

マルチチャンネル反射法音波探査記録からみた東京湾底浅層部の地質構造†

菊池真一*・菊地隆男**

GEOLOGICAL STRUCTURE BENEATH TOKYO BAY ANALYSED BY MULTI-CHANNEL SEISMIC REFLECTION SURVEY IN 1983†

Shinichi Kikuchi* and Takao Kikuchi**

Abstract

A thirteen lines multi-channel seismic reflection survey in Tokyo Bay was carried out by the Hydrographic Department in October 1983, to follow up on a survey in 1981 to 1982 to clarify the geologic structure to about 3km depth (Kato, 1984). From analysis of 12-fold stack sections along these lines, we were able to make some new interpretations of the stratigraphy at shallow depth below the sea bottom.

The uppermost part of the subsurface geology, called "TA" and corresponding to the Shimosa Group of the Middle Pleistocene in the Boso Peninsula, represents distinct alternations of dark and light colored beds. Eight or nine sets of beds are present and each seems to represent a sedimentary cycle related to glacio-eustatic transgression. The basal boundary of "TA" is a remarkable unconformity called the Tokyo Bay unconformity.

A gentle dome-like structure appears under the Nakanose Bank, around the south end of the Bay. It is supposed that the bank was affected by upwarping tectonics.

1. はじめに

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および総合防災システムに関する研究」の一環として、1981年から1982年にかけて東京湾底地殻構造調査がおこなわれ、この結果が加藤（1984 a）により報告されている。この調査は東京湾において初めて大がかりに実施された、エアガンによるマルチチャンネル反射法による音波探査に基づくもので特に深部構造解析を目的としており、調査測線は北東-南西方向の2測線、北西-南東方向の4測線、計6測線全長130kmにわたるものであった。この調査によって、東京湾底地下3,000mまでの地質構造が明らかにされ、従来資料が乏しかったこの地域の第三系から第四系の分布や地質構造に関する情報が、飛躍的に増した。

この調査に続いて、1983年には、東京湾底の浅層部の地質構造解析のためのスパーカーによるマルチチャンネル反射法音波探査がおこなわれた。この調査は前回同様「首都圏における直下型地震の予知および総合防災システムに関する研究」の一環としておこなわれたものだが、特に浅層部の地質構造をさらに詳しく知

† Received 8th January 1991

* 沿岸調査課 Coastal Surveys and Cartography Division

** 東京都立大学理学部 Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University

ることが目的であった。海上調査は水路部の計画・監督のもとに、1983年10月にシャトー・川崎共同企業体により実施された。この調査の結果、東京湾底の地下およそ1,000mまでの測層部の地質構造がさらに詳しく解析された。本報告は、この調査によって明らかにされた東京湾地下の浅層部の地質構造についてとりまとめたものである。なお調査結果の一部は、海上保安庁水路部（1984）、佐藤・菊池（1984、1987）により、また解析結果の一部は、菊池・菊池（1990）により速報として発表されている。

2. 調査方法

(1) 調査測線

調査測線の方向は、東京湾北部断層の方向と直交するように東京湾の長軸方向を主測線とし、これに直交する方向を横断測線とした。調査測線の間隔は、主測線を2.5kmとし、横断測線を7.5kmとした。主測線は北東—南西方向の7測線、横断測線は北西—南東方向の5測線、さらにこれらの測線に交差する東北東—西南西方向の1測線をとり、計13測線全長256kmに及んでいる（第1図）。

(2) 海上作業の方法

海上作業は、1983年10月1日から14日にかけて実施された。海上の安全を確保するために作業船の前および曳航ケーブルの両側に警戒船を配置した。とくに、海上交通が輻輳する中ノ瀬よりの海域では第三管区海上保安本部の測量艇が警戒活動に加わった。

海上作業は、船速を落として発振点の間隔を短くするために、観測用台船を曳航して実施した。台船から受信ケーブルを曳航したことにより、受信信号のSN比を向上させることができた（第2図）。

船位の測定は、電波測位機（トリスポンダー）を使用した辺長交会法で行った。今回の音波探査では、12重合の共通反射点を得るために調査船が10m進む毎に発振を行うように、船速に応じて発振間隔を調整した。

東京湾の北西部は音波散乱層が広く分布していることが知られていたので、発振源として大型スピーカー（8,400J、16,400J）を準備し、音波散乱層の散乱が強い測線で16,400Jの発振源を使用した。受信部は、海面下2秒までの音波探査記録の収録に焦点を絞るために、全長240m（アクティブ・セクション）の12チャンネル・ハイドロストリーマケーブルを使用した。収録部には12チャンネル音波探査記録収録機を使用し、12チャンネル分の受信信号をデジタル信号として磁気テープに記録した。音波探査の条件は第1表に示すとおりである。

(3) データ処理の方法

データ処理は、12チャンネル・12重合の共通反射点水平重合処理を行った（第3図）。データ処理の条件は第2表に示すとおりである。

3. 東京湾底深層部の地質構造

東京湾底浅層部の地質構造について記載する前に、既に明らかにされている深層部の構造について概観しておきたい。前述のように1981年、82年に実施された反射法音波探査により、従来は東京湾周辺の房総半島や三浦半島北部など、陸域の地層区分、地質構造の延長で類推することしかできなかった湾底の地質構造について、次のような事実が明らかにされている（加藤、1984a；1984b）。

- 1) 海底下約3,000mまでの音響反射面により、地質構造が読み取れた。
- 2) 特徴ある反射面として上位からV～Zの5層準が追跡され、地層はTA～TFの6層に区分される。

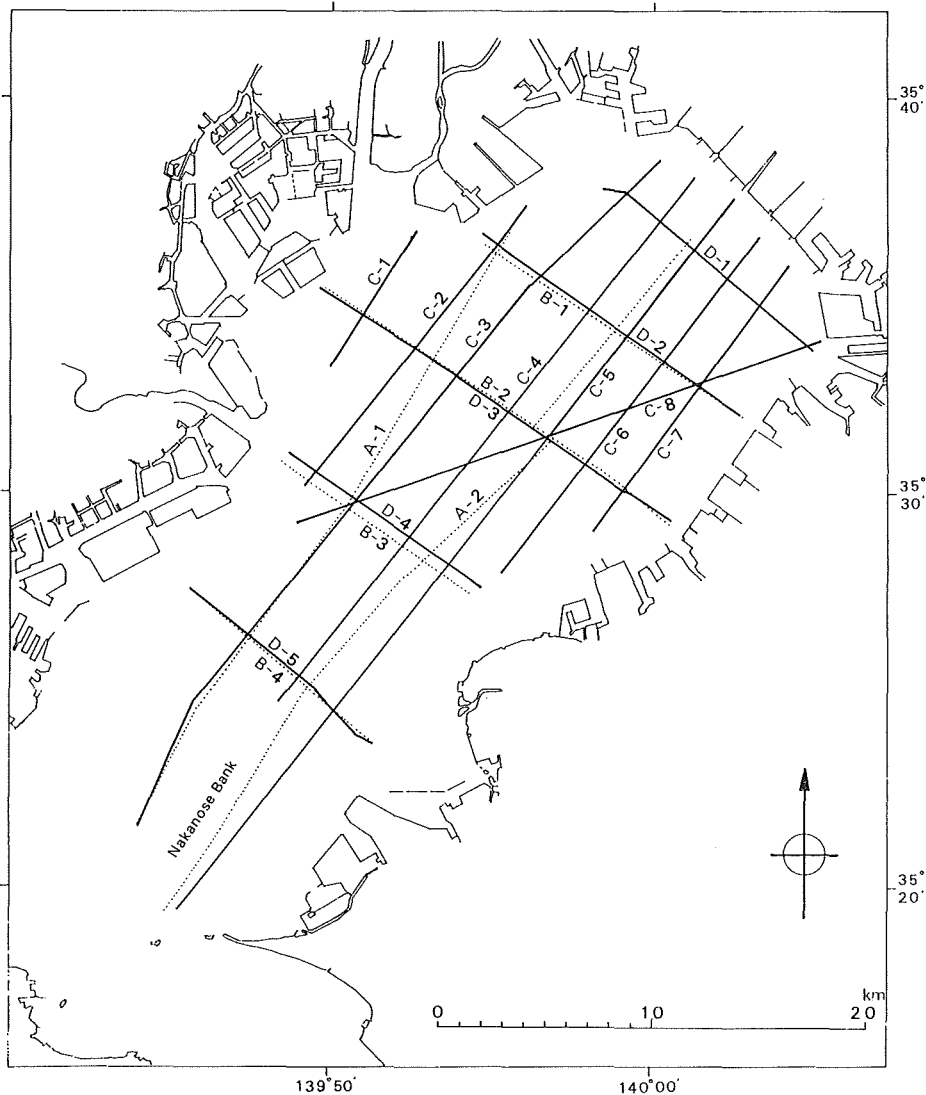


Figure 1. Survey lines of multi-channel seismic reflection

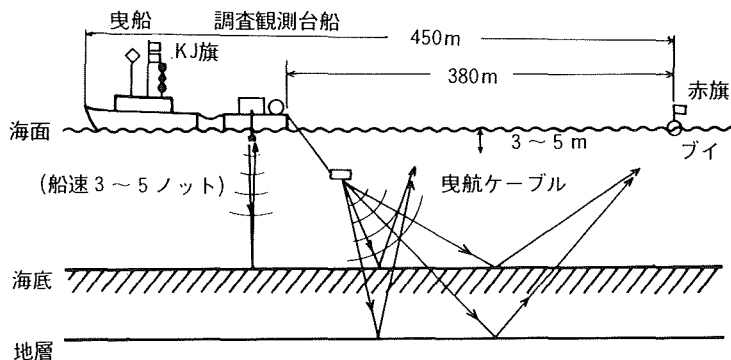


Figure 2. Sketch of survey method at sea

Table 1. Parameter of data acquisition

	音 波 探 査 の 条 件
発 振 部	スパーカーアレイ EG&G (電極 6 本) 発振間隔: 測線上10m毎 発振エネルギー: 8,200J C3, C5, D5 16,400J C1, C2, C4, C6~C8, D1~D4
受 信 部	12チャンネルハイドロストリーマケーブル チャンネル間隔: 20m オフセット: 20m
収 録 部	12チャンネルデジタル音波探査記録収録機 バンドパスフィルター: 20~1,250Hz サンプリング間隔: 0.5ミリ秒 記録長: 4,000ポイント/トレース (2秒) 重合数: 12重合 オフセット: 20m

Table 2. Parameter of data processing

	デ ー タ 処 理 の 条 件
基 本 仕 様	共通反射点水平方向重合処理 12チャンネル・12重合 サンプリング間隔: 0.5ミリ秒 処理記録時間長: 2秒 共通反射点間隔: 10m 速度解析間隔: 1 km毎
デコンボリューション	タイムバリエーション・スパイク・デコン オペレータレングス: 55ミリ秒 ※重合前に実施
速 度 解 析	定速度走査法 (VSTUDY) ※0.8秒以深は深層部調査の結果による
バンドパスフィルター	タイムバリエーションフィルター 0.0sec 60-170Hz 0.4 60-170 1.2 50-100

3) 最上位のTA層は水平に近い音響的層理が認められる部分で、TB層以下の層準を傾斜不整合で削削している。基底のV層準は養老川河口付近でもっとも深く、700m以深、また西方で浅く本牧沖では100m程度となる。

4) TB層は湾の北東部に楔型に分布している。音響的層理の連続性は良くないが、層理の傾きは基底のW層より大きく、三角州の前置層のように西から東へ堆積した。基底の深度は養老川河口がもっとも深く、1400m以深である。

5) TC層は平行な音響的層理が発達する。層理は基底のX層準にほぼ平行する。湾の南部では上面は傾斜不整合で削削されている。基底の深度は湾奥部で1,800m以深、本牧沖で500m以浅となる。

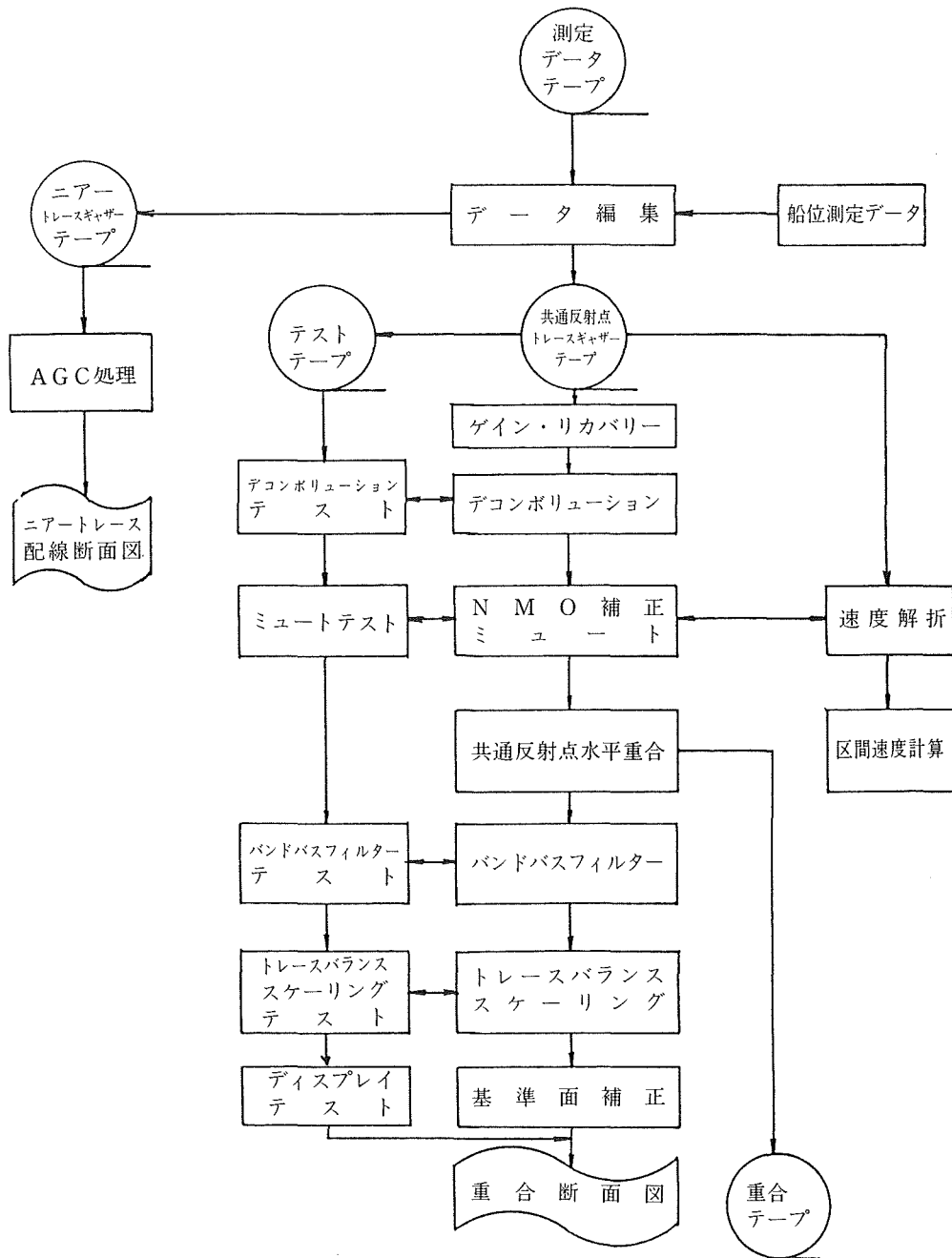


Figure 3. Flow chart of data processing

6) TD層の音響的層相はTC層に類似する。南部では数十m程度の変位のある正断層群が発達している。湾奥部では断層による変位がみられる。深度は2,900m以深、本牧沖で1,700m以浅を示す。

7) TE層は湾の南部にのみ分布し、基底のZ層準に対し向かってアバットして堆積する。Z層準の深度は南部では2,500mから3,000m以深となる。

8) TF層は最下位に位置し、強い反射面を示すZ層準以下の地層である。構造を示す記録はなく、TE層以上の地層とは岩質に大きな違いがある。

9) TE層からTA層までの地層は、堆積時代により最大層厚部が移動している。TE層の堆積盆の中心は南部の中ノ瀬付近にあり、上位の地層になるに従い、東京湾の北東方向に移動する傾向がある。

10) 湾の北部に、北西—南東に走りZ層準を鉛直方向に420m変位させている北落ちの垂直断層（東京湾北部断層）がある。断層の上に重なる地層は褶曲構造を示すが、たわみは上位ほど小さくX層準以上ではその影響はほとんどなくなる。

11) 湾の南西部の中ノ瀬付近に褶曲構造が認められる。褶曲の西方延長は陸域の構造に連続するように見える。

12) 音波探査で確認されたこれらの地層と陸上の地質との対応は、陸域のボーリングの資料との比較によって対比される。このような解析の結果、TA層は下総層群、TB・TC層は上総層群、TD層は三浦層群、TE層は葉山・保田層群、そしてTF層は先新第三紀層の嶺岡層群にそれぞれ相当するものと考えられる。

4. 東京湾底浅層部の地質構造

(1) 12重合断面図と深度変換について

今回の調査によって得られた、12チャンネルの受振データを共通反射点水平方向重合処理した12重合断面図を第5図～第11図に示した。発振点および調査測線図は、才1図、才12図に示されている。これらの断面図では、複数の測線でも同一測線の延長線上にあるものは、図上で接合してある。ただし、測線の長いものについては、適宜分断して作図されている。

また断面図の縦軸は音波伝播速度（往復時間）で表されているため、深度に換算する必要がある。調査では、測線沿いに1km毎、全60地点において速度解析がなされており、海面からの深度 t (sec)とRMS速度 v (m/sec)が得られている（第3表）。これをもとにしてそれぞれの層内伝播速度 V を求め、さらに層厚と深度に換算した上で、全地点における音波反射時間と深度との相関グラフ（第4図）を作成し、これを全測線に適用した。なお、深度 t_1 と深度 t_2 の間の層内伝播速度 V は、それぞれの深度のRMS速度 v_1 、 v_2 より次式により求められる。

$$V = \sqrt{(v_2 t_2 - v_1 t_1) / (t_2 - t_1)}$$

12重合断面図の解釈図は、第13図～第21図に示した。縦軸のスケールは反射時間で描かれているが、深度に換算した目盛りを併記した。断面図の縦横比は、深度500m付近でみてほぼ2:1となっており、鉛直方向は約2倍に引き伸ばされている。

(2) 12重合断面図における反射面と地層区分

この断面図によって、海底下1,000m以深の音響反射面が描き出され、地質構造の解釈に供されている。しかし、深部に向かうほど相対的にノイズが増し、反射面は次第に不明瞭となっている。中でも特徴のある反射面は上部に集中していることから、まず明瞭な反射面を各測線について追跡し、地層区分を試みた。また深部については明瞭な反射面を欠いており不確定さを伴うが、前回の深層部調査（加藤, 1984a）で確認された特徴ある反射面とその深度を参考にした。このようにして、地層を以下に述べるTA～TDの5層に区分した。なお、各層の基底を示す層準を、TA層～TC層についてそれぞれa層準～c層準と呼ぶことにする。これは深層部調査の断面の区分では、ほぼV層準～X層準に相当する。

さらに、各断面図には、カーテン状に鉛直方向にノイズが密集する反射面の不明瞭ゾーンが認められる。このゾーンは深部まで達する場合と比較的浅部にのみ現れる場合とがある。2つの測線が交わる地点に不明瞭ゾーンがある場合には、双方の測線にこれが認められることから、調査時点でのトラブルが原因とは考え

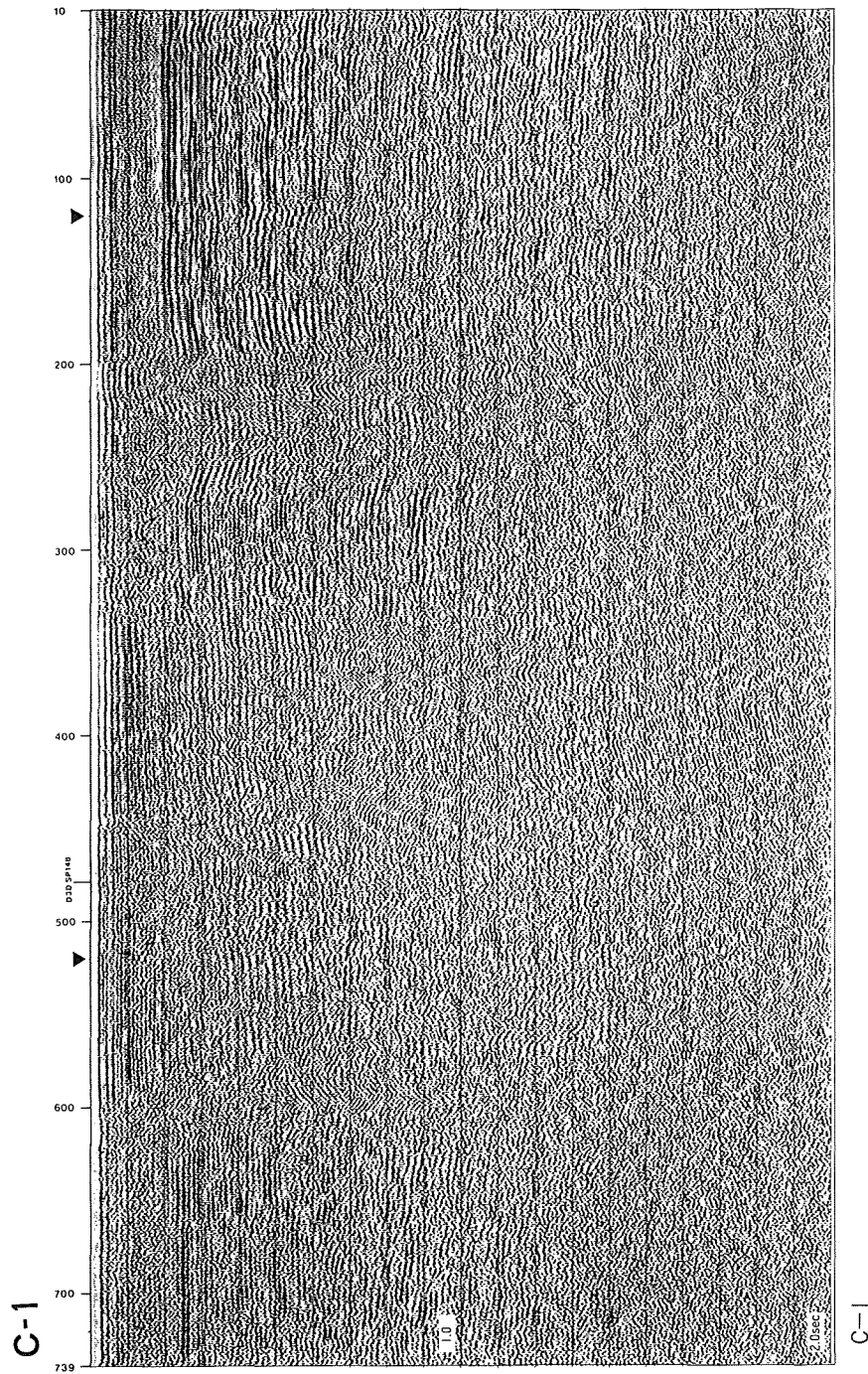


Figure 5. Seismic profiling record (l)
(Line C-1 in figure 13)

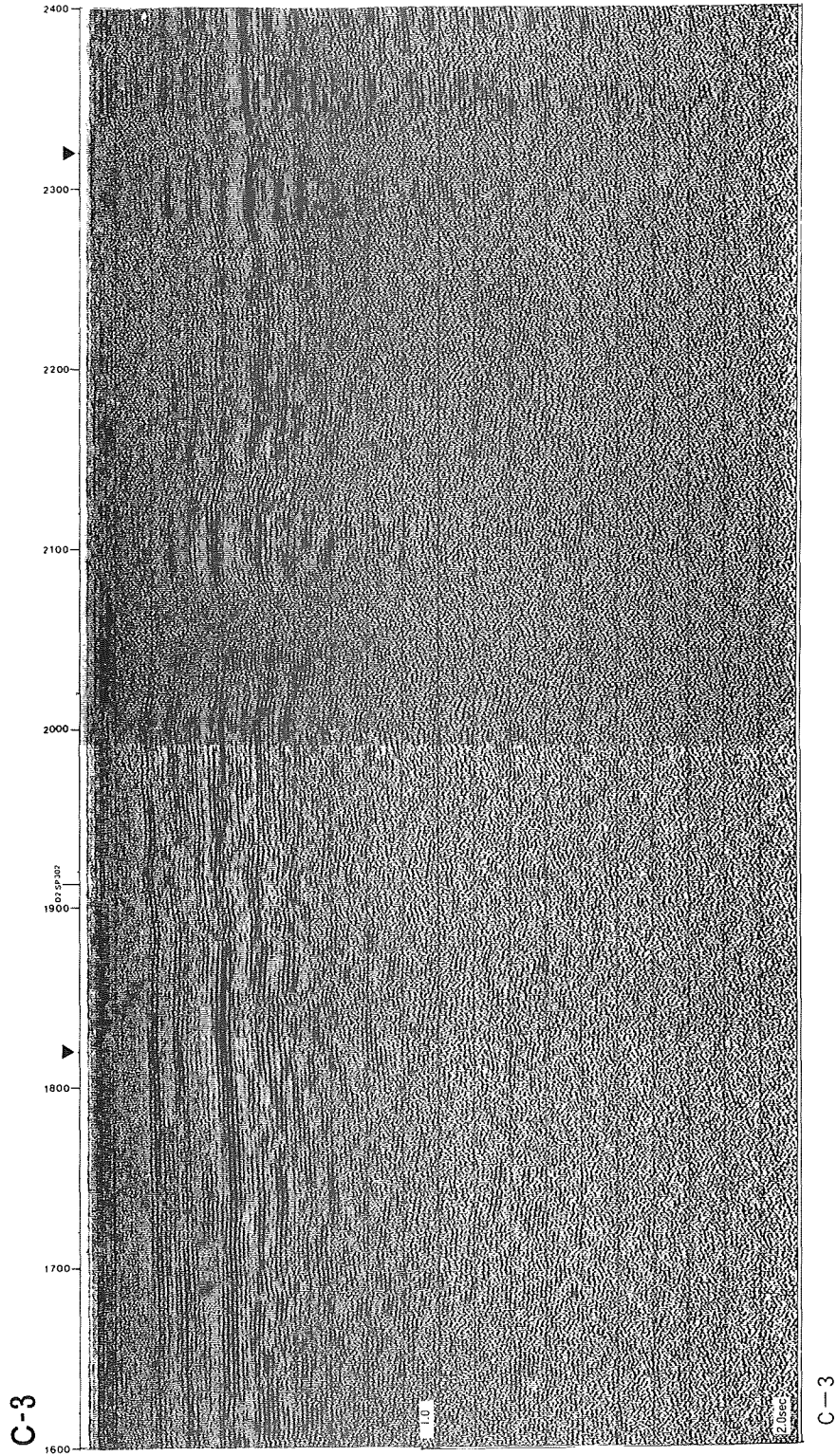


Figure 6. Seismic profiling record (2)
(Central part of C-3③ in figure 14)

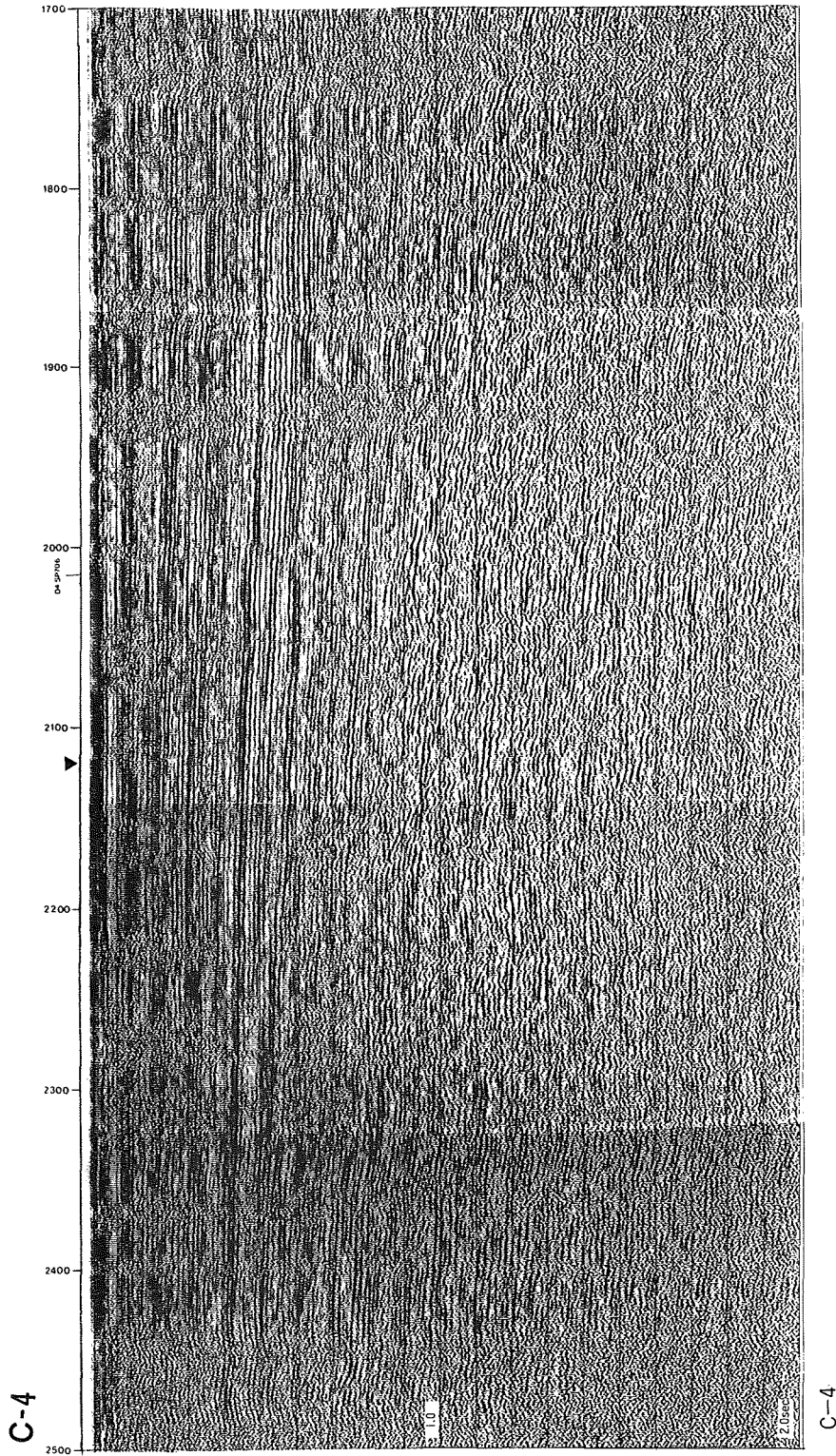


Figure 7. Seismic profiling record (3)
(Central part of C-4① in figure 15)

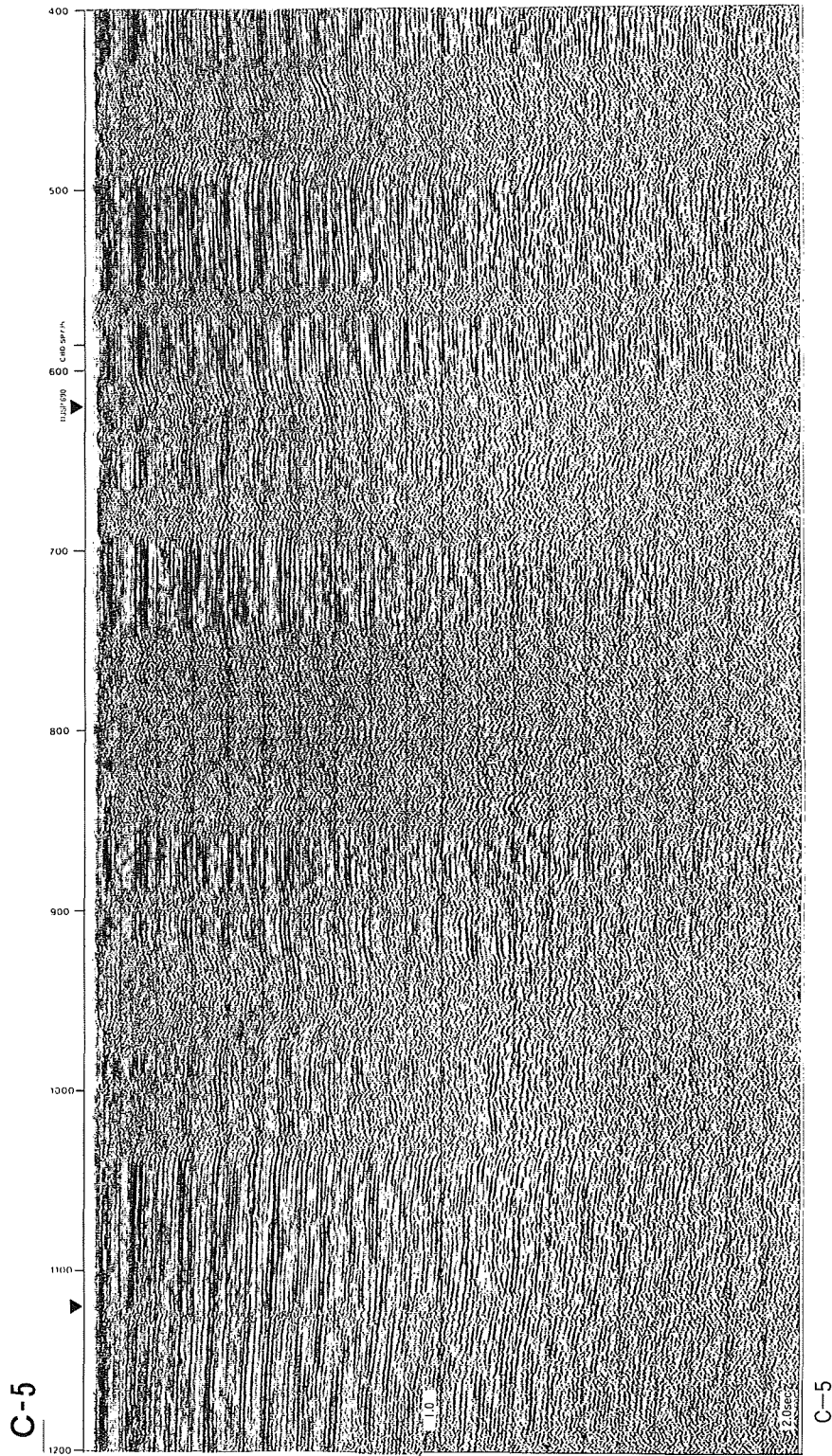


Figure 8. Seismic profiling record (4)
(NE part of C-5② in figure 16)

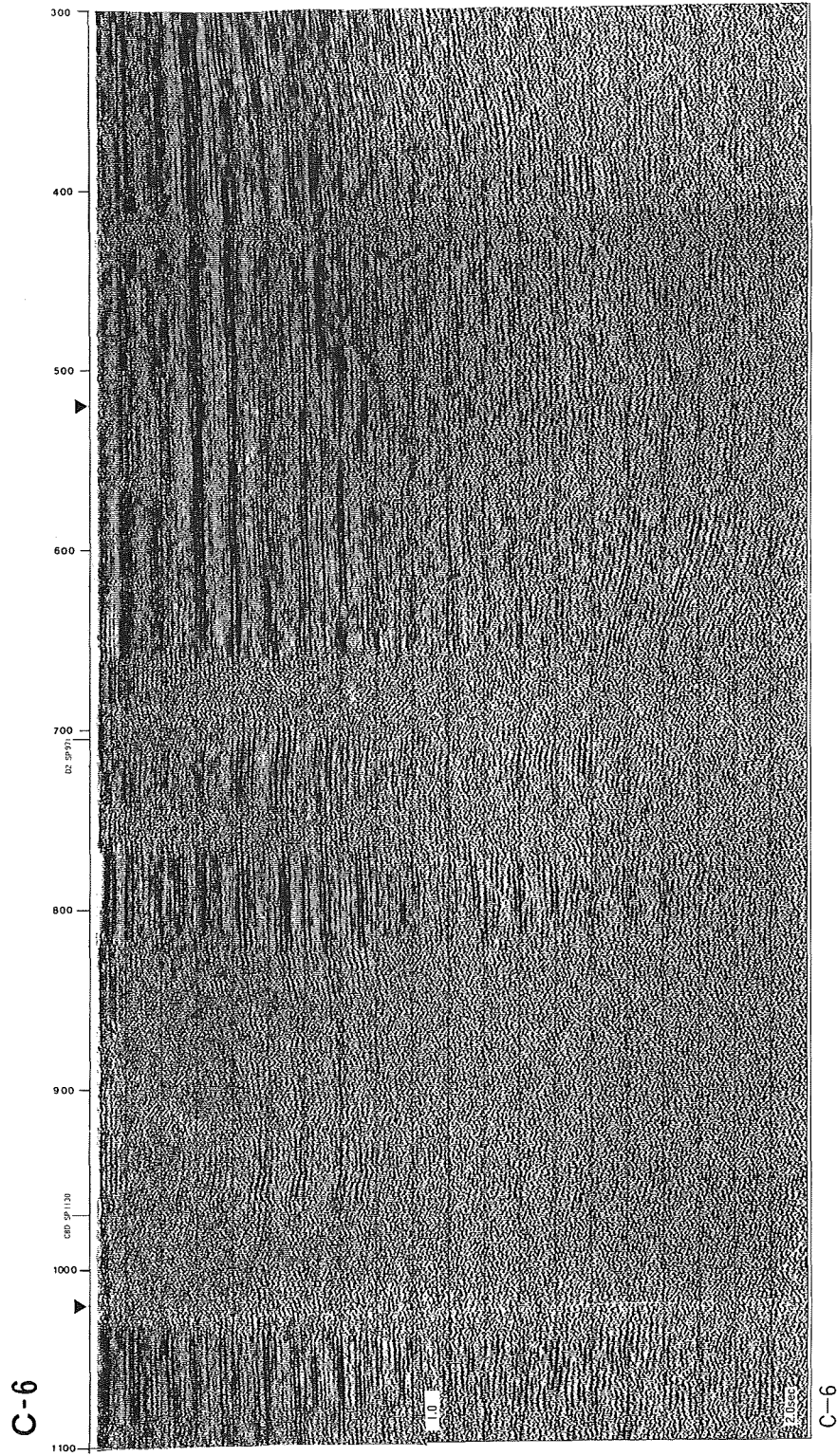


Figure 9. Seismic profiling record (5)
(Central part of C-6② in figure 17)

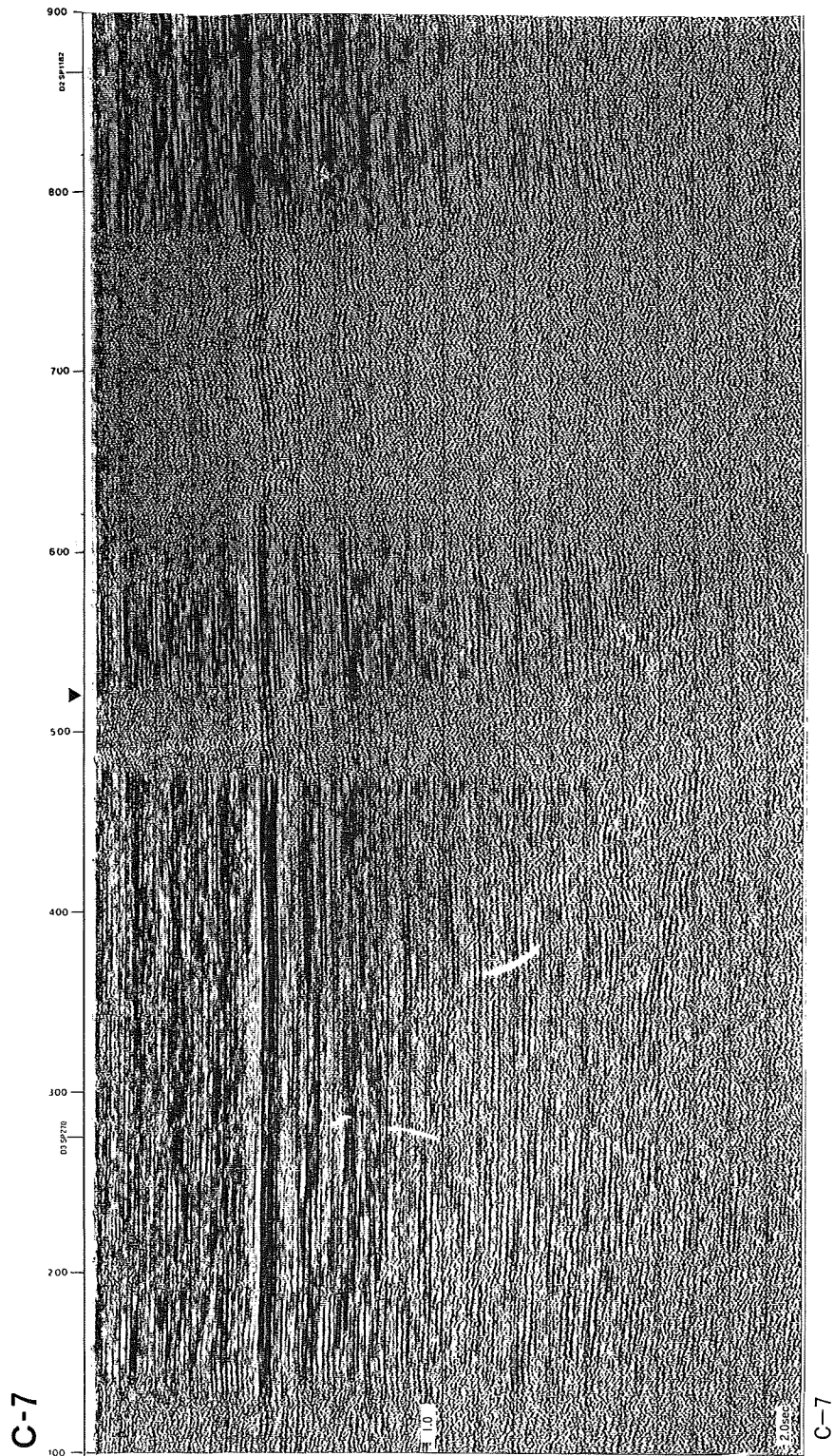


Figure 10. Seismic profiling record (6)
(SW part of C-7 in figure 21.)

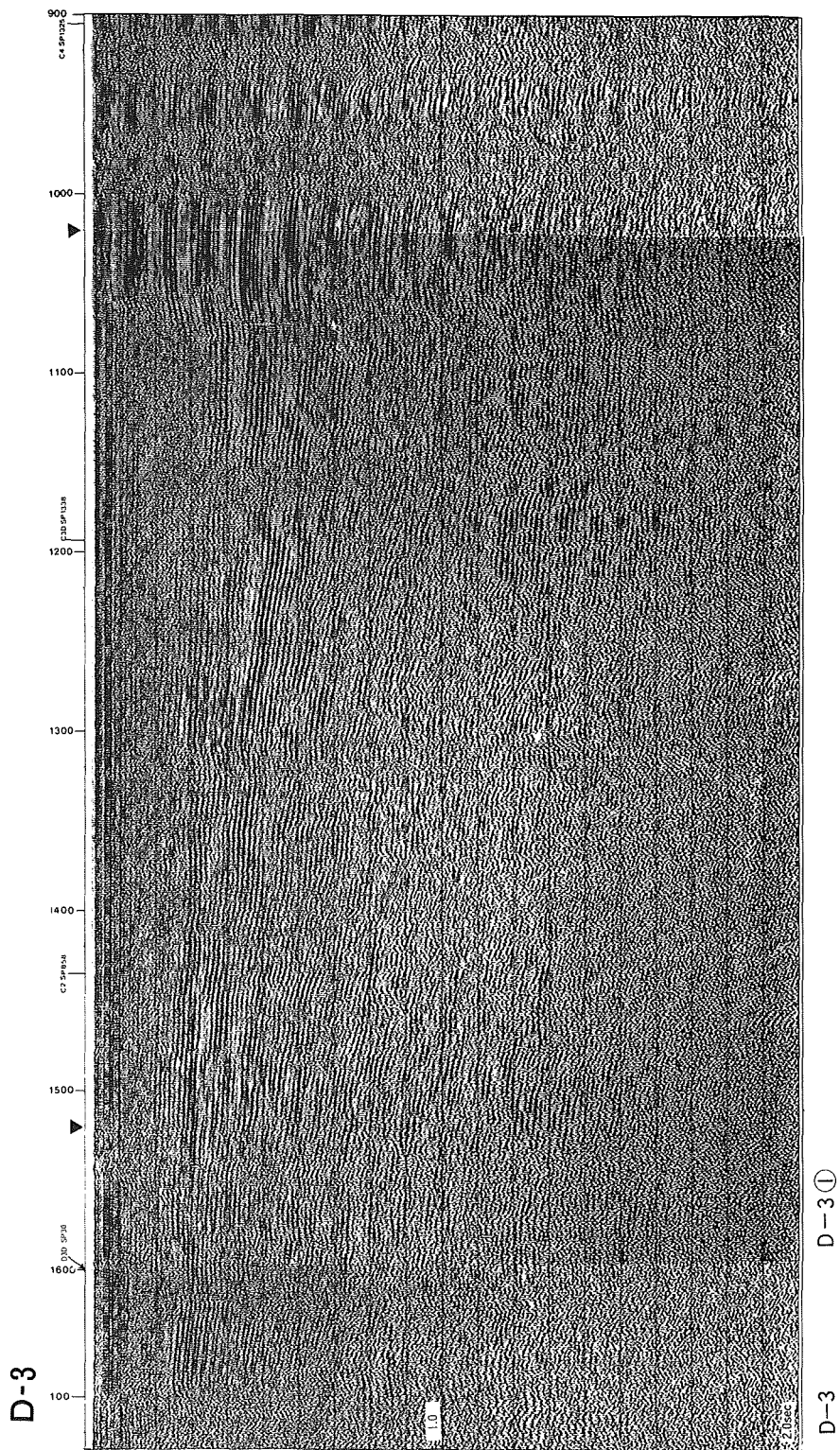


Figure 11. Seismic profiling record (7)
(Central part of D-3 in figure 20)

C1 - SP 120		C1 - SP 520		C2 - SP 20		C2 - SP 520		C2 - SP1820		C2 - SP1420		C800- SP 120		C800- SP 520		D1 - SP 20		D10 - SP 220		D10 - SP 820		D2 - SP 120			
TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS		
0.0	1480.0	0.0	1400.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0		
11.0	1520.0	91.0	1510.0	100.0	1500.0	110.0	1500.0	120.0	1500.0	60.0	1510.0	100.0	1500.0	90.0	1490.0	82.0	1540.0	95.0	1540.0	97.0	1510.0	60.0	1520.0		
21.0	1520.0	243.0	1505.0	320.0	1540.0	350.0	1560.0	340.0	1530.0	310.0	1550.0	407.0	1600.0	360.0	1580.0	391.0	1630.0	340.0	1643.0	363.0	1577.0	320.0	1600.0		
270.0	1520.0	600.0	1555.0	940.0	1550.0	990.0	1570.0	410.0	1540.0	400.0	1570.0	738.0	1670.0	703.0	1710.0	431.0	1660.0	550.0	1710.0	691.0	1730.0	400.0	1610.0		
292.0	1570.0	865.0	1575.0	980.0	1570.0	460.0	1590.0	480.0	1540.0	470.0	1580.0	859.0	1700.0	796.0	1740.0	640.0	1720.0	735.0	1740.0	895.0	1785.0	480.0	1640.0		
1135.0	1830.0	975.0	1775.0	470.0	1600.0	790.0	1700.0	610.0	1610.0	820.0	1630.0	445.0	1940.0	1615.0	1970.0	1193.0	1865.0	1427.0	1955.0	1593.0	1970.0	360.0	1720.0		
		1249.0	1865.0	830.0	1790.0	1160.0	1830.0	1120.0	1810.0	1350.0	1870.0	695.0	1990.0			1601.0	2000.0	1607.0	2000.0			1390.0	1840.0		
												900.0	2060.0									1420.0	1860.0		
C3 - SP 20		C3 - SP 520		C30 - SP 320		C30 - SP 820		C30 - SP1320		C30 - SP1820		D2 - SP 520		D2 - SP1120		D3 - SP 20		D3 - SP 520		D3 - SP1020		D3 - SP1520			
TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS		
0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0		
50.0	1520.0	100.0	1520.0	101.0	1505.0	103.0	1505.0	120.0	1505.0	80.0	1490.0	40.0	1490.0	110.0	1490.0	100.0	1520.0	140.0	1520.0	140.0	1500.0	90.0	1500.0		
100.0	1530.0	219.0	1535.0	322.0	1560.0	427.0	1630.0	422.0	1570.0	411.0	1590.0	400.0	1590.0	420.0	1600.0	470.0	1660.0	500.0	1560.0	420.0	1640.0	300.0	1530.0		
548.0	1590.0	278.0	1590.0	443.0	1600.0	466.0	1640.0	500.0	1650.0	480.0	1600.0	590.0	1600.0	700.0	1600.0	750.0	1740.0	720.0	1670.0	580.0	1650.0	360.0	1540.0		
576.0	1645.0	436.0	1650.0	567.0	1640.0	562.0	1670.0	600.0	1630.0	567.0	1630.0	730.0	1680.0	830.0	1700.0	930.0	1810.0	870.0	1720.0	620.0	1680.0	430.0	1545.0		
		625.0	1720.0	740.0	1680.0	808.0	1745.0	680.0	1660.0	930.0	1770.0	160.0	1790.0	1381.0	1925.0	1210.0	1920.0	1050.0	1510.0	820.0	1680.0	470.0	1550.0		
						970.0	1790.0	1050.0	1700.0	1365.0	1950.0	480.0	1860.0	1503.0	1970.0			1260.0	1910.0	1120.0	1790.0	1000.0	1600.0		
												990.0	1870.0	1883.0	2075.0			1500.0	1950.0	1400.0	1870.0	1260.0	1750.0		
C30 - SP2320		C200- SP 120		C4 - SP 20		C4 - SP 520		C4 - SP1120		C4 - SP1620		D30 - SP 220		D4 - SP 20		D4 - SP 520		D4 - SP1620		D5 - SP 120		D5 - SP 820			
TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS		
0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0		
11.0	1490.0	66.0	1510.0	80.0	1510.0	72.0	1520.0	120.0	1520.0	130.0	1525.0	120.0	1500.0	110.0	1500.0	90.0	1500.0	100.0	1520.0	80.0	1510.0	100.0	1500.0		
320.0	1520.0	282.0	1550.0	200.0	1540.0	350.0	1600.0	420.0	1560.0	401.0	1620.0	230.0	1520.0	210.0	1560.0	430.0	1650.0	430.0	1690.0	260.0	1635.0	230.0	1570.0		
464.0	1585.0	409.0	1570.0	400.0	1550.0	537.0	1650.0	509.0	1620.0	610.0	1690.0	290.0	1520.0	320.0	1580.0	400.0	1660.0	610.0	1790.0	444.0	1740.0	240.0	1590.0		
603.0	1645.0	620.0	1640.0	672.0	1660.0	692.0	1720.0	600.0	1650.0	660.0	1710.0	210.0	1530.0	450.0	1620.0	530.0	1670.0	690.0	1820.0	490.0	1760.0	480.0	1700.0		
1183.0	1865.0	1090.0	1800.0	1183.0	1865.0	1364.0	1880.0	1000.0	1750.0	780.0	1740.0	93.0	1740.0	076.0	1760.0	730.0	1710.0	730.0	1840.0	660.0	1810.0	680.0	1800.0		
				1607.0	2000.0	1562.0	1910.0	1200.0	1815.0	1005.0	1800.0	260.0	1660.0			860.0	1760.0			1060.0	1940.0				
									1473.0																
C4 - SP2120		C4 - SP2620		C5 - SP 120		C5 - SP 520		C5 - SP1120		C5 - SP1620		D30 - SP 220		D4 - SP 20		D4 - SP 520		D4 - SP1620		D5 - SP 120		D5 - SP 820			
TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS		
0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0		
119.0	1530.0	126.0	1520.0	106.0	1510.0	141.0	1500.0	120.0	1510.0	111.0	1515.0	120.0	1500.0	110.0	1500.0	90.0	1500.0	100.0	1520.0	80.0	1510.0	100.0	1500.0		
390.0	1610.0	342.0	1580.0	441.0	1580.0	493.0	1595.0	470.0	1641.0	409.0	1625.0	230.0	1520.0	210.0	1560.0	430.0	1650.0	430.0	1690.0	260.0	1635.0	230.0	1570.0		
456.0	1630.0	470.0	1630.0	615.0	1641.0	682.0	1640.0	630.0	1710.0	601.0	1730.0	290.0	1520.0	320.0	1580.0	400.0	1660.0	610.0	1790.0	444.0	1740.0	240.0	1590.0		
591.0	1660.0	590.0	1660.0	808.0	1720.0	820.0	1700.0	700.0	1723.0	640.0	1761.0	210.0	1530.0	450.0	1620.0	530.0	1670.0	690.0	1820.0	490.0	1760.0	480.0	1700.0		
800.0	1730.0	705.0	1730.0	1165.0	1775.0	996.0	1790.0	822.0	1765.0	830.0	1840.0	93.0	1740.0	076.0	1760.0	730.0	1710.0	730.0	1840.0	660.0	1810.0	680.0	1800.0		
940.0	1790.0					1196.0	1840.0	974.0	1835.0	880.0	1850.0	260.0	1660.0			860.0	1760.0			1060.0	1940.0				
						1515.0	1950.0	1150.0	1870.0																
C5 - SP2120		C5 - SP2620		C5 - SP3120		C500- SP 320		C500- SP 720		C6 - SP 120		D30 - SP 220		D4 - SP 20		D4 - SP 520		D4 - SP1620		D5 - SP 120		D5 - SP 820			
TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS		
0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0		
80.0	1510.0	70.0	1510.0	90.0	1510.0	81.0	1500.0	60.0	1510.0	60.0	1500.0	120.0	1500.0	110.0	1500.0	90.0	1500.0	100.0	1520.0	80.0	1510.0	100.0	1500.0		
200.0	1620.0	219.0	1560.0	180.0	1540.0	343.0	1560.0	290.0	1580.0	310.0	1600.0	230.0	1520.0	210.0	1560.0	430.0	1650.0	430.0	1690.0	260.0	1635.0	230.0	1570.0		
440.0	1720.0	339.0	1660.0	270.0	1560.0	550.0	1635.0	446.0	1645.0	500.0	1650.0	290.0	1520.0	320.0	1580.0	400.0	1660.0	610.0	1790.0	444.0	1740.0	240.0	1590.0		
484.0	1730.0	430.0	1730.0	340.0	1590.0	602.0	1730.0	690.0	1720.0	750.0	1750.0	290.0	1520.0	320.0	1580.0	400.0	1660.0	610.0	1790.0	444.0	1740.0	240.0	1590.0		
650.0	1800.0	570.0	1790.0	524.0	1660.0	1405.0	1960.0					290.0	1520.0	320.0	1580.0	400.0	1660.0	610.0	1790.0	444.0	1740.0	240.0	1590.0		
715.0	1820.0	725.0	1835.0	974.0	1955.0	1720.0	2000.0					260.0	1660.0			860.0	1760.0			1060.0	1940.0				
C6 - SP 520		C6 - SP1820		C6 - SP1420		C6 - SP1920		C7 - SP 20		C7 - SP 520		D30 - SP 220		D4 - SP 20		D4 - SP 520		D4 - SP1620		D5 - SP 120		D5 - SP 820			
TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS	TIME	VRMS		
0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0	0.0	1480.0		
100.0	1520.0	166.0	1510.0	25.0	1490.0	130.0	1520.0	122.0	1510.0	137.0	1500.0	120.0	1500.0	110.0	1500.0	90.0	1500.0	100.0	1520.0	80.0	1510.0	100.0	1500.0		
390.0	1690.0																								

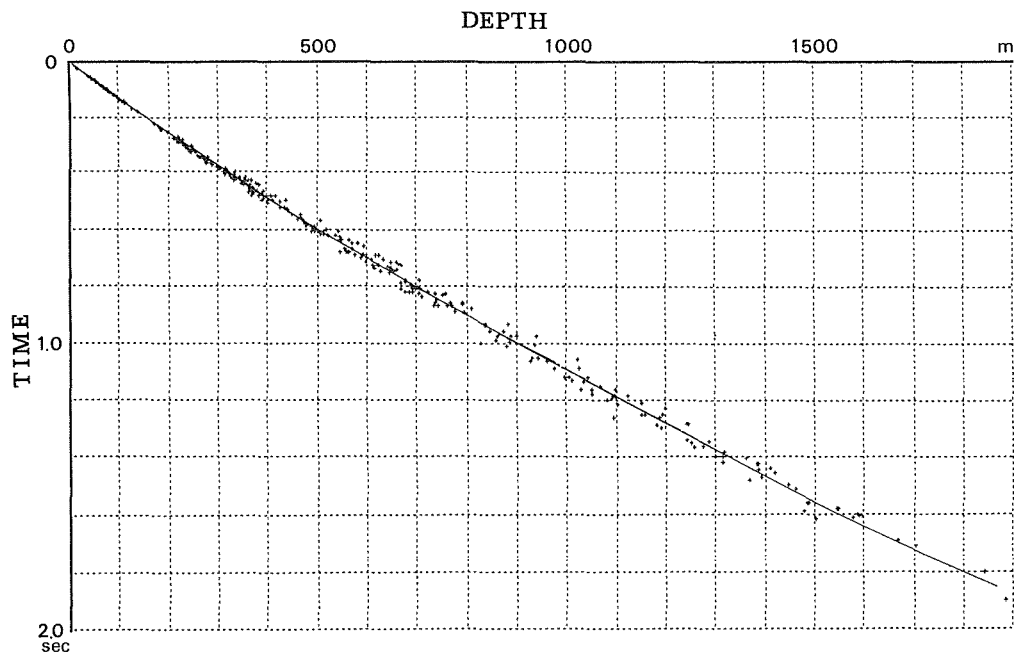


Figure 4. Correlation of velocity and depth

られない。おそらく音波に反応する地層の性質とも関わる事が予想され、これについては項を改めて考察したい。

1) T A層

最上部に占めるT A層は、水平に近い明瞭な音響的層理が認められる特徴のある層で、T B層以下の地層を傾斜不整合に覆っている。T A層基底はa層準で、これを追跡すると養老川河口南の姉崎沖で最も深く、700m以深となる。

T A層が比較的厚い湾の東京地域では、内部に著しい反射面が8層から9層確認できる。T A層が薄い湾の西部や南部地域でも3層から4層の反射面を数えることができる。反射面間の層は白っぽく抜ける傾向があり、おそらく未固結の砂や砂礫のような堆積物からなる可能性がある。また、白く抜ける部分は上方に向かって徐々に黒っぽくなる特徴があり、これは地層の中に一種のグレーディングが形成されている可能性を示唆する。強い反射面間の層厚は比較的一定しており、およそ70mから100mである。上述の音響的層相と合わせ考えると、周期的な堆積のサイクルをもつ地層群が、累重していることを推定させる。

2) T B層

T B層は湾の北東部、多摩川河口と小櫃川河口を結ぶ線により北側のみ分布する。南部ではa層準により削割され、T C層の上位にT A層が直接重なる関係にある。T B層基底のb層準は、上記のa層準などと比較すると明瞭な反射面とはいえ、可能性のある複数の反射面の中から、深層部調査(加藤, 1984a)の断面のW層準の深度に当たる、あるいはそれに近いものを選び出した。千葉港沖付近で最も深く、1,500m以深に達する。

T B層の層相は、反射面の強さと連続性でややT A層より劣るものの、比較的明瞭な音響的層理をもっている。反射面間の間隔はT A層の場合より一般に薄い、厚さが均等なりズミックな周期をみせている点はT A層に類似する。しかしグレーディングを示すような層相は認められない。このような音響的特徴から、

おそらく砂岩泥岩互層のような層相をなすことが推定される。なお、深層部調査で確認されていた、あたかも“三角州の前置層”を思わせる構造（加藤，1984a）も一部において認められた。

3) TC層

TC層の音響的層理は深部につれノイズが増しているためにさらに不明瞭で、基底部のc層準がかろうじて確認できるのは湾の南半部である。ここではTB層に類似する音響的層理面があって、ところにより緩やかな褶曲構造をみせている。深度1,000m以深では反射面もほとんど認められず、全面的に“霜降り”状のパターンとなるところをTD層とした。c層準は深層部調査の断面から類推した。

TC層の反射面もまたリズムミクな周期をもち、前述のTB層の音響的層理の特徴ともよく似ていて、やや不明瞭な点を除いては本質的な違いはほとんどみられない。このことは、TB、TC層が基本的には同じような層相をなし、同じような堆積環境のもとに堆積した。一連の地層群であることを暗示している。

なお、c層準の深度は横浜の本牧沖付近がもっとも浅く、深度600m程度であるが、北東に深くなり、小櫃川河口沖では1,200m以深となっている。これより北方では確認できない。

4) TD層

本牧沖のTC層の下位には、反射面をほとんどもたない“霜降り”状のパターンを示す部分があり、TD層として区分した。深層部調査では、エアガンによる音波探査でTD層に比較的明瞭な音響的な層理が認められていることから、スパーカーによる音波探査で深部に向かってエネルギーが減衰し、ノイズだけが残ったのではないかと考えられる。

(3) 各測線毎の断面図に描かれた特徴

各測線毎に、音響探査断面図に描かれた地質構造について記述する。東京湾の南西から北東にかけて7本、および横浜港から千葉港にかけて1本、計8本の調査測線が引かれているが、これらをC測線（C-1～C-8）、また、東京湾の北西から南東に引かれた5本の調査測線をD測線（D-1～D-5）と呼ぶことにする（第12図）。

1) C-1測線

C測線のうち最も西部にある。調査測線は隅田川河口沖から荒川河口沖にかけて走る。a層準は深度150mから200mにあり、南西方にやや深い。TA層はここでは特徴のない均質な層にみえ、むしろ、TB・TC層内部には断続的だが反射面が認められる。b層準、c層準はそれぞれ300m前後、1,000～1,200m付近にあるものとみている。発振点200（以下SP200と略）からSP250付近に、ノイズによるカーテン状の反射面不明瞭ゾーンがある。これを狭むTB層の音響的反射面が、境界部で下方にたわむ様子が認められる。反射面が下方にたわむ原因、すなわち音波速度が遅くなる原因については、次章で改めて考察する。

2) C-2測線

TA層基底のa層準は、深度250mから350mにある。測線の南半部では水平に近いが、北半部ではやや深くなる傾向がある。TA層内の反射面はノイズのため一般に不明瞭で、特に断面の上半部にその特徴がみられる。一方、下半部にはよく連続する反射面が現れている。TB層は北半部の4分の3程を占めて分布し、南ではTA層に不整合に削剝されている様子が認められる。b層準が尖滅する地点は、SP500付近にある。TB層の層相は、連続性にやや乏しい弱い反射面をもち、わずかに北方に深くなる構造を示す。TC層はTD層との境界（c層準）が南半部でかろうじて追跡でき、800mから1300mと北方に下がっていくが、北半部では確認できない。

この他、カーテン状のノイズゾーンは、やや幅広いものがSP1500とSP1600付近にある。またSP700付近に、

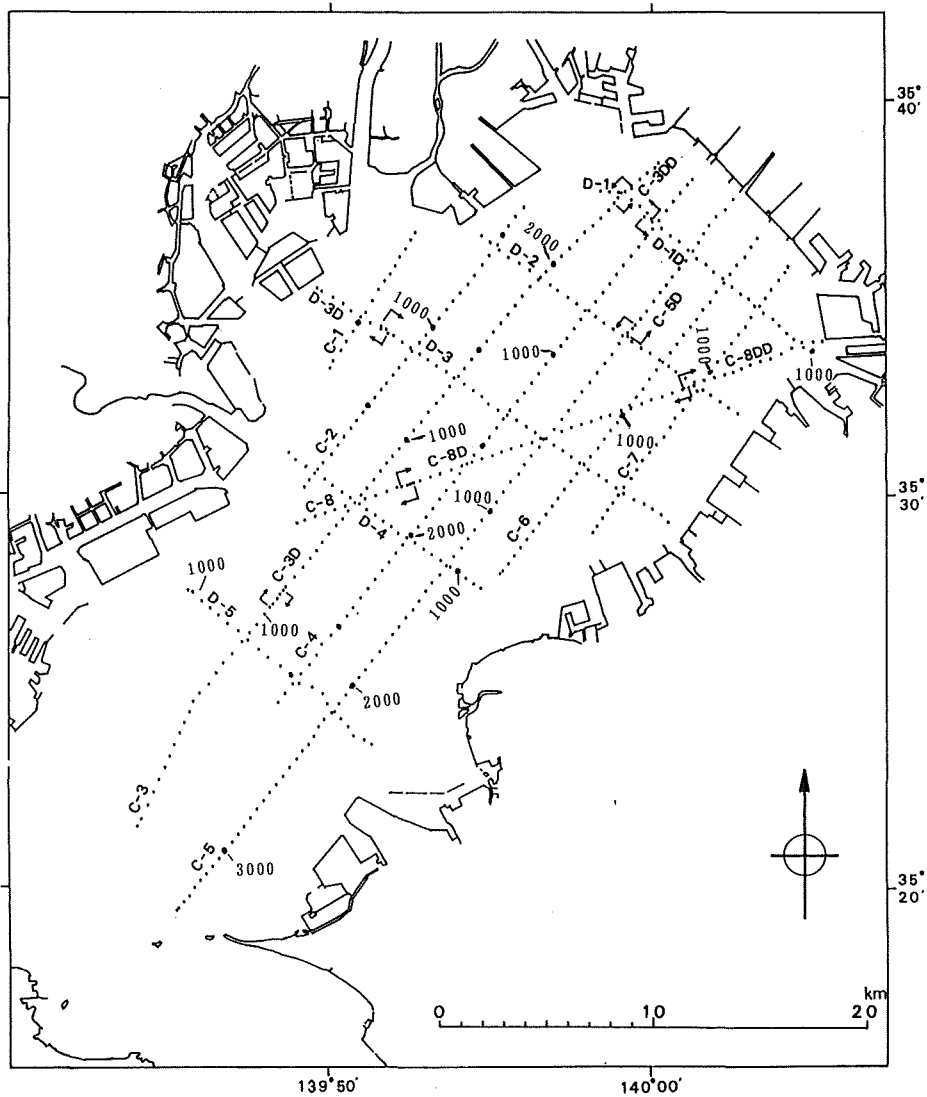


Figure 12. Shot point map

TC層内の層理を変位させているような構造が認められるが、断層かどうか確認できない。

3) C-3測線

この測線の南半部は、第1図に示すように、深層部の調査測線のA-1測線の南半部にほぼ一致している。北半部では若干のずれはあるが、近くを通っている。12重合断面図では、C-3、C-3D、C-3DDの3つの調査測線が接合されている。解釈図ではC-3①、②、③に示してある。TA層基底のa層準は南部で浅く本牧沖で深度100m、D-2・D-3測線との交点付近で最も深くなり、400mである。TA層の層相は、前測線と同様に、南西側では反射面はあまり明瞭ではない。しかし、C-3D測線SP900地点から北方では、連続性のよい強い反射面が数層準に現れてくる。多い部分では基底面も含め、6層準数えることができる。特にC-3DD測線SP250付近から南に、C-3D SP1600付近までは、a層準の直上がはっきりと連続して白く抜ける部分がある。つまり音響的に透明な層となっており、砂礫層のような層相を呈する可能性がある。TB層は

C-2測線と同様に、D-4測線との交点付近から北方にのみ分布し、これより南ではa層準により削剝されている。b層準は北方に次第に深く、D-1測線との交点付近では1100m程の深さに達する。TB層の層相は一般に薄く弱い反射面をリズムックに挟み、フリッシュ堆積物を思わせる。下位のTC層の層相もTB層に類似する。TC層は全線にわたり分布するが、著しい特徴を示すのは南部の本牧沖である。ここでは、中ノ瀬付近を中心とする緩やかな背斜構造が現れている。

カーテン状のノイズゾーンは、C-3 SP900, C-3D SP100, 同SP1250~SP1450, 同SP2050~SP2300, C-3DD SP200付近などにある。

4) C-4測線

解釈図ではC-4①, ②に示してある。a層準はD-4測線との交点からD-2測線との交点までの、湾のほぼ中央部が最も深く、深度500mから550mのところにある。SP2400からSP1700付近ではTA層の特徴がよく現れており、よく連続する明瞭な反射面が少なくとも7層は確認できる。またC-3測線に認められたような、反射面の直上が白く“透明”になる特徴もみられ、特にa層準の直上で著しい。TB層はC-8測線との交点より北部の地域に分布する。TB層の音響的層相は、他の測線と同相にやや連続性には乏しいが、薄い反射面を互層状に挟むフリッシュ堆積物状の層相を示す。TB層基底のb層準は北方に次第に深くなり、最北部のD-1測線との交点付近では深度1100m付近にある。湾の南部ではTA層は直接TC層に重なるが、TC層の層相はTB層とほとんど等しく、明瞭な区別はできない。c層準の深度は南西から北東に向かって深くなり、600mから1300mまでは追跡した。

カーテン状のノイズゾーンは、C-4 SP2450以南, SP1700~SP1500, SP1200, SP200, SP1100~900, SP600, SP500, SP400~SP250, SP200~SP50付近にあるほか、幅の狭いゾーンが多数認められる。

5) C-5測線

この測線は深層部調査の際のA-2測線に近いルートを走っており、離れた部分でも2 km程度である。12重合断面図では、C-5およびC-5Dの2本の調査測線を接合して図示されている。解釈図では、C-5①, ②, ③, ④に示してある。a層準は南端部の富津岬沖で浅く深度100m、最も深いのはC-5 SP1000付近で、深度600mである。深い部分ではTA層の層相の特徴がよく現れており、著しい反射面が7~8層数えられる。南端部SP3100付近では反射面が乱れる部分があり、浅いトラフ状の凹地構造がみられる。これはさらに上位の地層がTA層を不整合により削剝しているとも読めるが、不明瞭で実態は定かではない。TB層については、SP1500以北に楔型に分布する。b層準は北端部が最も深く、深度1100m程にある。TC層の中では、測線の南半部、中ノ瀬付近において緩やかな向斜構造と背斜構造が認められる。背斜構造はC-3測線に認められたものに連続する可能性が強い。なお、TD層の層相はTC層に比較して反射面が弱い、という程度で、著しい差は認められない。

カーテン状のノイズゾーンは、C-5 SP1800~SP1700, SP950, SP850~750, SP450, SP200およびC-5 D SP600付近にあるほか、幅の狭いゾーンは多数認められる。

6) C-6測線

解釈図ではC-6①, ②に示してある。a層準はD-3測線との交点付近が最も深く、深度650mである。明瞭な反射面が8~9層は確認できる。TB層の厚さの分布はTA層とは若干異なって北方に偏る様子が見られ、b層準が最も深くなるのはD-2測線との交点の北、C-6 SP600付近である。この付近では、TC層内の反射面も下方にたわむ、弱い向斜構造が認められる。

カーテン状のノイズゾーンは、C-6 SP1600, SP1400, SP1000~800, SP200付近に、顕著なものが認め

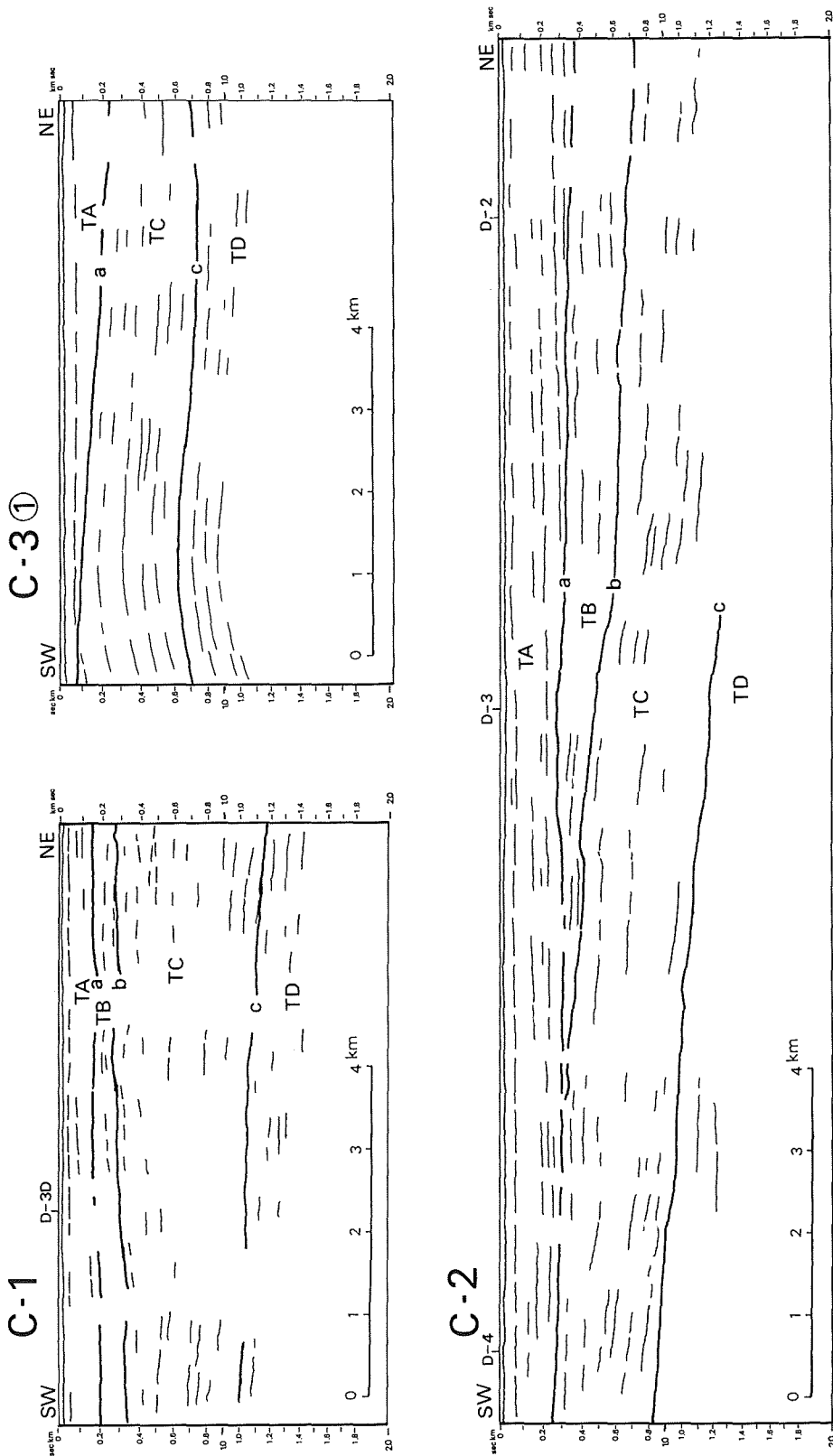


Figure 13. Geological section (1) C-1, C-2, C-3-①

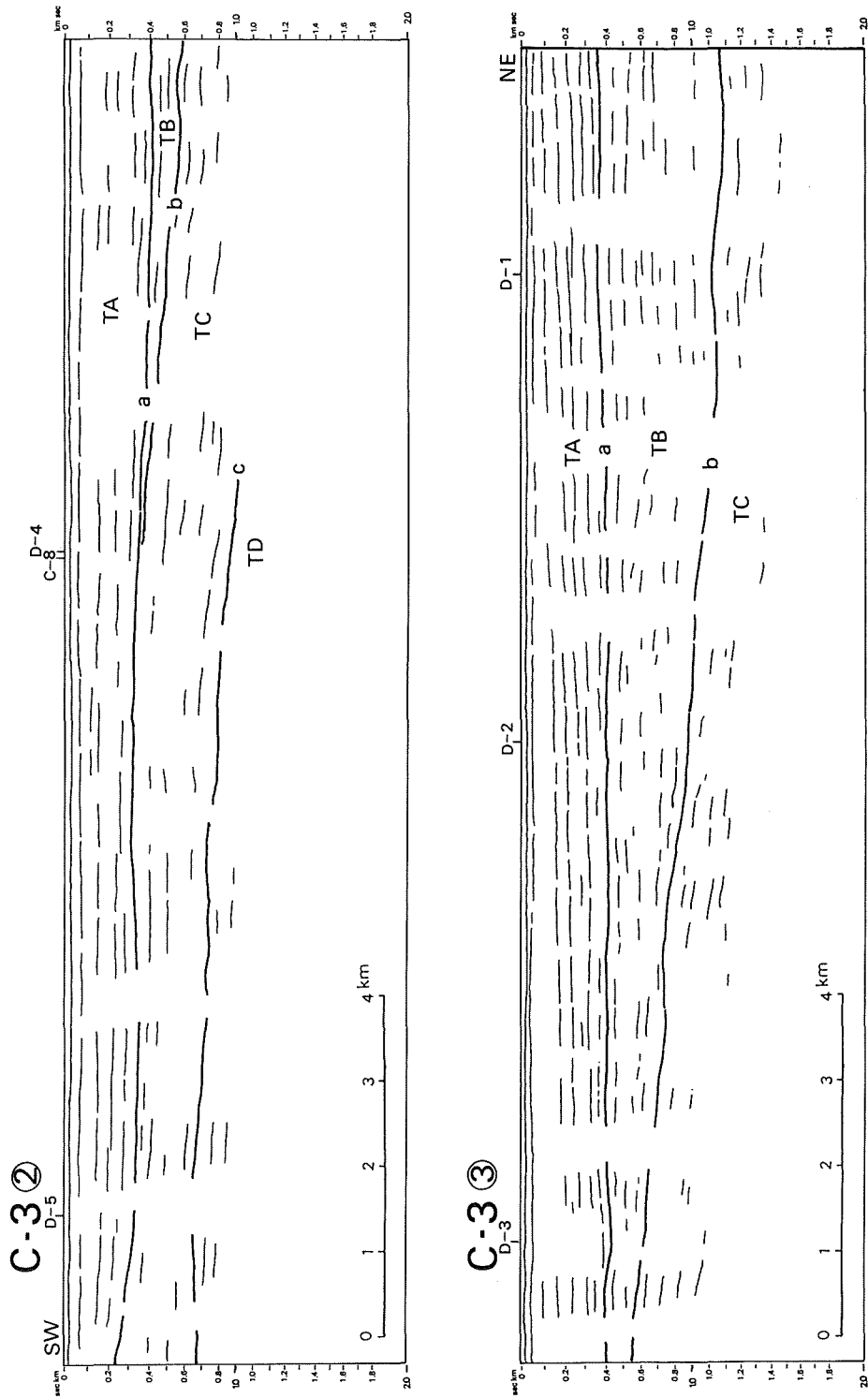


Figure 14. Geological section (2) C-3-2, C-3-3

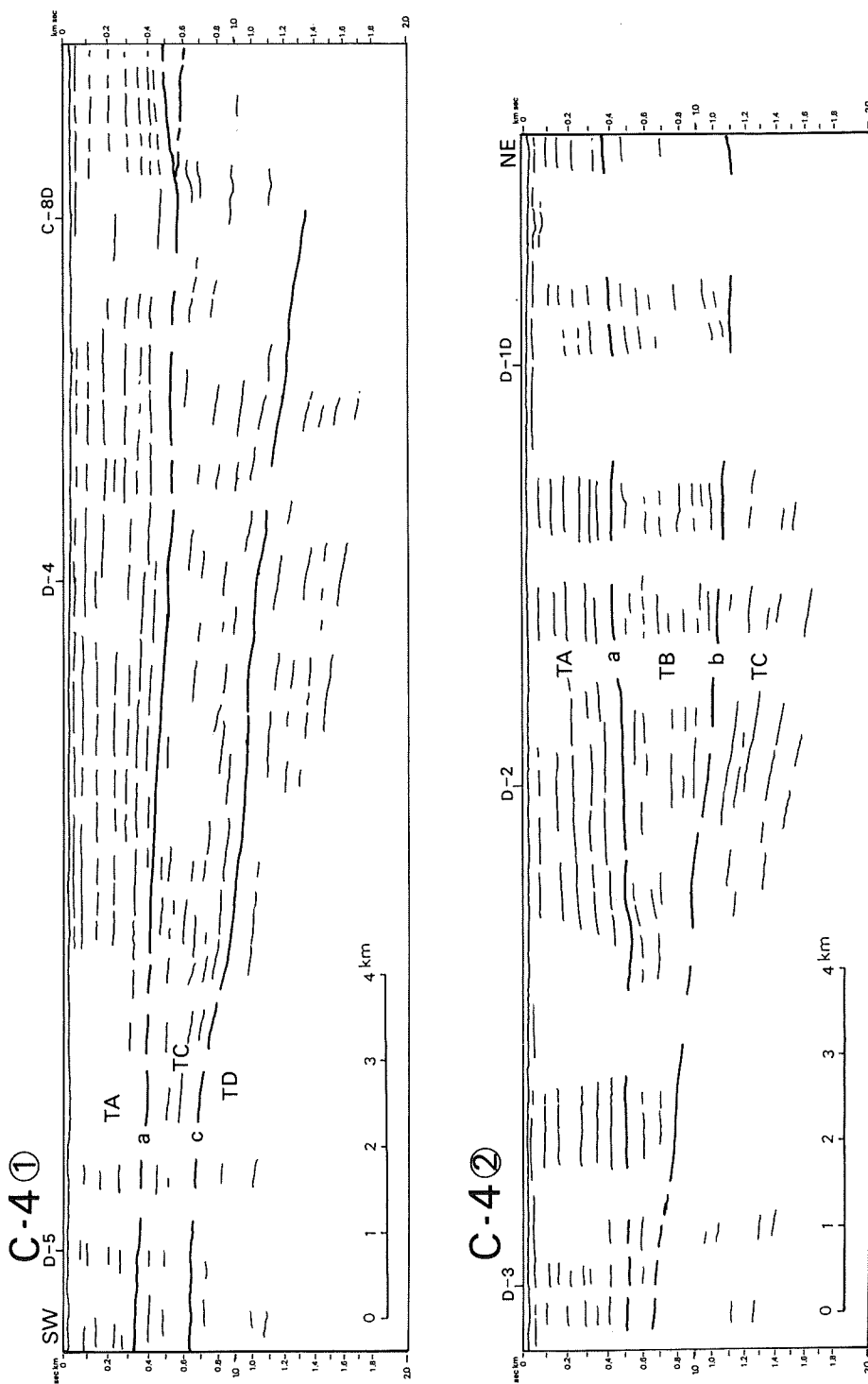


Figure 15. Geological section (3) C-4-①, C-4-②

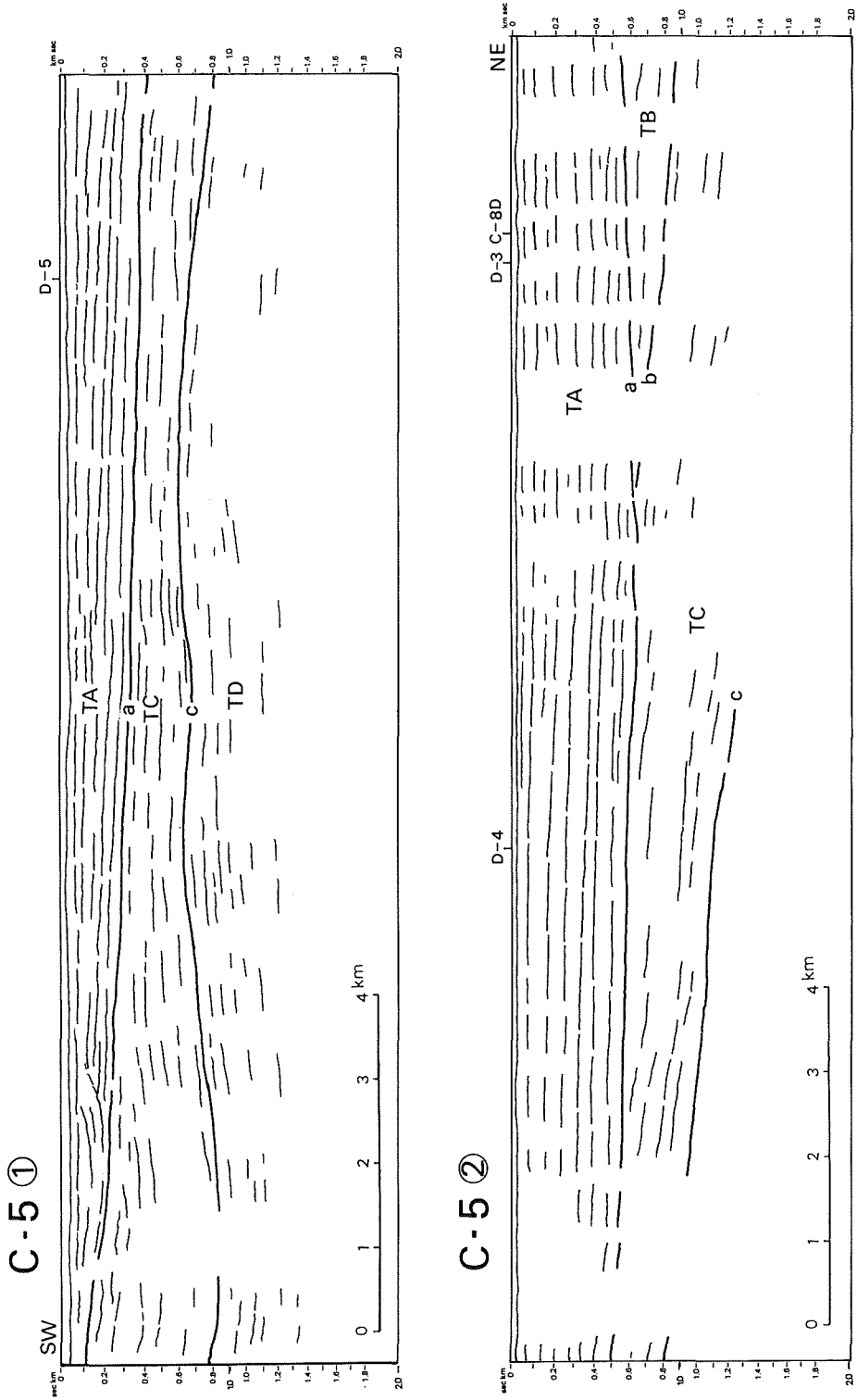


Figure 16. Geological section (4) C-5-①, C-5-②

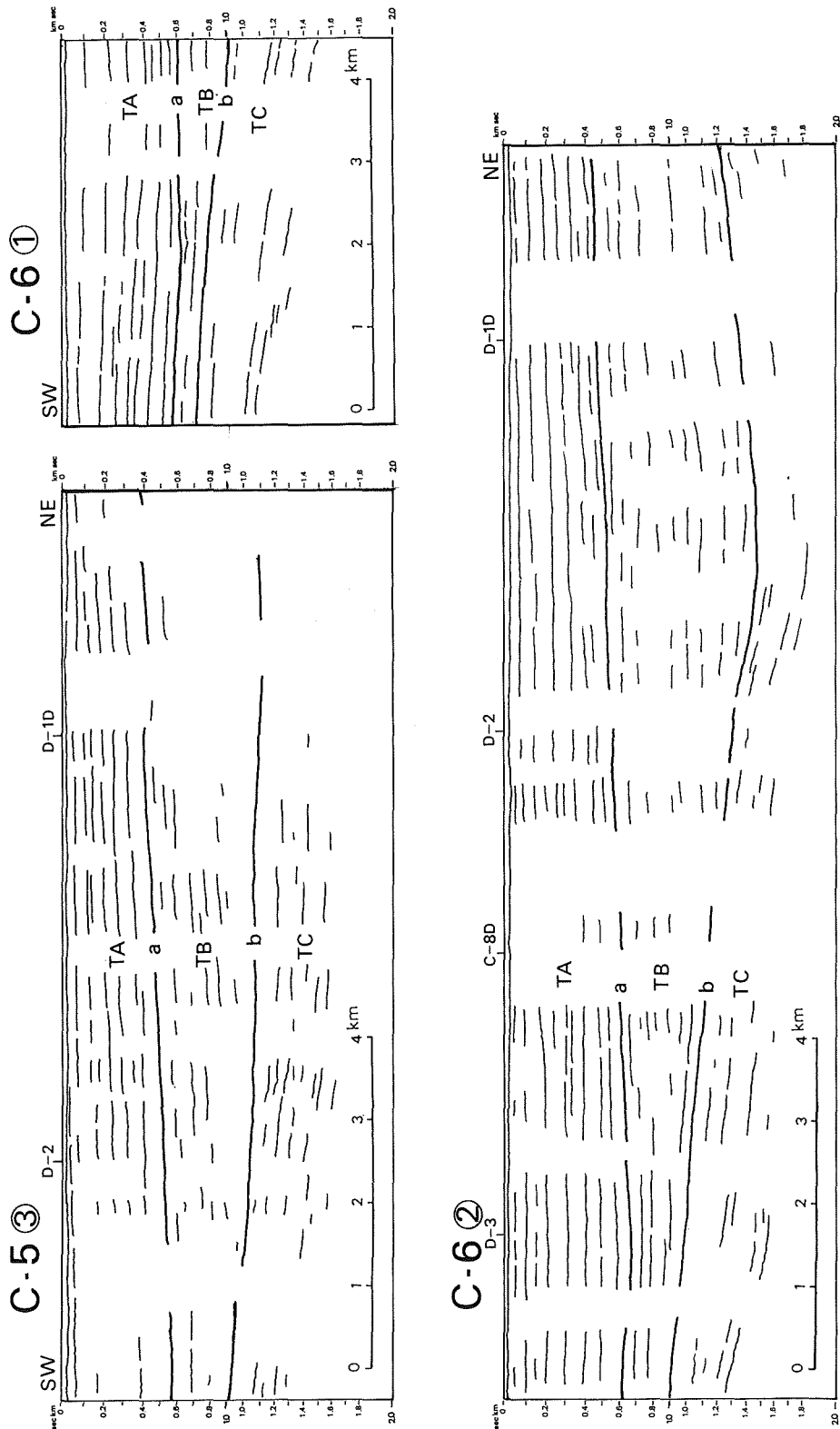


Figure 17. Geological section (5) C-5-③, C-6-①, C-6-②

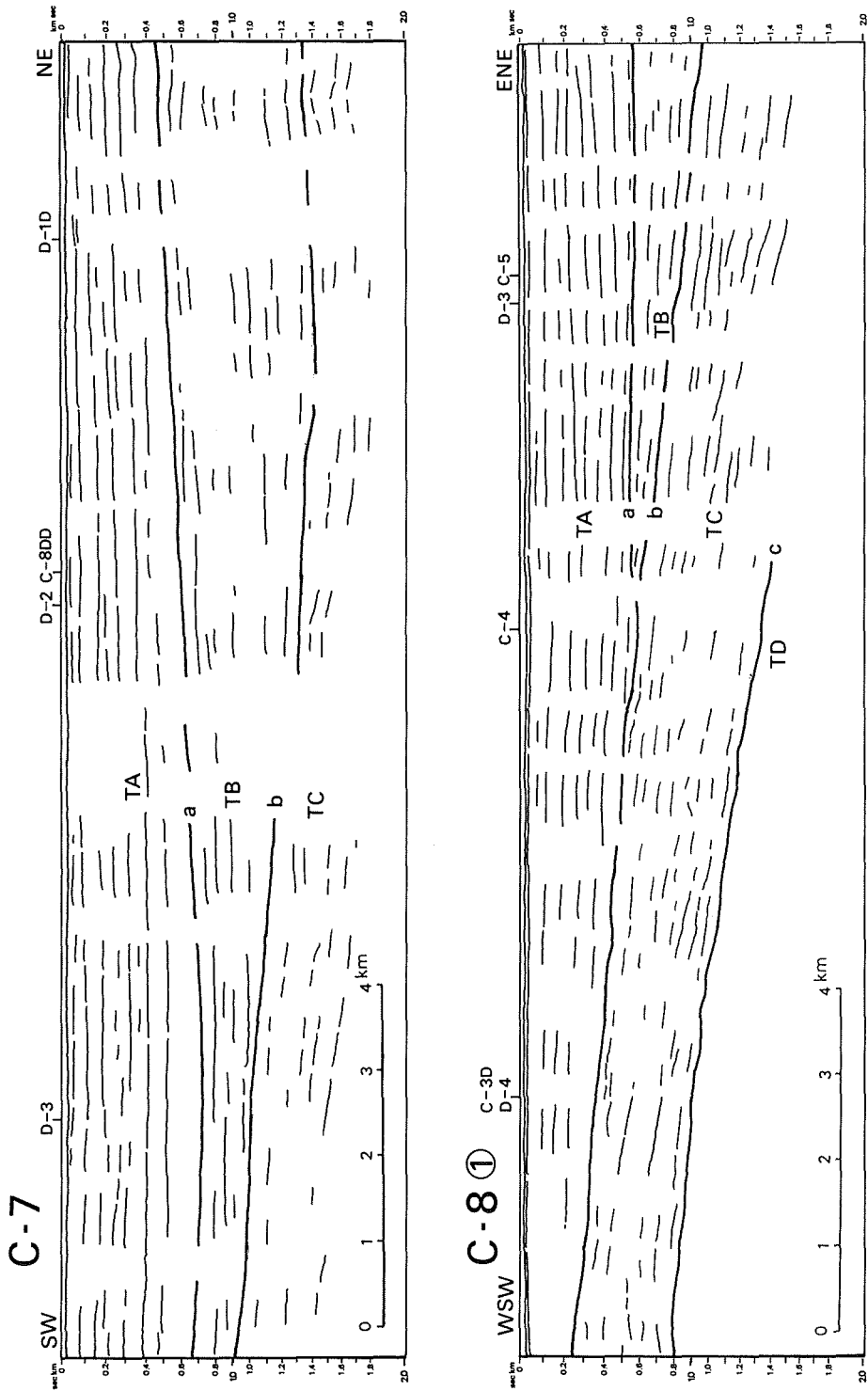


Figure 18. Geological section (6) C-7, C-8-①

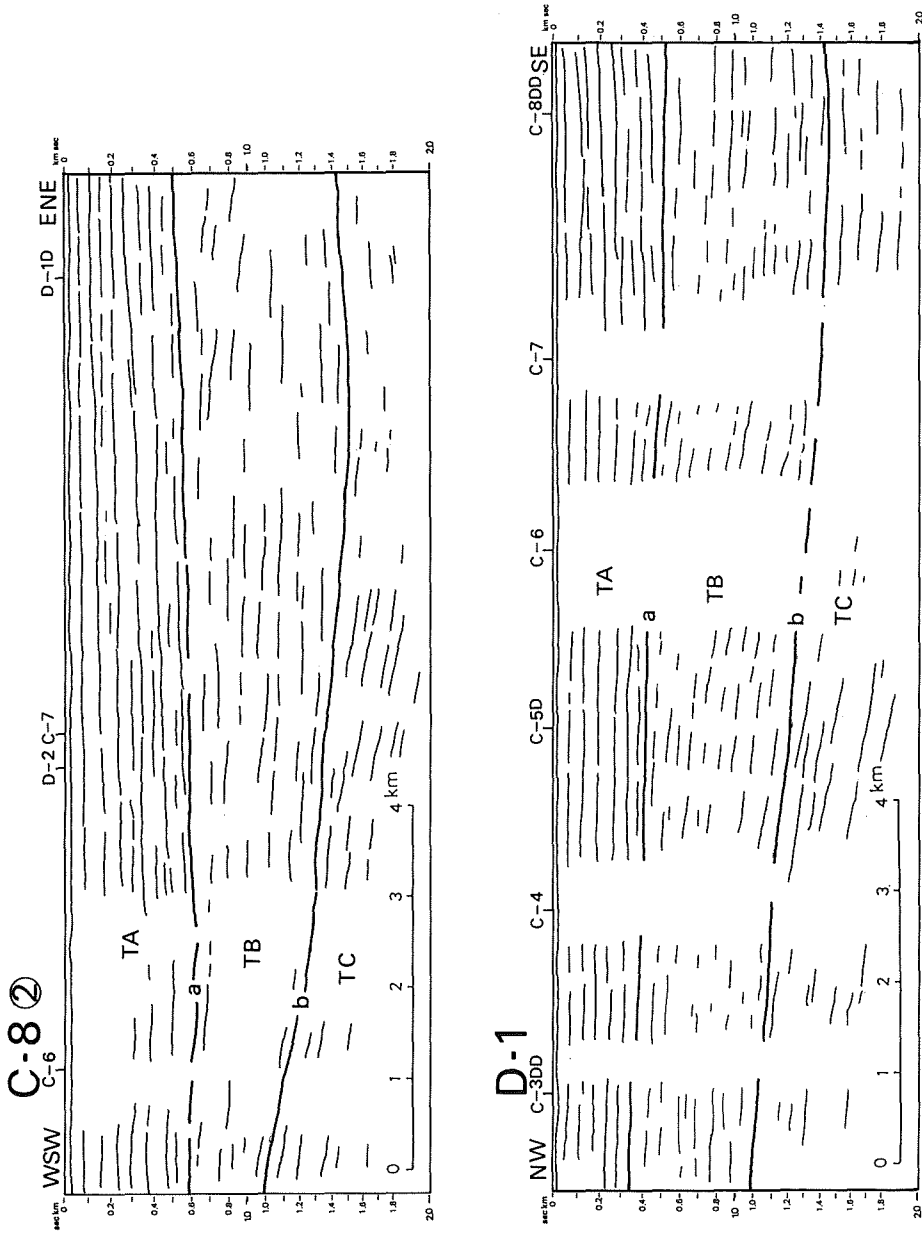


Figure 19. Geological section (7) C-8-②, D-1

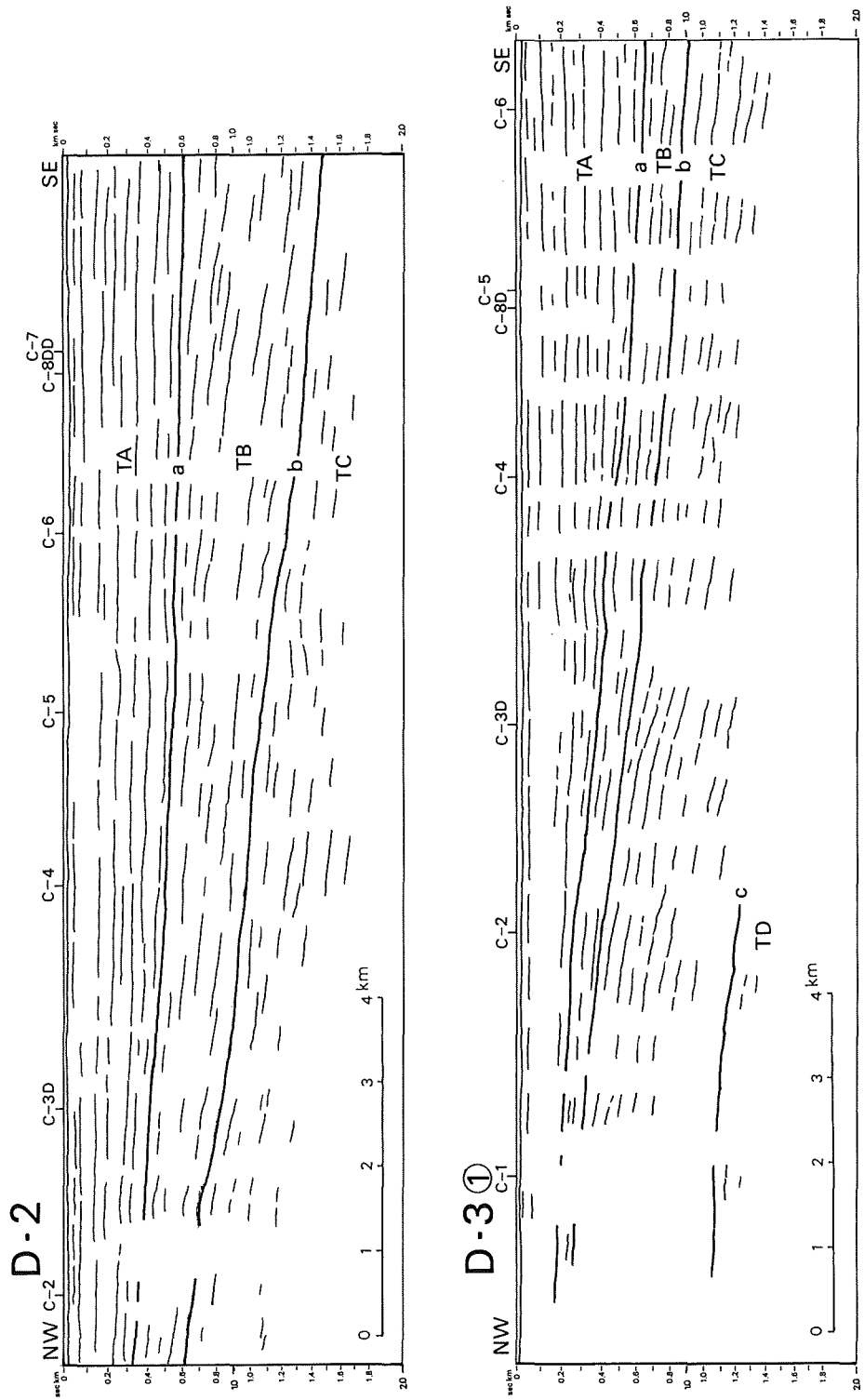


Figure 20. Geological section (8) D-2,D-3-①

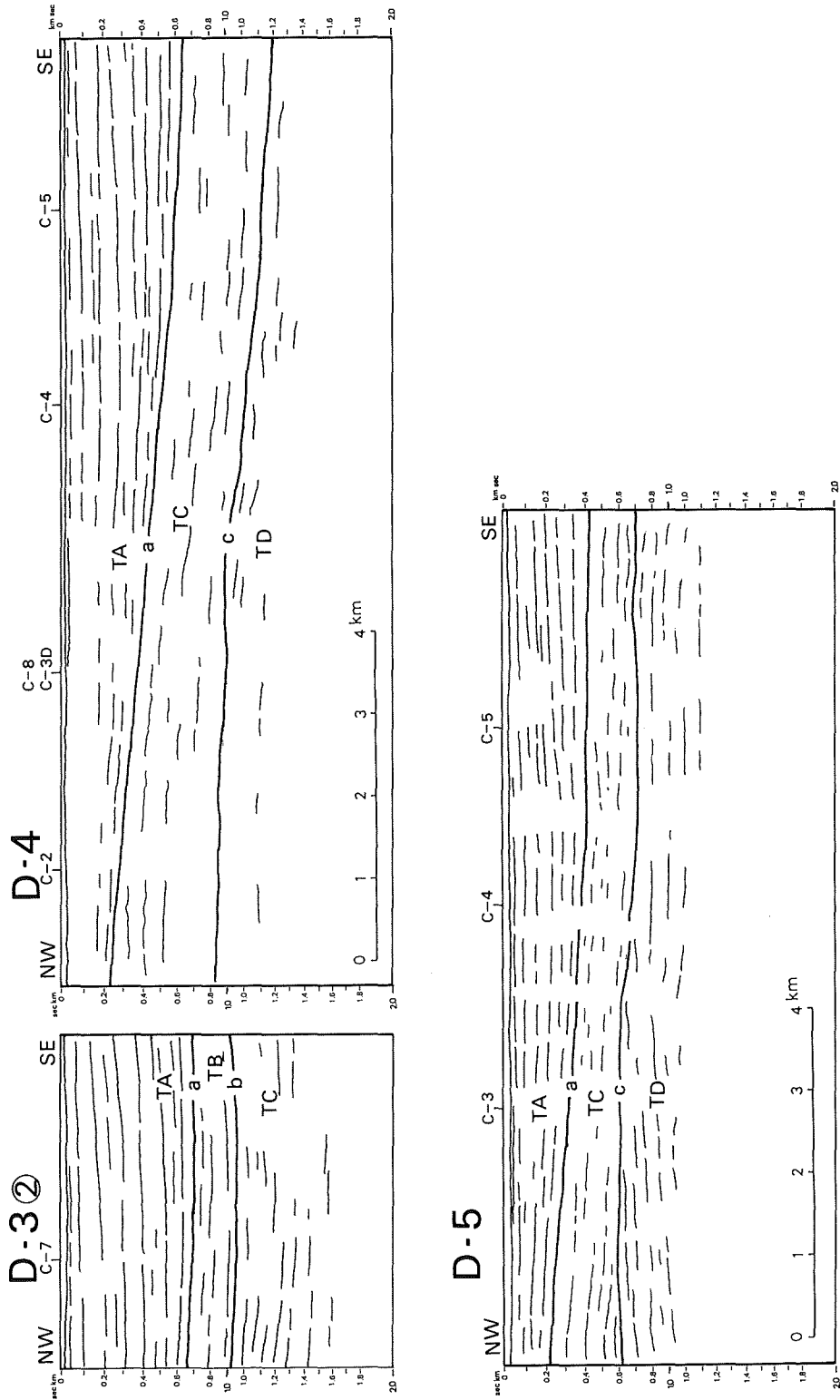


Figure 21. Geological section (9) D-3-②, D-4, D-5

られる。

7) C-7測線

C測線の中では最も東側にある。姉崎沖から千葉港沖にかけて走っている。a層準はC-6測線と同様にD-3測線との交点付近が最も深く、深度は700m以深に達する。明瞭な反射面が8ないし9層は確認できる。下位から4層目の著しい反射面の直上が白く抜けている部分があるが、砂礫層の存在を暗示する。b層準が最も深いのはD-1D測線との交点付近で、深度1400m程度である。C-6測線と同様、TB層の分布はTA層と比較して北方に偏っている。

カーテン状のノイズゾーンは、C-7 SP600~800付近に、顕著なものが認められる。

8) C-8測線

他のC測線およびD測線とは異なり、これらと交わるように設定された測線で、多摩川河口沖から千葉港沖まで、西南西-東北東方向に走っている。12重合断面図では、C-8、C-8D、C-8DDの3つの調査測線が接合されている。また、解釈図ではC-8①、②に示してある。a層準は深度250mから600mにあり、一般に南西側が浅い。最も深いのはC-5~C-7測線との交点付近である。見かけの上ではほとんど水平な構造だが、これは堆積盆地の延びの方向に測線があるためである。深い部分ではTA層の層相の特徴がよく現れており、連続する反射層は8層は確認できる。TB層はC-4測線との交点より東方に分布する。b層準は東部では深度1400mに達する。

ノイズゾーンは、南西部に著しいものがあるが、C-8D SP1050~1300付近にも幅広いものがある。その他、幅のせまいものも多い。

9) D-1測線

D測線のうち最も北側にある。船橋沖から千葉港沖まで北西から南東に向かって走る。12重合断面図では、D-1、D-1Dの2つの調査測線が接合されている。解釈図ではD-1に示してある。5本のD測線の中では一般的な地層の深度は比較的深い方にあり、TA層基底のa層準は300mから500mにある。南東部ほど深い。b層準は南東端付近が最も深く、1400m以深に達する。

カーテン状のノイズゾーンは、D-1 SP150、D-1D SP100、SP400~550、SP750付近に認められる。

10) D-2測線

この測線のルートは、深層部調査のB-1測線にほぼ一致する。解釈図ではD-2に示してある。a層準の深度は300mから600mにあり、東方に深い。b層準はa層準より傾きが大きく、深度600mから1500mにあって東に下がっている。TB層の内部の堆積構造をみると、a層準に斜交するような音響的層理のパターンが見られ、特に東部に著しい。深層部調査でも同じルートを走るB-1測線に同様の構造が現れていて、これについては、あたかも三角州の前置層のように、と記述されている。ただしこれが三角州の前置層であるかどうかは今回の調査では判断できない。

ノイズゾーンは西半部に認められるが、TA層の上部のみが不明瞭になる部分が多い。

11) D-3測線

このルートは深層部調査のB-2測線にほぼ一致する。12重合断面図では、D-3D、D-3の2つの調査測線が接合されている。解釈図ではD-3①、②に示してある。a層準の深度は300mから700mにあり、他のD測線同様に東方に深くなるが、最東端ではやや逆向きに上がる傾向が見られる。この傾向はTA層全体の反射面の構造に認められる。後述のように房総半島の地質の一般的な構造は北西方に傾いており、この影響が現れているものとみてよい。TB層はこの測線では全体的に薄くなっている。各C測線に描かれた構造が

らもわかるように、TB層は東京湾の南部ではTA層堆積前に削剝されているためである。

TA層の上部が不明瞭になるノイズゾーンは、前測線同様にD-3 SP1050付近から西方に現れている。この影響で、SP1050付近のTA層の内部の反射面が、下方に向かってたわむ見かけの構造が現れている。あたかも断層か撓曲構造のように見えるが、そのようなものではないと考えている。

11) D-4測線

この測線のルートは、深層部調査のB-3測線にわずかな距離をおいて平行して走るが、ほぼ一致しているとみてよい。解釈図はD-4に示してある。a層準の深度は200mから650mにあり、他のD測線同様に東方に低くなる。しかし、TA層の内部の層理は水平か西に傾く傾向が見られる。TA層の下位にはTB層を欠き、直接TC層が接している。

TA層の上部が不明瞭になるノイズゾーンは、やはりD-4 SP550付近から西方に現れている。

12) D-5測線

D測線のうち最も南部にあって、深層部調査のB-4測線にほとんど一致している。解釈図ではD-5に示してある。a層準は深度200mから400mにあり、C-5測線との交点付近から東部はほぼ水平な構造を示すが、TA層の内部の層理は西向きに低下する傾向がある。TA層の下位にはTB層を欠いてTC層が横たわる。c層準の構造は緩やかなうねりの構造をもち、ところにより、a層準とは逆の西に傾く構造を示す。

(4) 各層準の等深線図

TA、TB、TCの各層の基底面であるa、b、cの各層準について、等深線図を描いた(第22図~第24図)。これらの図に特徴について、若干の考察をしたい。

1) a層準

この層準は調査地域全域にわたり追跡できるために、かなり精度の高い図が得られている。ほぼ現在の東京湾の伸びの方向に当たる北東-南西方向に走る等深線をもち、細長い楕円の概形を示している。北西の東京湾付近の深度150mから徐々に南東に低下して、姉崎沖の深度700mの盆地の中心に至る。この構造は深層部の調査でもおおよそ推定されていたが、盆地の中心でこれが確認されたのは初めてである。なお、この構造はかつて楡井ほか(1976)により描かれた東京湾地下の構造(後に東京湾不整合とされた。楡井, 1981)とも、よく似ている。

このほか、南端部において僅かに盛り上がった構造が認められる。これは下位層、特にTC層の構造とも関わる可能性があるため、詳しくは後述する。

2) b層準

TB層は、多摩川河口沖から小櫃川河口沖を結んだ北方にのみ分布するため、b層準の構造が描ける範囲は東京湾北部のみである。ほぼ南北に走る等深線をもち、西から東に次第に低下して、千葉港沖が最も深く、1500mに達する。

なおb層準は加藤(1984a)のW層準に相当するが、加藤はTA層とTC層の境界層準もW層準に含めて図を描いている。これに対し、ここではTB層はa層準により削剝されているとの層位学的方法を優先させたため、湾の南部では描かれていない。

3) c層準

湾の南部の中ノ瀬付近が浅く、600m以浅となりここに背斜構造状の膨らみがある上に、富津岬沖では東西方向に延びる向斜構造状の凹部も認められる。この向斜構造は加藤(1984a)によっても指摘されているが、西方陸域の上総層群中にみられる富岡向斜(伊田ほか, 1961:三梨・菊地, 1982)に連続する可能性が高い。

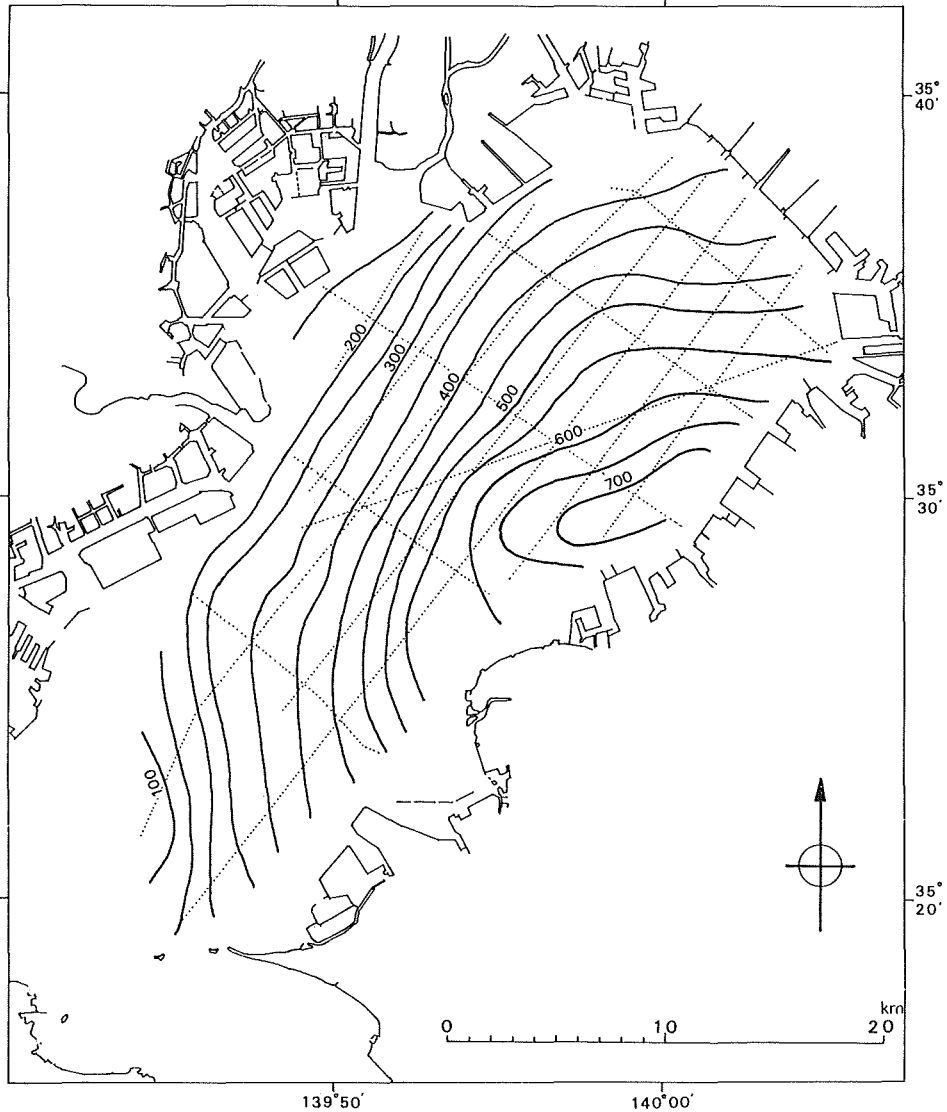


Figure 22. Depth of horizon a

この向斜の北翼の傾きは、およそ100/1000である。一方、中ノ瀬付近に確認される背斜構造は、西方の横浜地域、特に延長部に当たる本牧台地付近には該当する構造は見あたらない。広がり東京湾底のみに限られるものようで、明瞭な背斜軸を持たないドーム状構造をなす可能性がある。

5. 考 察

東京湾浅層部の反射法音波探査による重合断面図について、以上のような観察結果が得られたが、これに基づき若干の考察を加えておきたい。

(1) 地層の対比

東京湾を挟む東方の房総半島や西方の多摩丘陵など、陸域に分布する諸層との対比については、すでに加藤(1984)の考察がある。浅層部に関わるこの地層区分と陸域の地層との対比を要約すれば、TA層は下総

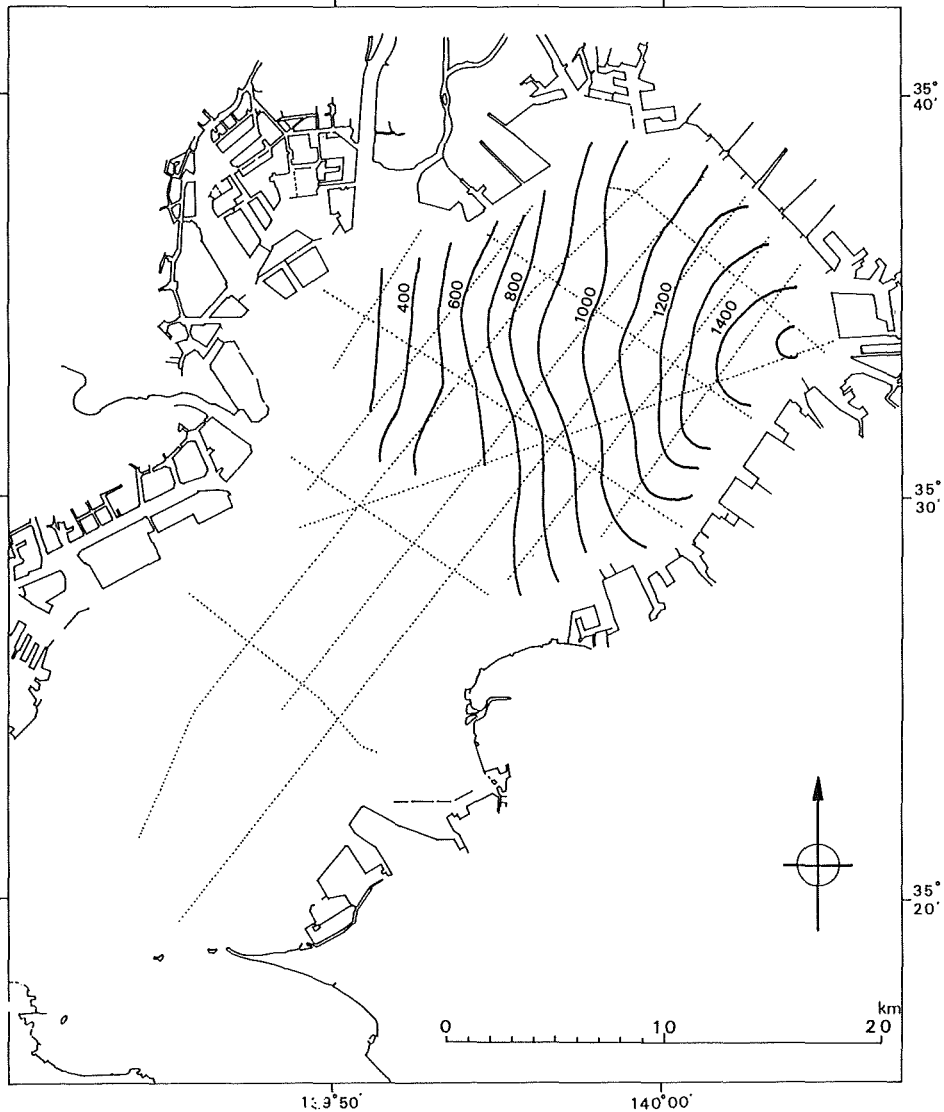


Figure 23. Depth of horizon b

層群に、TB層は上総層群上部（更新統）に、TC層は上総層群下部（鮮新統）に、またTD層は三浦層群に対比されていた。この対比では、陸域の地質層序に関するその後の研究の若干の進展を考慮する余地にあるものの、筆者らの考察でもこの結論と基本的に変わることはなかった。とりわけ、今回の調査でTA層基底のa層準が下位層を削剥している様子が明瞭に現れたことは、陸域の地質構造との対比の上でさらに明確な資料を加えることとなった。すなわち楡井（1981）は房総半島上総層群の市宿砂層の基底にある不整合（東京湾不整合）が、東京湾西岸では大田代層まで削剥し、東京湾北部から半島の中央部まで広く追跡できること、不整合を境に堆積の環境も変化することなどから、この境をもって上総層群と下総層群の境界とすることを提案したが、この不整合が東京湾底にも広く追跡できる構造であることが明確となり、その層位学的、構造地質学的な意義が高められた、といえる。

またTB層とTC層については、今回の調査では明確にその層相上の特徴を区別することはできず、また

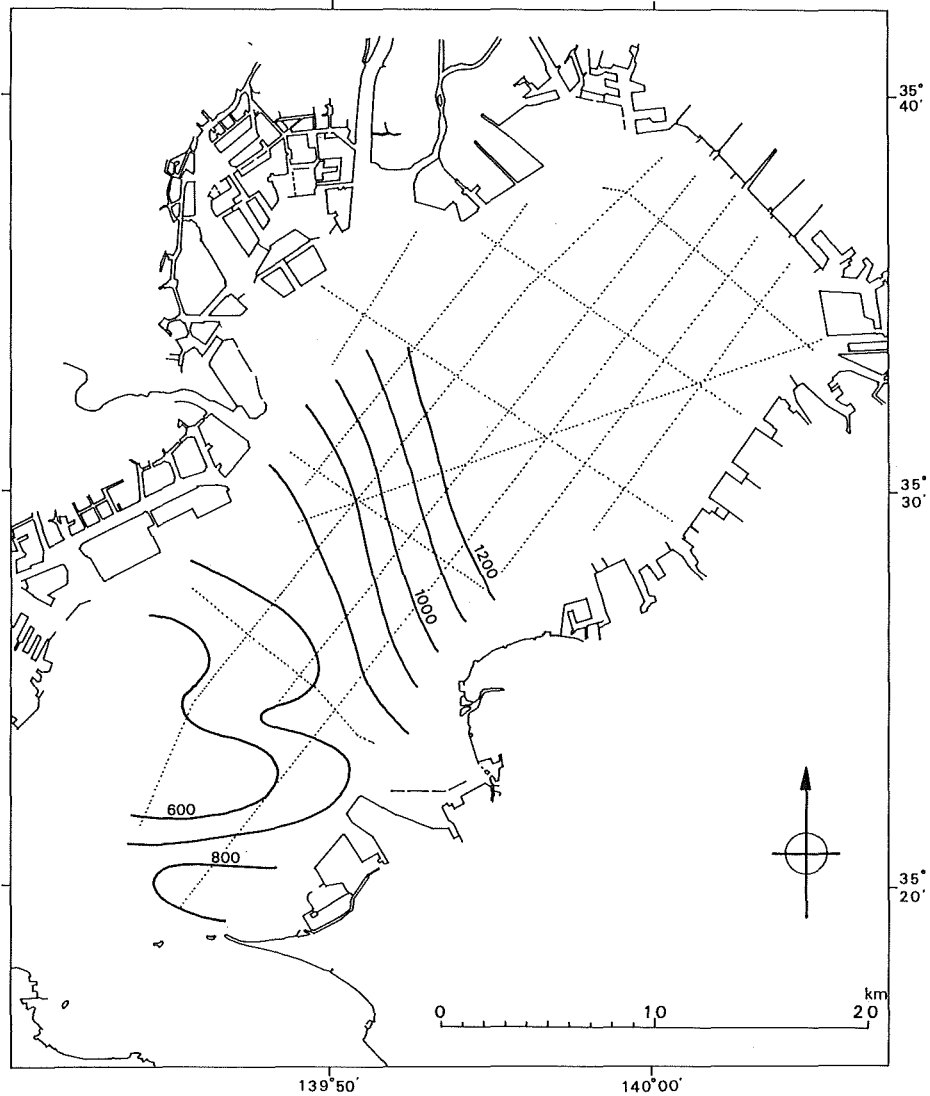


Figure 24. Depth of horizon c

明瞭な反射面をとらえるには至らなかった。これはこの深度の反射面をとらえるにはやや深すぎたとか、音波の性質に違いがあった、ということも指摘できようが、それにも増して両層の音響に反応する性質に大きな差がなかったことを表しているのではないかと考えている。すなわち、仮に両層が陸域での上総層群に相当するものであるならば、フレッシュ性の互層からなる上総層群の層相上の区別は極めて微妙だと思われるからである。しかしながら、深層部の音波断面図では、両層の音響的な層相は明瞭に区別できることも事実である。おそらく、音波エネルギーの大きな深層部の深査の際には、上総層群の中でも砂岩優勢の互層を主とする梅ヶ瀬層以上の地層と、泥岩優勢の互層を主とする大田代層以下の地層との層相上の違い（三梨ほか、1962）を、音波が忠実に読み取ったものなのであろう。

同様に三浦層群に対比しうるTD層の音響的な層相は、今回の調査ではTC層とも区別が困難であった。TC層基底のc層準の認定は前述のように深層部の探査結果を参考にしており、これに基づいて作成したも

のである。従って、厳密にはc層準はTC層の基底面、すなわち黒滝不整合を追跡したものとはいえない。しかし、反射面の構造は上位の構造とは独立して別のパターンを見せていること、また深層部の探査でも類似の構造が得られていることなどから、少なくとも、パターンとしては認め得る構造であろう。深度については多少問題が残されている。

(2) TA層の音響的層相と下総層群

前述のようにTA層は下総層群に対比されるが、音波探査断面図に描かれた8層から9層もある明瞭な反射面は地質学的には何を意味するのであろうか。しかもこの反射面に挟まれた部分は白っぽく、音響的に透明となっていることが多い。また湾の西部や南部でa層準が浅くなっている、いいかえればTA層が薄くなっている地域では、反射面はa層準に向かってオンラップの関係にあり、下位の層から1枚ずつ欠けていくようにみえる。この構造もTA層の反射面の性質を考える上での参考になろう。

ところで、下総層群の堆積時代は中期更新世に当たり、年代は70万年前から10万年前で、層相は一般に礫・砂・泥などの未固結の地層からなり、中でも泥質層はやや固結して泥岩層となっている程度である。そしてこれらが軽微な不整合を挟みつつ、上位へと累重している地層群である。房総半島の下総層群は北西方向に緩やかに傾斜し、東京湾の地下に埋没してゆくが、東京湾東岸の地下のボーリングの資料によっても、層相の特徴はあまり変わらないらしい(Kikuchi, 1976)。一般に音波の反射は泥岩など緻密な層で明瞭となるため、音波断面図にみられる連続性のよい反射層は、地下の下総層群中の泥岩層の存在を暗示する。また、陸上の下総層群は、東京湾不整合から上位に当たるという対比と区分(楡井, 1981; 菊地ほか, 1988)に従えば、半島の西部では下位から市宿・長浜・佐貫・万田野・笠森・金剛地・地藏堂・藪・上泉・清川・上岩橋・木下・姉崎の諸層に区分される(東部では市宿・長浜・佐貫層はほぼ柿ノ木台層に相当)。これらの地層のうち上半部の金剛地層から木下層までの7累層は、それぞれが間氷期の高海面期の海進に伴う堆積サイクルからなる。つまり「低海面期の河成の砂礫層―湖沼成あるいは潟成の泥層―比較的厚い海進期の浅海成の砂層―海退期の潟成の泥層」を1サイクルとする、氷河性海面変動に制約された地層である(菊地, 1974ほか)。最後の泥層は削剥されていることもある。1堆積サイクルは一般に下位層とは不整合で境され、厚さは40mから100m程度である。また市宿・長浜層と万田野層は砂礫層からなり、砂礫層を堆積サイクルの始まりとみれば、これも2つのサイクルからなるとみなせる。全層厚は房総半島では、およそ500mと見積られている。なお、最上部の姉崎層は東京湾の周辺にのみ分布が確認されている局所的な陥没による地層という考え(菊地, 1981)があり、東京湾底ではどのような存在となっているかは不明である。以上の各累層が順次上位に累積するのが房総半島の特徴である。何れにしても、下総層群は全体として8~9層の堆積サイクルからなっている訳で、地下の8~9層の反射面とその周期が、下総層群の各累層とその重なりを反映したものとみて疑いない。1堆積サイクルの厚さが100m前後、あるいはそれ以下というものも、断面図から推定されたサイクルと合致する。8ないし9層という数も下総層群の累層の数と矛盾しない。TA層の厚さも堆積盆地の中央では700mに達するとみられるが、盆地の縁辺では薄くなることを考慮すれば、ここにも矛盾はない。

(3) 中ノ瀬付近のドーム状構造

前章に述べたようにTC層には背斜構造が現れているが、西方の本牧台地付近には明瞭な構造はなく、わずかに南西に傾く程度である。むしろ、本牧台地のさらに西方には、星川ドーム(三梨・菊地, 1982)の存在が知られており、同様の構造が東京湾の地下にも存在することが予想される。この構造は上位のa層準にも影響を与えている可能性があり、ここにもわずかな膨らみが認められたが、構造運動として隆起運動が継続しているということかも知れない。仮にこのような運動が現在まで継続し、湾底の地形にまで影響を与え

ているとすれば、中ノ瀬堆はまさにこのドーム構造——これを中ノ瀬ドームと呼称する——が反映したものとはいえないであろうか。東京湾西部の横浜には星川ドームがあることは述べたが、東京湾の東、富津岬の南には磯根崎ドームが知られている(三梨ほか, 1962)。中ノ瀬ドームはこれらのドームのほぼ中間に位置する。東京湾の地下の構造はもちろん、関東平野地下の地殻構造を解明する上でも、これらのドームの配列やその成因を考察することは重要であろう。

(4) 音響的ノイズによる不明瞭ゾーン

各音波断面図には、ところにより鉛直方向に反射面が乱れたり不鮮明になるゾーンがあり、その特徴について若干の記載をおこなってきた。ここではこのようなゾーンにおけるノイズの様子と、これが形成される原因についてあらためて考察しておきたい。

断面図に見られる反射面の不明瞭ゾーンには、少なくとも2つのタイプがある。第1のタイプは鉛直方向の不明瞭ゾーンの幅の広さの如何にかかわらず、反射時間でみて1.5~2 secにわたるほど“深部”にまで続いているものである。このタイプのものは湾の南東側、つまりC-4からC-7の測線の断面に目立っている。C測線にはほぼ直交するD測線でいえば、各測線の東半部に当たる。このタイプのパターンを示すものを、仮にAタイプと呼んでおく。また、第2のタイプは深度でいえば0.5sec程度の深さまでの不明瞭ゾーンで、一般に幅広く、TA層の層準の深度では、微かに反射面が見え隠れするようなパターンを示す。概して湾の西部に多く、C-1からC-3測線の断面に目立っている。このタイプをBタイプと仮称しておく。ただし、Bタイプのように見えても、この中に深部にまで達するAタイプのゾーンを含むことがある。

また、不明瞭ゾーンと明瞭ゾーンとの境界付近を詳しく観察すると、境界線は鉛直であることが多いが、不明瞭ゾーンに近づくほど音波速度が遅れ、見かけ上反射面が深くなる。つまり反射面が境の部分で下方にたわむ現象が見られることがある。このような現象は、Aタイプ、Bタイプともにはっきりと現れる場合とそうでない場合とがあり、かならずしもどちらかのタイプに限られている訳ではない。

従来の東京湾における浅層部の音波探査では、中条(1962)による報告があり、不明瞭ゾーンの原因を考察する上で参考になる。中条は東京湾南部から浦賀水道にかけての地域の海底音波探査に基づいて、音波の散乱する反射面の不明瞭なゾーンの存在を指摘し、おそらく礫層のような音波を散乱させるものの存在に起因するものであろうと推定、このような現象を起こした地層に対し“音波礫層”と名付けた。このような礫層の存在を推定した根拠は、不明瞭ゾーンの現れる位置が、従来から存在が指摘されていた東京湾底を流下する河川(これを中条は“古東京川”と名付けた)の位置と一致するからであった。このような散乱の例は他にもあり、中条(1965)は粗雑な岩石の表面、断層など反射面の表面に落差がある場合にも、このような散乱をおこす、としている。

ところで、今回の各測線の断面図に現れた2つのタイプの不明瞭ゾーンについて、平面的な分布を図にしてみた(第25図)。加えて、この図には東京湾沿岸地域の沖積層基底等深線と沖積層基底の埋没谷底の分布(東京都防災会議, 1977)も描いてみた。不明瞭ゾーンの平面的な広がり注目したこの図から、以下の点が指摘できる。

1) 湾の東半部には、Aタイプのパターンが断続しながらも部分的に集中するところがある。この集中帯は東西方向に並ぶ傾向があり、しかも集中帯の東側(陸側)の延長線上には、沖積層の埋没谷底、つまり養老川や小櫃川などの埋没谷底が分布することが多い。

2) A・Bタイプのパターンは、ともに湾の北部すなわち江戸川河口沖、あるいは多摩川河口沖などの地域に多い。この付近は湾の西部に位置する古東京川の流路と、いくつかの支流が本流に合流する地点に当たる。

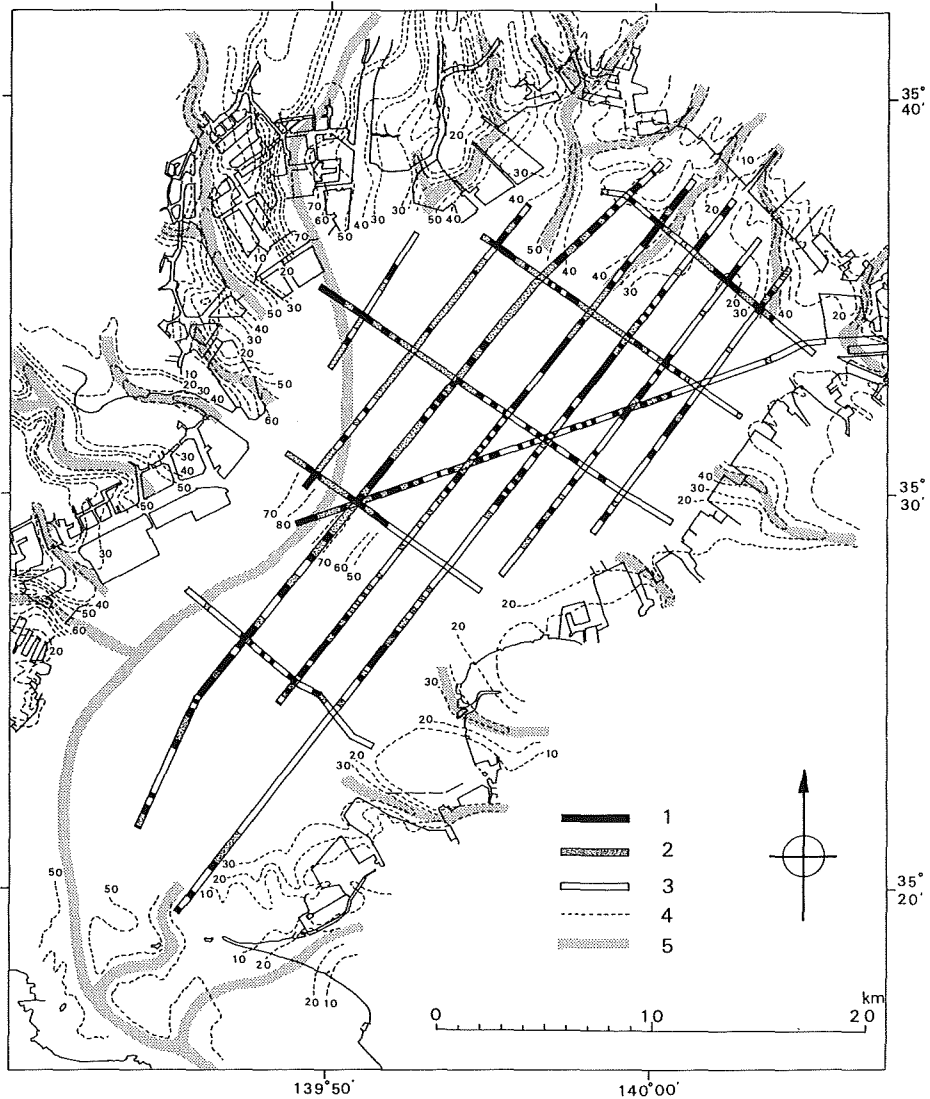


Figure 25. Burried canyon and acoustic scattering zone

1. Acoustic scattering zone (type A)
2. Acoustic scattering zone (type B)
3. Clearly recorded zone
4. Base of alluvium (depth in meter)
5. Burried valleys and trace of Paleo Tokyo river

このような分布上の特徴を考慮すると、やはり中条(1961, 1965)が指摘するように、反射面の不明瞭ゾーン(音波の散乱現象)が古東京川など沖積層の分布と関わっている可能性が十分ある。しかしながら、これによって不明瞭ゾーン(“音波礫層”)の原因が、礫層の表面における音波の散乱によるものであるとし、これを理由に礫層の存在を結論することはできない。なぜなら、断面図に描かれた幅の狭いAタイプのゾーンも埋没谷の存在を意味するが、これらの小谷の谷底にはどこでも礫層が存在することになり、そのようなこ

とは考えにくいからである。すなわち、小谷の上流は礫を運搬するような河川につながる谷ではなく、台地内部に端を発する崖端侵食谷と考えられること、また、ボーリングによる資料では、狭い埋没谷の底には礫層があることは少なく、軟弱な泥層がある場合が多いこと、などによる。

結局、東京湾の音波探査断面でなぜこのようなゾーンが現れるのかは、埋没谷あるいは沖積層の存在と関わっていることは否定できないと思われるが、その原因はわからない。音波断面図に描かれる各種パターンについては、その成因につき音響の性質を充分吟味する必要がある、音波の波長やエネルギーの大きさなども併せて考慮する必要がある。ただ、ここでは一つの考え方として、反射面が不明瞭となる理由として埋没谷を埋積する軟弱な沖積層の方に原因があるのではないかと、いう可能性を指摘しておきたい。つまり、音波が軟弱層を通過する間にエネルギーが減衰してしまい、反射面が捕らえにくくなっているのではないかと、と思われるのである。先に述べたように、不明瞭ゾーンの縁の部分で音波の速度が遅くなる現象が認められることも、それを説明する。このような実例として、陸上で実施された地震探査の場合に、泥炭層や風化層など軟弱な地層で弾性波のエネルギーの減衰が認められ、これが原因でノイズが発生する例があるらしい(横倉・宮崎, 1989; 1990)。東京湾の場合とは状況はことなるが、参考になる。

謝辞 本調査を進めるにあたり、第三管区海上保安本部、横浜海上保安部、東京海上保安部、千葉海上保安部の方々に航行安全上の指導をいただいた。また、東京湾海難防止協会、千葉県漁業協同組合連合会、神奈川県漁業協同組合連合会、東京都遊漁船組合の方々には、作業の安全を確保するために作業の周知に協力していただいた。本報告に使用した音波探査記録は、川崎地質株式会社坂井眞一氏ほかの方々が、海上作業及びデータ処理に尽力して調製したものである。また、報文のまとめに際しては、海上保安庁水路部長 佐藤任弘博士、貝塚爽平 東京都立大学名誉教授にご指導をいただいた。以上の方々に心からお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 中条純輔：古東京川について一音波探査による一，地球科学，59，p.30—39 (1962)
- 中条純輔：音波探査講座⑤ 解釈(1)，地質ニュース，127，p.34—44 (1965)
- 伊田一善・三梨 昂・影山邦夫：日本油田・ガス田図2「横浜」，5万分の1，地質調査所 (1961)
- 海上保安庁水路部：東京湾海底地殻構造調査記録集II (1984)
- 加藤 茂：東京湾におけるマルチチャンネル反射法音波探査，水路部研究報告，19，p.1—57 (1984 a)
- 加藤 茂：東京湾の海底地質構造，地学雑誌，93，p.119—132 (1984 b)
- 菊地隆男：関東地方の第四紀地殻変動の性格，垣見・鈴木編「関東地方の地震と地殻変動」，p.129—146，ラティス (1974)
- Kikuchi, Takao : Stratigraphy and geological structure of the marine Pleistocene of the Boso Peninsula, Japan and relative changes in sea level from the Middle to Late Pleistocene. *Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, 11, p.133—146 (1976)
- 菊地隆男・楡井 久・楠田 隆：上総・下総両層群の層序に関する2・3の問題，地質学論集，30，p.51—65 (1988)
- 菊地隆男・菊池真一：マルチチャンネル音波探査記録からみた東京湾底浅層部の地質構造，第四紀学会講演要旨集20 (1990)
- 三梨 昂・菊地隆男：5万分の1地質図幅「横浜地域」，p.105，地質調査所 (1982)
- 三梨 昂・矢崎清貴・影山邦夫・島田忠夫・小野 暎・安国 昇・牧野登喜男・品田芳二郎・藤原清丸・鎌

- 田清吉：日本油田・ガス田図4「富津—大多喜」，5万分の1，地質調査所（1962）
- 楡井 久：堆積盆中の地下水流動史と地殻変動——南部関東構造盆地を例として——，杉山・池辺・星野・柴崎編「堆積盆中の流体移動」，p.151—171，東海大出版会（1981）
- 楡井 久・樋口茂生・原 雄・古野邦雄・遠藤 毅・川島真一・青木 滋：地下地質，in 特殊地質図20，三梨 昂ほか「東京湾とその周辺地域の地質」（1976）
- 佐藤任弘・菊池真一：東京湾海底地殻構造調査，p.106—111，昭和58年度研究成果報告，海上保安庁（1984）
- 佐藤任弘・菊池真一：東京湾における海底地殻構造調査，「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」研究成果報告書，p.127—135，科学技術庁研究開発局（1987）
- 東京都防災会議：首都圏の活構造と地形区分，東京直下型地震に関する調査（その4）付属資料（1977）
- 横倉隆伸・宮崎光旗：反射法地震探査による深部地殻探査，地質ニュース，414，p.29—47（1989）
- 横倉隆伸・宮崎光旗：深部地殻探査の関門——ノイズ——，地質ニュース，428，p.55—64（1990）