

南極の地球化学的地熱探査  
—ドライバレー, バンダ湖周辺 (予報)—

古賀 昭人\*

Preliminary Geochemical Prospecting of Thermal Sources around  
Lake Vanda, Dry Valley, Antarctica

Akito KOGA\*

**Abstract:** Preliminary geochemical prospecting of thermal sources around Lake Vanda, Dry Valley, was carried out using mercury. Twenty-three samples, taken from around the lake, were analyzed. Values range from 1.1 to 169 ppb, with 50 ppb average. For comparison, 89 samples from Don Juan DVDP 5A, Taylor Valley DVDP 11 and around Syowa Station were also analyzed, obtaining the average values 6, 12, 10 ppb, respectively.

Mercury measurements in soil, clay and rock samples would be a new technique which can be used to locate areas of geothermal activity, even in an extremely cold region such as Antarctica. Mercury values are usually proportional to the underground temperature in a geothermal area. Thus, the Lake Vanda area with rather high mercury contents would suggest the existence of a thermal source under the ground, strongly supporting the occurrence of some hydrothermal minerals around the lake. It is, however, still uncertain whether the heat supply has continued up to date or not. In order to gain further information on geothermal sources around Lake Vanda, more detailed mercury survey would be required.

**要旨:** ドライバレー, バンダ湖周辺の地球化学的地熱探査の一手段として, 水銀をインディケーターとする方法が適用できるかどうかの予備調査が行われた。試料は堆積物やコアサンプルの 23 個で, 平均値は 50 ppb であった。対象として, ドンファン DVDP 5A の 14 個, テイラー谷 DVDP 11 の 27 個, 昭和基地周辺の 48 個がなされたが, それぞれの水銀含有量の平均値は 6, 12, 10 ppb でバンダ湖周辺に特別に水銀が多いことが確認された。水銀は現在地熱探査の最良のインディケーターであり, 南極のような酷寒地でも深部に地熱があれば水銀が上昇することは容易に考えられる。これらの事は, バンダ湖周辺の二次生成鉱物中に熱水起源のものがあるという事実の裏付けである。

本予備調査は既存の試料についてなされたが, 地熱探査用の試料採取により, もっと判然とすると思われる。

---

\* 九州大学温泉治療学研究所. Institute of Balneology, Kyushu University, 4546, Tsurumi-Baru, Beppu 874.

## 1. はじめに

地熱地帯の地球化学的探査法として、水銀を地熱のインディケーターとする方法が古賀他 (1973~1976) や MATLICK and BUSECK (1975) によって推賞されている。すなわち、地熱地帯の活動度や広がりを知るのに水銀は絶好の道具であり、また断層や割れ目を示すこともある。とくに地表徴候のまったくない所では、水銀法が唯一の地球化学的地熱探査の手段である。

水銀は火山発散物として大気中に放散されており、ESHLEMAN *et al.* (1971) は火山近くの大気中に通常の空気の 1,000~5,000 倍におよぶ高濃度の水銀を見出しており、地熱地帯でも degassing として地表より相当量放出されている (古賀・野田, 1975 a, b, 1976)。地熱地帯の土壌中にも、とくに変質粘土には深部から来た水銀が濃縮されており、たとえば図 1 のように表層土に濃縮されているのは、水銀を利用する探査法にとって極めて好都合であるといえよう。

水銀の特性として揮発性が極めて高く、図 2 のように 10°C 温度が上昇する毎に 2 倍強の差がある。このことは表層土中の水銀含有量が、地下の温度に極めて鋭敏であることを示している。

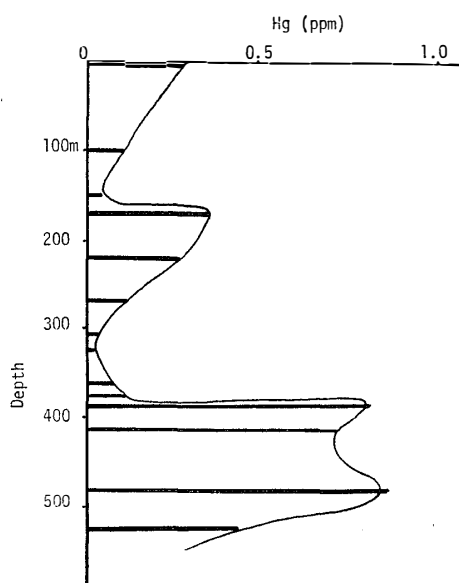


図 1 地熱地帯のコアサンプル中の水銀含有量  
Fig. 1. Hg contents in core samples in geothermal area.

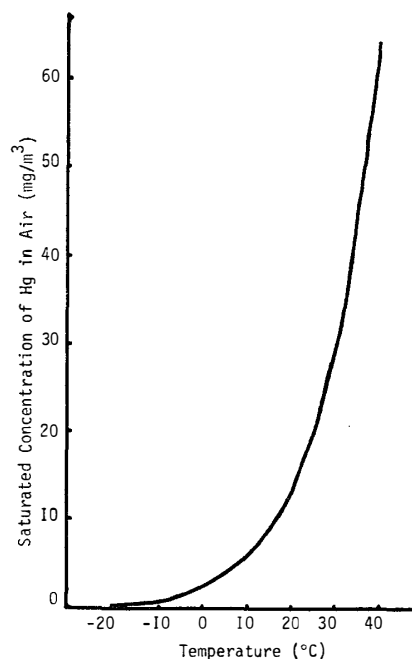


図 2 水銀の蒸発  
Fig. 2. Vaporization of Hg.

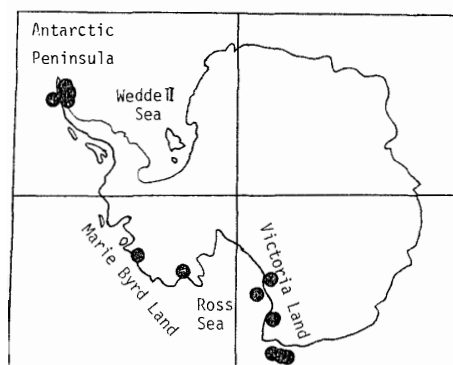


図 3 南極大陸の火山の分布  
Fig. 3. Volcanos in Antarctica.

また、図 2 は  $-20^{\circ}\text{C}$  でも、結構水銀が蒸発することを示している。南極大陸のような酷寒地でも程度の差こそあれ、地熱地帯とそうでない所では、やはり表層土中の水銀含有量は異なっているはずであろう。したがって、南極でもある地帯に水銀がい集しており、しかも火山帯にあれば、その地帯の深部には地熱があるということができよう。

南極大陸には図 3 のように現在 12 個の火山が発見されている。主に西南極に集まり、他はロス海西岸地域に存在する。これらの火山の調査は最近始まったが、酷寒の地では難事なことといえよう。氷雪のために試料採取は難かしいが、噴気が凝縮したと思われる氷塔には水銀が多いと考えられる。

一方、南極のオアシスとして無氷雪の広大な露岩地帯が 20 あまり知られており、試料には事欠かない。特にロス海西岸のドライバレー地域は最大で、大小さまざまな湖沼がある。この地域がやはり火山帯にあるということと、バンダ湖の底層水が  $25^{\circ}\text{C}$  あるという高温の事実から、南極大陸の地熱探査の手はじめに、バンダ湖周辺について水銀法を応用してみた。

## 2. バンダ湖周辺研究のバックグラウンド

ドライバレーの地球化学的調査は日本では 1963 年以来、鳥居らにより精力的に行われている。まず *evaporite* の研究から始まりいくつかの塩湖が調査され、バンダ湖の湖底が  $25^{\circ}\text{C}$  あるということから大きくクローズアップされた。しかも湖底水が高塩分濃度であることや、硫化水素が多量に存在するなど特異的であり、バンダ湖の成因説に多くの論議がなされた。太陽放射説、地熱説、風送塩説、海水起因説、既存の塩類堆積物説がそれである。

中井他 (1975) は主として安定同位体組成より湖の成因と歴史的変遷を追求し、つぎのような考察を試みている。すなわち、1) バンダ湖の現在の湖水はこの地方の氷河の融水であ

り、3つの起原を異にする水が存在すること。2) 湖中の塩類は海水起原であること。3) ライト谷には種々の起原の塩類析出物があるが、熱水起原が考えられるのもあるとしている。

一方、森川他(1975)はバンダ湖周辺の二次生成鉱物の調査から、ダイス丘には熱水起原の鉱物たる gypsum, thenardite, calcite, zeolite が存在することを発見している。

いずれにしても、ドライバレー、バンダ湖周辺は現在はどうであれ、かつてある程度の熱水作用を受けたと考えてもよいと思われる。

### 3. バンダ湖周辺の地熱の有無

最初に述べたように、水銀は地熱の有無を知る絶好のインディケーターである。試料として地表に変質粘土があればよいが、ない場合は1m深度位のコアを採った方がよい。図1のように水銀は、地下深部から来て地下浅くの土壤に吸着され、特に粘土に多く、しかもカオリンがモンモリロナイトより吸着力は大である。

バンダ湖周辺の予備的地熱調査を行うにあたっては、既存の試料を使う以外に方法はないが、主として森川らが採取した試料と DVDP 4 のコア試料について水銀測定を行った。その他、対比のためにドンファン池の DVDP 5A, テイラー谷の DVDP 11 (鳥居による) と村山の採取した昭和基地周辺の試料についても水銀を測定した。

バンダ湖周辺の水銀の分布は図4に示す。最高値はダイス丘前の169 ppbで、バンダ湖

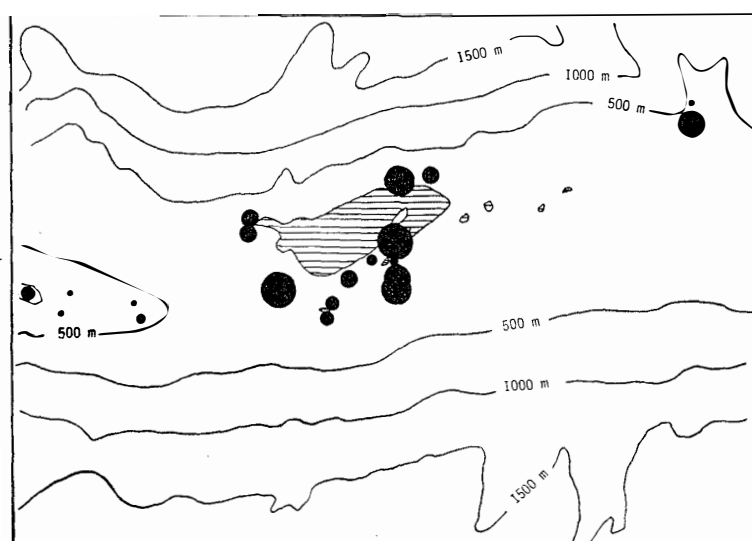


図4 バンダ湖周辺の水銀の分布

Fig. 4. Distribution of Hg around Lake Vanda.

南の 159 ppb がこれについで。ダイス丘の試料には熱水変質鉱物の記載があるが、水銀量は極めて小さく、すでに消失したものと考えられる。バンダ湖を東西に分断する半島に平行に、水銀量の高いのが並ぶのは興味があり、試料 20 個の平均は 50 ppb であった。

これらの値は日本その他の国の地殻中の水銀量と比較して大きい値ではない。JONASSON and BOYLE (1972) は砂岩 55 ppb, 頁岩 67, 石灰岩 40, 火成岩 46, 堆積物 73, 土壌 70 ppb と平均値をあげている。現在まで南極の岩石土壌に関する水銀のデータはないが、著者がバンダ湖南方で採取した花崗岩とドレライトの三稜石の水銀量は意外に多く、それぞれ 180 と 730 ppb を示した。

対象として、ドンファン池の DVDP 5A のコアサンプル 14 個、テイラー谷の DVDP 11 の 27 個 (図 5 参照) のコアサンプル, さらに昭和基地周辺 (図 6) の試料 48 個の水銀量が測定された。結果は表 1 に示す。DVDP 5A では、浅い所をのぞいて極めて少なく平均 6 ppb であり、DVDP 11 も平均 12 ppb にすぎず、昭和基地周辺でも平均 10 ppb で、バンダ湖周辺の 50 ppb と大きな違いとなっている。また、バンダ湖上から掘削された DVDP 4 は 71.5, 72.0, 72.5 m の 3 サンプルだけ測定されたが、31.4, 65.8, 96.4 ppb と水銀量は上昇しており、他の地区のコアと異なっているのは注目してよいと思われる。

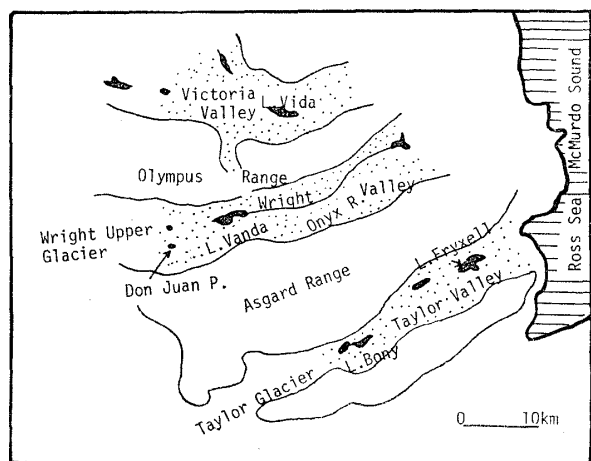


図 5 バンダ湖, ドンファン池, テイラー谷の所在地  
Fig. 5. Location map of Lake Vanda, Don Juan Pond and Taylor Valley.

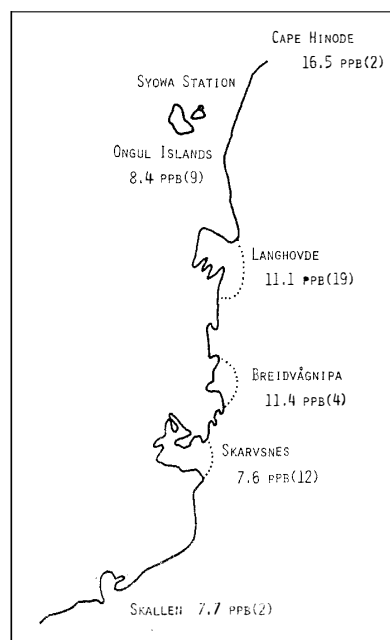


図 6 昭和基地付近の平均水銀含有量, ( ) 内は試料数  
Fig. 6. Average of Hg contents near Syowa Station. ( ) is determined samples number.

表1 南極各地試料の水銀含有量  
 Table 1. Hg contents in sediments in Antarctica.

場 所	試料数	最大値—最小値	平 均
バンド湖周辺および DVDP 4	23	169 ppb—1.1 ppb	50 ppb
ドンファン池 DVDP 5A	14	22 —1.3	6
テイラー谷 DVDP 11	27	43 —1.4	12
昭和基地周辺	48	52 —2.2	10

水銀量から地熱の有無を考える場合、はっきりとバンド湖周辺以外は地熱は全くないといえるであろう。問題になるのは前記のように、バンド湖周辺の花崗岩や特にドレライトに水銀の多いことであり、これらが機械的粉碎により、バンド湖周辺に散在した結果、試料に水銀が他地区より多いのではないかということである。現時点においては他地区の岩石中の水銀量が未知のために、今後の論議にまかされるが、バンド湖周辺のドレライトになぜ水銀が多いかは興味ある問題であろう。三稜石は極めて緻密であり、水銀は容易に吸着固定されているかも知れない。地熱地帯では確実に深部から浅部にかけて水銀は上昇しており、その量は温度依存である。南極大陸は酷寒の地ではあるが、地下温度は表層で年平均温度に大体等しいであろう。そして深くなるほど地下温度は上昇するはずである。バンド湖上から掘られた DVDP 4 は、72 m で 24.5°C とされており、深度が深くなれば下降するかどうか不明だが、バンド湖周辺の場合、地下浅層でも 0°C を大きく下まわることはないであろう。

水銀は -38.9°C で固体になるから、それ以下の温度では水銀の蒸発はあり得ない。しかし、地下温度はそれ以上であろうから、南極大陸のいかなる所でも地表に向かってわずかながらでも水銀蒸気の上昇は考えられる。したがって表1の示すように、バンド湖周辺の水銀量が高いのは、過去または現在にわたっての地熱の存在が無視できないと思われ、三稜石に水銀が多いのも、二次的に水銀を吸着した結果とも思われる（水銀蒸気のモデル吸着実験では粘土>土壌>砂の順となり緻密さに比例する）。

また、地熱地帯の変質粘土で、ある地域に水銀量の少ない所があるが、これは地下からの水銀の補給が絶たれて消失したと考えられるから、バンド湖西方のダイス丘に熱水変質起原の鉱物があるにもかかわらず、水銀量が小さいのは、すでにダイス丘の下部に地熱は消滅したと考えられ、バンド湖南方にはまだ残存していると考えてもよいと思われる。

#### 4. お わ り に

南極大陸のような特殊な環境において、地球化学的地熱探査として、水銀法が適用できる

かどうかについて予備調査が行われた。これらの試料が必ずしも地熱調査に適合できるかどうか疑わしいが、とりあえず既存の試料について水銀を測定したところ、バンダ湖周辺のみ地熱徴候があることが確認された。このことは、バンダ湖畔の二次生成鉱物中に熱水起原のものがあるという説の裏付けとなった。

更に詳細な地熱探査用の試料採取により、バンダ湖周辺に地熱徴候ありと断言でき、その広がりなどを知る日が早からんことを望みたい。

なお、ロス島などのような火山島における地熱調査は、そう難かしくないと思われ、水銀をインディケーターとする格好の舞台になると思われる。

終りに、試料をいただいたりご教示を受けた千葉工業大学鳥居鉄也、東京工業大学森川日出貴、横浜国立大学村山治太の諸氏に感謝する。

## 文 献

- ESHLEMAN, A., SIEGEL, S. M. and SIEGEL, B. Z. (1971): Is mercury from Hawaiian volcanoes a natural source of pollution? *Nature*, **233**, 471-472.
- JONASSON, I. R. and BOYLE, R. W. (1972): Geochemistry of mercury and origins of natural contamination of the environments. *Can. Min. Metall. Bull.*, **65** (717), 32-39.
- KOGA, A. (1973): Report on Geothermal Power Development Project in Guatemala. OTCA, 75-102.
- 古賀昭人 (1973): 地熱地帯の新しい化学的診断法. *温研紀要*, **25**(4), 167-177.
- KOGA, A. (1975): Report on Banten Geothermal Survey, Indonesia (Part 2). 65-86.
- 古賀昭人 (1976): 地熱探査における地球化学. *物理探鉱*, **29**(1), 72-82.
- 古賀昭人・野田徹郎 (1974): 地熱地帯の噴気のもたらすもの. *大分県温泉調査研究会報告*, **25**, 48-52.
- 古賀昭人・野田徹郎 (1975 a): 別府地熱地帯の変質粘土中の揮発性成分. *大分県温泉調査研究会報告*, **26**, 18-21.
- 古賀昭人・野田徹郎 (1975 b): 地熱地帯の蒸気系における地球化学的探査法. *地熱*, **12**(4), 21-28.
- 古賀昭人・野田徹郎 (1976): 水銀蒸気, 炭酸ガスの化学的地熱探査への利用. *大分県温泉調査研究会報告*, **27**, 41-45.
- MATLICK, S. and BUSECK, P. R. (1975): A new exploration method for geothermal sources using mercury. 2nd U.N. Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco. III-61.
- 森川日出貴・小坂丈予 (1975): バンダ湖周辺の二次生成鉱物の分布. *地球化学*, **9**(1), 51-60.
- 中井信之・和田秀樹・清棲保弘・滝本幹夫 (1975): 南極ドライバレー, バンダ湖の塩類と水の同位体による研究—バンダ湖の塩類と水の起源と湖の歴史的変遷. *地球化学*, **9**(1), 37-50.