

**REPORT**  
**OF**  
**HYDROGRAPHIC RESEARCHES**  
**No. 19, March, 1984**

---

東京湾におけるマルチチャンネル  
反射法音波探査†

加藤 茂\*

**MULTI-CHANNEL SEISMIC REFLECTION SURVEY IN TOKYO BAY †**

Shigeru Kato\*

**Abstract**

A multi-channel seismic reflection survey in Tokyo Bay was carried out along 6 lines of 130 km in total length by the Hydrographic Department on March 1982. For this survey, two 500 cubic inches air guns as sonic sources and a 24 channel streamer cable of 1200 m length as receiver were used. Acquired data was processed by the methods of CDP stacking, velocity analysis, time migration, depth conversion, and others. Then a 12-fold stack section, a migrated time section and a migrated depth section for each line were made after these processings. We can clearly find the geological structure beneath Tokyo Bay to about 3 km depth on these sections.

The geological structure of Tokyo Bay is summarized as follows;

- i) Pre-Neogene basement rock in the Kanto area is found at 2-3 km depth at the center of the Bay, and more them 3.4 km depth in the southern part of the Bay.
- ii) Neogene and Quaternary layers of 2-3.4 km thick cover the Pre-Neogene basement. From the lower to upper layer, the section of maximum thickness moves from the southern to the northeastern part of the Bay.
- iii) A fault with strike of N50-55°W found at the inner part of the Bay displaces Pre-Neogene basement down to 420 m on the north. Some normal faults slightly displacing the Neogene layer are also recognized in the southern part of the Bay.

---

† Received 19 December 1983

\* 海洋調査課 Ocean Surveys Division

- iv) Fold structure is recognized at Nakanose in the southern part of the Bay.
- v) Based on the correlation with deep boring data around Tokyo Bay, it is supposed that Neogene and Quaternary layers are divided into 5 layers (TA-TE); TA and TB correspond to Recent and Pleistocene, TC to Pliocene, and TD and TE to Miocene, respectively.

## 1. はじめに

この報告は、1982年3月に海上作業を実施した東京湾におけるマルチチャンネル反射法音波探査の結果をまとめたものである。この調査は、科学技術振興調整費による「首都圏における直下型地震の予知及び総合防災システムに関する研究」の一部として、水路部が担当した「東京湾海底地殻構造調査」として行われた。調査は、1981年度に現地海上作業を、1982年度に資料処理を、いずれも水路部監督の下、石油資源開発株式会社が実施した。なお、この調査結果の一部は、海上保安庁水路部（1983）、加藤・浅田（1983）に速報または中間報告として発表されている。

## 2. 調査の意義

### (1) 東京湾付近の地質構造

東京湾は、関東平野南部に相模灘から深く湾入した、神奈川県、東京都及び千葉県に囲まれた南北に長い湾である。相模灘とは三浦、房総半島にはさまれた浦賀水道によって連絡され、ここには、相模トラフに続く東京海底谷の谷頭が入り込んでいる。浦賀水道はその北端の房総半島から西へ突出した富津津で東京湾主要部と画される。東京湾主要部は、水深50m以浅の浅海域が広がる。東京湾主要部が浦賀水道に面する横浜本牧と木更津との間には、水深15~20mの中ノ瀬と呼ばれる浅瀬がある。中ノ瀬以外の東京湾主要部は、湾奥部から浦賀水道に続く湾口部にむけて徐々に深度を増す平滑な地形を呈している（海上保安庁水路部、1974）。

東京湾を含む関東地方は、中心部では新第三紀~第四紀の厚い堆積層が、三波川帯、秩父帯あるいは四万十帯とよばれる古生代~古第三紀の古い基盤岩の上を覆い、周辺部でこれらの古い地層が露出する盆地状の構造をしており、関東構造盆地とよばれている。関東平野の中央部では、基盤岩まで達するボーリングデータから、その深さは3000m以上に達している（矢島、1981）。

関東平野下の先新第三系の基盤岩の構造については、ボーリングデータ、重力異常、地震探鉱データ等により明らかにされ、基盤岩の等深度線図が作成されている（石井、1962；多田、1976；多田、1982；垣見、1976；衣笠、1980；矢島、1981）。これらの等深度線図は、データの増加に伴いより詳細なものとなっている。近年公表されている等深度線図のうち矢島（1981）の図は、東京湾を含む関東南部に等深度線が記入されていないので、衣笠（1980）の等深度線図で東京湾付近の状況をみてみよう。東京湾下の先新第三系基盤岩は、川崎と木更津を結ぶ付近で深さ3000m以上と最も深く、これより北側の湾奥部に向かい浅くなり、船橋と千葉を結ぶ海岸付近では約2200mの深度となっている。また川崎-木更津付近から南は、等深線が十分描かれてはいないものの南ほど浅くなっているようである。ただし、東京湾を含む東京以南には試錘井がなく、この深さは弾性波探査等の資料による推定である（衣笠、1980）。

先新第三系基盤岩を覆う新第三紀~第四紀堆積層は、房総半島や三浦半島といった周辺部に向かい順次露出し、ほぼ連続的に堆積しており、層序関係はもとより、古地磁気、微化石、構造運動等の研究が進められている（三梨、1973；三梨ほか、1976；新妻、1976；尾田、1975；小玉ほか、1981；菊地、1982など）。新第

三紀～第四紀の堆積層は、下位から保田層群、三浦層群、上総層群そして下総層群にまとめられている（三梨, 1977）。房総半島南部の三浦層群はほぼ東西の走向を示すのに対し、その上位の上総層群の走向は北東－南西である。この斜交関係でも示されるように、三浦層群と上総層群とは不整合関係にあり、この不整合は黒滝不整合とよばれている。黒滝不整合の規模は、房総半島東部で大きく、西方に小さくなっており、東京湾を含めた関東平野中央部に存在するかどうか問題となっている（房総研グループ, 1964）。上総層群はおおむね整合的に堆積したと考えられているが、千葉付近のボーリングデータから千葉で深さ500m付近に不整合が確かめられている（楡井ほか, 1975）。上総層群は、鮮新世から更新世にかけての堆積層で、その中部～下部の梅が瀬層ないし黄和田層のなかに第四紀基底が位置するとみられている。関東平野の第四系最深部は東京湾奥部にあり、第四紀の沈降部としては日本で最大の場所である（第四紀地殻変動研究グループ, 1968；垣見, 1976）。

## (2) 調査の意義

関東平野の地史は、上述のように平野周辺部での地層層序の研究、中央部での弾性波探査、ボーリング等の研究によりかなり明らかになっている。今回の東京湾で実施したマルチチャンネル反射法音波探査データは、どのような意義を持つであろうか。

第1点は、東京以南ではデータ不足であった、先新第三系基盤岩の構造が明らかになることである。衣笠（1980）らによって描かれているこの基盤岩等深度線図が、東京湾域においてより詳細に表現できることとなる。もちろん、基盤深度の不連続等によって、その地体構造も明らかとなり、関東平野中・北部での構造区分との連続性等も推定できるであろう。

第2点は、新第三系～第四系の堆積構造が明らかにされることにより、三浦層群、上総層群、下総層群等の東京湾内での広がりや堆積形態、堆積盆地の移動状況、更に、黒滝不整合や楡井ほか（1975）の上総層群中の不整合の東京湾内での状態が明らかになることが期待される。

第3点は、先新第三系基盤岩から第四系に至るまでの構造運動、とりわけ、断層、褶曲の分布とその運動の変遷が明らかになると考えられる。またこれに関連して、厚い新期堆積層に覆われ識別の困難な活断層の推定にも役立つであろう。

第4点は、地震予知観測網の整備の観点から、厚い堆積層の存在により、有効な設置が困難であった微小地震計、地殻歪計等の設置地点の選択に有効なデータを提供することとなる。

## 3. 調査の方法

### (1) 調査測線

調査測線は、第1図に示す6測線計130kmであり、各測線の両端の位置は次のとおりである。

- A-1 測線 35°36'36"N, 139°55'30"E 及び 35°21'34"N, 139°44'8" E
- A-2 測線 35°36'27"N, 140° 1'10"E 及び 35°19'20"N, 139°45'2" E
- B-1 測線 35°36'16"N, 139°54'44"E 及び 35°32' 1"N, 140°2'46" E
- B-2 測線 35°35'10"N, 139°49'47"E 及び 35°29'11"N, 140°0'36" E
- B-3 測線 35°30'46"N, 139°48'29"E 及び 35°27'28"N 139°54'19"E
- B-4 測線 35°27'21"N, 139°45'52"E 及び 35°23'39"N, 139°51'20"E

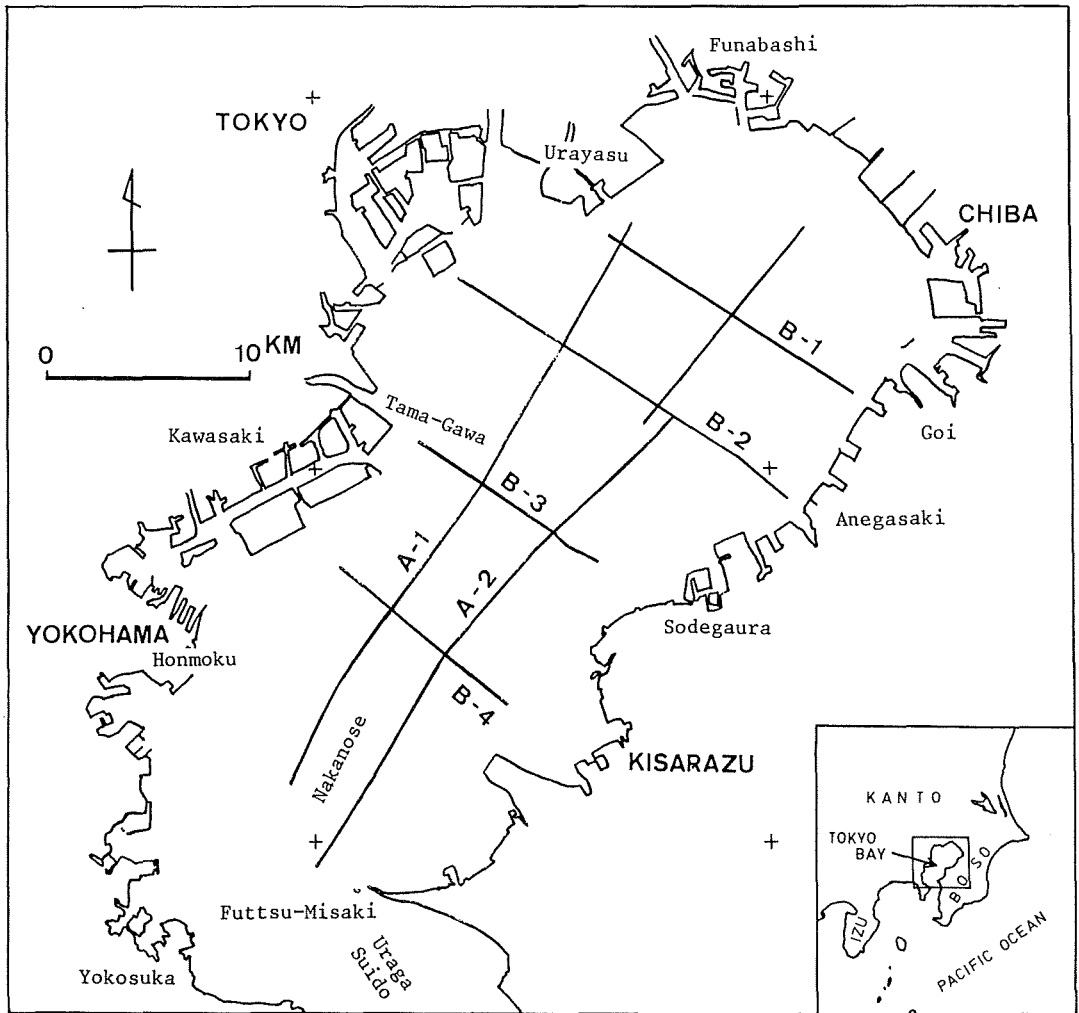


Figure 1 Multi-channel seismic reflection survey lines.

1200mという長いストリーマケーブルを曳航しての調査であったことや、航行船舶の影響で、各測線とも複数測線をつなぎ合わせて1本の測線としている。ただし、A-2測線については航行する他船舶の影響で連結できず、接合部で約1 kmのずれが生じた（第2図）。調査測線は、次のような考え方で設定した。

- i 狭い湾内においてできる限り連続した音波探査断面が得られるように、東京湾を縦断する測線を設定すること。
- ii 三次元的解析が可能なように横断測線を設定し、縦断測線とは必ず交差させること。
- iii 地層の対比を容易にするため、沿岸陸域にある深いボーリング地点に近づけ、できるだけ海岸近くまで設定すること。

ところが、東京湾はわが国で最も航行船舶の多い海域であり、多くの浮標、シーバース等の障害物や航行船舶の集中する法令により設定された航路を避ける必要があるばかりでなく、ストリーマケーブルの深度の制約から、水深10m以浅の海域、のりの養殖域等も避ける必要があった。このため、A-1及びA-2測線は多少屈曲せざるを得なかった。

調査を予定した測線については、A-2 測線の不連続を除けば全て実施することができた。

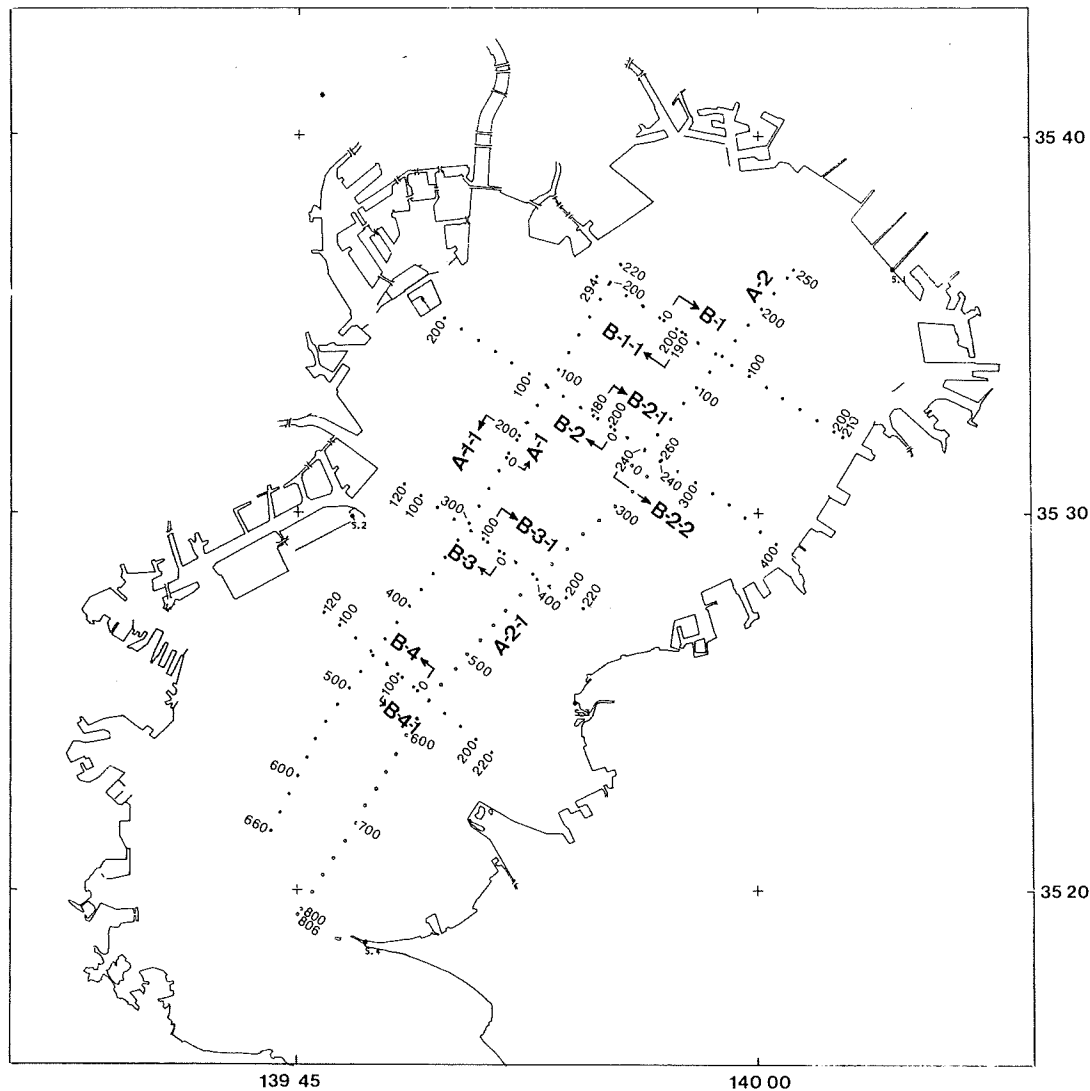


Figure 2 Shot point map.

(2) 海上作業の方法

海上作業は、1982年3月に実施した。使用した調査船、主要調査機器等は次のとおりである。海上作業の略図は第3図に示した。

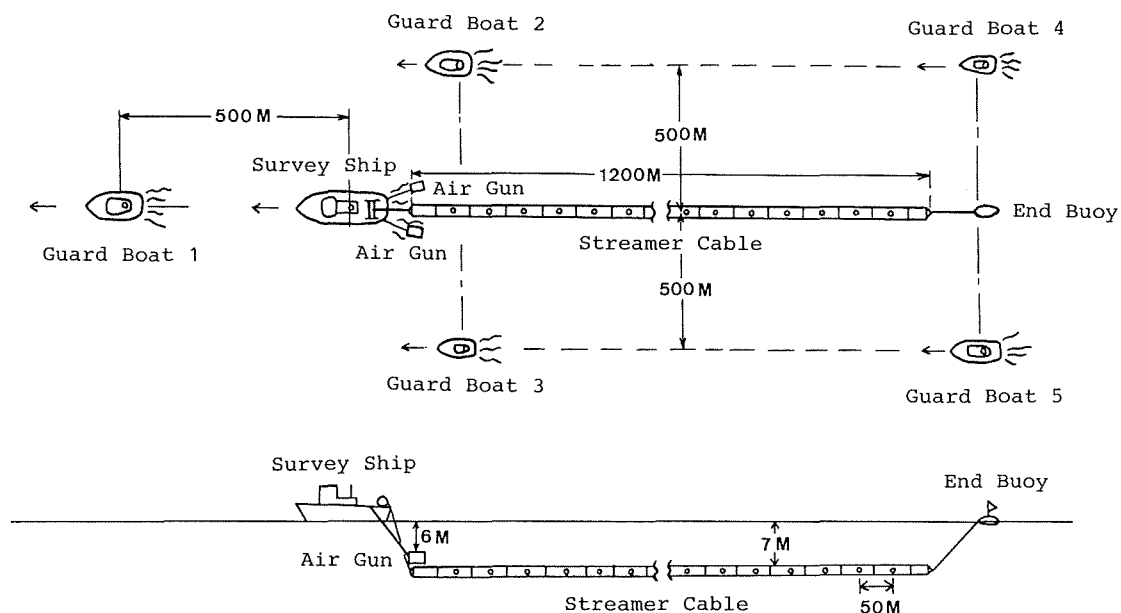


Figure 3 Sketch of the surveying method at sea.

調査船 第12海工丸 (東海サルベージ(株)所属, 297.5トン)

警戒船 えすこうとくいん (103トン) など合計5隻。この他に, 関係海上保安部から巡視艇1隻による警戒の協力があつた。

測位装置 サイレデス測位システム (中心周波数445.9845MHz)

測位陸上局 千葉, 川崎, 木更津及び富津の4局

測深機 PS-10E型精密音響測深機

音波探査装置

音源 エアガン (BOLT社1500B), 吐出容量500立方インチ(8.2l)×2基  
コンプレッサー (BOLT社APS-2F-250) 2式

受信部 ミニストリーマーカーケーブル (SEC社), 受信点数, 受信部の長さ1200m, 受信点間隔50m

探鉱機 デジタル地震探鉱機DES-IV型

音波探査の測定諸元は次のとおりである。

発音点深度 海面下6m, 発音点間隔 50m

受信点深度 海面下7m, 受信点間隔 50m

サンプル間隔 2ミリ秒, 測定記録時間長 5秒

信号収録方式 磁気テープ(1600BPI)にデジタル収録

### (3) 資料処理の方法

海上作業で得られた音波探査データは, IBM3033-U08のCPUを中心とする電子計算機及び処理ソフトウェアパッケージ (SEISV8-SUPER8) により処理し, 音波探査記録断面図を作成した。処理手順は, 第4図に示すフローチャートに従って行い, 各測線毎に12重断面図, タイムマイグレーション断面図, 深度変換断面図を作成した。処理にあたって設定された基本仕様は次のとおりである。

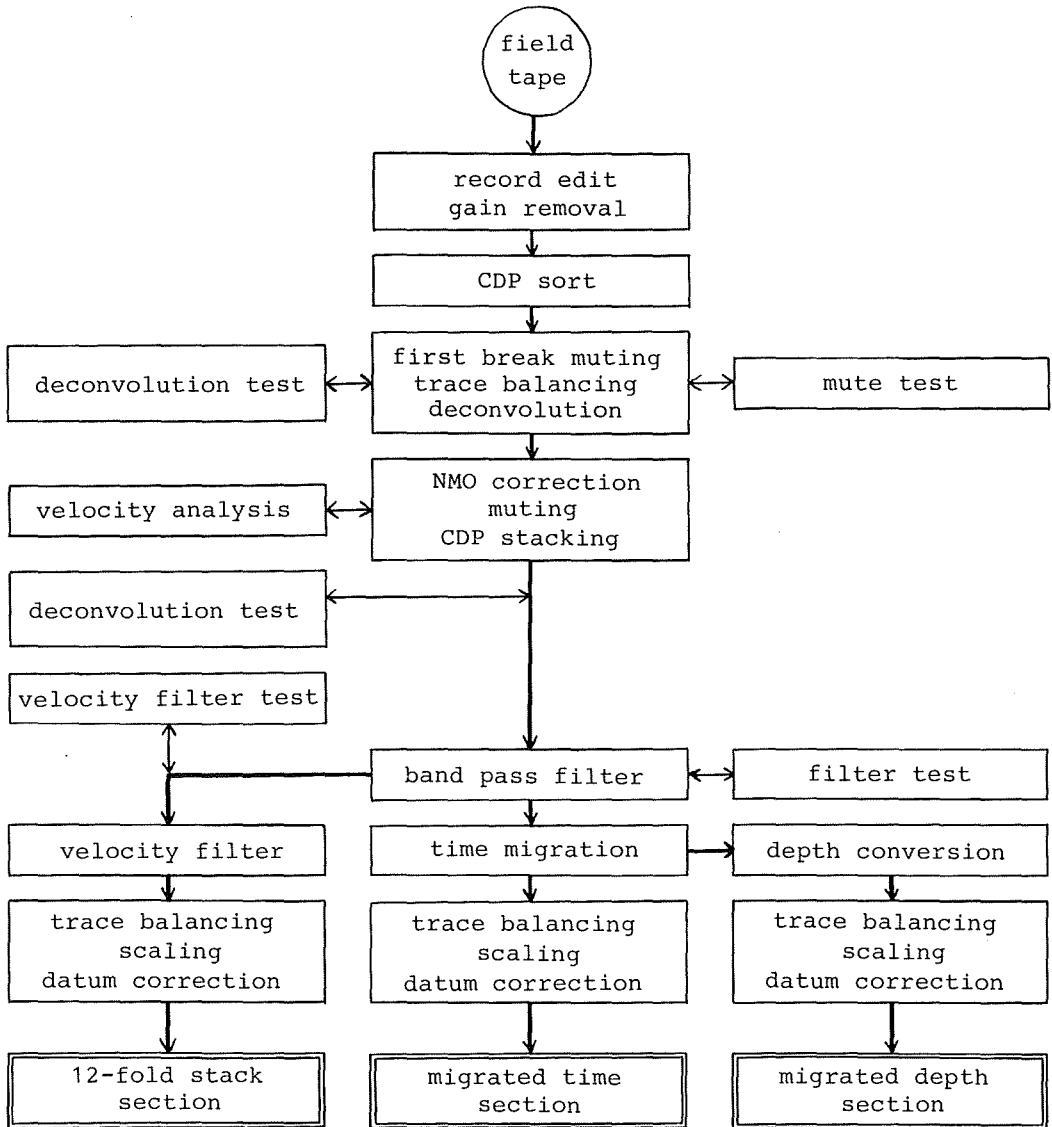


Figure 4 Flow chart of the seismic data processing.

処理方法 共通反射点水平方向重合方式 (24チャンネル-12重合)

サンプル間隔 4 ミリ秒, 処理記録時間長 5 秒, 共通反射点間隔 25m

速度解析間隔 1 km, 速度解析法 定速度走査法 (CVSCAN 法)

深度変換適用音波伝播速度 第1表に示す速度 (全測線に適用)

NO.	TIME (MS)	RMS VELOCITY (M/S)	INTERVAL V. (M/S)	THICKNESS (M)	DEPTH (M)
1	100.	1500.	1500.	75.0	75.0
2	250.	1500.	1500.	112.5	187.5
3	550.	1584.	1651.	247.6	435.1
4	850.	1671.	1820.	273.0	708.1
5	1150.	1763.	2001.	300.1	1008.2
6	1450.	1862.	2201.	330.1	1338.3
7	1750.	1964.	2397.	359.5	1697.8
8	2050.	2061.	2554.	383.2	2080.9
9	2350.	2177.	2846.	426.9	2507.8
10	2650.	2316.	3202.	480.4	2988.2
11	2950.	2477.	3599.	539.8	3528.0
12	3250.	2654.	3997.	599.5	4127.5
13	3550.	2891.	4753.	713.0	4840.5
14	4350.	3379.	5000.	1999.8	6840.3
15	5000.	3631.	5001.	1625.2	8465.5

\*\*\* RMS VELOCITY(Q) AND INTERVAL VELOCITY(I) VERSUS TIME \*\*\*

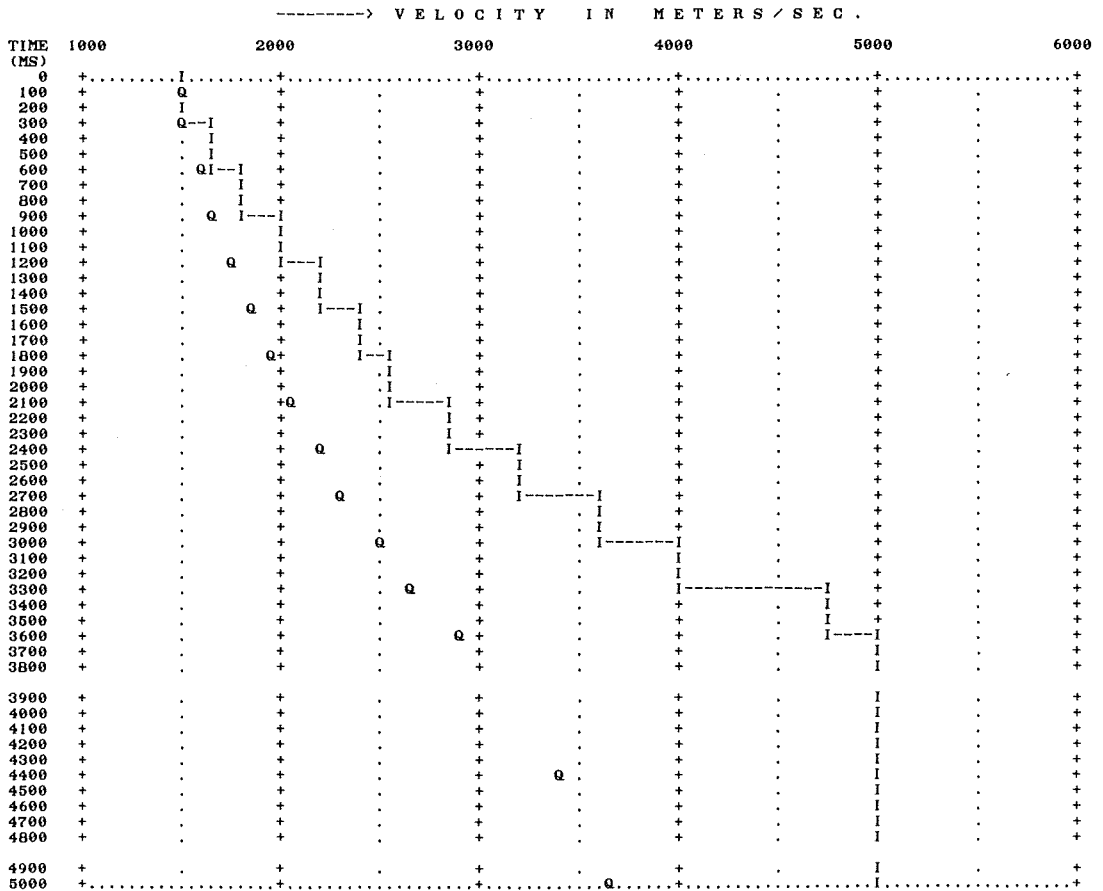


Table 1 Velocity used for depth conversion.



#### 4. 調査の結果

この調査により作成された12重合断面図、タイムマイグレーション断面図及び深度変換断面図は、それぞれ第5-1～7図、第6-1～7図及び第7-1～7図に示した。これらの図は複数測線を接合して見易くしてある。ただし、A-2測線は、接合部が1 km ずれているので別々の図とした。深度変換断面図の深度(縦軸)と距離(横軸)の比は4 : 1としてある。

3種類の断面図は次のような特徴を持っている。12重合断面図は、3種類のなかでは最も手の加えられていないものであり、シングルチャンネルのアナログ音波探査記録に近いものである。タイムマイグレーション断面図は、音波の伝播特性から生ずる双曲線散乱記録等を消去したもので、凹凸の激しい記録や断層の検出などに効果大きい。ただし、マイグレーション処理の際、U字状の雑音が生ずるので注意を要する。深度変換断面図は、タイムマイグレーション断面図をもとに、速度解析により得られた地層内の音波伝播速度によって、縦軸を音波の往復時間から深度(メートル表示)に変換したものであり、通常処理過程では最終的な断面図である。東京湾の記録では、地層内の音波伝播速度が水平方向にあまり変化していなかったため、深度変換には第1表に示す速度をすべての測線に適用している。深度変換断面図は、反射面の深さ、地層の厚さ、断層の変位量等が直接メートル表示で読みとれる利点がある。

##### (1) 顕著な反射面の追跡

3種類の断面図には、海底下約3 km までの地質構造が極めて明瞭に描き出されている。これらの断面図上で、特徴ある反射面を各測線にわたって追跡し、地層区分を試みた。その結果を深度変換断面図上に描き、第8～13図に示した。第8～13図では深度変換断面図(第7-1～7図)のうち地層の反射記録のあらわれている深さ4 km までとし、A-2測線については1図に接合した。追跡した反射面はV～Zの5層準であり、これによって地層は6層に区分した。

追跡した5層準の音響的特徴は次のとおりである。

##### [V層準]

最上位水平層の基底で、B-3測線以北では水平に連続のよい反射面群の下底の層準である。V層準の特徴が最もよくあらわれているのはB-1測線である。B-3測線以南ではW層準と一致するが、ここでは顕著な不整合面となっている。不整合関係がよくあらわれている地点は、A-2測線のB-3測線との交点付近やB-3測線である。

##### [W層準]

音響的層理の傾斜の大きい上位層(TB層)と、これより緩くほぼ平行する連続の極めてよい音響的層理をもつ下位層の境界として特徴づけられる層準で、B-1測線やA-2測線のB-1測線との交点付近によくあらわれている。B-3測線以南はV層準と一致する。

##### [X層準]

B-2測線の東半分をみると、上位に音響的層理の連続がよい地層(TC層)がおり、下位の層理の連続が悪く透明な地層(TD層)との境界があり、これをX層準とした。この上下の関係は、A-2測線のB-1測線との交点付近で顕著である。

##### [Y層準]

A-2測線のB-3測線との交点付近より南西側約2 kmの深さにある層準で、この層準の上下で音響的な層相に大きな違いが認められる。すなわち、これより上位の地層(TD層)は音響的層相の連続がよく、

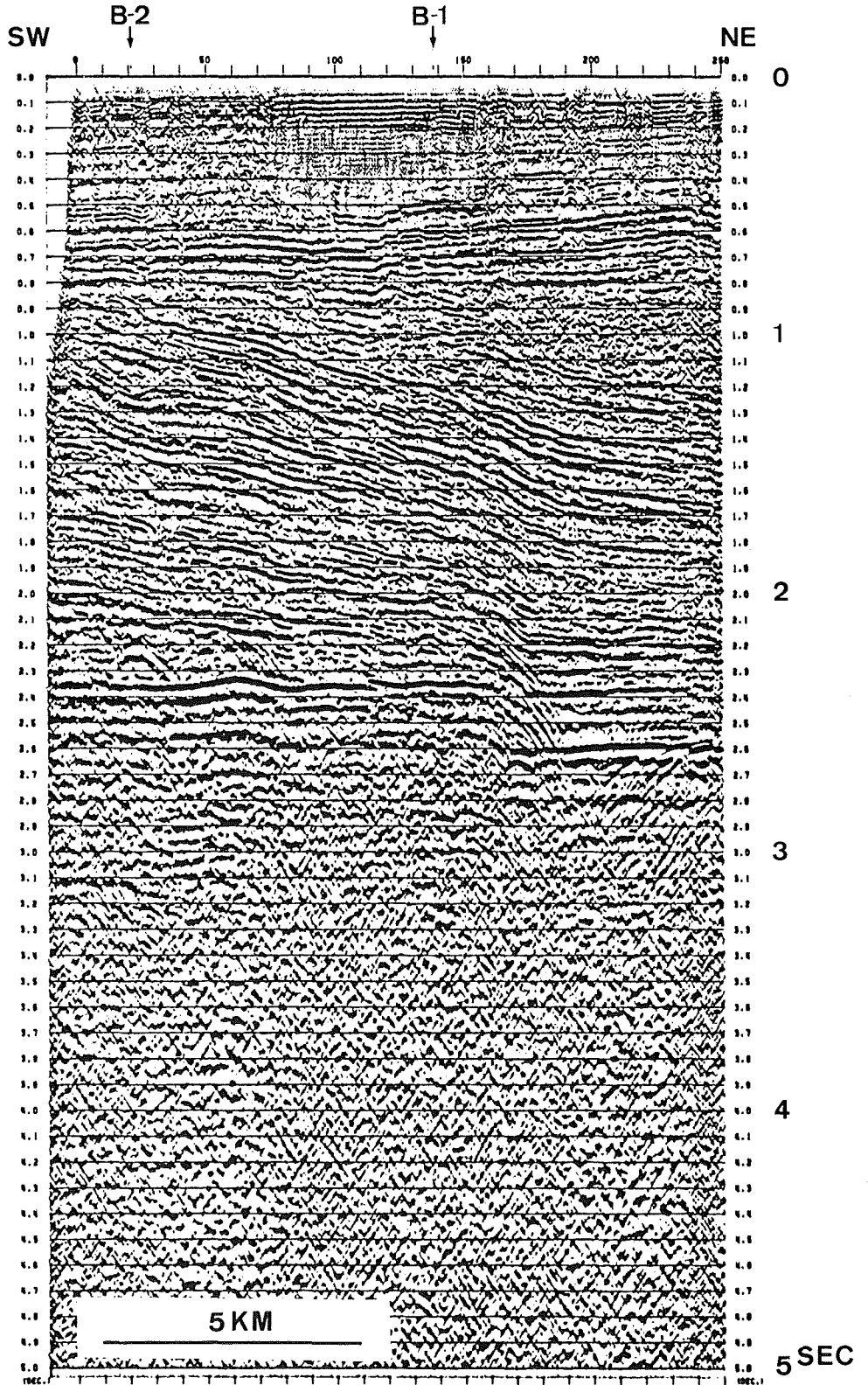


Figure 5-2 12-fold stack section of Line A-2.

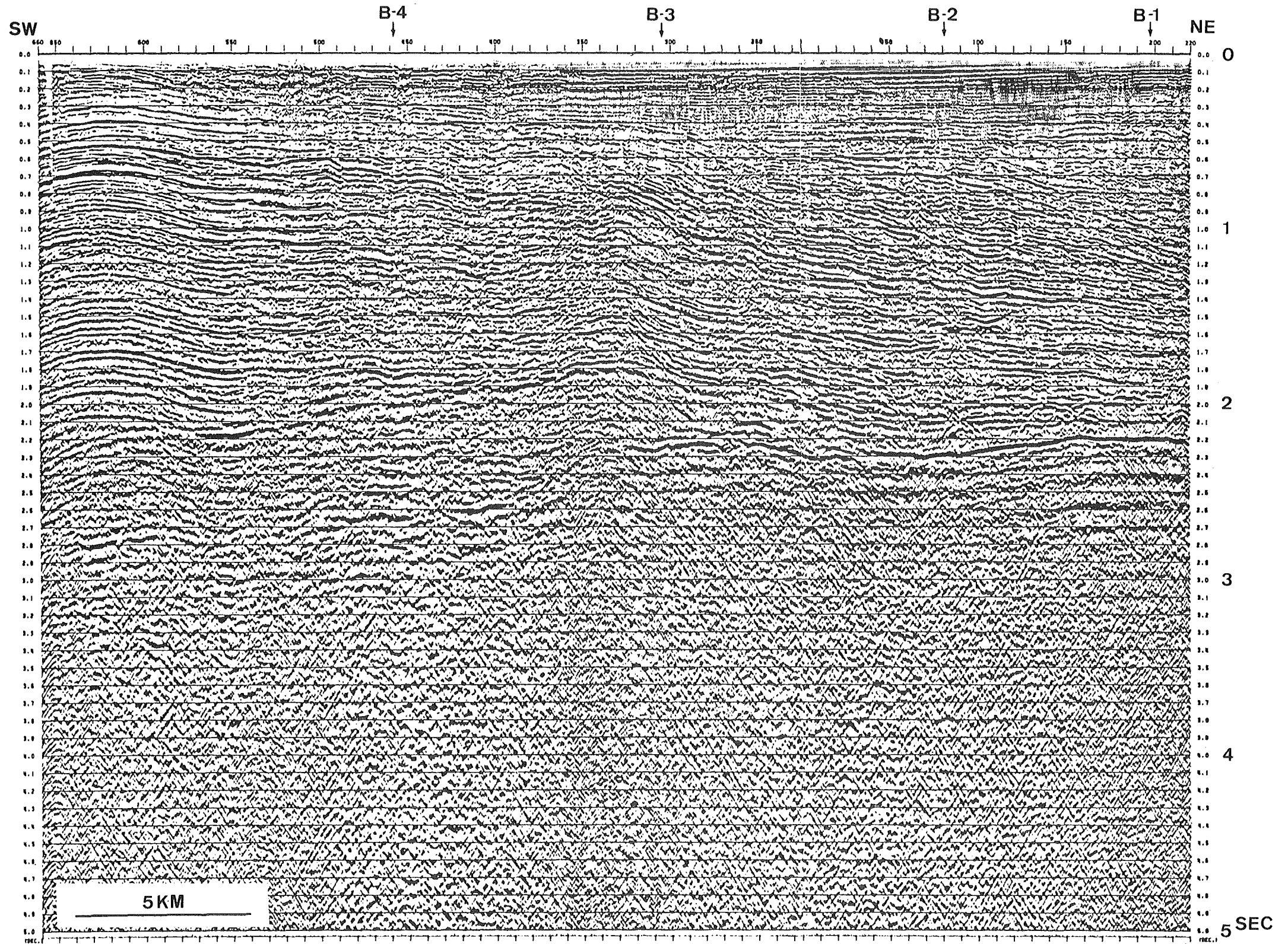


Figure 5-1 12-fold stack section of Line A-1.

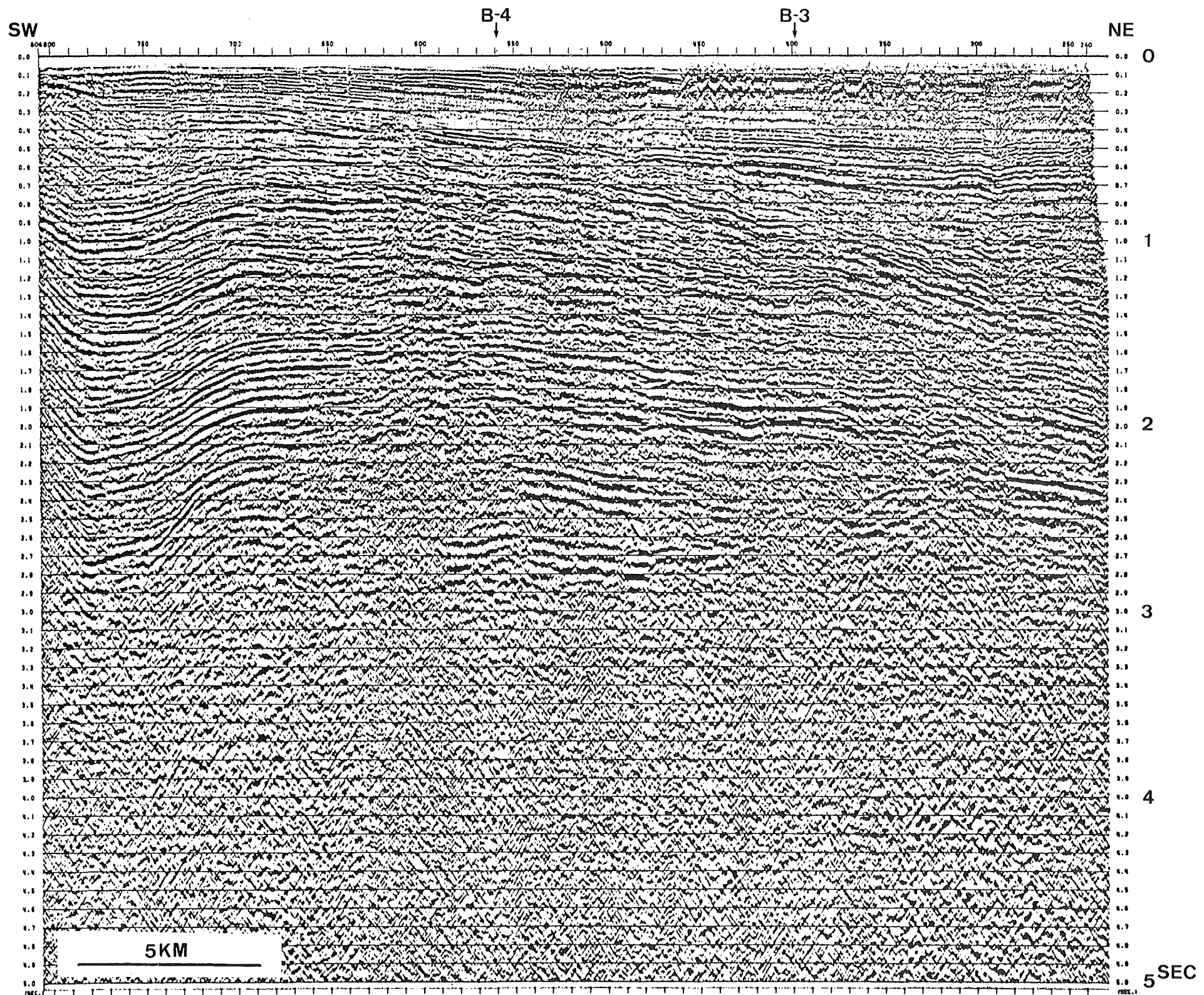


Figure 5-3 12-fold stack section of Line A-2-1

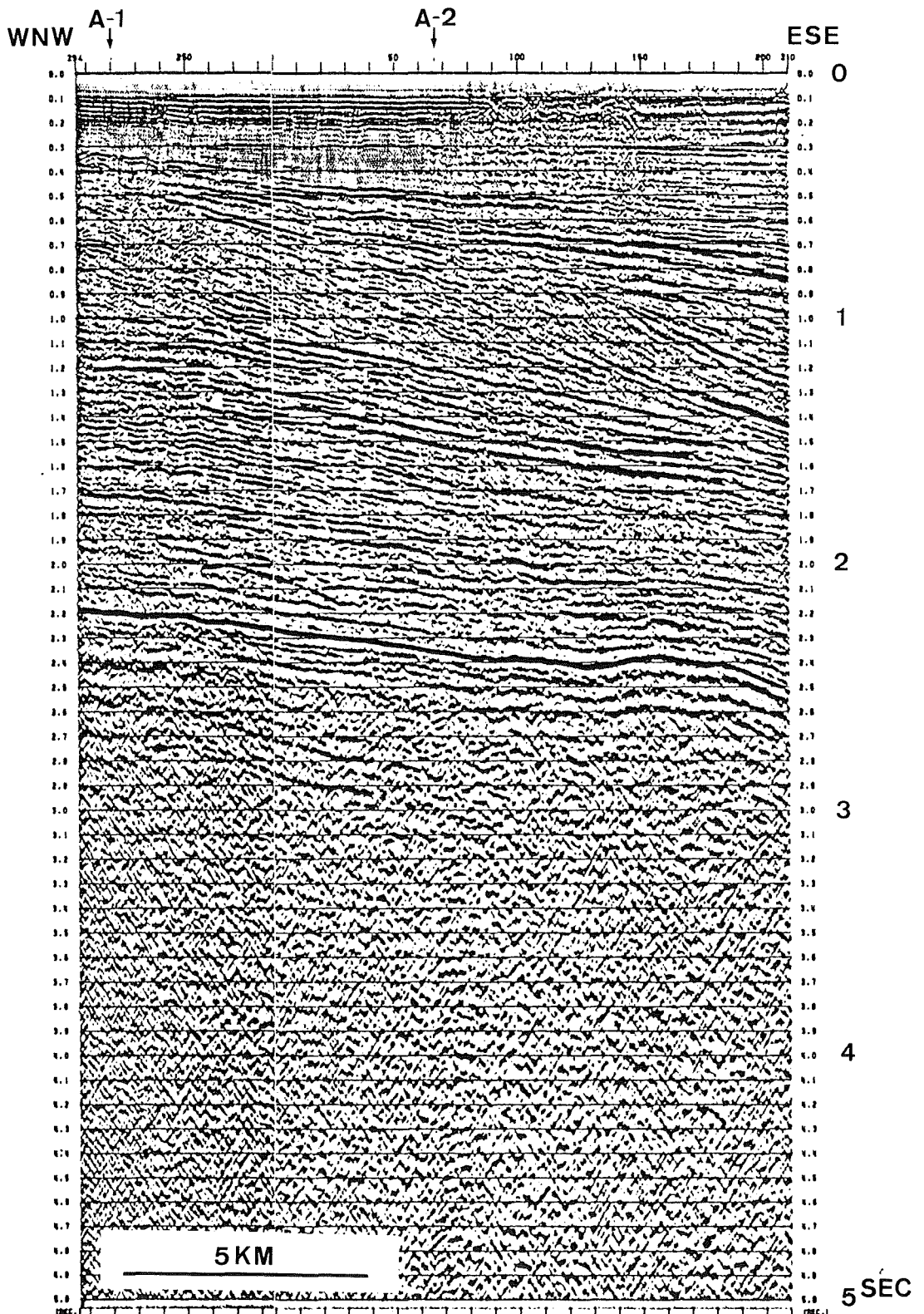


Figure 5-4 12-fold stack section of Line B-1.

SHIGERU KATO

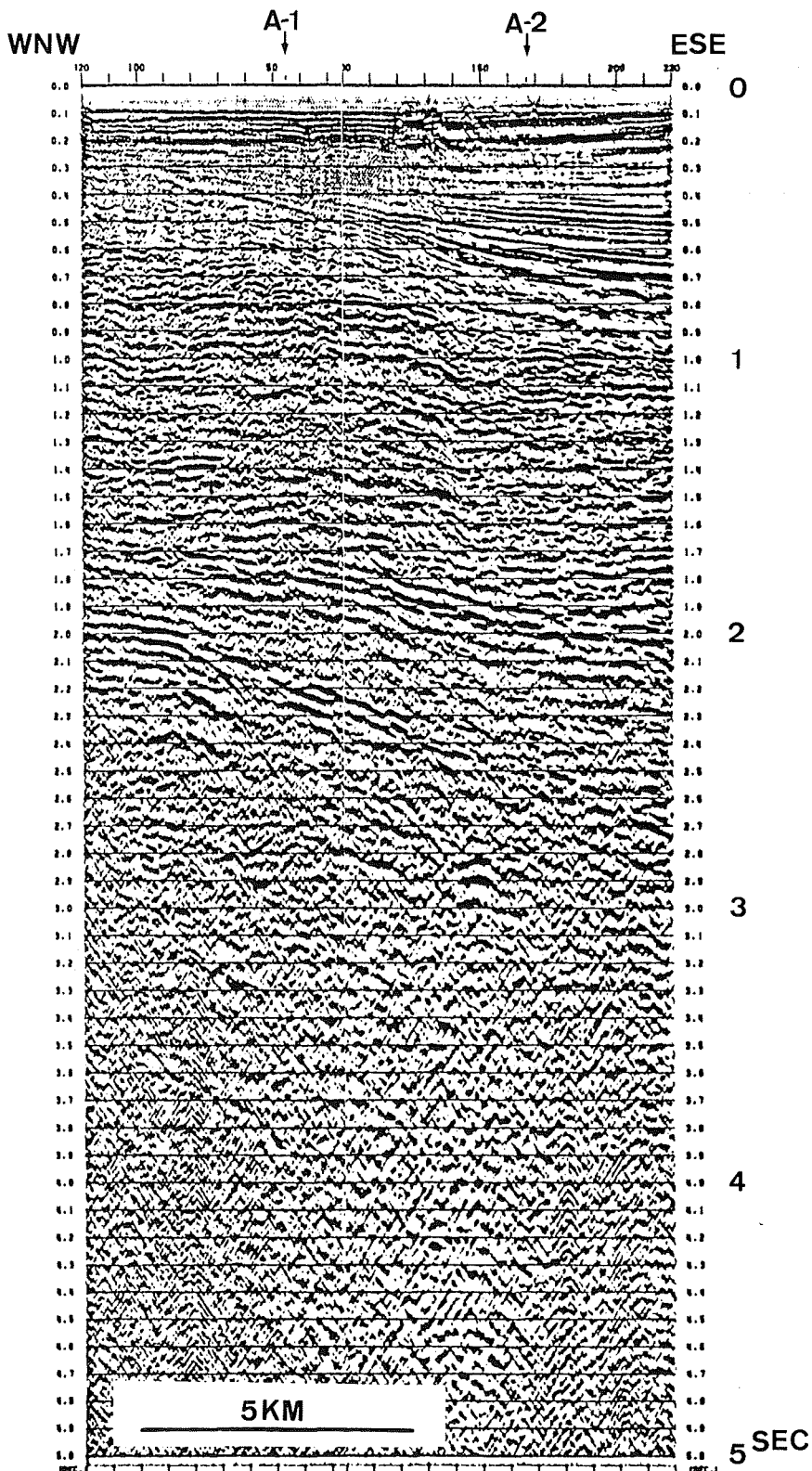


Figure 5-6 12-fold stack section of Line B-3.

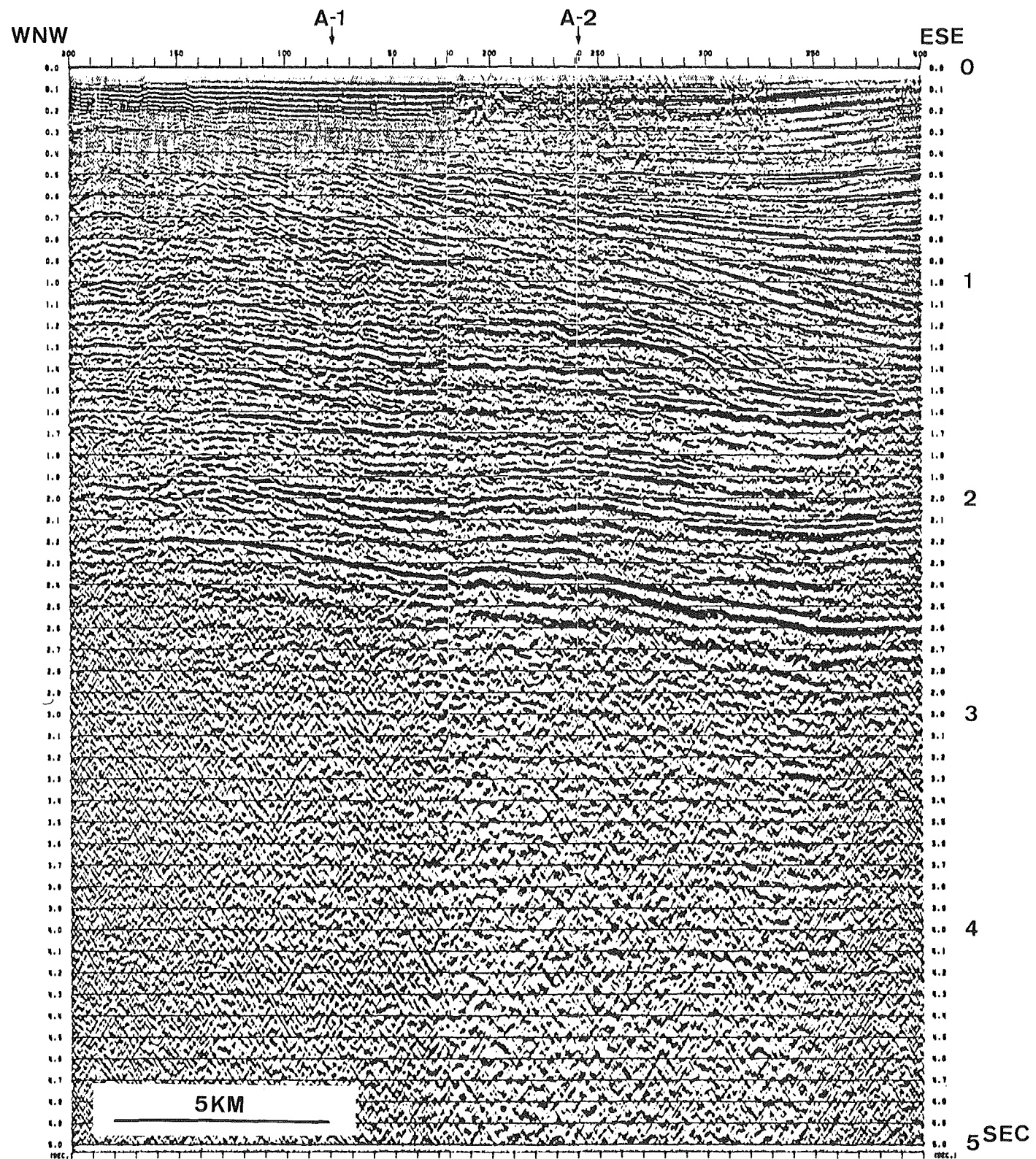


Figure 5-5 12-fold stack section of Line B-2.

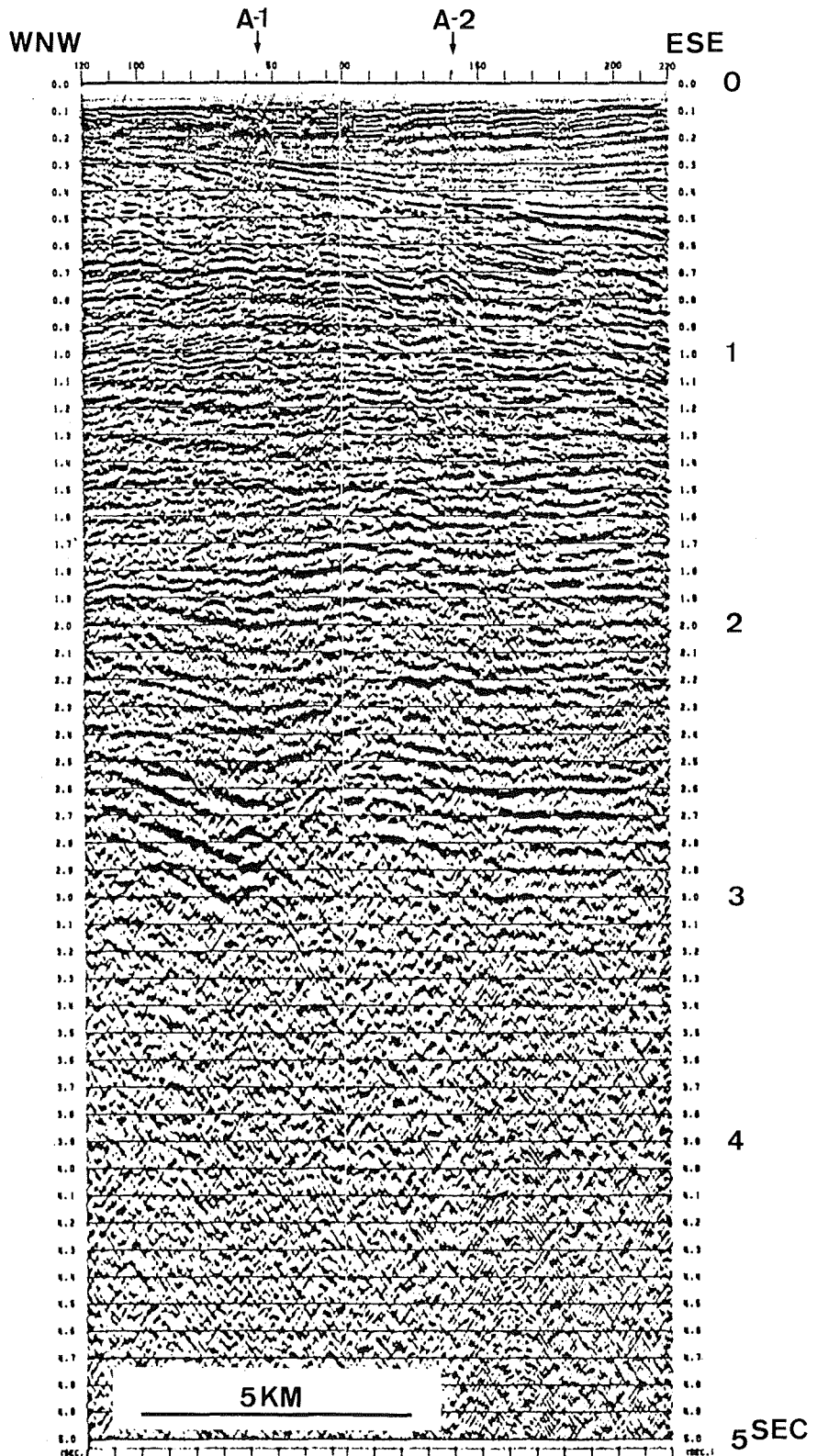


Figure 5-7 12-fold stack section of Line B-4.



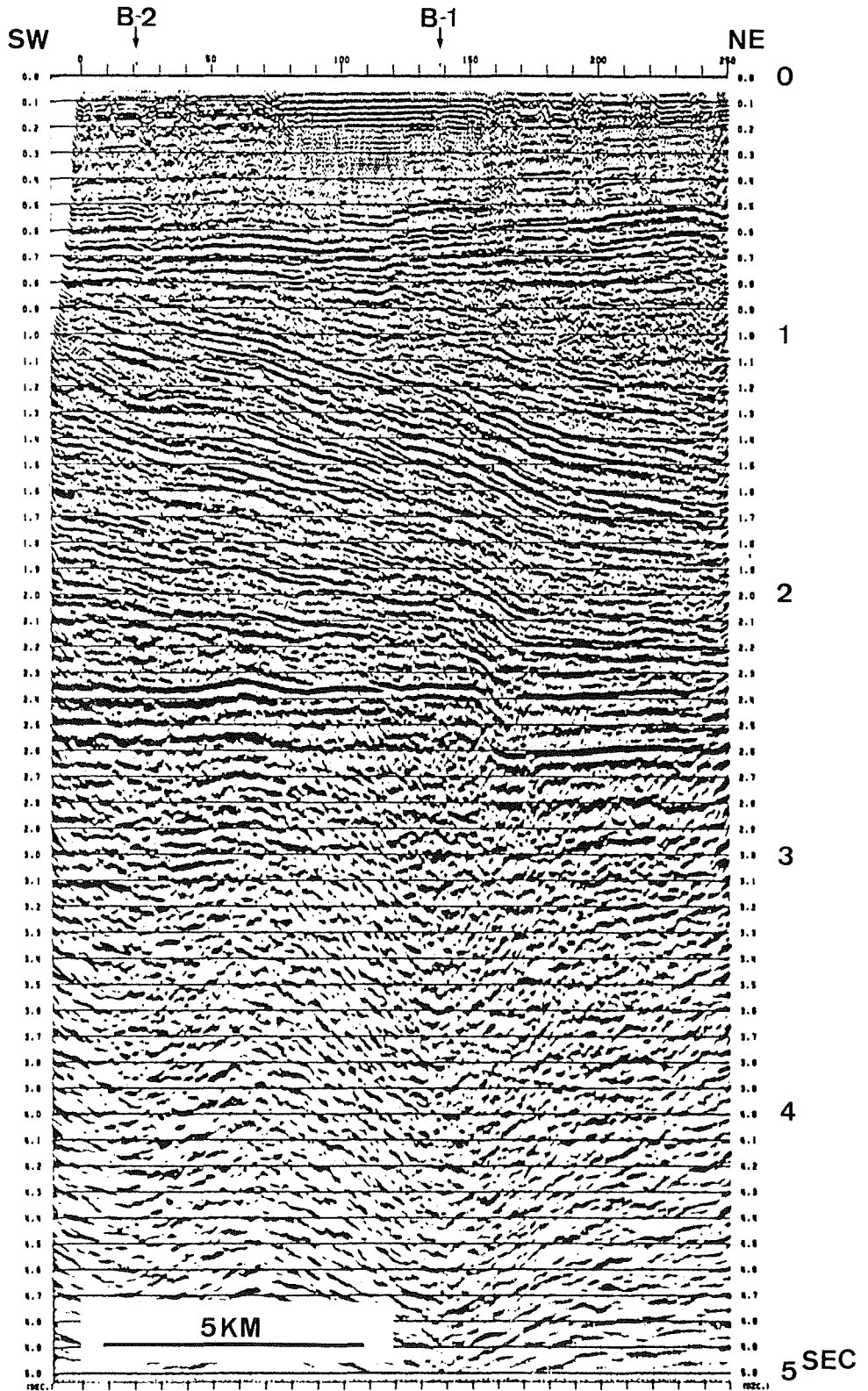


Figure 6-2 Migrated time section of Line A-2.

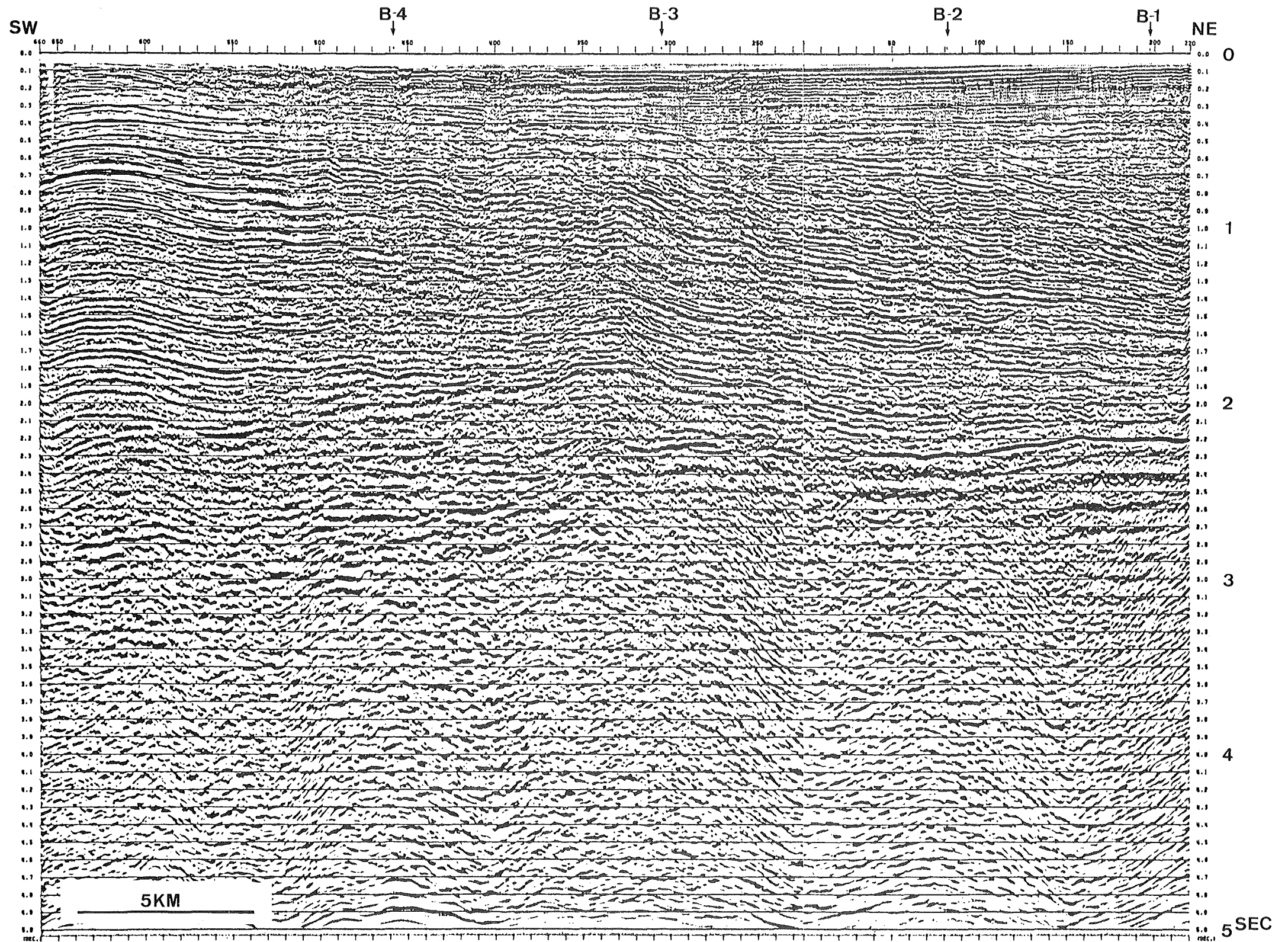


Figure 6-1 Migrated time section of Line A-1.

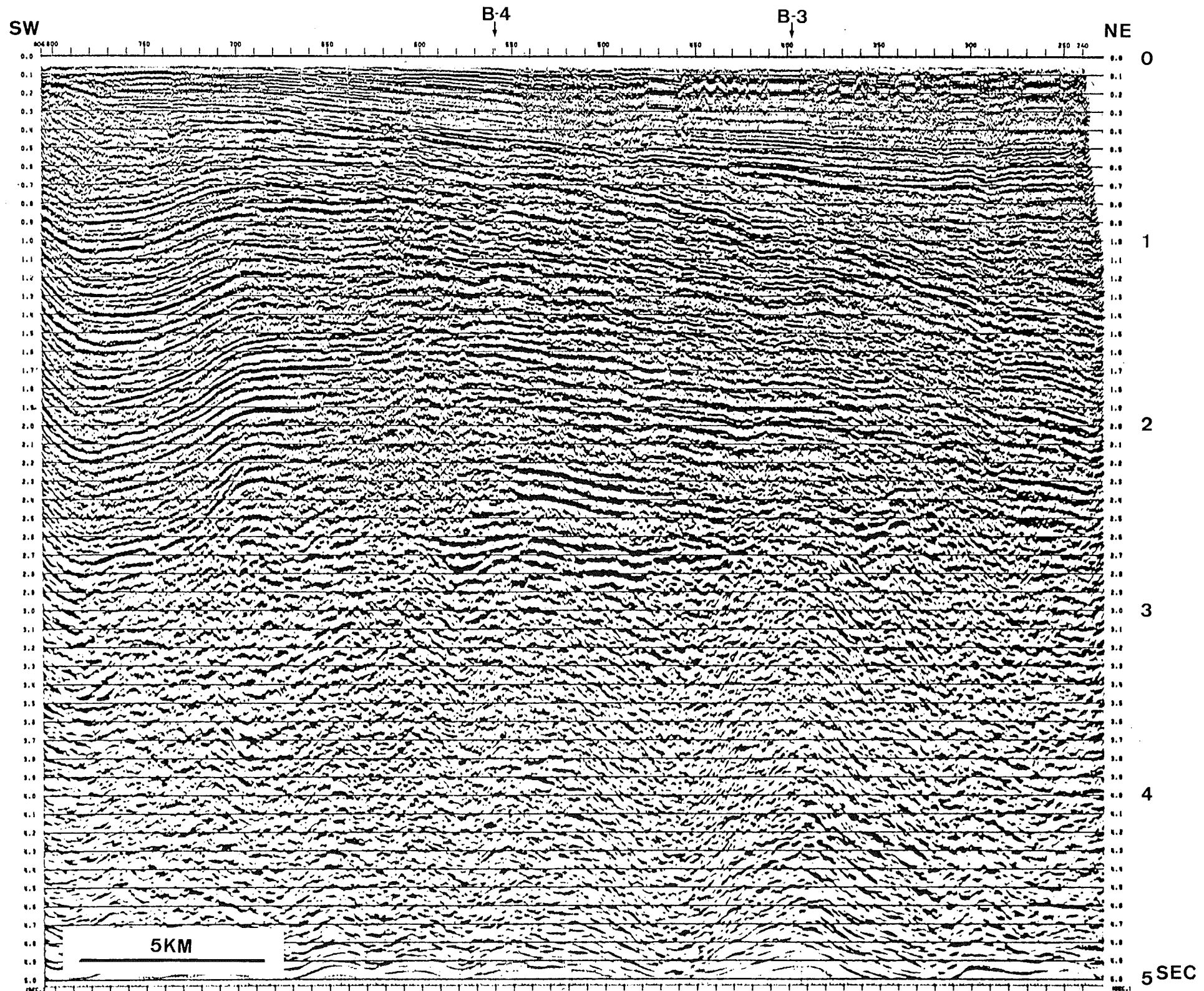


Figure6-3 Migrated time section of Line A-2-1

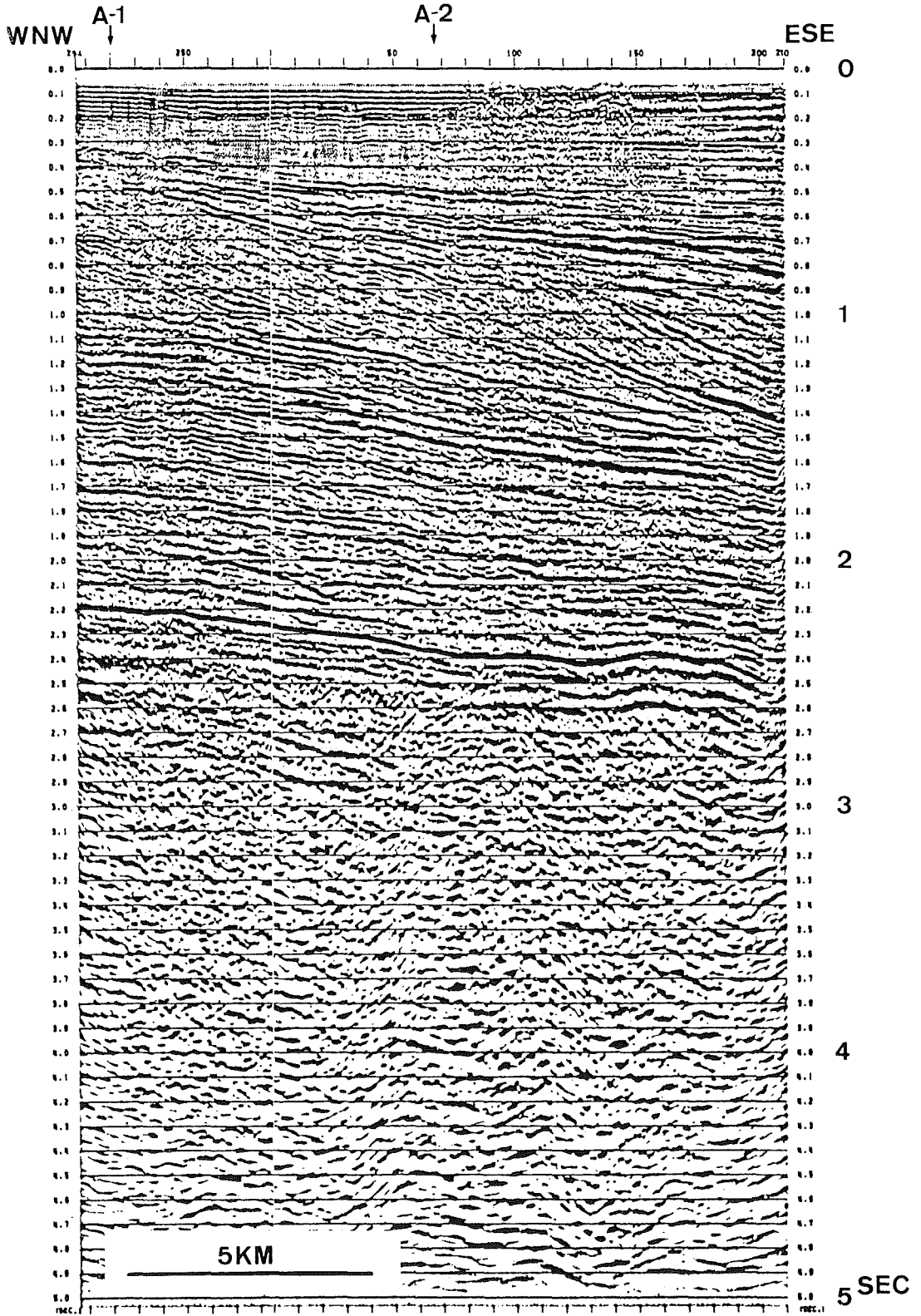


Figure 6-4 Migrated time section of Line B-1.

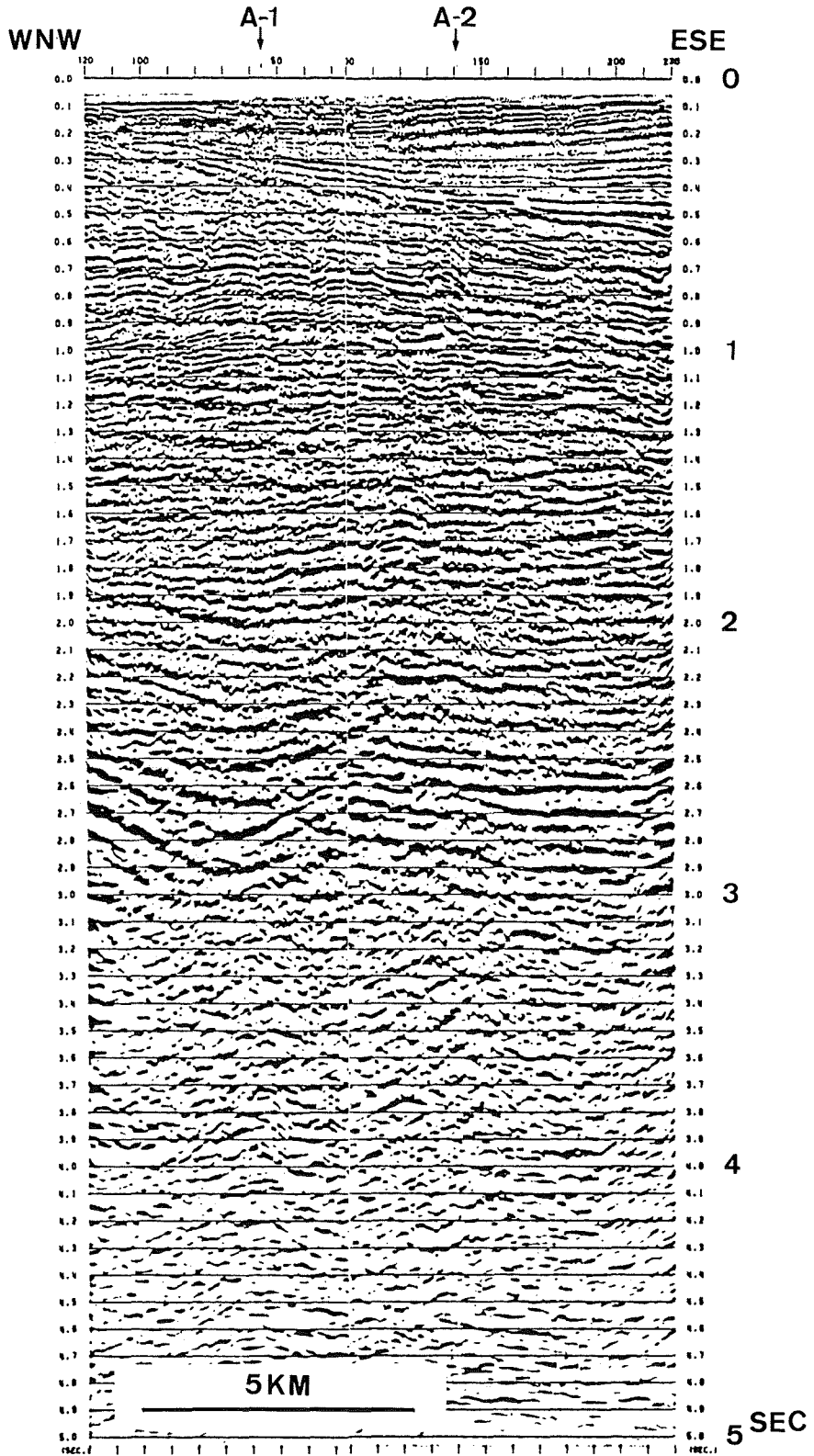


Figure 6-7 Migrated time section of Line B-4.

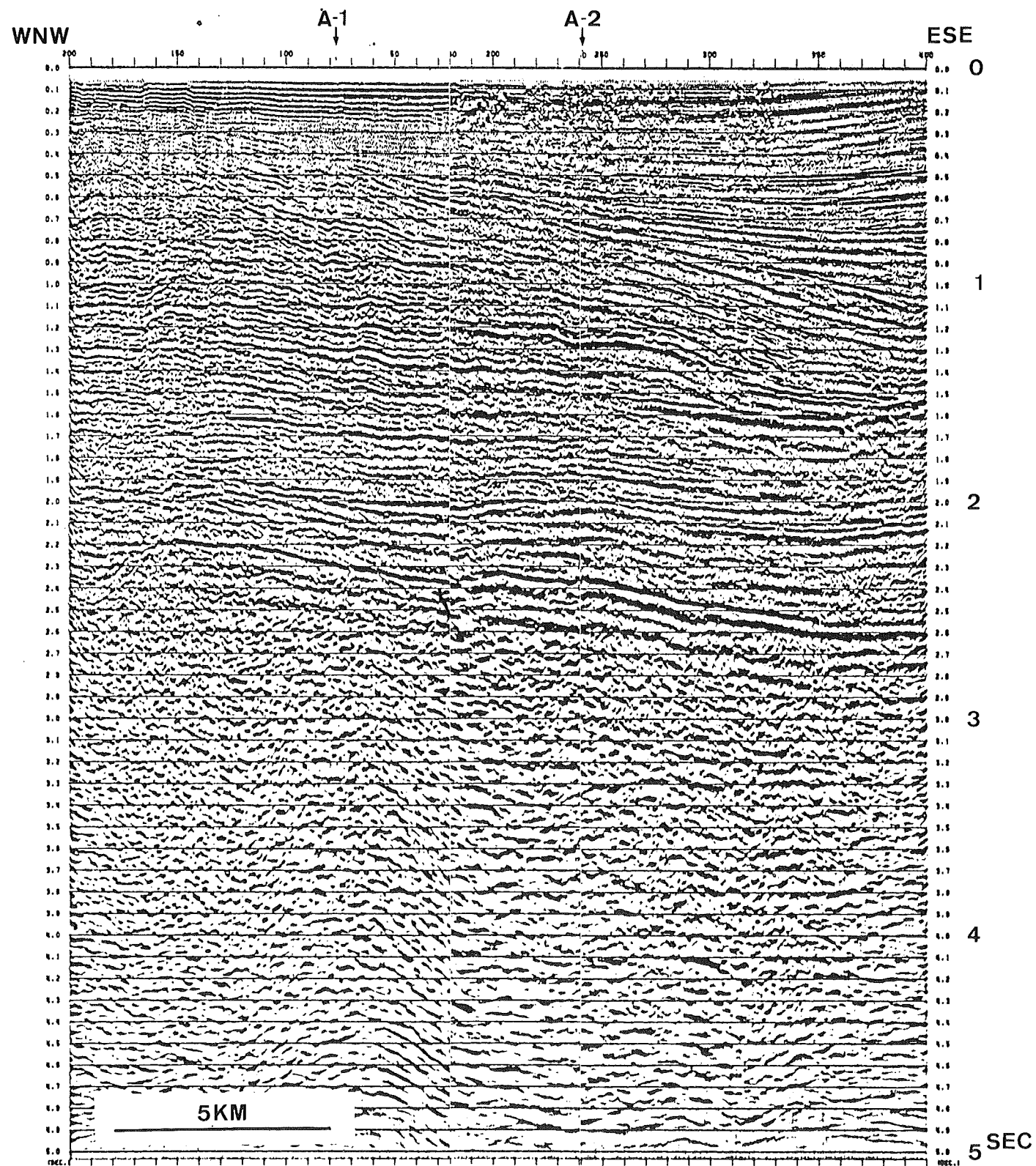


Figure 6-5 Migrated time section of Line B-2.

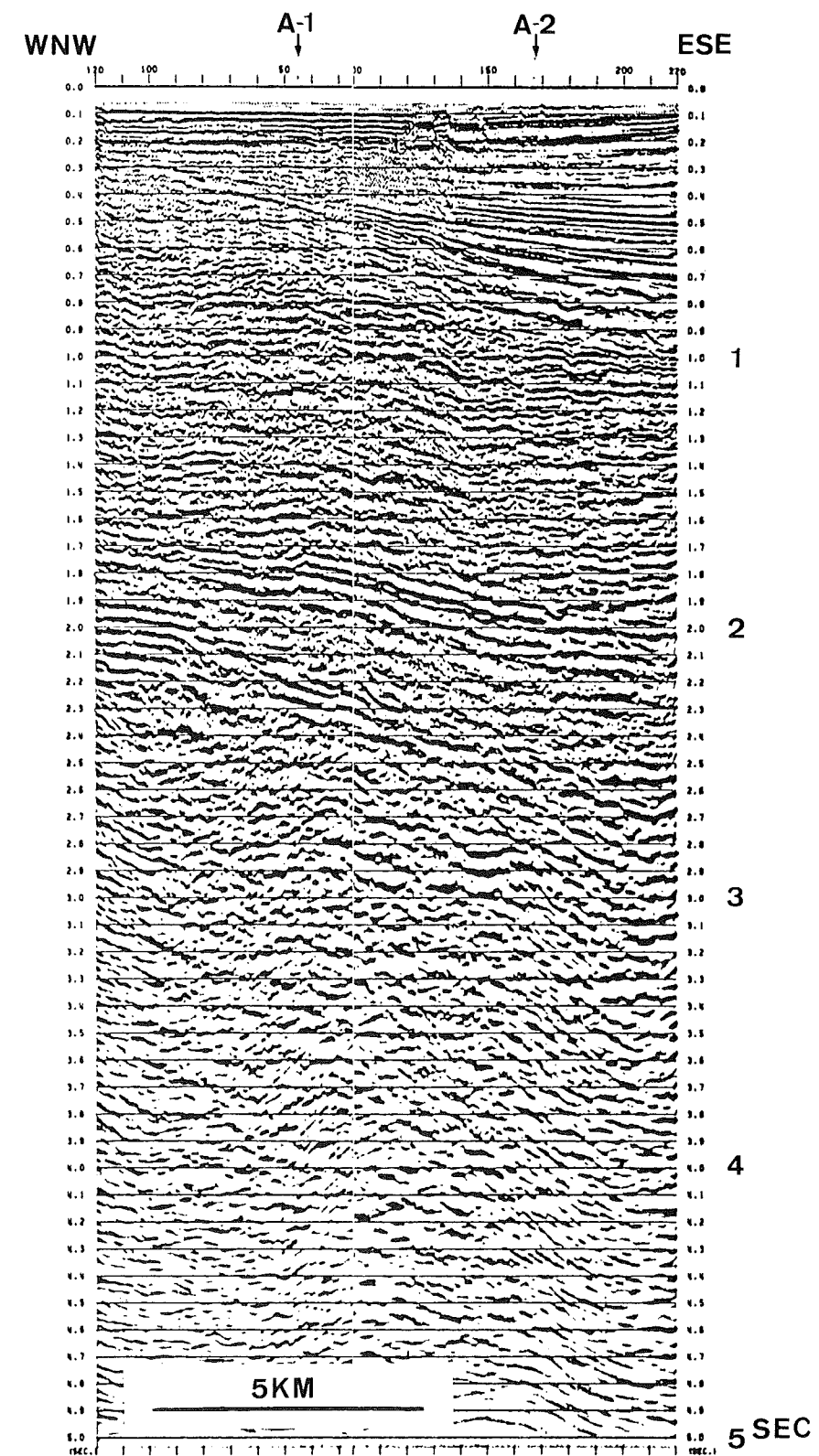


Figure 6-6 Migrated time section of Line B-3.

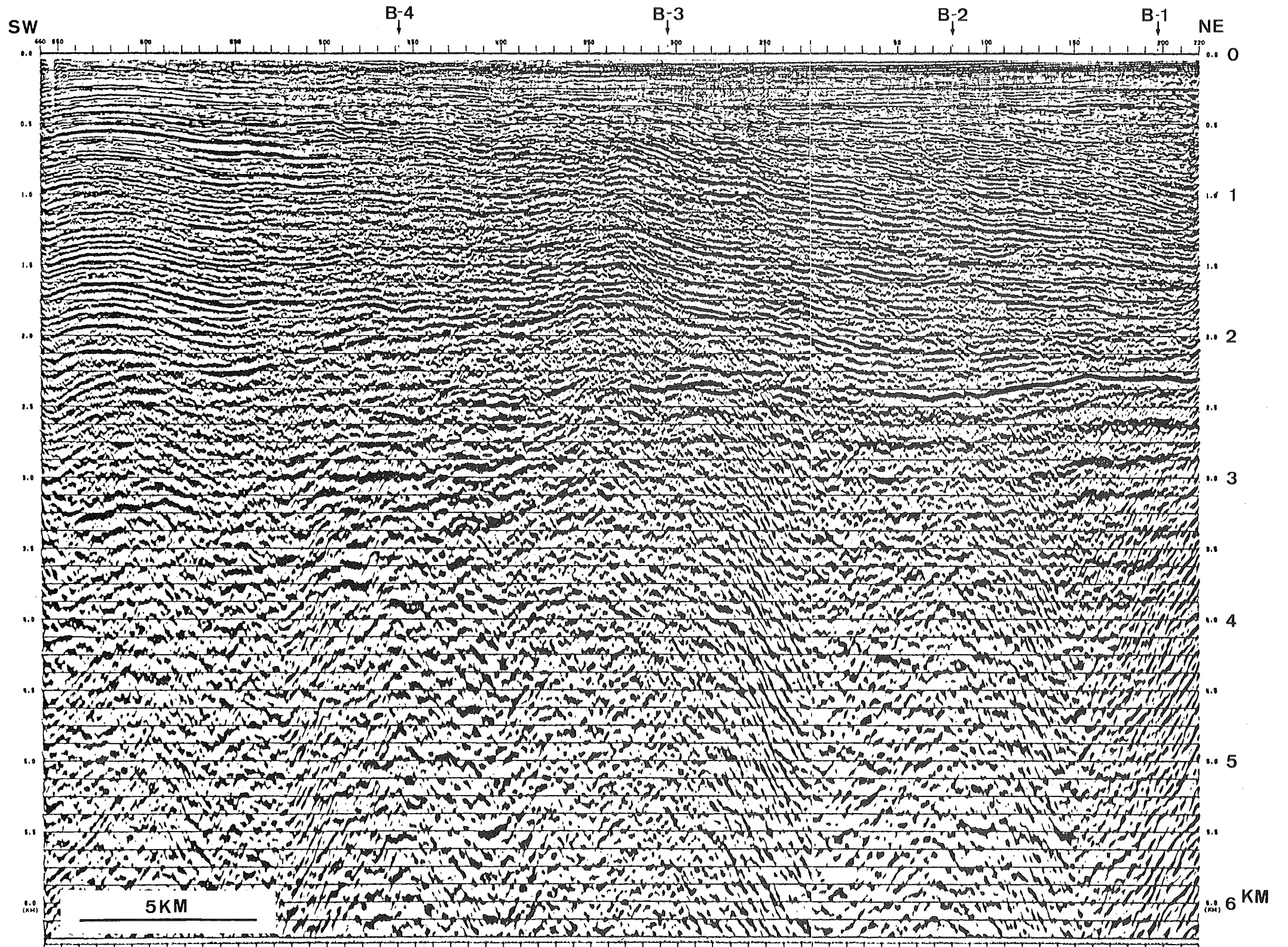


Figure 7-1 Migrated depth section of Line A-1.

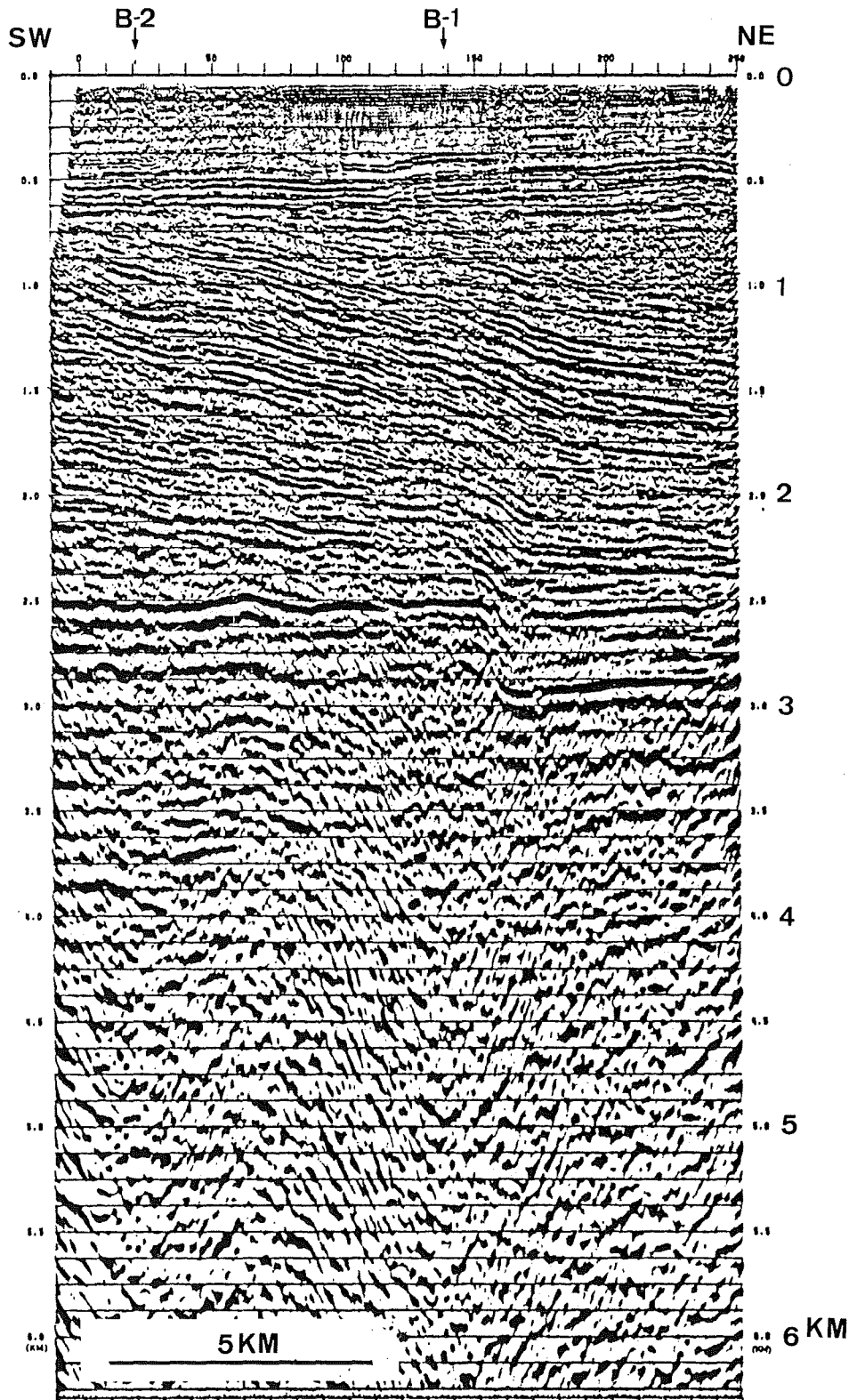


Figure 7-2 Migrated depth section of Line A-2.



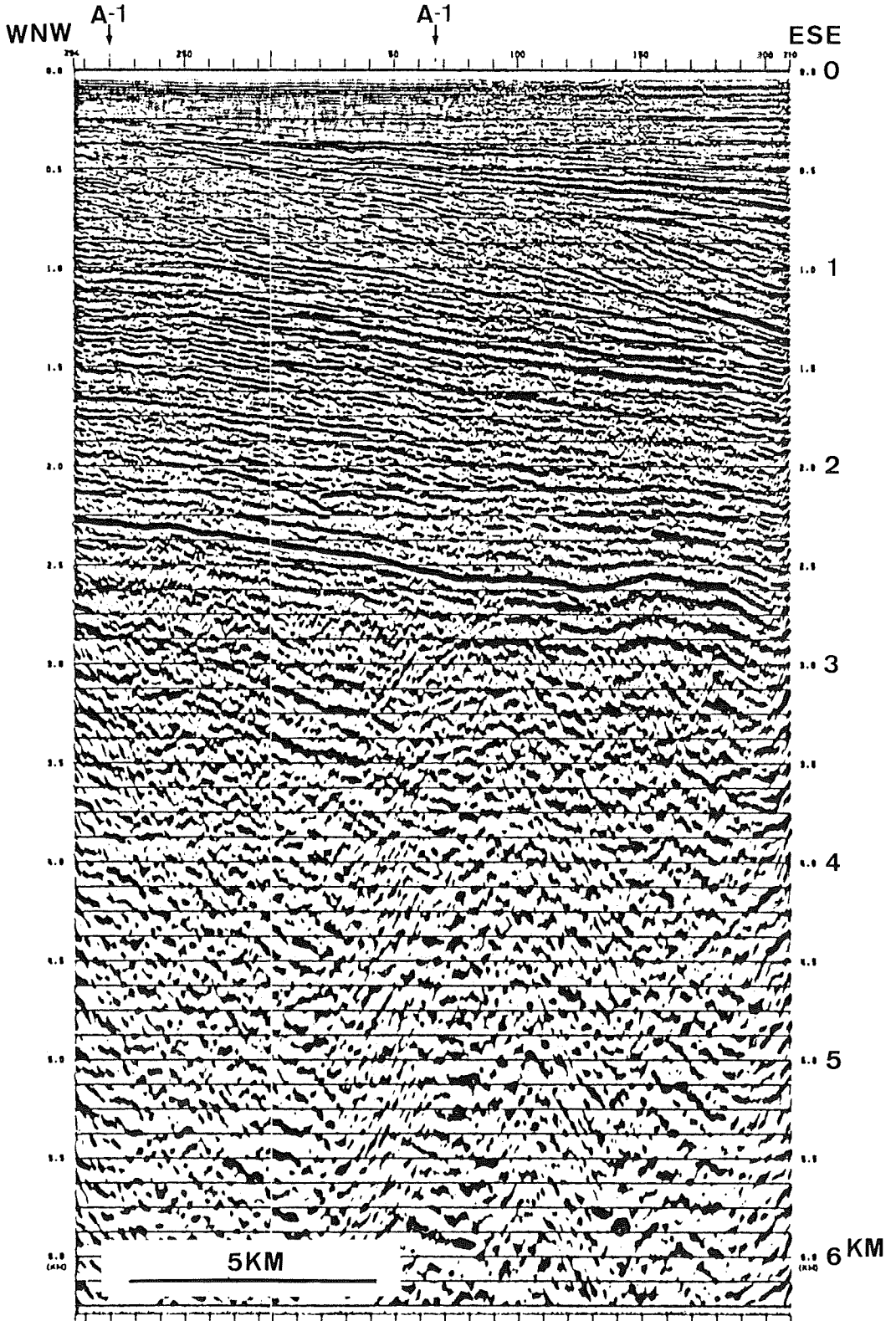


Figure 7-4 Migrated depth section of Line B-1.

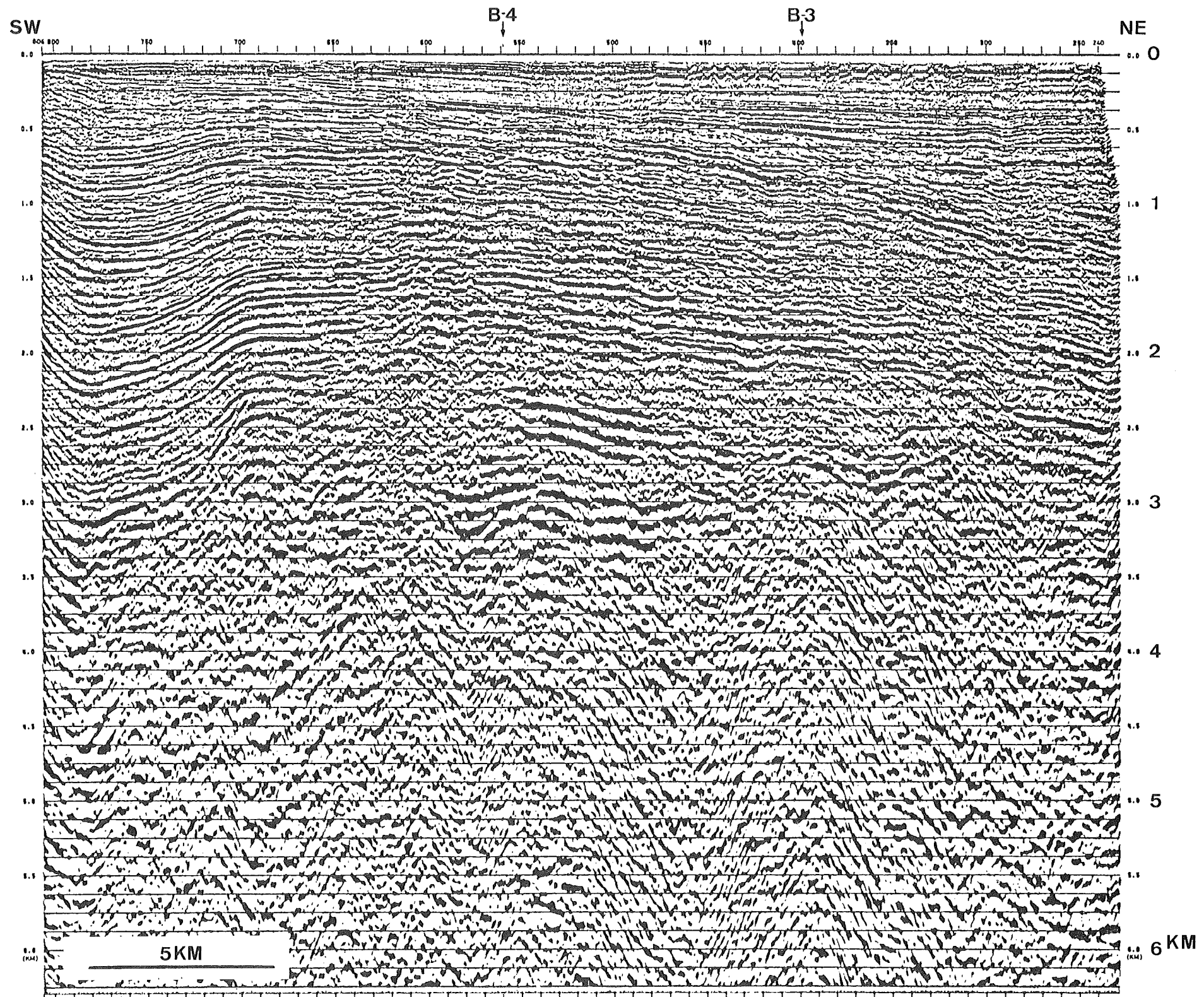


Figure 7-3 Migrated depth section of Line A-2-1

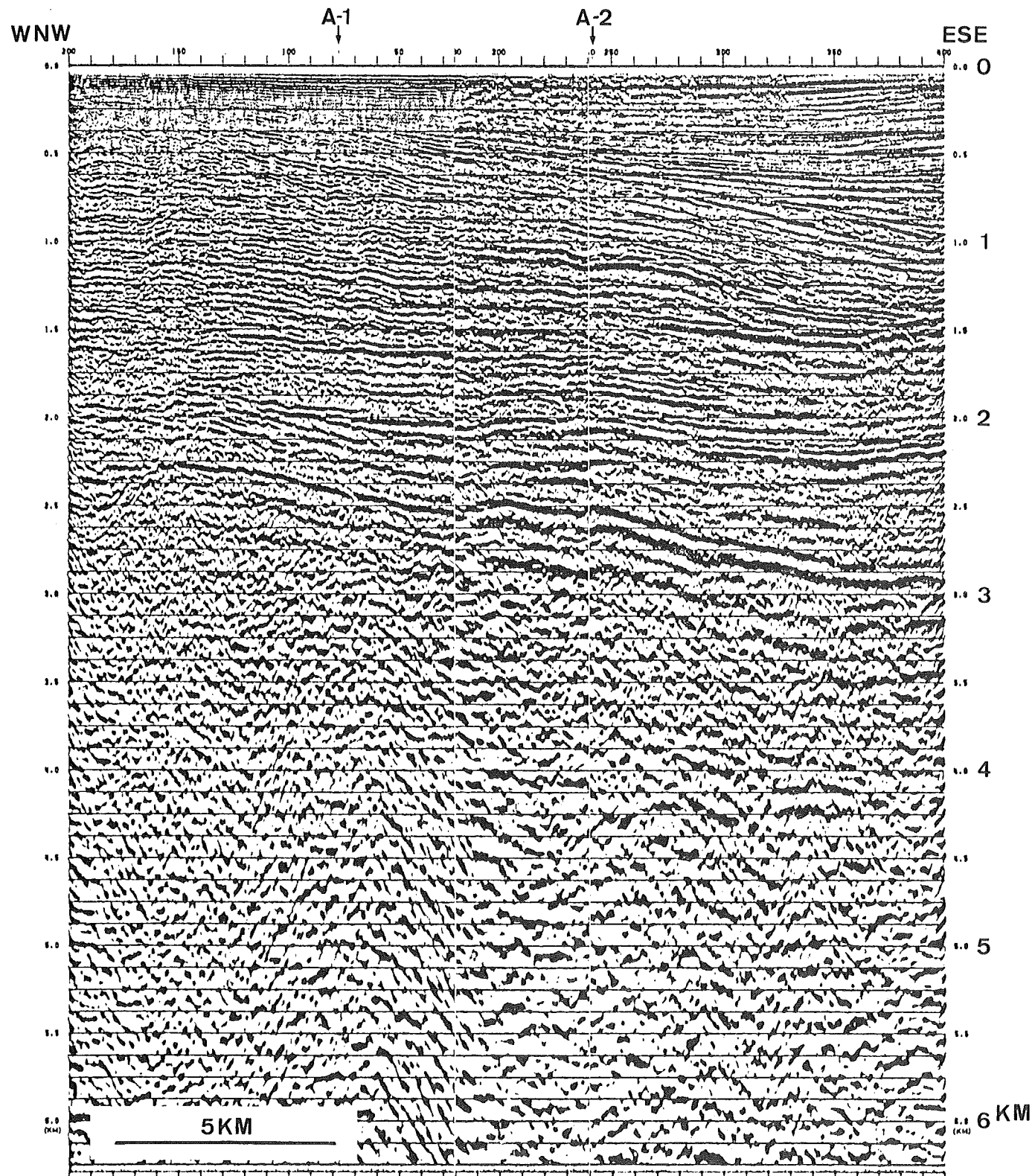


Figure 7-5 Migrated depth section of Line B-2.

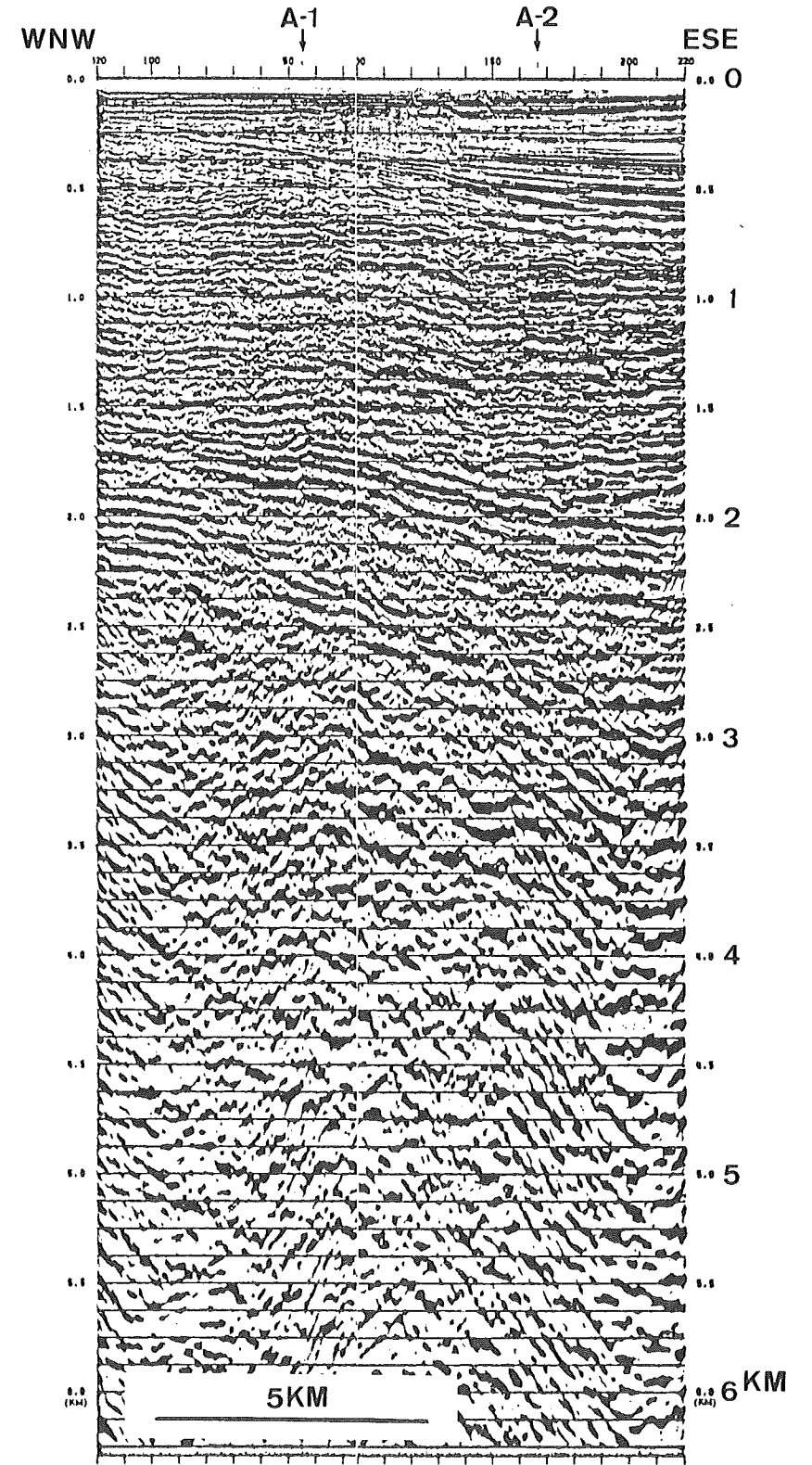


Figure 7-6 Migrated depth section of Line B-3.

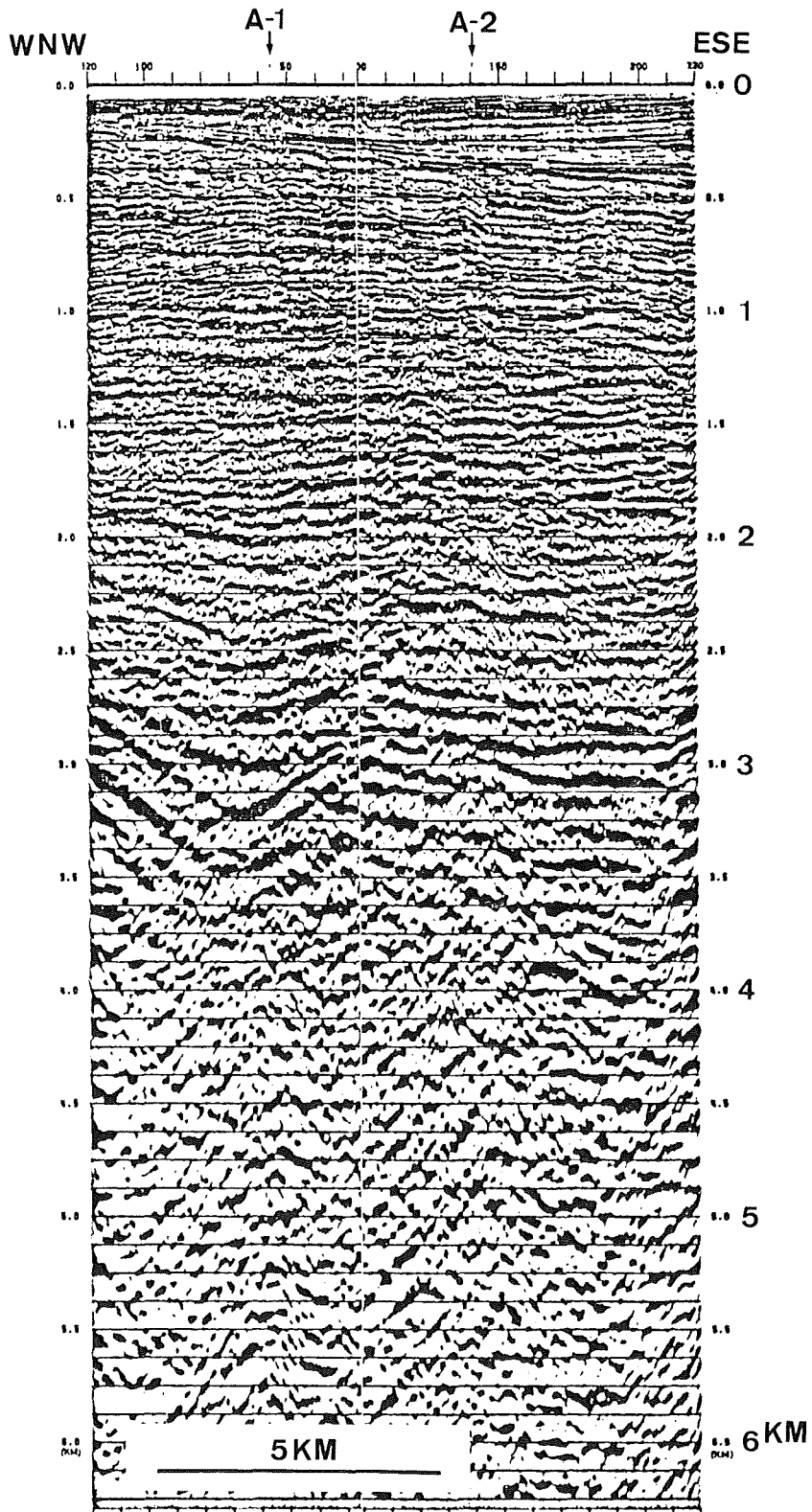


Figure 7-7 Migrated depth section of Line B-4

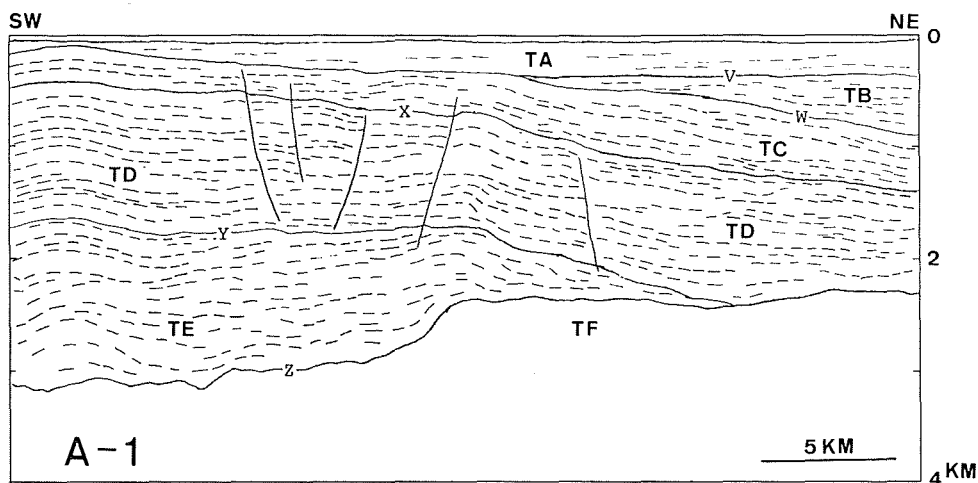


Figure 8 Line drawing of the migrated depth section of Line A-1.

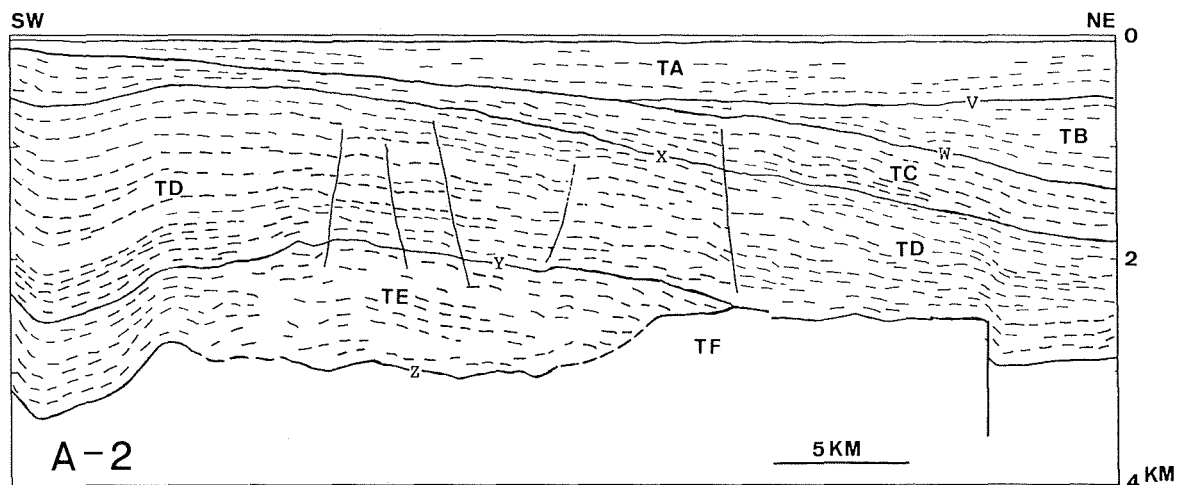


Figure 9 Line drawing of the migrated depth section of Line A-2.

これより下位の地層 (TE層) は、連続が悪く透明な地層である。Y層準を境にしたこの関係は、A-1測線の南西部や、B-3、B-4測線でも同様である。Y層準は、B-2測線以北ではZ層準と一致する。

〔Z層準〕

今回得られた断面図のなかで最も強い反射面であり、B-2測線以北ではとりわけ顕著である。Z層準より上位の堆積層と、これより下位の地層との音響インピーダンスのコントラストが非常に大きいことがわかる。この層準は湾奥部で連続がよいが、B-2測線以南では南にいくに従い連続が悪くなる。この層準より下位には、地層の反射面らしいものはなくなる。この層準の直下にこれと平行してあらわれている記録は、音源波形の後位相等による偽記録と考えられる。

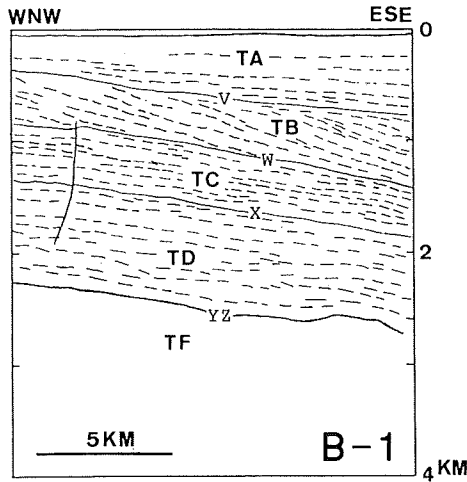


Figure 10 Line drawing of the migrated depth section of Line B-1.

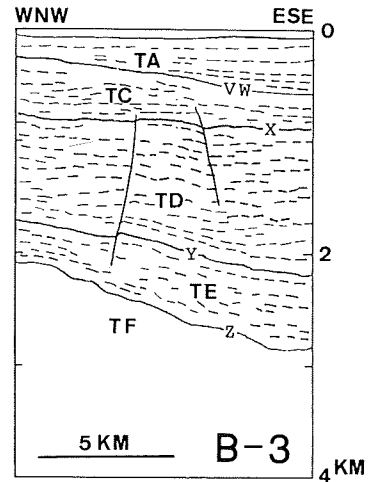


Figure 11 Line drawing of the migrated depth section of Line B-2.

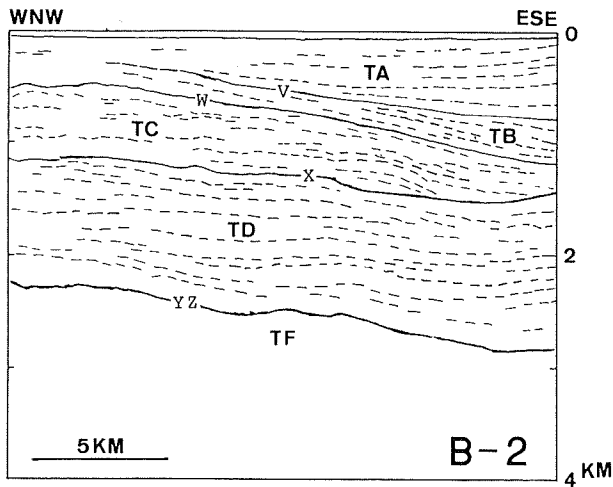


Figure 12 Line drawing of the migrated depth section of Line B-3.

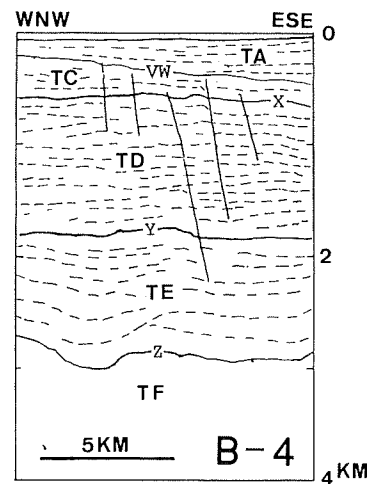


Figure 13 Line drawing of the migrated depth section of Line B-4.

(2) 地層区分

6層に区分した各層は、上位から TA, TB, TC, TD, TE 及び TF 層とした(第8~13図)。各層の音響的な層相の特徴は次のとおりである。

〔TA層〕

最上位に位置し、ほぼ水平な音響的層理が認められる。TA層内の音響的原理は、水平的に連続がよく層状をなす部分、記録上白くぬける部分、そして鋸歯状にギザギザした部分がある。これらの水平方向の変化の理由は不明であるが、今回の調査が深部構造を目的としており、低周波領域を重視したこと、海底表層の浮泥層や海底直下の音波散乱層による音波の擾乱による可能性が考えられる。

〔TB層〕

A-1測線、A-2測線にみられるように楔状に堆積した地層で、音響的層理の連続性は悪く、概して透明な層である。B-1測線で顕著に認められるように、TB層内の音響的層理の傾きは、TB層をはさむV層準とW層準の傾きより大きい。音響的層理のパターンからみるとTB層は、あたかも三角州の前置層のように千葉側を前面として順次西から東の方向に堆積したことをうかがわせる。

#### 〔TC層〕

平行な音響的層理が発達し連続もよい。とりわけ、B-2測線以北で平行層理の発達がよく、層理の傾きは基底のX層準とほぼ平行している。このパターンから、TC層は互層状堆積物であると考えられる。B-3測線以南のTC層は、上面が斜交不整合で画され、削剝されている。

#### 〔TD層〕

音響的層相はTC層と類似し、平行層理がよく発達している。A-2測線のTD層を詳細にみると、連続のよい平行層理の束とやや連続が悪く透明な部分とが、上下方向に2～3回くり返し積み重なっているようにみえる。またB-3測線以南には数10m程度の変位のある正断層群が発達している。

#### 〔TE層〕

A-1、A-2測線で楔状に認められる地層で、音響的層理の発達は悪く連続性も悪い。上位のTD層とは音響的パターンが大きく異っており、A-1、A-3測線で顕著である。TE層は、その基底のZ層準に対しアバットして堆積している様子が、A-1、A-2測線で認められる。

#### 〔TF層〕

最も下位に位置し、強い反射面であるZ層準以下の地層である。Z層準が強い反射面としてあらわれたことから、TE層以上と比べると岩質に大きなちがいがあることがうかがえる。TF層内には地層内の構造を示す記録らしいものはなく、内部構造は不明である。

### (3) 各層準の等深度線図

V～Z層準は6本の測線すべてに追跡でき、測線の設定状況からその深さを面的にとらえることが可能である。一つの層準はある時代の同時面をあらわしているので、この構造に基づいて地盤変動史を考察するうえで意義が大きい。

#### 〔V層準—第14図〕

横浜本牧沖で100m以浅と浅く、千葉の五井・姉崎沖に700m以上と深くなる。湾の中央部で等深度線は北北東—南南西方向にのびる。湾中央部の傾斜方向は東南東で、傾斜は35/1000である。V層準は、TA層堆積前の同時代面と考えられる。

#### 〔W層準—第15図〕

第15図においてW層準は、B-3測線以南ではV層準と同一として描いた。ただし、B-3測線以南のV/W層準は不整合面であり、北部のW層準と同時代面は、南部ではこの不整合面より浅いところであると推定される。湾北部でのW層準は、千葉港に向って深さを増し、等深度線はほぼ南北方向にのびている。傾斜はV層準より大きく、60/1000である。千葉港沖で1400mの深さがある。

#### 〔X層準—第16図〕

横浜本牧沖で500m以浅と浅く、千葉沖に向かって深くなる傾向はW層準と同じである。千葉沖では1800mを越える。中ノ瀬付近では褶曲構造の影響を受けている様子がわかる。湾北部における傾斜方向は北東で傾斜は50/1000とW層準よりやや緩く、等深度線は北西—南東方向にならぶ。V、W、X層準と順に最大傾斜方向が回転している様子がわかる。

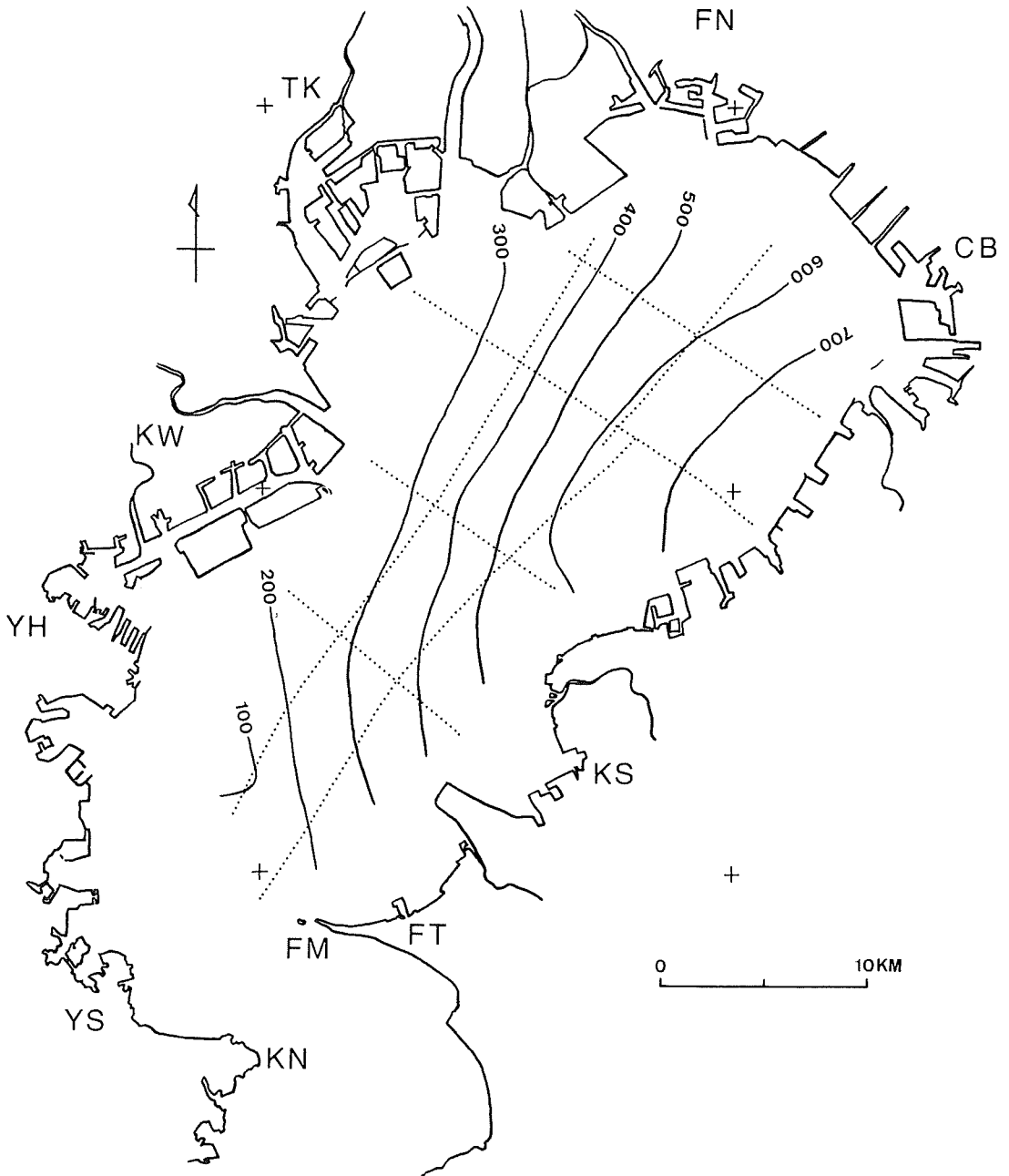


Figure 14 Depth map of Horizon V. This map shows the isopack of TA Group at the same time. Contour interval 100 meter. CB : Chiba, FM : Futtsu Misaki, FN : Funabashi, FT : Futtsu, KN : Kannon Zaki, KS : Kisarazu, KW : Kawasaki, TK : Tokyo, YH : Yokohama, YS : Yokosuka.



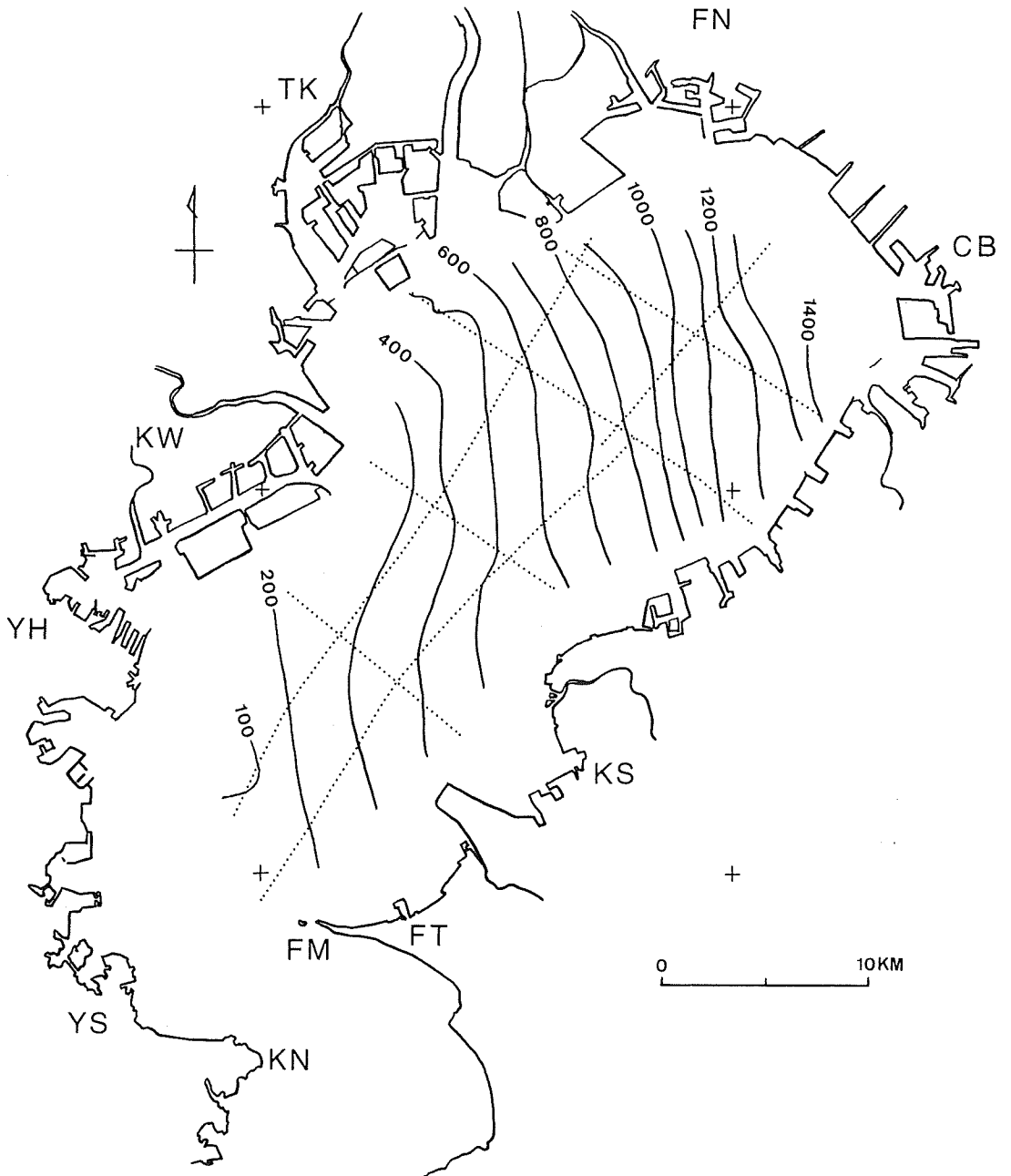


Figure 15 Depth map of Horizon W.

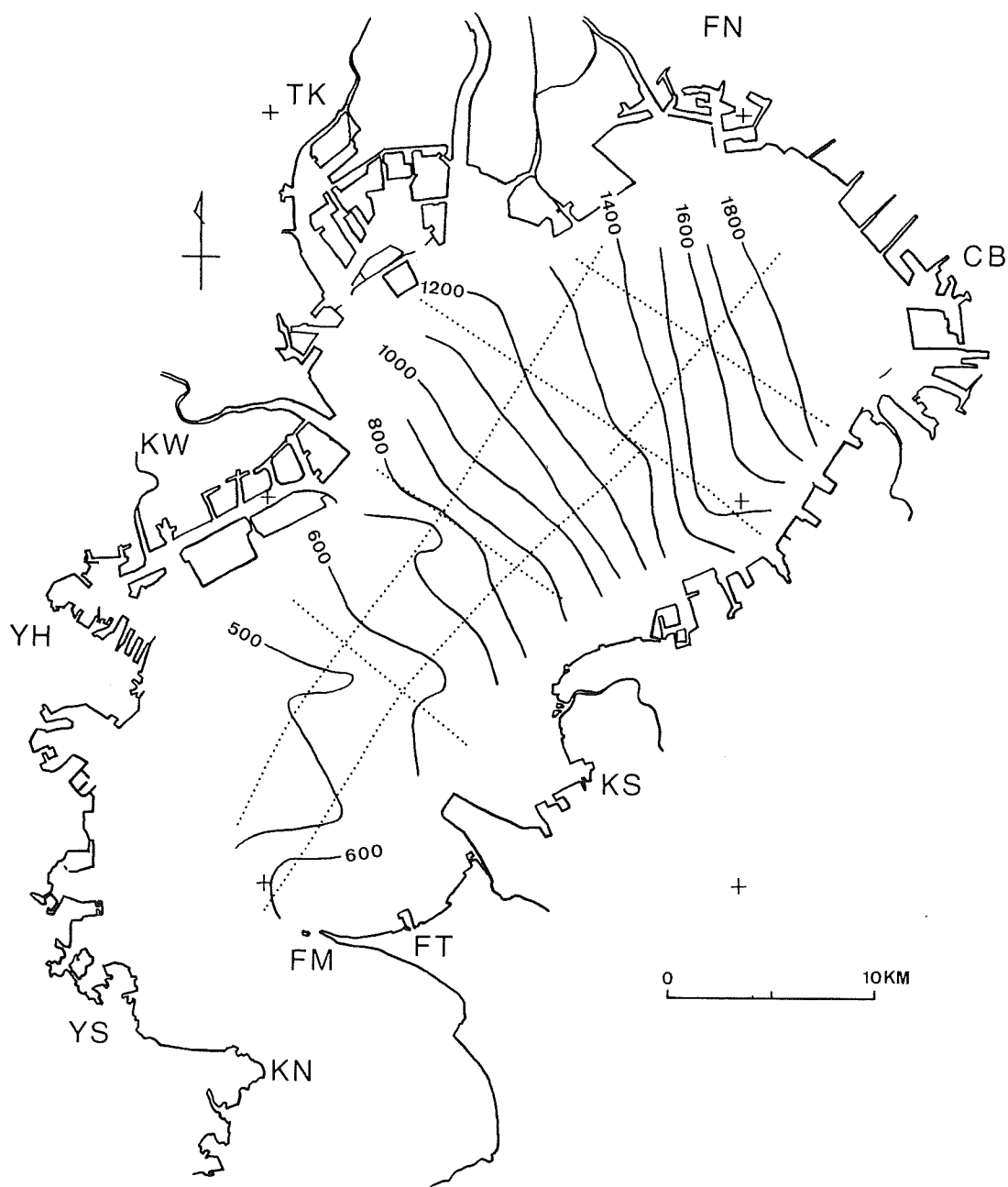


Figure 16 Depth map of Horizon X.

〔Y層準—第17図〕

横浜本牧沖で1700mと最も浅く、北東の千葉側と南の富津岬に向かって深くなっている。川崎から横浜の沖では平坦で、B-2とB-3測線の間はかなり傾斜が大きいことがわかる。B-2測線以北はZ層準と一致している。

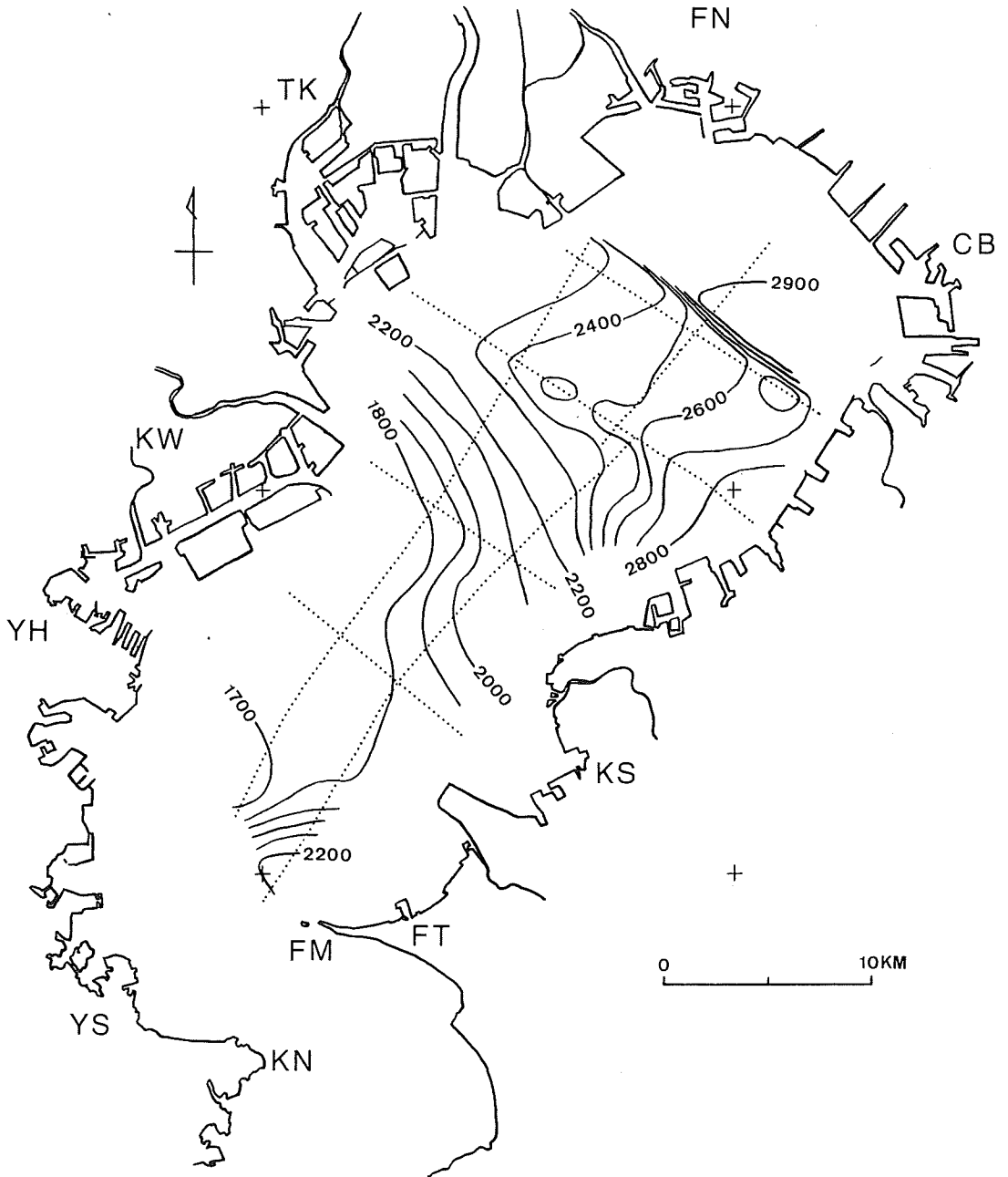


Figure 17 Depth map of Horizon Y.

〔Z層準-第18図〕 これまでのどの層準より複雑なパターンを示している。多摩川河口沖で2100mと浅く、東・南に順次深くなる。湾奥部でB-1測線にほぼ平行な等深度線が密なところは、後述のA-2測線で認められた断層の影響である。横浜港と姉崎を結ぶ東西方向に傾斜の急変帯がある。最も深いところは最南部で、3400mを越えている。

#### (4) 各層の等層厚線図

地層区分されたTA~TF層のうち、下限の不明なTF層を除く5層について等層厚線図を作成した。各層

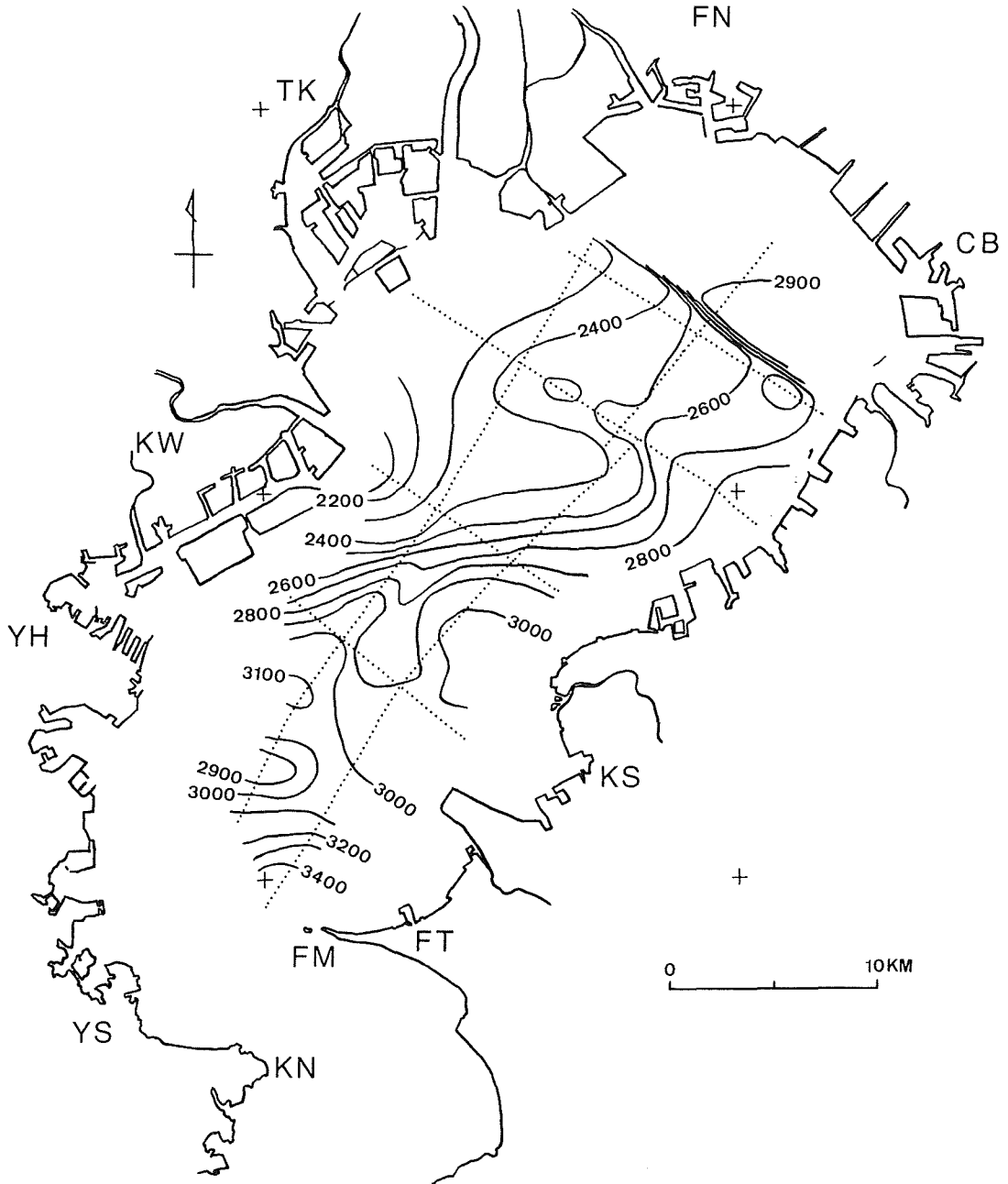


Figure 18 Depth map of Horizon Z.

の層厚変化は、堆積盆地の形状、地盤運動の変化を知る手がかりになると考えられる。以下に、各層の等層厚線図の特徴を述べる。

[TA層-第14図]

今回の調査測線での水深は、最深部で約30m程度であるので、V層準の等深度線図(第14図)をそのままTA層の等層厚線図とみなすことができる。従ってTA層の層厚分布は、V層準での記述と同一となる。

## 〔TB層-第19図〕

TB層は、B-3測線以北にのみ分布している。B-3測線以南では、V層準が不整合面で削剥されていることから、ここにTB層が堆積したかどうか不明である。TB層は、千葉市稲毛付近に向い北東方向にその厚さを増す。稲毛沖での厚さは700mを越える。

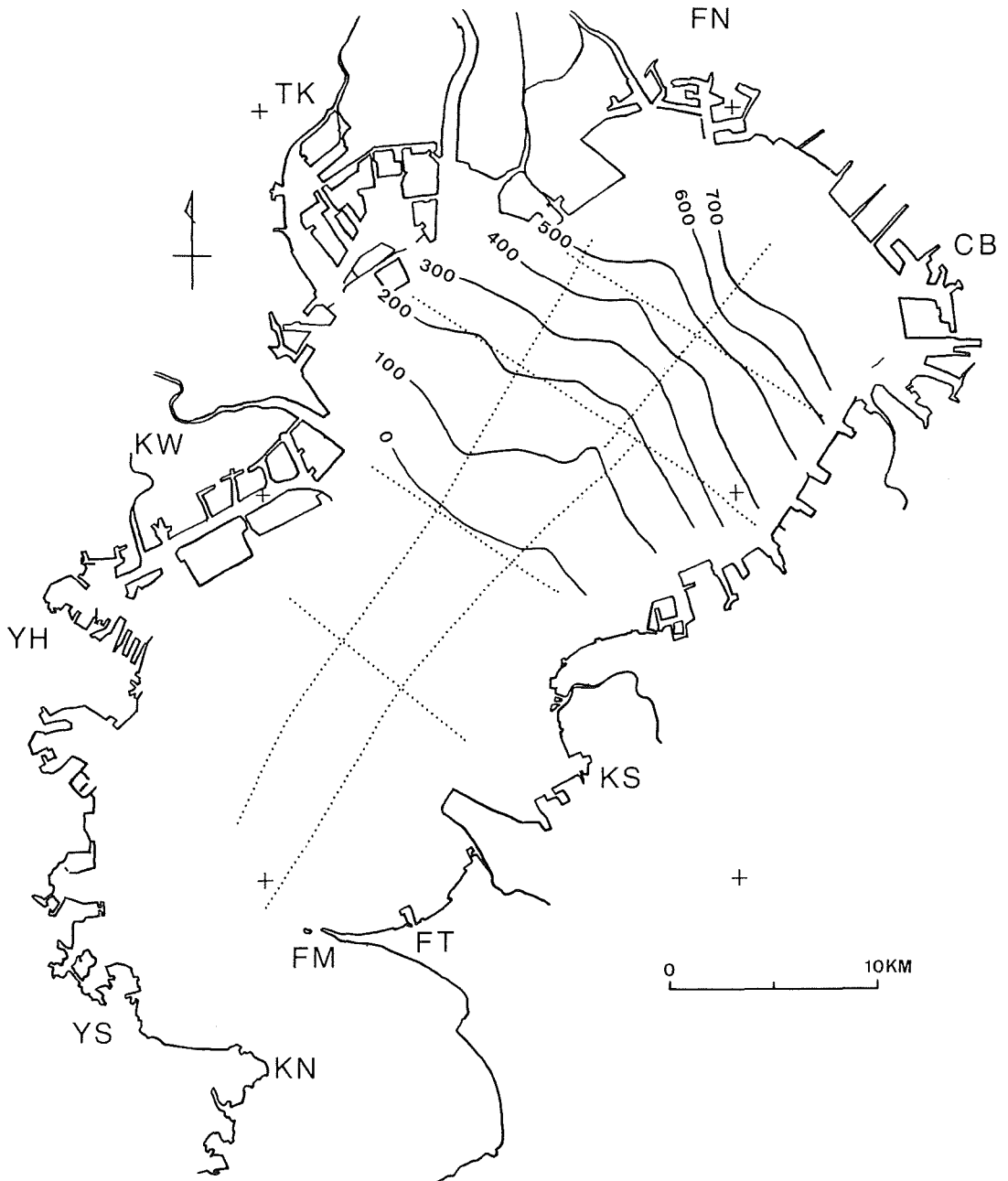


Figure 19 Isopack map of TB Group.

[TC層-第20図]

TC層の厚さの変化はすくなく、全域に分布している。B-3測線以南では上面が削剥されているので、第20図に示す厚さは堆積時の厚さを示していない。堆積時にはこれより厚かったと考えられる。最も厚いのは東京湾沖で、600m以上の厚さを有する。

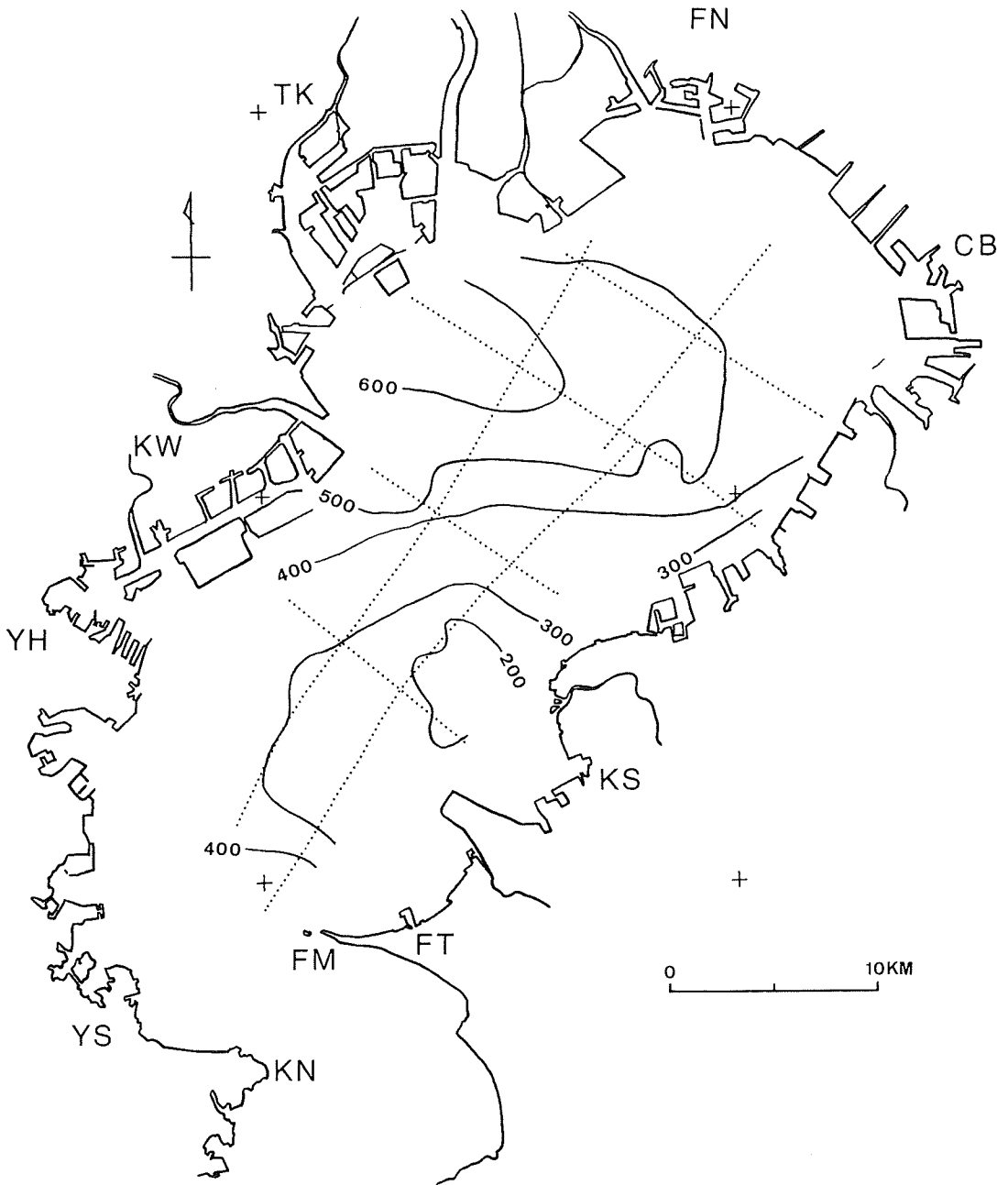


Figure 20 Isopack map of TC Group.

## 〔TD層-第21図〕

TD層は、全域にかなりの厚さで複雑に分布している。多摩川河口沖と浦安-姉崎を結ぶB-1測線沿いが薄い。厚い地域は、A-2測線の断層の北側、袖浦沖、最南端の富津岬沖に分化している。最も厚いのは富津岬沖で1600m以上である。

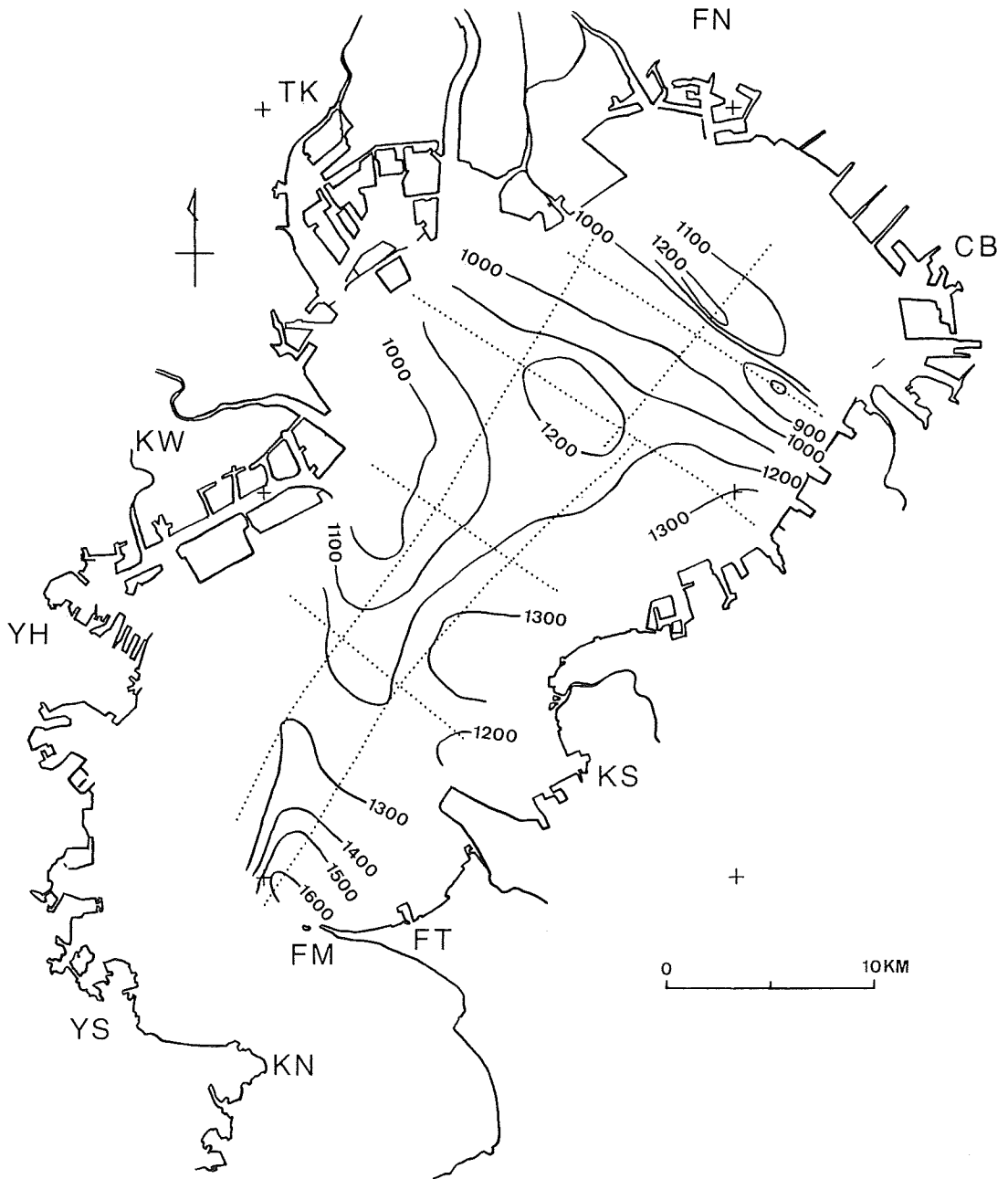


Figure 21 Isopack map of TD Group.

(TE層-第22図)

TE層は、B-2測線以南に分布し、南南西方向に層厚を増している。南端部で最も厚く1300mを越える。川崎と袖浦を結ぶ付近は南に急激に厚さが増大している。

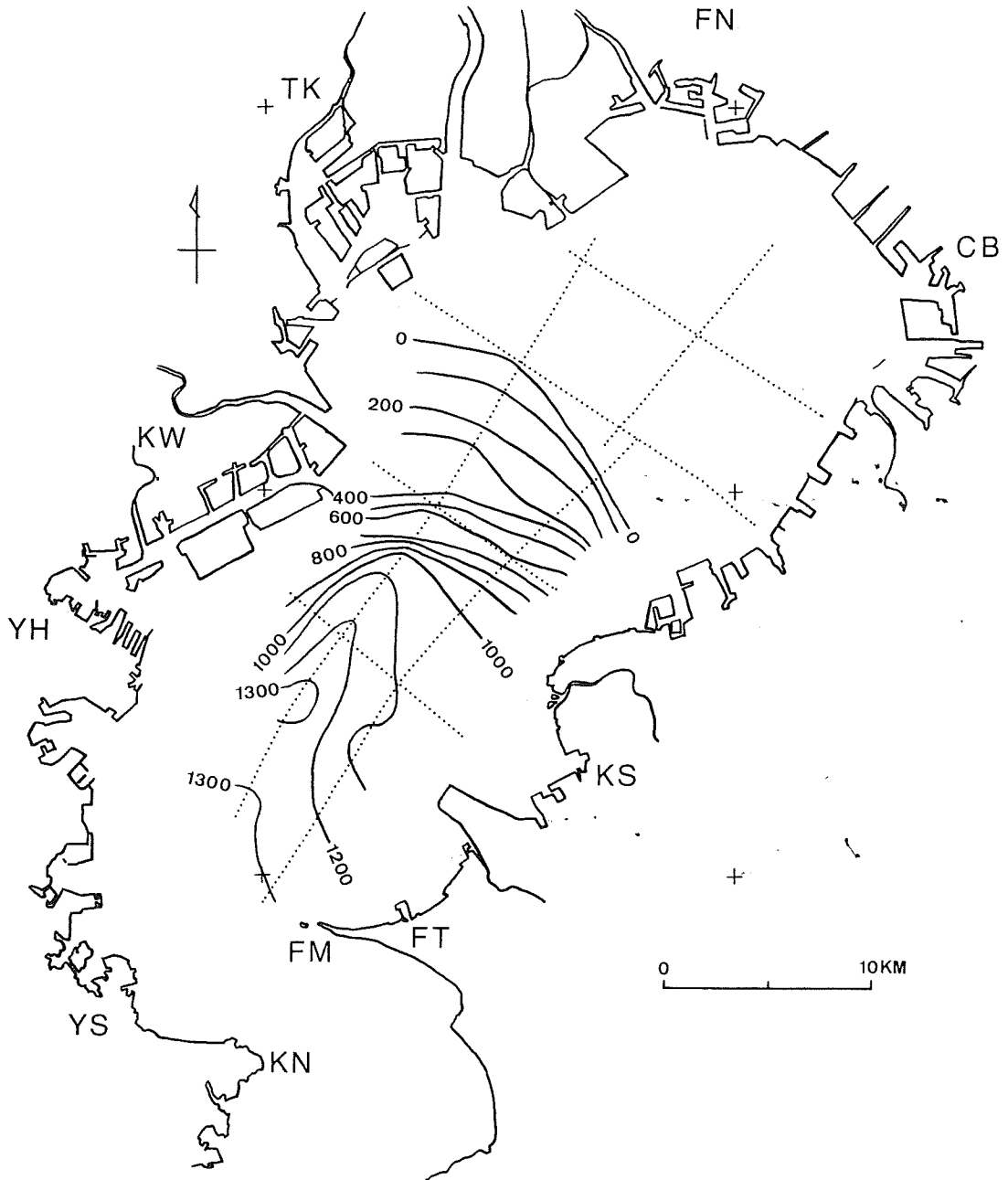


Figure 22 Isopack map of TE Group.



以上のように、新第三系～第四系は、堆積時代により最大層厚部が移動している。その状況を第23図にまとめた。TE層堆積期の最大層厚部すなわち堆積盆地の中心は南部中ノ瀬付近にあり、TD層堆積期には、中ノ瀬付近、袖浦沖及び船橋沖に分化している。TC層堆積期以後は湾の北部に移り、TC層堆積期には東京港沖、TB層堆積期には千葉沖に、更に最上部層のTA層堆積期には千葉の五井・姉崎沖に堆積盆地の中心が移動している。

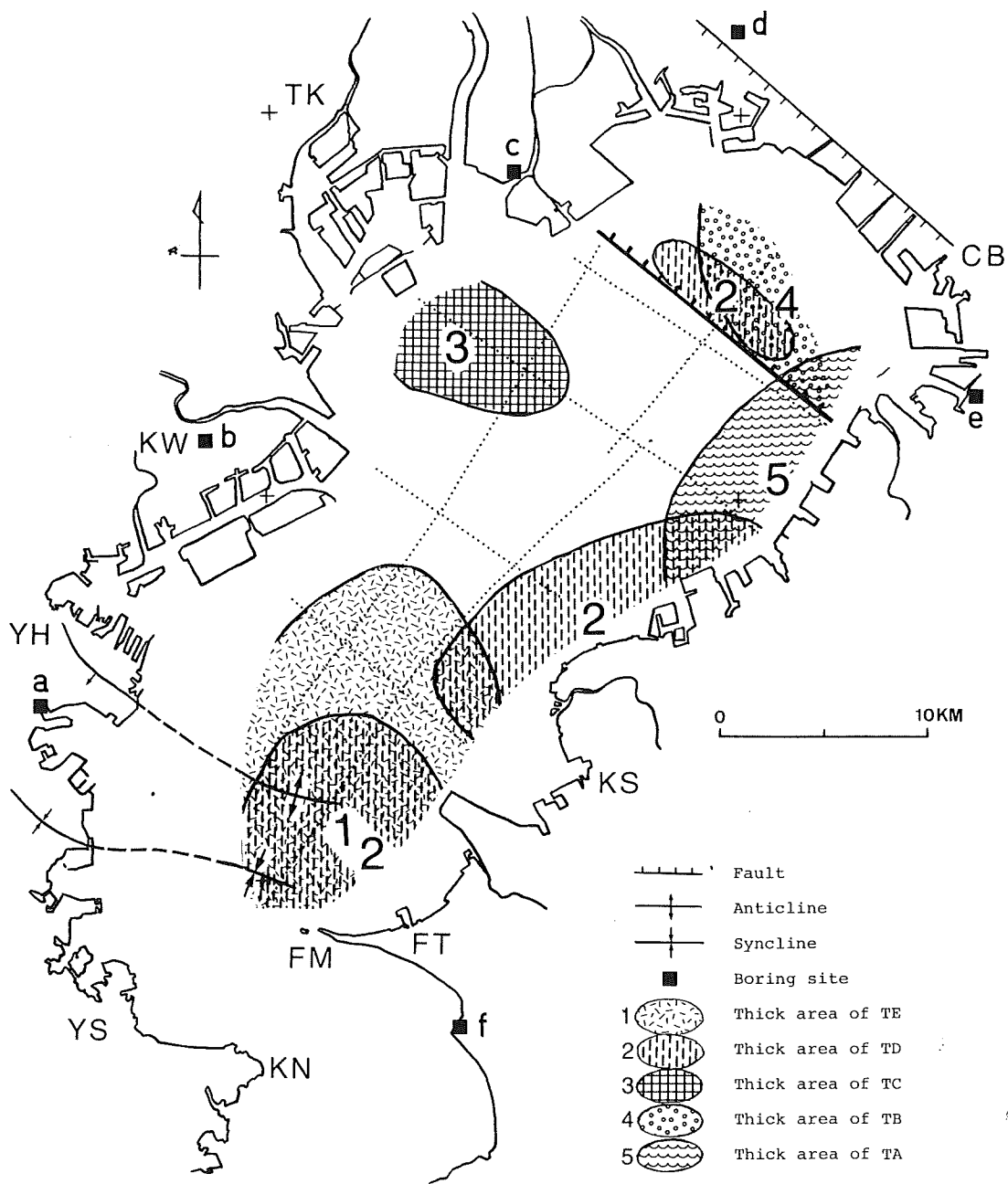


Figure 23 Summary map of geological structure.

### (5) 速度構造

地層内の音波伝播速度は、定速度走査法による速度解析によって、各測線とも1 km 間隔のデータが得られている。これによれば、地層区分した各層毎におおむね次のような音波伝播速度である。

TA 層…1.5~1.9km/sec, TB 層…1.8~2.1km/sec, TC 層…1.8~2.2km/sec,

TD 層…2.1~3.3km/sec, TE 層…3.1~4.2km/sec

なお、最下位層のTF層は層内に確実な地層反射面がなく不明である。

### (6) 地層の対比

TA~TF層に区分した地層を、東京湾沿岸に認められる対比に有効な深層ボーリングによって対比を試みた。対比に使用したボーリングは第23図に位置を示す6点であり、その柱状図は第24図に示した。東京湾近傍の新第三系~第四系は、前述のように房総半島と三浦半島に露出し、多くの研究によって層序関係が確立されているとよい。ここでは、この房総・三浦半島の地層層序に対比することとし、松田(1980)の南関東の地層対比表を基準とすることとした。従って、第24図のボーリング柱状図のなかで、成田層群は下総層群に、SA層群は上総層群の一部に、鎌倉層群、豊岡層群、天津層及び佐久間層群は三浦層群に対比されるとした。

地層の対比は測線上に深いボーリング資料が存在すれば容易であるが、今回の場合それはなく、沿岸陸上部にのみ認められる。対比に使用したボーリング地点と音波探査測線の最も近い地点との隔りは5~12kmあり、その間は推定で結ぶこととなる。対比の結果は次のとおりである。

Z層準は先新第三系基盤の上面にあたり、TF層は先新第三系基盤岩類に対比されると考えられる。6本のボーリングのうち最も古い地層が認められたのは、船橋地盤沈下観測井(d)である。深度2139m以深に三波川変成帯に相当すると考えられる片岩が認められており(楡井ほか, 1972)、このボーリングの海側には海岸線に沿って走る南落ちの断層がある(楡井ほか, 1977)。一方、A-2測線の北東端には約2800mの深度に、A-1測線の北東端には約2300mの深度にZ層準が位置している。A-1測線の北東端の船橋側にはA-2測線で認められた北東落ちの断層が走ると推定される。楡井ほか(1977)の断層とA-2測線の断層のずれを考慮する必要がある。しかし、ボーリングでの基盤岩とこれより上位の砂、礫、シルトといった堆積層とは岩質において歴然とした差異があるのと同様、音波探査断面図におけるZ層準の上下には音響的な差異が大きい。また両者の深度もほぼ同水準にある。これらのことがZ層準を先新第三系基盤岩の上面に対比できるとした理由である。

三浦層群の基底についてはY層準に対比される可能性があるが、かなり不確かなものである。三浦層群の基底がはっきりしているのは富津市磯根崎付近の大佐和層序試錐GS-1(f)であり、1478mの深度である(石和田ほか, 1965)。この大佐和層序試錐に最も近いのはA-2測線の南西端である。ところが、A-2測線の南西端付近には向斜構造が、大佐和層序試錐付近には背斜構造がある(石和田ほか, 1965)ことから、深度で対応をつけるのは難しい。手がかりになるのはTE層の堆積状況である。A-1、A-2測線にみられるように、TE層は先新第三系基盤岩と考えられるTF層にアバットして堆積し北に向かい層厚を急減させていることが、大佐和試錐で1200m以上の層厚を有する保田層群が船橋地盤沈下観測井(d)では220m以下に激減していることとよく対応する。これらのことから、ここではTF層は保田層群に、その上面のY層準を保田・三浦層群の境界とした。なお、船橋地盤沈下観測井の中新統は、三浦層群とも保田層群とも特定されていない。

次に三浦層群と上総層群の境界、いわゆる黒滝不整合に相当する層準であるが、X層準付近の可能性がある。上総層群の基底まで達しているボーリングは千葉MITI2000試錐(e)以外の5本で、それぞれ最も近い測

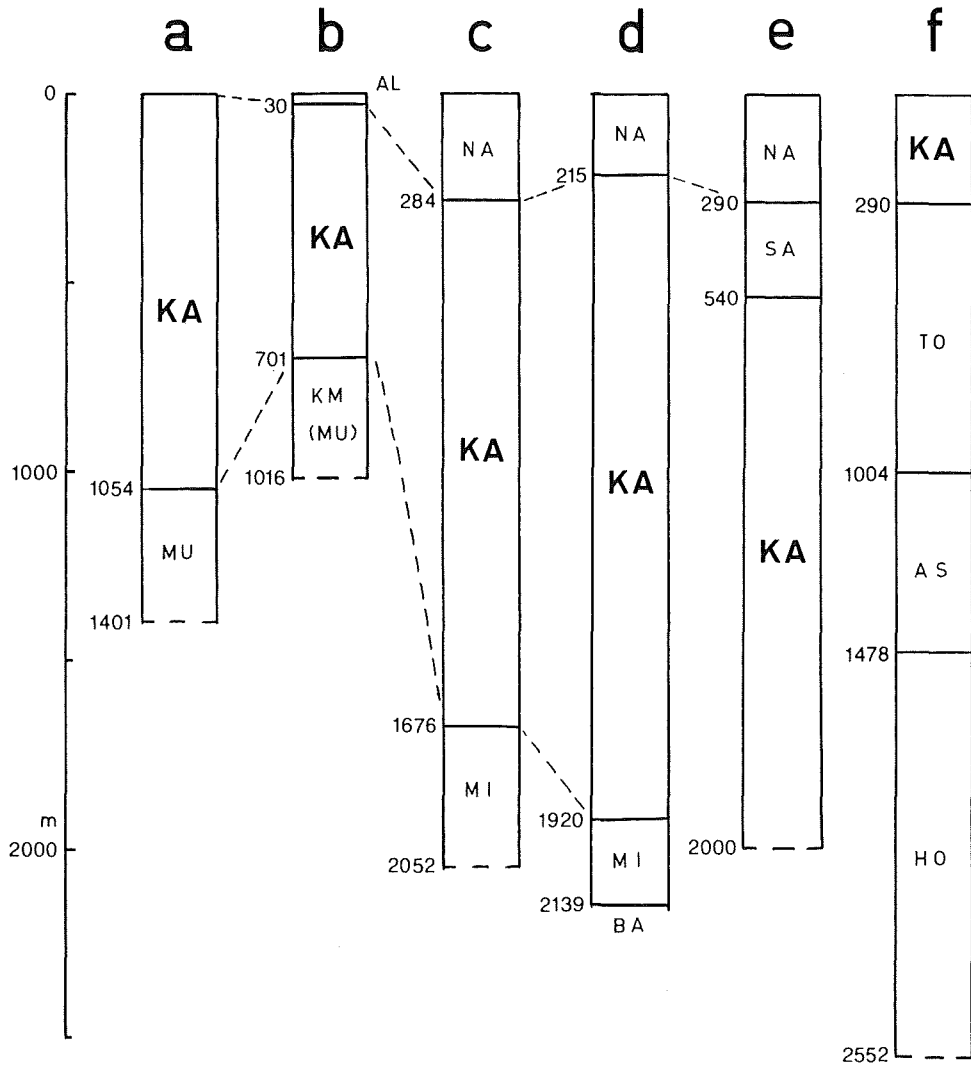


Figure 24 Columnar sections of deep boring around Tokyo Bay. Location is indicated in Figure 23. a : Yokohama R-4(Kikuchi, 1964), b : Kawasaki GS observation well(Fukuda et al., 1976), c : Edogawa R-10(Fukuda, unpublished), d : Funabashi landsubside observation well (Nirei et al., 1972), e : Chiba MITI 2000(Nirei et al., 1975), f : Osawa GS-1(Ishiwada et al., 1965)

AL : alluvium, NA : Narita Group, SA : SA Group, KA : Kazusa Group, MU : Miura Group, KM : Kamakura Group, MI : Miocene series, TO : Toyooka Group, AS : Amatsu Formation and Sakuma Formation, HO : Hota Group, BA : Basement rock (shist)

線との対比を検討した。この中で、大佐和試錐(f)と横浜 R-4 試錐(a)は、測線から遠く、付近に褶曲構造が存在することから、直接には参考としなかった。まず、川崎 GS 観測井(b)では701mの深度に上総層群の基底がある(福田ほか, 1976)のに対し、X層準はB-3測線西端で約760mの深度にあり、ほぼ近い深さにある。またX層準は、B-3測線でやや西上りではほぼ水平に記録されていることから、その延長上にある川崎 GS

観測井まで同様に推移しているとすれば、かなりよく一致する。ところが、江東天然瓦斯江戸川試錐井 R-10 (c)における上総層群の基底は1676mの深度である(福田, 未公表資料)のに対し、A-1測線の北東端、B-1測線の西端でのX層準の深さは、それぞれ1380m, 1350mであり、約300mのちがいがあ。江戸川試錐井はB-1測線の西方延長上にほぼ位置している。B-1測線のX層準は東下がり、江戸川試錐井から東下がり、追うと、上総層群の基底は、X層準より深い位置にあたることとなる。一方、船橋地盤沈下観測井(d)での上総層群の基底は1920mの深度にある(楡井ほか, 1972)。これに対し、A-1, A-2測線の北東端のX層準の深さは、それぞれ1380m, 1840mで、540m, 80mの差がある。A-1測線のX層準は北東に傾斜し、A-2測線では全体では北東に傾斜するものの、北東端においてはほぼ水平となり、このまま延長すれば上総層群基底とX層準のくいちがいはあまりなさそうである。こうしてみると、上総層群基底は、X層準ないしこれよりやや下位ということになる。

上総層群と下総層群の境界はV層準よりやや上に位置しそうである。上総層群の基底は江戸川試錐(c)で284m, 船橋試錐(d)で215m, 千葉試錐(e)で290mである。これに対し、A-1, A-2測線の北東端でのX層準は、それぞれ380m, 570mとこれより深くなっている。

以上の対比状況をもとに、東京湾における音響的地層区分とボーリング柱状図から求めた地層対比表は、第2表のようになる。

Miura Peninsula	Boso Peninsula	Tokyo Bay (Maximum thickness)		Geologic Age
Horizon				
Sagami Group	Shimohsa Group	V	TA (750m)	Quaternary
Kazusa Group		W	TB (750m)	
		X	TC (650m)	Pliocene
Miura Group		? Y	TD (1600m)	Miocene
Hayama Group	Hota Group	Z	TE (1300m)	
	Mineoka Group		TF	Pre-Neogene

Table 2 Stratigraphic correlation of Tokyo Bay and the surrounding area.

なお、楡井ほか(1975)が千葉付近で指摘した上総層群中の不整合は、V層準にあたる可能性がある。千葉試錐(e)でのこの層準は540mの深さにあるのに対し、B-1測線の東端でのV層準の深さは770mにある。千葉付近での地層の傾斜は内陸から海岸に向かって傾くことから、両者は対比し得る深度と考えられる。V層準が前述のように東京湾南部で不整合面であることもこれを裏付ける。

### (7) 断層の分布

断面図で認められた断層には2種類のものがある。

一つは、先新第三系基盤反射面とみられるZ層準を鉛直方向に420m変位させている断層で、A-2測線のs.p. 157(測線の北東端から5150mの地点)に認められた。北東側が落ち、断層面はほぼ垂直で、断面図からは正断層とも逆断層とも判断しがたい。この断層を「東京湾北部断層」と呼ぶこととする。極めて顕著な断層であるが、A-2測線とほぼ平行に走るA-1測線や、この地点のすぐ南西側を走るB-1測線には、この断層に続くような構造は認められない。断層が直線状にのび、海岸付近まで続くと仮定すれば、 $N50^{\circ}\sim 55^{\circ}W$ の走向となり、浦安から五井を結ぶ線を走ると推定される(第23図)。Z層準反射面は、この断層で完全に切れており断層による引きずりが認められる。断層を隔てた反射面の連続性をみると、Z断層直上では切れているものの、それ以上の反射面はたわみながらも断層の両側に追跡でき、深部の断層の影響による撓曲構造を呈している(第25図)。TD層内のたわみは上位に行くに従い小さくなり、X、W層準では断層の落ちの方向である北東側に同傾斜で傾き下がり、断層の局地的影響はほとんどなくなっている。従って、東京湾北部断層はおもにZ層準形成期からTD層堆積期にかけて活動したと考えることができる。

東京湾北部断層は、関東平野の荒川沿いに推定されている千住-藤岡構造線(矢島, 1981)の東京湾への延長上に位置し、この構造線が東京湾下に続いているものと考えられる。また東京湾北部断層は楡井ほか(1977)により指摘されている船橋-千葉の海岸沿いの南西落ちの断層と対をなし、地溝を形成していると推定される。

もう一方の断層は、おもに川崎沖以南に発達する相対的に変位の小さい断層群である。この断層群はTD層内の反射面を中心に数10m変位させている。落ちの方向はさまざまであるが、断層面の傾きと変位の方向とから、いずれも正断層と考えられる。この小断層群は、TD層内によく発達し、なかにはTC層にも変位が認められるものもある。下位のTE層内では、記録の分解能の低下によるものか、反射面のずれによる追跡は困難となる。またこれらの断層の走向は、測線密度と断層の規模との関係で推定が困難であった。断層群の発達域は、B-2測線以南、後述の中ノ瀬褶曲以北のTE層分布域である。ここはZ層準の起伏も大きいところである。

### (8) 中ノ瀬の褶曲構造

A-1、A-2測線の南西端、すなわち中ノ瀬付近に褶曲構造が認められた。A-2測線の最南端にあらわれた向斜とその北の背斜がそれで、背斜はA-1測線により明瞭である。褶曲のたわみはTE層からTC層まで認められる。背斜軸はほぼ東西の走向を示し、A-2測線のみにも認められる向斜もこれと平行している可能性がある。

この褶曲を陸上に追跡すると、横浜付近の地質図に描かれたものに連続しそうである。すなわち、向斜軸は伊田ほか(1961)や三梨・菊地(1982)の富岡向斜に、背斜軸は伊田ほか(1961)の保土ヶ谷-桜木町一本牧を結ぶ南落ちの撓曲軸に続くものと考えられる(第23図)。房総半島側には、これに続きそうな褶曲構造は認められていない。

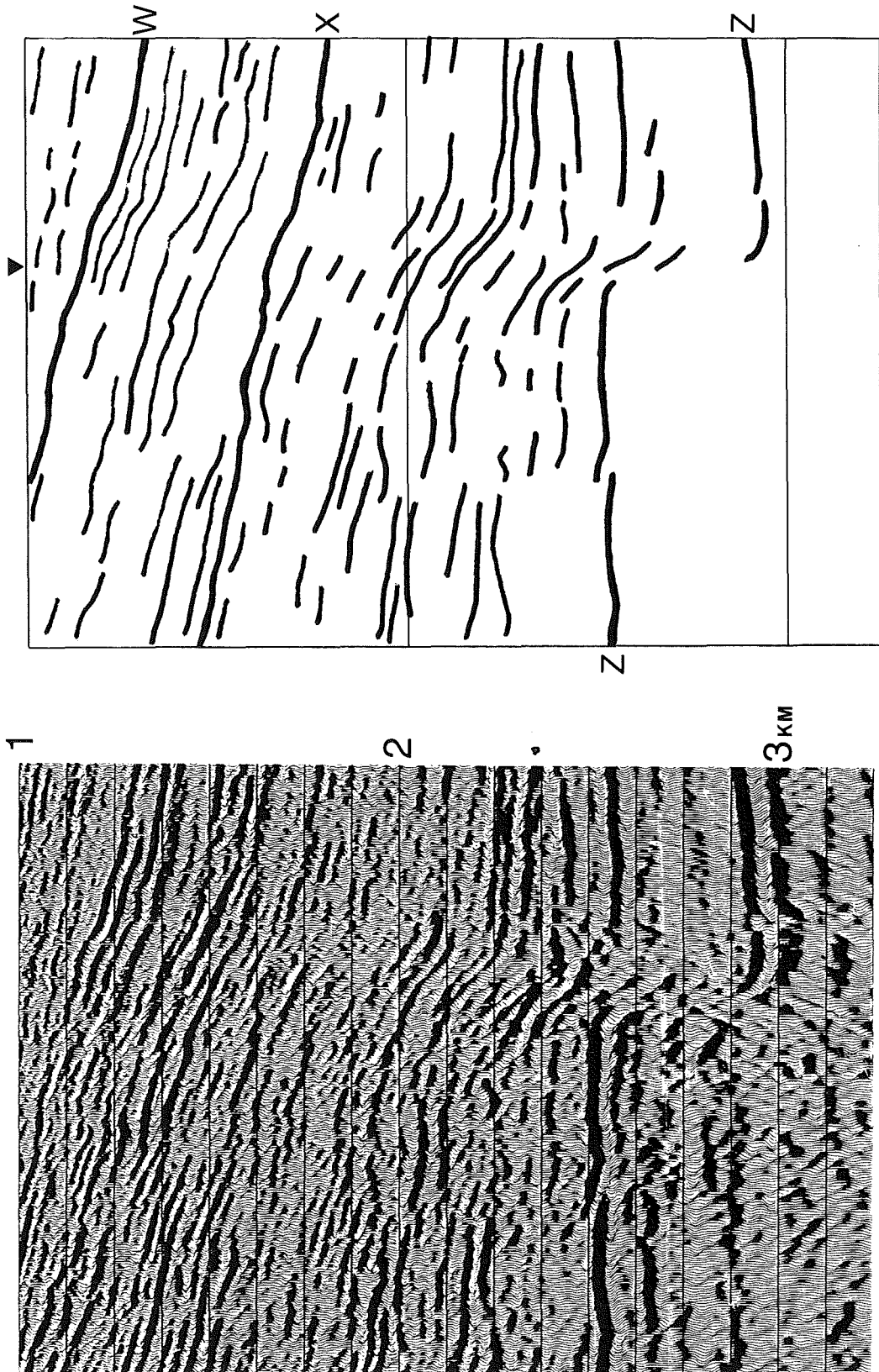


Figure 25 Magnification of migrated depth section (Line A-2) and its line drawing close by fault. Solid triangle is the position of the fault.

## 5. まとめ

東京湾におけるマルチチャンネル反射法音波探査によって、深さ約 3 km までの明瞭な断面図が作成された。これによって明らかとなった事項は次のようにまとめられる。

- (1) 東京湾下に、深度 2～3 km に先新第三系基盤と考えられる強い反射面（Z層準）が認められた。この反射面は南部中ノ瀬付近で最も深く 3.4km に達する。
- (2) Z層準を覆う堆積層は 2～3.4km と厚く、新第三紀～第四紀堆積層と考えられる。この堆積層の最大層厚部は南から北東への移動が認められ、最上位層は、千葉の五井・姉崎沖で最も深くなる。
- (3) 東京湾下の地層を 6 層に区分し、上位から TA, TB, TC, TD, TE, TF 層とした、東京湾沿岸の深層ボーリングデータとの比較により、TA 層はほぼ下総層群に、TB・TC 層は上総層群に、TD 層は三浦層群に、TE 層は保田・葉山層群に、TF 層は先新第三系基盤岩類に対比されそうである。
- (4) Z層準を 420m 鉛直方向に変位させた断層が認められ、これを東京湾北部断層と呼んだ。東京湾北部断層は北東落ちで N50°～55°W の走向を持ち、おもに Z層準形成期から TD 層堆積期にかけて活動したと考えられる。川崎沖以南には、TD 層を中心に数 10m と変位の小さい正断層群が認められた。また中ノ瀬付近には、軸がほぼ東西の褶曲構造が認められた。

東京湾において実施されたこの調査は、湾内で行うものとしては大規模なものであり、多方面の方々の協力によって実現したものである。科学技術庁研究調整局の担当官は本調査の計画・推進に尽力され、第三管区海上保安本部警備救難部、東京湾海上交通センター、東京湾海難防止協会、千葉海上保安部をはじめとする東京湾をとりまく海上保安部署の方々及び警戒にあたった巡視艇乗組員の方々には、海上作業の安全について全面的な協力をいただいた。また千葉県漁連、富津、船橋、横浜の漁協等漁業関係の方々には、調査へのご理解とご協力をいただいた。本稿をまとめるにあたって、地質調査所福田理氏には貴重なボーリングデータの提供とともに地層の対比に有益なご意見をいただき、東京都立大学理学部貝塚爽平、町田洋、菊地隆男の各先生方にも、有益なご意見をいただいた。更に、水路部沿岸調査課佐藤任弘課長には、調査の計画、実施、本稿のとりまとめの過程で終始ご指導いただいた。これらの方々に厚くお礼申し上げる。

## 参 考 文 献

- 房総団体研究グループ 1964：黒滝不整合における削剝量とその意義，地質雑，70，88-99ページ
- 福田 理・垣見俊弘・河内英幸・高木慎一郎・田中信一 1976：川崎地区水位水質観測井について～その 1 坑井編①～，地質ニュース，259，1-14ページ
- 伊田一善・三梨 昂・影山邦夫 1961：日本油田・ガス田図 2「横浜」1/50,000，地質調査所
- 石井基裕 1962：関東平野の基盤，石油技協誌，27，615-640ページ
- 石和田靖章・三梨 昂 1965：大和田層序試鑑，地質ニュース，133，2-4ページ
- 第四紀地殻変動研究グループ 1968：第四紀地殻変動図，第四紀研究，7，200-211ページ
- 海上保安庁水路部 1974：沿岸の海の基本図「東京湾北部」1/50,000，No. 6363-9
- 海上保安庁水路部 1983：東京湾におけるマルチチャンネル反射法音波探査(1)，地震予知連絡会会報，30，115-118ページ
- 垣見俊弘 1976：首都圏の地震と活構造(続)，地質ニュース，258，8-13ページ
- 加藤 茂・浅田 昭 1983：東京湾海底地殻構造調査(海上作業)，水路部技報，1，13-14ページ

- 菊地隆男 1982：上総層群の堆積構造と関東構造盆地の島弧における位置，地団研専報，24，67-78ページ
- 菊池良樹 1964：南関東地方の新第三系および第四系の微化石層位学的研究，東北大理地質学古生物学教室邦文報告，59
- 衣笠善博 1980：関東平野の平野部における先新第三系基盤の深度分布図，地震予知連絡会地域部会報告2「首都及びその周辺の地震予知」，68ページ
- 小玉喜三郎・鈴木尉元・三梨 昂 1981：関東堆積盆地の形成機構に関する一試論，地質学論集，20，233-246ページ
- 松田時彦 1980：新生代後期の地層群，岩波講座地球科学15「日本の地質」，143-194ページ
- 三梨 昂 1973：南関東・新潟地区における中新世から洪積世にいたる堆積盆地の変遷，地球科学，27，48-65ページ
- 三梨 昂 1977：層厚変化による堆積層の区分単元とその基盤運動—南関東地区を例として—，藤岡一男教授退官記念論文集，249-260ページ
- 三梨 昂・菊池隆男 1982：1/50,000地質図「横浜」及び地域地質研究報告「横浜地域の地質」，105ページ，地質調査所
- 三梨 昂ほか22名 1976：特殊地質図「東京湾とその周辺地域の地質」1/100,000，地質調査所
- 新妻信明 1976：房総半島における古地磁気層位学，地質雑，82，163-181ページ
- 楡井 久・樋口茂夫・原 雄・古野邦雄・矢田恒晴・石井 皓・赤桐毅一 1977：東京湾の形成に関する一考察と地盤沈下，日本地質学会84年学術大会講演要旨，278ページ
- 楡井 久・樋口茂夫・原 雄・古野邦雄 1975：東京湾東岸地下における上総層群中の不整合現象について，地質雑，81，559-565ページ
- 楡井 久・樋口茂夫・原 雄・石井 皓・白井常之・古野邦雄・真鍋健一・立石雅昭 1972：船橋市の地下地質と地盤沈下観測井，千葉県公害研報，1，47-74ページ
- 尾田太良 1975：浮遊性有孔虫からみた房総半島上部新生界の古地磁気記録の時代的解釈，地質雑，81，645-647ページ
- 多田 堯 1976：関東平野の地下構造について，地震第2輯，29，47-53ページ
- 多田 堯 1982：関東平野の基盤構造と重力異常(1)—基盤深度図—，地震第2輯，35，607-617ページ
- 矢島敏彦 1981：関東平野基盤岩類の岩石学的特徴と地質構造，地質学論集，20，187-206ページ