

北海道火山湖の地下構造

横山泉

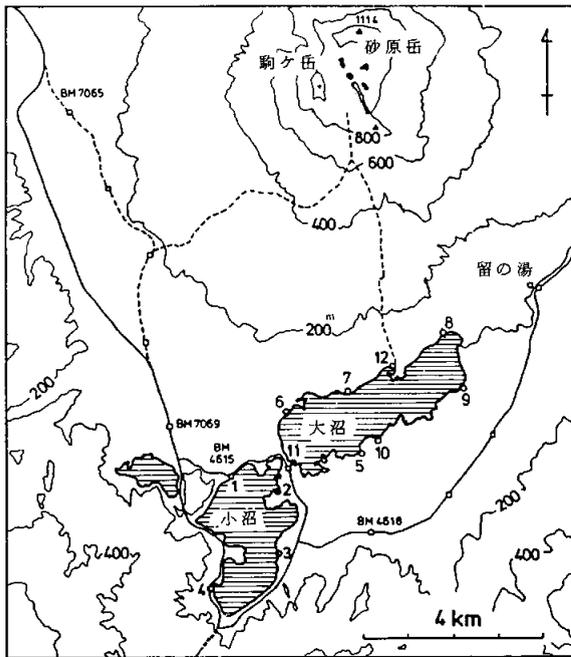


はじめに

わが国の国立公園の多くは火山地域にあり、それらの『山紫水明』は火山湖に負うところが多いと思われる。「ここで火山湖とは、「火山地域にある湖」と広く定義する。その成因については、従来とも多くの説が出されてきた。しかしこれらの説は表面的な地形に基づくものであって、火口湖、カルデラ湖、堰止め湖などと分類した。」その後、地下構造を探索する手法が開発されるに従って、遅ればせながら火山地域の地下構造も次第に解明されるようになり、火山湖を見る視野も表面的から構造的になり知見が拡がった。地下構造が明らかになって、はじめて成因に関する議論、ひいては火山活動に対する解釈も正鵠を得るのであろう。北海道には幾つかの火山湖がある。大沼は堰止め湖であり、然別湖は堰止め湖であるという説もあるが、残りはすべてカルデラ湖である。以下、南から順を追って略述し、最後にまとめを述べたい。

大沼

駒ヶ岳の南麓に位置して、最大水深一三・六mの浅い湖で、南西に小沼が接している。



第1図 駒ヶ岳の南山麓、大沼および小沼の周辺の水準点標石の分布。1~12は北大理学部の設置で、他は国土地理院の設置。

駒ヶ岳の有史以前の大噴火にともなった山体崩壊によって、折戸川が堰止められて生じ

たものである。大規模の火山泥流は平地に凸凹の地形(流れ山と称される)をつくるが、大沼に浮かぶ大小一二六の島はこれである。一般に、駒ヶ岳のような成層火山は、その火山に固有な基盤構造を示さないことがわかっている。すなわち、マグマは地下深所から比較的スムーズに地殻を破って地表に噴出して山体を形成したのである。大沼は単調な構造の上に位置している。

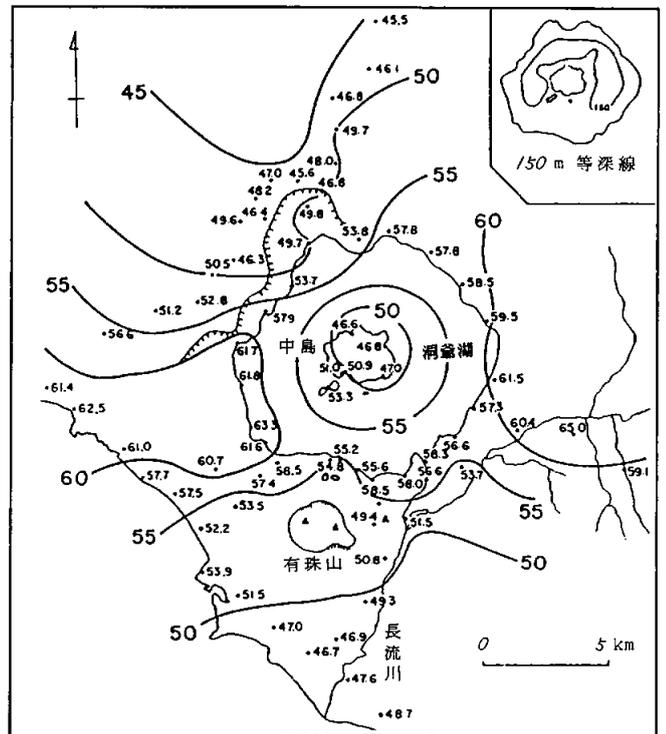
現在、駒ヶ岳には、気象庁のものを含めて地震計が五ヶ所に配置されていて、北海道大学理学部ではこれらの信号を砂原送信所へ集めて、ここから無線で有珠火山観測所へ送って駒ヶ岳の火山活動の監視・研究を続けている。噴火予知の研究には、地震観測の他に、地殻変動の観測も重要である。後者には大沼の水面を利用して、駒ヶ岳周辺には国土地理院の水準点もあるが、北大理学部では大沼・小沼の湖岸に二ヶの水準標石を埋設している(第1図)。そして湖面を天然の水準器として利用するのである。湖面とそれぞれの標石との高度差を水銀管圧力計(マンメーター)で測定するのである。大沼の湖水は発電などに利用されているので、水位は季節的に変動するが、各標石の相対的上下変動がわかり、駒ヶ岳山麓の傾動を調べることができる。

倶多楽湖

登別温泉の東にあり、直径3kmの円形の湖で、湖水面は海拔二五八mで、最大水深は一四八mである。周壁は急斜面であるが、湖底は鍋底状である。冬季、凍結した湖面上で重力測定がなされ、地下構造が調べられた。この湖を火口湖と称するか、カルデラ湖と称するか、については最後に述べる。

洞爺湖

周囲四六km、ほぼ円形、最大水深一八〇mのカルデラ湖である。約一・五万年前の火砕流噴火による凹地に水がたたえられたものである。湖の中央にある大小四島から成る中島は、ポスト・カルデラ(カルデラ形成後の)・ドーム(溶岩円頂丘)である。一九七七年に噴火した有珠山もポスト・カルデラ火山で、約一万年前から活動を始めたとき

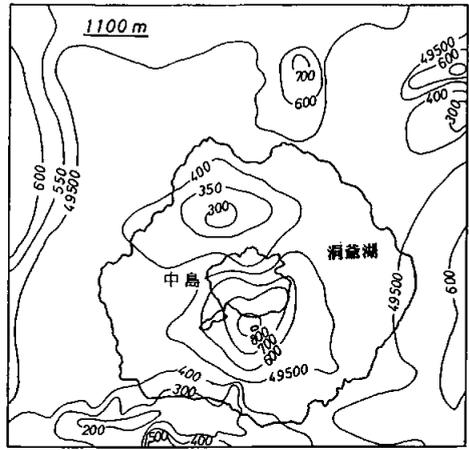


第2図 洞爺湖周辺の重力異常の分布。単位はミリ・ガル。

ている。

このカルデラ湖の地下構造を調べるために湖岸や中島で重力を測定して、第2図に示すような重力異常の分布を得た。これによると、洞爺湖の中心に向かって重力異常値が五五(ミリ・ガル)から五〇へと低くなっている。このことは、カルデラの中心部に密度の小さい物質(火山灰・軽石など)が厚く堆積していることを示す。洞爺湖のようなカルデラを低異常カルデラと称する。あるカルデラ(伊豆大島・ハワイなど)では、逆に、高異常が観測され、すなわち、密度の大きい物質(溶岩など)が堆積していると考えられる。

第2図に示される重力異常分布の特徴は、低異常の輪廓が洞爺カルデラ縁の内側にあることである。このことは、現在のカルデラ地形は元来のカルデラが浸食によって拡大した結果であることを示すのであろう。



第3図 洞爺湖上空1100mにおける全磁力の分布。単位はナノ・テスラ。海上保安庁水路部が洞爺湖上空一、一〇〇mと一、六〇〇mとで空中磁気測量を実施した。そのうちの、一〇〇m上空の全磁力の分布を第3図に示す。この地域の標準値は四九、五〇〇(ナノ・テスラ)であることを考慮すると、洞爺湖の中央部に正と負

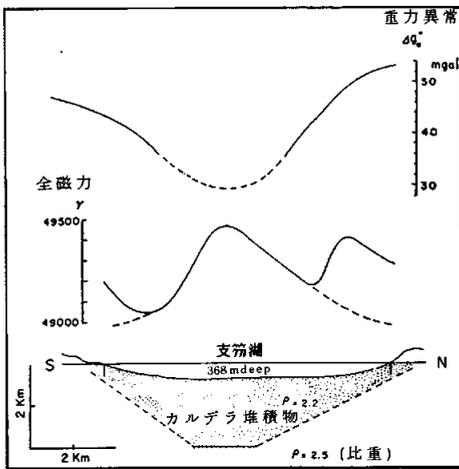
地下構造を調べるのに地磁気異常も利用できる。一九六四年に海上保安庁水路部が洞爺湖上空一、一〇〇mと一、六〇〇mとで空中磁気測量を実施した。そのうちの、一〇〇m上空の全磁力の分布を第3図に示す。この地域の標準値は四九、五〇〇(ナノ・テスラ)であることを考慮すると、洞爺湖の中央部に正と負

の異常が南北に對をなして並んでいる。なお一、六〇〇m上空の分布のパターンもほぼ第3図に相似である。これらのことから、この磁気異常は中島だけの効果ではなく、洞爺カルデラ底に厚く堆積しているカルデラ堆積物の磁気誘導によるものと解釈できる。

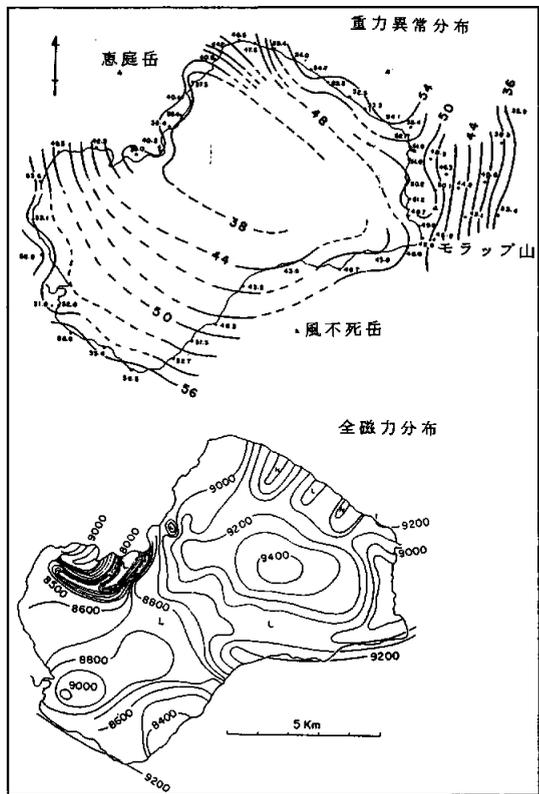
近年、昭和新山の北側、洞爺湖岸から約1kmの地点で深さ約1kmの試錐が掘られた。その水位は海拔五三三mで洞爺湖面より約三〇〇m低い。しかし、試錐井の水を汲み上げると、その水位の回復に時間を要する。すなわち、洞爺湖の水との導通はよくないようである。噴火における地下水の役割を考えると、有珠山周辺の地下水がどうなっているかは、大切であるが、難しい問題である。

支笏湖

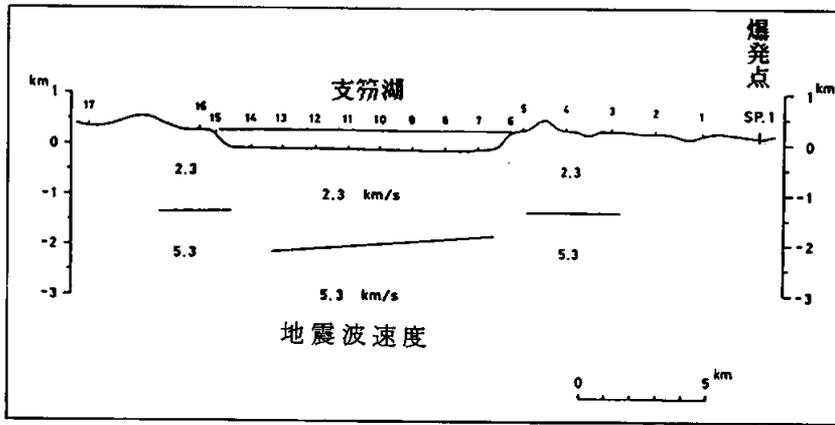
周囲四〇km、最大水深三六八m、湖底は平らで、典型的な鍋状のカルデラ湖である。約一・八万年前、このカルデラが形成されたときの火砕流は、白老、苫小牧、千歳、札幌(藻南橋附近)まで達している。この大量の噴出物の起源である支笏湖の地下構造を知



第5図 支笏カルデラの地下構造の推定。



第4図 支笏湖周辺の重力異常および全磁力の分布。
(上)重力異常。単位はミリ・ガル
(下)全磁力。単位はナノ・テスラ



第6図 支笏カルデラの単純な2層構造の地震波速度分布。地表面の数字は地震計の位置を示す。タテ：ヨコ比は2：1。地質調査所による。

陸上用のばね重力計を用いて支笏湖岸の重力を測定したが、その結果の重力異常を第4図に示す。湖面上の測定がなくても、異常の大勢を知るにはほとんど差支えない。支笏湖上の重力異常値は、その東半分を中心として相対的に約二〇ミリ・ガルの低異常が目立つ。これは、密度の小さい火山灰・軽石などの噴出物が最大二kmの厚さで堆積していると解釈される(第5図)。

湖面上で重力の測定ができないのを補足するために、湖上でプロトン磁力計を曳航して全磁力を測定した。その結果を第4図に示す。これによると、東半分は正の目玉がある。これは、重力異常の低い目玉に対応している。正の地磁気異常は、厚く堆積した噴出物の磁気誘導の結果と考えられる。次に地震波による探査であるが、一九五八年頃、石油資源開発株式会社は人工地震を用いた反射法により、千歳から支笏湖にいたる地下構造を調べた。その結果、基盤は千歳から支笏湖に向かって浅くなっていることがわかった。湖畔のモラツプ山(新第三紀層)は基盤の露頭であらう。

地質調査所は一九八〇・

一九八二年に、支笏湖をほぼ東西に横切る測線上で、人工地震による屈折法で地下構造を調べた。第6図は、一九八〇年の観測結果だけから、単純な二層構造を仮定して求めた地震波(P波)速度の分布である。速度の差 3 km/s はほぼ密度差 0.5 g/cc に相当するから、湖底直下にある二・三 km/s の層は、重力異常の示している密度の小さい物質に対応するのであらう。すなわち、第5図の示す地下構造と第6図とはよく合っている。地質調査所はまた、一九八一年には湖上において音波探査を実施した。その結果は、平坦な湖底下にほぼ水平な堆積層が、少なくとも湖面から七〇〇mの深さまで連続していることになる。このことは、カルデラ堆積物は噴出物の一部がカルデラを埋め戻したものであるという考え方と矛盾しない。

支笏カルデラが形成された後に風不死岳、恵庭岳、樽前山(ポスト・カルデラ火山)が噴出して、カルデラはまゆ形になったが、大きな構造(重力異常)にはほとんど影響を及ぼしていない。樽前山の最後の大噴火は一九〇九年(明治四二年)であり、今でも時々微小地震が群発する。恵庭岳は噴火記録はないが山頂に噴気孔があり、また、地震も絶無ではない。現に、一九八一年十月には、恵庭岳のごく近く、北側で規模四・〇の小地震が起きている。

然別湖

大雪山国立公園の南限に近く、然別火山群に囲まれた海拔高度八一〇m、周囲一二km、最大水深九九mの不規則な三角形に近い湖である。

その成因については二説がある。一つは、溶岩円頂丘の貫入による堰止め湖説であり、他はカルデラ説である。将来、重力測定などにより地下構造を調べれば結着のつく可能性がある。

阿寒湖

海拔高度四二〇m、周囲二三km、最大水深四五mの不規則な形のカルデラ湖である。

大川・横山が一九七五年に行なった重力測定の結果によれば、その低重力異常の中心は

阿寒湖のやや南に位置している。カルデラ形成後、雄阿寒岳が噴出して、その噴出物が川を堰止めてできたのが阿寒湖であるとされている。

摩周湖

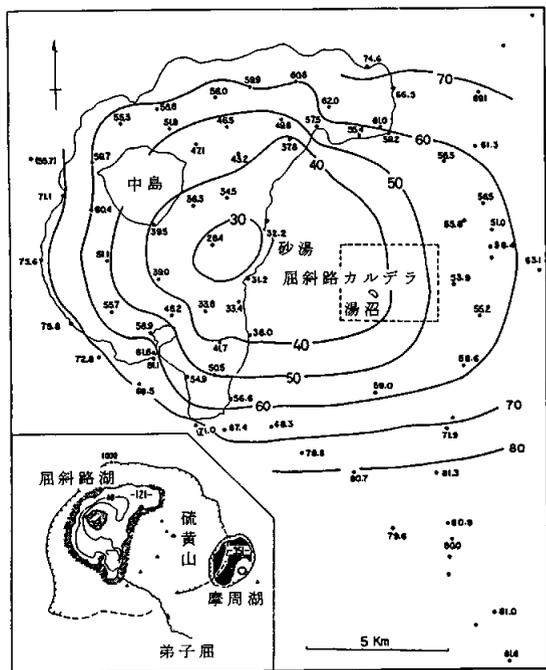
広大な屈斜路カルデラの東南東壁に位置する摩周火山の頂上にある。周囲二〇km、海拔高度三五一m、最大水深は約二〇八mのカルデラ湖である。その壁の高さは、湖面から一五〇〜三五〇mある。湖の中央に長さ一一〇m、幅四〇m、湖面上の高さ二五mのカムイシュ島がある。この島は湖底から噴出した基底直径一km、比高約二三〇mの溶岩円頂丘(デーサイト質)の頂上部である。

摩周湖における重力測定は、一九六六年の夏にボートによって湖岸で、一九六九年冬に凍結した湖面上で実施された。その結果によれば、中央よりやや北を中心として、約一〇ミリ・ガルの低異常が認められる。すなわち、低異常カルデラである。摩周カルデラは、約六、五〇〇〜七、二〇〇年前に形成され、その後、ポスト・カルデラ火山である摩周岳(カムイヌプリ)が南東縁に噴出した。その最後の噴火は約一、〇〇〇年前にもかかわらず、新鮮な火口を見ることができ。

屈斜路湖

屈斜路カルデラの西半分を占めている湖である。このカルデラは直径約二五km、九州の阿蘇カルデラと並んで世界最大級の一つである。阿蘇カルデラはかつては湖を擁していたが、現在は白川が西へ流出して、中央部にポスト・カルデラ火山群があり、中岳火口が活動している。屈斜路カルデラの東半分にはアトサヌプリ(硫黄山)を含むいくつかのポスト・カルデラ円頂丘がある。

筆者が初めてカルデラ上で重力測定を試みたのは一九五八年三月、この屈斜路湖上である。三月初めに湖の凍結が最も厚くなり、厚さ三〇cmにも達するのが普通である。氷盤の振動は少なく、重力測定の際にはならなかった。その後も機会あることに補充した結果、第7図に示すような重力異常分布が得られた。湖岸を掘ると温泉が出る砂湯附

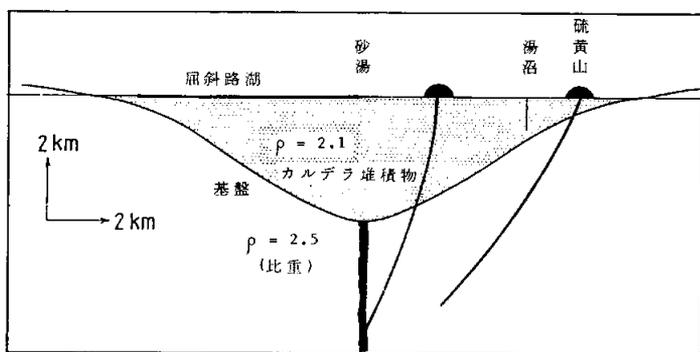


第7図 屈斜路カルデラ周辺の重力異常の分布。単位はミリ・ガル。湯沼を囲む破線矩形内では約100点の測定がある。

近を中心として、相対的に最大四〇ミリ・ガル以上の低異常がある。このような限られた地域に、このような著しい重力異常が認められることは瞠目に値する。これを解析した結果、砂湯附近で最大四kmくらいの厚さで、火山灰・軽石などの軽い火山噴出物が、第8図に示すように堆積していると推定された。その後、一九六三年に、湯沼附近で地熱開発を目的とした一km深の試験がなされて、上記の推定を裏附けた。しかし、この辺では堆積物の厚さは一km以上あるので、大きい熱源には到達しなかったようである。

屈斜路カルデラを形成した最後の大爆発は、約三万年前であり、その噴出物は一〇〇kmに達し、北へ美幌・女満別まで分布している。カルデラ形成後、中島をはじめとしていくつかの溶岩円頂丘が噴出した。現在では、アトサヌプリや和琴半島、湯沼附近で噴気活動が見られる。

カルデラとは火口の、出世魚ではないか



第8図 屈斜路カルデラの地下構造のモデル。

これまで、北海道の六ヶのカルデラ湖について述べたが、いずれも重力異常は低異常で、軽い物質が厚く堆積していることを示す。このことは、地震波速度分布や試錐の結果からも確かめられている。

近年、北海道南部の濁川カルデラ（直径約二・五kmで、現在は湖はない）で九本の深井戸が掘られた結果も、このことを支持している。激しい大噴火でも、最終的には噴出物が噴出孔を埋め戻したものと考えられる。そして、今までに例示したように、カルデラの直径が大きいほどカルデラ堆積物の深さも大きい。なお、カルデラ縁そのもの、また、カルデラ縁における落差は成因的には余り意味をもたない。

さて、火山口とカルデラ、あるいは火山口湖とカルデラ湖との違いは、どこにあるか。冒頭に述べたように、カルデラの地下構造が解明されるまでは、もっぱら表面的な地形に基づいて両者を区別していた。直径が2kmより小さいのが火山口で、より大きいのがカルデラという分類があった。しかし、今まで述べたことの結論は、火山口とカルデラとは本質的に同じである、となる。両者の関係は、たとえてみれば「出世魚」（わかし↓いなど↓わらさ↓ぶり、はその一例）のように、大きさによって名称の変わる魚と同様であると、筆者は考える。ここで、火山はすべて大きくなってカルデラになるといってわけではない。大きさの異なるものに異なる名前をつけることに、筆者は特に異存はない。

いが、現在までのところ火山口とカルデラとを区別するような成因的な差異は認められていない。

カルデラの火山活動の再活性化について

地球上には新旧、大小のカルデラがあるが、これらの再活動の可能性を検討することは必要である。現在、世界中に火山活動が切迫していると懸念されている地域が四ヶ所ある。

- (1) ラバウル火山。ラバウル・カルデラ内に位置していて一九八三年に地震活動・隆起運動が活発化して、すでに警報が発せられている。
 - (2) ポツオリ（ナポリ郊外）。カルデラ構造の中心に位置していて、約一五年前にも隆起と地震活動とがあったが、一九八三年に再び活発化した。
 - (3) タウポ湖北部（ニュー・ジブラント）。一九八三年に群発地震と隆起運動とが起り、タウポ火山帯の再活動が懸念されている。
 - (4) ロング・バレイ・カルデラ（カリフォルニア）。一九七八年以来、群発地震と隆起とが続き、一部には噴火予報も出された。地下八kmのマグマ溜りの膨張によるものと考えられている。
- 右の四ヶ所はいずれもカルデラ構造であり、北海道のカルデラについても、再活動の可能性を吟味することも必要ではないだろうか。ただし、右のいずれも、現在まで噴火していないことも事実である。

おわりに

山紫水明なる火山湖畔に立って、平面的に眺めるだけでなく、思いをその構造・起源にまで巡らせていただければ、この小論の筆者にとって望外の幸いである。

（北海道大文学部教授）