @ 2-ms sample rate

Test Oscillator

Distortion: Less than 0.0003 % (- 110 dB)

Output Levels: 2048 mV peak
512 mV peak
128 mV peak
32 mV peak

Frequency: 31.25 Hz Sine Wave

* Test Capability

Digitizing Module:
- DC Offset
- Equivalent Input Noise
- Harmonic Distortion
- System Dynamic Range
- Gain Accuracy
- Impulse Response
- Common Mode Rejection Ratio (CMRR)
- Internal Crosstalk
- Leakage Test

♦ SYSTEM CONTROLLER

PC Chassis: Passive backplane 48.26 cm (19") rack-mount

Processor: 80486/DX4
CPU Memory: 32 Mbytes DRAM standard
Disk Storage: 1 Gbyte

Width: 48.26 cm (19") standard rack-mount
Height: 17.78 cm (7")
Depth: 55.88 cm (22") [allow 60.96 cm (24") for cable clearance]
Weight: 20.41 kg (45 lbs)

Input Voltage: 90 - 132 Vac or 180 - 264 Vac
Frequency: 47 - 63 Hz

Keyboard: 101 key
Mouse: Optical, mechanical or trackball
Monitor: 35.56 cm (15") VGA

Graphics Display: One 1280x1024 high-resolution 50.8 cm (20") color graphics monitor

Printers: One Hewlett Packard LaserJet printer and one dot matrix impact printer with serial interface

VME Link: DSP-controlled high-speed serial data link (55 Mbps)

♦ MSTP CHASSIS

VME Chassis: Custom 6U/9U

Width: 48.26 cm (19")
Height: 53.34 cm (21")
Depth: 60.96 cm (24")

Input Voltage: 90 - 132 Vac or 180 - 264 Vac
Frequency: 47 - 63 Hz

Streamer Interface: One or two Streamer Interface Boards

Syntron, Inc., 17200 Park Row, Houston, Texas 77084 USA, TEL 281-579-7700, FAX 281-579-7505, TLX 36732

System Controller Interface:	DSP-controlled high-speed serial data link (55 Mbps) and VME Bus Interface board
VME Controller:	Force VME Bus Arbiter Board
QC Graphics:	One QCG-II Board

* Streamer Interface Board

Maximum Bandwidth:	480 channels at 1, 2, and 4-ms sample rate 240 channels at 0.5-ms sample rate

♦ MSRS CHASSIS

VME Chassis:	Custom 6U/9U
Width:	48.26 cm (19")
Height:	53.34 cm (21")
Depth:	60.96 cm (24")
Input Voltage:	90 - 132 Vac or 180 - 264 Vac
Frequency:	47 - 63 Hz
MSTP Interface:	Up to two Data Collector boards with up to four streamers each
Processing Hardware:	Two System Processor boards
VME Memory:	128 Mbytes DRAM
System Controller Interface:	DSP-controlled high-speed serial data link (55 Mbps) and VME Bus Interface board
VME Controller:	Force VME Bus Arbiter
Tape Subsystem:	Two SCSI-2 (fast and wide) Interface boards and a maximum of four of the following IBM compatible cartridge tape units: 3480 (dual), 3490E (single) or 3590 (single)
Disk Subsystem:	SCSI-2 Interface board, 1.2 Gbyte hard disk drive
Plot Subsystem:	Up to two 55.88 cm (22-inch) or 60.96 (24-inch) plotters with a Versatec interface

* Data Collector Board

Maximum Streamer Capacity:	4

* System Processor Board 1 - Rasterizer Board

Plotters Supported:	2
Plotter Interface:	Versatec
Rasterization Time:	53 ms per trace for 8-sec record, 1-ms sample rate

* System Processor Board 2 - Recording System Board

Standard SEG Format:	SEG-D Revision 1, Demultiplexed, 2.5 byte (8015), 3 byte (8036), and 4 byte (8038, 8048, 8058)
Plot Types:	Single-trace, Monitor
Plot Gain Modes:	AGC, PGC, Fixed
Plot Low-Cut Filter:	IIR Selectable; 0, 5, 8 or 10 Hz
Trace Presentation:	Wiggle, variable area

Note: Tape-blocking is supported under SEG-D Revision 1.

SYNTRAK 480-24™
Ocean Bottom Cable System
Specifications

◆ QC GRAPHICS WORK STATION

PC Chassis:	Passive backplane 48.26 cm (19") rackmount
Processor:	80486/DX4
CPU Memory:	32 Mbytes DRAM standard
Disk Storage:	1 Gbyte
Width:	22.86 cm (19") standard rack-mount
Height:	17.78 cm (7")
Depth:	55.88 cm (22") [allow 60.96 cm (24") for cable clearance]
Weight:	20.41 kg (45 lbs)
Input Voltage:	90 - 132 Vac or 180 - 264 Vac
Frequency:	47 - 63 Hz
Keyboard:	101 key
Mouse:	Optical, mechanical or trackball
Monitor:	35.56 cm (15") VGA
Printers:	One Hewlett Packard LaserJet printer
VME Link:	DSP-controlled high-speed serial data link (55 Mbps)

* QC Graphics Board

VME Memory:	64 Mbytes
Graphic Controller Interface:	DSP-controlled high-speed serial data link (55 Mbps)
Graphics Display:	One 1280x1024 high-resolution 50.8 cm (20") color graphics monitor
Maximum Bandwidth:	1 or 2 streamers with a maximum of 480 channels total at 1-ms sample rate in real time
Gain Modes:	PGC, FIXED
Trace Presentation:	Wiggle, variable area

◆ VME CHASSIS POWER SUPPLIES

Height:	17.78 cm (7")
Width:	48.26 cm (19")
Depth:	62.23 cm (24.5")
Input Voltage:	90 - 132 Vac or 180 - 264 Vac
Frequency:	47 - 63 Hz

◆ AUXILIARY INPUT UNIT

Channel Capacity:	12 or 48 channel unit
Appended Modules:	Append up to 48 channels of data to the end of record
Sample Rate:	Same as Data Acquisition Module
Filtering:	Same as Data Acquisition Module
Height:	26.67 cm (10.5")
Width:	48.26 cm (19")
Depth:	60.96 cm (24")

◆ HYDROPHONE LOCATION SYSTEM

Location Accuracy:	1 meter relative to accuracy of Acoustic Source Position provided by the navigation system and knowledge of velocity and propagation of sound through the signal path
Typical Range Capability:	300 to 800 m
Operating Frequency:	76.4 KHz
Receiver Power Source:	Syntron Data Acquisition Module

Receiver Power Requirements:	<25 mW
Input Function:	Acoustic Source Position from navigation system, velocity of propagation from customer

* ARPS Chassis

PC Chassis:	Passive backplane 48.26 cm (19") rack-mount
Processor:	80486/DX4
CPU Memory:	32 Mbytes DRAM standard
Disk Storage:	1 Gbyte
Width:	48.26 cm (19") standard rack-mount
Height:	17.78 cm (7")
Depth:	55.88 cm (22") [allow 60.96 cm (24") for cable clearance]
Weight:	20.41 kg (45 lbs)
Input Voltage:	90 - 132 Vac or 180 - 264 Vac
Frequency:	47 - 63 Hz
Keyboard:	101 key
Mouse:	Optical, mechanical or trackball
Monitor:	35.56 cm (15") VGA
Printers:	One Hewlett Packard LaserJet printer shared with recording system
Circuit Boards:	
Eight channel RS-232C:	1
VGA Adapter:	1
Ethernet Adapter:	1
Tape Backup System:	1 (250 or 350 Mbyte)

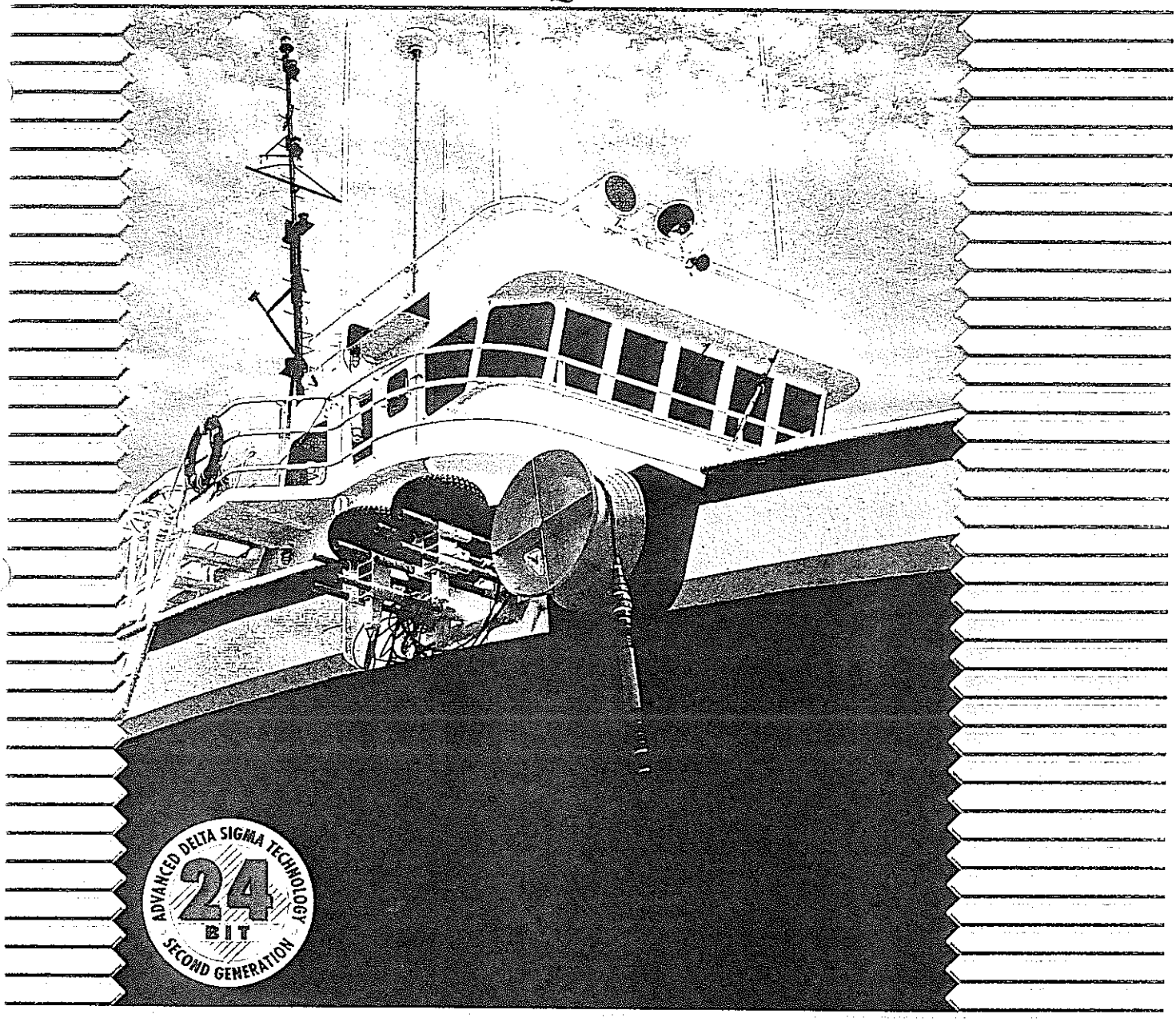
* BATES Chassis

PC Chassis:	Passive backplane 48.26 cm (19") rack-mount
Processor:	80486/DX4
CPU Memory:	32 Mbytes DRAM standard
Disk Storage:	1 Gbyte
Width:	48.26 cm (19") standard rack-mount
Height:	17.78 cm (7")
Depth:	55.88 cm (22") [allow 60.96 cm (24") for cable clearance]
Weight:	20.41 kg (45 lbs)
Input Voltage:	90 - 132 Vac or 180 - 264 Vac
Frequency:	47 - 63 Hz
Keyboard:	101 key
Mouse:	Optical, mechanical or trackball
Monitor:	35.56 cm (15") VGA
Printers:	One Hewlett Packard LaserJet printer shared with recording system
Circuit Boards:	
Eight Channel RS-232C:	1
VGA Adapter:	1
Ethernet Adapter:	1
Streamer Interface	
PC-DSP/ PC-TAXI pair:	Up to 4 Channels
PC-DART:	Up to 8 Channels
Tape Backup System:	1 (250 or 350 Mbyte)

SECOND GENERATION

I/O SYSTEM TWO®

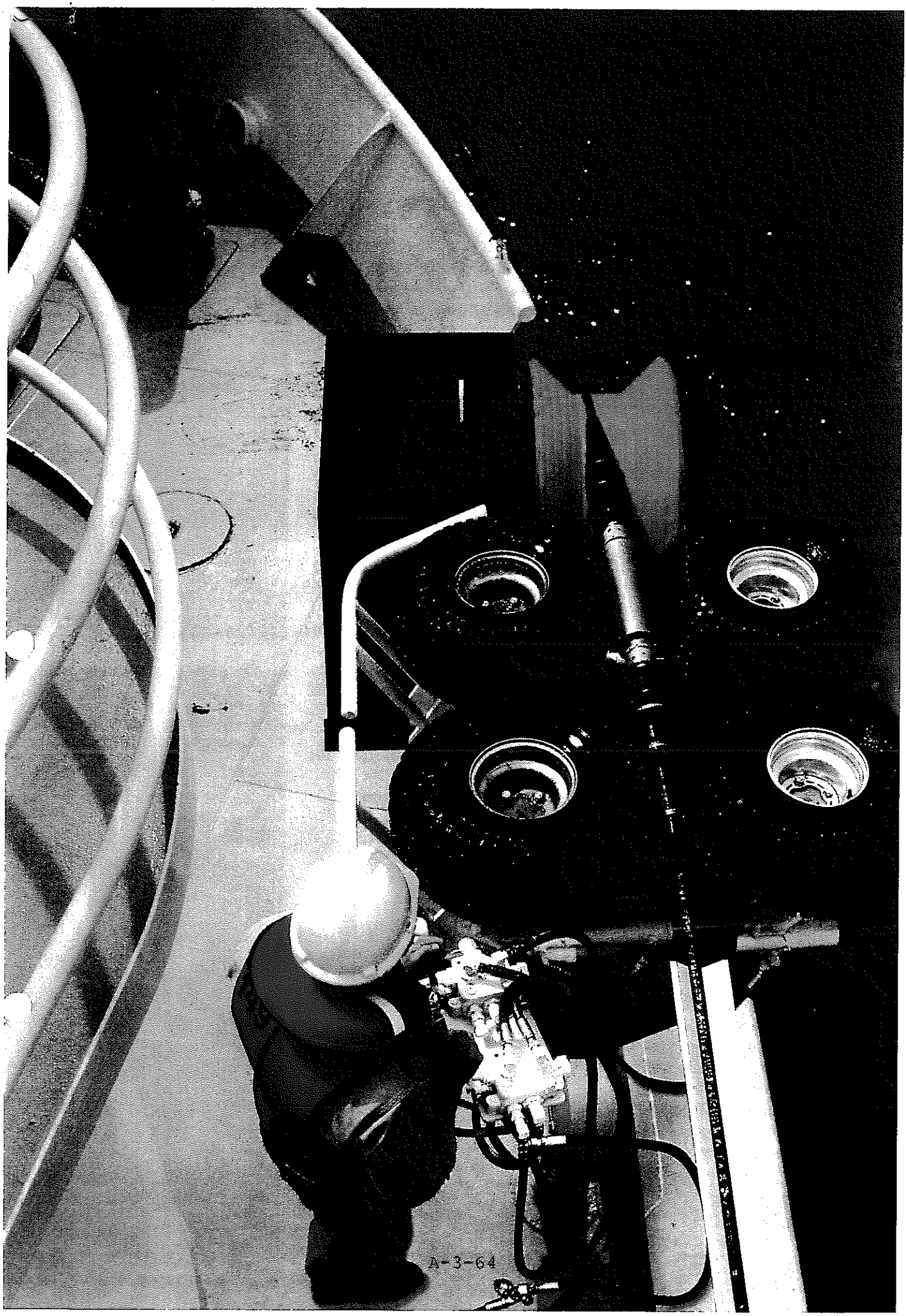
BOTTOM CABLE ACQUISITION SYSTEM



TOP QUALITY ON THE OCEAN BOTTOM

INPUT/OUTPUT, INC.

極東貿易株式会社



A-3-64

SECOND GENERATION I/O SYSTEM TWO® SYSTEM HIGHLIGHTS

Recording Capacity

	Sample Interval			
	4 ms	2 ms	1ms	0.5 ms
Total Channels	8064	4032	2016	1008
Channels Per Line	2016	1008	504	252

Multi-Line Capacity 1 - 512 Active Lines Taps

Roll Capacity Equal to Channel Capacity

Telemetry
- Cable Construction: Twisted-pair Wire Conductors
- Fault Tolerance: Automatic Telemetry Rerouting
- Fault Detection: Positive Line and Channel Identification

Maximum Station Interval 360 feet (110 meters) *without repeaters*

Maximum Distance Between Lines 2200 feet (671 meters) *without repeaters*

Auxiliary Channels
- 12 Total, Including 4 Filtered
- Full Performance Aux Channel Test Oscillator
- Automatic Pilot Quality Check

Look Ahead Test On-line, Full Specification Performance Test of Entire Channel Capacity

Calibration
- Automatic Gain Calibration
- Automatic DC Offset Removal

Test Capability
- System Dynamic Range
- Equivalent Input Noise
- Group Impedance
- Common Mode Rejection
- Seis DC Detection
- Crossfeed
- Distortion
- Attenuator Step Accuracy
- Pulse Test
- HPE Performance Test
- Signal Dependent Noise Evaluation
- Spread Noise Evaluation
- Geophone Performance Test
- Cable Fault Detection

All tests are remotely selectable and analyzed in the field. Automatic and resident daily, weekly, monthly and Look Ahead Tests may be selected.

Test Oscillator
- 79 Different Sine Wave Frequencies: 7.8-960 Hz
- Wide Spectrum Summed Sine Wave Pattern
- 13 Pulse Patterns of 5 Widths and 2 Types
- 173 DC Levels

All oscillator signals may be attenuated by a quaternary 11-step attenuator and can be applied as difference mode or common mode.

Electronic Logs
- Observer's Log and Script Import Capability
- Look Ahead Test Results
- Battery Status
- Telemetry Analysis
- SPS Report Format

Remote Status Monitoring
- Battery and Power Supply Voltages
- Battery Usage
- MRX Temperature and Humidity
- Preamplifier and ADC Overdrives
- Data and Command Telemetry Errors
- Source Power Condition

Remote Test Station (RTS)
- Retrieves MRX Status
- Tests Field Telemetry Cables
- Tests Line Tap Telemetry Transmissions
- Performs following tests on MRX:
  - Dynamic Range Determination
  - RMS Noise
  - Frequency Response
  - Common Mode Rejection
  - Harmonic Distortion
  - HPE Performance
  - Crossfeed
  - Signal Dependent Noise Evaluation

Correlation and Summing
- On-line correlation process verification
- Full precision and real time correlation
- Correlates and stacks
  - up to 2016 channels per module
- Correlation before or after stack
- Correlated or uncorrelated stack output
  - when in stack before correlation mode
- Simultaneous dual sweep operation
- Multi-sweep capability
  - with compatible noise algorithms
- Diversity edit noise algorithm
- Full system channel capability

Seismic Data Display
- 32 Bit Floating Point Accuracy
- Selectable Playback Low-Cut Filters and Slopes
- Selectable High-Cut Filters
- Selectable Notch Filters (3)
- Digital AGC or PGC Modes with Selectable:
  - Trip Delay
  - Trip Sensitivity
  - AGC Rate
  - Initial Gain
  - Final Gain
  - Output Attenuation
- Defloat Mode
- Windowed AGC
- Output Attenuation Settings
- Polarity Selection
- Start/Stop Time Selections
- Channel Selections
- Title Block Annotation
- Oscilloscope Line Monitoring

SPECIFICATIONS BOTTOM CABLE UNIT (BCX)

Remote Signal Conditioner (BCX)

A/D Converter	24-Bits (23 + Sign)
Data Channels Per BCX	6
Preamplifier K-Gain	12, 24, 36 or 48 dB Circular K-Gains
Dynamic Range	
Non-Shorted Input	*8.7-135 Hz, 650 Ohm Source, 2ms Sample Interval*
Instantaneous DR	120.0 dB @ 12 dB K-Gain 119.3 dB @ 24 dB K-Gain 115.0 dB @ 36 dB K-Gain 104.1 dB @ 48 dB K-Gain
Total Dynamic Range	140.2 dB
Equivalent Input Noise	
Non-Shorted Input	*8.7-135 Hz, 650 Ohm Source, 2ms Sample Interval* 1.408 µV RMS @ 12 dB K-Gain 0.381 µV RMS @ 24 dB K-Gain 0.157 µV RMS @ 36 dB K-Gain 0.137 µV RMS @ 48 dB K-Gain
Maximum Input Signal	1408 mV RMS @ 12 dB K-Gain 352 mV RMS @ 24 dB K-Gain 88 mV RMS @ 36 dB K-Gain 22 mV RMS @ 48 dB K-Gain 3982 mV P–P @ 12 dB K-Gain 996 mV P–P @ 24 dB K-Gain 249 mV P–P @ 36 dB K-Gain 62 mV P–P @ 48 dB K-Gain
Distortion	0.0005% THD
Channel Gain Matching	0.1%
Common Mode Rejection	100 dB or greater
Crossfeed Isolation	110 dB or greater
Frequency Response	3-750 Hz
Time Standard	1 ppm
Input Impedance	
Differential Mode	20K Ohms in parallel with 0.1µf
Common Mode	250K Ohms @ 50-60 Hz
Voltage Range (BCX)	200 to 500 VDC
BCX Dimensions	15.8" x 4.5"OD. (40.1 cm x 11.4 cm OD.)
BCX Weight	25 lb (11.3 kg.)

BCX Filters

All filters are resident and remotely selectable including:

- Digital Anti-Alias Filters **Linear or Minimum Phase Response**
  540 or 750 Hz @ 1/2 ms
  270 or 400 Hz @ 1 ms
  135 or 200 Hz @ 2 ms
  68 or 100 Hz @ 4 ms
  Rejection above Nyquist Frequency -135 dB
  Passband Ripple +/-0.1 dB
- Digital Low-Cut Filters *(ON or OFF as desired)*
  32 Frequencies: 3-90 Hz
  Slope: 12 dB/octave
- Spectral Shaping Filter *(ON or OFF as desired)*
  (3 Start and 3 End Frequencies for each of 3 End Frequency Boosts)

End Frequency Boost	12dB		18dB		24dB	
	Start	End	Start	End	Start	End
Frequency (Hz)	10.7	37.4	12.5	92.2	12.5	200.0
Frequency (Hz)	17.2	60.5	20.1	149.0	20.2	323.3
Frequency (Hz)	28.0	98.3	32.7	242.0	32.9	525.3

BCX Ambient Environmental Specifications

Operating Temperature -20 to +75 °C

System Control Module (SCM)

Dimensions	26.1" x 17.6" x 11.3" (66.3 cm x 44.7 cm x 28.7cm)
Weight	75 lb (34.1 kg)
Power	75 Watts

Line Interface Module (LIM)

Dimensions	26.1" x 17.6" x 11.3" (66.3 cm x 44.7 cm x 28.7 cm)
Weight	75 lb (34.1 kg)
Power	105 Watts
Channel Capacity	1008 Channels @ 2 ms
Line Capacity	1 to 128 input lines

Operator Console Modules (OCM)

OCM	Standard Console or Portable Console
PC Platform	486/386 IBM compatible PC

Correlator Stacker Module (CSM) *optional*

Dimensions	14" x 17" x 26.5" (35.6 cm x 43.1 cm x 67.3 cm)
Weight	120 lb (54.4 kg)
Power	250 Watts @ 12VDC

Correlation Capacity

	Sample Interval/Channel Capacity			
	4 ms	2 ms	1 ms	0.5 ms
One CSM	2016	1008	504	252
Four CSMs	8064	4032	2016	1008

Tape Transport Modules (TTM)

TTM	Standard 9 Track @ 1600/6250 bpi
Dimensions	17" x 20" x 29" (43.2 cm x 50.8 cm x 73.7 cm)
Weight	155 lb (70.3 kg)
Power	290 Watts

TTM Model 10	Portable 9 Track @ 1600/6250 bpi
Dimensions	24" x 20" x 15" (61.0 cm x 50.8 cm x 38.1 cm)
Weight	115 lb (52.3 kg)
Power	250 Watts

TTM Model 45	Standard 18 Track @ 37,871 bpi (IBM 3480 compatible)
Dimensions	22.4" x 11.0" x 14.8" (56.9 cm x 27.9 cm x 37.6 cm)
Weight	52 lb (23.5 kg)
Power	250 Watts

TTM Model 40	Portable 18 Track @ 37,871 bpi (IBM 3480 compatible)	
	Tape Unit	Controller Unit
Dimensions	32" x 16" x 9.5" (81.3 cm x 40.6 cm x 24.1 cm)	32" x 16" x 9.5" (81.3 cm x 40.6 cm x 24.1 cm)
Weight	55 lb (25 kg)	35 lb (15.9 kg)
Combined Power	330 Watts	

Data Recording Tape Formats

SEG-D 8058	4-Byte IEEE Demultiplexed*
SEG-D 8048	4-Byte Demultiplexed

**IEEE format is documented in ANSI/IEEE Std 754-1985*

Ambient Environmental Specifications Central Recording Modules

Operating Temperature	0 to +50 °C
Storage Temperature	-40 to +75 °C
Humidity Range	0 to 100% (Non-Condensing)
Operating Altitude	To 5500 Meters

SPECIFICATIONS SYSTEM EXPANSIONS AND PERIPHERALS

Advanced Line Tap (ALX)

Dimensions	19.4" x 18.9" x 9.5" (49.3 cm x 48.0 cm x 24.1 cm)
Weight	32 lb (14.5 kg)

MRX Carrier Rack

Capacity	9 MRX units (MRX-1 or MRX-2) and 10 MRX batteries (MBP or SBP)
Dimensions	30.3" x 20.5" x 35.4" (76.9 cm x 52.1 cm x 89.9 cm)
Weight	91 lb (41.2 kg)

Line Check Module (LCX)

Dimensions	21.0" x 18.0" x 8.0" (53.3 cm x 45.7 cm x 20.3 cm)
Weight	34.5 lb (15.7 kg)

Battery Packs

MRX-1 Battery Pack (MBP)

Operation	36 Hour operation at 25 °C
Dimensions	8.6" x 8.6" x 5.25" (21.8 cm x 21.8 cm x 13.3 cm)
Weight	15.2 lb (6.9 kg)

MRX-1 Solar Battery Pack (SBP)

Operation	120% of typical MRX power
Dimensions	8.6" x 8.6" x 5.25" (21.8 cm x 21.8 cm x 13.3 cm)
Weight	16 lb (7.2 kg)

Battery Charger (MBC)

Capacity	16 batteries (MBP or SBP)
Line Voltage	85 to 265 VAC
Line Frequency	47 to 63 Hz
Input Power	750 VA
Dimensions	5.8" x 27.6" x 15.4" (14.7 cm x 70.1 cm x 39.1 cm)
Weight	31 lb (14 kg)

Input/Output, Inc. reserves the right to change its product specifications at any time without notice, in order to provide the best possible products and services.

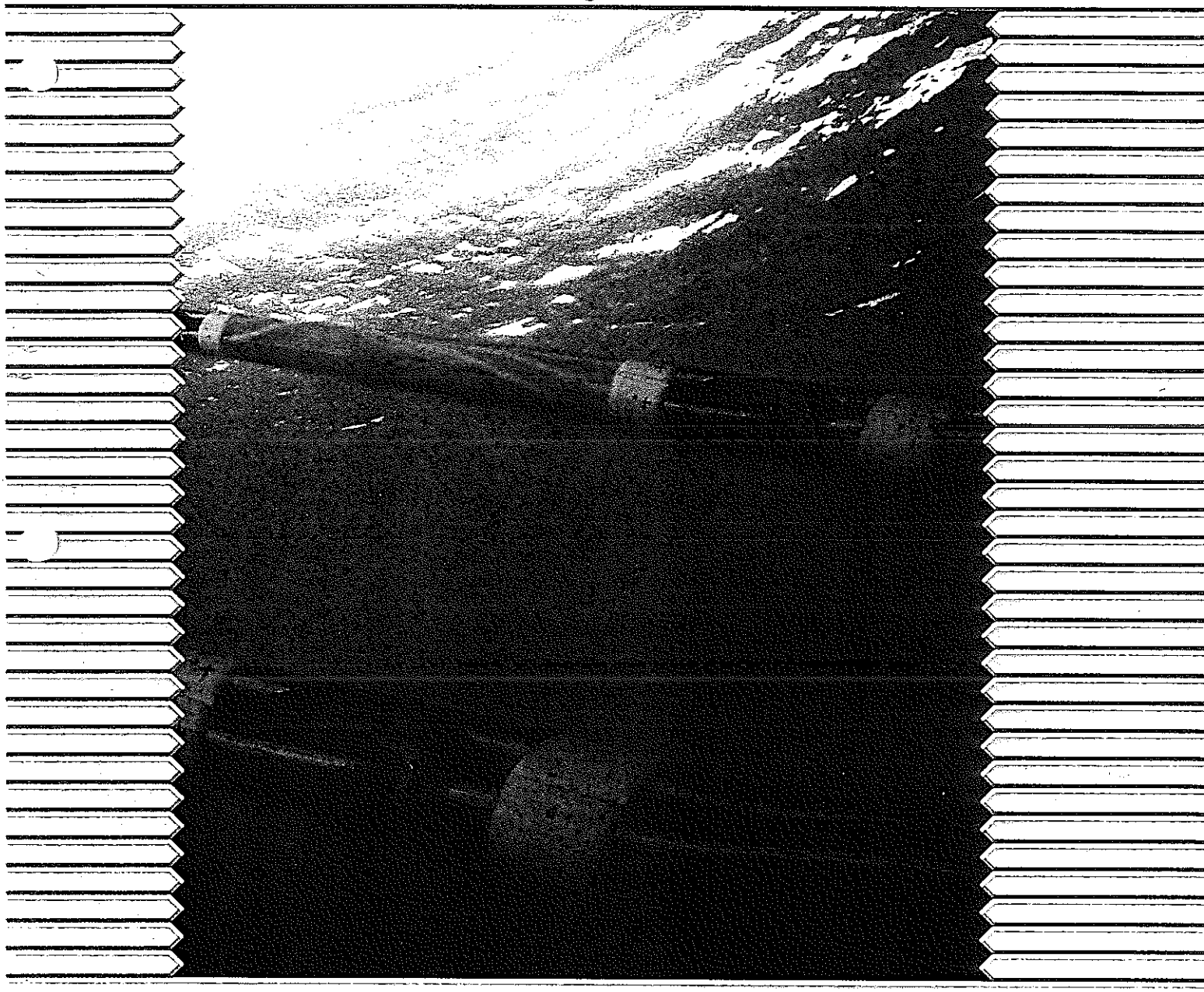
INPUT/OUTPUT, INC.

12300 Parc Crest Drive • Stafford, Texas 77477 USA • Telex 203391 • Fax 713/879-3500 • Phone 713/933-3339
Input/Output of Canada, Inc. • 5826 Burbank Road, S.E. • Calgary, Alberta, Canada T2H 1Z3 • Fax 403/252-8550 • Phone 403/252-9982
Dromalour, Kanturk, County Cork, Ireland • Fax 353 29 51150 • Phone 353 29 51166

ADVANCED TECHNOLOGY

I/O DIGITAL STREAMER

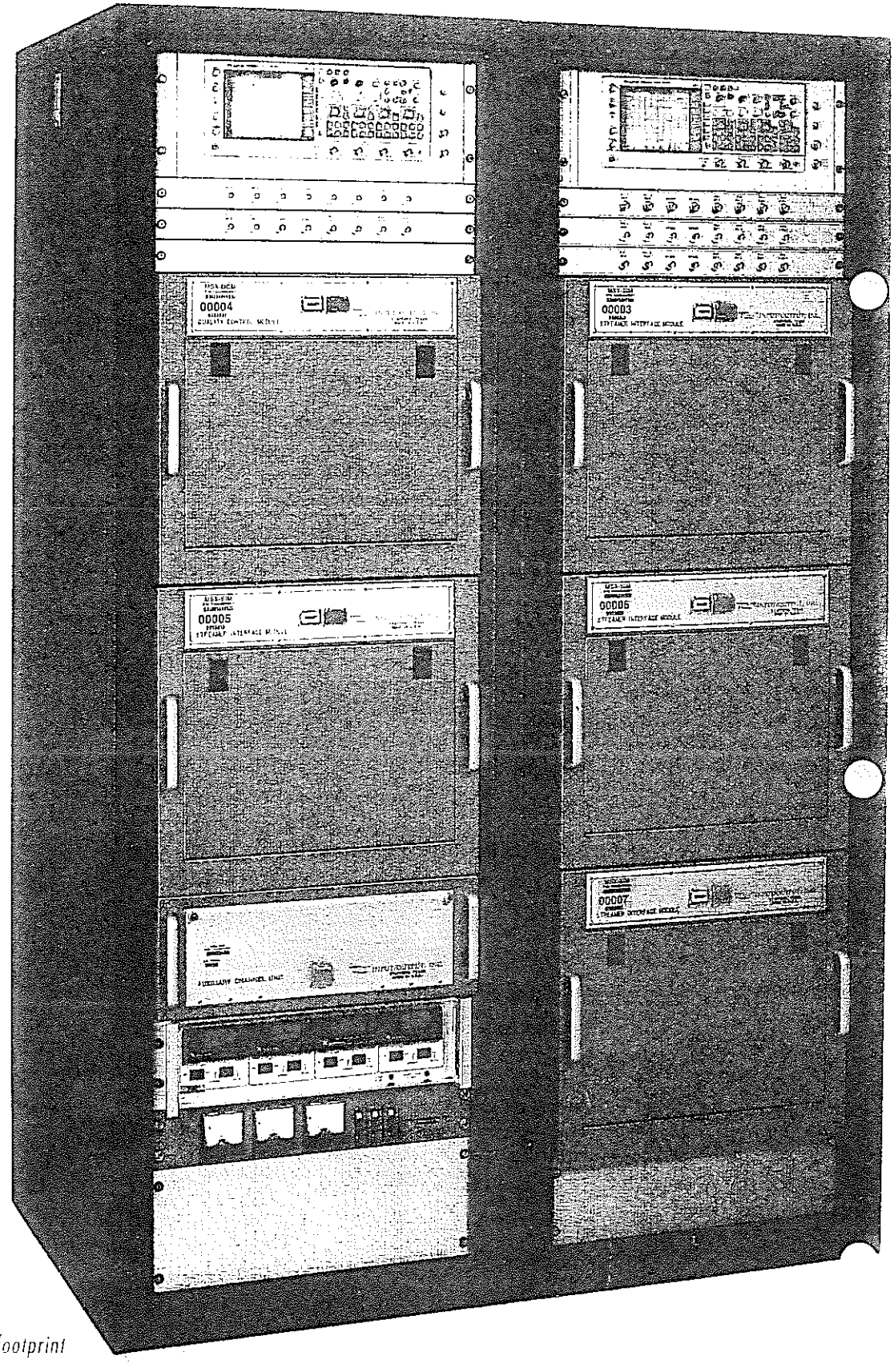
MARINE DATA ACQUISITION SYSTEM



LONGER, STRONGER, SMALLER DIAMETER, FIELD PROVEN

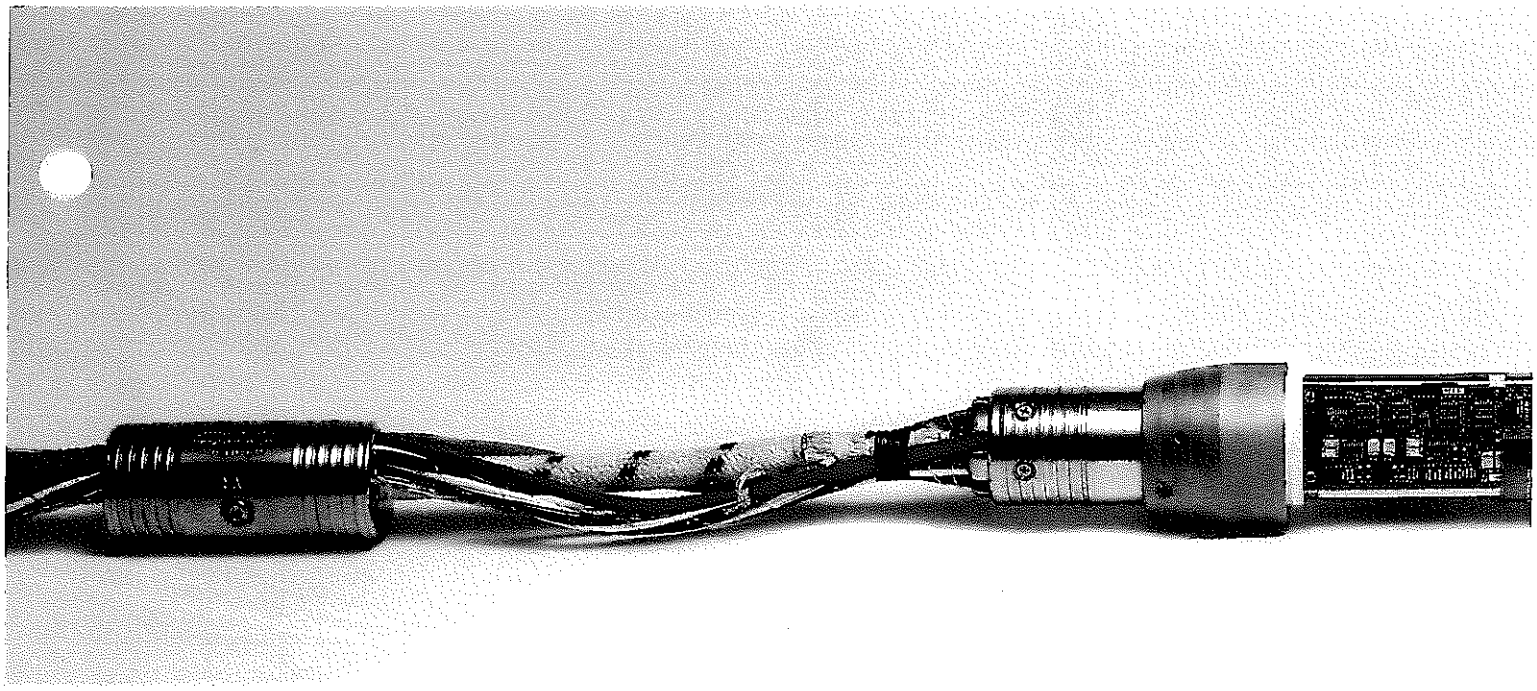
INPUT/OUTPUT, INC.

MSX VALUE TECHNOLOGY

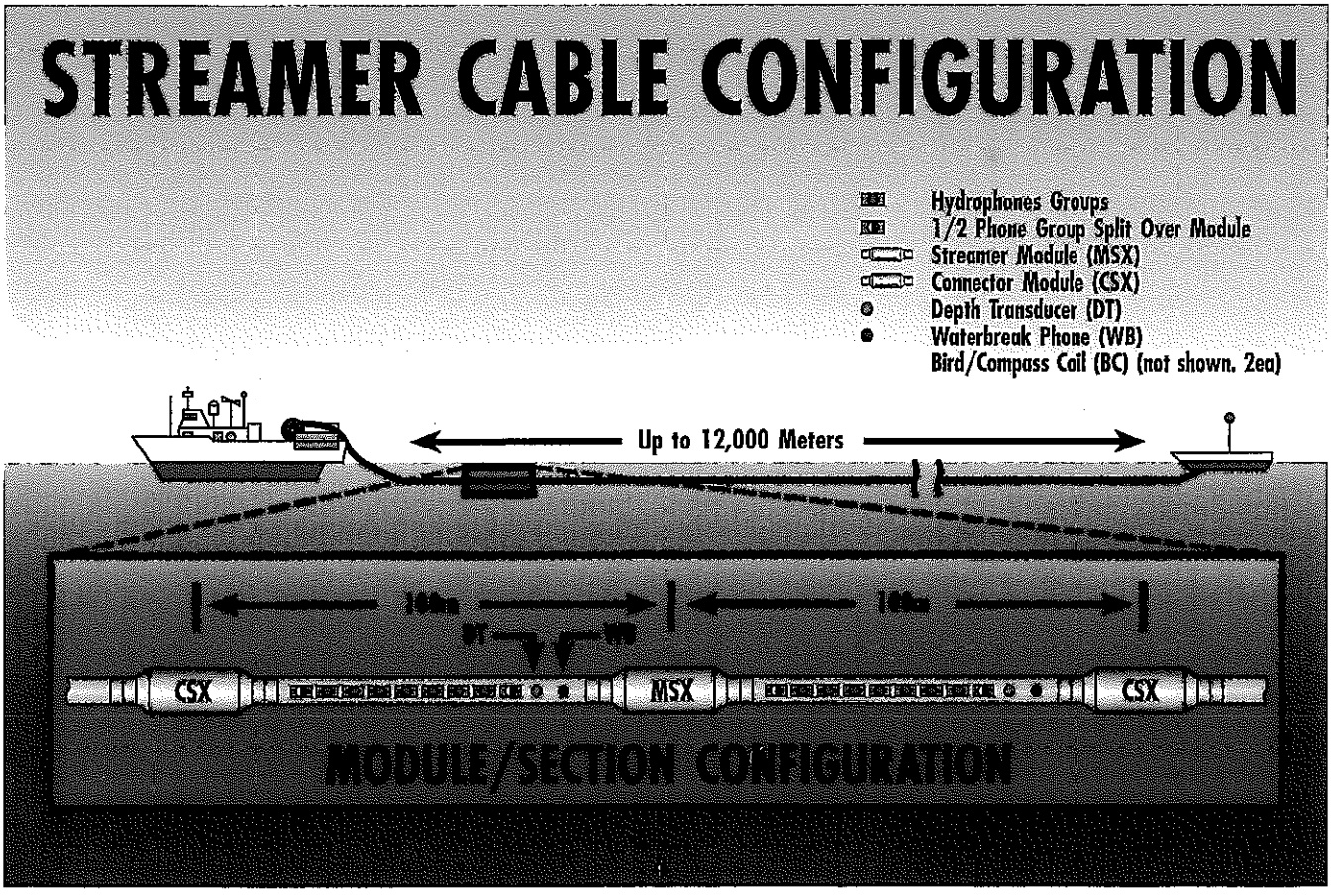


70% Smaller recorder footprint

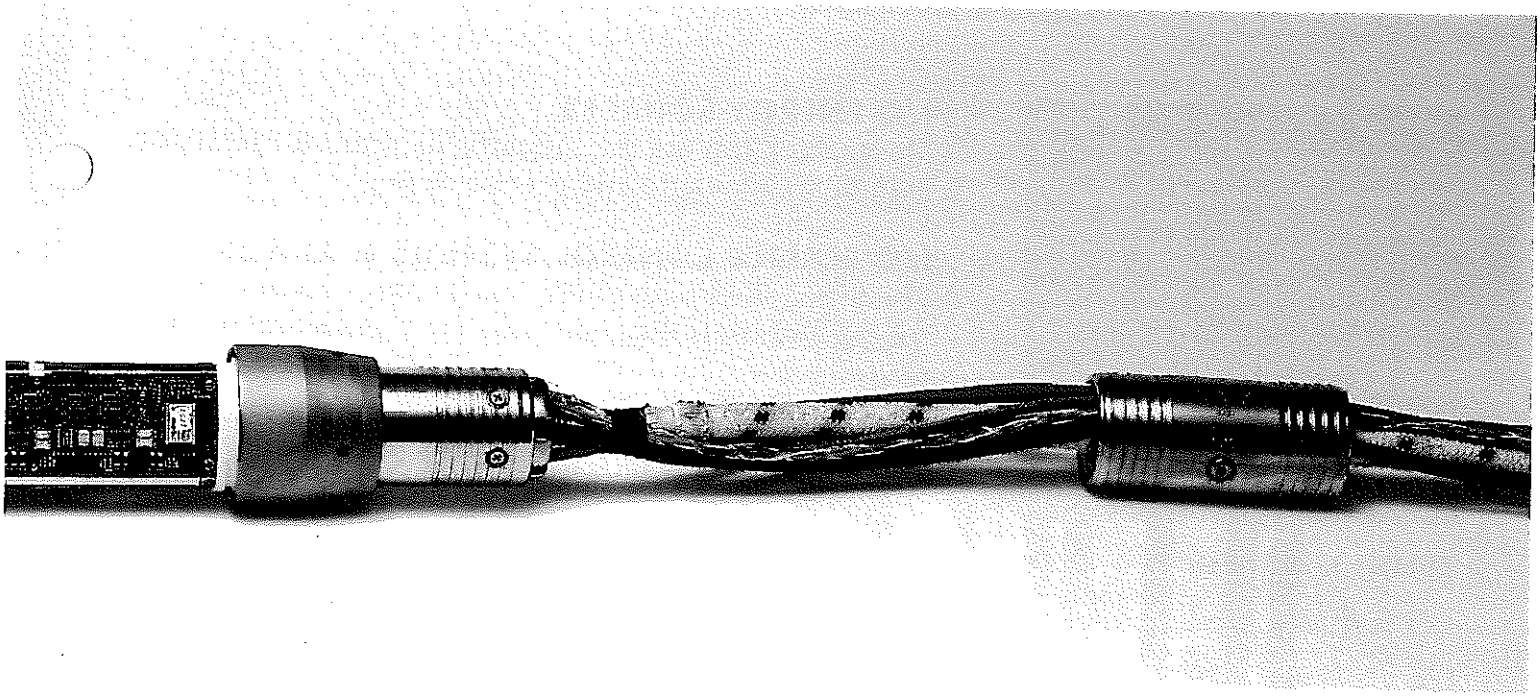
Field Proven Second Generat

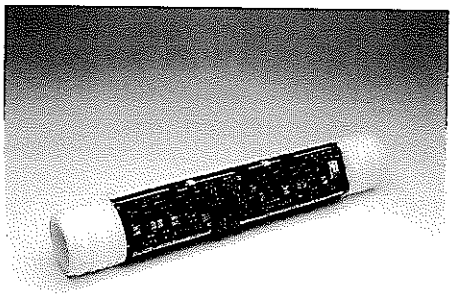


A portion of active sections and module are shown without streamer skin and titanium housing



n 24-Bit Streamer Technology





Compact MSX Module

I/O STREAMER ELECTRONICS

16 channels per module for fewer connectors in the water

24-bit A/D converter (23+Sign) with an instantaneous dynamic range of greater than 114 dB

Full performance testing can be done on the reel or in the water

Electronics designed for a maximum depth of 2000 feet!

I/O STREAMER CABLE

100 meter section length with 8 hydrophone groups, 12.5 meter center group spacing

2 inch spacer diameter plus non-magnetic aramid fiber stress members; strong and light

Low noise tapered hydrophone arrays, center weighted, 29% overlap of adjacent groups

Dual optical fibers for trouble-free data transmission

Extremely rugged and low-noise composite streamer skin options

MSX SPECIFICATIONS

SAMPLE RATE TO TAPE	1 ms	2 ms
Maximum Cable Telemetry Length @ 12.5-m groups:	8800 m	12000 m
ystem maximum seismic channels:	3840	7680
Maximum No. of channels per SIM:	960	1920
Maximum No. of Streamer Interface Modules (SIM):	4	4
Maximum No of cables per SIM:	4[1]	4[1]
Maximum No. of cables per system:	16[1]	16[1]

[1] *Number of raw channels may not exceed maximum number of channels per SIM*

RECORDER SPECIFICATIONS

Array Processing Options:	Adjacent Channel Summing
Recorder High-Cut Filter Options:	None (digital anti-alias in MSX streamer module)
Recorder Low-Cut Filter Options:	Out, 2Hz @ 6db/oct; 4, 6, 8Hz @ 12dB/octave
Recorder Low-Cut Filter Type:	Digital Infinite Impulse Response (IIR)
Recorder Low-Cut Filter Application:	Seis/Aux Data to Display Tape, both, or none
No. Auxiliary Channels:	16 standard, up to 64 optional
No. Waterbreak Channels:	4 per cable
Tape Units Supported:	IBM 3590 Magstar SCSI
No. of Tape Units:	Up to 16 on two SCSI busses
Dual Recording:	Yes, simultaneous
Channel Skew:	Simultaneous sampling

CABLE AMENITIES

Cable Power:	On/off control; controller and low-profile 2000W supply per cable
Cable Lengths:	Mixed length leadins and No. of modules
Cable Status Data:	Displayed continuously on 3-D graphics
Cable Seismic Display:	Real-time windowed RMS-up to 16 cables Real-time amplitude-1 cable
Oscilloscope Data Display:	Mux data display-960 ch SIM @ 2ms Display of NRZ data bursts

SEIS QC FACILITIES

Data Source:	SCSI listener tap; playback or as-recorded
Screen Display Types:	Cable plots
Automated Testing:	Instrument QC scripts for cable tests, recorder tests, beginning-of-line, end-of-line, plus user-defined test scripts; automatic and manual

MSX SPECIFICATIONS

ELECTRICAL POWER

System Electronics Rack Requirements:	208V 3-phase, 5-wire 30A, 50/60Hz; one drop per System electronics racks
Cable Power Supply Rack Requirements:	One additional 208V 3-phase drop per every three supplies
Console, Printer, Plotter, X-terminal:	120V single-phase, 50/60 Hz, 20A
Power Consumption-System Racks:	Less than 3kW for four SIM system
Power Consumption-Power Supply Racks:	Less than 2kW per cable up to 12km; or less than 1kW per cable up to 6km

PHYSICAL EQUIPMENT

Rack Dimension:	Standard 19-in. equipment racks, 75.5" high x 24" wide x 29" deep (192cm x 61cm x 74cm)
No. System Electronics Racks:	One Rack for one SIM system (1-4 cables) two Rack for two-four SIM System (5-16 cables)
No. Cable Power Racks:	One for each four physical cables
Weight:	
System Racks	Approx. 520lb. (235kg)
Power Supply Racks	Approx. 720lb. (325kg)
Operating Temperature Range:	10° to 40°C Ambient (15.6° to 32.2°C for 3590 tape units)

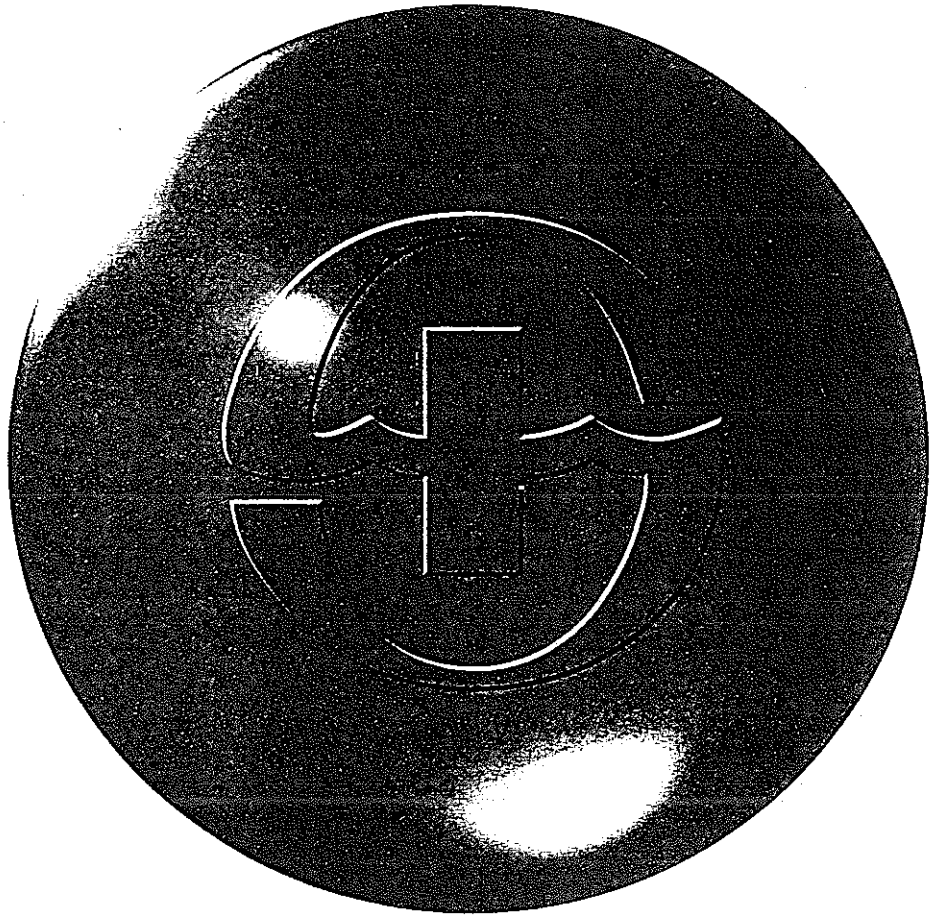
INTERFACE

Public Network:	Ethernet for printer, external logging
Plotter:	Versatec interface
External Control:	Dedicated, configurable polarity, optoisolated inputs/outputs: • START (input from navigation system) • FIRE (output to source controller) • TIMEBREAK (input from navigation source controller)

INCLUDED EQUIPMENT

Console:	Workstation w/ dual 20-in. color displays
Remote Displays:	X-terminal w/20-in. color display
Plotter:	24-in. 200/400 dpi thermal
Printer:	Networked laser printer

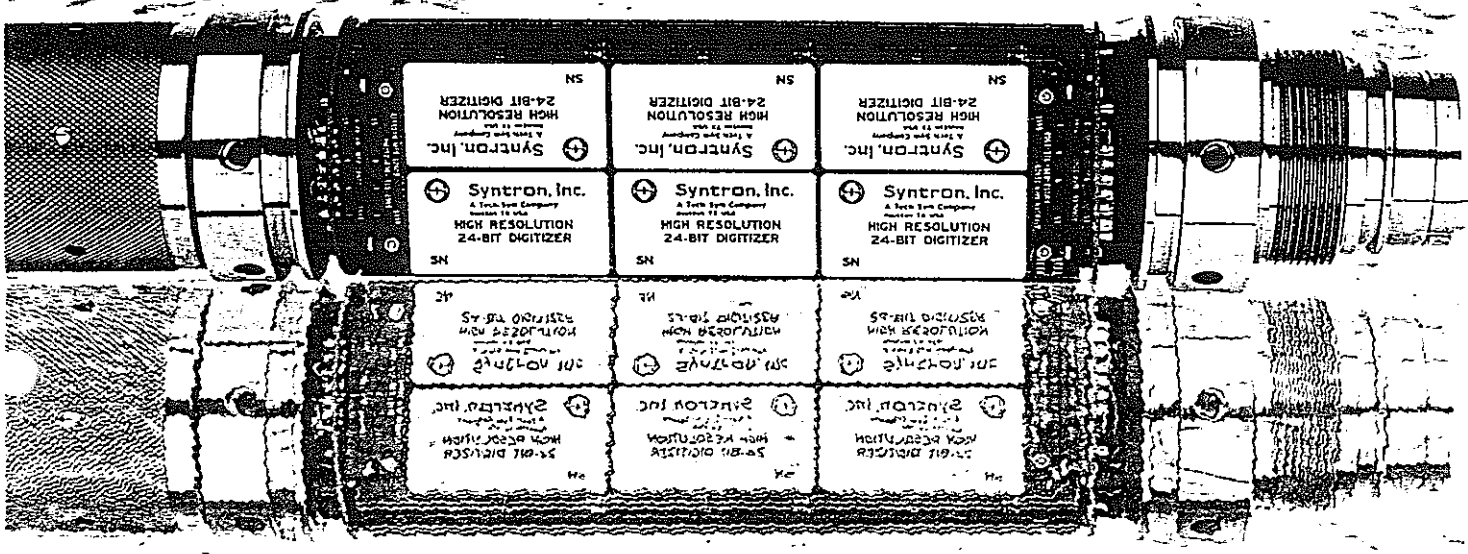
SYNTRAK 480-24™
Multiple Streamer Telemetry System



Syntron, Inc.
A Tech-Sym Company

A-3-75

SYNTRAK 480-24™
Multiple Streamer Telemetry System (MSTS)



SYSTEM ADVANTAGE.

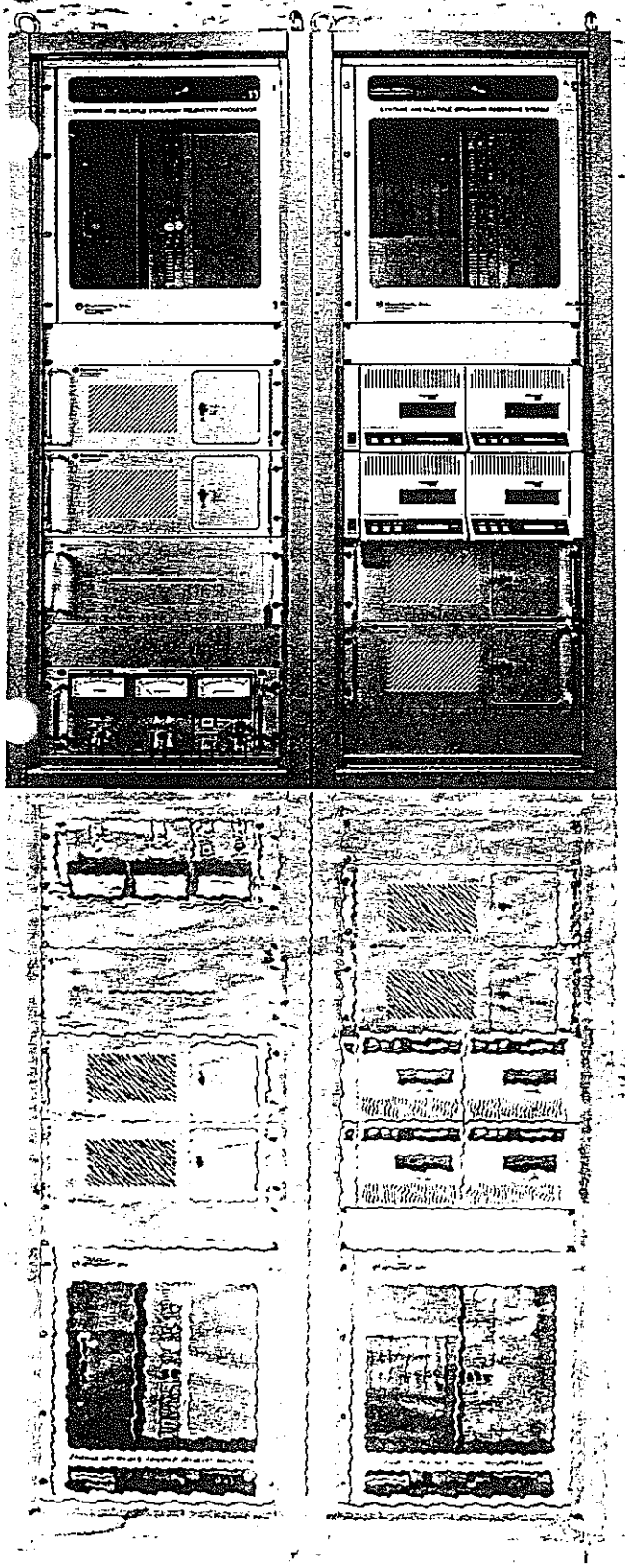
The SYNTRAK 480-24™ Multiple Streamer Telemetry System (MSTS) meets the changing demands of sophisticated marine 3-D surveys. An improved recording system and reliable, field-proven SYNTRAK480® Digital Acquisition Modules place this system leagues ahead of other systems in the industry. It provides reliable system operation and affords current SYNTRAK 480® users a cost-effective means of expanding system capabilities. Flexible system architecture allows the system to acquire up to 8000 channels in real time.

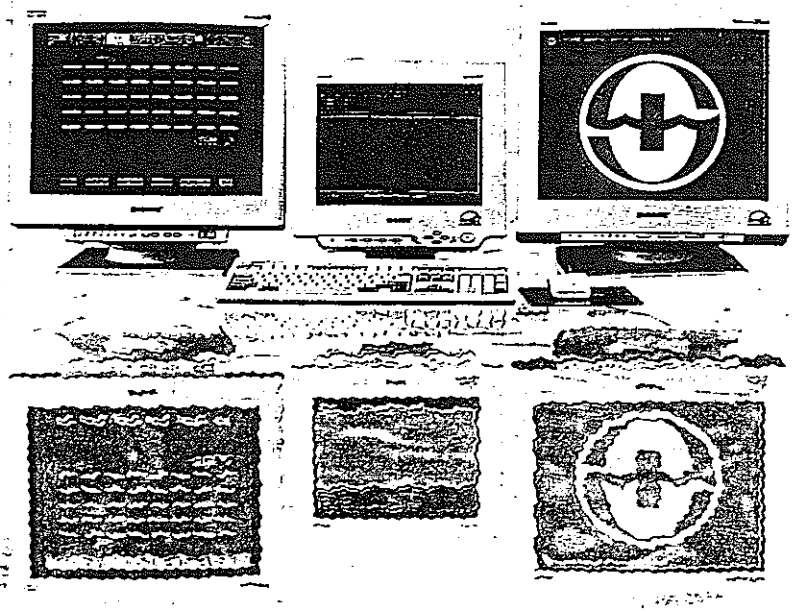
Intuitive mouse-driven pull-down menus provide a graphical user interface that can be learned quickly and easily. Another advantage is the current graphical display of system status and pertinent data. This feature allows the operator to monitor the system's performance at a glance.

Designed-in, real-time and off-line quality control features verify that the system is operating properly and that data quality meets Syntron's high standards. Should any fault occur in the system, the QC features isolate and correct the problem in a matter of minutes, saving valuable time and money.

System flexibility in the SYNTRAK 480-24™ MSTS has allowed Syntron to develop the world's first Ocean Bottom Cable System for use in shallow water and obstructed areas. Whether for deep ocean or ocean bottom-laid applications, the SYNTRAK 480-24™ MSTS provides an efficient, cost-effective solution to the most challenging 3-D acquisition needs.

SYNTRAK 480-24™
Multiple Streamer Telemetry System (MSTS)





SYSTEM OVERVIEW.

The SYNTRAK 480-24™ MSTS utilizes the newest advances in hardware and software technology. The principal components of the system are the Digital Streamers, Data Acquisition Modules, System Controller, QC Graphics Work Station, Multiple Streamer Telemetry Processor (MSTP), Multiple Streamer Recording System (MSRS) and the Tail Bouy Power Module. Built around the Intel 80486, the System Controller masterminds the entire system, while the QC Graphics Work Station commands and controls the quality control display subsystem. The MSTP and MSRS system hardware are all VME based technology.

SYNTRAK 480-24™ DIGITAL STREAMER.

The key to cost-effective streamer operation is reliable and trouble-free handling. Syntron's proven streamer components, durability, reliability and high quality are assured with Syntron's new reduced diameter arrays of 50 and 56 millimeters. Using both existing and new technologies, cable sections utilize a two stress member design employing materials lighter and stronger than steel. The new design also incorporates waterproof hydrophones and high buoyancy spacers. This technology contributes to Syntron's smaller, more reliable, and stronger streamers.

The SYNTRAK 480-24™ Digital Streamer is designed for a nominal operating length of 7,200 active meters and is operable at lengths of up to 10 kilometers. To ensure a substantial factor of safety for transient conditions, the pull strength is set at 7,200 kilograms (7.2 tonnes) for the 50-millimeter section and 10,000 kilograms (10 tonnes) for the 56-millimeter section.

The stress members are made of lightweight, high-strength Vectran™. This material allows two stress member construction instead of the usual three, making the streamer easier and less damaging to the streamer to reel. Reduced chassis weight means increased buoyancy; this makes it possible to use higher density ballast fluids. Sections are constructed with a load applied equivalent to the average tow/drag force experienced at normal towing speeds of five to six knots. This production process minimizes the effects of the tow/drag force stretching the streamer and disturbing the group spacing. The stretch sections mechanically isolate the live groups from the transient motion of the vessel and are available at varying lengths to suit operational requirements.

Hydrophones used with the streamer sections are smaller than previous ones and are waterproofed. A standard active section is 75 meters long. Group spacing is built in 6.25-meter sections. Each section contains eight parallel hydro-phones with an equivalent group sensitivity of 20 microvolts per microbar. Other live section configurations are available upon request to meet specialized needs.

DATA ACQUISITION MODULE.

Syntron's new generation 24-Bit Data Acquisition Module uses state-of-the-art technology. The module offers extended resolution, which makes it possible to record extremely small-amplitude signals even in the presence of high noise levels.

The low noise technology utilized in the preamplifier allows in excess of 120 dB instantaneous dynamic range. Delta-Sigma analog-to-digital conversion and extensive use of DSP technology allows digital filtering and signal processing functions to be carried out in the Data Acquisition Module. This same DSP technology allows implementation of correlation and noise reduction algorithms.

Preamplifier gain is selectable for each channel within each module. Gains of 12, 24, 36 and 48 dB can be selected for each channel independently. Bird, compass, and acoustic data links are integrated into the seismic telemetry link and function as external device controls. This advanced technology also yields high linearity and ultra low distortion, ensuring enhanced recording fidelity at all signal levels. With these attributes, the 24-Bit Data Acquisition Module is smaller and even more reliable than its predecessor.

Each Data Acquisition Module instantaneously samples and digitizes 12 seismic channels. The quality control circuits included in each module test dc offset, input noise, harmonic distortion, dynamic range, gain accuracy, and impulse response. Hydrophone tests include natural frequency, damping factor, seismic line continuity, and seismic line leakage. A power monitoring system within each module allows the user to analyze streamer current leakage. This test provides electronic isolation of streamer power problems and eliminates the need to physically disconnect sections to locate faults. This feature alone saves many hours of crew downtime.

Each acquisition module consumes approximately 500 milliwatts per channel. The use of low-power circuitry increases mean time between failures because there is very little heat accumulated. Low power also allows the SYNTRAK 480-24™ MSTS to run continuously, whether it is on the reel or deployed for operation.

A titanium depth transducer installed in the module housing provides depth information accurate to within 0.45 meter (1.5 feet) over a range of 0 to 121.9 meters (0 to 400 feet). Each module is pressurized with dry nitrogen to approximately 45 psi. Should a leak develop, a sensor monitoring internal pressure allows operators sufficient time to retrieve a module before salt water intrusion occurs. Module depth and internal pressure are conveniently displayed on the monitor during each record and are updated every shotpoint.

The dynamic address and the microcoded information for each module are transmitted to the recording system and logged in the extended header of each record along with internal pressure and water depth measurements. Power for the digital modules is provided by dc power supplies in the recording system. The total power consumed by a cable configured with 480 channels is less than a 300-watt light bulb. The continuous power source means the system may be operated 24 hours a day without the hindrance of battery life problems that plague other systems. Ground fault protection is provided to protect the operator and to ensure safe operation of the system.

SYSTEM CONTROLLER.

The System Controller regulates the activity of the MSTP and MSRS via a custom high-speed serial link (55 Mbps) developed by Syntron. The operating system is a real-time, pre-emptive, multi-tasking executive. System operation and parameter entry are handled through a simple, mouse-driven graphical user interface where menu selections and system parameters are selected from easy pull-down menu options. A 14-inch color monitor displays system status information, which can be quickly copied to a laser printer.

System performance can be analyzed off-line before and after each boat pass. Also, a programmable set of quality assurance tests conducts daily, weekly, and monthly system evaluation. This quality feature is already enjoyed by current SYNTRAK 480® users around the world.

QC GRAPHICS WORK STATION.

Like its predecessors, the SYNTRAK 480-24™ MSTS, provides substantial real-time and off-line QC facilities. These quality features are standard in the SYNTRAK 480-24™ MSTS. The system allows all channels of data to be displayed in real time whether in wiggle, variable area, or variable density format. When RMS acoustic noise or d.c. offset analysis is performed on the data, a bar graph presentation shows potential problems in the streamer. Should a problem appear on a particular data channel, a number of diagnostic routines work to isolate and resolve the problem.

The operator sets parameters for the quality control system through a simple, mouse-driven graphical user interface coupled to a new Syntron developed Quality Control Graphics II Board located in the MSTS chassis. A 14-inch color monitor indicates the parameter entries, while a second monitor presents QC data in real time. Displays from either monitor can be copied quickly and easily to a laser printer.

MSTP SYSTEM.

The MSTP is a multiple streamer marine data acquisition system that acts as an interface between the digital streamers and the recording system. Each MSTP chassis houses all the front-end hardware for dual streamer acquisition. Up to eight MSTP chassis can be operated simultaneously for a maximum of sixteen streamers per recording system.

The MSTP controls and analyzes streamer and module diagnostics and displays them on a high resolution graphics monitor. Instrument QC can take place any time the system is not in real-time seismic acquisition mode.

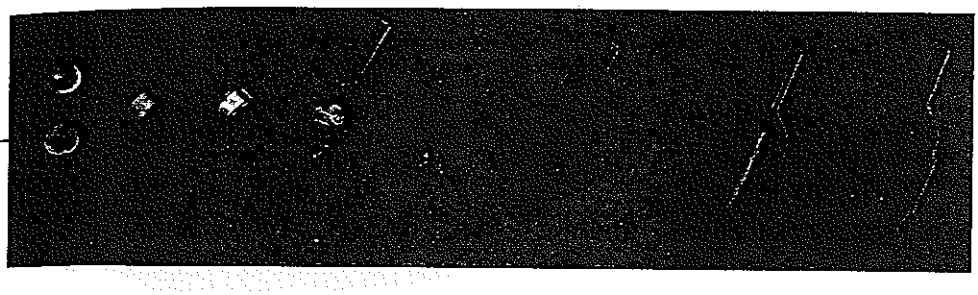
Daily, weekly and monthly tests can be pre-programmed and run automatically upon command. In addition to tests performed on the digital modules, the system can digitally synthesize signals, such as precision sine waves and pulse test patterns. This function verifies the selection of array forming parameters without the necessity of external test equipment or digital modules connected to the system.

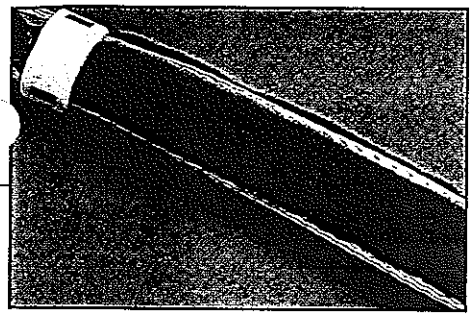
The New Future for Marine Data Acquisition

CenturyMux™ 24-bit Digital Streamers...

Hydroscience Technologies Inc.

2659 Nova Drive
Dallas, Tx 75229
(972)241-7581 Fax (972)620-0271





Reticulated foam and internal pressure for a firmer, quieter streamer

The CenturyMux streamer is filled with reticulated foam to help attenuate various types of self-noise. The foam also serves as a low-noise mounting support for the hydrophones and minimizes noise-causing motion of the internal wiring. The foam centers the spacers to keep them from touching the inner surface of the hose. This reduces the direct transmission of turbulent boundary layer noise into the section. The sections are designed to have a slight internal pressure from the fill fluid, which keeps the sections round and firm. All this plus minimum acoustic cross-section internal components are used to minimize all sources of self-noise, including bulge wave noise propagation.

State-of-the-art electronics for quality data

The CenturyMux combines 24-bit sigma-delta technology with an electrostatic shielding to virtually eliminate crosstalk and to achieve channel-to-channel similarity of ±0.25 dB magnitude and ±0.5 degree phase shift. The resulting channel-to-channel similarity is the best in the marine geophysical industry—a critical advantage for "data stacking."

Hydrophone design innovations for peerless acoustic signals

Unlike the wafer-thin, highly depth-sensitive hydrophones used in other streamers, the CenturyMux hydrophone incorporates a thick ceramic design that reduces sensitivity per meter of water depth to 0.005 dB. This reduces the total harmonic distortion of the MD-7A hydrophone to -90 dB, offering signal quality unmatched in the industry.

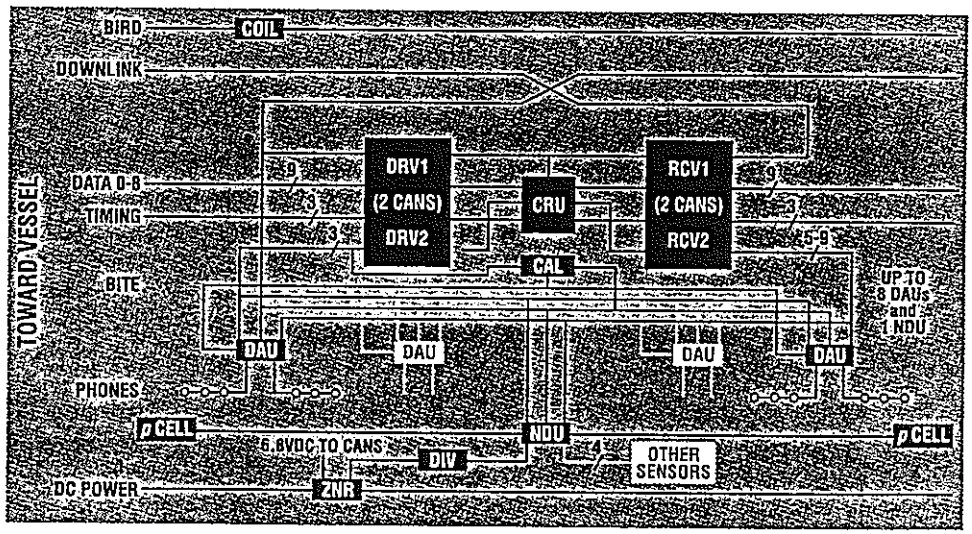
Sealed and MILSPEC components for defense against catastrophic skin breech

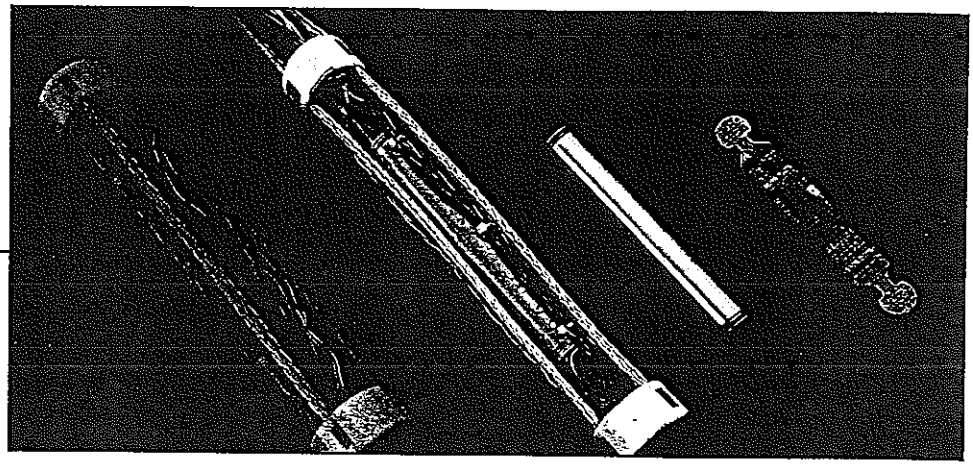
Only Hydroscience ensures high-quality standards with MILSPEC or industrial-grade passive components and industrial-grade active components. And only Hydroscience encapsulates its hydrophones, tungsten-inert-gas welds its circuitry canisters, and waterproofs all electrical connections to continue gathering data even in the event of a breech of the streamer skin.

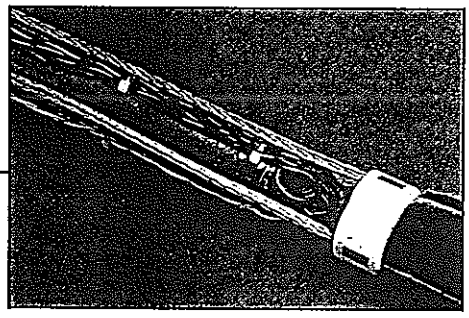
A multiplexing scheme for unmatched reliability and expandability

The CenturyMux on-board receiver interface system will support up to 10 streamers, in any configuration, for a potential 12,800 channels at 2 milliseconds.

The CenturyMux multiplexing scheme uses nine twisted pairs of wire to lower the data rate per transmission line, improving reliability and accuracy. Eight pairs handle up to 1,280 data channels at two milliseconds per streamer. The ninth pair is reserved for non-acoustic data. This data includes a section or telemetry interval description; zener voltage; line voltage; and leakage monitor status. It may also include data from up to 16 non-acoustic sensors within the section such as temperature, depth, heading, and tension. The crystal-controlled clock in the far telemetry interval is the master clock for the streamer. Each telemetry interval derives its timing from the master clock. In multiple streamer operations, a synchronizing signal is derived from the recording system, which ensures that each streamer is synchronized with the proper gun-timing signal. To aid in troubleshooting, a failure in the master clock signal will cause the next forward telemetry interval to assume the master clock function.







Vectran for lightweight strength

The CenturyMux design replaces other types of stress members with Vectran®, a lightweight liquid crystal polymer line whose three members are rated to 15,000 lbf breaking strength. Vectran is many times lighter than steel and is extremely abrasion resistant. Vectran offers a lifetime of reliable service and can be safely terminated on a pin just half its own diameter.

Quick-Coupler—for a smooth 2" diameter section-to-section

CenturyMux eliminates the need for 14" streamer section connectors with the introduction of the 4.8"-long Quick-Coupler—a smooth, strong, lightweight titanium flush joint.

The CenturyMux Quick-Coupler dramatically reduces streamer bending stresses during reeling and stowing. The Quick-Coupler is quieter, presents less drag, and has no exposed canister edges to damage the reeled streamer skin. For long service life and easy interchangeability of all sections, the CenturyMux Quick-Coupler is keyed to prevent damage to the electrical connectors during repeated coupling and uncoupling.

Distributed telemetry for a smooth 2" diameter head-to-tailswivel

The CenturyMux streamer is 50% lighter than any 2.85" (nominal) diameter digital marine streamer on the market today.

The CenturyMux electronics are packaged in 1"-diameter, 6.5"-long canisters distributed throughout the entire active section to ensure not only neutral buoyancy, but also incremental neutral buoyancy without changing the uniform 2" diameter. The result—a smooth 2"-diameter digital streamer that makes possible greater streamer length and multiple streamer capabilities on vessels once restricted to single-streamer operations.

Nonacoustic Channels

Number of Channels:	16/section maximum
Sensor Types:	Pressure, Magnetic Heading, Temperature, Tension, custom
Channel Quantization:	12 or 16 bit
Channel Bandwidth:	all channels in a section share the bandwidth of one acoustic channel

Test Capabilities

Hydrophone Channels:	equivalent input noise dynamic range harmonic distortion intermodulation distortion impulse response upper band edge tones wideband frequency comb EVEN/ODD crossfeed DC offset calibration hydrophone leakage
Other Tests:	telemetry error rate sampling rate power voltages saltwater intrusion
Test Signals:	impulse 31.25Hz -4dBFS 70.8/125Hz pair 3.90625Hz odd comb 186..Hz -4dBFS 372..Hz -4dBFS 0.250VDC
Auxiliary Input Channels:	onboard rackmounted chassis with 8 hydrophone channels. 1 Vrms full scale differential voltage mode input (Z_{IN} = 63k)

Onboard Receiver

Rack mounted personal computer with one interface card per streamer and one rack mounted power supply per streamer.

The onboard receiver provides high speed parallel main data ports and a control/status RS-232 port to the recording system[9], as well as local control of streamer operation and troubleshooting capabilities.

Receiver Capacity:	10 streamer interfaces (12,800 channels @ 2 msec)
Rack Vertical Space:	24 inch (computer), plus 7 inch per power supply 3.5 inch (aux. channels)

Notes:

1. Customer may request second external device bus (e.g. Digicourse coils near tail of each acoustic section).
2. Other hosewall materials available on request.
3. Using Shell Sol 71 fill fluid, polyurethane hosewall, and no internal ballast.
4. Operating depth limited to 35 m, survival to 900 m version exportable to certain countries.
5. Group spacing shorter than 12.5 m not exportable to certain countries.
6. Hydrophones in the vicinity of the bird coil are re-arranged to minimize noise of external device origin. Group directivity patterns available on request.
7. Additional IIR hipass filters in recording system.
8. Sample rate decimation filters in recording system.
9. Interface specification available.

HYDROSCIENCE

CenturyMUX™ 24-Bit Digital Streamer System Specifications

CENTURYMUX™ STREAMER SPECIFICATIONS

STREAMER

Maximum Length:	7900 m acoustic
Operating Temperature:	-10 to +40 degC
Storage Temperature:	-40 to +65 degC
Telemetry System:	Distributed electronics
Transmission Line:	(12) 24AWG twisted pair
External Devices:	DigiCourse coil near head of each section[1]
Power Input:	constant current DC (≈250 VDC for 3km/240ch)
Power Consumption:	approx. 580mW/channel, including copper loss
Towcable S.G.:	approximately 4
Towcable Strength:	> 444 kN (100 klbf)

SECTIONS

Section Length:	100 m (acoustic) 50 m (elastic) ≤ 1 km (lead-in)
Section Diameter:	5.1 cm (2 inch)
Section Pull Strength:	66.72 kN (15,000 lbf)
Hosewall Type[2]:	Polyurethane
Hosewall Thickness:	3.2mm (1/8 inch)
Fill Fluid Type:	per customer
Section Fluid Amount:	144 liters (38 gal)/100 m
Section S.G.:	< 1.000[3] to > 1.030
Maximum Depth[4]:	900 m (3000 ft)
Section Bend Radius:	61 cm (24 inch) minimum
Section Couplings:	Ti alloy, 5.1 cm OD, rigid length < 13 cm

HYDROPHONE CHANNELS

Hydrophone Type:	Multidyne® Type 7A (waterproof/shielded)
Number of Channels:	1280 @ 2 msec 640 @ 1 msec
Group Spacing[5]:	3.125 to 25 m
Hydrophone Density:	128 per 100 m, equispaced except near bird coil[6]
Sample Rates:	1 and 2 msec, ± 10 ppm
Sampling Skew:	≈ 750 nsec per section
Channel Highpass[7]:	-3 dB @ 5Hz, 12 dB/oct precision analog filter
Channel Lowpass[8]:	206 Hz @ 2 msec sampling 412 Hz @ 1 msec sampling (-3 dB at $0.82*f_{NYQUIST}$) linear phase digital (FIR)
Channel Matching:	± 0.25dB, ± 0.5 degree in-band
Hydrophone Matching:	± 1 dB channel to channel
Channel Sensitivity:	110 V/bar (-179 dBV/μPa) LSB ≈ 7e-9 bar
Channel Full Scale:	40 mbar in-band, rises at 12 dB/oct below 5 Hz
Channel Quantization:	24 bit Sigma-Delta type
Hydrophone Preamps:	voltage mode, differential input
Channel Distortion:	THD and IMD < 0.002%
Dynamic Range:	> 112 dB (5-412 Hz)
Crossfeed Isolation:	100 dB