

常磐炭田大津地区における地震探鉱法の研究 (第2報 反射法)

川 島 威*

Seismic Reflection Prospecting at Otsu District in the Jōban Coal Field

by

Takeshi Kawashima

Abstract

In order to study the applicability of reflection method for coal field, the seismic prospecting was carried out at Otsu district in Jōban coal field.

The results are summarized as follows :

- 1) The subsurface structure of this area is shown in cross-section. (Figs. 5~25)
- 2) The results of reflection method are compared with those of refraction method.
- 3) Reflection method gives us many informations for faults, detail stratification, etc.
- 4) There are many problems for the determination of velocity assumption.

要 旨

昭和36年1月20日から3月20日に至る60日間、常磐炭田大津地区において、炭田地帯の深部開発のための研究調査を行なった。その反射法に関する部分をまとめたものである。各測線の解析を行ない、地震地下構造断面図を作成するとともに、屈折法の結果と比較しつつ、反射法の炭田地帯への適応性について考察を行なった。

1. 緒 言

地震探鉱反射法は、油田の開発には大きな成果をあげてきている。しかし、炭田地帯の地震探査に要請されるものは単に構造の形状を明らかにするのみならず、基盤深度や断層の落差についての絶対値をかなりの精度で明らかにすることである場合が多い。したがって、炭田地帯の調査は主として屈折法が用いられ、反射法はほとんど用いられていない。一方反射法が適用されうるとすれば、比較的短い測線でかなりの深部からの情報をうることができる。炭田地帯に対する反射法の適応性を検討することに主眼を置いて、昭和36年1月20日から3月20日までの60日間、常磐炭田大津地区において研究調査を実施した。屈折法も併用されたのであるが、屈折法に関する部分についてはすでに第1報として報告されている。この報告は、反射法に関するものをまとめたものである。

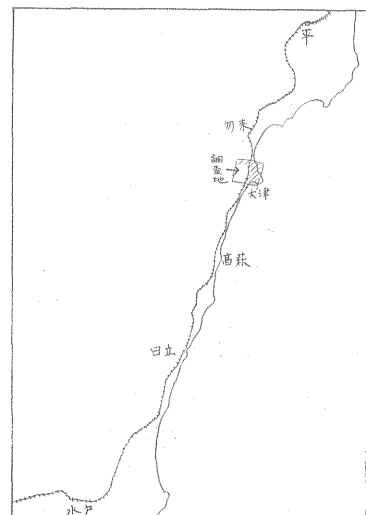
実施に際しては、筆者のほか、市川金徳・森喜義・南雲昭三郎・鎌田清吉・井波一夫・田村芳雄・細野武男が

参加した。観測器械の整備は、森・南雲・鎌田・井波が行ない、解析および結果のとりまとめは川島が受持った。試錐および測量については常磐炭鉱株式会社、大日本炭鉱株式会社にお願した。

快く調査に御協力下さった常磐炭鉱株式会社・大日本炭鉱株式会社および実際の作業を担当して下さいました社員の方々に深く感謝する次第である。

2. 位置および交通

第1報に詳しく述べたが、調査地は茨城県北茨城市の北部にあたり、福島県との県境に近い地域である。常磐



第1図 位置図

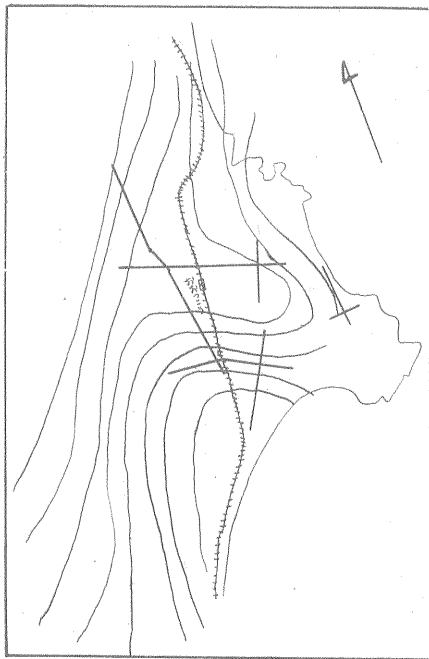
* 物理探査部

線大津港駅は調査地のほぼ中央に位置している。第1図に位置図を示してある。

3. 地形および地質

第1報に詳しいので簡単に記述する。本地域は、地形的・地質的には常磐炭田南部の多賀地区に属し、阿武隈山系の東縁部で、海岸線は湾入に富んでいる。測線は地形の起伏を縫って、比較的平坦な地域に設定されている。炭層は、第三紀層下部の石城夾炭層の基底部に近く発達しているので、基盤岩との不整合面についての情報が、そのまま炭層についての情報として利用しうるのである。またいわゆる潜丘と呼ばれる基盤の隆起部においては、石城夾炭層の基底層を欠如していることがあり、大小多数の断層とともに、開発上大きな問題となつている。特にこの地域は、高重力異常地域で、重力値が基盤構造をよく反映しているといわれる地域だけに、基盤構造が注目されているのである。

第2図にこの付近の等重力線図を示す。



第2図 大津地区等重力線図(1mgal)

4. 調査目的

炭田地帯の地震探査としては、いままで主として屈折法が用いられ、基盤構造の探査に大きな成果をあげてきた。すなわち夾炭層である第三紀層の弾性波速度に比較して、基盤岩の弾性波速度がかなり大きく、しかも基盤についての情報から炭層の状態が推測しうるような条件

の所では、屈折法はきわめて有効である。しかし、深部の開発を目的として屈折法を実施するとすると、測線長は長くなり、使用する火薬の量も大きくなり、保安上の理由からも限度があり、いろいろの点で制約がある。一方油田地帯の地質構造調査においては、反射法が大きな成果をあげている。油田調査においては構造の形状が主として問題とされるのであつて、炭田調査の場合のように基盤深度や断層の落差の絶対値が要請されることが少ない。ここに油田調査で大きな成果をあげている反射法が、炭田調査ではそれほど利用されていない大きな原因の一つがある。しかしながら反射法が炭田調査に適用されるとすれば、比較的短い測線でかなり深部からの情報をうるることができるので、炭田開発のうえで地震探査の利用しうる範囲は拡大されるものと考えられる。この地域では重力探査の資料が大体において基盤の構造を反映していると考えられている。試錐資料、坑井内速度測定資料、屈折測線の観測資料等がある場合には、反射法によつて得られる情報から、炭田の開発上有効な地質的解釈をなしうる可能性がある。そこで常磐炭田株式会社で掘さくした構造試錐の坑井で速度測定を実施させていただき、また反射測線と一部重複して屈折法による測線も設定して、反射法を行なうかを検討した。すなわち、炭田の深部開発に必要な情報を、反射法によつて検出することを意図したものである。

一方炭田開発の立場からみると、大津地区の等重力線図の高重力異常から予想される基盤の隆起構造を確認することは、この地域の開発計画を考える場合には重要になつてくる。この調査には34年度、米国ホールシアス社から輸入したH-S磁気録音方式地震探査器を使用した。この器械ははじめて実際の調査に使用するものであり、この器械の野外テストもこの調査の目的の一つであつた。

この研究の目的を大別すると次の3つである。

- (1) 反射法を研究的に実施し、炭田地帯への適用性を考察する。
- (2) 同時に大津地区の開発上、必要な情報をうる。
- (3) H-S地震探査器の野外テストを行なう。

なお、以上の諸課題のうち、坑井内速度測定H-S地震探査器の野外テストについては、別に報告される予定である。

5. 測線

第3図にこの調査の測線図を示す。反射測線は一部屈折測線と重複して南北に第1測線、それとほぼ平行して第2測線、それらに直交する第3、第4測線、さらに第2



第3図 測線図

測線の北部で測線と交差していると予想される断層を追跡する目的で海岸沿いに第5測線を設定した。反射第1測線で屈折法と対比しつつ情報を検討し、基盤面からの反射波を推定し、さらに全地域の基盤構造を考察しようとする意図であつた。第5測線は、地形その他の制約によつて長い測線が設定できない地域において、深部からの情報を得ようとしたものである。また、われわれは自走式さく孔設備を持たないので、爆発孔は前もつて掘つておくほかなかつた。そのため多孔爆発法を積極的に駆使することはできず、地形その他で規制された位置に、

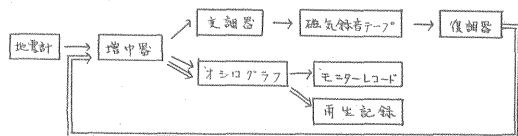
前もつて掘さくした1孔ないし3孔の爆発孔を用いた。測線についても、観測結果に応じて予定を変更することはしなかつた。

6. 調査方法

6.1 観測器械

この調査には、ホールシアス社製磁気録音方式地震探鉱器を用いた。H-S地震探鉱器についてはいずれ担当者からの報告があるはずであるが、この調査の報告に必要な程度の要点のみを記述する。

H-S地震探鉱器は、地質調査所物理探査部とホールシアス社と協力して設計されたものであり、野外用探鉱器の機能とともに、解析用再生器の一部としての機能をもつものである。その構成は、大別して増幅器、オシログラフカメラ、録音器からできている。磁気録音部は、パルス幅変調方式で、変調器・復調器はトランジスタ化され、録音器内部に組込まれている。増幅器は従来の探鉱器のそれとほぼ同じようなものであるが、B電源部がトランジスタ化されて内部に組込まれている。オシログラフカメラは、解析用再生機のおもな機能の一つである面積表示記録表現もできるようにになっている。この器械は、普通の磁気録音方式地震探鉱器と同様に、広域フィルターでテープに録音し、必要に応じて、フィルター、A. V. C. 混合装置等、増幅器の条件を適当に変化させて再生しうる機能をもつものであるが、特にこの器械の特徴としては、録音と同時に、出力を並列にとり出してモニターレコードが記録されること。面積表示記録表現が可能なことなどである。この器械のブロックダイアグラムを第4図に示す。録音ドラムは連続2回転し、最初の1回は録音、次の回転で再生する。オシログラフ



第4図 H-S磁気録音方式地震探鉱器ブロックダイアグラム

の方は、最初にモニターレコードを記録し、次に再生記録を取るようになっていく。

6.2 調査方法

観測方法としては、連続断面法を用い、受振点間隔は20m、爆発点間隔は220mを標準とした。受振器は、1点当り、9コ用い、大体において測線方向に直線型に展開した。爆発孔は1孔ないし3孔の多孔爆発法を用いた。

なお、調査日程、爆発孔の条件等の事情の許すかぎり、同一地震計展開に対し、深度を変えた爆発を行ない、爆発深度、土質等の爆発条件のテストを行なうとともに、後日、解析用再生機によつて混合し、Compositingの効果を試験する資料とした。

7. 調査結果

7.1 解析

この調査地の反射記録は、あまり良好とはいえず、現場における観測手のいろいろの努力にもかかわらず、かなり貧弱なものである。この貧弱な情報を処理して構造解

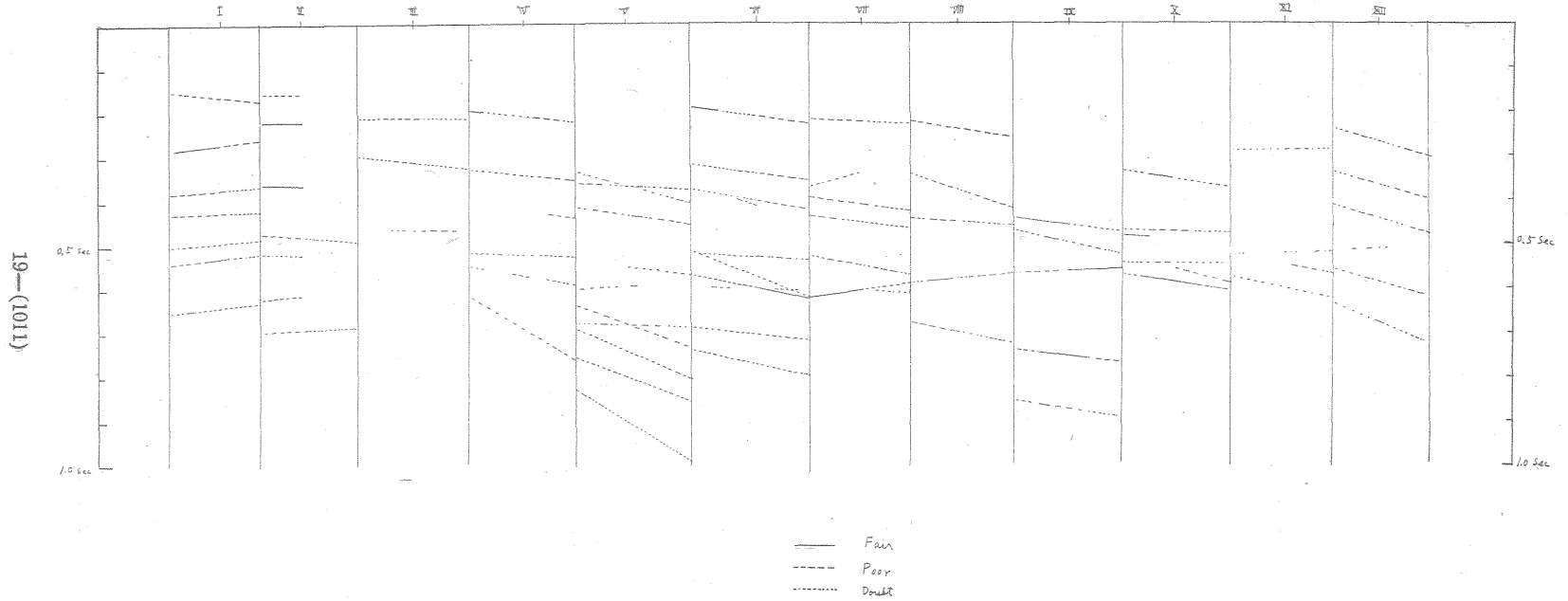
析を行なつた。本文の記述は各測線別に、地震断面図を作成してゆく手続きに従つて書いたもので、やや複雑になっているきらいがある。結果について手取早く知りたい方は、各測線の第3地震断面図、および第2節の解析結果の検討を御読みいただきたい。大要は明らかになると思う。

7.1.1 第1測線

この測線は屈折測線と重複している。また測線沿いに3カ所構造試錐が実施されており内2カ所については坑井内速度測定の結果もある。したがつて、この測線において、反射法により得られた情報の地質的吟味を充分に行ない、資料の少ない他測線の地質的解釈に役立てようとした。解析は屈折測線と全く独立に行ない、双方の結果を比較検討した。3カ所に構造試錐があり、この程度の概査を行なう場合の地質的資料としては充分恵まれたものであるにもかかわらず、反射法の分析のうえでは大きな困難があつた。それは速度仮定をいかにするか、という問題である。油田地帯の場合には、新第三紀層を対象にすることが多く、速度は深さとともに増加すると仮定して大体問題ない。しかし石炭地帯では古第三紀層を対象とすることが多く、速度は深さの単純な函数としては決められないことが多い。この地域の場合にも、坑井内速度測定の結果、1,900~2,200m/secの地層がかなり厚く、その下が漸増してまた2,800~3,000m/s程度の地層が堆積している。この3,000m/s内外の速度をもつ地層は、大体石炭夾炭層と考えられるが、この地層の深度も層厚もかなりの変化をみせているのである。したがつて全地域を解析する速度仮定をどのように決めるかは難しい問題であつた。

第一近似の解析として、深度の絶対値は無視し、反射波の連続性、振幅の大きさ、位相の揃い方等の地下構造に関係のある情報を検討することにした。記録の上に現われたこれらの情報を見易く表現するために、反射の質を記載した時間断面図を作成した。これには記録の上に現われているline upはほとんどすべて表現してあり、記録断面から波形、周期、line upの曲率等の情報を除き、抽象化して表現したものに相当し、記録断面を見る場合と全く同じ注意が必要である。すなわち、深度も大きく傾斜も大きいline upについては、当然反射素片の変動(migration)を考慮に入れなければならない。

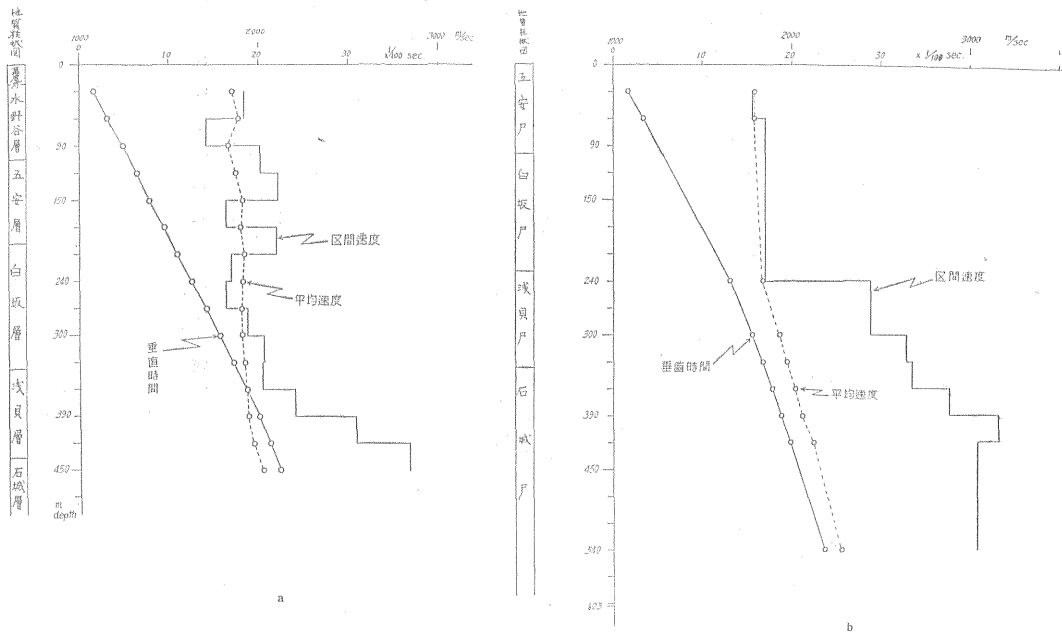
第5図は反射第1測線の時間断面図である。反射の質は通常の地震反射素片の表現方法によつた。実線はFair、破線はPoor、点線はDoubtである。Goodに相当するものはない。一枚の記録の上でline upの質が変化した場合、その変り具合を忠実に表現してあるの



第5図 第1測線時間断面図

で、反射面の連続性は非常に見易くなっている。この断面は、観測された時間をそのまま表現したものであり、そのまま地下構造を示すものではないが、速度仮定による誤差がないことはむしろ利点であり、地下構造を推定するうえで有力な示唆を与えるものである。この断面から得られる情報としては、第一に0.5秒ないし0.6秒付近にかなり質もよく、連続性もよい反射面が長く続いていることがあげられる。この反射面が基盤面に相当するかどうか、直ちに確定することはできないが、予想される基礎面深度から考えて、基礎面の可能性は大きい。さらに、第2スプレッドの記録が後半は急に反射の質が悪

化しており、断層の存在が予想されること。第3～第5スプレッドにはあまり良い反射波がなく、ほとんど Poor または Doubt の反射であること。また断層の指標と思われる急傾斜の line up が多いこと。(この line up はかなり低周期であり、低域遮断フィルターによりほとんど遮断されてしまう。通常の反射波ではなく、断層等により発生した特殊な波であるかも知れない。) 第6、第7スプレッドの間で傾斜が変わっていること、第6～第9スプレッドはかなり良好な反射が続いているが、浅い方には傾斜の異なる line up が優勢で構造の複雑さを示していること。第11、第12スプレッドの記録は



a. No. 43 試錐孔 Well Shooting S. P. I
 b. No. 44 試錐孔 Well Shooting S. P. II

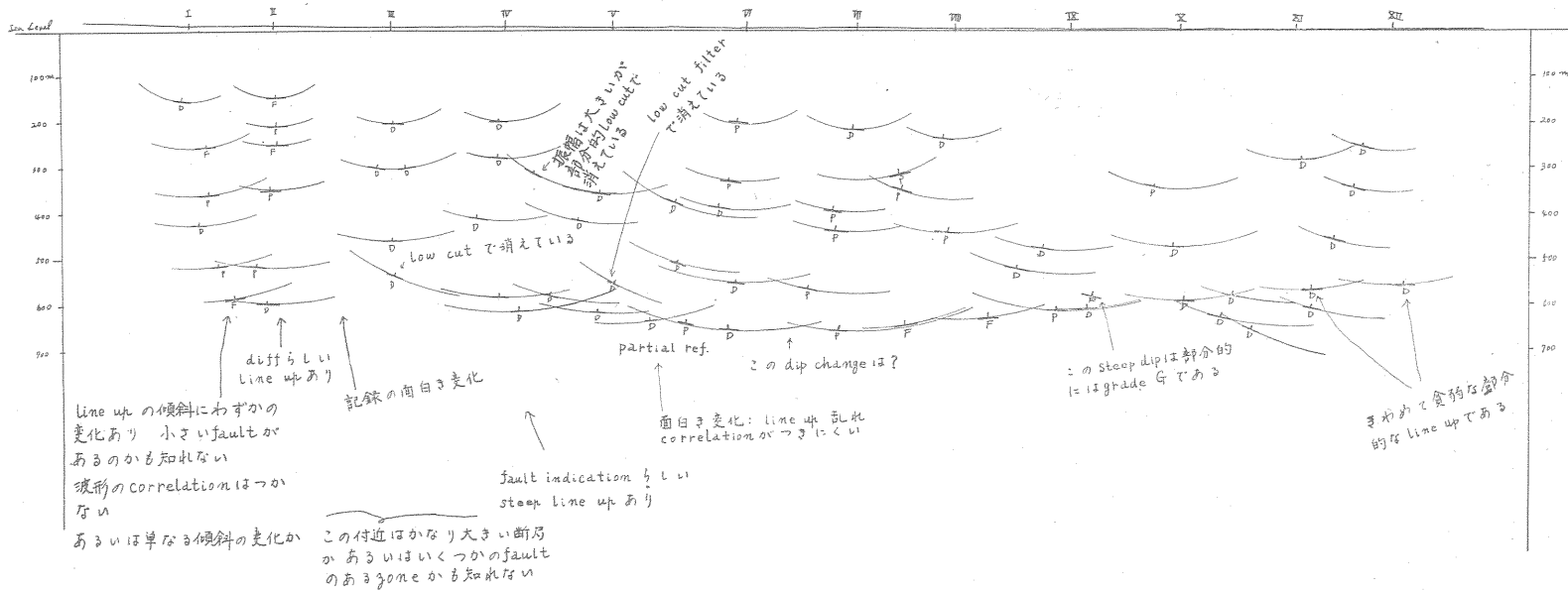
第6図 坑井内速度測定資料

急に悪くなることなどがあげられる。情報の詳細な検討は解析作業が進むにつれて段階を追って行なわれる。

解析作業の次の段階としては、速度仮定を行なつて深度断面を作成することである。

第6図に示したのは坑井内速度測定資料である。地質柱状図も同時に示してある。これらの資料および従来常磐地区で行なわれた屈折法の解析に採用されている速度仮定を考慮して、第1層の速度を2,000m/sとし、第2

21—(1013)



第7図 第1測線第1地震断面図

層を2,850m/sとした。第2層は石城夾炭層に相当し、第1層はそれより上の層とすると、平均的にこの程度の速度仮定で妥当であろうと思われる。第2層の層厚を一定とし、基盤面からの反射時間が与えられれば第1層の厚さは求まる。すなわち第1層の厚さを D_1 、第2層の厚さを D_2 とした場合、基盤面からの反射走時 Tb は次の式によつて与えられる。

$$Tb = \frac{2D_1}{V_1} + \frac{2D_2}{V_2}$$

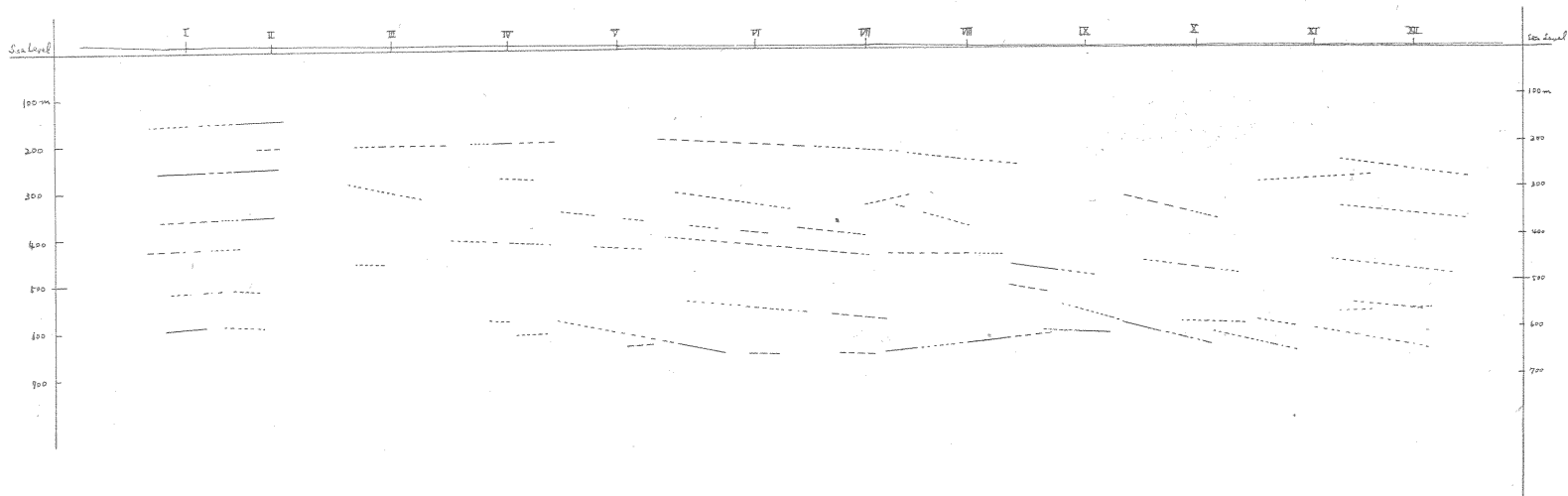
この場合、 Tb は観測値であり、 V_1 、 V_2 、 D_2 をそれぞれ仮定すれば D_1 は算出される。 D_1 が決まれば速度分布の模型は決まるわけである。したがつて記録上の line up のうち、基盤面からの反射波が判別されれば、それより浅い方の line up については速度模型に従つて平均速度を算出することは可能である。このようにして算出された平均速度を用いて、直線経路法によつて作図されたものが第7図に示す第1地震断面図である。なお第6図をみれば明らかなように、44号試錐 (S. P. I 付近) の石城層は約300mあり、43号試錐 (S. P. VI 付近) の石城層は約200mである。当然層厚の変化は考えられるので、これを一定とすることに無理があるのだが、一応、S. P. II~III の中間に認められる断層以北を層厚300m、以南を層厚200mとして解析を行なつた。試錐孔における速度分布図をみても明らかなように、2,000m/s層から2,850m/s層に移る間には、漸的に2,500m/s前後の層がある。したがつてこのように大雑把な速度仮定では、中間の地層からの反射波を解析するには不十分と思われる。しかし今回は基盤構造の概査を目的としたので、基盤の構造についてのみ考えればそう大きな違いはないと思う。第1地震断面図は、反射点における波面と短い反射素片で表現され、反射の質は記号で記入されている。このように表現しておくことは、次の段階で、反射面の吟味を行なうのに便利である。

解析の次の段階としては、時間断面図、第1地震断面図を参照しながら、反射面の連続性、反射波振幅の変化、反射波の消失の様子、卓越周期の変化、回折波その他の位相等を、主として波の伝播機構の面から検討し、第2地震断面図を作成することである。すなわち、波面の包絡線と反射素片が一致した場合には包絡線を反射面とし、記録上での line up の連なりを反射波振幅の質とともに表現したものである。また、波面の包絡線と反射素片が一致しない場合には、記録上の ΔT の読みとりの誤差と反射波の曲率を再吟味した。すなわち、反射波の質がよく ΔT の読みとりの誤差による反射素片の変動が小さい時には反射素片に重きをおき、反射波の質が悪く大きな誤差が予想されるときには包絡線に重きをおい

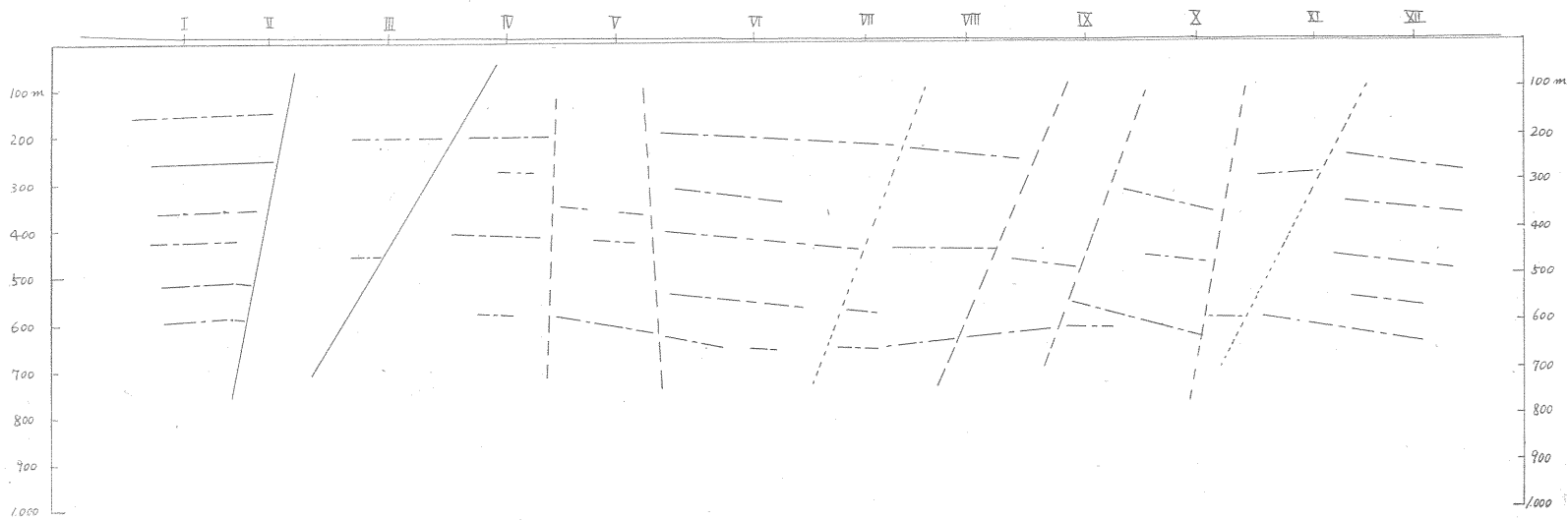
て反射面を決定した。反射面が消失している位置は記録上で line up が消失している位置に対応している。したがつて反射の質が貧弱になつてもとにかく連なっている場合には、この断面図上でも連なっているのであり、断面図上で空白になつている部分は反射が途切れているのである。これは次の段階で仮想反射層準を設定する時に意味をもつてくる。

ここで、各断面図を総合的に検討してみたい。

第1スプレッドと第2スプレッドの line up は傾斜が若干異なつている。波面の包絡線と反射素片の食違ふ例の一つである。波形に大きな相関はないので、あるいは小さな断層を推定してもいいのかも知れないが、単なる傾斜の変化であるかも知れない。第2スプレッドの Fair な反射が急に途切れるところでは、明らかに回折波らしい line up が認められ断層が推定される。第3スプレッドから第4スプレッドにかけては、記録の面付きもかなり変つて低周期の雑振動が卓越し、反射の質は急に低下する。この変化の原因は、あるいは地表条件の変化かも知れないが、あるいはかなり大きな断層または断層帯を予想してもいいのかも知れない。時間断面図をみると断層の指標と思われる急傾斜の line up もあり、断層を予想しても良いと思われる。地質的には S. P. IV 付近から北落ちの傾斜で平瀉断層が走つており、その破碎帯によつて下部の反射エネルギーが遮蔽されてしまつているとも考えられよう。第4スプレッドと第5スプレッド付近の反射面はつながらない。これは両方の記録とも反射の質は非常に悪いので、図面上の反射面の信頼度は低い。したがつて反射の質の劣悪化の原因が地表条件にあるとすれば、あるいは反射面に連なっているのかも知れない。しかし一応は断層を推定できる所である。第5スプレッドと第6スプレッド付近では、基盤については一応仮想反射面を引くことはできる。しかし部分的な line up ではあるがもしかすると回折波かも知れないと思われる line up が3カ所で記録されている。この部分は、落差はほとんどないがともかく反射面は途切れている可能性はあるのである。記録の面付きも第5スプレッドと第6スプレッドではかなり変つている。したがつてここにも断層は推定される。第6スプレッドには、振幅のかなり大きい、一見して Fair とと思われる line up が連なつている。しかしこの line up を読みとるとなると非常に複雑で、段違いができていたりして読みとりづらい。これは異なつた方向からの波の干渉現象と考えられ、おそらく基礎構造が湾曲していることの影響であろう。第7スプレッドにおいても湾曲効果は認められ、基盤の傾斜がこの付近で変つていることを裏付けている。第1地



第8図 第1測線第2地震断面図



第9図 第1測線第3地震断面図

震断面図で基盤面からの反射と思われるものをみてゆくと、この付近で間隔が大きく広がっているが、これは傾斜の変化に基づく反射素片の変動 (migration) によつて空白部ができたのであつて、記録上の連続は良い。第7スプレッドと第8スプレッドには、回折波を予想させる部分反射が認められる。第8スプレッドから第10スプレッドにかけて、基盤面からと思われる反射波の振幅は大きくなつてきているが、異なつた傾斜の line up も卓越してきている。特に第9、第10スプレッドでは読みとりうる反射が目みえて少なくなる。また第10スプレッドでは急傾斜ではあるし部分的ではあるが振幅の非常に大きい南落ちの line up が認められる。これらの現象は、地質構造の複雑さを示す情報と考えられる。この付近で卓越してくる南落ちの傾斜の反射面は、いままで基盤面として追跡してきた反射面と同一垂直断面とは考えにくい。異なつた方向からの反射と考える方が妥当であろう。三次元的処理を行ふ必要がある所である。第11、第12スプレッドになると急に記録の面付きは変り、低周期の雑振動が卓越して反射の読みとりは困難になる。爆発孔の柱状図をみると急に砂層の厚さが増し、その砂の中で爆発しているの、表層の条件と考えられる。低域遮断フィルターをかけた記録では、貧弱ではあるが南落ちの反射面が読みとれる。特に第11スプレッドの記録が悪いのは、この付近で地下構造の傾斜が変るため、湾曲効果によつて反射が劣悪化したものと考えられる。

以上のような地質的考察を加味して、反射層準を設定したものが第3地震断面図である。反射の質もよく、反射面と認めうるものが連続している部分は、連続反射層準として実線で表現し、反射が断続しているが一応仮定反射層準を設定しうる部分は鎖線で表現してある。断層を推定するに当り、等級を三段階に分け、それぞれ実線、破線、点線で表現した。第3地震断面図はいわば地震地下構造断面図ともいふべきものである。

7.1.2 第2測線

第2測線は市街地によつて中断され、北半に3スプレッド、南半に5スプレッド測定した。北半の3スプレッドは地形や家屋の条件で測線を直線には展開できなかつた。当初は割愛する予定であつたのだが、地質的に推定されている断層について何らかの情報を得ることを目的として付け加えられたものである。

第10図の時間断面図をみてもわかるように、第1スプレッドから第3スプレッドまでは断層の影響のためか、反射はきわめて悪くわずかに部分反射がところどころに認められるのみである。この貧弱な反射を処理して一応構造解析を行なつたのであるが、その解釈には当然

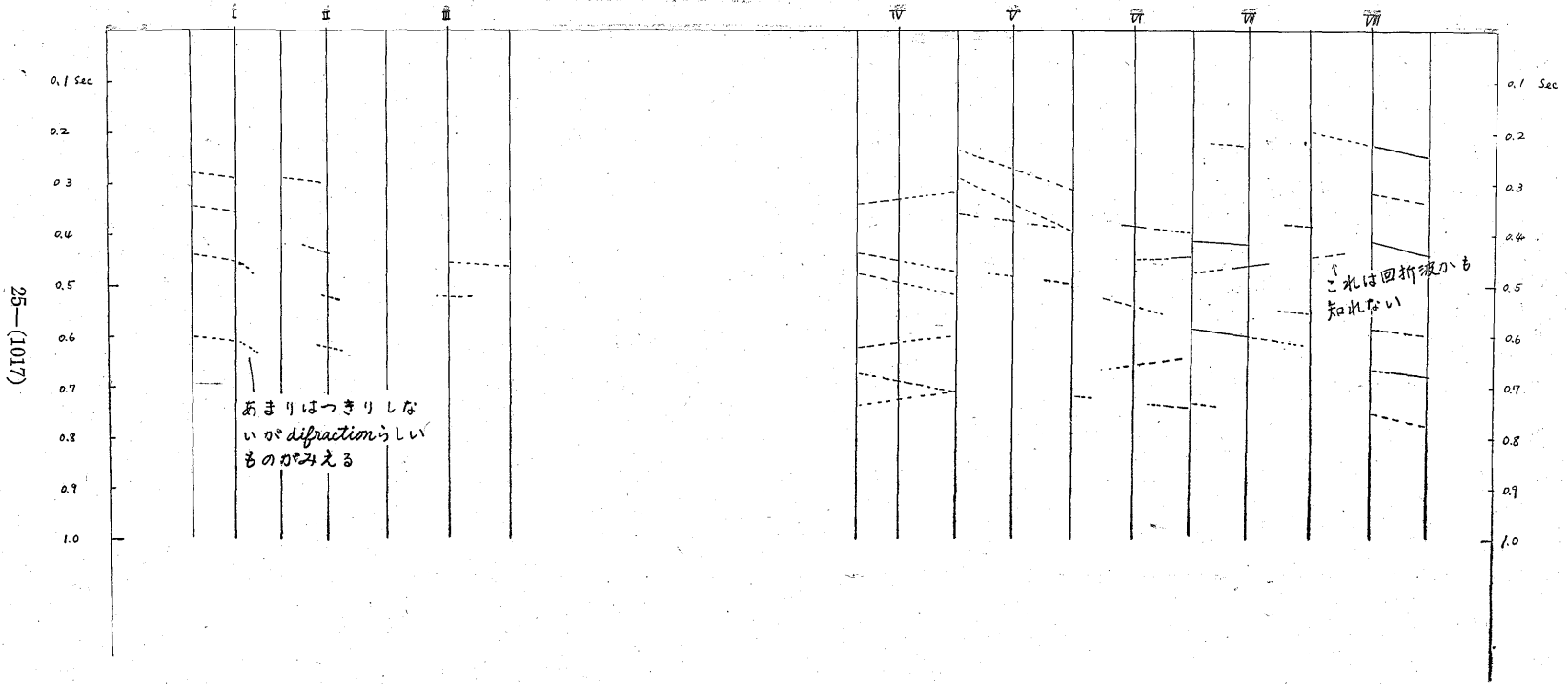
のことながら任意性が大きく入つてくる。第1スプレッドの前半にはかなりはつきりした位相の揃いが認められ、後半には貧弱ではあるが回折波を思わせる位相も認められる。あるいは測線をもつと北へ延長することが可能であれば反射面を押えることができたかも知れない。

(実際には地形の関係で不可能であつた。) 特に第2スプレッドは記録が貧弱で、断層による破碎帯を予想させる。断層についての情報を問題にする場合、どうしても断層付近の反射波は貧弱になることが多いので、ある程度長い測線について観測しなければ情報の有効な処理は難しい、ということの例証であろう。しかもこのように3スプレッドにもわたつて記録の悪いことは、単純な断層ではなく幾つかの断層の集まつた断層帯のようなものを予想しても良いのであろう。

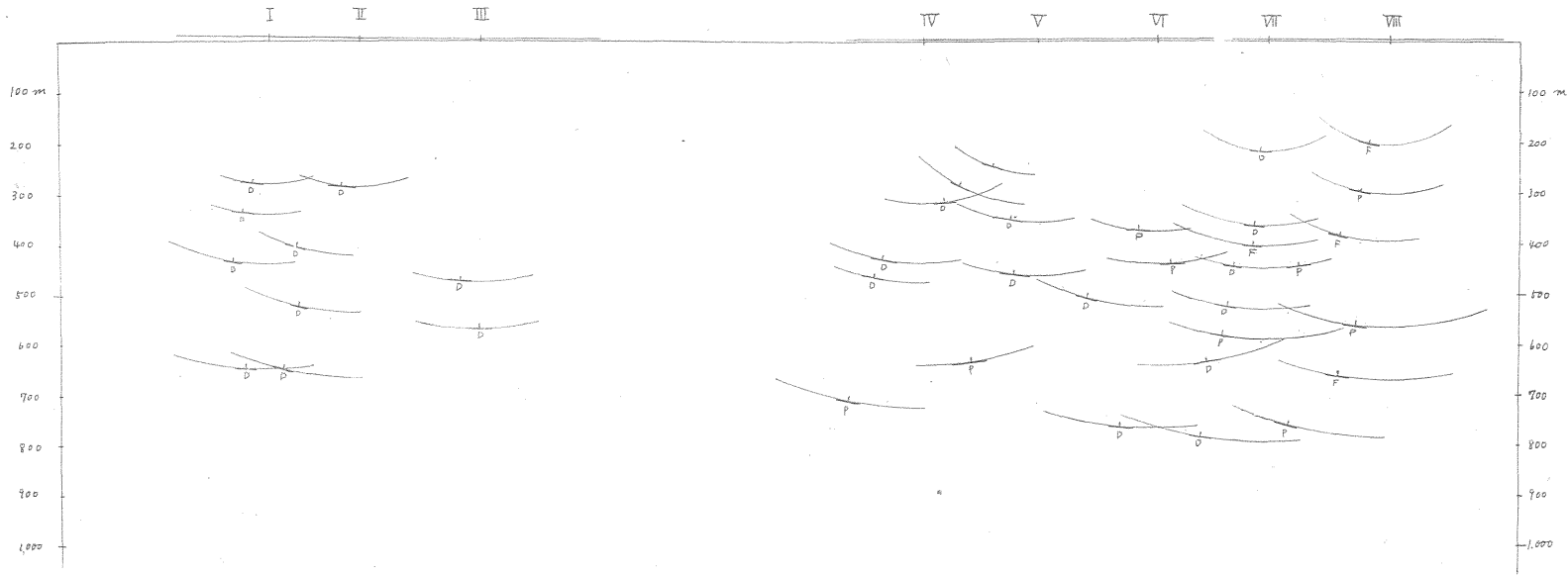
南半の5スプレッドには、北半と較べてはるかに多くの反射波が得られている。しかしその多くは長く続かず、部分的には反射振幅が大きいにもかかわらず構造解析の困難な地域である。第4スプレッドは比較的良好な反射波が認められる。南下りの傾斜の line up と南上りの傾斜のものが認められるが、双方ともかなりはつきりした位相である。第5、第6スプレッドはふたたび line up は激減して貧弱な記録となる。第7スプレッドにはかなり明瞭な反射が記録されているが、ここでも異なつた方向からのものと思われる line up が認められる。第7スプレッドの後半からふたたび反射は貧弱となり、第8スプレッドの前半まで貧弱な記録が続くが、第8スプレッド後半には良好な反射が記録されている。第7スプレッドと第8スプレッドの反射波はそれぞれ対応はつかず、南上りの断層が予想される。第8スプレッドには回折波らしい情報も認められる。等重力線が基盤構造を反映しているとすれば、この付近から基盤深度は深くなることが予想されるが、第1測線で基盤からの反射と判定したような長く続く反射面は認められない。

第2スプレッドで第3測線と、第5スプレッドで第4測線と交差しており、それぞれ地質的解釈を行なう場合の対比の手がかりにする予定であつたが、皮肉なことにこれらのスプレッドが特に記録が悪く、当初意図したような検討は行なえなかつた。

この測線には基盤にまで達する試錐資料はない。交差測線との十分な対比も行ない得ず、また反射波形による対比もできない状態なので、この断面図上のどこを基盤面とするかを定めることは不可能である。しかしその判定をしないと速度仮定そのものになりたないの、あえて基盤面を推定することにした。第1測線で基盤面と判定されたものは、試錐資料によつて裏付けられている。



第10図 第2測線時間断面図



26—(1018)

第 11 图 第 2 测線 第 1 地震断面图

この測線でも基盤面が反射波を期待しうる不連続面であることを予想しても良いであろう。また、第1測線でも基盤面より下に長く続く反射面はなかつたので、一応この測線で最も深い反射面を基盤と考えた。速度仮定は、第1測線で平瀧断層以南に用いたものをそのまま用いた。第3測線以下の他の測線も同様にして基盤面からの line up を判別し、同様の速度仮定を用いて解析した。

第11図に第1地震断面図を示す。第4スプレッド、第7スプレッドにあつた南上りの傾斜の line up は、深度断面に移すと反射素片の変動で位置はかなりづれる。これらの情報が異なつた垂直断面からの反射波と考えるべきか、あるいは同一垂直断面における断層についての情報であるかは、重要な問題であろう。この図で見える限りでは同一垂直断面からの情報として処理することも可能である。今後の精査による3次元処理に基づく資料、または試錐などによる地質的資料によつて判別されるであろう。

さらに第12図の第2地震断面図をみると、反射素片の変動と、記録上で連続性から反射面の空白部が目につく。第1スプレッドから第3スプレッドに至る間は、全体の傾向としては南下りの傾斜であり、いくつかの断層によつて地層は乱されている。特に S.P. II 付近の空白部は断層による遮蔽効果の結果であろうと思われる。

第2スプレッドの浅い所にでている急傾斜の位相は、振幅も小さく反射かどうか疑わしいものである。断層面から反射してきた屈折波と考えると、見掛けの速度が約 4,000m/s もあり、この付近の浅い所を伝わってきた波としてははやすぎる。line up も若干湾曲しているので屈折波と考えるのは無理であろう。

第6スプレッド、第7スプレッドに出ている南上りの反射面は段違いがみられる。これは第7スプレッドの記録のこの部分で、南下りの Fair な反射波との干渉現象が見られるので、前の位相がこの干渉のため面としては読みとり難くなつていていると考えられる。したがつて反射落差はないと考えるべきであろう。明瞭な位相が傾斜の異なる2つの傾向を示していることは、この場合には異なつた垂直断面からの情報と考えた方がよさそうである。確定するためには3次元処理が必要とされる。構造の複雑さを示す情報であることには変りはない。第3地震断面図を第13図に示す。S. P. I 付近の断層については、貧弱ではあるが反射は得られており、その情報に基づいて推定されたのであるが、S. P. III から S. P. I にかけて推定された断層は、むしろ全く反射が得られておらず、反射のないことが断層の存在を示す情報と判断されたものであり、任意性はきわめて大きい。

S. P. III 付近に得られている反射面はきわめて少なく、かつ貧弱なものであるが、最も深い反射面を基盤面と仮定すると、地質的に推定されていたものよりやや浅い。

第7スプレッドと第8スプレッドの間にみられる断層は、南上りの逆断層と思われる。その落差は比較的明瞭な位相を対比してみると、約 30~40 m 程度のものであろう。

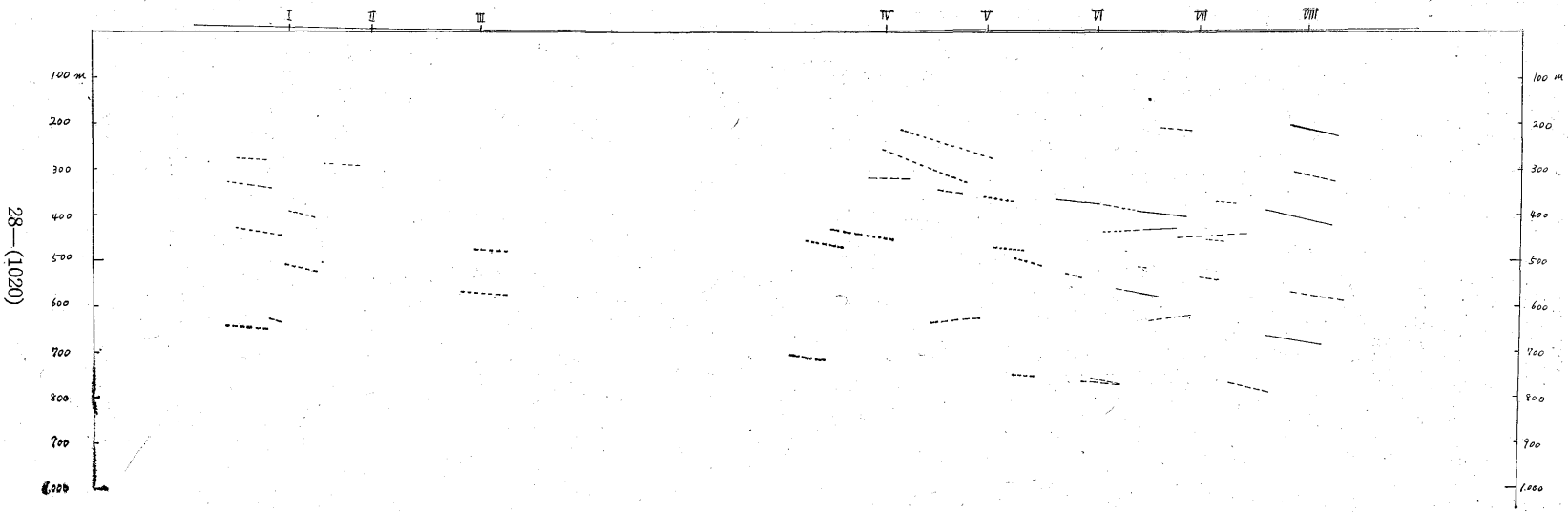
この測線は重力探鉱の結果高重力異常が認められたので、その等重力線を直角に切つて設定されたものであるが、反射面の傾斜は数度程度のもので等重力線の異常から予想されたものより緩やかである。S. P. 8 付近の断層以南の傾斜はやや急で 12° 位である。

7.1.3 第3測線

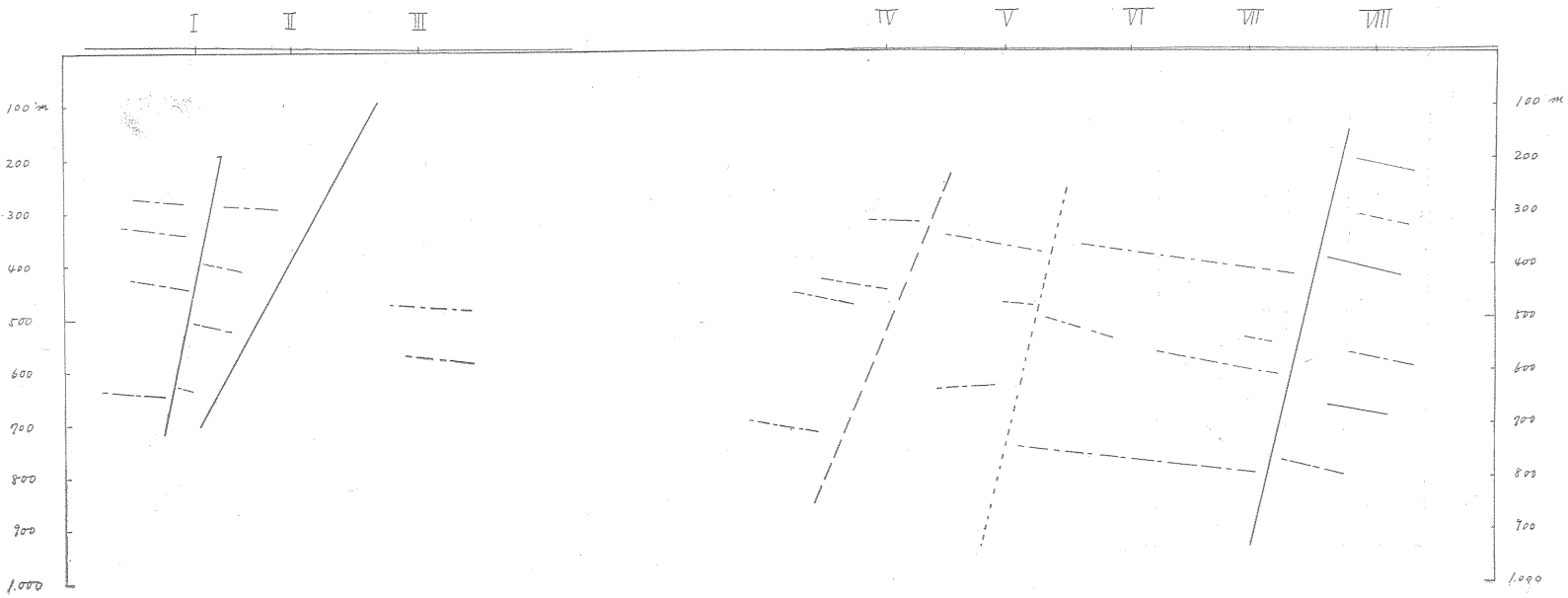
第3測線は第5スプレッドと第6スプレッドの間に鉄道と川を挟んでおり、測線は中断している。それを補う意味で遠隔爆破を行ない反射面を追跡した。全体として西高東低の構造で、西半は比較的よく反射面がつながつてはいるが、第6スプレッド~第8スプレッドは断層帯と思わせる反射の貧弱な地域である。S. P. 4 は第1測線の S. P. 6 と、S. P. 8 は第2測線の S. P. 2 とそれぞれ共通である。したがつて第1測線、第2測線の資料を参考として基盤面からの反射波を推定し、速度仮定を行なつた。それ以下の line up については、速度仮定ができないので、深度断面では省略した。

第14図に時間断面図を示す。第1スプレッドと第2スプレッドの 0.3~0.4 秒付近の反射波に段違いが見られるが、これは卓越位相の変化があるので異なつた位相を読みとつたためであり、記録上では位相は連なつてはいる。第2スプレッドの 0.6 秒付近には2つの方向からの波の干渉がみられるが、これは湾曲効果であろう。第3スプレッドの後半で反射は急に悪くなる。第4スプレッドになると反射も貧弱であり傾斜の異なる line up も見られ、構造が複雑になつていていることを予想させる。第5スプレッドになるとふたたび反射の質は向上し line up もふえてくる。第6スプレッドになると反射は貧弱になり、さらに第7スプレッド、第8スプレッドになると、ほとんど部分的な Doubt な反射ばかりになつてしまふ。第2測線でもこの付近の記録が悪かつたこととも一致し、断層帯の存在を予想させる。

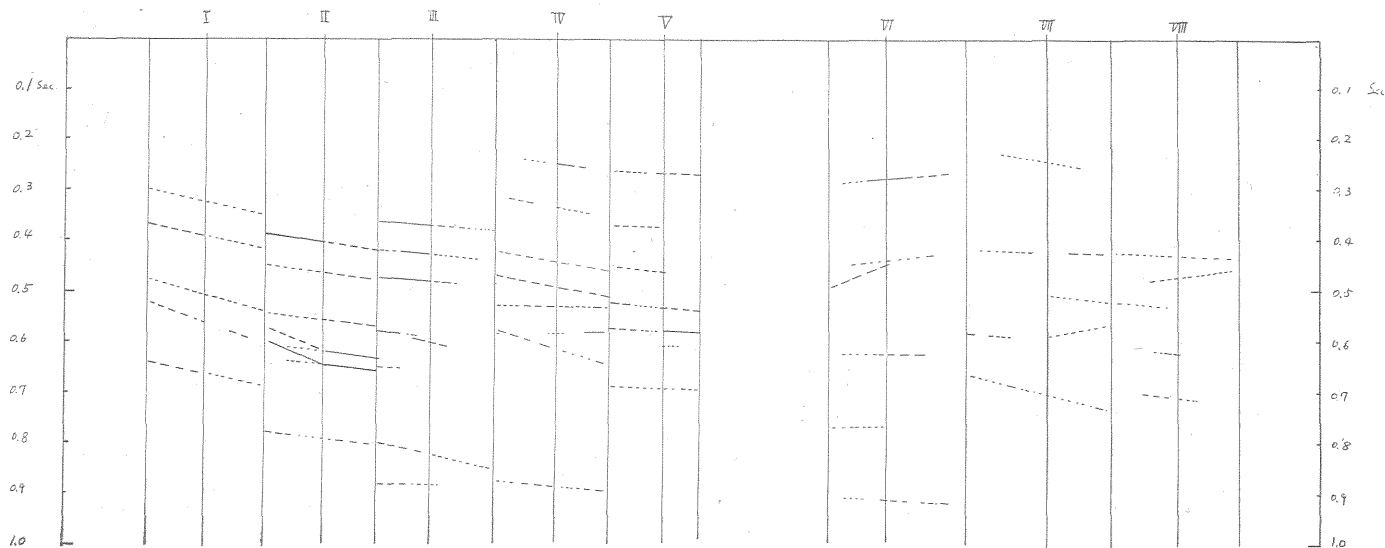
第15図に第1地震断面図、第16図に第2地震断面図を示す。第2スプレッドには湾曲効果が認められ、基盤の傾斜はこの付近で大きく変り緩やかな傾斜となる。第3スプレッドの反射波は深くなるにつれて後半部の line up は貧弱となり、回折波らしい line up も認められる。これは反射面の切れている状態を示す情報と一応は



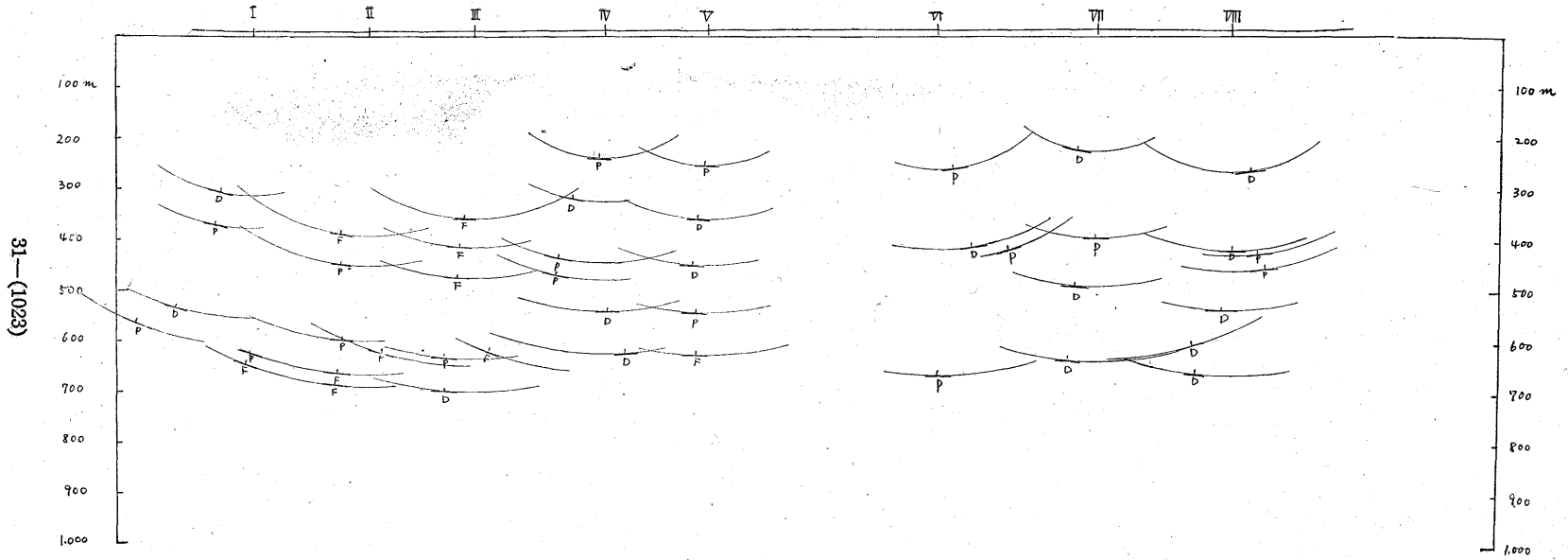
第 12 图 第 2 测線 第 2 地震断面图



区画埋蔵量 3 埋蔵量 2 埋蔵量 1 埋蔵量 0 埋蔵量

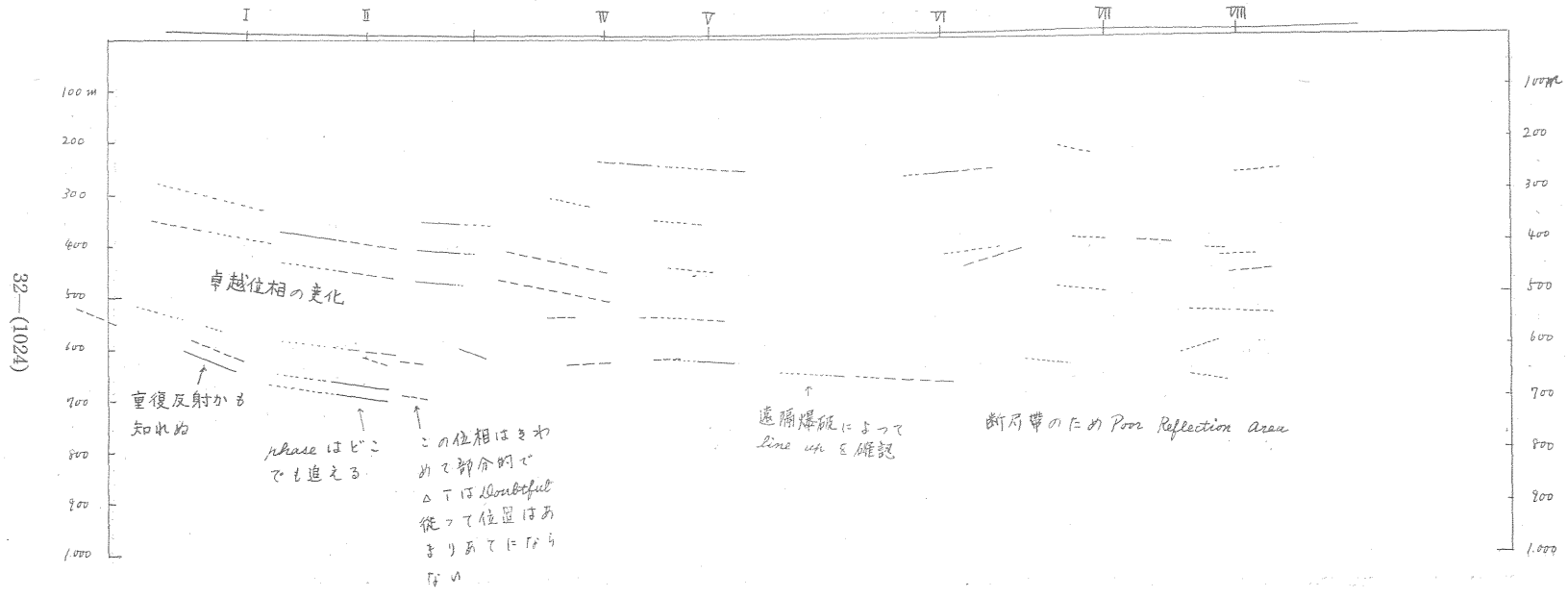


第14图 第3测線時間断面图



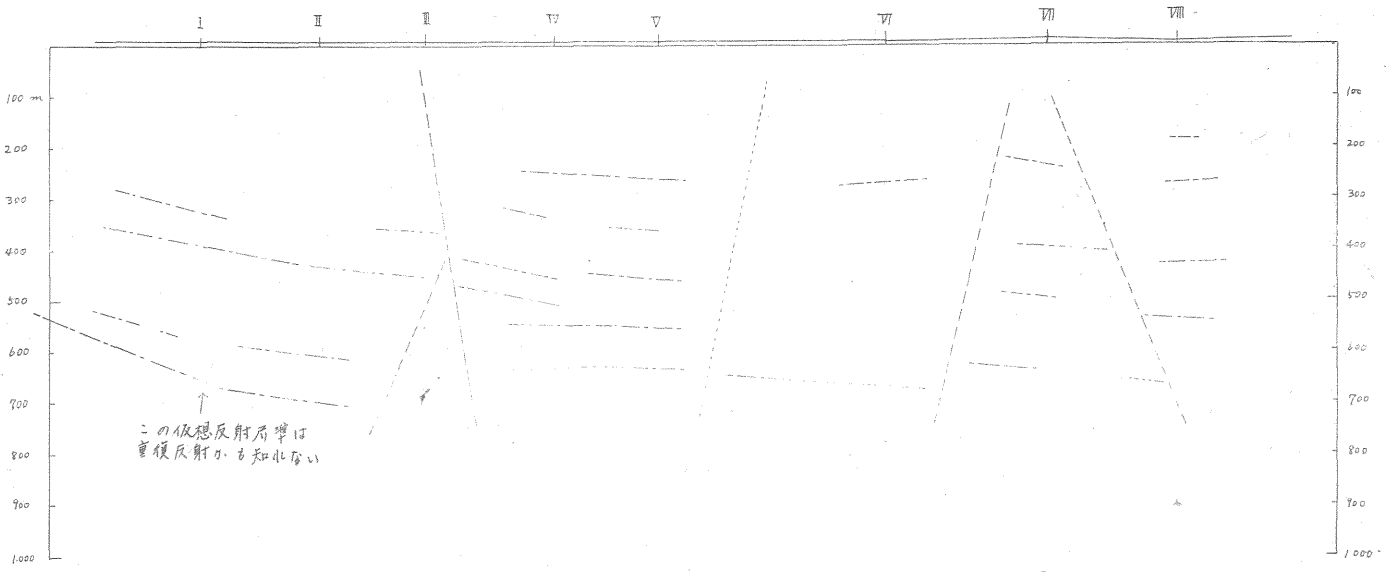
31—(1023)

第15図 第3測線第1地震断面図



32-1024)

第16図 第3測線第2地震断面図



第17図 第3測線第3地震断面図

考えられるであろう。しかしこれらの反射面が消滅している点を結んで延長するとS.P. 4に達する。S.P. 4でこの測線と交差する第1測線には、これに相当する断層は認められない。しかし構造の複雑さを示す情報はあるので、単純な断層ではなくより複雑な構造を考えるべきなのである。一応第17図の第3地震断面図に示したような複雑な断層を推定した。第5スプレッドの line up の波形は、皆尾を引いていて追跡可能な位相の揃いは非常に多い。記録の面付きも非常に異なっている。この原因は確かめられなかつた。S.P. 5と S.P. 6の空間の白部については、遠隔爆破を行なつた。作業日程の関係で片側だけだつたために若干空白部が残つたこと。基盤については情報を得ることができたが、より浅い部分の情報は、爆発点が遠いために得られていないことなどの理由で、断層を考えるべきか否かについて確実な資料はない。しかし第6スプレッドの line up は、数がきわめて少なく、その傾斜もまちまちであり、一応断層の存在を思わせるものである。さらに第7スプレッド、第8スプレッドとなると反射はもつと貧弱になる。反射の切れている部分に幾つかの断層を推定した。

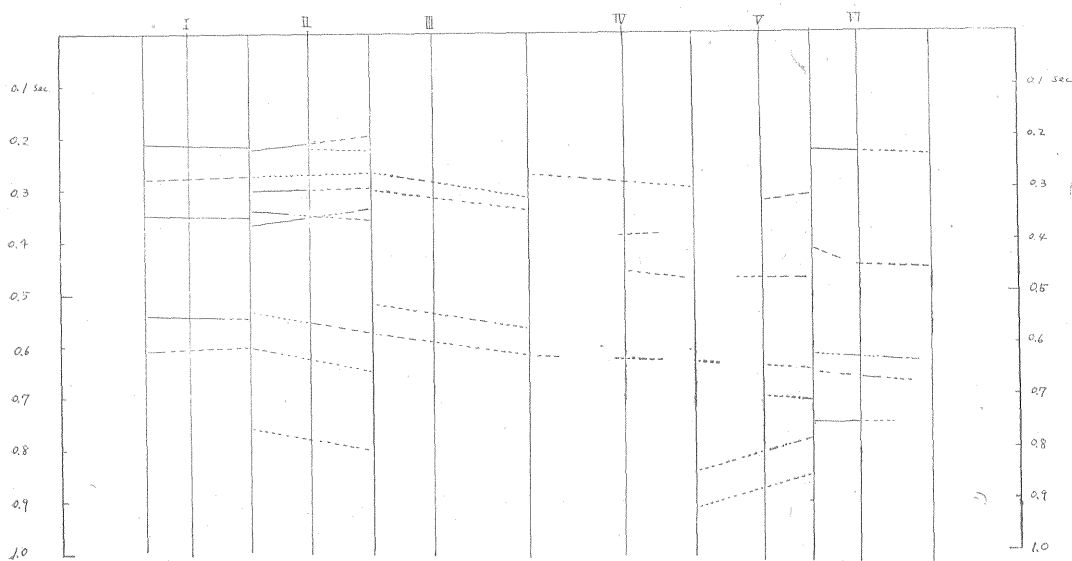
基盤深度について考えると、S.P. 3付近の断層以西には、やや深い目に比較的良好な反射面が認められ、これを基盤面からの反射と考えると西側が落ちていることになる。第2地震断面図でみると、この良好な反射面はそれより上の反射面と比較すると傾斜がかなり急になつている。傾斜の緩やかな部分では大差はないのだが、傾斜が急になつている部分ではかなり違つている。このことはこの反射層準が正常な反射によるものではなく重複

反射によるものであることを示唆しているのかも知れぬ。とすると、基盤面としてはその上の反射層準を考えた方が妥当であろう。重複反射とすればなぜ他の反射層準と比較して良好な反射波が得られているのか、疑問は残る。S.P. 1の南西方約160m付近に、常磐炭鉱株式会社で実施した構造試錐があるが、基盤深度は約450mである。上の反射層準を基盤と考えてもまだかなり深すぎる。西方に油平断層という北落ちの断層があるが、この断層が試錐孔の北側を走つているのかも知れない。

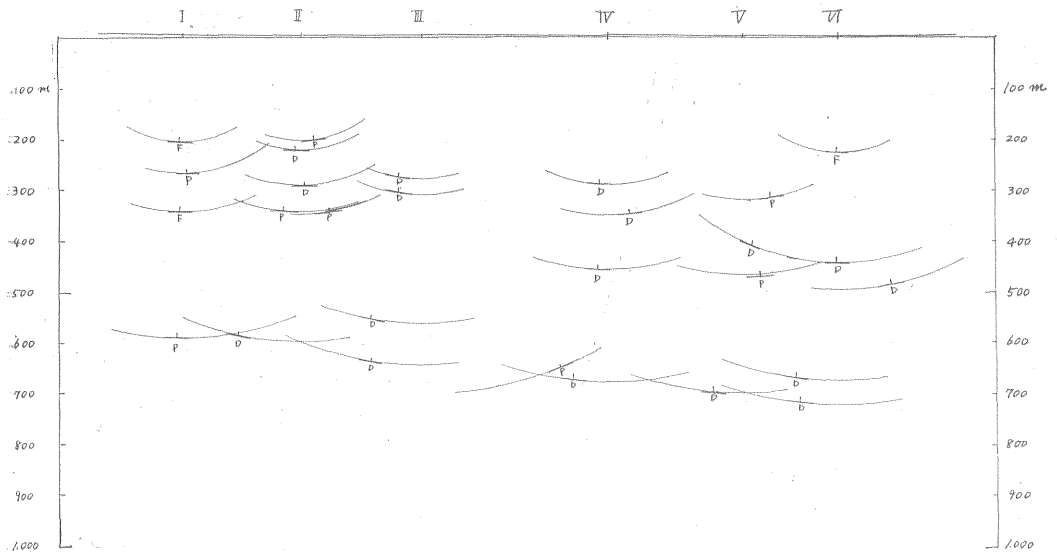
7.1.4 第4測線

第4測線の時間断面図を第18図に示す。この測線も記録は貧弱である。第1スプレッド、第2スプレッドは若干 Fair な反射が認められるが、第2スプレッドの後半以東は反射の貧弱な地帯が続いている。第5スプレッド、第6スプレッドでも振幅の大きな line up も認められるが、その line up も長くは続かない。この測線の S.P. 3、S.P. 5はそれぞれ第1測線 S.P. 12、第2測線 S.P. 5 と共通である。第1測線 S.P. 12では記録が貧弱になつたが、地表条件も砂層が急に厚くなるほどかなり変化しているので、断層が存在するのか、地表条件によるのかの判定はつきにくかつた。この測線でもその点は同様である。しかし第2スプレッドの記録にかなり明瞭な反射で傾斜の異なるものが認められるし、第2スプレッドと第3スプレッドの間で傾斜の変化も認められるので、この付近で急に反射が貧弱になるのは、単に地表条件によるばかりでなく、地下の構造も複雑になつているのであろう。

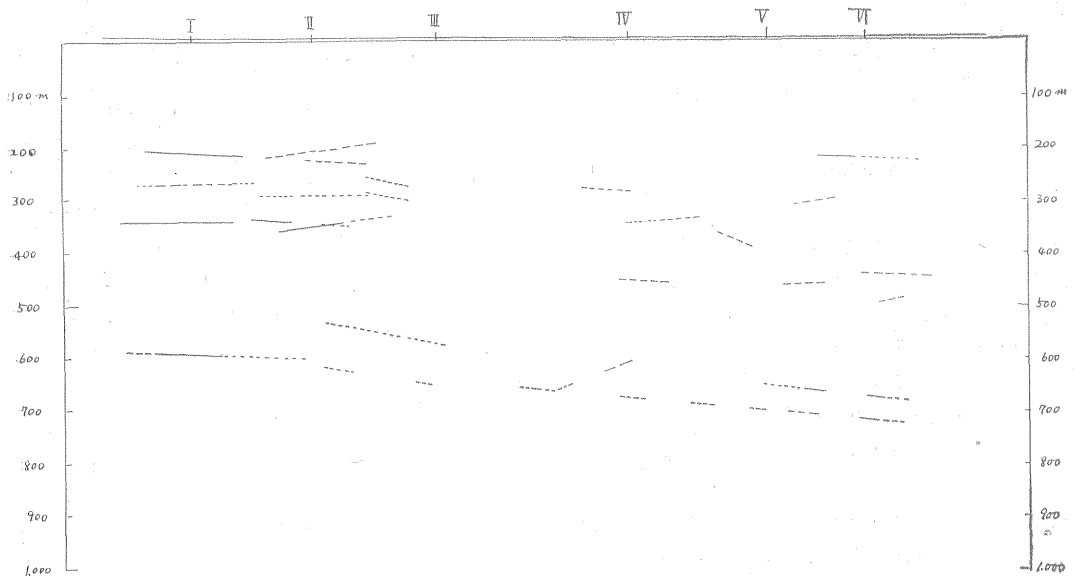
第1地震断面図を第19図に、第2地震断面図を第20



第18図 第4測線時間断面図



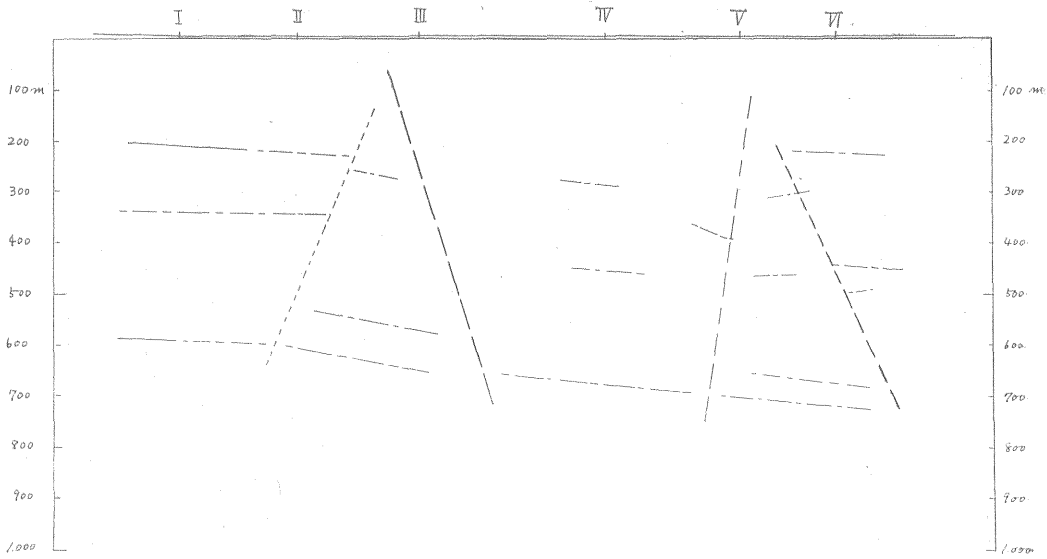
第19図 第4測線第1地震断面図



第20図 第4測線第2地震断面図

図に示す。第2スプレッドと第3スプレッドの間の傾斜の変化は、単なる傾斜の変化と考えてもよいのであろうが、第2スプレッドの反射波の干渉現象は双方ともかなり明瞭な line up なので、これは異なつた垂直断面からの情報と考えた。構造は単純なものではなく、あるいは断層を想定してもいいのかも知れない。第3スプレッドの後半から第5スプレッド前半に至る間は反射のきわめて貧弱な地域である。振幅も小さく部分的な line up

を読みとり反射として計算してみると、基盤からの反射と思われる位相は断続的にどうにかつながっているが、浅い方の反射は傾斜もまちまちである。この地域を断層帯と考えるか、断層による破碎帯とほぼ平行して測線が走つていると考えるか、あるいは単に地表条件のためと考えるかについては積極的な決め手はない。しかし S. P. 5 付近の複雑な傾斜を示す反射素片は、第2測線のこの付近の反射素片とともに、断層の存在を示すものと



第21図 第4測線第3地震断面図

いえよう。基盤からの反射と思われる line up が、貧弱ではあるが断続的に続いていることは落差としてはあまり大きいものではないことを示している。この程度の資料から地質的解釈を進めることは無理もあり、客観性を欠いたものとなるおそれもあるのだが、とにかく一応は断層を推定し、第3地震断面図を作成した。

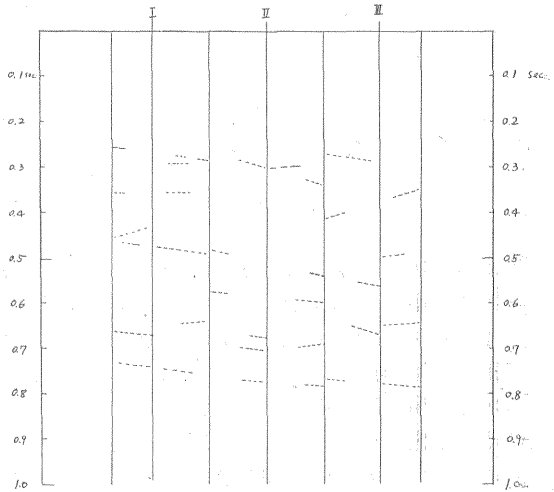
7.1.5 第5測線

この測線は断層の存在が予想されたので、断層についての情報の検出を目的として設定されたものである。地形の関係で測線は長くとはならず、わずかに3スプレッドであった。地形その他の制約で長い測線の設定が不可能な場合に、炭田の開発上有効な情報を短い測線で得ることができれば、地震探査の利用される分野は拡大されるであろう。この測線はそのような意図も含めて設定された。

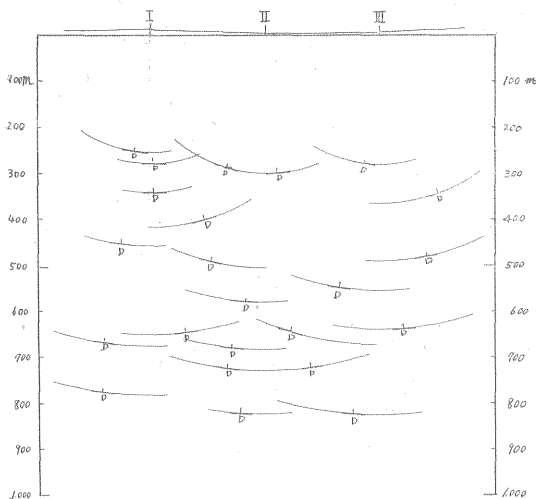
観測された結果は、予想されたように貧弱な反射記録であった。しかし特徴的であったのは、振幅は小さく部分的ではあるが、とにかく位相が揃っている所がたくさんあることである。長くは続かず、数トレースから10数トレース程度の短い line up であるが、とにかくエネルギーの到達を意味すると思われる情報はかなり豊富であった。これらの情報は位相の揃いが短いために、時刻差を読みとるにしてもその誤差は大きく、また、正常な反射波であるか、回折波であるか、その他の意味をもつ波か、あるいは偶然的な位相の揃いであるか、の判定はつかない。それぞれの記録の上では解釈のつかなくつた波でも、一応正常な反射として計算し第2断面図に記入

してみると意味がはつきりしてくることが多いので、一応これらの部分的な情報をすべて読みとつて処理することにした。

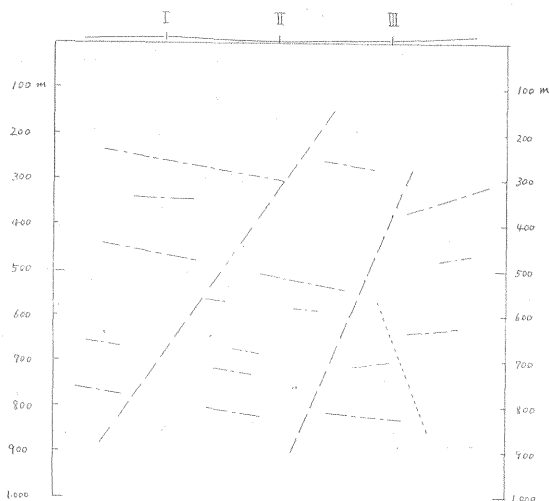
第22図の時間断面図は、位相の揃い方の程度(振幅の大きさ、連続性等)も表現してあるのだが、これでも情報は多いが、いずれも貧弱で部分的であることがよくわかる。第23図に第1地震断面図、第24図に第2地震断面図を示す。これらの図面を総合的に検討してみると、かなり意味がはつきりしてくる。これらの図面をみる場合には、前にも述べたように位相の揃いが部分的なので、時刻差 ΔT の誤差は大きく、そのための誤差が



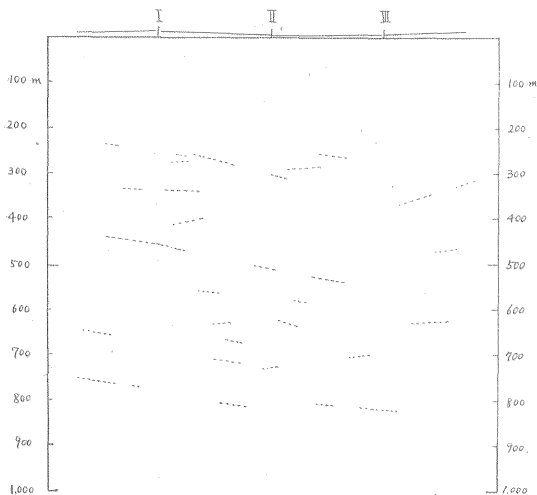
第22図 第5測線時間断面図



第 23 図 第 5 測線第 1 地震断面図



第 25 図 第 5 測線第 3 地震断面図



第 24 図 第 5 測線第 2 地震断面図

かなり含まれていることに注意する必要がある。約 10° 前後の傾斜で北高南低に断続的な反射面がみられ、第 3 スプレッドになると逆傾斜の反射面が目立つてくる。これはこの境界付近に断層の存在を示すものであろう。第 1 スプレッド、第 2 スプレッドにも数カ所で部分的な逆傾斜が認められる。これらは地層の擾乱部を示す情報と考え、反射面の空白部に一応断層を設定した。S.P. 3 の下方約 850m 付近にみられる基盤からのものと思われる反射面は、それより上の反射面と傾斜が異なっている。これが情報の貧弱なための読みとりの誤差に基づくものであるか、あるいは別に、さらに複雑な断層によつて断ち切られているのであるかは、これだけの情報からでは判定できない。第 25 図に第 3 地震断面図を示す。も

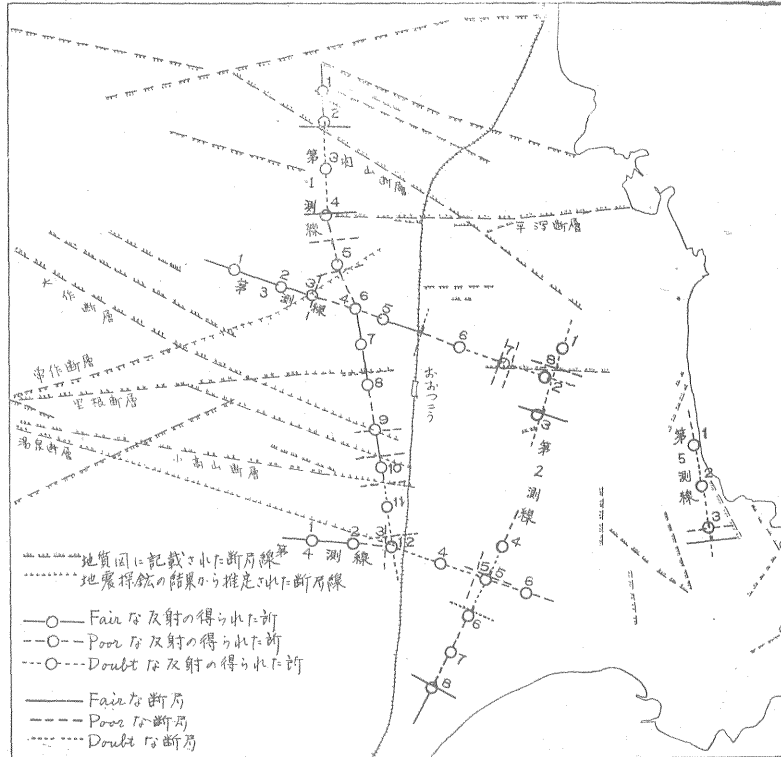
ちろんこれらの推定の基礎となつている観測資料はきわめて貧弱なものである。したがつてこれらの推定の信頼度を高めるためには、試錐資料その他による裏付けが必要とされるであろう。

7.2 解析結果の検討

7.2.1 地質構造についての考察

各測線についてそれぞれ第 3 地震断面図を作成し、地質構造についても考察を行なつてきた。ここでは総合的に検討する。

地震探鉱の記録上に得られた反射波および推定された断層を情報の信頼度を総合的に考慮して 3 つの等級に分類し、第 26 図に表現してみた。もちろん一枚の記録の上に得られた反射波でも振幅の消長はあり、反射層準によつてその質を異にする場合も多いので、ここで 3 つの等級に分類する場合にはそれらを総合的に考慮している。反射の出にくくなる地帯については断層により地層が乱されているのか、地表付近の浅い部分の不規則性によるものか、あるいは岩相の変化によるものか、その判定はいろいろの情報を総合して行なわれるべきものである。したがつて反射の質の悪い部分に断層を推定する場合に、断層の存在についての信頼度が高ければ Fair とされることもありうるし、単に反射の質が悪いのみで他に裏付けとなる資料がない場合には Doubt とされることもある。その判定についてはそれぞれの第 3 断面図の作成の項で述べているのでここでは繰り返さない。ただこの図に記入された等級は地震探鉱で得られた情報に基づいて判定されたものであり、地表調査の結果得られた情報は考慮されていない。最終的には地質的資料を考慮してその等級を決定すべきであろう。また、断層の存在

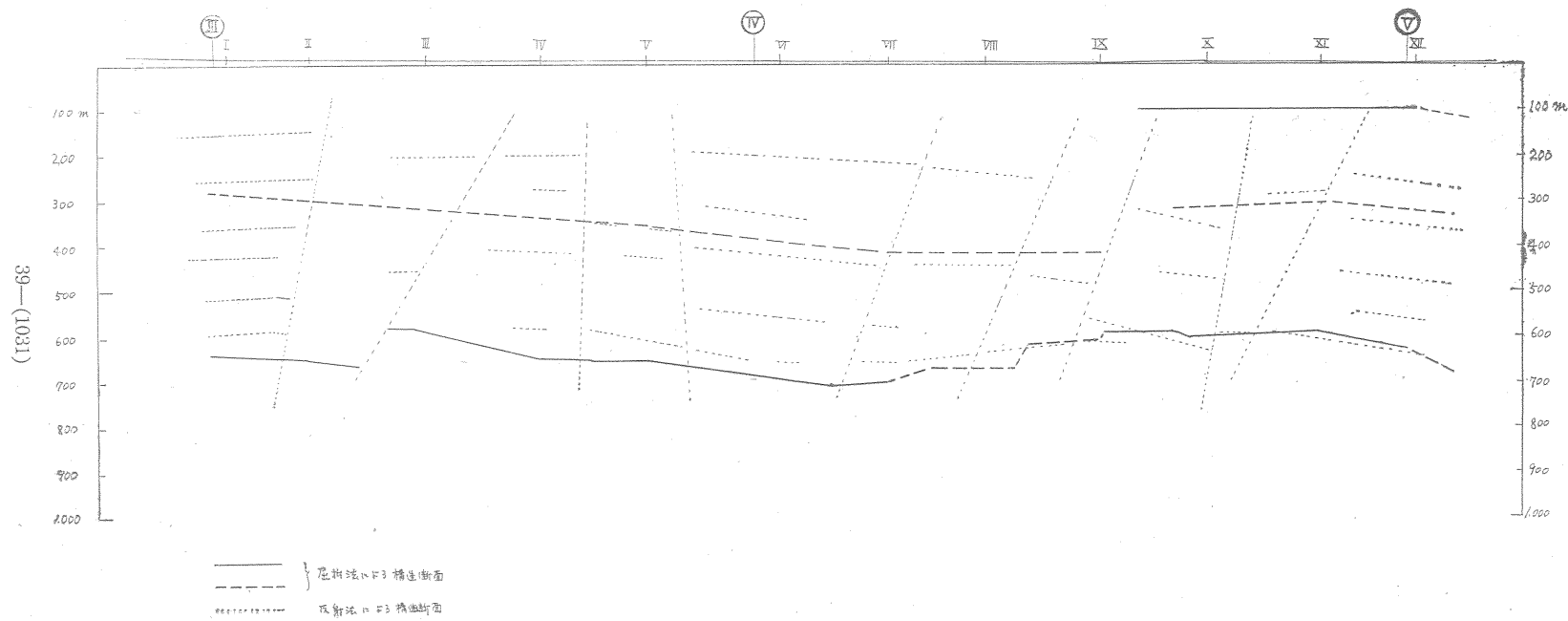


第26図 地震探鉱結果総合図

についての信頼度を基準にして等級をきめているので Fair とされたもので断層角や位置についての任意性の大きいものもある。いま、地質図に記入された断層線をこの図に記入してみる。(この場合の地質図は渡辺久吉：常磐炭田第4区地質図 1/15,000 を用いた。)地質図に記入されている部分、その単純な延長を区別して表現した。地質図には第1測線の付近にのみ断層の記載があるので詳細に検討できるのは第1測線に限られてしまう。S.P. 2~4 に至る反射の貧弱な地帯についてはかなり信頼度の高い断層が推定されているが、地質図でも断層線が数本も横切っており、この部分が断層帯であることが予想される。第1測線 S.P. 5 付近、第3測線 S.P. 3 付近の断層は常作断層と記載されているものを単純に延長した線上にある。第1測線の S.P. 4 と S.P. 5 の間に推定された断層は地質上の断層線との相関はつかない。この断層をここに推定した根拠はこの付近では反射面が切れることである。S.P. 8 付近に推定された Doubt の断層は里根断層の単純な延長上にある。この場合には反射面がわずかに途切れていたり、反射の質が悪くなったり、急傾斜の位相の揃いが認められたりしているが、反射面の落差はほとんどない。したがって

Doubt と判定されたものである。S.P. 9 付近の断層は大作断層の延長上であり、S.P. 10 付近の断層は扇沢断層、S.P. 10 と S.P. 11 の間を走る断層は小高山断層、S.P. 12 付近の断層は湯泉断層の延長上にある。湯泉断層の場合は約 2 km 近く延長しているが、その間は多賀層に覆われており、多賀層は不整合に堆積しているので、地表調査では断層の存在を確かめ得られぬのであろう。もしこの断層が伸びていると仮定すると、その延長はほとんど第4測線と並行しており、第4測線 S.P. 3~S.P. 6 の間、反射の質が劣悪化していたことの原因を、この断層のためと考えてもよいであろう。

第4測線 S.P. 3 付近、S.P. 5 付近の断層も湯泉断層との関連で考えられる。特に S.P. 5 付近に推定した断層は情報がきわめて貧弱であり、回折波らしい line up も部分的に認められたので、断層の存在を推定したのであるが、情報そのものが貧弱なので傾斜角は任意性が大きい。第2測線の S.P. 1~S.P. 3 付近、第3測線 S.P. 6~S.P. 8 付近は記録の貧弱な地帯である。一応多くの断層による擾乱帯と考えられるが、それぞれの測線で推定された断層の相関はつかない。地質図には里根断層の延長と思われる北落ちの断層がこの付近を走つてお



第27図 屈折法と反射法の地震構造断面図の比較

り、地震探鉱の結果と一致している。第2測線 S.P. 3 付近に推定した断層は、反射波のきわめて貧弱な所に推定したもので任意性は大きい。第5測線に推定した断層は地質図に記載された断層との相関はつかない。複雑な構造なのであろう。

地震探鉱によつて得られた情報から断層を推定する場合、次の3つのケースがある。

- 1) Fair な反射波が突然消失し、回折波も観測されている場合
- 2) Poor な情報ではあるが、とにかく情報が得られており、その情報に基づいて断層を推定する場合
- 3) 反射がきわめて貧弱で、ほとんど情報が得られていないときに、その原因が断層によるものと推定する場合

この調査地域でも、1) または 2) のケースで推定された断層は地質的情報と一致するケースが多かつた。

次に、基盤深度について屈折法の結果と比較する。

比較すべき屈折法の結果としては、第1測線と並行している屈折測線のほかに、昭和31年3月に常磐炭鉱株式会社の受託調査として実施した北磯原地区第1測線、第3測線がある。第27図は、第1測線の第3地震断面図と屈折法の解析結果を比較するために、重ねて表現したものである。この図についてみると S.P. 1~S.P. 8 付近は反射法の方がやや浅く出ており、S.P. 8 以南は大体一致している。この相違のおもな原因は速度仮定にあるといえよう。すなわち反射法の解析の場合、第2層の速度を2,850m/s、厚さを200mとして解析しているのだが、屈折法の場合には第2層の速度を3,000m/s、厚さを250~350mとしている。この速度仮定の相違が、基盤深度の相違の原因の一つと思われる。さらに解析過程の再検討を要する所であらう。

北磯原地区第1測線がこの地区の第4測線 S.P. 4 付近を横切っている。この場合屈折法の走時曲線にあらわれた基盤の見掛け速度はかなり変化に富んでおり、この付近が断層帯であることを示唆している。基盤深度については反射法の方が若干深く出ている。特に反射の貧弱な地域であり、読みとりうる位相は最大振幅の位相であらうから、やや深く出るとはむしろ当然といえよう。

次に地震探鉱の結果と重力図とを比較してみる。大津地区の高重力異常は比較的基盤構造を反映していると考えて、この等重力線をほぼ直角に切る測線を2本とつたのであるが、この部分の重力傾度 $\partial g/\partial x$ は大体第1測線沿いに約 3.5mgal/km、第2測線沿いに約 4.32mgal/km 程度である。重力傾度から二次元モデルを仮定して近似的に傾斜を計算するには、次の近似式が用いられ

$$\text{注1)} \quad \partial g/\partial x = \gamma \Delta \rho r \sin \delta$$

ここでは γ は万有引力常数で $\gamma = 6.67 \times 10^{-8}$ c. g. s., $\Delta \rho$ は密度差、 δ は斜面の傾斜角である。

現在の資料では $\Delta \rho$ をどの位とするのが妥当かは決めかねるが、大体 0.3~0.6 程度と考えられるので、一応 $\Delta \rho$ と δ の関係を計算すると次表のようになる。

$\Delta \rho$		0.3	0.4	0.5	0.6
δ	$\partial g/\partial x = 0.35$ の場合	17°0'	12°20'	9°50'	8°10'
	$\partial g/\partial x = 0.432$ の場合	20°23'	15°19'	12°10'	10°05'

この値からすると、第1測線 S.P. 12 付近の傾斜は大体一致しているが、第2測線の場合には、地震探鉱の結果はやや緩傾斜にでていゝる (なお、第2断面図には記載されているが、傾斜が急すぎるので第3断面図には記載されなかつた傾斜素片は、約 17~22° を示している)。

7.2.2 反射法の炭田地帯への適用

この地域は反射波の質も必ずしも良好とはいえず、断層も相当多く存在するかなり複雑な地域であり、必ずしも反射法に適した調査地とはいえず。しかし日本の炭田地帯の場合、このような条件の所が多い。そのためにいままて反射法が利用されてこなかつたともいえるのである。反射法により観測された情報からどのように地下構造を推定するかは、今回行なつた解析ですべてを尽したわけではない。さらに解析用再生機による記録の処理、三次元的処理を含む精査、試錐等による地質資料の増加に伴う再考察等。地下構造の解明のための作業が進むにつれて、その各段階でここで検討してきた記録にふたたびかえつて検討し、ここでは構造解明に役立て得なかつた多くの情報を掘りおこしてゆく可能性は残されている。すなわち今回の解析は反射法による構造解析の第一段階ともいべきものであつて、その結果から結論を引き出すことは早計に過ぎるかも知れない。しかし貧弱な記録ではあつたが、記録の上に認められた情報をすべて表現するように努め、それらの情報を基礎に構造解析を進めることによつて、一応構造断面を作成することができた。

次に屈折法と比較しながら、炭田地帯への反射法の適用性について考察する。

第27図によつて反射法の結果と屈折法の結果を基盤構造について比較してみると、第2スプレッド付近の断層、S.P. 5 付近から南に下つており、S.P. 7 付近が最

注1) この近似式を導く過程は次の文献に詳しい。中条純輔：熊本地区における重力分布とその考察、地質調査所月報、Vol. 12, No. 5, 1961

も深く、その付近から南に上っている。S.P. 11 付近からふたたび急傾斜で南に下りはじめている。このようにいわば定性的にみるならば大体一致している。ただ S.P. 7 付近からの南上りの場合に屈折法の解析結果では階段状にガタガタと上っているのに対して、反射法の結果はそうなっていない。これを断層の情報とみれば、反射法の場合にも幾つかの断層を推定しており、定性的には一致していると考えられよう。S.P. 2 以北の基盤深度、S.P. 5 ~ 8 付近の基盤深度については反射法の方がやや浅く出ている。解析結果の再検討を必要とする所である。

一方、基盤面より浅い地層についてみるならば、反射法によつて得られる情報ははるかに多彩になつており、そのためかなり輻輳している断層を推定することもできた。これらの情報は開発計画立案のために有力な手がかりを与え得るであろう。

しかし深度について高い精度が要求されると、なお速度仮定に多くの問題がある。速度仮定についてはその地域の開発が進むにつれてさらに高い近似性をもつ速度分布の仮定も可能となるであろうから、その点での改善は十分に期待し得るものである。多くの反射面のうち、どれが基盤からのものであるかの判定は試錐資料その他の地質的情報がなければ難しい。特にこの地域のように多くの断層が存在する場合や、良好な反射波がなく波形による対比が困難な場合には、構造解析は困難をきわめる。したがって将来精査を実施するための予備的な段階としてではなく、一応その結果から構造について解明を期待する場合にはある程度の地質資料の存在は必要条件となる。

しかし第 1 測線のようにある程度の資料のある場合には、地下構造について有効な考察を進めうるばかりでなく、特に基盤より上の地層については屈折法に比較してはるかに多くの情報を得ることが可能である。

断層を推定する場合に、明瞭で長く連続していた反射面が突然消失するとか line up が段違いになつて、波形により相関がつくとか、あるいは回折波が確認されるときには、高い信頼度をもつて推定できる。しかし断層地帯では反射波も劣悪化することが普通で、貧弱な情報によつて推定せねばならぬことが多い。反射面の傾斜の急激な変化、反射面の消失点、反射波の空白部、急傾斜の反射素片の集まり等は、断層を推定してゆくための重要な情報となる。この調査地の場合にも、断層の付近は予想されていたように反射は特に貧弱となり、位相の揃いも部分的であつた。貧弱な反射、部分的な反射をたんに読みとることによつて、積極的に構造解析の手がかり

りとすることができた。もちろん貧弱な情報を手がかりとして構造を推定してゆくので、その信頼度の低いことはまめかれないし、多くの過誤も含まれているであろう。この地域の開発が進むにつれて、多くの資料が追加され、誤まりは正され、信頼度のより高い推定が可能となつてゆくことが期待される。

この調査では、かなり貧弱な資料から断層を推定したのであるが、かなりの程度地質資料と一致していることが確かめられた。

日本における油田地帯などのように、新しい堆積平野では、反射波の劣悪化することの原因が地表条件の変化にあることも多いのであるが、石炭地帯などのように比較的古い堆積層の地域では反射波の劣悪化の原因を地下の構造によると考えてもよい場合が多いのではなからうか。油田の開発を中心として発展してきた反射法の技術を、炭田の開発に適用する試みは、まだ多くの問題が残されているが、一応積極的な結論を得ることができた。

屈折法と反射法の比較を整理すると、

1) 基盤については、屈折法の場合、情報を連続的に得られる。基盤の起伏に応じて走時曲線の上にその情報をみいだすことができる。往復走時で確認できれば高い精度の解析も可能である。

一方反射法の場合、基盤についての情報が必ず得られるという保証はない。反射の連続性、振幅の消長、回折波その他の情報から判断する。断層地帯では情報は貧弱になる可能性が大きい。

2) 基盤より上の地層については、屈折法では多くの場合ほとんど情報が得られない。

反射法の場合にはかなり豊富に得られる可能性はある。全体の情報から断層を推定してゆくので、解析結果を比較してみると、反射法の方がはるかに多くの断層を推定している。

3) 速度仮定については、屈折法の場合、“かくれた層”や“はさみ層”の問題はあるが、ある程度の資料があればかなり精度の高い解析が可能である。反射法の場合には速度仮定には根本的に問題があり、深度の絶対値が高い精度で要求されるときには、解析に限界がある。開発が進み情報が豊富になるにつれて、近似性の高い仮定を設定して精度を高めてゆくことも可能とならう。

8. 結 論

昭和 36 年 1 月 20 日から 3 月 20 日に至る間、常磐炭田天津地区において、炭田地帯の深部開発のための地震探鉱法の研究を行なつた。その際、反射法を研究的に実施し、天津地区の地質構造に関する情報を得るとともに

炭田地帯への適応性を考察した。

この地域は必ずしも反射の質が良好とはいえず、断層も多い複雑な地域であつたが、その貧弱な情報を処理して地震地下構造断面図を作成し、屈折法との比較を行ない次の結論を得た。

1) 屈折法は基盤についての情報をかなり連続的に得ることができる点では優れている。しかし基盤より浅い層については、反射法ははるかに多くの情報を提供しうる。

2) これらの多くの情報を基礎に、地質構造、特に断層を推定し、地質的資料との相関を検討した。地質的資料の比較的豊富な第1測線では、かなりの程度一致していることが確かめられた。

3) 地形的に比較的短い測線しかとれないような条件の所で、地下深部からの情報を得ることを試み、貧弱な情報を処理して地震地下構造断面図を作成した。

4) 反射が貧弱なために、測線相互の関係は充分検討し得なかつた。

5) 速度仮定については、多くの問題があり、高い精度を要請されるような場合には、速度仮定が困難であらう。

6) 屈折法と比較して、はるかに短い測線で深部からの情報が得られる点は、すぐれている。

7) 重力探鉱の結果と比較すると、第1測線についてはほぼ矛盾のない値であるが、第2測線についてはやや緩傾斜であつた。

この研究では貧弱な情報を有効に処理し、経済的に役立つ構造解析を行なうことを念願として、あえて大胆な解析を行なつた。したがって多くの過誤も含まれて

いるものと思う。この点は、今後当地域の開発が進むにつれて、構造解析上の誤まりは指摘されるであらう。そのことによつて地震探鉱の解析法の改善もうながされるであらうことと信じている。多くの人々から、誤りや不十分な所を御指摘いただけることを期待している。

(昭和36年1月, 3月調査)

文 献

- 1) 市川金徳：常磐炭田大津地区における地震探鉱法の研究, 地質調査所月報, Vol. 13, No. 12, 1962
- 2) 鎌田清吉：常磐炭田大津地区における坑井内速度測定結果, 未発表
- 3) 地質調査所：日本炭田図 I, 常磐炭田地質図説明書, 1957
- 4) 渡辺久吉：常磐炭田第4区地質図および説明書
- 5) 松田武雄・立石哲夫・須田芳朗：常磐炭田南部地区重力探査報告, 地質調査所月報, Vol. 12, No. 5, 1961
- 6) 中条純輔：熊本地区における重力分布とその考察, 地質調査所月報, Vol. 12, No. 5, 1961
- 7) 川島 威・南雲昭三郎：反射法の解析について (1), 情報の picking, 地質調査所月報, Vol. 11, No. 10, 1961
- 8) 南雲昭三郎・川島威：反射法の解析について(2), 地震断面図の作成法, 地質調査所月報, Vol. 12, No. 2, 1961