

トルコ共和国ゾングルダック炭田海域部
開発計画調査中間報告書

(物理探査部門)

要 約 版

1981年 3 月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1051062[6]

國際協力事業団	
受取人 月日 54.8.29	3140
登録No. 114436	.6679
	MPNN

は し が き

日本国政府はトルコ共和国政府の要請に基づき同国のゾングルダック炭田海域部を中心とする地域の炭田計画調査について、その実施を国際協力事業団に委託した。

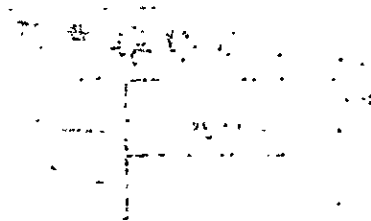
当事業団は、本件調査実施に先立ち1980年2月、坊城俊厚（国際協力事業団）を団長とする5名の専門家からなる事前調査団を同国に派遣し、本件調査に関する要請内容の掌握、調査対象地域の一部の踏査、調査計画の作成等を行うとともに、同国政府関係機関と協議のうえ本格調査に関する Scope of work (S/W) を作成した。

本件調査は、同 S/W に基づき、MTA（トルコ共和国鉱物資源研究所）が1979年6月に試験的に実施した海上物理探査データの再解析を1980年10月から12月までのJICA研修員として来日した同国の技術者と共同して、日本国内において実施したものであり、これら共同解析の成果を中間報告書として取りまとめたものである。

本報告書が、今後実施を予定している同国ゾングルダック炭田開発に関する本格調査において有意義な資料となるとともに、両国の友好関係の推進に寄与することを期待する。

終りに、本件調査に際して多大の協力を戴いたトルコ共和国政府関係機関、在トルコ共和国日本大使館、外務省及び通商産業省の関係各位に対し心から謝意を表するものである。

1981年3月



1. 1. 1.

2. 1. 1.

3. 1. 1. 1.

4.

2. 1. 1.

3. 1. 1. 1.

4. 1.

3. 1. 1. 1. 1.

4. 1. 1. 1. 1.

5. 1. 1. 1. 1. 1.

6. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

7. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

8. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

9. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

10. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

11. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

12. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

13. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

14. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

15. 1. 1. 1.

目 次

| | ページ |
|--|-----|
| I 総 論 | 1 |
| 1. 調査の経緯 | 1 |
| 2. 調査の目的と背景 | 4 |
| 3. 業務実施のメンバー構成 | 4 |
| 4. 業務内容および作業期間 | 5 |
| II 各論の概要 | 6 |
| 1. 海上位置測量 | 6 |
| 2. 海上地震探査反射法の再処理 | 8 |
| 3. " 屈折法の解析 | 8 |
| 4. 海上重力および磁気探査結果の検討 | 21 |
| III 結 論 | 24 |
| 1. 海上反射法地震探査再処理の結果 | 24 |
| 2. 海上地震探査屈折法解析の結果 | 24 |
| 3. 重力・磁気探査データの検討結果 | 25 |
| 4. 海上位置測量の検討結果 | 25 |
| 5. 物理探査結果の総合解析の概要 | 26 |
| 6. ゾングルダック炭田海域部開発のための物理探査法の適応性とその問題点 | 28 |

1. $\frac{1}{x^2} = x^{-2}$
 $\frac{d}{dx} x^{-2} = -2x^{-3} = -\frac{2}{x^3}$

2. $\frac{d}{dx} \ln(x) = \frac{1}{x}$
 $\frac{d}{dx} \ln(x^2) = \frac{1}{x^2} \cdot 2x = \frac{2}{x}$

3. $\frac{d}{dx} e^x = e^x$
 $\frac{d}{dx} e^{2x} = e^{2x} \cdot 2 = 2e^{2x}$
 $\frac{d}{dx} e^{-x} = e^{-x} \cdot (-1) = -e^{-x}$

I 総 論

1. 調査の経緯

トルコ共和国ゾングルダック炭田は古い開発の歴史をもち従来もっぱらその開発は陸域部で進められてきた。近年、同炭田の採炭深度は平均-300mに達したため、陸域深部と周縁部への開発が必要となり、その一環として海域への開発展開がとり上げられてきた。

トルコ政府は海底炭田の採鉱開発に多年の実績と経験をもつ日本に対して、ゾングルダック炭田の海底部開発の協力を、昭和52年に要請してきた。その要請内容はゾングルダック炭田海域部の炭尽賦存ポテンシャルを把握し、採炭計画の策定をふくむ開発計画F/Sを行うに必要な機材の供与、専門家5名(地質、地球物理、採鉱等)の2ケ年派遣要請であった。

この政府間ベースの協力要請がなされた昭和52年以前ゾングルダック炭田海域部の採鉱等についてはトルコ国と日本民間企業との間でコズル沖の物理探鉱(昭和45年度、1970)注(1)、およびコズル鉱業所調査(昭和51年、1976)注(2)が実施されている。

この経緯とトルコ政府よりの要請内容等を検討した結果、国際協力事業団(以下JICA)はゾングルダック海域部の開発のためまず既存の基礎データ(地質、物探、試錐等)をとりまとめ評価する目的で、昭和54年(1979)2月より5月にかけてJICA専門家(地質、物理探査各1名)を派遣した。以後、この専門家の調査結果をふまえ調査団ベースでの調査協力を実施してゆくことになった。

これをうけて、昭和55年(1980)2月より3月にかけてJICAから調査協力のための事前調査団(坊城、末森、亀谷、大林、北原)がトルコ国に派遣され現地調査を実施し、トルコ国側担当機関であるトルコ石炭公社との間で協議を行ない、この開発調査のS/Wに調印した。

このS/Wにしたがい、海域物理探鉱についてはデータの質の改善に努力し、より多くの有効な地球物理的、地質的情報を得るため、第一段階としてトルコ側が実施した1979年の物理探査データの再処理・解析をトルコ側および日本側で行い、第二段階としてデータの増加(調査船による海域部調査等の推進)策の実施が計画された。

注(1) Hosono, M. et al. (1970): Report on geophysical prospecting of offshore area of Kozlu coal mine, Zonguldak coal field, Nittetsu Mining Consultants Co, Ltd.

注(2) Jin-nai, A., Masui, M. (1976):

Summarized view concerning under sea mining at Kozlu coal mine, Zonguldak coal field, Turkey, Mitsui Mining Co., Ltd.

注(3) 坊城俊厚、津 宏治：トルコ

・ゾングルダック炭田の海域部の探鉱に関する技術協力報告書、国際協力事業団、派二、J R、79-24

注(4) 英訳 Turkish Coal Enterprises (T. K. E.)

注(5) J I C A (1980) トルコ共和国ゾングルダック炭田海域部開発計画事前調査報告書、鉱計資、CR(5)、80-74

2. 調査の目的と背景

トルコ共和国政府より要請のあった、同国西北部に位置するゾングルダック炭田海域部を中心とする開発計画調査に関して、1979年6月M. T. A. (トルコ国鉱物資源研究所) がゾングルダック沖合に地震探査反射法4測線、総延長37.6 Kmを試験的に実施した。昭和55年2~3月派遣の事前調査団は、この試験調査の現場測定技術およびデータ処理・解析法につき検討した結果、データの質の改善のための再処理・再解析を行う必要があると判断した。

この判断に従い、前記S/Wの内容をふまえ、

- (1) 日本においてゾングルダック炭田海域部の反射データの再処理・再解析を行い記録断面の質の改善を計る。
 - (2) 現有データからより多くの情報をうる方策として上記反射データを利用して屈折法解析を行い、弾性波速度と地層との対比資料を得る。
 - (3) トルコ側に海域物理探査全般に関して指導できる能力を有する技術者の強化・育成を計る目的で、トルコ側から2名の研修員をうけ入れ、地震探査データ解析に加え、海上の重力および磁気探査データを併せた総合解析・解釈が可能となるよう指導・協力をを行う。
- ことを目的として日本国内解析および技術研修作業を実施した。

本報告書はこの結果を報告するものである。

今後の協力計画の策定は、このデータの再処理・見直しの結果によって実施されることになる。

3. 業務実施のメンバー構成

本業務の構成メンバーは下記のとおりである。

| 氏名 | 担当 | |
|------|------------|--------|
| | 解析作業 | 技術研修指導 |
| 井上正昭 | 総括(地質) | — |
| 亀谷卓也 | 物理探査(反射処理) | 反射法 |
| 青木豊 | " (") | " |
| 大林博輔 | " (屈折解析) | 屈折法 |
| 中野修 | " (") | " |
| 片寄邦之 | " (重・磁力解析) | 重・磁力探査 |
| 竹森雅博 | " (") | 海上位置制御 |
| 森喜義 | — | 反射法 |

上記構成メンバーは、J I O A の研修員として来日したトルコ側カウンターパート 2 名と共同解析を実施した。

トルコ共和国研修員：Maden Tetkik ve Arama Enstitusu, M. T. A

(トルコ共和国鉱物資源研究所物探部)

Mr. Kenan ERES (物探主任技師)

Mr. Sinan KAVUKÇU (物探技師)

4. 業務内容および作業期間

1) 解析作業 自) 昭和55年10月11日 至) 昭和56年3月31日

(1) 反射データ電算処理(再処理)

(2) 屈折法解析

(3) 重力・磁気探査データ検討

(4) 位置測量検討

2) トルコ物探技術者技術研修：自) 昭和55年10月12日 至) 同年12月21日

Mr. S. KAVUKÇU 昭和55年10月12日来日12月21日離日

Mr. K. ERES 昭和55年10月26日来日12月21日離日

技術研修内容は、反射データ電算処理、屈折法解析、重・磁力探査データの定性・定量解析、位置測量等を主とし、併せて地質・物探調査船白嶺丸・開洋丸の見学等である。

II 各論の概要

1. 海上位置測量

船位表示間隔が大まかで一部不均一であること、および作図法が陸域地質図の図法と異なることなどの問題解決を目的として、再計算に基づく航跡図を作り各種物理探査解析用の基本図とした。

1-1 航跡図の作成

M. T. A. では通常の見図作図法であるメルカトル図法に従っている。一方、陸域図は横メルカトル図法 (T. M. 図法) に従っており両図法による海岸線は一致しない。

将来、広い海域調査を想定すると国際横メルカトル図法 (U. T. M. 図法) が有利と考え船位表示計算に本法を採用した。この図法では東西 6 度 (約 500 Km) の範囲が同一基準の平面図となる。すなわち、この範囲内では陸域地質図と大きな誤差なく接合でき、臨接する海上探査測線とも矛盾なく表現できる。

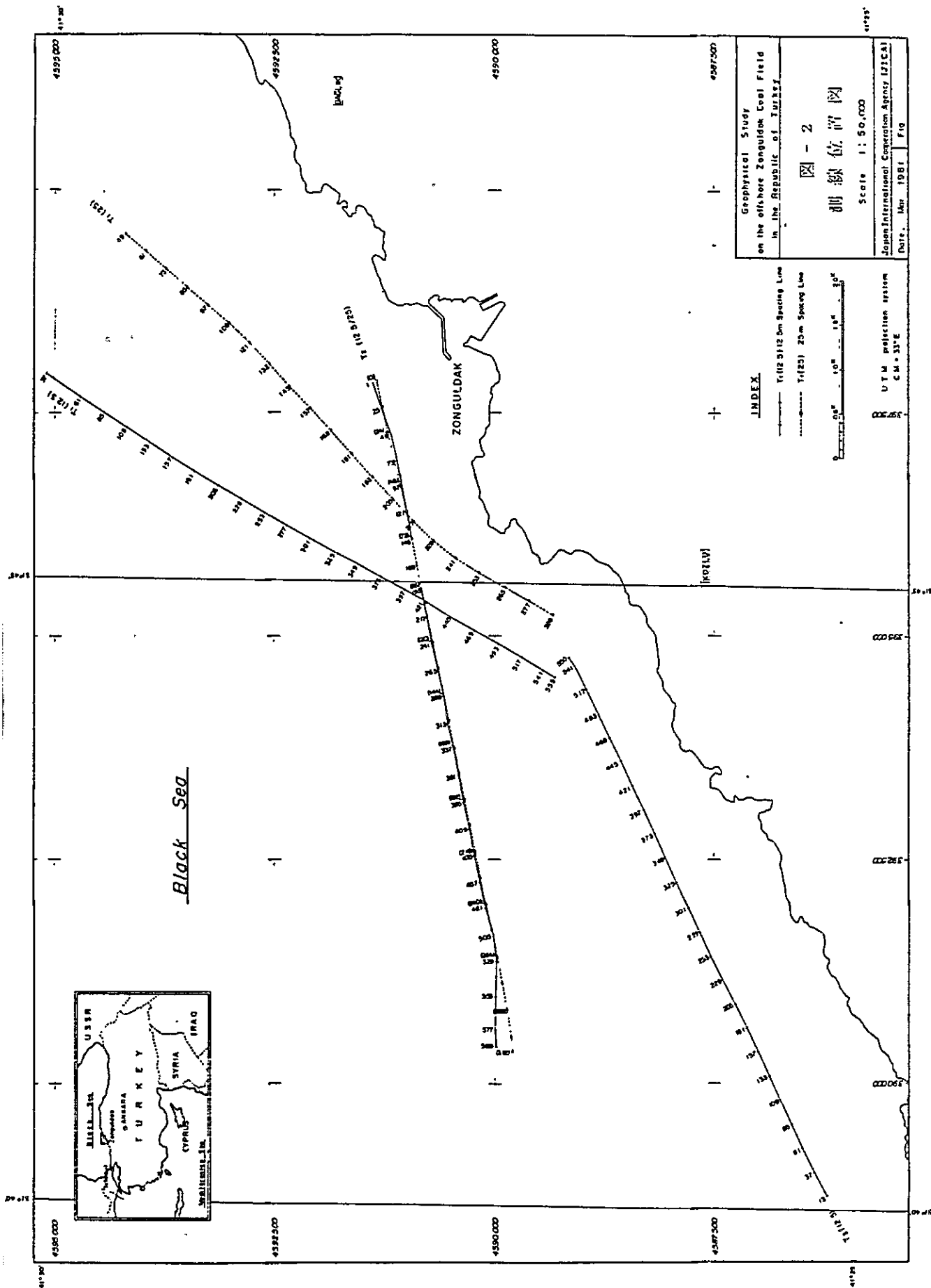
再計算結果は図-2 に測線位置図として示す。ショートケーブルによる高分解能探査測線 T_1 、 T_2 および T_3 の 3 測線は実線で示し、ロングケーブルによる通常法探査測線 T_1 、 T_2 は破線で示した。

1-2 測位精度の考察

この調査で使用された「複合衛星航法システム」による船位測定は他の高精度測位システムとの併用測位でないため、精度の吟味は困難であるが、一般的に本システムの大陸棚海域における精度は 80% の確率で半径 100 m の誤差円内に入る。

測位精度の影響は、例えば、①反射法では発震距離間隔の不均質さは共通反射点重合処理上の影響が大きい。②重力測定ではエトベス補正に影響を与える。1 ミリガルの補正量は船速で 0.2 ノット、或は船首方位で 2 度の誤差で生ずる。

海上物理探査における位置決定作業は物理探査データの観測作業に比べてややもすると不注意になりがちであるが、常に目的とする物理探査の精度に見合った位置精度を確保する必要がある。



2. 海上地震探査反射法の再処理

M. T. A は1979年ゾングルダック炭田海域部において600mのストリーマケーブルを使用する高分解能反射法探査を実施、TIMAP980-B、MATE-500 ソフトウェアパッケージを使用してデータ処理を行ったが、海底直下の白亜系石灰岩層に起因する強力な多重反射のため一次反射を有効にひきだすまでには至らなかった。^{注(6)}

将来この海域部の開発計画樹立のための基礎調査法として反射法データの質の改善が要望され、1979年に得られた3測線、計223kmを日本において再処理することになった。また、同時に1979年の他の2測線(1200mケーブル使用)のデータも日本に送られてきたので必要に応じ併わせて解析を行った。

2-1 調査方法

地震探査反射法とは人工地震を起し地下の地層境界などから反射されて帰ってくる反射波を記録・データ処理を施し、地下構造断面に変換表示して地下構造の形態を把握しようという手法である。

実際の調査は1つの発震点に対して複数の受震点を使用するマルチチャンネル法によっている。この方法の特徴は、弾性波の伝播速度情報を導き出せることであり、これを利用して重合処理が可能なことである。その基本概念となるものがODP(Common Depth Point; 共通反射点)であり、この原理を利用する調査・処理方法を共通反射点水平重合法といい、この調査でも本法に従っている。(図-3)

2-2 測定装置ならびにデータ解析装置

測定装置はM. T. A. 所有のTable 1の機器であり、反射地震記録のデータ処理・解析には石油資源開発株式会社の図-4の機器を使用した。

Table 1

| | |
|---------|---|
| 観測船 | M. T. A. SISMIC-1 (720GWT) |
| 震源 | Bolt AIR GUNS(40, 20, 10 cubic inches) |
| コンプレッサー | APS-D20B-500×2 |
| 受震器 | SEC Streamer with 25m active section |
| 探鉱器 | TI DFS IV |
| 測量システム | MAGNAVOX Mx702/HP Satellite navigation system +
KRUPP-ATLAS DOLOG-12 doppler sonar |

注(6) Sinan Kavukcu (1979) : Offshore seismic investigation of North west Anatolian hard coal basin (Preliminary Report), M.T.A

AIR GUN & STREAMER CABLE TOWING ARRAY

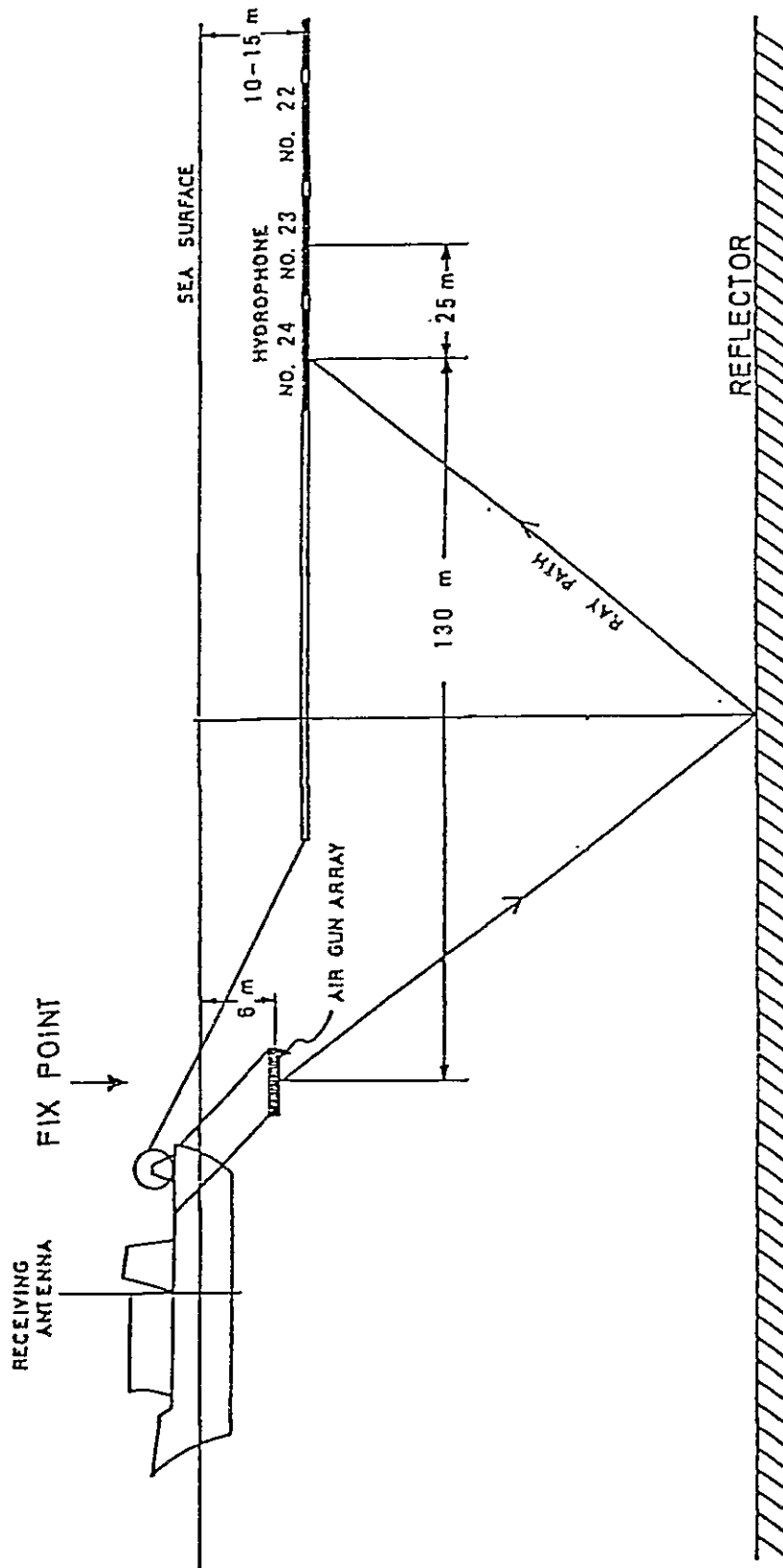
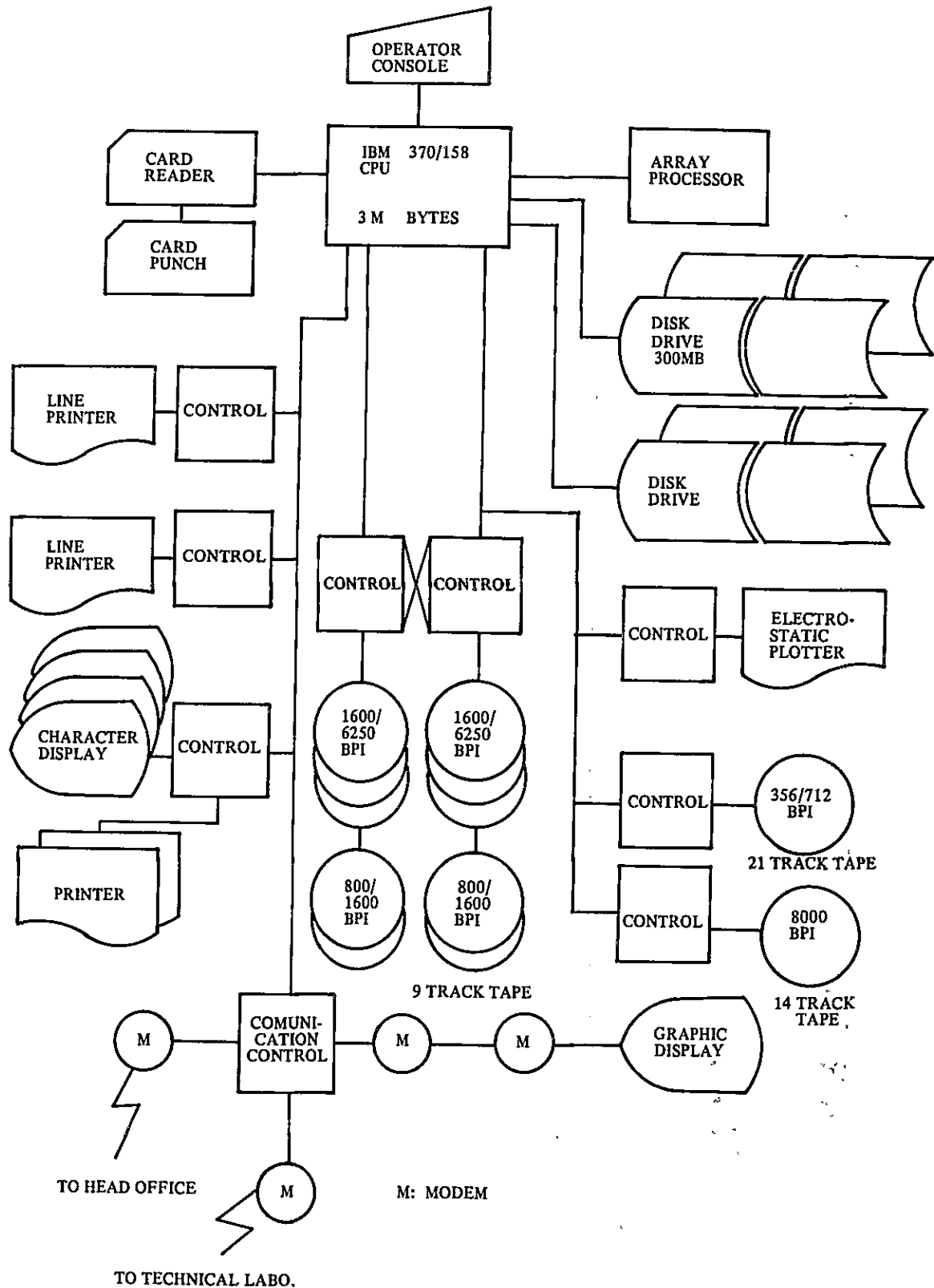


图 - 3 海上反射調査法模式图



MAIN PROCESSING SYSTEM

図 - 4 反射データ処理装置図

2-3 測線設定(図-2)

Table 2

| 測線名 | 発震点間隔 | 測線長 | 方向 | 備考 |
|-----------|--------|-----|-------|------------------------|
| TI-AB 125 | 12.5 m | | NE-SW | 高分解能調査測線
(ショートケーブル) |
| T2-AB 125 | " | | E-W | |
| T3 AB 125 | " | | SW-NE | |
| T1 AB 25 | 25 m | | NE-SW | 通常調査測線
(ロングケーブル) |
| T2 AB 25 | " | | E-W | |

2-4 解析方法

図-5に示すデータ処理流れ図に従ったデータプロセスを実施した。M. T. A. より貸与された原記録には、当初予想と異なる問題が含まれていたためデータ処理の流れについても若干の変更を加えた。

以下にデータ処理の手順のみを列挙する。

(1) デマルチプレックス

(2) QC用ニアトレースセクションの作成

いずれのセクションにおいても多重反射的なイベントが顕著である。しかし共通発震点100%記録をみて明らかなように、これらのイベントは反射波ではなく屈折波および多重反射屈折波もしくは屈折多重反射ともよばれるべきものであることが分った。

(3) 屈折法解析用の記録の作成

(4) 振幅解析およびゲインリカバリー・デコンポリューションテスト

探鉱器に起因すると考えられるスパイク状のノイズと屈折マルチを弱めることを目的としてAAC(Automatic Amplitude Control)、デコンポリューション、フィルターのテストを実施した。

(5) CDPソーティング

共通反射点トレースへ編集する。

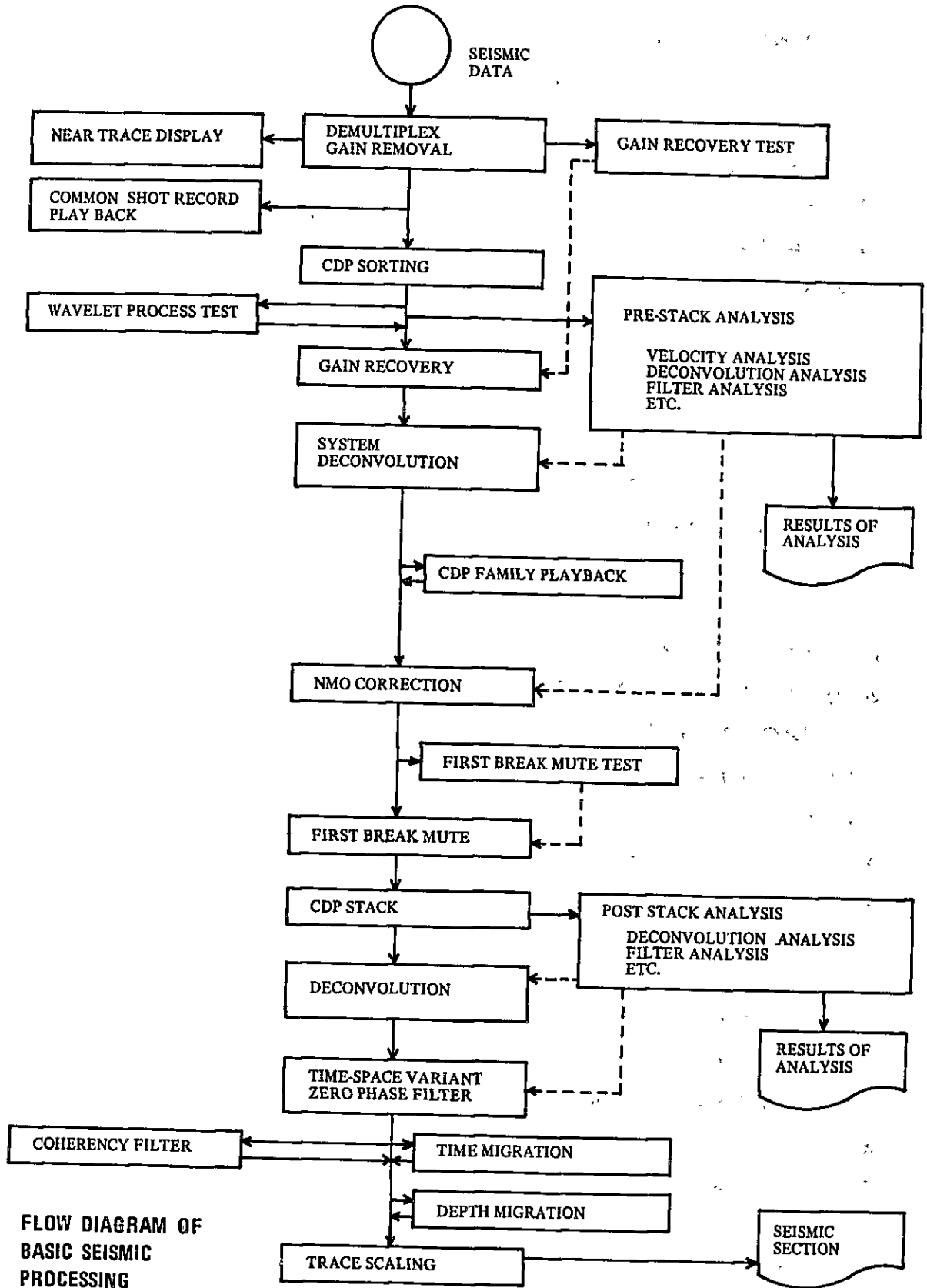
(6) ゲインリカバリーおよびデコンポリューション

(7) 共通反射点重合前のフィルターテスト

(8) リサンプル

(9) 速度解析

調査対象地域は屈折波ならびにマルチプルが卓越するのみならず、一次反射と思われるイベントが非常に少なく、信頼しうる速度決定を定速度重合法(CVSK)のみで決定す



FLOW DIAGRAM OF
BASIC SEISMIC
PROCESSING

図 - 5 データ処理流れ図

ることが困難であったため、必要に応じ Constant Velocity Scan、および Constant Velocity Gather 法を併用した。また、地質分布条件をふまえて種々の速度を仮定して実際に重合を行ないその結果から最終的な重合速度を決定した。

以上のデータ処理の中で特に問題となった点の1つは重合速度の決定が非常に困難であったことである。その原因の1つはケーブル長が600mと短かったことに起因していると考えられたため、1200mケーブルを使用したデータについても処理を実施した。

2-5 処理結果

以上のデータ処理結果の1例を図-6に、また、M. T. A. の処理結果を図-7に示す。

今回の再処理結果とこれまでのM. T. A. における処理と異なる点は使用した重合速度である。M. T. A. では屈折波より求められた速度と整合的ではない低速度が用いられていた。これは速度解析によって得られる“見かけ”の最適重合速度が屈折多重反射あるいは側面反射とみられるイベントに起因して低速度側に現れるものを一次反射によるものと誤認したことと起因する。このためM. T. A. の記録断面では見かけ上は反射イベントが多く出ているが、ほとんど屈折多重反射となっている。

今回の重合処理に用いた他の地質情報と整合的な重合速度によれば、M. T. A. の断面とはかなり異なる結果が得られた。また、これにはオペレータ長の長いデコンボリューション、ノイズの影響のサプレッションなども寄与しているものと考えられる。

2-6 考察

当初懸案となっていた多重反射は、簡単な海面～海底間のリバーベレーションではなく、屈折多重反射であった。この多重反射波の除去は今回の処理でほとんど完了している。しかし、本来の一次反射の検出については必ずしも満足のいくものではない。その原因としては屈折波およびその多重反射と、一次反射の振幅の大きさが大きすぎることで、本来の一次反射がほとんどない地質構造になっている、などの原因が考えられる。いずれに主な原因があるにせよ、この調査海域でより信頼度の高いデータを得るためには現場におけるデータ取得の際さらに若干の工夫が必要である。

想定しうるパラメータの変更には、

- ① 震源スペクトラムのコントロール
- ② 最適ストリーマケーブル長の選定
- ③ 震源エネルギーコントロール

などが含まれるが、

- ④ 平面波を使用することも1方法であると考えられる。これには現場でのエアガンアレイの変更が必要である。

T2 AB 25 T2AB12.5

523 473 423 373 323 273 223 173

0.0

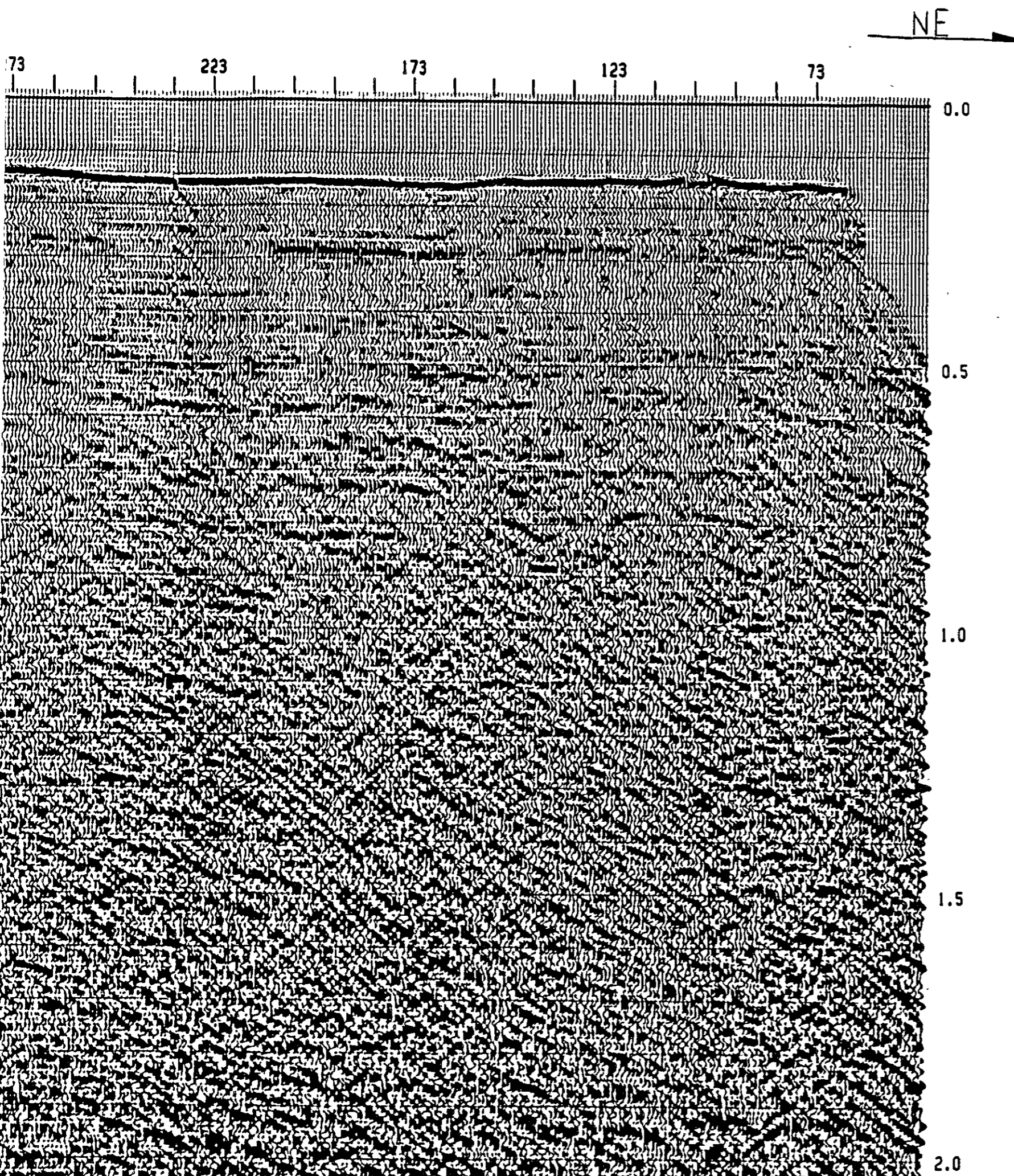
0.5

1.0

1.5

2.0





SEISMIC SURVEY

24 FOLD RECORD SECTION

OFFSHORE AREA OF ZONGULDAK COAL FIELD IN TURKEY

LINE T1AB12.5

S.P. 73 - 554

FIELD RECORDING DATA

| | |
|---|--|
| RECORDED BY
INSTRUMENT
RECORD LENGTH
SAMPLE RATE
FILTER

GAIN CONTROL
ENERGY SOURCE

SHOT INTERVAL
COP MULTIPLICITY
DETECTOR CABLE
SURVEY DATE
SURVEY VESSEL | MTR
DFS IV
3.0 SEC.
1 MSEC.
LOW 8/36 HZ/OB/OCTI
HI 248 HZ
1 F.P.
3 AIR GUNS 170 CU. IN. 140, 20, 1011
11750 PSI.1
12.5 M.
24-FOLD
SEC-STREAMER
JULY 1979
SISMIN I |
|---|--|

PROCESSING SEQUENCE

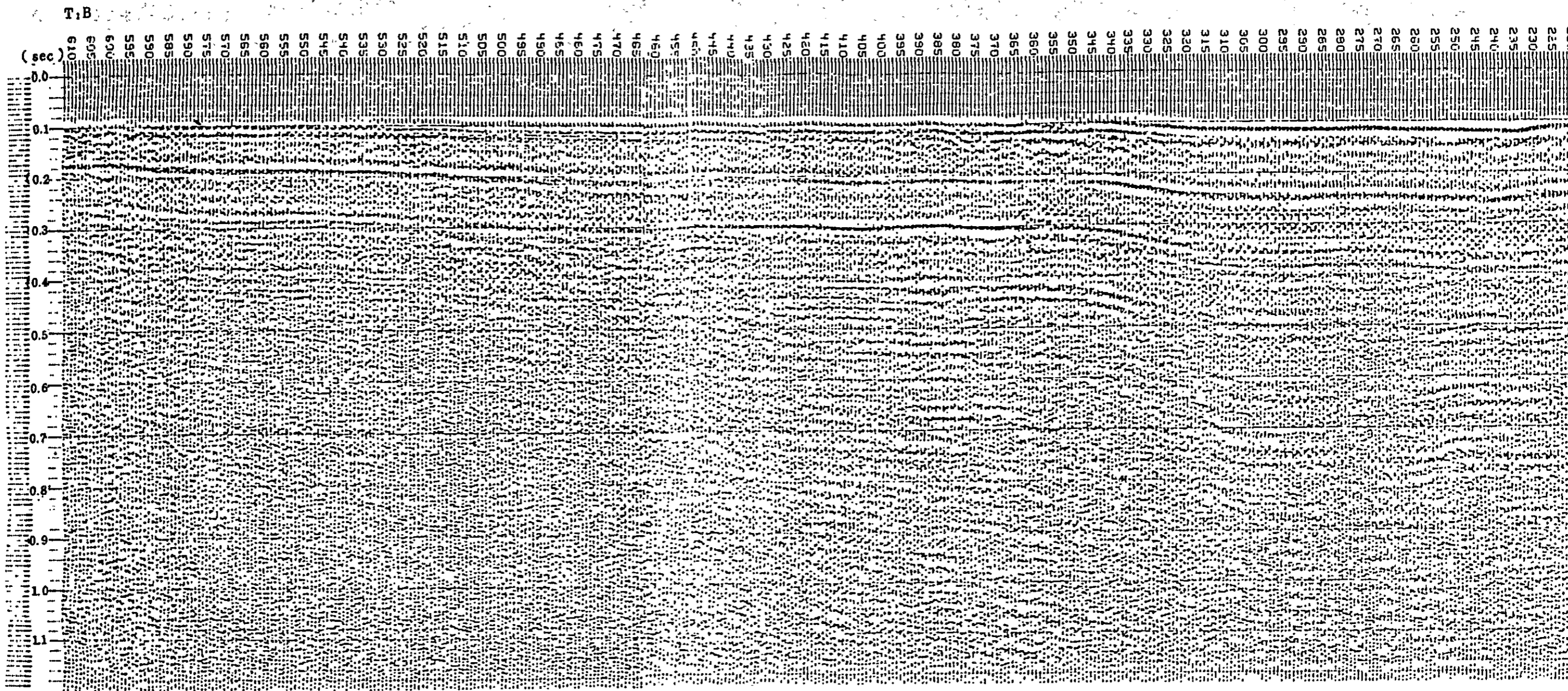
| | PROCESS LENGTH
SAMPLE RATE | | 3.0 SEC.
1-2 MSEC. |
|---|-------------------------------|---|-----------------------|
| 1 1) RECORD EDIT | | 1 8) MUTE | |
| 1 2) COP SORT
COP INTERVAL 12.5 M. | | 1 9) STACK 24-FOLD | |
| 1 3) GAIN RECOVERY
AAC
GATE LENGTH 150 MSEC. | | 110) DECONVOLUTION
PA. DISTANCE 2 MSEC.
OP. LENGTH 200 MSEC.
DESIGN GATE LENGTH 2000 MSEC. | |
| 1 4) DECONVOLUTION
OP. LENGTH 300 MSEC.
PA. DISTANCE 1 MSEC.
DESIGN GATE LENGTH 2000 MSEC. | | 111) T.V. FILTER
OP. LENGTH 300 MSEC.
S - 70 HZ
S - 60 HZ
S - 50 HZ | |
| 1 5) RESAMPLE 1 TO 2 (MSEC.) | | 112) DATUM CORRECTION 12 MSEC. | |
| 1 6) VELOCITY ANALYSIS
BY C.V. STACK | | 113) SCALING
TRACE SIGMA SCALE | |
| 1 7) NMO CORRECTION | | | |

图 - 6

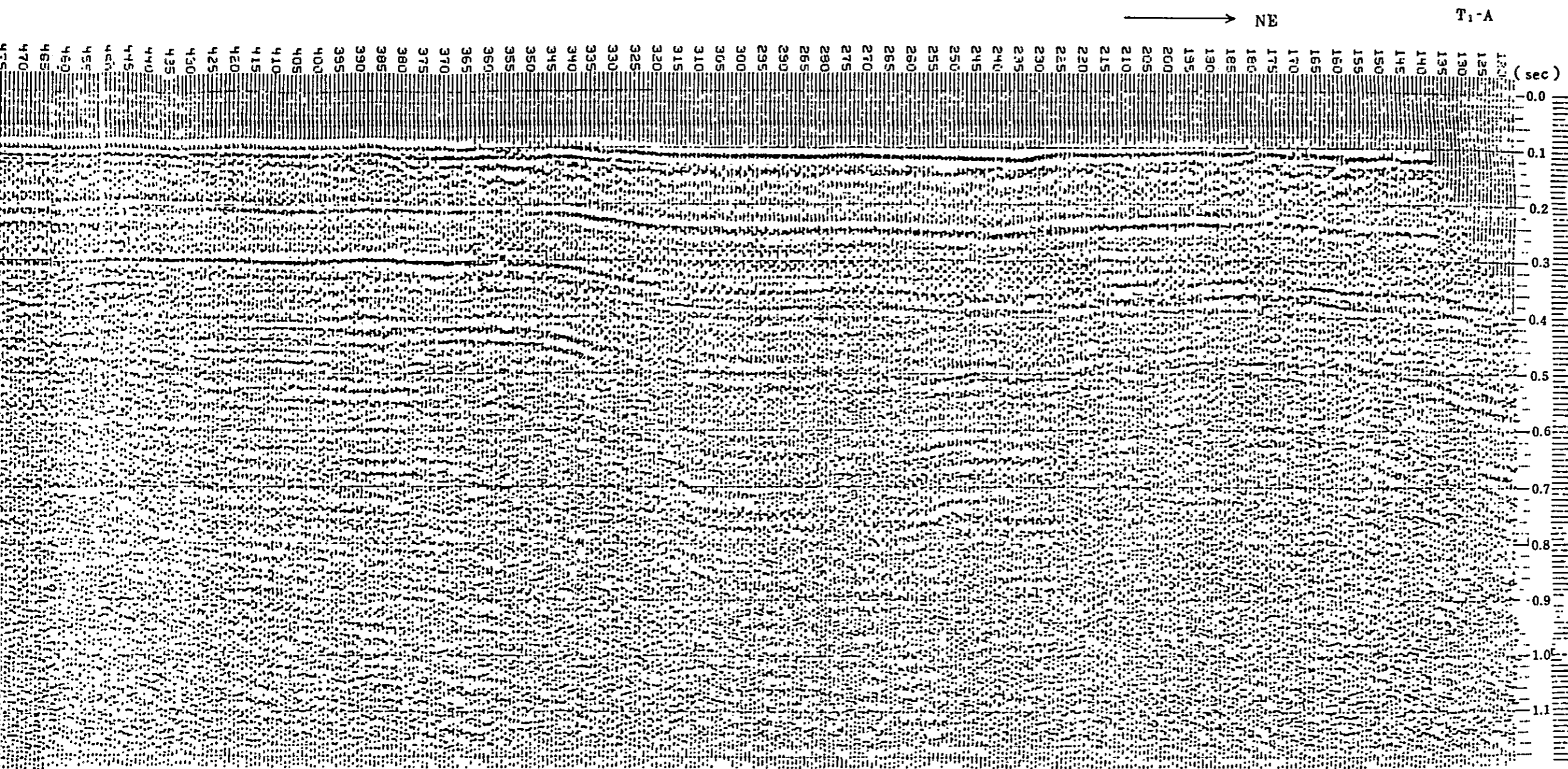
反射法再处理重合记录例

CONFIDENTIAL

[The main body of the document is extremely faint and illegible due to heavy noise and low contrast. It appears to contain several paragraphs of text, but the content is completely unreadable.]

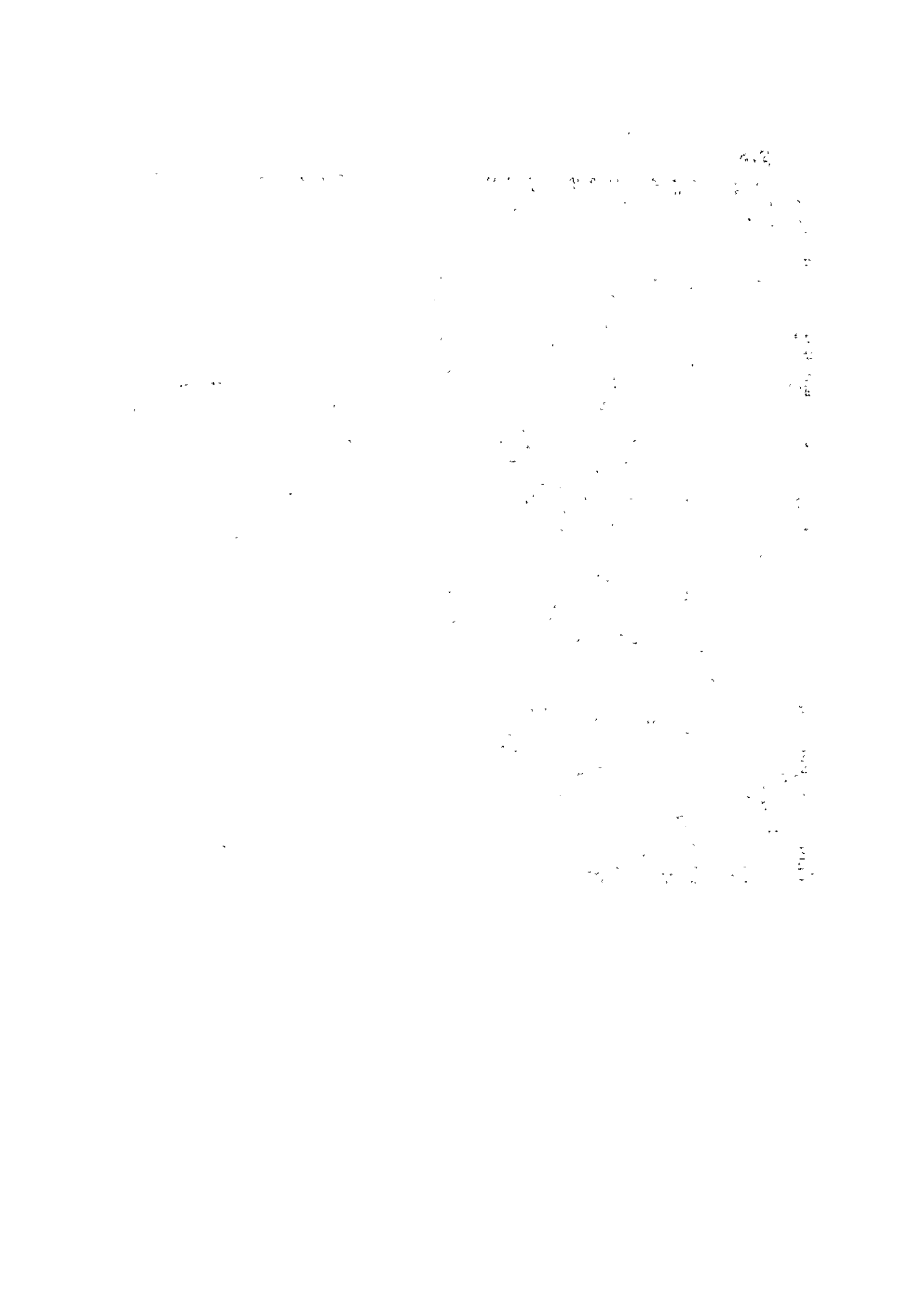


— 1979 — LINE
 HIGH RESOLUTION
 24 Channel, 24 CDF
 Streamer Length : 6
 Hydrophone Group Dis



— 1979 — LINE T₁
 HIGH RESOLUTION
 24 Channel, 24 CDP
 Streamer Length : 600m
 Hydrophone Group Distance : 25m

図-7 反射法高分解能テスト重合記録例



3. 海上地震探査屈折法の解析

地震探査反射法で得た記録を屈折法により解析し、海底面下浅部の弾性波速度分布状況を把握しこの結果と地質の分布および構造との対応関係を調べることを目的とした。

3-1 調査の方法

屈折法は地層中を伝わる弾性波の速度変化を測定して弾性波速度層の境界面を求め、各速度層の厚さと深度および弾性波速度を決定する方法である。

この調査では、測定装置、測線設置、測定方法等は反射法の場合と同様である。

3-2 解析方法

解析の基礎となる走時曲線の作成に当っては、反射記録を利用する初動を読み取るのが立前であるが、これを行くと精度の面に問題があるので、初動直後の比較的明瞭なラインアップの最初のピーク値を読みとりプロットした。この読み取りラインアップは初動ラインアップとほぼ平行であると考えられ屈折法速度解析に利用した。

また、速度解析には2発震点間の往復走時が必要である。観測記録は片側走時のみであるから終端走時の一致性を利用して対応する反対方向の走時曲線を描出し往復走時曲線を作成した。

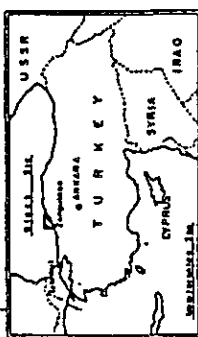
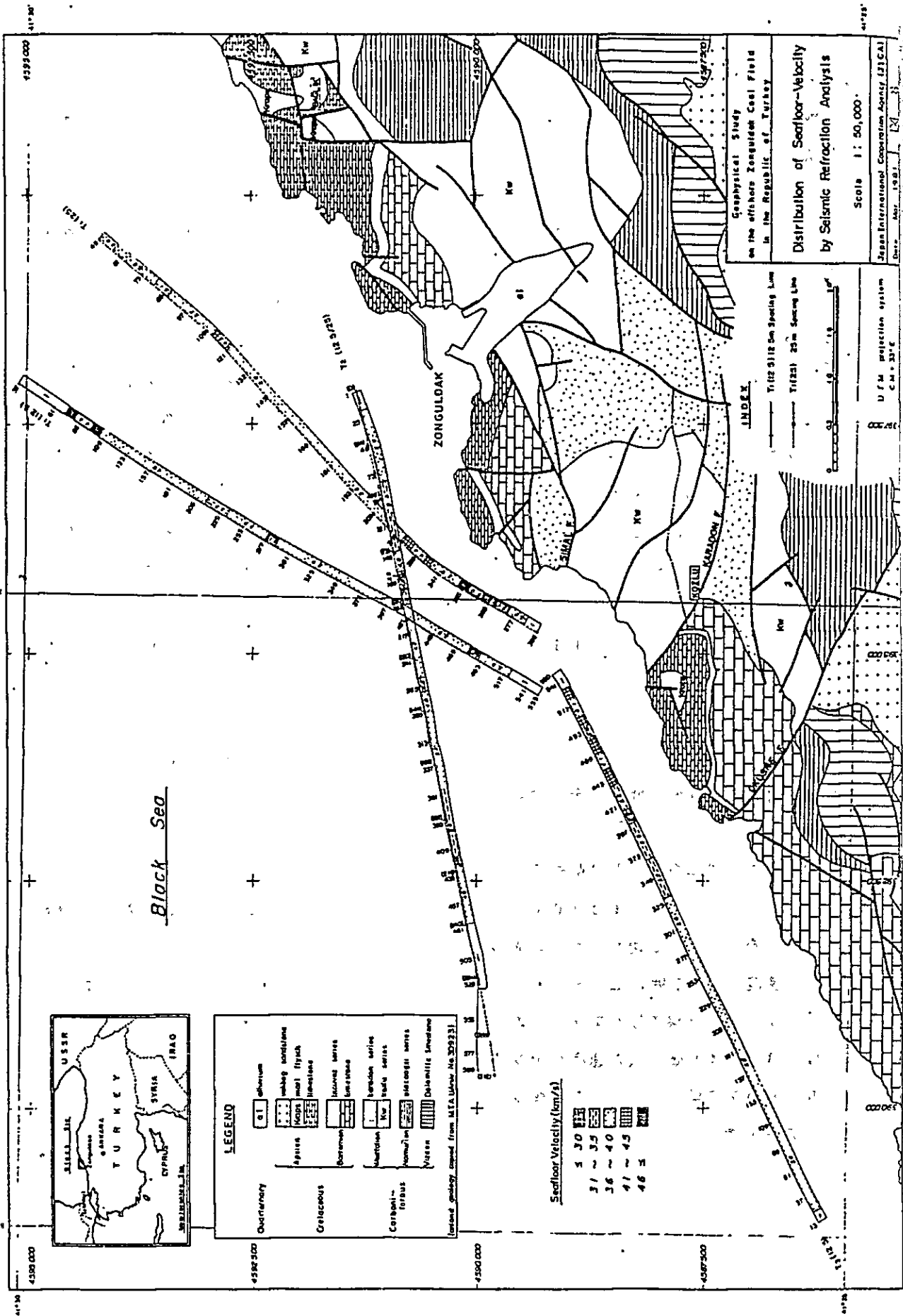
第1速度層の海水の速度は1450 m/secとし、第2速度層の速度は上記往復走時曲線から「はぎとり法」によって求めた。

3-3 解析結果

図-8にT1(125)、T2(125)、T3(125)T1(25)合計約25 Kmの各測線沿いの海底付近の弾性波速度分布を示す。

3-4 考 察

- (1) 調査域では海底地形は解析にほとんど影響していない。
- (2) ロングケーブル(1200 m)、ショートケーブル(600 m)共に2層構造の走時曲線を示し、第2速度層が海底面の地層の速度を示す。
- (3) 速度の分布範囲は2.5~5.6 Km/secと幅広く変化し、最も速度変化に富む測線はT₂(125)測線で最も変化が少ないのはT₁(125)測線である。
- (4) 3.6~4.0 Km/secの速度が全測線で60%以上を占める。
- (5) 屈折法の解析を適用できる海域はロングケーブルを使用する場合で水深200 mまでの海域である。



LEGEND

| | | |
|------------|-------|-------------------|
| Quaternary | gl | alluvium |
| Cretaceous | | yellow sandstone |
| | | Keles meli flysch |
| | | Idemliolu |
| Cretaceous | | Idemliolu series |
| | | Idemliolu |
| Cretaceous | | Idemliolu series |
| | | Idemliolu |
| Cretaceous | | Idemliolu series |
| | | Idemliolu |
| Cretaceous | | Idemliolu series |
| | | Idemliolu |
| Cretaceous | | Idemliolu series |
| | | Idemliolu |
| Cretaceous | | Idemliolu series |
| | | Idemliolu |

(Landward geology copied from MTA Unluak No.329233)

Sea floor Velocity (km/s)

| | | |
|----|----|----|
| 3 | 30 | 35 |
| 31 | 35 | 40 |
| 36 | 40 | 45 |
| 41 | 45 | 50 |
| 46 | 50 | 55 |

Geophysical Study
on the offshore Zonguldak Coal Field
in the Republic of Turkey

Distribution of Sea floor-Velocity
by Seismic Refraction Analysis

Scale 1 : 50,000

Japan International Cooperation Agency (JICA)
Date: Apr. 1981

INDEX

T1 (2 312 2m Spacing Line)
T2 (2 312 25m Spacing Line)

U.F.M. projection system
C.M. = 33°E

4. 海上重力および磁気探査結果の検討

陸上および海上における重力および磁気探査データの定性的および定量的解析を試み、これらの探査法がこの炭田地域の地質および地質構造を解明する手段として適切であるかどうかを検討した。

海域における重・磁力測定データの量は十分ではないので、陸上における既存データについての解析計算・解釈を行い、その結果を海域探査結果の考察に適用した。

4-1 調査方法

測定装置はSISMIC-1に搭載されている装置で、重力探査器は陸上調査ではウォルドン型、海上調査ではラコステS型、磁気探査器は陸上調査ではフラックスゲート型、海上調査ではプロトン磁力計のバリンジャM123型である。

海上調査は反射法測定と同時測定を行っており、測線配置は反射法測線配置と同じである。また、陸上部の調査は、既存のブーゲー異常図ならびに全磁力図から推定すると、重力探査では道路を利用して約500m間隔に測定され、空中磁気探査では主測線の方向がほぼN45°Wで、測線間隔は約500m、平均対地高度は約150mで測定されている。

4-2 解析方法

(1) 重力探査の解析法

定性解析法には瀬谷の方法を拡張した萩原の余剰重力計算法を適用した。

解析手順は、等重力線（ブーゲー異常）図上に正方格子網を作りそれぞれの格子点の重力値を読みとり、各格子点を中心に重力の各種残差計算を行ない余剰重力図を作る。

定量解析法には、取扱いが比較的簡単な2次元水平板状モデルによる曲線照合法を適用した。

(2) 磁気探査の解析法

空中磁気探査結果の全磁力図では、白亜系上部の凝灰岩・火山岩等の分布と磁気異常の分布とがほぼ一致することから、全磁力図についてフィルタ操作を行うまでもなく定性的な解析が可能であることが分る。

一方、定量解析法は、3次元の直方磁性体モデルによる影響を計算して曲線照合法によりその深度、幅等を逐次修正して解析する津の方法によった。

4-3 重力探査結果の検討

(1) ブーゲー異常図について

一般に高密度を示す古生界石炭系下部の石灰岩およびデボン系の砂質石灰岩等の分布は重力背斜軸と斜交する傾向がうかがえる。

ブーゲー異常図から推定される地質構造は地質図から推定されるものとは必ずしも一致していない。当地域では複雑な地質構造が予想されるのでこれらを解明するに次の余

剩重力図による定性解析を行った。

(2) 余剩重力図について

正規構造の解析結果と地質図とを比較すると

- ① 古生界に属する地層分布は全般的に正の異常分布とよく一致している。
- ② ゾングルダック東部の盆地状構造が全般に正異常の中の比較的低い部分に相当する。
- ③ プーゲー異常図でも推定されたゾングルダック東方約20kmのNE-SW系の断層は、この図ではさらに明瞭に表現されている。

(3) 重力断面について

2次元水平板の積み重ねによる簡単な定量解析の結果からは、地層の急傾斜あるいは断層位置を概略推定できるようである。しかし岩質の判定までは困難と思われる。

4-4 磁気探査結果の検討

(1) 全磁力図について

白亜系上部の凝灰岩・火山岩類の分布と磁気異常分布とが比較的よく一致している。

(2) 全磁力断面図

重力断面を作成した同じ位置において全磁力断面図を作成し、重力断面図に併記した。磁気異常域は何れも重力的急傾斜部周辺に存在しているようである。この現象のもつ地質的意味は現時点では明らかでない。

図-9に海上重力・磁気探査結果(プーゲー異常図および全磁力図)を示す。

Ⅲ 結 論

1. 海上反射法地震探査再処理の結果

今回の再処理により得られた結果からは、Long cable (active section の長さ 1.2 Km) によって得られた data の方が short cable (active section の長さ 0.6 Km) によるものより大局的にみて優れていると判断される。(今後は long spread, short spread と呼ぶことにする)

すなわち Long spread によるものでは

- 1) Velocity information に、より信頼性が認められる。
- 2) 選定された velocity function に対する NMO (nomal moveout) 補正量が大いので、それによる速度の分解能がよく、section 上の lineup がより特徴的に表われ、信頼感を深めている。

それゆえ long spread の測線情報を標準として、これと矛盾しない short spread 上の lineup は信用度が高いとみなして解析を行なった。とくに、重合速度は long spread で得られた速度情報にもとづいて設定されたもので、long spread の速度解析は決定精度が優れている。反射波と考えられる良好な event は一般に offshore 方向への傾斜を示しており、Kozlu 沖 sparker (1970) data と矛盾しない。terrace や小さな極隆部 (fault による local reverse dip のように思われる) が認められるものの、褶曲による完全な背斜構造は発見されなかった。

今回の再処理は今後物理探査を継続する場合の技術指針を得ることを第一の目的としており、そのための基礎資料を得ることを主眼として限られた源資を活用して行われたものである。したがって地質情報検討のためには充分でなく、さらに再処理の継続と改善された仕様での現地調査の再開が望まれる。

2. 海上地震探査屈折法解析の結果

(1) ロングケーブル (1200 m) とショートケーブル (600 m) 使用の場合、海底面の弾性波速度を検出できる海域はそれぞれ海深 200 m および 100 m までの海域である。

(2) 弾性波速度分布と他の物理探査の結果を比較すると

- ① 重力探査における高ブーグ異常域では速度値が大きく、この範囲に石炭岩の分布が予想されることを反映している。

また、等重力線の密集部に低速度帯が検出されており断層の存在を示唆する。

- ② 磁気異常が認められる個所はほぼ一定範囲の速度分布を示す。
- ③ 反射記録から推察される貫入岩体模様の周辺部で低速度帯が認められる。

- (3) 海底地形が平坦なゾーン（傾斜 1° 未満）では速度の変化が少なく、 $2\sim 3^{\circ}$ のやや傾斜の大きいゾーンでは速度変化が多い。
- (4) 岩石サンプルの超音波速度測定結果では石灰岩と他の岩石の間には明瞭な速度差が認められる。
- (5) 測線沿い海底面の弾性波速度と岩質との対応性は、現状では必ずしも充分ではないが、今後、岩石サンプルの超音波速度測定、陸域での屈折法、速度検層などを行い速度と地質・岩質との対比資料を蓄積すれば屈折法が海底面の地質および地質構造を調査する手段として有効な方法となることが期待できる。

3. 重力・磁気探査データの検討結果

- (1) 重・磁力探査法は、炭田地質構造調査において、調査量を増加することによって概査あるいは予備調査として有効な方法となる。また、地質探査法との併用調査によってさらに調査効果を上げることができる。
- (2) 重力探査結果のブーゲー異常図は深部の地質の影響が大きく反映していると考えられるので、この地域的重力傾斜を取り除くためのBand Pass Filter を利用する余剰重力計算法により定性解析を行い浅部の情報抽出に努めた。その結果、その他の地質資料を含め総合的に判断すれば、古生界下部の地質構造およびこれ等に囲まれた夾炭層の分布状況を把握しうる可能性もでてきた。

ゾングルダック地域では中生界白亜系の各種岩石と古生界の各種岩石との間に顕著な密度差がなく、中生界の岩石の方が密度が大きい場合も予想されるので、陸域における重力探査結果と地質との関連性を把握した上で海域部の解析・検討を進める必要がある。水平板モデルによる定量解析も、上記の考察法に基づいて行いならば、ある程度、地質構造の解明に役立つであろう。

今後、岩石資料の物性測定や試錐を十分に行うとともに、適正な測線配置で海上重力探査を行えば、これは有効な探査法となりうる。

- (3) 磁気探査は従来より凝灰岩、火成岩の分布範囲推定の調査に有効であることは知られていた。本地域では、この磁気探査結果が重力や屈折法結果とも多少の関連性があると考えられるようになった。今後、海上において詳細な磁気異常分布が分れば、総合解析の一手段として有効となりうるであろう。

4. 海上位置測量の検討結果

- (1) 船位計測の精度、航跡図作成上の問題点の検討

船位計測として使用された「複合衛星航法システム」による船位決定は、その位置更新

の精度に強い影響をうける。今回の探査中、衛星による位置更新は各測線とも十分に得られていないため、その総合的位置精度は海上物理探査の要求を十分に満足するには至っていない可能性がある。

特に測線始点における測位の信頼性は全般的に低く、また、急激な水深変化を示すT₂測線西端での推測航法には累積誤差の存在が予想される。

- ② これは同時に重力観測値計算におけるエトベス補正值に誤差が含まれることを示唆する。
- ③ 一方、エアーガンの発破距離間隔のバラッキーが一部認められるが、これは共通反射点重合処理上、真の反射シグナルの重合効果を減少させていることであろう。
- ④ 再計算によって得られた調査測線の作図法を、陸域の地図作図法と一致させたことにより、両者の解析図の直接々合が可能となった。これにより利用価値の高い基本図をえた。

(2) 将来探査での留意点

- ① 高精能な電波航法による測位システムの運用が望まれる。
- ② このとき、船上では測位の品質管理を励行し、詳細な記録を取る。
- ③ 「複合衛星航法システム」はバックアップシステムとする。
- ④ 測線誘導は常にプリプロットに基づくものとし、可能なかぎりトラックプロッターを利用する。
- ⑤ 探査後ただちに航跡図を作製し、同時に計算された船位をファイル化し両者とも系統的に更新する。
- ⑥ この航跡図にはU. T. M. 図法が有利である。
- ⑦ 測線配置にはトラバース測線を入れることにより、必ず他測線との関連づけを行なう。

5. 物理探査結果の総合解析の概要

少い海域調査資料および既存資料を総合検討した結果の概要は以下のとおりである。

(1) 調査海域の全体的地質構造

1970年実施のスーパーカー調査および今回の反射ならびに重力探査結果では、調査海域の全体的地質構造は沖合に向って傾斜する構造となっている。

(2) 火成岩類の分布域

図-9の海上測線の全磁力断面図で分るように、各測線とも磁気異常が認められる。この異常分布は陸域地質図(図-10)でみられるようにゾングルダックコズル炭田をとり巻く凝灰岩・火成岩類の分布と連続する可能性が強い。

この磁気異常分布域の海底面における弾性波速度は3.6~4.0 Km/secの一定範囲の速

度を示すことから、この磁気異常分布域の岩種は相対的に低密度の岩種が推定され、次項の石灰岩分布域と明らかに分帯されそうである。

(3) 石灰岩の分布域

図-8の海底面における弾性波速度分布図で、T1測線の南部に認められる 4.6 Km/sec 以上の速度域はこの付近の陸上部に露出する石灰岩の連続部とみられる。岩石サンプルの超音波速度測定資料でも石灰岩の速度は $6.3 \sim 6.7 \text{ Km/sec}$ と最も大きい値を示し、他の岩石との判別は比較的容易である。

この高速度域はまた、高重力域に対応するようであり、このような地域に高密度の岩種の分布を推定できる可能性がある。

このような岩石物性と岩種との対応づけは、海域の地質および地質構造の解釈に重要な役割を演ずるものであり、今後のバックデータの集積が望まれる。

(4) 断層構造

屈折結果の弾性波速度が 3.0 Km/sec 以下の箇所は断層または破砕帯に対比されるようである。将来は交叉測線を多く設定し調査すれば、陸域で認められる断層の海域への延び方向や、断層の規模の推定に役立つであろう。

一方、重力探査結果でも重力傾度が大きい場所は断層構造と対応する場合が多い。ゾングルダック東方約 20 Km のNE-SW方向の断層(図-10)はこの例である。

また、T2測線の反射断面の西半部には貫入岩の存在を示唆する盛り上がり模様の記録がみられる。この構造の東側の急傾斜部では屈折結果の低速度帯が認められ、断層構造を推定するあしかりが得られている。

(5) 炭鉱分布と重量解析結果

炭鉱位置と余剰重力で示される重力的盆地状構造との間に対応性が認められることは興味もたれる(図-10参照)。この解析については今後の研究が望まれる。

(6) 調査海域の深部地質構造

いずれの再処理反射記録にも、反射時間 $2.5 \sim 3$ 秒程度の所(深度約 $4,000 \text{ m}$)にはほぼ平坦な反射面と認められるイベントが検出されたが、これに関する地質構造の解釈は今後の問題であろう。

6. ソングルダック炭田海域部開発のための物理探査法の適応性とその問題点

現時点では、海域炭田の地質および地質構造調査法としての物理探査法の適応性を評価するには調査資料が少なすぎる。しかしながらその有効性を期待し得る基礎資料が今回の解析作業の結果種々えられたといえる。今後はさらに、岩石物性の試験資料の集積、調査記録の質の向上、必要探査法の併用推進、調査量の増加等を行なえば、調査目的に沿って結果が得られるであろう。

調査目的に沿って物理探査法の適応性とその問題点を次表に要約した。

ソングルダック炭田海域開発のための物理探査法の適応性とその問題点

Table-1

| 物理探査法 | 適応性 | 問題点 | 対応策 |
|------------|---|---|--|
| 地震探査
反射 | 1) 反射面の傾向を推定できる(コズル沖スバーカー(1970)および重力探査の重力構造の傾向と同じ。共に沖合方向に傾斜)
2) 記録断面上でも、テラスや小さな隆起構造も1部に認められる。 | 1) 本来の一次反射の検出は必ずしも満足でない。原因は、①屈折波およびその多重反射と一次反射の振幅が大きすぎる。②一次反射がほとんどない構造。
2) M.T.A.電算機の処理能力およびソフトウェアの詳細資料不明。
3) 速度仮定のバックデータの取得。 | 1) データ取得時の質の改善策。
①震源スペクトラムのコントロール
②震源エネルギーのコントロール
③エアアングレンレイの検討
④ストリーマケーパー部長の検討
2) データ処理法の検討。
3) 岩石の弾性波速度資料取得。
(コア-速度測定、速度検層) |
| 地震探査
屈折 | 1) 反射観測記録を利用して、割線沿い海底面の弾性波速度分布を求めると、速度と岩質の対比が行なえる可能性がある。
2) 解析可能海域は、水深150~200m以浅の海域で海水と海底との2層構造として解析できる。
3) 海底地形が数度以下の傾斜の場合、岩質判定に十分な速度値が得られる。また、断層・破砕帯に起因する低速帯も検出される。 | 1) 片側走時を基に解析するので誤差を伴う。
2) 速度と岩質との対比上の基礎資料が少いた解析結果の解釈がスムーズにいかない。 | 1) 位置測量精度の向上。
2) 対応反対方向の震動記録の作成法開発。
3) 速度-岩質対比資料のため。
①岩石サンプリングの速度測定
②速度検層
③陸域での屈折法の実施 |
| 重力探査 | 1) 概査、予備調査として全体的地質構造調査に有効
2) 余剰重力計算法による定性解析から、古生界下部の地質構造およびこれに囲まれた夾炭層分布状況の推定への基礎資料となる。
3) 高重力域と屈折結果の高速領域、および重力コンターの急傾斜部と低速帯が対応する。
4) 重力コンターの密部と断層構造が対応する。 | 1) 中生界白亜系と古生界の各種岩石との間に顕著な密度差がないので、解析・解釈で要注意。
2) 炭鉱位置と余剰重力で示される重力的盆地地構造との対応性の検討。 | 1) 陸域での探査結果と地質との関連性を十分に把握し参考とする。
2) 水平板モデルによる定量解析結果の地質構造解明への利用。
3) 岩石資料の物性測定、試験資料の収集検討、探査量の増加。
4) 位置測量精度の向上。
トライポスターの併用など |
| 磁気探査 | 1) 全磁力図の磁気異常と白亜系の火山岩・凝灰岩等の分布とがよく対応する。
2) 定量解析法を適用して磁性岩体の位置推定の検討が行える。
3) 磁気異常地帯と弾性波速度(3.6~4.0 km/sec)が対応する。 | 1) 他の物理探査結果との対応性は現時点では明らかでない。
2) 磁気異常帯と弾性波速度と岩種との間の関係を示す資料少い。 | 1) 岩石資料の物性測定。
2) 探査量の増加。
3) 他の調査法結果との対応性の検討。 |



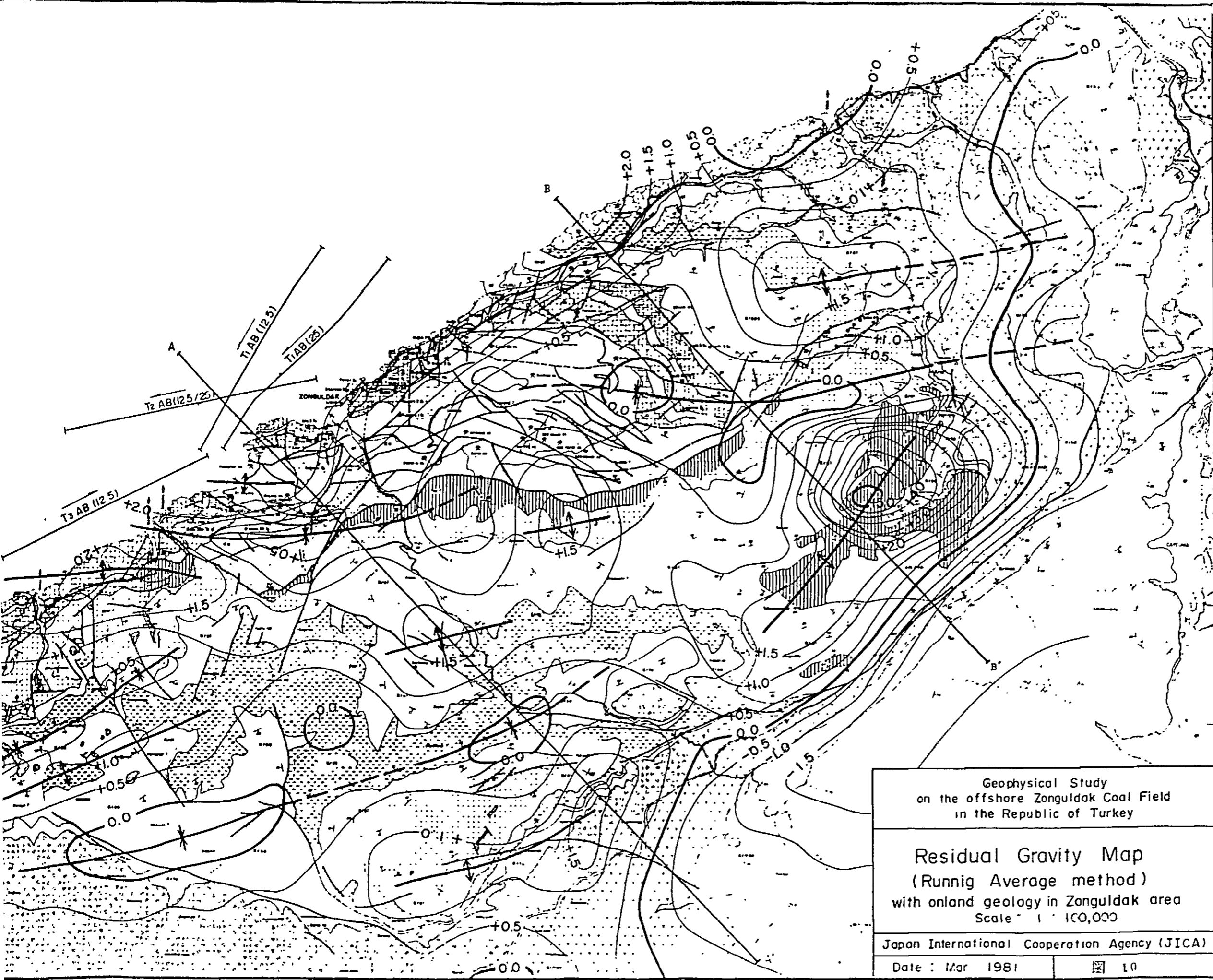
Scale 1:100,000

LEJAND

| | | |
|-------------------|----------------|----------------------|
| KUVATERNER | | Alayon |
| TERSİYER | Paleocen-Eosen | Marm ve liny |
| | Maastrichtien | Marm sahar |
| | Kampanian | Andezit-bazalt |
| | | Marm sahar |
| | Sarajev | Agamer, tuf, tuzlacu |
| | Turonian | Marm sahar |
| | | Yamane, Palau-tava |
| KRETASE | Senonian | Fis |
| | | Mavi marm |
| | Albian | Gokorsik kumcu |
| | | Vahidbey kumcu |
| | Apelin | Marm, liny |
| | | Kaher |
| | Berriani | incuvev sari |
| | | Kaher |
| KARBONIFER | Westfalen | Karaden sari |
| | | Kesli sari |
| | Namurien | Alacsağın sari |
| | Vizeen | Datamnik kaher |
| DEVONİEN | | Kaher, kuzari |

residual gravity contours in every 5 mgals (normal structure)





JICA