

## 南西諸島周辺の地熱系

木村政昭 (琉球大学理学部海洋学科)

### 1. はじめに

今回の原稿は、1986年6月16日の講演をまとめたものである。その後、同年7月に“しんかい2000”による沖縄トラフの調査があり、世界初の背弧海盆での活動的な熱水現象の発見があったので、それについて最後に付記させていただくことをあらかじめお断りしておきたい。

### 2. 大洋中央海嶺の熱水系

さて、南西諸島周辺で熱的に問題になっているところは沖縄トラフであります (Fig. 1)。その沖縄トラフの中軸が現在リフト (裂け目) 地帯になっていて、非常に新しい数十万年とかそれ以下の若いと思われる時代の火山岩が、どんどん噴出しています。そこでの運動は、太平洋、大西洋にある大洋中央海嶺のようなメカニズムに非常に近いのではないかとこのように想像されるわけです。ここで、まず、大洋中央海嶺でのこれまでの諸機関による成果について、沖縄トラフとの比較のために概略まとめてみたいと思います。

いわゆるガラパゴス海嶺という、東太平洋海膨 (最近では東太平洋海嶺という呼び方もされている<sup>2)</sup>) と呼ばれる太平洋の東部にある中央海嶺系の1つから枝分かれしたのがある。その海嶺の中軸にリフトがあり、そのリフトのまん中で、岩の割れ目の各所から湧出する熱水 (最高摂氏17度、まわりの海水より15度も高い) やかつて熱水を噴き出していたチムニーと呼ばれる硫化鉍床の柱が見つかった (Fig. 2)。また、他に東太平洋海膨では、ブラック・スモーカーと呼ばれるものがあって、そこから摂氏300度もある高温の熱水が噴き上げていた。最初に摂氏17度の熱水が見つかったのが1977年、ガラバコス海嶺でありました。そして、最初にチムニーが見つかったのが東太平洋海膨の中軸であります。東太平洋海膨は、南米の西側を北上して、主軸は、カリフォルニアをめざして北上します。一方、枝分かれするものがガラパゴス海嶺で、このうち、西経86度地点というところが有名な所です。ここでも、後でチムニーが見つかりました。観測値としては、熱水域の地殻熱流量が非常に高く周辺で低くなっているという特徴があります。そのような地殻熱流量の分布は熱水循環を示しているとされています。薄くなった地殻の割れ目からしみこんだ地下水が上昇してきたマグマに熱せられて熱水となり、また上昇するというモデルがあります (Fig. 3)。

沖縄トラフには昭和59年に、“しんかい2000”で潜りまして、そこで第四紀の石英安山岩を実際に自分の手でとっています。他の一連の調査もありまして、その周辺で非常に地殻熱流量が高い所ははっきりし、また、熱水活動らしいものも確認できました。また、ビデオでそこにチムニーと思われるものがあることを確認したのでした。今年も“しんかい2000”による調査が予定さ

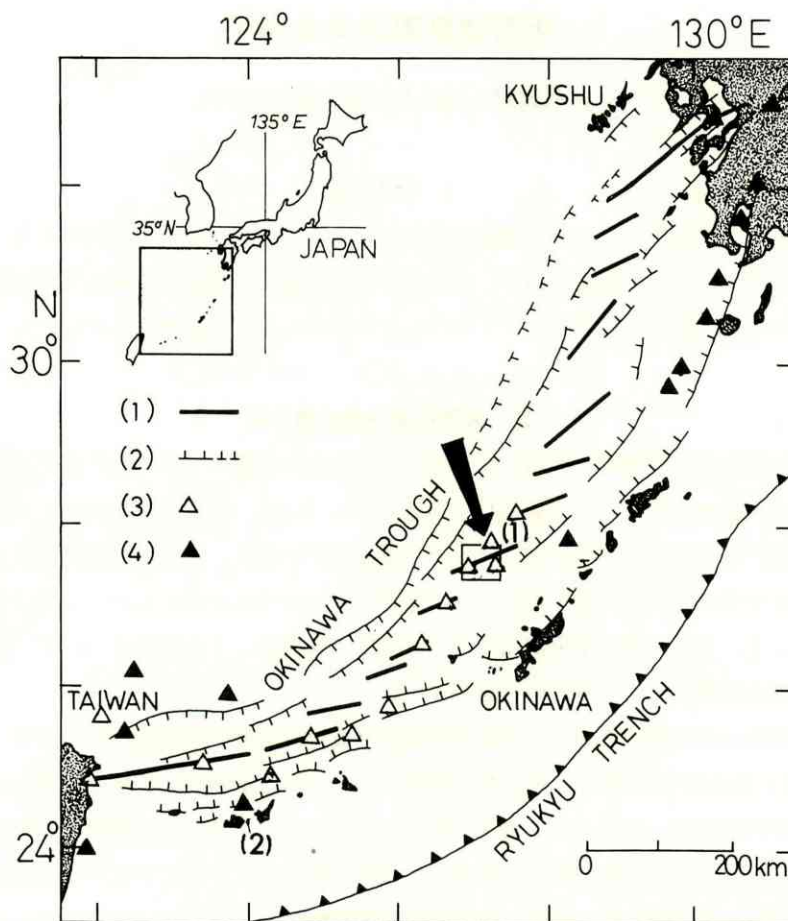


Fig. 1 Regional map showing locations of the hydrothermal fields around the Nansei islands. Base map is after Kimura et. al. (1986)<sup>1)</sup>.

(1): Hydrothermal field in the Middle Okinawa Trough (found in July, 1986) (black arrows), (2): Taketomi-jima submarine hot spring.

れていますので、今回はぜひそこでの熱水活動の確認をし、その状態を明らかにしたいというのが、1つの目的なのです。したがって、チムニーがどういう所にあるのかというのが、今非常に重要な問題なのであります。ガラパゴス海嶺の場合は、一番高まった所、すなわち一番水深が浅い所ではなくて、ちょっと低い所に見出されました。そこは、通常の火山でいいますと、火口中の溶岩湖にあたる所であります。熱水現象はそこに集中していて、非常に狭い範囲にのみ活動的な熱的兆候がみられます。ガラパゴスの例でいいますと、中央地溝は数キロメートル程度の幅をもっています。このまん中に一番新しい海嶺がございます。これももちろん火山岩でできていて、この規模とか、海嶺のありかたというのは、実は、沖縄トラフも良く似ていることがわかってま

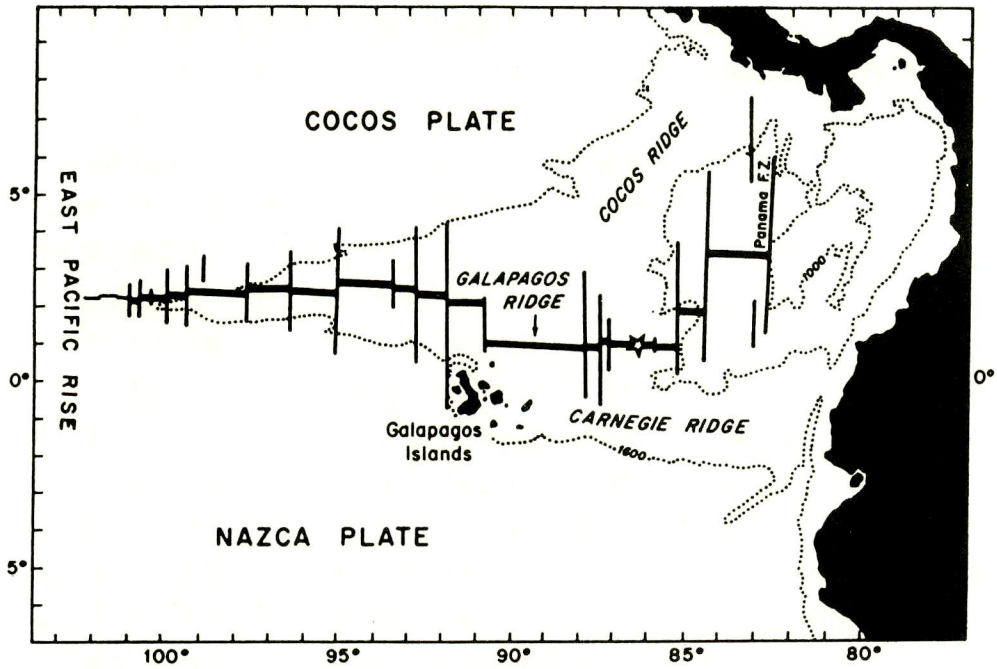


Fig. 2 Location of Galapagos Rift hydrothermal area (star) in the western Panama Basin<sup>3)</sup>.  
Contours are in fathoms (1 fathom=1.83 m).

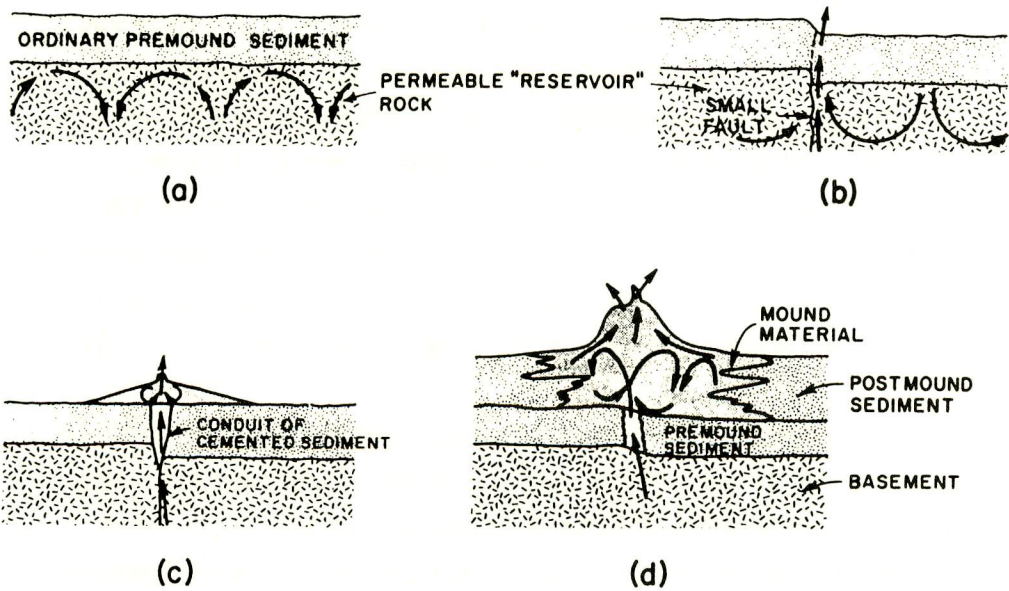


Fig. 3 Simplified diagram of the development of a mound from the premound condition<sup>4)</sup>.

いました。

ガラパゴス海嶺の例ですと、リフト中の中央海嶺中の細長い溶岩湖中の線上のほとんど幅1～2 kmの範囲内のみ活動的な火道がみられるということがはっきりわかってまいりました。そこには、非常に新しい火山岩がありまして、シートラバー（板状溶岩）とピローラバー（枕状溶岩）が代表的なものです。で、枕状溶岩の方は、熱的に少し活動度が弱く、板状溶岩の方が高い。ですから、潜水船で海の中に入ったならば、玄武岩地域であれば、枕状溶岩というより、板状溶岩を見つけるべきであろうということになります。もちろん、周辺で異常な生物の群集等もみられるということも目安となりましょう。また、地熱ですが、これもガラパゴス海嶺では非常に良く調べられています。セントラルリフト（中央地溝）の規模は、ほぼ沖縄トラフのそれと同じで、その中に溶岩湖があり、そこにマウンド（小山、小丘）があります。まあ、比高20～30 mくらいですけれど。海上の観測船による地殻熱流量の測定によると、ちょうどセントラルリフト付近の中央では、ヒートフローユニットで10を上まわるものがある、15とか10.2とかを示します。最高12～13程度です。このようなものが観察されているわけです。ところがちょっとはずれるともう1.3とか2.2というように低くなります。ここで、かなり低いところと高いところが近接してあるという特徴がみられるわけでありまして。それは、値の低いところで水が潜って、高いところで熱せられて上がってくるという熱水循環の場と考えられています。これが、現在のマグマの上昇口とほとんど一致しているという特徴をもちます。中には、ヒートフローユニットで30を上回る所があります。実は、沖縄トラフに最高35などという所があり、状況が似ているように思われます。

太平洋の海嶺系というのは拡大速度が非常に速い、そういう所でしか活動的な熱水の兆候がみられないのではないかとわれてきたのですが、拡大速度の遅い大西洋の海嶺でもそれが見つかりました（Fig. 4）。さて、その両者の海嶺で、どのような場所に熱水現象がみられたか、それを太平洋と大西洋とで比較してみましょう。太平洋の海嶺での例では、山頂が割れたりリフト中の溶岩湖の所でいわゆるチムニーがみついている。一方大西洋の例では、たまたま調べられたものがそうであるということかもしれませんが、いわゆるリフトバレーの軸付近の斜面から噴き出しています。一応の解釈としては、割れた谷に水がしみこんで、熱せられた水は斜面上がってくるということが考えられます。それは、ガラパゴス海嶺とは逆のパターンとなるわけでございます。

次に、太平洋の例で、ガラパゴス海嶺などの場合は、堆積物の被覆が少ない。そのため、鉦床ができにくいとされています。そこで、最近では、例の別子型鉦床とか黒鉦等の研究によって、泥の中にそういうものができるのではないかといわれるようになり、そこで、カリフォルニア湾のガイマス海嶺（あるいはリフト）が目をつけられました。そこは、東太平洋海膨が北上して突っ込んでくるところでございます。それが、そこで終わって、その先はトランスフォーム断層になって、ファンデフカ海嶺の方へ行きます。ガイマス湾では堆積物が非常に多い。ここでもやは



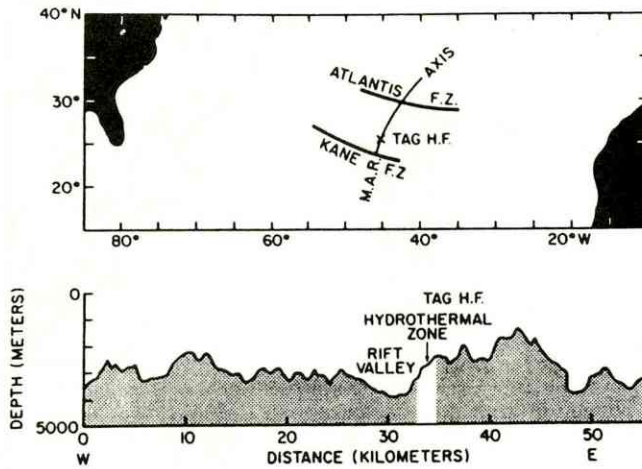


Fig. 4 (Top) Index map showing location of TAG Hydrothermal Field (TAGHF) on Mid-Atlantic Ridge (MAR) crest between the Atlantic Fracture Zone (FZ) and Kane Fracture Zone<sup>5)</sup>. (Bottom) Narrow-beam bathymetric profile across the Mid-Atlantic Ridge crest through the TAG Hydrothermal Field showing the hydrothermal zone at middepth on the east wall of the rift valley (vertical exaggeration 2.5-1).

り、幅数 km に満たないグラベンがあります (Fig. 5)。そのグラベンの中に殆ど直線的にマウンドが並んでいて、そこで塊状の硫化鉱床が見つかったわけです。太平洋でも、泥の被ったところには、そういう塊状硫化鉱床がかなりみられる。大西洋にもみられる。

ところが、背弧海盆では、チムニーはどうなっているのかといいますと、背弧海盆で最初のチムニーの確認ということになりました。最初にその徴候を見出したのは実は、1984年の沖縄トラフでのそれです。この際は、“しんかい2000”での潜水調査でありまして、物をとって確認することはしていませんが、ビデオにはっきりと、ブラック・スモーカータイプのチムニーが写っております。その周辺に生物がかなり見えますが、それよりちょっと離れたところでは岩の割れ目の水温が周囲より 0.7°C 高く、付近に生物の密集がはっきりと認められました<sup>7)</sup>。これらは熱水現象を示している可能性があります。また、同年の海上保安庁水路部による沖縄トラフ南部での深海写真に生物のコロニーと熱水のゆらぎらしいものが写っておりました<sup>8)</sup>。数日前にきた EOS に1986年にニュージーランドのラウ海盆、それはニュージーランドのタウポからずっと北に上った所ですが、その中で死んだチムニー (古地熱系?) が見つかったというニュースがありました (Fig. 6)。また、マヌス海盆では深海カメラによる探査で非活動的なブラック・スモーカー型のチムニーと巻貝のコロニーが撮影されました (Fig. 7)。そういう意味では、背弧海盆 (トラフ) ではじめての確認はラウ海盆にゆずることになるのでしょうか。しかし、まだ活動

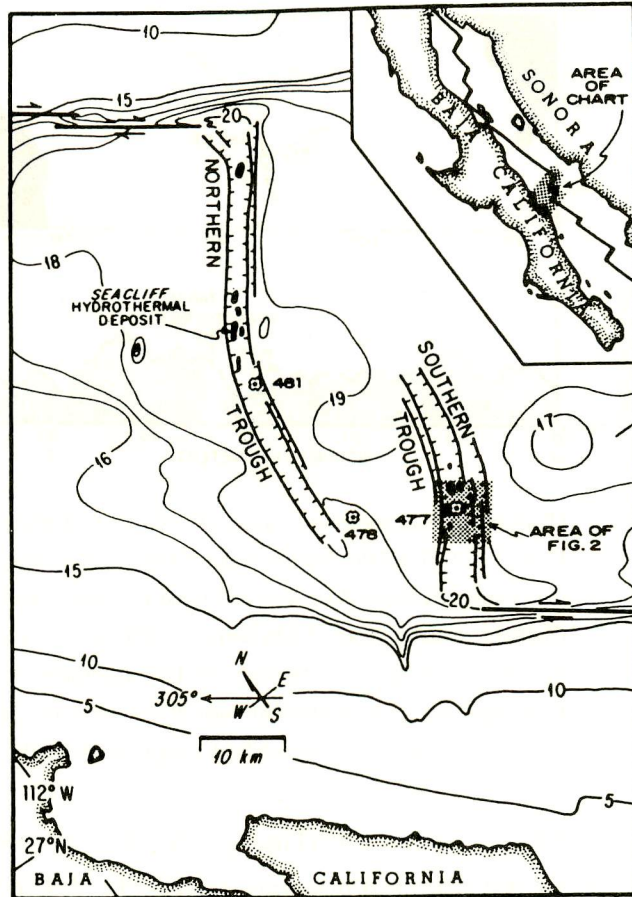


Fig. 5 Map of Guaymas Basin locating the northeast trending Northern and Southern Troughs<sup>6)</sup>.

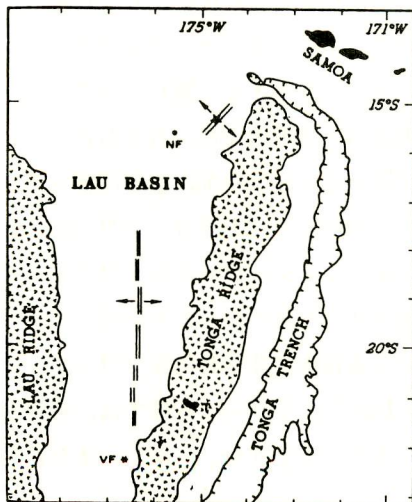


Fig. 6 Location map showing the Lau Basin and the Tonga arc-trench system<sup>9)</sup>. Hydrothermal vent chimneys were recovered at the site marked by a star. The location of actively spreading ridges are shown schematically. The forms of the Lau and Tonga ridges are outlined on the 2-km isobath, and the axis of the Tonga Trench is shown by the 6-km isobath.

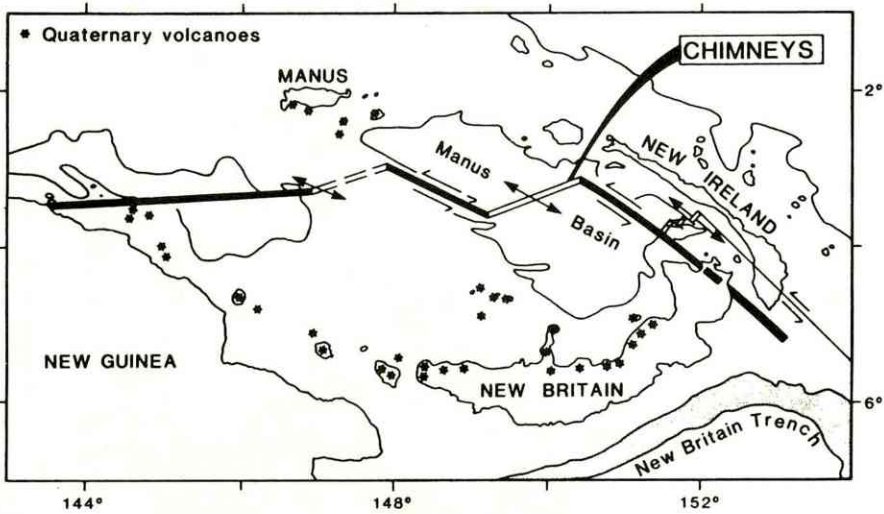


Fig. 7 Regional map showing the location of the hydrothermal chimneys in the Manus Basin and the spreading centers and transform faults that constitute the active plate boundary<sup>10)</sup>. The volcanoes and trench of the New Britain arc-trench system are also shown.

的な熱水は見つかっておりませんので、それを世界に先駆けて発見したいと願っております。世界の背弧海盆の中でも現在活動的と思われる所は、このラウ海盆、マリアナ海盆、アンダマン海それと沖縄トラフが代表的と思われます。しかし、マリアナのタイプは、海の中にできた縁海で、沖縄トラフはそうではなく、大陸を割ってできているという違いがあります。そういうことで、大陸を割ってできた縁海の中ではたしてチムニーがあるのかなのかということが1つ重要となるでしょう。

### 3. 沖縄トラフ

海底地形図によりますと、沖縄トラフというのは、北部で水深500m、中南部で1000mの等深線で囲まれた地域にあたります。長さは1000kmを超します。中でも中部が火山・地震活動が最も活動的であることが最近分かってまいり、関係者には意外に思われています。それは、従来は、南部の方が活発と思われていたからです。すなわち、台湾に近い方が水深が深くて、そこそは拡大しているのではないかと考えられていました。そして、南部の方から北方へだんだん拡大して行くのではないかとわれていたのです。しかし、最近の調査結果は、中部のほうが活動的であることを示しています。たとえば、地磁気異常については、南部では、中軸に正の異常が1つあるだけですが中部には多数認められる。地殻熱流量の値も南部より中部が高いということがはっきりしてきました。ちょうど中部の中ほど、そこにグラブベンがございます。その中に、さらにリフト・バレ

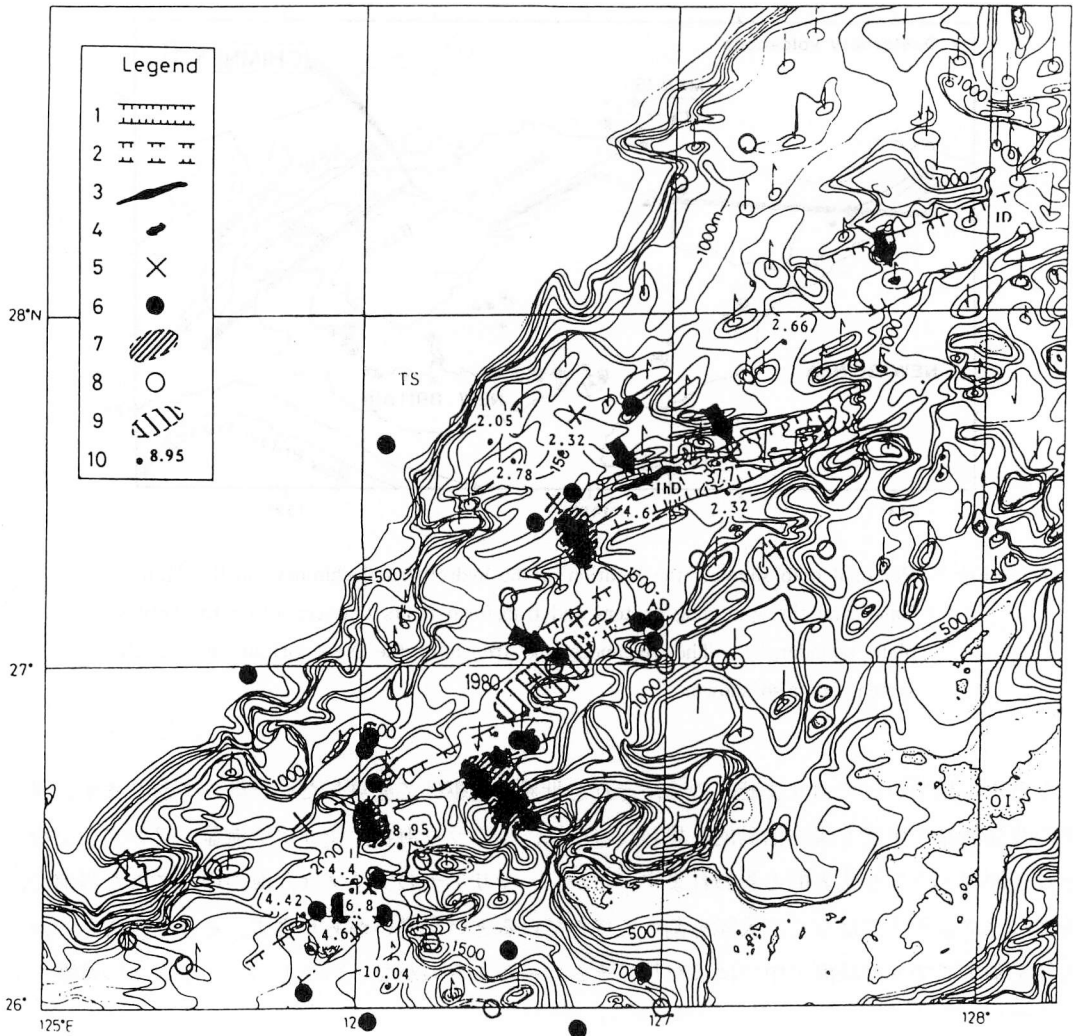


Fig. 8 Compiled map showing active features of the Middle Okinawa Trough<sup>11)</sup>. (1): Central graben in the volcanic area, (2): Central graben in the sediments, (3): Central ridge, (4): Central Knoll, (5): Location of Ocean Bottom Seismometers (OBS) by DELP-84 Cruise, (6): Epicenter determined by the OBS, (8): Recent epicenter by Japan Meteorological Agency (JMA), (9): Earthquake swarm observed by JMA in 1980, (10): Heat flow value represented by HFU. Black arrow shows location where Quaternary volcanics were recovered by various organizations and the white arrow represents location of large shells which were identified as *Calyptogena*.

ー (中軸谷) といってよい、幅数 km のグラブエンがあります。この中で、例えば 37.7 HFU (1600 mW/m<sup>2</sup>) の地殻熱流量値が 1984 年の DELP 沖縄航海 (団長上田誠也) で、東京大学地震研究所の上田教授らによって測られました。そのあと上田教授らは、さらにドイツのゾンネ号で



もって、またその所を測って、やはり同じような値を得て、かなり確実だというふうにいわれています。私は何度も上田先生に測り間違えてはないでしょうねと念をおしていやな顔をされたくらいしつこく確かめたものでした。そのほか、これは従来の値ですけど、ヒートフローユニットで8.95, 6.8, 10.4と、まあこんな高い所があります<sup>11)</sup> (Fig. 8)。それから、南部の方では高いといっても4 HFU どまりです。フランスの研究船ジャンシャルコ号で測ったものでは4が最高です。そんなところでしょうか。それから、地震活動、これは、まだはっきりしませんけれど、最近の気象庁での記録でみるかぎり、1980年に群発が中軸谷に近い地域で発生しています。中部域は、一般に非常に地震活動が活発であります。以上からみると、どうも南部は思っていたほど活発ではなくて、中部が現在最も活発であるといわざるを得ません。これは、実に意外な結果であったわけです。

中部域では、昭和59年の DELP 航海で、海底地震計 (OBS) を全体に10個置いて調べましたところ、3ヶ所で群発地震が起こっていることがわかりました。火山性微動と思われるものも入っていて、火山の活動を表すのではないかというような所もあります。それから、ドレッジを行ったり、“しんかい2000”で潜って、高アルミナ玄武岩や酸性安山岩を採っています。K-Ar 法による年代測定の結果、だいたいそれらの岩石が全部50万年あるいはそれより若い可能性があるということがわかりました。玄武岩の海丘と思われる孤立した高まりが伊平屋リフトの南方にあります。ここでは、その丘は3つならんでいますが、南のものが最大で、これは粟国海丘と仮称されています<sup>12)</sup>。どうもこれが一番新しい時代に噴き出したものではないかと思われれます。しかし、おととしは、これらの山を見る機会がなかったから、様子がわからなかった。それで、今度はそれらの山にも潜るという計画をたてております。まあ、この結果が待たれるところです。

これまで、一部に、沖縄トラフは拡大しているといわれてきましたが、今のところの結論では、まだ全部大陸地殻があると思われれます。大陸の地殻は薄くなりながら、雁行状の割れ目ができている状態と思われれます。そこへ火山岩が噴出し、中軸には一部玄武岩が出ていますけれど、その石は高アルミナ玄武岩を主体とするもので、これは、島弧のマグマ活動に特徴的であるということで、沖縄トラフはまだ北から南まで全体が海ではないということになりました。しかし、その中で、今、マグマ活動が一番活発なのは沖縄トラフの中部であるということになったわけでありす。

#### 4. 中央地溝

フランスのジャンシャルコ号によって昭和59年に得られたシービーム地図と呼ばれるものがあります。原図は5万分の1でできています。この図の中央の部分に非常にきれいにほぼ東西に伸びた海嶺状の地形が認められます。その周辺には、山が沢山あって、ぼこぼこした塊りみたくにみられます。そして、海嶺の東方が小さな海盆状になっていまして、ここだけ堆積物がかなりあります。それで、この小海盆で船上からヒートフローを測ったら異常に高い値が測られたわけで

す。それから、きれいな海嶺、これを伊平屋（中央）海嶺<sup>11)</sup>とっていますが、ここからはドレッジで、高アルミナ玄武岩を採っています。小海盆の地殻熱流量が高い原因の1つに、この玄武岩の海嶺の東方延長が海盆の下にもぐりこんでいるという可能性が考えられます。この伊平屋海嶺の延長がこの海盆の下に潜りこんでいるとすれば、その所に潜ってみれば何かわかるでありましょう。この海盆中央部の探査を今後徹底的に行うべきであろうと考えております。

ただ、一般に船上から精密音響測深機でとった地形断面図をみても、シービームマップをみても、海盆や山の中に、さらに小さな凸凹、すなわちマウンドやいわゆる溶岩湖があっても、従来の精度ではまだ分からないことにくい足りなさがあります。

それから地震活動をくわしくみると、いずれも中央海嶺下にはなくて、ちょっとはずれた、海嶺の延長部の平坦な海底で起こっている。これは、OBSで観測されております。そこは海嶺と海嶺をつなぐジャンクションにあたり、トランスフォーム断層の前身的なものが生じている可能性があると考えられます。そういう点からみて、地震的に活動的な海山は粟国海丘唯一なのです。地殻構造は、屈折法により、すでに述べましたように陸的であるという結果になりました。それから、火成岩の種類も島弧性のもとなっております。中央海嶺というのは、グラーベンの中に火山岩体が出てきたものであって、そこが一番中心とみられます。その地形断面をみると、中央海嶺の幅というのは5 km未満です。“しんかい2000”でおとし潜ったときはまず、リフトバレーとみられる中軸谷の割れ目 (Fig. 9) に降りまして、その中にある山 (なつしま84-1海丘) に沿って頂上まで行ったわけです。PDR (精密音響測深機) の記録でみるとわかりませんが、堆積物はかなりありました。熱水の徴候がみられました。さて、この山もだんだん西へ追ってゆきますと、やがてきれいな海嶺の高まりに連なるようにみえます。しかし、一方、西方の海嶺から東方へその伸びをたどると、伊平屋海嶺の延長はなつしま84-1海丘につながるようみえます。が、またそれとは別にその北方の海盆の下に潜り込むようにもみえる。あるいは、どこか横に跳んだり、あるいは、とんでもない所にくることがあるかもしれない。そのところが今後の課題であります。

中軸海嶺系の海山の1つである粟国海丘ではジャンシャルコ号により海底写真が撮られ、きれいな枕状構造が写っておりました。海底の枕状溶岩は、日本では伊豆半島東側の相模湾底でしか確認されておられません。本域ではもちろんまだですので、これも今年潜って確認したいと思っております。孤立した小さな山の粟国海丘では、1980年に群発地震活動 (1980年久米島沖群発地震) が起こりました。おとし潜ったなつしま84-1海丘はこの北東方にあります。それは安山岩の山でしたから、枕状溶岩は認められませんでした。今年はまだ少しその所をはっきりさせたいと思っております。

火山フロントは Fig. 1 のようにあります。しかし、琉球弧の場合は、その裏側、沖縄トラフ側に火山の列がもう1つあります。それが、沖縄トラフの中軸地溝およびその周辺に噴出したもので、点々と沖縄トラフ中・南部に配列する。その北方は中央地溝は九州の西方海底まで追えます。

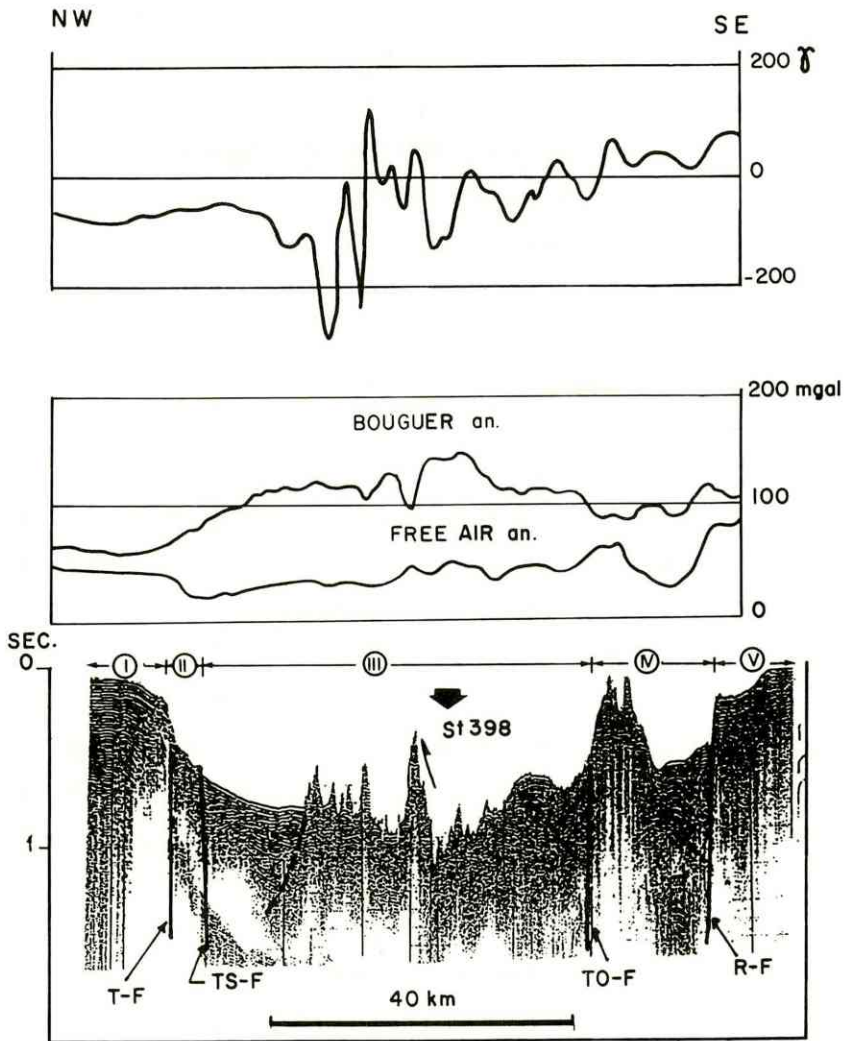


Fig.9 Seismic reflection, gravity and magnetic anomaly profiles in the Middle Okinawa Trough<sup>13)</sup>. Location is shown in Fig.1 (Box area in the Middle Okinawa Trough). The arrow shows the Iheya Central Graben (hydrothermal field discovered in July, 1986). Broken lines represent the boundaries between Quaternary sediments and its basement or igneous rocks. T-F, Ts-F, To-F and R-F show faults.

それでは、その北方というか東方ではどうなるのかといった問題が残ってきます。で、1つは、九州のまん中を割って入って行くという考え方ができ、もう1つは日本海の方へ続くという考え方ができます。現在の私の考えとしましては、現在活動的な沖縄トラフの中軸部は九州中部へ上陸し、そこで終わると考えております。ただし、中新世から更新世初期にかけては沖縄トラフ自

体は五島列島付近から対馬海峡をぬけ日本海と連続し、一連の活動を行ったものとみております。

### 5. 日本海で採れた MORB 様岩石と沖縄トラフ

私は、沖縄トラフは、現在の中軸は一部九州中部に上陸するが、リフト帯のメインの伸びは日本海に連続しているという仮説を提唱し、沖縄トラフの続きの中央海嶺が日本海の大和海盆の中にあるという指摘を行いました。それを実証するべく、1985年の DELP 日本海航海の際、その海嶺の頂部と思われるところをドレッジしたのです。で、そのリフトのまん中で K-Ar 年代が7百万年を示す MORB 的な岩石が採れました。それは、海を示すものといえます。日本海が開いたとよくいわれますが、よく確かめたところ、なんと今まで採れた日本海の石の中で MORB 的な石は1つもなくて、その意味では海を示す石がないということがわかりました。日本海盆の中のボゴロフ海山でさえ高アルミ玄武岩です。それから、大和海盆の中でおとし中央海山列が東京大学海洋研究所の白鳳丸航海によりくまなくドレッジされましたが、全部安山岩質といわれています。したがって、いわゆる大和海盆についていえば、ちょうどその所は、今ちょっと裂けて海的になった、ちょうど細いリフト地帯であるということを示して、まさに沖縄トラフのリフトの延長といったところにみえます。ただし、大和海盆は熱的にはさほど高くなく、地震活動も全くないところからみると、噴出は中新世後期にはじまり、現在は、活動をとめていることになる。ただ、その北方延長で第四紀火成活動の可能性があるので、このリフト帯は、最盛期は中新世後期であり、それ以降部分的に活動を続け、現在も一部活動的なところがある状態とれるようにみえます。

### 6. 火山フロントと背弧リフト

ここで、もう1度火山フロントについてみたいと思います。沖縄トラフおよび南西諸島での問題の1つは、例えば、火山フロントというのは、もっと具体的には琉球弧ではどの付近を通るのかという問題です。1つの考え方としては、現在火山がはっきりしていないけれど、沖縄トラフ中・南部の軸部にくるといふものであります。もう1つは、沖縄トラフと琉球海嶺の縁を通るといふ可能性<sup>12)</sup>です。たまたま、琉球海嶺上の八重山の竹富島沖で熱水が出ているという現象が見られます。そこで海底から100 m 下で190°C を越すような温度が推定されました<sup>15)</sup>。この熱源は、火山性であると推定されたわけですが、そうするとそれは火山フロントなのか、それとも、沖縄トラフのリフトみたいな所のものなのか、それともトランスフォーム断層等の影響でリークしたマグマによる影響なのか、あるいは第三紀およびそれ以前の火山の影響によるものなのか今後それが気にかかるところです。

地形的に、沖縄トラフというのは100 km ぐらいの幅のへこみですけど、地質構造的には、もうすこし広がりまして、幅200 km ぐらいになります。東端の断層は鹿児島湾のグラーベンの



東端を通りまして、奄美、沖縄本島の西端を通ると思われます。海底延長で、非常にはっきりした比高 100 m 以上の断層崖がございますが、それがその海底延長です。問題は、この断層より西側、すなわち、沖縄トラフ側にしか活火山がないようにみえるということであります。それ以前の古い火山もその地域に集中しております。この断層を琉球海嶺断層<sup>12)</sup>とよんでいます。これに似た断層はもう 1 つ内側にもあります。それは、別府—島原地溝の南東端をくぎる顕著な礫層を伴う断層崖であります。そういう所は、初期更新世にできたものであります。で、こちら沖縄トラフの東縁をくぎる琉球海嶺断層の延長部でも、同じような状況が何箇所かみられまして、それらは初期更新世ぐらいにできたかと推定されます。おそらく、幅 200 km にわたる沖縄トラフのグラーベンというのは、200 万年前からできて現在に至っているだろうということです。そして、その中に全部、火山フロントから背弧リフトまでが入る。ただし、この外にはみだした所でも熱的な運動があつて、それはどうも中新世からの影響があるであろうと思われることが特徴です。

沖縄トラフの南部の中軸のグラーベンでの話しでございますが、グラーベンの中の平坦になっているところで、ジャンシャルコ号で海底写真を撮ろうとしたことがあります。ところがなんと、カメラをひきあげたところ深海カメラの上に玄武岩の塊りが乗っかって、撮影が失敗してしまったというハプニングが起きました。PDR 記録では、堆積物しかないと思われるようなところに、溶岩が、噴き出して流れ出していたと思われます。その意味では南部域においても非常に新しい火山活動が行われたと推定されるわけです。

中部域を“しんかい2000”で潜った時、海底の中軸の火山に白いものが付着していることがよくあります。これらは、生物であることははっきりしておりまして、あのような深海底にコロニーを形成しているということは、案外、そんな所で熱的活動があるのかもしれないと思われます。これは、今後生物学者にも潜ってもらって検討しなさいかならなれないと思っております。そういう地域をはずれるとほかには生物がかたまってみられるということはまずありませんでした。「なつしま84-1 海丘」の海底火山では軽石がごろごろしていました。それは石英安山岩質です。沖縄トラフには非常に軽石が多いのです。これらの軽石は海を流れてきたものが上から落ちてきたものかと思つたのですが、潜水船での観察やこれまでのドレッジ結果によって推定される産状によると、どうもそれらが、火山体の一部を形成していると思われます。そこで“しんかい2000”で発見した材木状軽石のサンプルを琉球大学の加藤祐三助教授に鑑定していただいた結果、その軽石は海底でできてても良いとの結論が出されました。このような軽石が海底で確認されたのは世界初のことだそうであります。

## 文 献

- 1) 木村政昭, 加藤祐三, 田中武男, 仲 二郎, 蒲生俊敬, 山野 誠, 安藤雅孝, 上田誠也, 酒井 均, 大森 保, 井沢英二, 兼永 勝, 小野朋典, 押田 淳: 沖縄トラフ中央地溝の研

- 究。海洋科学技術センター試験研究報告特集号（印刷中），1987。
- 2) 堀部純男, 大町北一郎, 菅野昌義: 海洋鉱物資源, 読売新聞社, 226 p., 1986.
  - 3) van Andel, T. H., and Ballard, R. D.: The Galapagos Rift at 86° W: 2. Volcanism, structure, and evolution of the rift valley. *Jour. Geophys. Res.*, **84**, 5390-5406, 1979.
  - 4) Williams, D. L., Green, K., van Andel, J. H., Von Herzen, R. P., Dymond J. R., and Grane, K.: The hydrothermal mound of the Galapagos Rift: Observations with DSRV Alvin and detailed heat flow studies. *Jour. Geophys. Res.* **84**, 7467-7484, 1979.
  - 5) Rona, P. A., Thompson, G., Mottl, M. J., Karson, J. A., Jen Kins, W. J. Graham, D., Mallette, M., Von Damm, K., and Edmond, J. M.: Hydrothermal activity at the Trans-Atlantic Geotraverse Hydrothermal Field. Mid-Atlantic Ridge crest at 26°N, *Jour. Geophys. Res.* **89**, 11365-11377, 1984.
  - 6) Koshi, R. A., Lonsdale P. F., Shanks, W. O., Berndt, M., and Howe S. S.: Mineralogy and chemistry of a sediment-hosted hydrothermal sulphide deposit from the Southern Trough of Guaymas Basin, Gulf of California. *Jour. Geophys. Res.*, **90**, 6695-6707, 1985.
  - 7) 上田誠也, 木村政昭, 田中武男, 兼岡一郎, 加藤祐三, 久城育夫: 沖縄トラフ拡大軸の研究。海洋科学技術センター試験研究報告特集号, 123-142, 1985.
  - 8) 桂忠彦, 大島章一, 萩野卓司, 池田清, 永野真男, 内田摩利夫, 林田正和, 小山薫, 春日茂: 沖縄トラフ南西部海域の地質・地球物理学的諸性質。水路部研究報告, 21-47, 1986.
  - 9) EOS (1986): "Black smoker" vent chimneys. News, April 29, 1986.
  - 10) Both, R., Crook, K., Taylor, B., Brogan, S., Chappell, B., Frankel, E. Liu, L., Sinton, J., and Tiffin, D.: Hydrothermal chimneys and associated fauna in the Manus back-arc basin, Papua New Guinea, 1986. *EOS, May 27*, 1986.
  - 11) Japanese DELP Research Group on Backarc Basins, Report of DELP 1984 cruises in the middle Okinawa Trough. *Bull. Earthquake Res. Inst., Univ. Tokyo*, **61**, 159-310, 1986.
  - 12) 木村政昭: 地震と地殻変動—琉球弧と日本列島—。九州大学出版会, 195 p, 1985.
  - 13) Kimura, M.: Back-arc rifting in the Okinawa Trough. *Marine and Petroleum Geology*. **2**, 222-240, 1985.
  - 14) 山野誠, 上田誠也, 加藤祐三, 木村政昭, 田中武男, 仲二郎, 浦生俊敬: "深海2000" による中部沖縄トラフにおける湿度測定。地震学会講演予稿集, 2, p. 22, 1986.
  - 15) 木村政昭, 林正雄, 大森保: 竹富島海底温泉の貯留層についての一考察。琉球大学理学部紀要, 40, 137-144, 1985.

## 質疑応答（座長 円城寺守 筑波大学地球科学系）

井沢英二：さきほど沖縄トラフ中部の火山岩に若いものがあると言われたようですが、どのもののでしょうか。

木村政昭：50万年より若いと思われるものがあるということです。

井沢：50万年より若い？

木村：そうです。ただし、そのへんになるとごぞんじのように、年代決定に問題のあるところでして、それ以上細かいところは、議論がむずかしいところです。

井沢：それより古いものも見つかっておりますでしょうか。

木村：はい、軸から少しはずれたところで $0.75 \pm 40\%$ Maというものがあります。これはもしかしたら少し古いものかもしれません。比較的明らかなことは、軸部に新しいものがあるということです。

井沢：いずれにしても、数100万年なんていうのはできませんか。

木村：軸からはずれたところ、少し南の方ではでてまいります。石英安山岩ですが。ただし、測定誤差がかなり大きいデータしかなくあまりあてになりませんが。

井沢：50万年より若い火山岩があるということでしたら、それは活地熱系にはいりそうですね。

木村：そう考えてよろしいと思います。

林正雄：お話がございましたように、竹富島で、現在の温度が $90^{\circ}\text{C}$ と推定される地熱系もあり、かなり活動的な地域であるという可能性があると思われまます。

中川進：竹富島海底温泉の熱源は火山性ではないかというお話がございましたが、そのへんのところをもう一度御説明願えないでしょうか。

木村：火山性といっても、現在のマグマの影響であるのかそれとも古い地質時代のマグマ活動の影響であるのか、その辺に問題が残ります。それは、まだわかっておりません。それから、ボーリングの結果、堆積物の中にマンガンや水銀が非常に濃集していることが明らかになってまいりました。水銀の濃集は例えば鹿児島湾でもみられます。水銀の濃集という点では竹富島のそれは鹿児島湾のものに似ています。だがしかし、マンガンを多く含むということからは、例えば、大洋中央海嶺のような所で得られたものと非常によく似ているという指摘もあります（大森保, 1986年談）。以上のようなことがありまして、現在解決をみておりません。しかし、いずれにしてもこの問題は重要と思われ、今後の検討が望まれます。

## 7. 後記

本シンポジウムのあと、1986年6月30日より7月28日まで、海洋科学技術センターの“しんかい2000”による沖縄トラフ中部域の潜航調査が行われた。その際、背弧海盆で最初の熱水噴出現象の確認を行うことができた（第一確認者、加藤祐三）。発見された熱水は、沖縄トラフ中軸谷中の小海底火山「なつしま84-1海丘」（酸性安山岩よりなる）の火口内である。その同じ火山の

東隣りの火口で1984年のビデオでブラック・スモーカー型のチムニーと類似の物が撮影され、水温も周囲より0.7°C高く、生物の密集も観察されていたため、1986年度はその左隣りの火口へ潜航し、ついに熱水を湧出するマウンドを確認することができた<sup>1,14)</sup>。これは低温熱水型で、マウンドやチムニーは主として鉄の酸化物および水酸化物である(井沢英二, 1986談)が、今後、この周辺でブラック・スモーカー等が発見される可能性がでてきたわけである。

### 8. 今後の問題点

- 1) 今後、活動的なブラック・スモーカー、熱水鉱床および熱水性のコロニーの発見を行いたい。
- 2) それには、地殻熱流量が異常に高い「なつしま84小海盆」の基底が玄武岩海嶺の延長か、あるいはそうではなく、安山岩-石英安山岩質なものかの確認が重要である。
- 3) 今後、地殻熱流量が最も高いところ(「なつしま84海盆」のまん中)に潜るべきであるか、それとも「なつしま84-1海丘」およびその延長の海丘をくまなく調べるべきであるのかの検討が重要となる。

本域では、以上の基本的な問題を解決する必要があり、今後、また潜水調査が行われる時点までに、海上からでよいから、当域を調査してできるかぎりデータを増やしてゆく必要があるだろう。

### 9. 謝 辞

沖縄トラフの熱水マウンド発見に際し、本シンポジウムを通じていろいろな方がたから御議論をいただくことができた。とくに、鹿児島大学の浦島幸世、小林哲夫、九州大学の井沢英二、田口幸洋、林正雄氏らの議論および菱刈金山見学の際の住友金属鉱山株式会社の鈴木良一氏との議論等が熱水性マウンド発見に直接役にたった。あわせて紙面にて謝意を表させていただきたい。



## **Geothermal fields around the Nansei Islands**

**Masaaki KIMURA**

Department of Marine Sciences, College of Science, University of the  
Ryukyus, Okinawa 903-01.

### **Abstract**

Recent studies strongly support the view that the Okinawa Trough is an active backarc basin that has not yet undergone full spreading. The crust under the trough is still regarded to be continental. Extremely high heat flow (max. 1600 mW/m<sup>2</sup>) has been measured at the deep small basin in the Middle Okinawa Trough.

An assemblage of the active hydrothermal vent system, including hydrothermal mounds and associated chimneys, was discovered in the Middle Okinawa Trough in July, 1986. Such a hydrothermal vent system has not to be observed in backarc basins any where in the world.