

南西諸島海溝域南西端部の海底精密地形

松本 剛*¹ 藤岡換太郎*¹

木村 政昭*² 加藤 幸弘*³

青木 美澄*⁴

南西諸島海溝南西部の、22° 20'N-24° 20' N, 122° 50'E-126° 20'Eの範囲の地域に於いて、「かいよう」、「よこすか」による広域の精密地形調査を実施し、地形図を作製した。当該域では、1771年に八重山地震津波（明和の大津波）が起こり、また近年は西表海底火山、西表群発地震などの活発な地学現象が起こっているが、これらの遠因として、海溝軸が南方若くは南西方に移動することによる張力とそれに伴う陸側斜面の崩壊・陥没が推定されることが、地形の解析の結果明らかとなった。

キーワード: 琉球列島, 南西諸島海溝, 1771年八重山地震津波, マルチナロービーム, 音響測深機, 海底扇状地形

Detailed Bottom Topography in the Southwesternmost Part of the Nanseishoto Trench Area

Takeshi MATSUMOTO*⁵ Kantaro FUJIOKA*⁵

Masaaki KIMURA*⁶ Yukihiro KATO*⁷

Misumi AOKI*⁸

A wide-area survey was conducted to plot a precision topographical contour map of the southwestern section of the Nanseishoto Trench (22° 20'N to 24° 20' N

* 1 深海研究部

* 2 琉球大学理学部海洋学科

* 3 海上保安庁水路部

* 4 日本海洋事業株式会社

* 5 Deep Sea Research Department

* 6 Department of Marine Sciences, University of the Ryukyus

* 7 Hydrographic Department of Japan

* 8 Nippon Marine Enterprise Inc.

and 122° 50'E to 126° 20'E) on board "Kaiyo" and "Yokosuka." The area had been the epicenter of the Yaeyama Earthquake Tsunami of 1771 (the Great Meiwa Tsunami). More recently, it had been involved in significant seismic activity, involving the Iriomote submarine volcano and tremors in the Iriomote area. Analysis of the topographical data revealed the possibility of destruction and subsidence of the slope closer to land as a result of tensional stress of slow movement of the trench axis toward the south or southwest, to be the remote cause of the aforementioned activities in the area.

Key words : Ryukyu Islands, Nanseishoto Trench, the 1771 Yaeyama Earthquake Tsunami, Multi narrow beam echo sounder, Deep sea fan

1 はじめに

1990年から1992年にかけて、南西諸島（琉球）海溝南西部の海底地形調査を行い、精密海底地形図を作成した。

南西諸島の八重山南方沖での精密地形調査としては、これまでに海上保安庁水路部によるシービーム測深等の大陸棚調査（大島・他, 1988）が行われていたが、24°N以北に限定されており、海溝軸部には達していなかった。しかし乍ら、本海域では、1771年の八重山地震津波（明和の大津波）、1924年の西表海底火山の噴火と大量の軽石流出（加藤, 1991）、近年の竹富海底温泉の温度上昇（大森, 1991）、1991年1月以降度々発生している西表群発地震など、活発な地学現象が見られる。これらの現象はすべてフィリピン海プレートの沈み込みに伴う海陸両側の変動・変形・破壊等によるものであり、防災上の見地からも、その沈み込みの現場に当たる八重山沖南西諸島海溝において、系統的な深海精密調査に早期に着手し、それらの原因を明らかにすることが必要であった。

特に、今回の一連の調査の対象海域のうち、南西諸島海溝の八重山諸島南方沖約40kmで1771（明和8）年4月24日（旧暦3月10日）に発生した八重山地震津波（明和の大津波）の際には、宮古・八重山諸島で計約12,000人の溺死者が発生したとの記録があり、同諸島では津波の遡上を裏付ける津波石などの物的証拠が数多く残されている（牧野, 1981; 木村, 1985）。大津波の原因としては、地震断層そのものではなく、地震によって励起された海底地切りが考えられ（木村, 1985）、本海域での海底地切りモデルによる津波の発生と

伝播の数値シミュレーションによって、陸上での津波遡上高が説明できるとする報告もある（日吉・他, 1986）。同地域のみならず日本列島の他の地域についても、同様の原因により津波が発生する可能性の有無を検討し、被害を未然に防ぐことが重要であることから、八重山の事例を緊急に調査する必要がある。

このような現状を考慮し、海洋科学技術センターの調査船「かいよう」・「よこすか」を用いて、当該海域の広域の精密地形調査を行なった。その結果として得られた地形図は、今後の「しんかい6500」などの潜航調査に役立つのみならず、その特徴からは、当該海域のテクトニクスや、そのような場の中での大規模津波発生メカニズムの考察なども可能である。この海域内で、津波発生の原因となる海底地切りあるいは断層等の地殻変動の痕を捜索することもその目的の一つである。

2 地形調査の概要

本研究で精密地形調査を行った海域は、宮古・八重山南方沖の「500m島棚」（氏家, 1980, 琉球列島の久米島南方から西表島にかけて認められる水深500mの棚状地形）から南西諸島海溝海側（南側）斜面に達する範囲とした。図1に調査範囲を示す。図中、×印は理科年表の記載による八重山地震津波の発生場所（24°00'N, 124°18'E）を示している。全部で5航海がこれに充てられた。以下にそれぞれの調査航海の概要を述べる。

(1) 「かいよう」DK90-8航海Leg 1

(1990年11月8日～15日)

八重山南岸沖及び慶良間海裂の調査を行った。

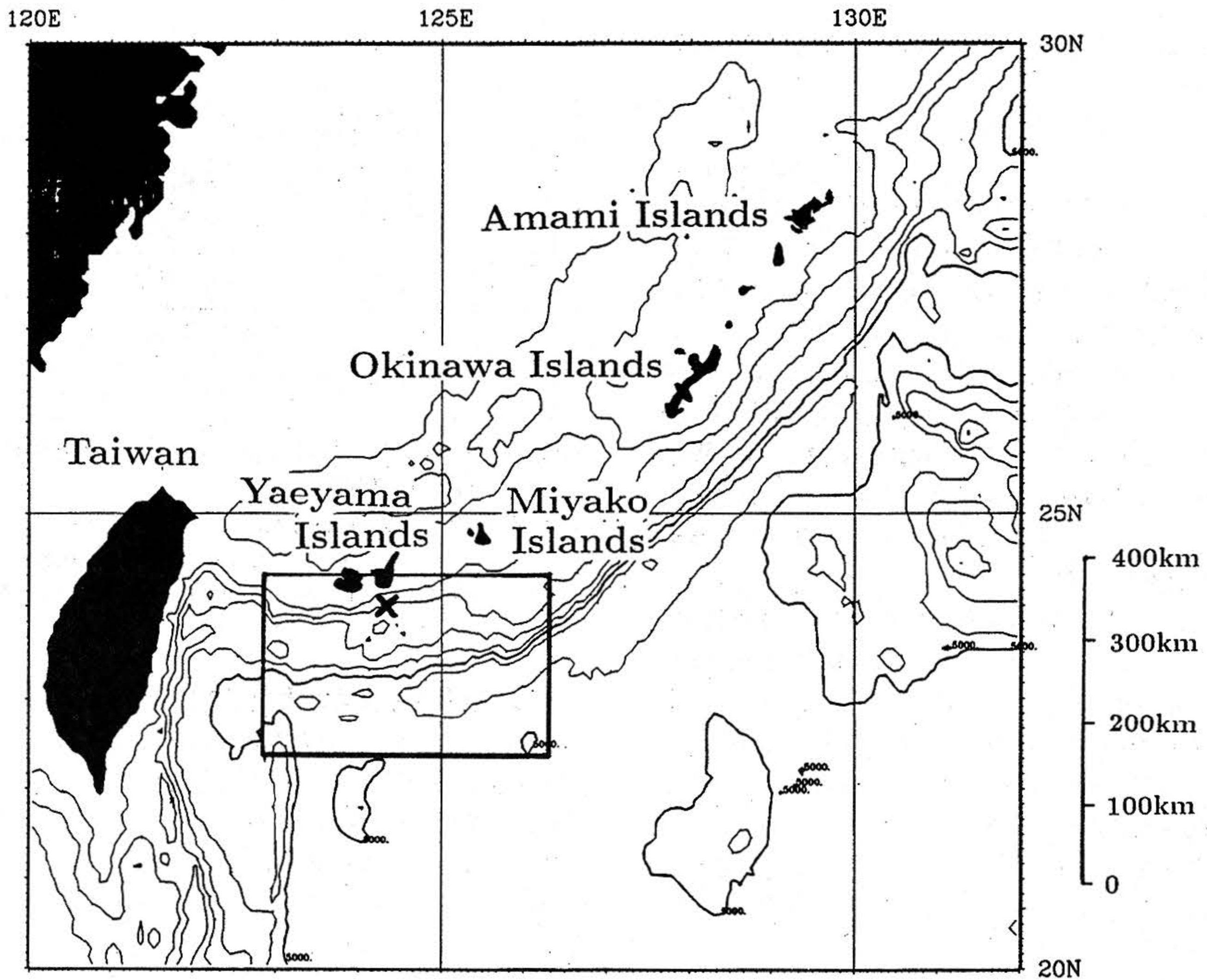


図1 琉球海溝域全体図。(今回の宮古、八重山沖調査海域を枠で示す。)

Fig. 1 Map of Ryukyu Trench area and the survey area (rectangular with thick lines) off Miyako and Yaeyama Islands.

八重山沖の調査範囲については、当初、 $124^{\circ} 00' E$ 及び $124^{\circ} 35' E$ で挟まれた部分を考えていたが、季節風の影響によりれ海況不良の日が続いたため、石垣・西表島の南側に当たる、 $24^{\circ} 05' N \sim 24^{\circ} 13' N$, $123^{\circ} 52' E \sim 124^{\circ} 35' E$, の範囲の測定を終えたところで調査を打ち切り、次の調査海域である慶良間海裂に向かった。

(2) 「かいよう」DK91-2航海Leg3

(1991年4月22日～5月1日)

上記航海の調査範囲の南側の続きの部分に当たる海域の調査を行うこととし、石垣島の南東側の、 $23^{\circ} 10' N$, $24^{\circ} 05' N$, $124^{\circ} 00' E$, $124^{\circ} 40' E$ の緯経線で囲まれるboxを設けた。また、前出の西表海底火山のカルデラと想定された範囲(石垣・西表島北岸)の地形調査に最後の1日を充て

ることとした。

(3) 「よこすか」DY92-1航海Leg 1・2

(1992年1月20日～2月2日)

これらの調査を受けて、宮古～八重山沖南西諸島海溝を含むさらに広域の調査を行うため、「よこすか」の単独行動による地形調査航海を実施した。ここでは、「よこすか」搭載のマルチナロービーム測深機HS-10を用いた。

好海況時には、概ね良好な記録が得られたが、海況が多少とも悪くなると、場所により記録にエラーが頻発することが多く、船速を7～8ノットまで落として記録を監視しつつ、調査を続行した。本調査航海により、 $126^{\circ} 00' E$ 付近の宮古島南方測線2本、及び海溝軸部を中心とする、 $22^{\circ} 40' N \sim 24^{\circ} 00' N$, $122^{\circ} 55' E \sim 125^{\circ} 10' E$ の範囲

(但し、本邦経済水域内に限る)の精密地形調査が完了した。

(4) 「かいよう」DK92-3航海Leg2

(1992年4月16日~23日)

Leg1で吐噶喇海峡海域のシービーム測深調査を行った後、本調査海域に向かった。今回は前3航海の調査の欠落部を補充するため、宮古~多良間南岸沖の $125^{\circ} 10' E \sim 125^{\circ} 50' E$ の範囲について、海溝陸側斜面から海溝軸にかけての $24^{\circ} N$ 以南の海域の調査を行った。特に、巨大津波の原因となり得る海溝陸側斜面の海底地回り、斜面崩壊、陥没などの痕をくまなく探するため、この部分をマルチナロービーム探査でほぼ完全にカバーする様な測線を設けた。

(5) 「しんかい6500」南西諸島海域潜航行動

(1992年6月3日~20日)

1992年度は、「しんかい6500」として初めての南西諸島海域の研究潜航が行われた(藤岡・他, 1992)。6月5日~12日の間に、沖縄島南方の南沖縄地壘地溝地形区(Kato, 1991)で6潜航、6月15日~20日の間、八重山沖海溝部で2回の潜航が行われた。潜航作業終了後の夜間及び潜水船整備日を使って、これまでの地形調査を補充するため、「よこすか」のHS-10装置による測深調査が行われた。それぞれの期間中、潜航地点の周辺を中心とした測線を設けた。

これら一連の調査では、原則として可能な限りマルチナロービーム探査でほぼ完全にカバーするように留意した。以上の調査のための測線を図2に示す。場所により、東西または南北測線とし、水深によって測線間隔が異なり、最も北側では500mおき、最も南側では10.5kmおきとして、測線を設定した。「よこすか」搭載のマルチナロービーム音響測深装置HS-10は、水深の2倍の幅の探査が可能であるため、同一水深の範囲ではシービーム調査(探査幅は水深の約7割)に較べて測線間隔が広がっている。以上5航海の結果、南西諸島海溝南西部の海溝軸部を中心とし、八重山地震津波の波源域を含む、 $22^{\circ} 20' N$, $24^{\circ} 20' N$, $122^{\circ} 50' E$, $126^{\circ} 20' E$ の経緯線で囲まれる長方形の海域の精密地形図が完成した。

SEABEAM and HS-10 Survey Track

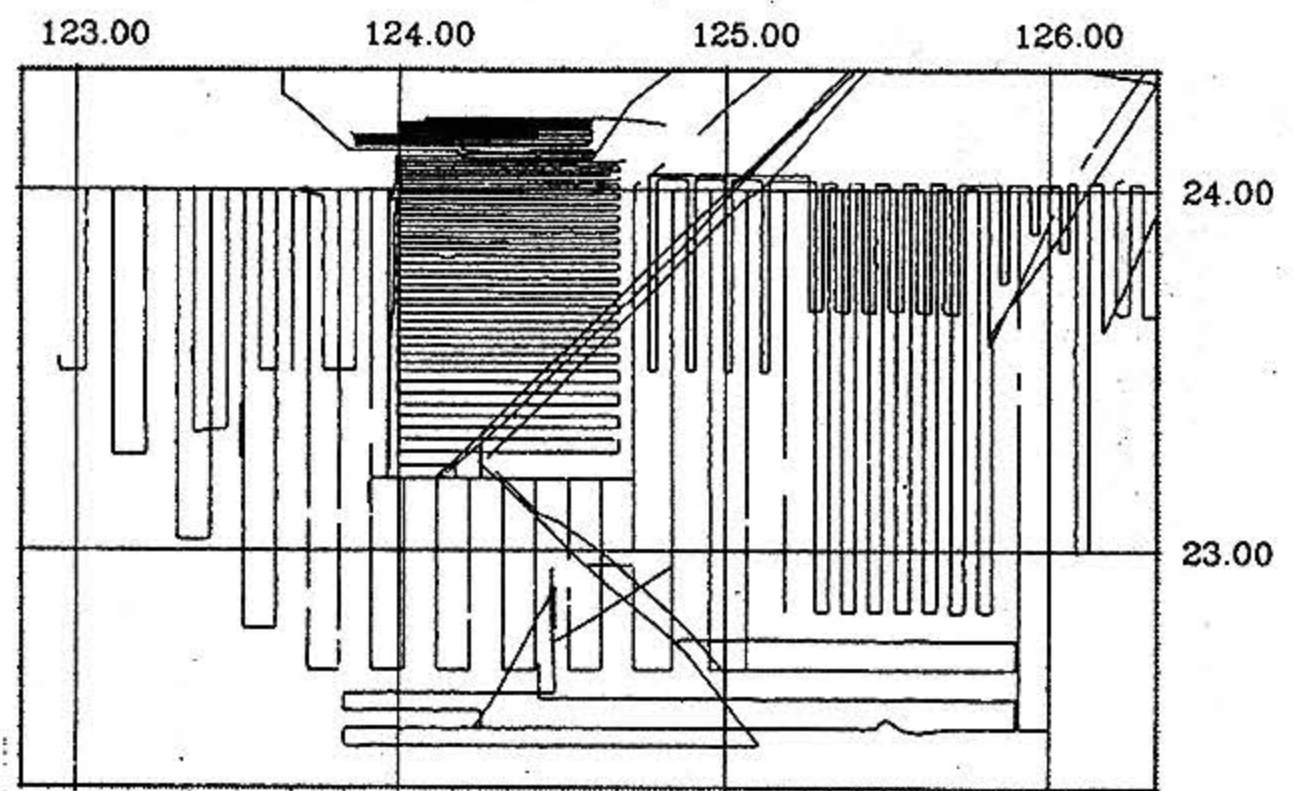


図2 「かいよう」及び「よこすか」による精密地形調査測線

Fig. 2 Track lines of precise topographic surveys by the use of swath bathymetric systems on board the Research Vessels KAIYO and YOKOSUKA.

3 精密地形調査結果及び考察

図3は、これら一連の調査によって得られた宮古・八重山沖海底地形図の全体図である。また、図4の参照図に示す各領域番号に対応する1/500,000地形図を図5のそれぞれの図に示す。これらの図はすべて、東京測地系(Tokyo datum)に準拠している。以下、調査海域を主として緯度毎に地形区に分割し、それらの特徴を述べる。

(1) 八重山諸島南岸沖の海底谷の発達

($24^{\circ} 00' N$ 以北)

「500m島棚」から南に約2000m下る急斜面上には多くの海底谷が発達している。黒島海丘($24^{\circ} 07' N$, $124^{\circ} 10' E$)の北から東にかけては、南東側に開いた海底谷があり、その谷筋の水深約1100m付近および水深約1700m付近で緩傾斜となっている。これらは、2個の平坦面が北西・南東方向に並んでいると見ることできる。両平坦面へは、石垣島・黒島方面から海底谷が流れ込んでいる。調査海域北端部の $24^{\circ} 10' N$, $124^{\circ} 20' \sim 40' E$ 付近では、幅2~3kmの海底谷が刻んでおり、それらの海底谷の間の部分は比較的平坦である。海底谷の方向性は、多少のバラツキはあるものの、N-SからNNE-SSW方向で、しかも直線的であることから、これらは断層起源であると考えられる。同じようなNNE-SSW方向の谷地形の特徴が宮古島付近までの間にも随所に見られる。

Ryukyu Trench off Miyako and Yaeyama

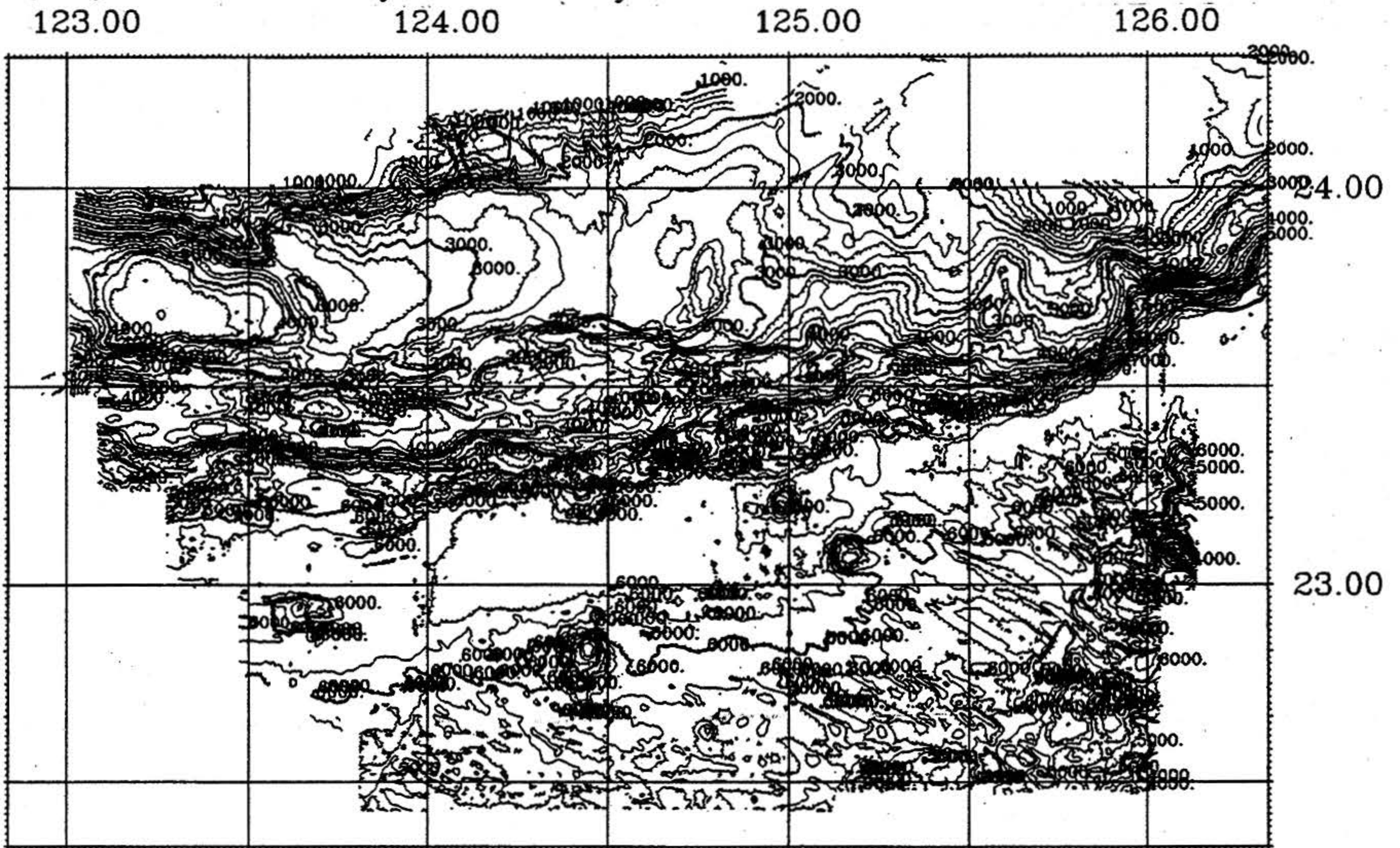


図3 本研究により得られた宮古・八重山南方沖精密地形 (等深線間隔200m)

Fig. 3 Topographic map south off Miyako and Yaeyama Islands obtained by the present study. (Contour interval is 200m.)

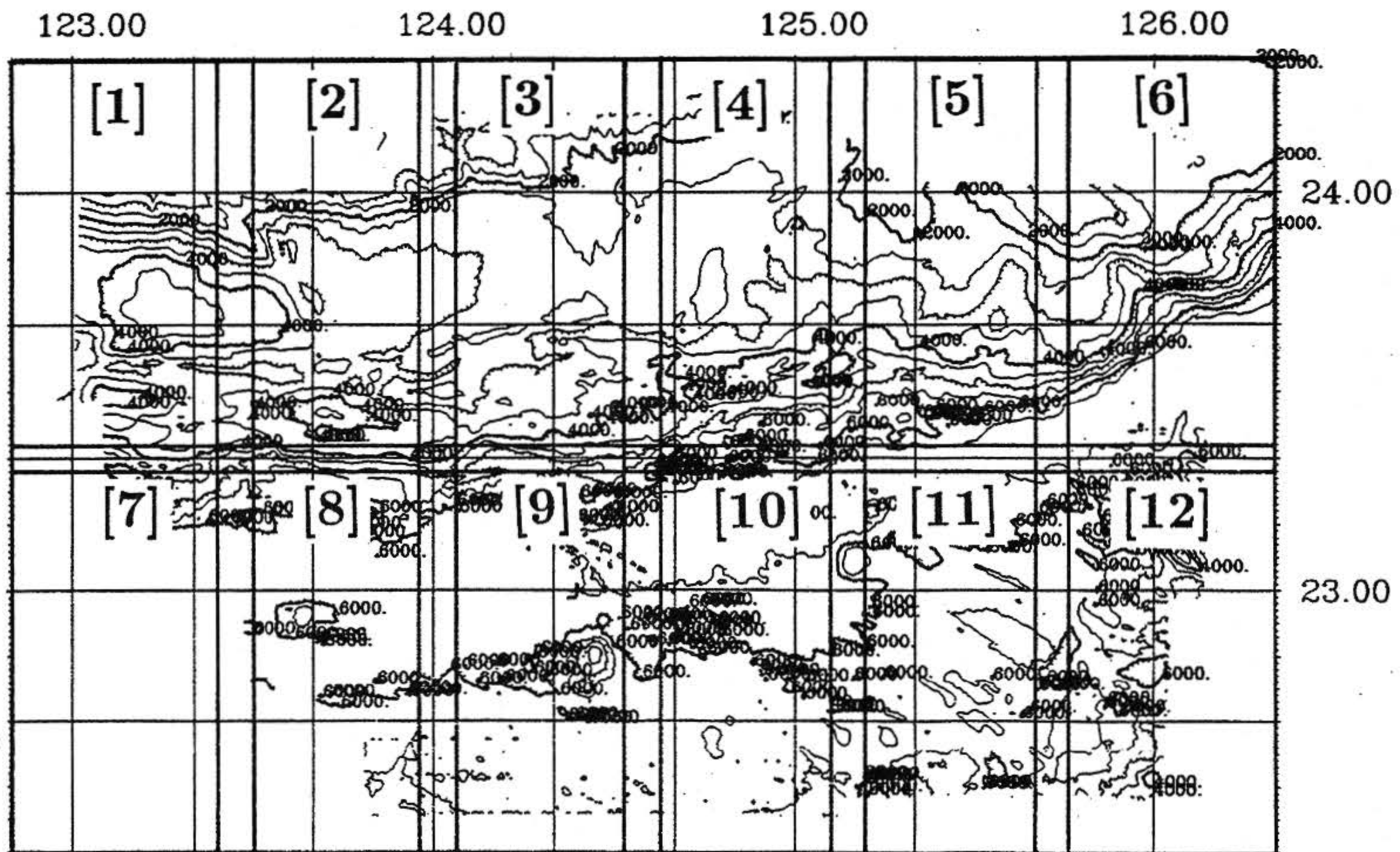


図4 図5 (精密地形図) の参照図 (図5の各図番が本図の各区分番号に対応する。)

Fig. 4 Reference map for precise topographic map in Fig. 5. (The number of each sector corresponds to the same number of Fig. 5.)

次ページ以降

図5 [1] ~ [12] 宮古・八重山南方沖 精密地形 (等深線間隔100m。測地系は東京データムに準拠する。)

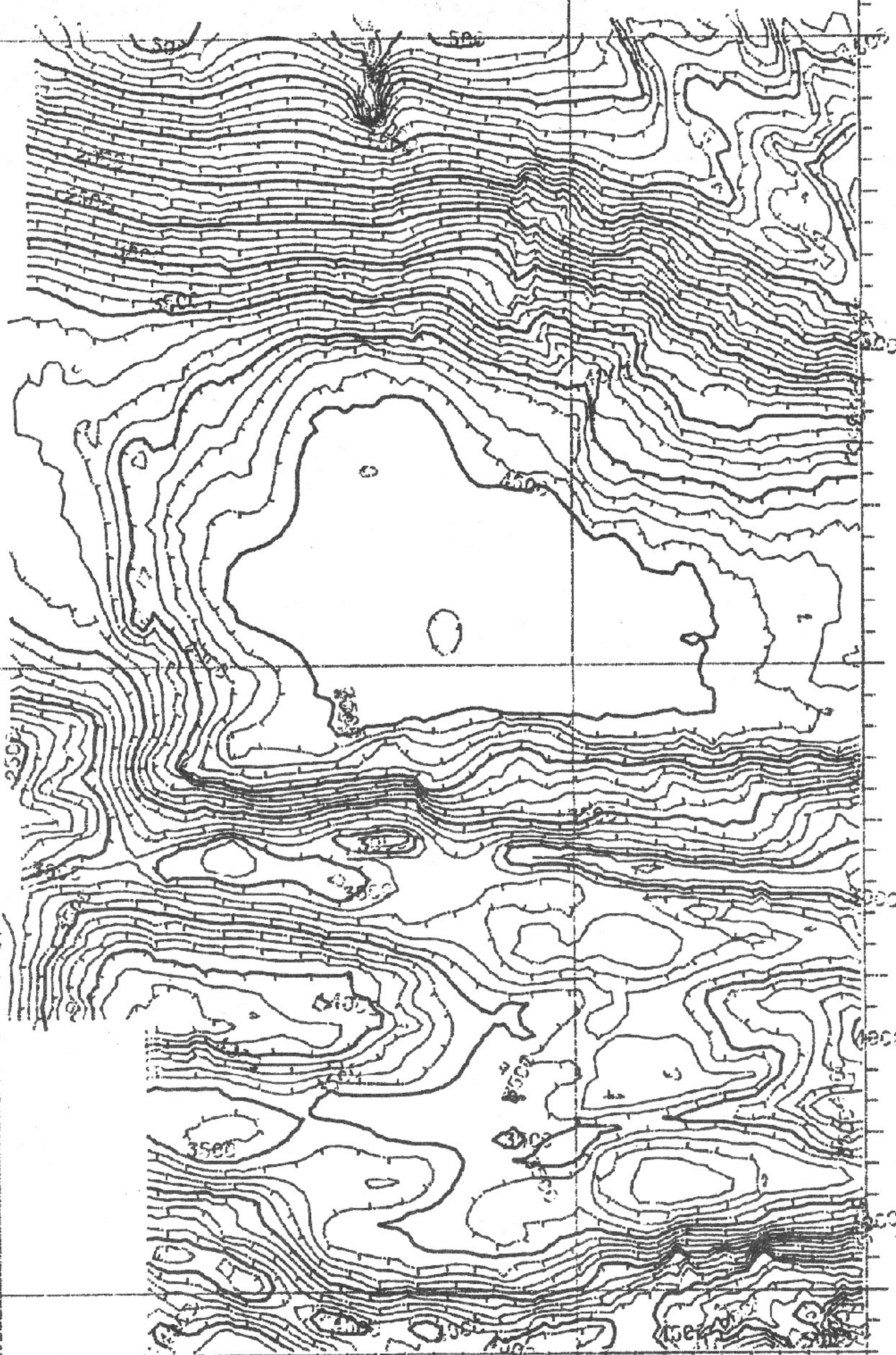
Fig. 5 [1] ~ [12] Precise topographic map south off Miyako and Yaeyama Islands. (Contour interval is 100m. Reference geodetic system is Tokyo datum.)

123.00

123.20

24.20

SCALE 1/500,000



24.00

23.40

23.20

123.40

124.00

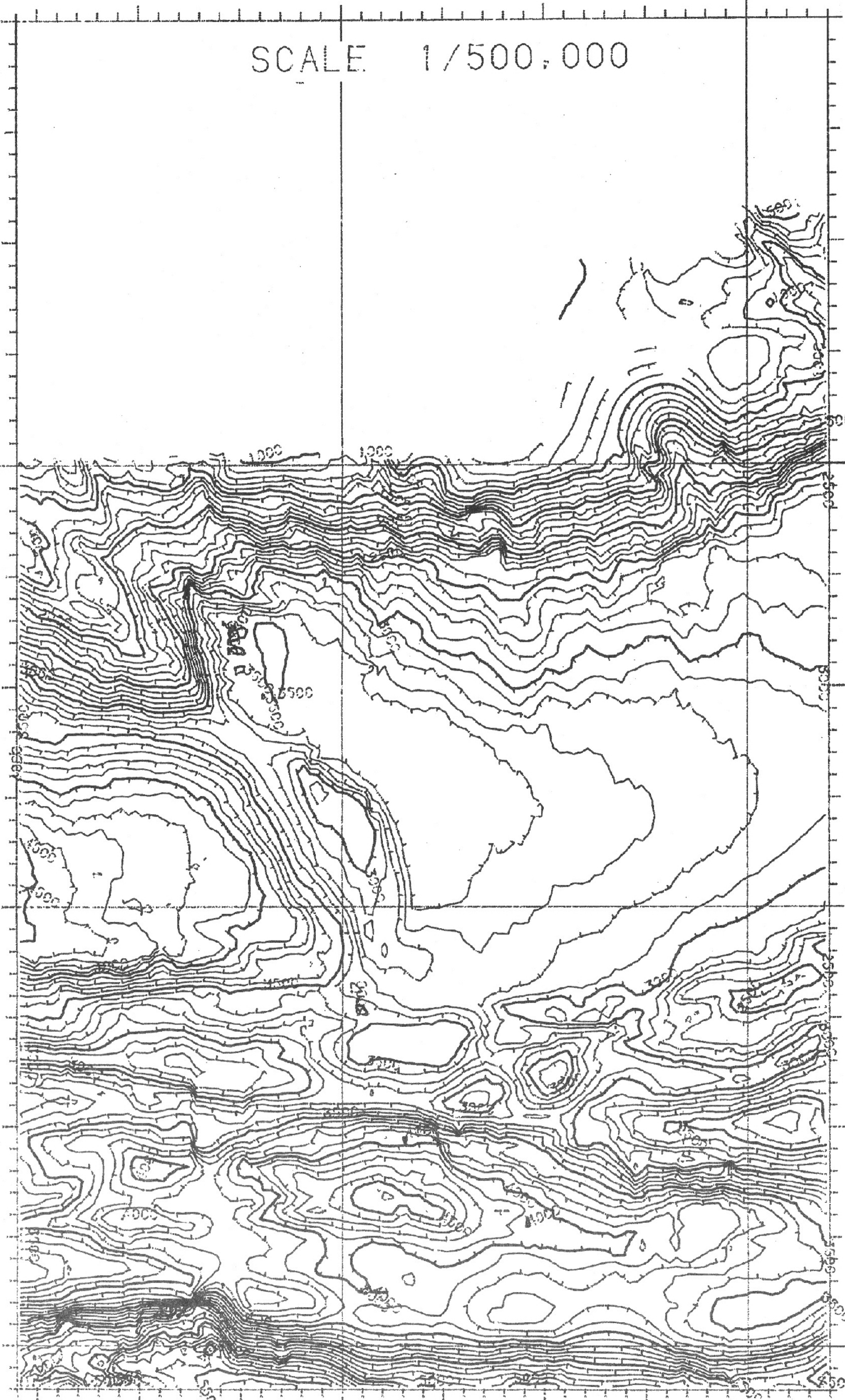
24.20

SCALE 1/500,000

24.00

23.40

23.20

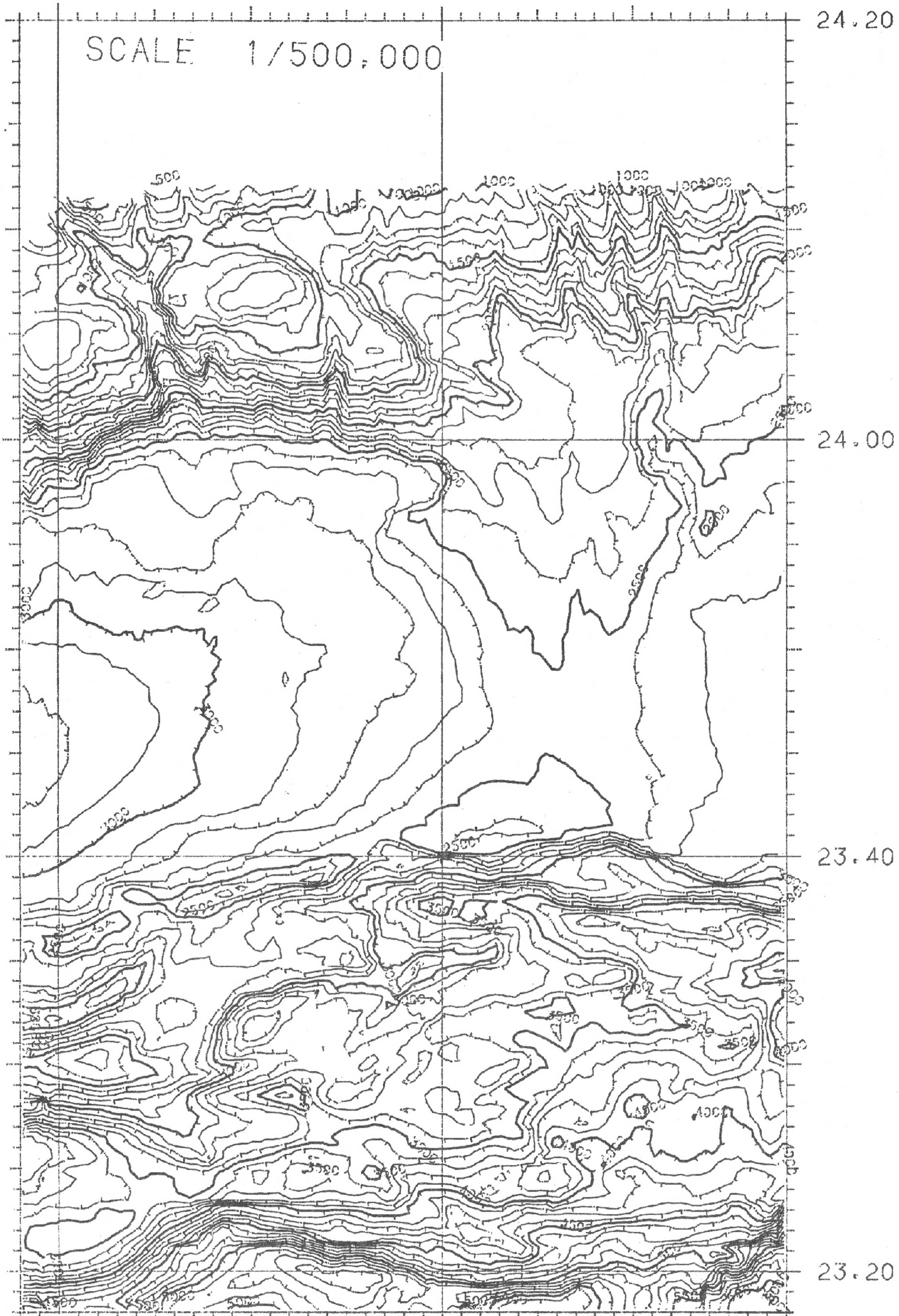


124.00

124.20

24.20

SCALE 1/500,000

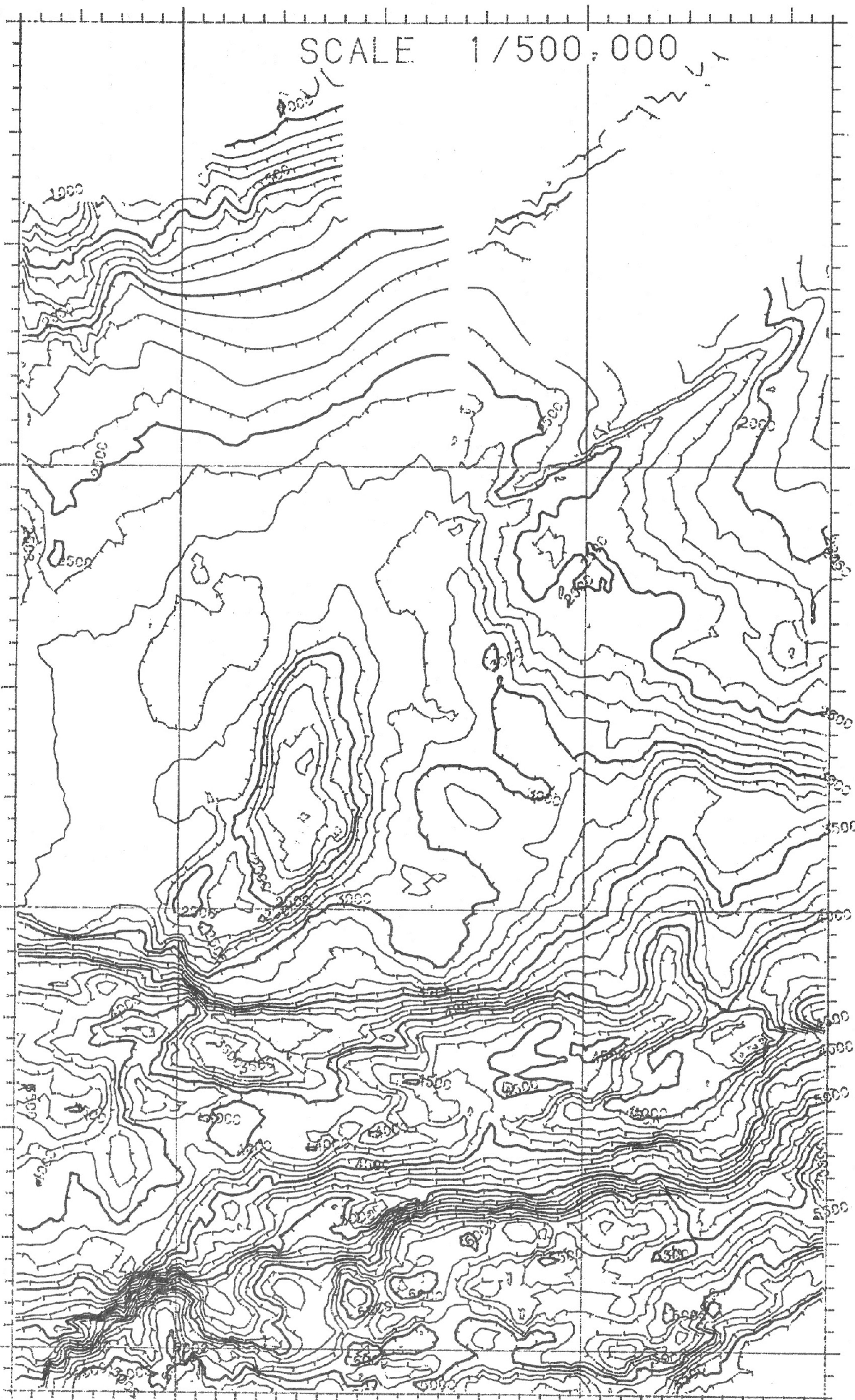


124.40

125.00

24.20

SCALE 1/500,000



24.00

23.40

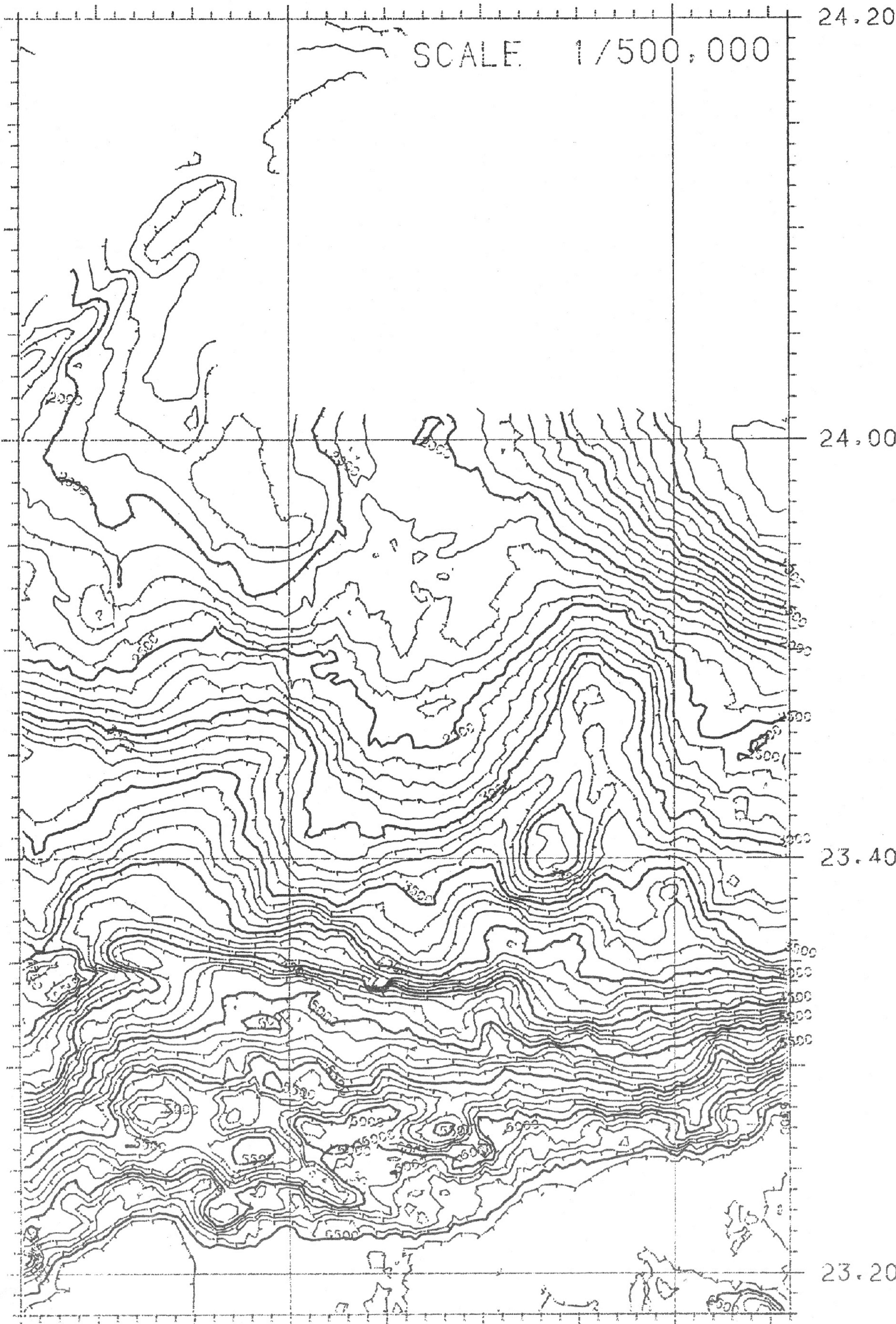
23.20

125.20

125.40

24.20

SCALE 1/500,000



24.00

23.40

23.20

125.40

126.00

126.20

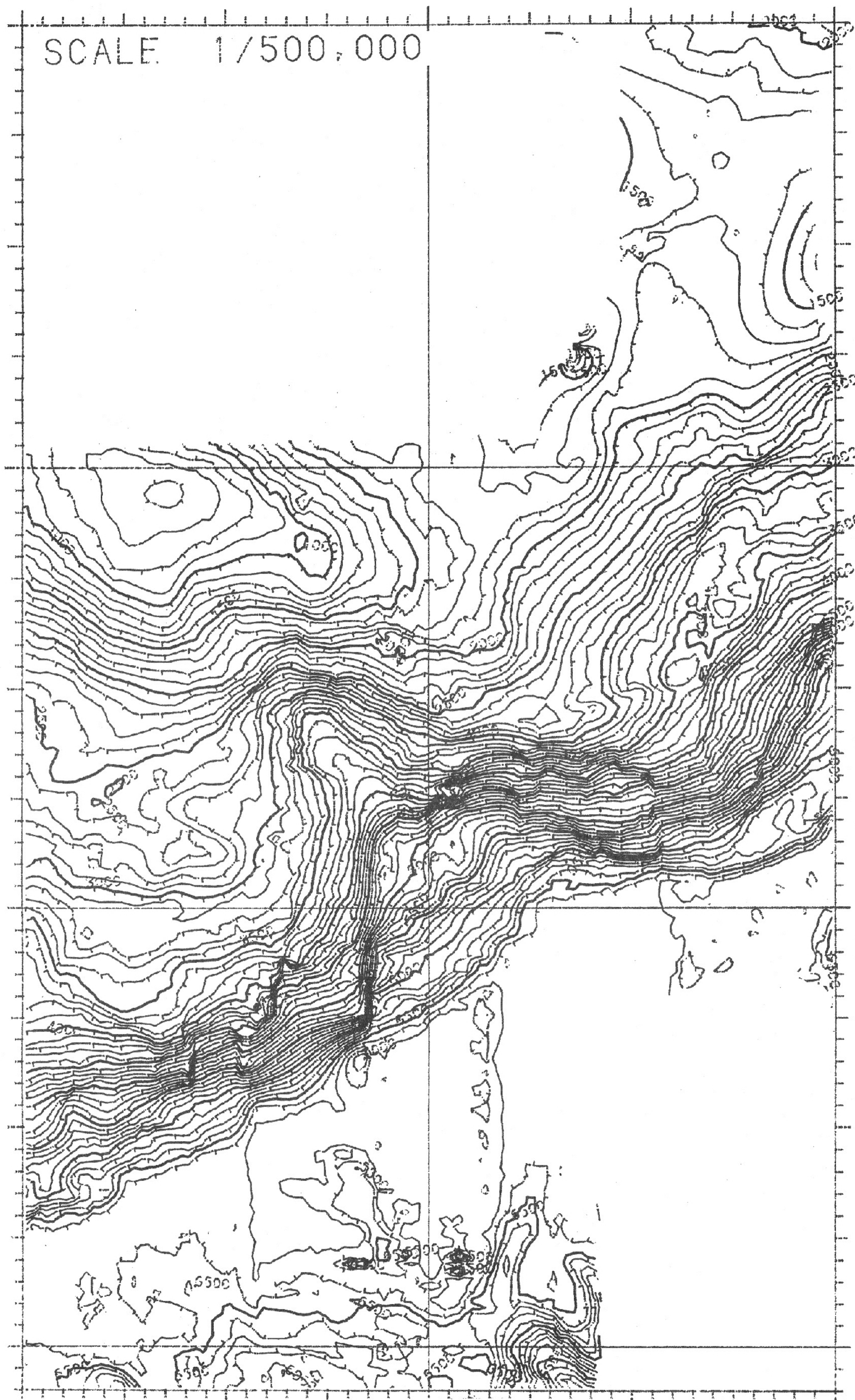
SCALE 1/500,000

24.20

24.00

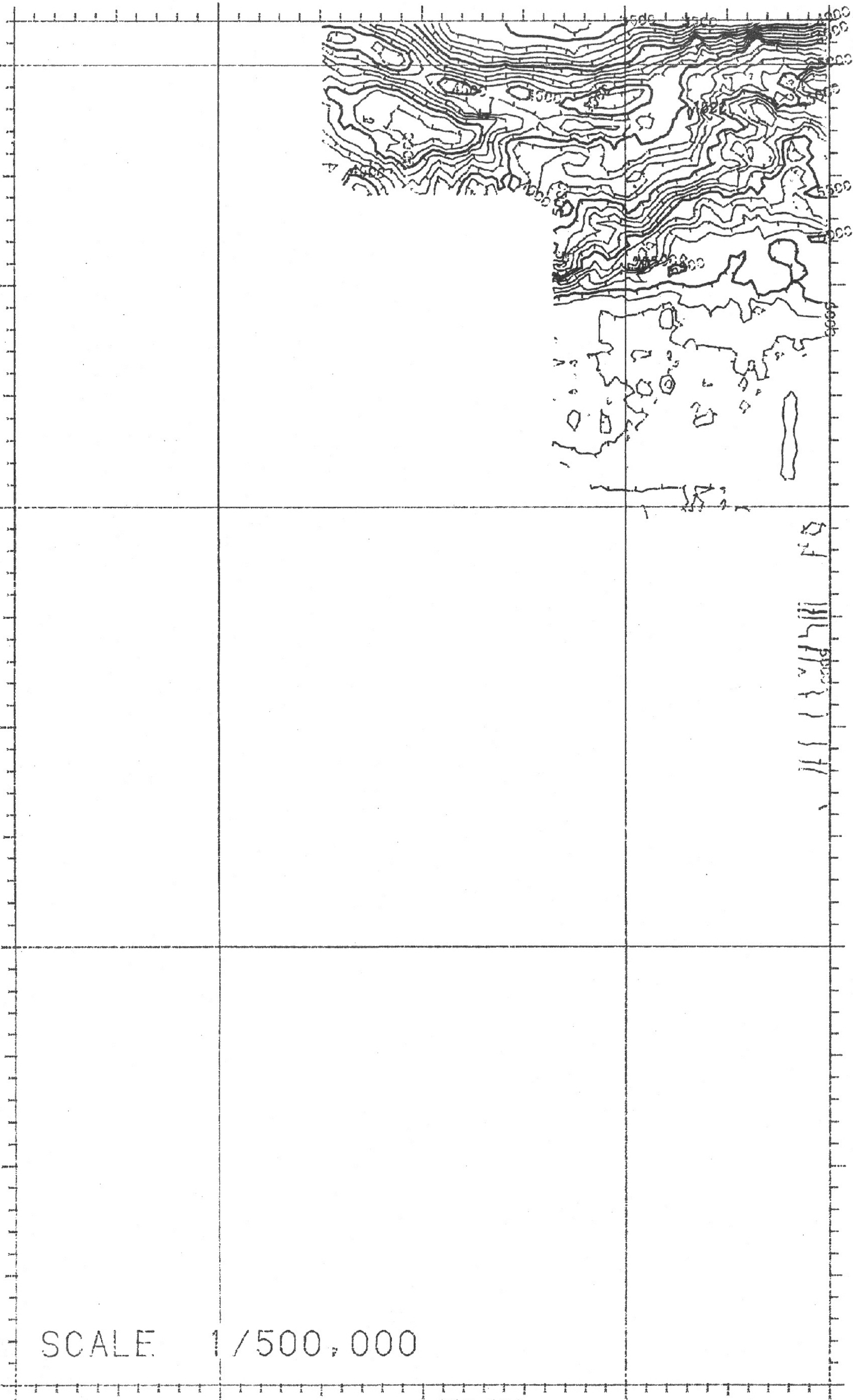
23.40

23.20



123.00

123.20



23.20

23.00

22.40

22.20

SCALE 1/500,000

123.40

124.00

23.20

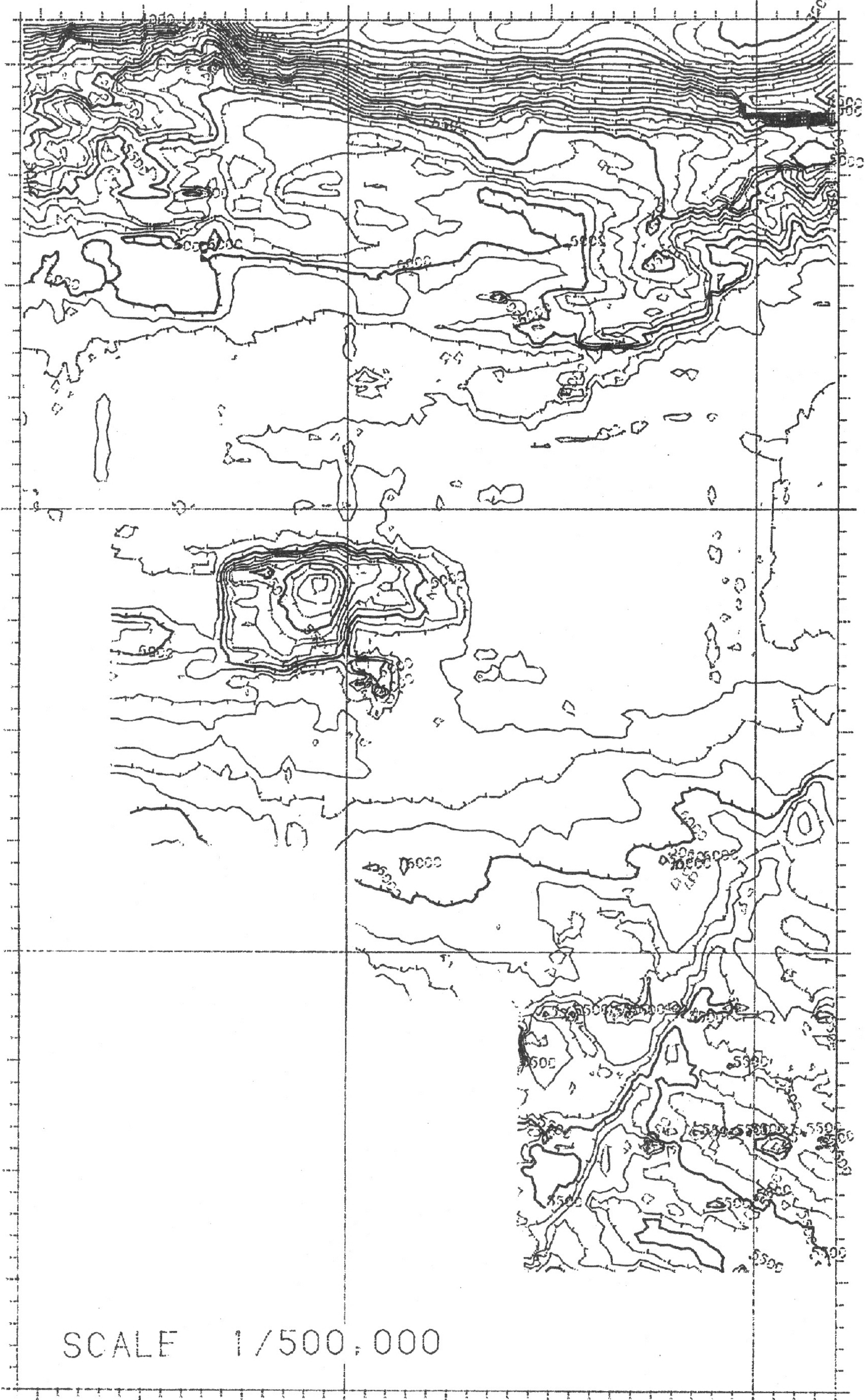
23.00

22.40

22.20

SCALE 1/500,000

图5 (8)



124.00

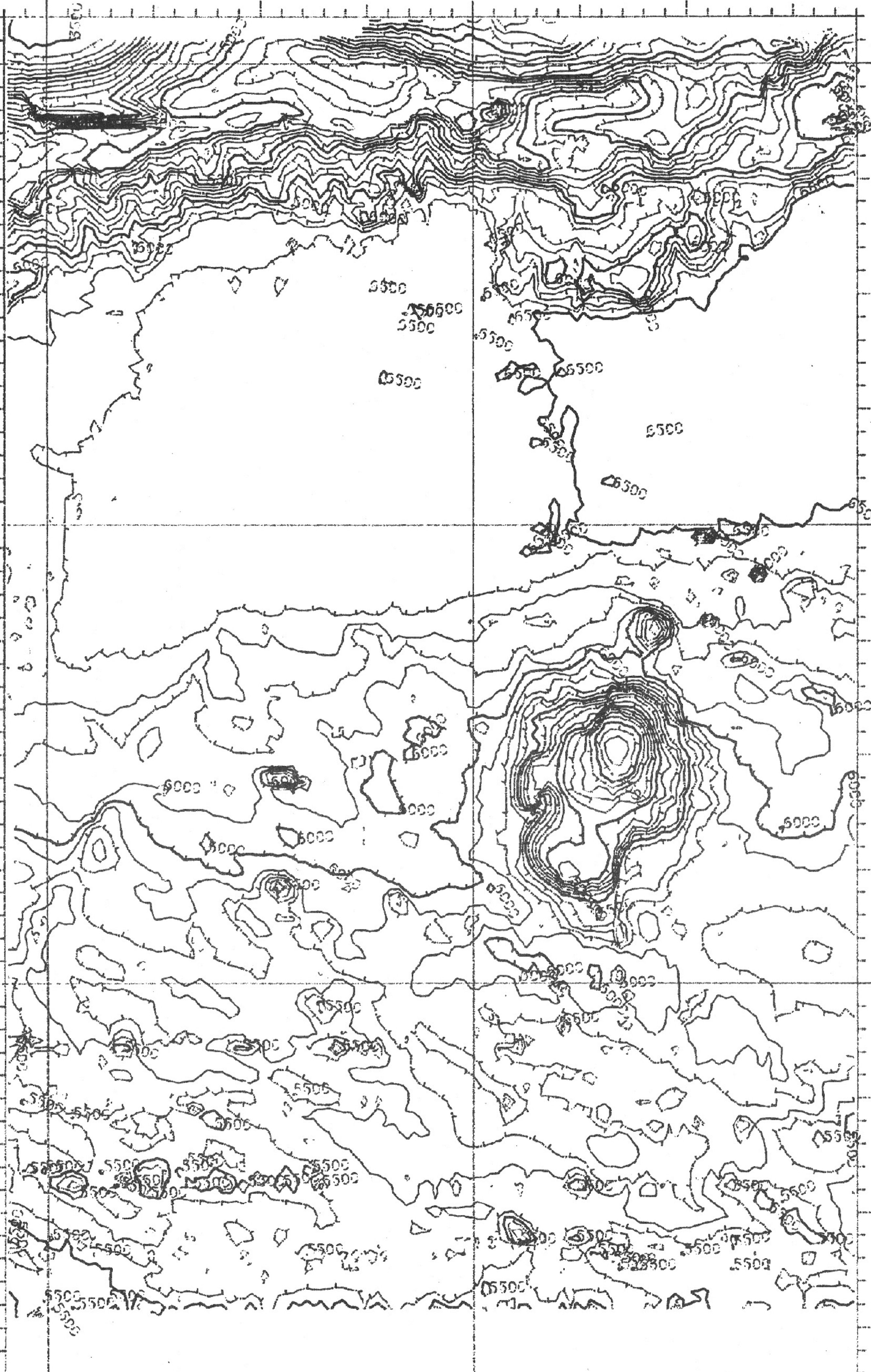
124.20

23.20

23.00

22.40

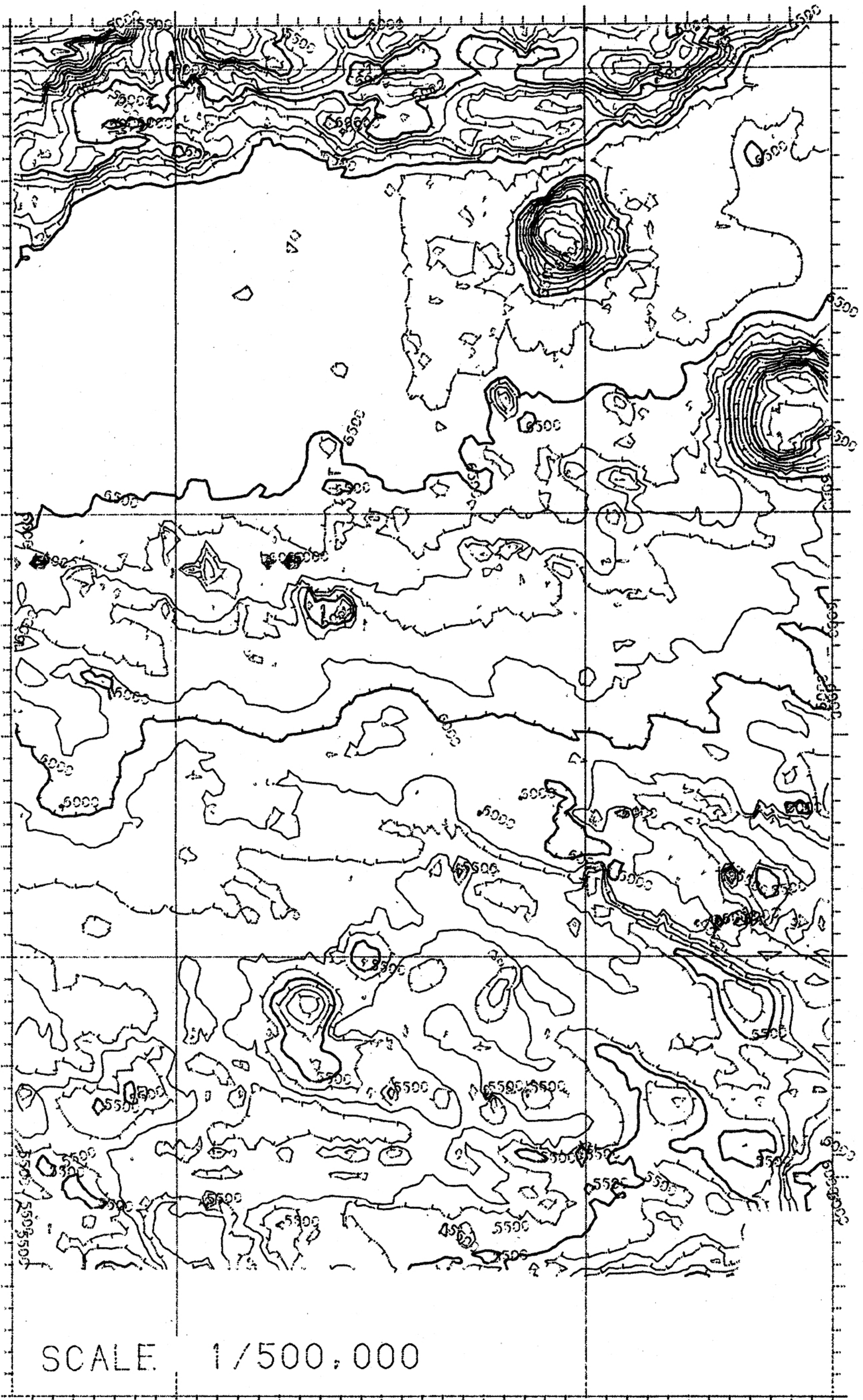
22.20



SCALE 1/500,000

124.40

125.00



23.2

23.0

22.4

22.2

SCALE 1/500,000

125.20

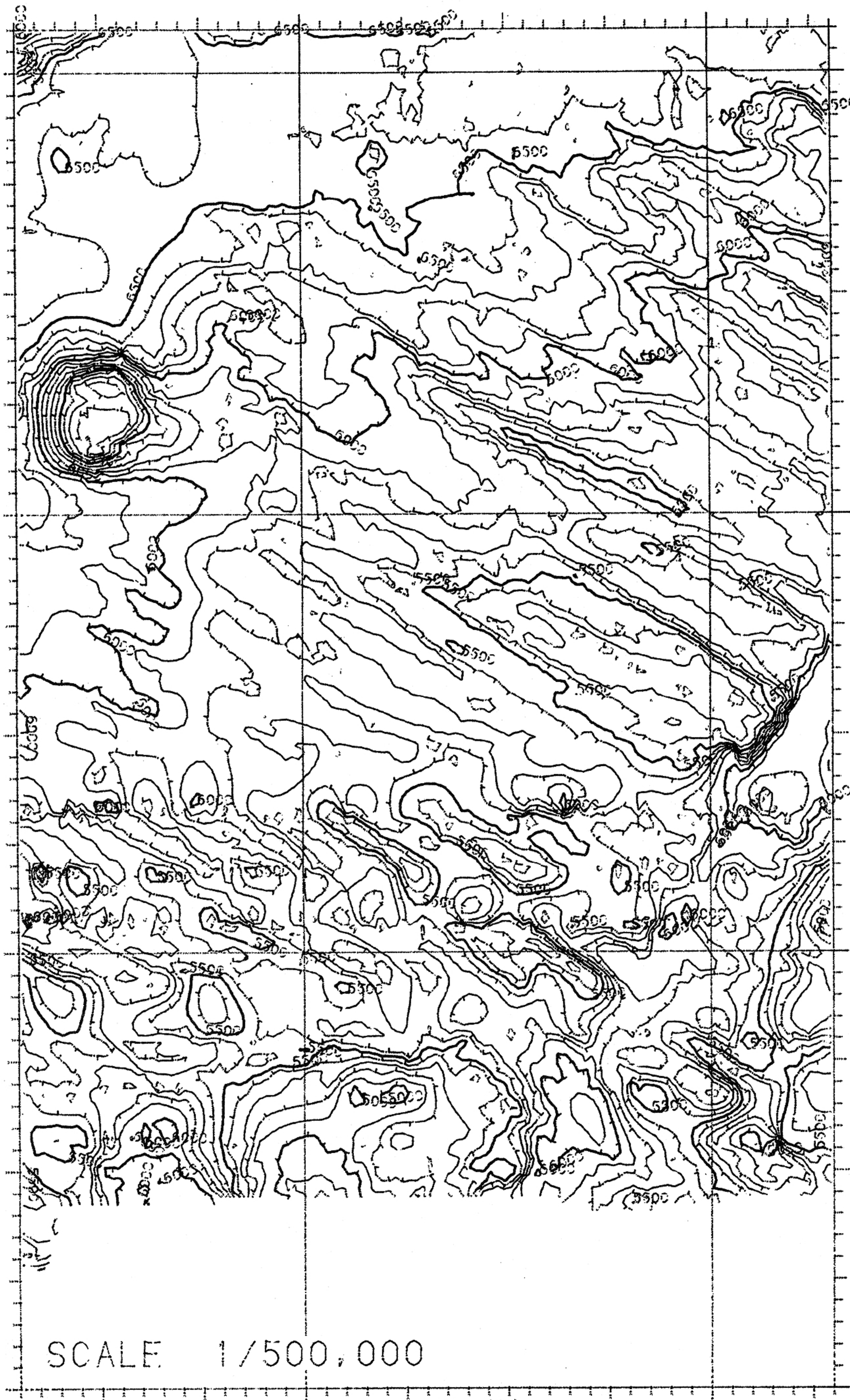
125.40

23.2

23.0

22.8

22.6

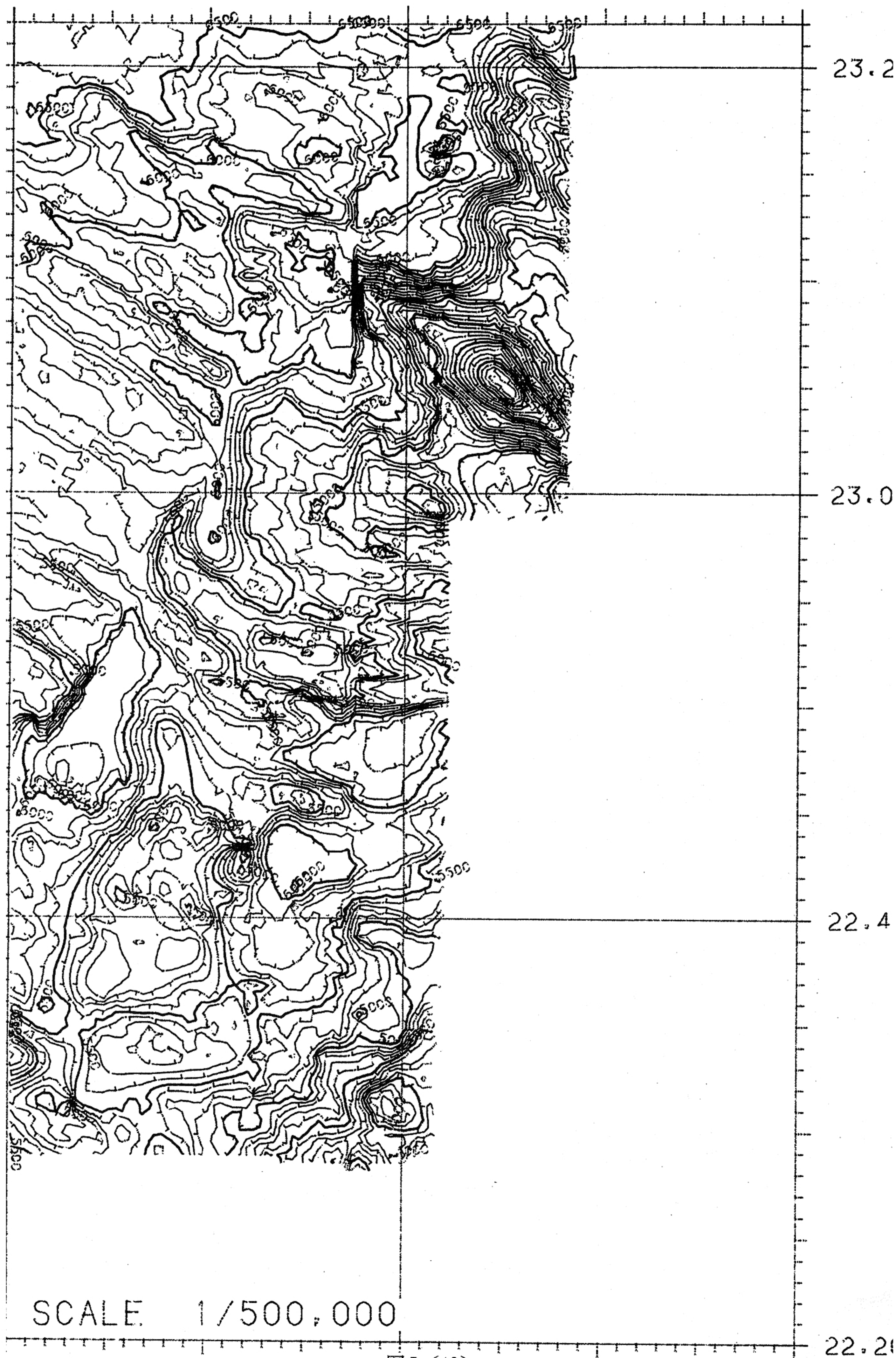


SCALE 1/500,000

25.40

126.00

126.20



SCALE 1/500,000

(2) Deep sea fan の発達とその大規模な崩落

24° 00' N~23° 40' N付近に発達する大規模な海底谷の南側には、径15~20km程度の明瞭な deep sea fan (海底扇状地形) が発達しているが、これらはいずれも、海底谷より流れ出た乱泥流堆積物よりなると考えられる。

このうちの一つ、石垣島南方、23° 55' N~24° 00' N, 124° 10'E~124° 20' E付近で、東西に円弧状の縁のある落差200~300m大陥没地形を発見した。陥没の場所は、波源域とされている場所の緯度・経度24.0° N, 124.3° Eとよく一致する。

23° 40' N~23° 55' N, 124° 10' E~124° 30' Eには、垂鈴型の高まりがある。これについても一種の deep sea fan と見ることができる。しかし、この高まりの南端のドーム状の部分の南半分が直線的に切られ、落差300m程度の南落ちの急崖となっており、陸側からの滑りによる堆積物の先端部が陥没することによって形成されたと考えられる。

八重山諸島と南西諸島海溝との間の23° 40' Nに沿って、東西に延びる凹地 (Tananao Basin) があり、この北端部の一部が八重山地震津波の原因と考えられる陥没部に相当するが、この海盆は、124° 30' E付近で最も浅く、ここから東西両方向に深くなっている。特に、123° 10'~20' E付近に最深部があり、これは南側が急崖となったグラベンとなっている。

一方、この Tananao Basin 上の23° 50' N, 124° 50' E付近については、その北西側に海底谷があり、本来は堆積物の供給によって地形の高まりがみられるべきところであるにも拘らず、比高100mほどの凹地となっている。これが津波の波源となるべき陥没部であると直ちに結論付けることは難しいが、付近の多良間島での津波の遡上の問題とも併せて、検討する余地があると考えられる。

(3) 海溝北側斜面の複雑な地形 (23° 40' N~海溝部)

23° 40' N以南の海溝陸側斜面の地形は、幾つもの小山、小谷、連続する急崖によって特徴付けられ、地形の方向性に規則性を見出すのは難しい。

その北側の平坦な Tananao Basin と対照的であり、従来の音波探査記録やドレッジ試料などから判断して、島尻層などの古い時代の堆積物が露出しているものと推定される (木村・他, 1983)。

(4) 海溝軸部

23° 20' N, 123° 30'~50' E付近の海溝底部の北側には、長さ40km、落差約1500mの東西方向に延びる直線的な急崖がある。この急崖の上部の水深は約4000mである。海溝の南側にこのような顕著な急崖が見られないことから、海溝自体がこの部分で、片側のみ急崖となっているグラベンであると考えられる。すなわち、海溝部で、正断層型の変動が起こったことを示している。

一連の調査によって、海溝底部で新たに4個の海山が発見された。そして、これらの海山の付近を境として、海溝の様子がわずかに変化している。平坦面の幅は日本海溝などの海溝軸部に比べて広く、八重山諸島の石垣・西表島沖では30~40kmに達する。水深値は南北方向には殆ど変化がない。また、調査海域の東部に向かうにつれ水深は深くなり、海溝軸の向きは北東寄りになるという傾向が見られる。

(5) 海溝南側斜面

宮古島沖に当たる125° 20' E~125° 50' Eの海溝部の南側斜面では、沖縄島南方の海溝南側斜面上に位置する南沖縄地壘地溝地形区と同様、北西-南東に近い方向性を持つ幅約6km、比高約300~400mの地壘地溝が明瞭に認められる。この地壘地溝は八重山沖の海溝海側斜面まで続いており、南琉球域 (琉球弧のうち慶良間海裂の南側) の海溝海側斜面に特有の地形と考えられる。但しその方向性は西側に向かうにつれて北西-南東から西北西-東南東へと漸次変化している。

八重山沖22° 40' N, 124° 00' E付近では、この地壘地溝地形がこれと直交するトランスフォーム断層で切られている。このトランスフォーム断層はさらに北北東に伸び、海溝軸の平坦面まで達していて、そこで消滅している。

このような大規模な崩落地形が多く発達したことについては、調査海域全体の広域テクトニクスに原因を求める必要がある。これまで述べたような地形の諸特徴の多くは、調査海域全体として八

重山沖南西諸島海溝の海側からの南方若しくは南西方への張力により形成されたと考えられる。このことはすなわち、八重山沖の南西諸島海溝の海溝軸が海側（南側）に後退していることを示唆する。津波の発生源となったと見られる海溝陸側斜面での大規模な崩壊の原因は、海域全体がこのような張力場にあることと関係があると考えられる。

4 おわりに

以上のような精密地形調査結果から、明和の大津波の波源域を含む南西諸島海溝域南西端部の海溝海側・陸側斜面にかけての広域のテクトニクスが明らかになった。本報告は詳細な地形図を示すことを主な目的としているが、今回得られた地形データと、本海域でこれまでに諸機関によって行われた音波探査記録、ピストンコアによる底質試料の分析結果などとの対比など、詳細な考察については、松本・木村（1993）を参照されたい。今後はこの精密地形データをもとに、「しんかい2000」、「しんかい6500」、「ドルフィン3K」などの潜航調査を行い、広域応力場の中での斜面の崩壊過程を解明していく必要がある。またそれとともに、ここで得られたデジタル地形データは、海底地形に伴う津波の伝播の高精度モデル計算を行う上で不可欠のものであり、海底での大規模な陥没地形、その陥没部と八重山諸島陸部とを直結する海底谷と云う新たな地形情報を加え、陥没部での諸条件を考慮した上での再計算を行う必要がある。

本報告に掲載した地形図は、出版・編集上の制約により、アトラス形式とせざるを得なかったが、今後の精密調査のための基礎資料などとして活用して頂ければ幸いである。この点を考慮し、片ページ毎に独立した一葉の図とし、しかもそれぞれの図の縁の部分は、隣接する領域の図と東西に6' 南北4' ずつ重なり合うように示してあるので、必要に応じてコピーして利用されたい。また、同縮尺の全体図のコンピュータ出力も用意されているので、必要な方は著者に一報頂ければ提供は可能である。

なお、本研究のための「かいよう」及び「よこすか」による調査航海の実施に当たっては、筆者らの他、琉球大学理学部海洋学科・化学科の学

生諸君、日本海洋事業株式会社の海上支援員の協力を得た。1992年の「しんかい6500」調査航海の際には、琉球大学理学部の大森保助教授、棚原朗助手、小野朋典技官、熊本大学の鳥井真之氏、東海大学の古賀義徳氏らの協力を得て、潜航後の夜間の地形調査を行い得た。時として海況不良の悪条件があったにも拘らず調査の中断を最小限に食い止め、広域精密地図が完成したのは、「かいよう」及び「よこすか」船長以下乗組員、「しんかい6500」運航チームに負うところが大きい。本調査研究に携わったこれらの関係各位に謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 藤岡換太郎・加藤幸弘・鳥井真之・古賀義徳:琉球海溝の海側・陸側斜面の地形・地質とその成因・第9回しんかいシンポジウム予稿集, 16-20, (1992)
- 2) 日吉義久・安藤雅孝・木村政昭:1771年南西諸島明和の大津波の発生機構—巨大海底地溝の発生—, 地震学会講演予稿集, 昭和61年秋季大会, P80. (1986)
- 3) Kato, S: A geomorphological study on the classification and evolution of trenches around Japan, Report of Hydrographic Researches, 27, 1-57. (1991)
- 4) 加藤祐三:1924年西表海底火山噴火, 月刊地球, 13, 644-649. (1991)
- 5) 木村政昭・古川雅英・北沢久和:フィリピン海の西北縁—琉球海溝—月刊海洋科学, 15, 453-458. (1983)
- 6) 木村政昭:地震と地殻変動, 九州大学出版会, 195PP. (1985)
- 7) 牧野 清:八重山の明和大津波, 牧野清発行, 石垣市, 462PP.(1981)
- 8) 松本 剛・木村政昭:1771年八重山地震津波発生域における精密地形調査と津波発生のメカニズムに関する一考察, 地震第2輯, 45, 417-426. (1993)
- 9) 大森 保・棚原 朗・平良初男:竹富島海底温泉と地震活動, 月刊地球, 13, 628-638. (1991)
- 10) 大島章一・高梨政雄・加藤 茂・内田摩

利夫・岡崎 勇・春日 茂・川尻智敏・金子康江・小川正泰・河合晃司・瀬田英憲・加藤幸弘：沖縄トラフ及び南西諸島周辺海域の地質・地球物理学的調査結果，水路部研究報告，24，19-43. (1988)

- 11) 氏家 宏：南琉球弧“500m島棚”の第四紀地史上の意義，第四紀研究，18，209-219. (1980)

(原稿受理：1993年5月7日)