

昭 和 新 山

早 川 正 巳

昭和18年もまさに暮れようとした12月の末 北海道の南西 有珠火山の山麓は突如 頻発した地震におそわれた。あけて19年の1月には入ると 地震は山麓一帯の地域ではいくらか微弱になったが 東南麓の柳原 上長流の部落では依然として続いていた。

その頃である。東麓の壮別の駅員たちは妙なことに気がついていた。それは毎日日々 レールとレールの間の幅がすこしずつひろがって行くことであった。そしてところどころに亀裂が生じてきた。地面が隆起し始めたのである。この隆起は 東大地震研究所 表俊一郎の水準測量によれば 上長流——柳原間の隆起の中心部において最大30cm/日 平均24cm/日に及び 4月初旬までに16cm 8月初旬までに最高50cm 上昇するに至った。

同年4月以降 隆起は柳原から北方へ移動を始め次第にフカバ部落に接近してきた。これに伴って亀裂も次第に北方区域にみられるようになった。とくにフカバ部落西方の丘陵 通称九万坪といわれた畑地には 形状規模において大小数々の地割れが数多く生じたのである。地割れは小さいもので延長10~20m 大きいものでは600mにも達した。フカバ区域においては地震は引続き感じられ 爆発直前の6月中旬には 1日100回以上爆発前日には250回に達している。また隆起も顕著と

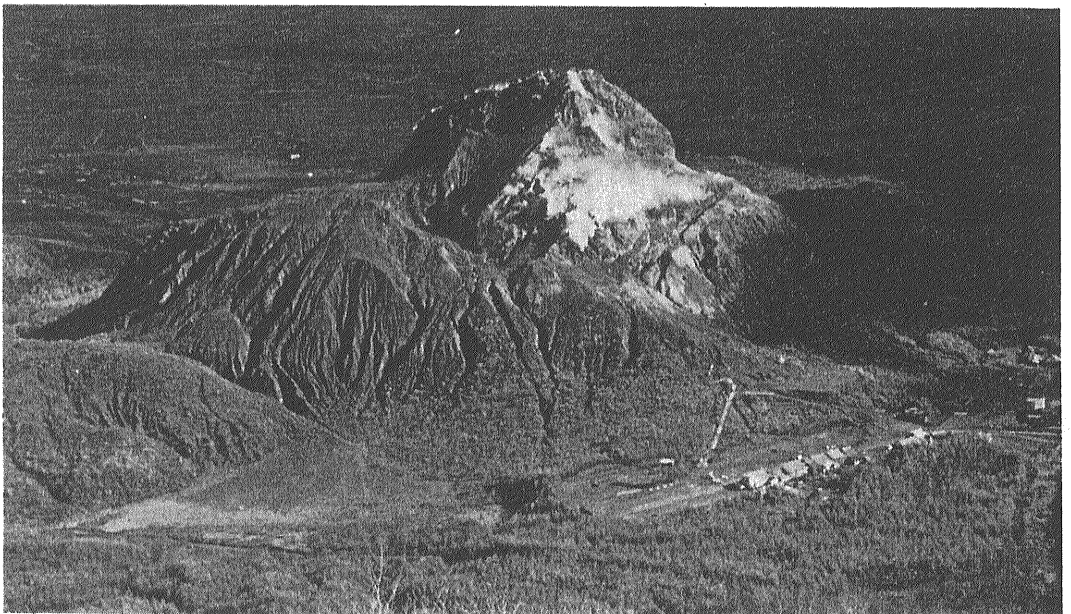
なり 最大150cm/日に及んだ。

同19年の6月の末(23日)から10月31日までに何回かの爆発があり7つの火口を生じた。これらの7火口は現在のドームの基底の円周に沿ってほぼ円形に配列していた。この期間 隆起は引き続いて行なわれ 7月中旬から8月中旬までの一日の最大隆起量は2mに及び 全活動期間を通じての最大値を示している。このようにして 8月10日頃の総隆起量は約100mに達した。さらに10月下旬には 海拔130~160mであったフカバ西方の畑地は 250~300mに及び 饅頭形の屋根山の地貌を呈するに至った。

同年11月中旬 第4火口付近に黄色の岩塊ペロニーテの出現が認められた。このペロニーテは徐々に上昇を続け 翌昭和20年9月ドームの頂上の高さは406.9mとなり屋根山に対する比高は約150mに達した。ドームの一日の平均隆起量は0.6mである。その後著しい変化はなく現在に至っている。

地盤隆起の初めからドームの完成までの上昇経過は三松正夫によって 独特の方法で記録された。この記録は三松ダイヤグラムとして有名である。

今回の火山活動によって誕生した地形は 昭和24年8月金子政利の詳細な測量によって明らかにされた。



昭 和 新 山 (有珠山頂展望台から望む)

昭和新山はドーム及び屋根山の二部分から構成されている。ドームはほとんど固化した新熔岩が火孔を通じて上昇してきたもので 基底部の直径約 350 m 全体としてドーム状をなしているが 頂上を境としてその東斜面と西斜面はいちぢるしい対照をなしている。すなわち東半は半球に近い地形をなすが 西半は断崖をなしている。この断崖は爆発によってできたものではなく新熔岩が上昇する時に生じた割れ目によるものと考えられる。すなわち強圧の下で上昇してきた熔岩が低圧の地表に到達すると同時に 膨張して先端が数個の個体に分岐したために生じた割れ目である。この分岐した数個の個体は その後それぞれ異なった上昇運動を行なったことは 三松正夫によって記載されている。屋根山は東西約 1 km 南北約 800 m の楕円形をなしている。

以上から分るように この昭和新山は昔からあった地面のもちあげられた部分(屋根山)と そのまん中からニョキッと下から突出して頭を出した熔岩塔(ドーム)とからなり立っている。この熔岩塔が地下でどのよう

な状態になっているのかを調べるため 地質 地球物理 地球化学的な総合調査を行なった。その中でわれわれが行なった地球物理的な調査について少しのべてみよう。

まず重力測定を行ない その分布を調べてみた。その結果 この火山のできる一年半の過程において 地下のマグマが活動したと思われるみちすじに相当するところに重力の異常帯があらわれたのである。そこはちょうど度々の地震を伴いながら地面が順次盛り上ってきた所でもあった。次に地震探査を実施した。反射および屈折の両方法を用い また三成分地震計をも用いて縦波のみならず横波をも記録させた。その結果図に示すような この新火山内部におけるマグマの様子を知り得たのであった。

ところで われわれは現地において 同じく新熔岩の温度の高い所(800℃)から低い所(100℃)以下までの地震波速度の変化を知り得たが 一方 北大の故佐久間教授や東大の下鶴教授等の協力により 実験室内におけるこれら同じサンプルによる温度上昇に伴う地震波速度の変化を知ることができた。その結果は現地の実験で得た結果とよく一致していたので その資料と地震波速度分布とを用いて この火山体内部の温度を計算した。それによると内部はまだ950℃ないし1000℃近くの温度を保っていることが分った。またかなりの剛性率をもっていることも横波や粘性の観測からわかった。これは今から約10年前の測定結果であるが 現在でもまだまだ内部の温度はそんなに下ってはいない。この場合温度上昇によりいずれも速度が増している。このことはふつうの岩石の実験の場合とは全く逆の結果で その原因についてはいろいろ考えられる。しかしまだ十分の説明はなされていない。

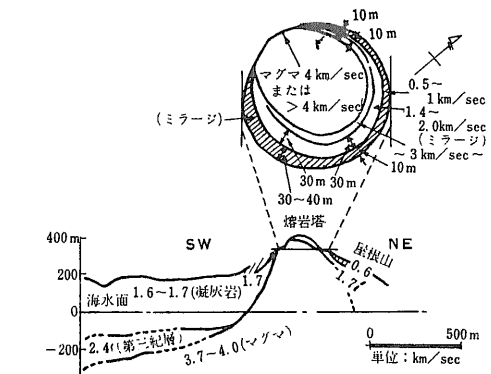


図 1 A 昭和新山の地下構造図

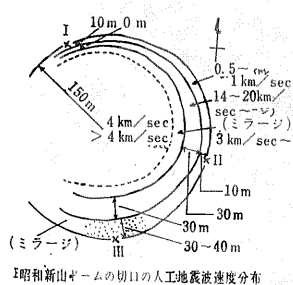


図 1 B 反射法による昭和新山 屋根山とドームの構造

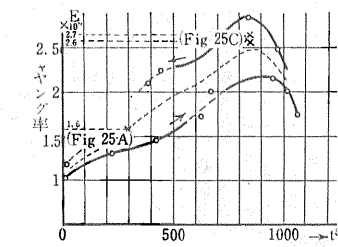
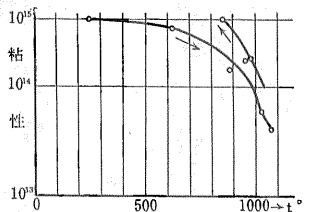
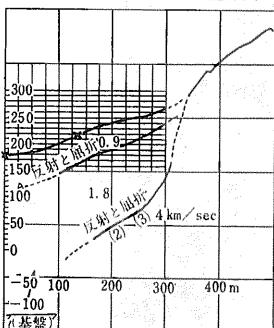


図 2-A 温度上昇による新熔岩の弾性および粘性変化(故佐久間による)

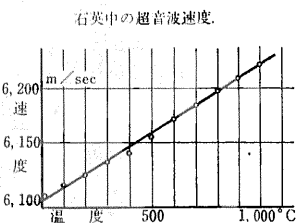
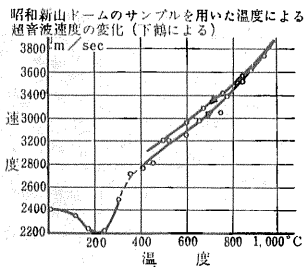


図 2-B 昭和新山ドームのサンプルを用いた温度による超音波速度の変化(下鶴による)

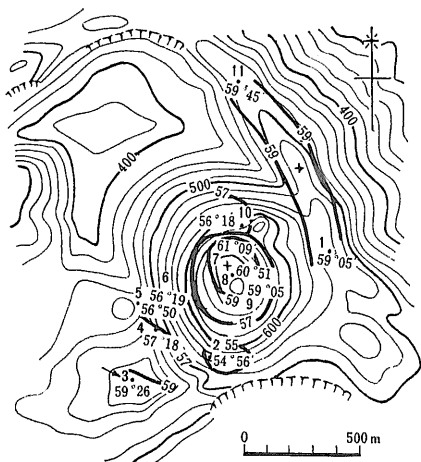
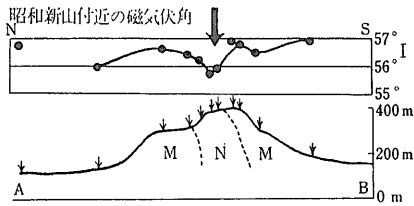


図3-A 大珠のドームにおける磁気伏角測定結果



昭和神山の新溶岩の熱残留磁気の測定結果

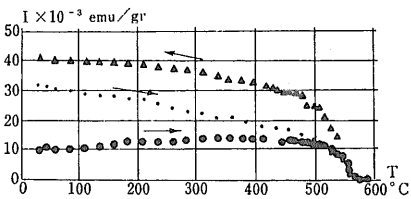


図3-B

以上の他 磁気測定も行なった。その結果 熔岩塔上部でむしろ負の異常を得た。このことは内部温度がその岩石中の磁気鉱物のキュリー点以上にあることを裏書きしているもので 室内実験の結果それは磁鉄鉱のキュリー点 少なくとも 560°C 以上の温度にあることが考えられる。このことは地震の結果を裏書きしている。ところがすぐそばにある親火山 つまり有珠火山の大珠ドームにおいては 反対に正の異常がでたが このことは大珠においては すでに内部はそんなに高い温度ではないことを示しているのであろう。

なお 今回の昭和神山活動のすぐ前の活動は それから約33年前の明治43年 洞爺湖畔におこった いわゆる四十三山(明治神山)の発生であるが この山においても磁気測定を行なった。そこで得られた異常は単に地形の影響だけでは説明し切れない つまり内部に潜在円頂丘(マグマ)の存在を考えざるを得ないような形をしている。現実にはここでは土地の隆起と共に数多くの火山を生じた昭和神山におけるような熔岩塔は地表にはあらわれなかった。それで地質学者は潜在円頂丘の存在を仮定していたのであって われわれの調査結果はよくそれを裏書きしたのである。

昭和20年秋 この火山がすっかりでき上がった直後 熔岩塔の割れ目から見える中の温度は 950~1000°C 程度であった。そしてわれわれが十数年前 地球物理的な調査をやった頃は 813°C であった。最近はどうかというと同じ割れ目のところで 600°C 程度という値がでている。しかし別の割れ目の所ではいぜん 720°C の値が観測された。これらの値は地表付近の値であ

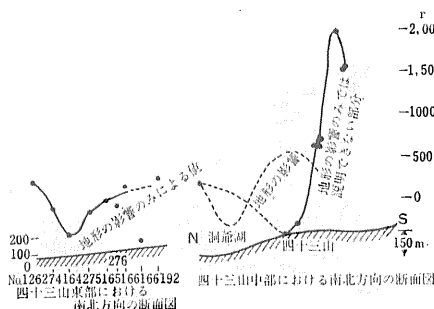


図4 四十三山における鉛直磁気測定

って これらの値から察するに実際の中はもっとあついに違いない。

では一体どういうわけで火山ができて20年余になる今日でも 表面でもこれだけの熱があるのか。

そのことについて考えてみよう。

まず熱伝導の方から。

伝導率 k 長さ l 半径 a なる有限円筒で 一方から熱が発散し その他の周囲はすべて断熱状態にあると

した場合(ただし外部の温度を 0°C とする)

円筒座標をとり その原点を円筒の底面の中心にとる。温度を θ とすれば $0 \leq r \leq a$ $0 \leq z < l$ において θ の満たす微分方程式は

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \kappa \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{初期条件は } t=0 \text{ において } \theta = f(\gamma, z) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{境界条件は } r=a \text{ において } \frac{\partial \theta}{\partial r} = 0 \dots\dots\dots (3)$$

$$z=l \text{ において } \frac{\partial \theta}{\partial z} + h\theta = 0 \dots\dots\dots (4)$$

$$z=0 \text{ において } \frac{\partial \theta}{\partial z} = 0 \dots\dots\dots (5)$$

(3)式は円筒の側面において adiabatic (断熱) にあることを意味し (4)式は円筒の上面において熱が発散していることを また(5)式は円筒の底面において adiabatic であることを意味する。(4)の h は次の式で示される。

$h = \frac{\alpha}{k} \alpha$ は放射率 (emissivity) または熱伝導係数 (heat transfer coefficient) と呼ばれるもので k は伝導率である。これはドームの底面から熱の供給のない熱伝導の場合であつて (もし割に冷却のはやい場合) $hl \gg 1$ の時には) 次のような解をうる。

$$e^{-\frac{r^2}{4\kappa t}} \cos \left(\frac{hl}{1+hl} \right) \frac{\pi z}{2} \cos \left\{ \left(\frac{hl}{1+hl} \right) \frac{\pi z}{2l} \right\}$$

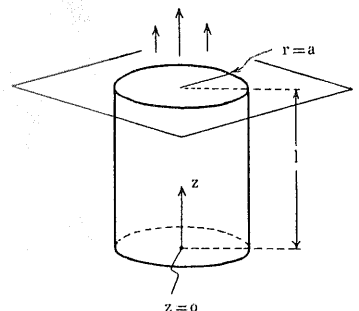


図5

ここで $k=1$ $l=1000m$ $\kappa=0.0118$ とおいて
計算した結果

t (年)	表面(C°)	500m	底面
100	840	940	970
1000	675	750	780
10000	75	80	85

のようになる。これは伝導による計算であるが一方ドームにいくつかの割れ目または通路が下からつながっているとすると深い所からガスや水蒸気の形で下の方から熱を持ち出していることになる。

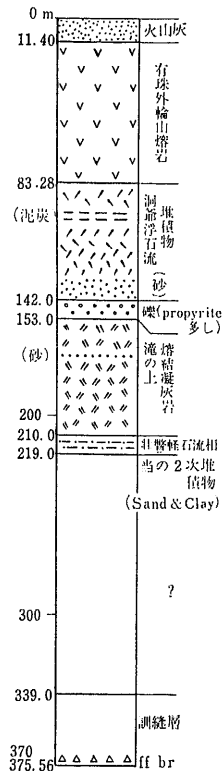
実際の温度は先程のべたように10年で813°C 20年で720°Cという具合に温度が減少していることは下から熱を割れ目を通じて持ち出していると考えた方がよいと思われる。ところで以上の地質調査および物理探査で実施した結果をたしかめまた熱の状態を調べる目的で昨年暮 井戸を掘って調べる機会にめぐまれた。これは工技院の予算で地質調査所が実施したものでさく井は帝石さく井株式会社が請負った。場所はドームの南約1kmの所である。これは地熱のあり方や構造を調べる基礎的な研究で直接発電のような開発を目的とするものではなかった。地質柱状図の作製については地質調査所の佐藤博之らがこれに当たった。その結果は未だ印刷にはなっていないがだいたい次のようであった。

すなわち図から分るように表面から11mは昭和火山と大有珠小有珠の火山灰で11mから83mまでは有珠外輪山の熔岩である(硬い安

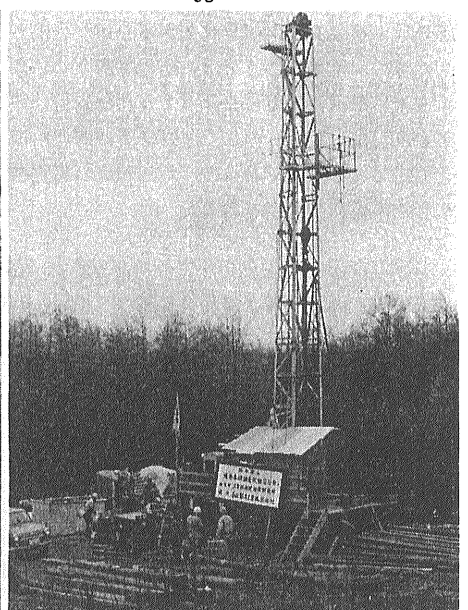
山岩から玄武岩を含む熔岩である)。83mから142mまではやわらかい洞爺の浮石流(砂泥を含む)で年代は1万5000年から2万5000年位の古さのものである。そして次に151mまでは変朽安山岩の礫さらにそこから下210mまでは硬い滝の上の熔結凝灰岩で下の方は熱変質を受けている。210mから219mまでは砂粘土をまじえる壮別浮石流で丸い礫も含んでいる。ここまでは従来地質学的に考えられた順序をなしている。ところがここからはまだ地質学的にははっきりとはつかめていないおそらく第三紀の岩石がでてくる。一応してみる。260m位までは凝灰岩砂岩とやわらかい泥など。270mのあたりに礫質砂岩そして300mのあたりは軽石凝灰岩そして339mからくぬい層に相当するものには入りそれから下は軽石凝灰岩(もうこの辺は確実に第三紀層)そして370~375mには凝灰角礫岩がでてくる。

佐藤氏はこれらの下部の岩石をよく調べるために鉱物組成の方の専門家とも検討中である。一方温度測定のために坑井内の電気検層やγ線検層が北海道地下資源調査所の山口久之助氏によって行なわれた。それによっていろいろ大切なことがでておりそれらを参照して総合的に判断してわれ目の多い205~225mと335~365mにアンカー(あなあき管)を入れその他の部分は崩壊を防ぐ目的でめくら管を入れた。この井戸をほるのにははじめはずい分逸水で苦労したのである。さて井戸の中の水位と温度であるがまず水位については約111mまで掘った時の水位は82mであった。それが

150m	//	97m
170m	//	95m



昭和新山地熱基礎調査1号井の標示板



昭和 新山 GS-1 号 井

図6
昭和 新山 GS-1 柱状図
(佐藤博之による)

179m // 109.7m
 196m // 107.4m

そしてそれ以深では 107m 程度におさまった。 ところでたまたまこの水位は洞爺湖の水面の水位(高さ)とほぼ一致する。(洞爺湖の水面が海面上 84m こんどの井戸の場所が海面上 195m で したがって この井戸では $195 - 84 = 111\text{m}$ が洞爺湖の水面の高さに当り したがって上記 107m はそれより 4m ばかり高い所に当る。ところが一方汲みとりの試験を行なった所が水位が 107m から 106 105 104m という風に浅くなった。このことから この水は洞爺湖の水が浸透してきているのではなくて むしろ有珠の外輪山には入りこんだ水が浸透してきているのであると見られる。

一方 温度の測定であるが 一度 40m 位の深さで 30°C 位あったものが 150~200m では $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ に減少し 深くなって少しずつ上昇し 375m のところでやつと 20°C というような値になっている。

温度や水位 水の成分等の時間的変化の測定は今後行なうことになっているが どうしてこのような低い温度を示しているのであろうか。

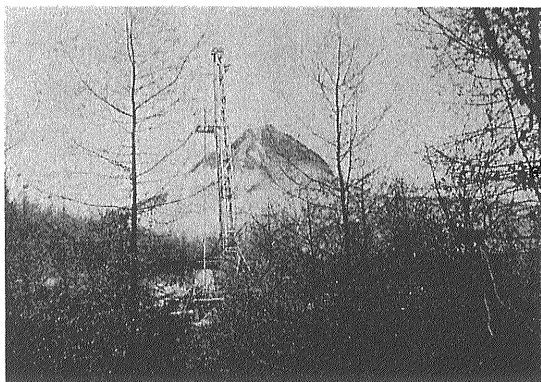
浅い所での 30°C はおそらく 横からの温水の流れとみることができよう。 もう少し昭和新高山に近づくと現在温室などをつくっている所があるが その辺では下からの割れ目のすき間を通して熱水が上昇してきているであろうが そののひろがりの一部と見ることができる。

次に 150m から 250m あたりの温度は ふつうの(地熱地帯以外の)場所の地下温度上昇率よりも温度が上昇しておらず これは冷たい水の横の流れにも支配されていると見ることができよう。 もし洞爺湖の水が仮りにここまで浸透しているとすれば もつと温度は高くてもよいはずである。 途中 ドームや屋根山のすそを通ってくるはずであるから。

このことから この井戸の中の水は有珠外輪山東麓に降った水が浸透してきているとみるのがよからう。

次に下の方へ行っていくらか上昇する温度 これから考えられることは ここへきてはじめて地下からの熱による温度と考えることができよう。 270~370m の深さでは ふつうの場所の約 2 倍の上昇率を示している。 しかも 温度の傾斜はまだまだ上昇する方向をたどっている。

昭和新高山上昇隆起中に北大の福富孝教授がこの辺の温度測定をしたものがある。 それらの地表(下)の温度は現在の値より高かったことを示している。 そして 地震探査の方からもまた水上教授の自然地震の方からもこ



G S-1 号井から昭和新高山を望む

の地下には マグマが上りながら隆起地帯自身が北へ進んだことを示している。 したがって それらのことを考える時 さらに深く掘れば もつともつと温度が上昇することは考えられる。 ただ マグマが固形のまま上昇したあと 次第に 冷え固まってしまつて 現在その熱による つまり熱伝導による温度分布が 主たる役割りを演じているように思われる。 もし伝導によるものでなく 割れ目を通しての熱水などによりあたためられたものであれば さらに高い温度を示してもよいはずである。

さて このように考えてくる時 ドームの上の亀の岩あるいは珊瑚岩 またすぐその下の高温地帯の熱を如何に解釈すればよいのであろうか。

それには深部からドーム表面への幾本かの割れ目を考えるのが一番 自然な解釈のようである。

たとえば 珊瑚岩のところから出ている蒸気は 有珠外輪山に降つた雨が地下にしみ込み ドーム真下から割れ目を通して上昇してくる熱水 蒸気 ガスによって熱せられてくるものとすれば うまく解釈がつく。

問題は なぜ ドーム真下からは 上に向けての割れ目があるのに 隆起上昇過程における 現在のボーリングのある付近では マグマに下からの大きな割れ目がないのであろうか。

はっきりしたことはまだ分らないが 隆起途中の経路に当たるところのマグマは 十分地表に達するまでの力がなかったが ドームの場合は たとえば構造線の交叉するところに当たるとか あるいはそれに加うるに他の好条件にめぐまれ はじめにのべたような強大な上昇力に伴つて上昇してきた熔岩が低圧の地表に達すると同時に膨脹して先端が数個の個体に分岐したために生じた割れ目と考えられる。 そして分岐した数個の個体はその後それぞれ異なつた上昇運動を行なったことも考えられる。

(筆者は物理探査部長)