

ソ連の U M P

竹田 英夫

U M P とは？

UMP とはいったい何だろうか？ これは Upper Mantle Projectの略称で つまり地球の外殻部(mantle)まで実際に調べてみようという計画である。地球の内部構造については 最も外側に地殻 その下にモホロビッチ不連続面(またはモホ面)を境にして外殻部 さらにその内側に内核 そしてその内核の中に中心核が存在するとされていることは すでに知られているとおりである。われわれの最も身近にある地殻は 大洋地域で3~7km 大陸の山岳地帯で60~70kmの厚さを示すが その内部はこれまで地震波の伝わる速度の変化によって表成岩層(おもに水成岩からなる) 花崗岩層 玄武岩層に分けられており 花崗岩層と玄武岩層の間にコンラッド面と呼ばれる境界があるといわれている。しかし この地殻の状態すらも これまでは地震波の資料による推定であって 実際に各層からサンプルを取り出して 直接それらを確かめてみるということにはなかつた。今回のUMPは1960年の国際地球観測年の総会の決議に基づいて外殻部まで詳しく調べてみようという試みであり この企画の成功によっては 地質学をはじめ地球物理学 地球化学などの多くの分野に画期的な進歩をもたらすものである。

モホール計画

アメリカではモホロビッチ不連続面に試錐を実施する計画——これをモホ面と試錐の穴(hole)と合わせてモホール計画と呼んでいる——が立案され プエルト・リコの北方320kmの太平洋上で 現在試錐が実施されつつある。

この場合 海の深さが4,270mで 海底下にある玄武岩層の厚さは約5,500mと推定されており 海上から海水中を通して玄武岩層を貫き モホロビッチ面を突破して 外殻部の上部まで試錐し 玄武岩層と外殻部の状態をサンプリングによって実際に確かめてみる計画であり その意義は非常に大きい。このモホール計画はすでに新聞紙上にも紹介されたため 知っている方も多いと思われるが ソ連のUMPについては あまり知られていないので その概況を紹介しよう。

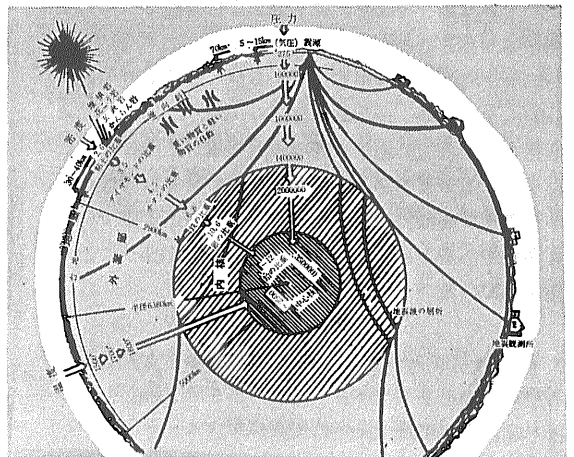
(*この小文は XII Серия・Геология и География (1963) Л. А. Лачиняв: В глубины земли (地球の深部へ)を参照して書いたものである)

ソ連のUMP

ソ連のUMPがアメリカのモホール計画と本質的に異なっている点としては モホロビッチ面よりむしろコンラッド面を重要視して 地殻中の表成岩 花崗岩 玄武岩の各層の試錐を計画していることである。なぜソ連ではこのようなUMPが計画されたのだろうか？

その答えとして まず第1に地下深部の鉱物資源の探索と地下エネルギー(たとえば地熱など)の開発にUMPの目的がおかれたからにはほかならない。もちろん地球物理学に寄与する資料や ソ連全土にわたる地殻の地質断面図の作製 そのほか地球化学的諸問題の解決も同時にその目的にあげられている。このため モホール計画が大洋地域を選んだのに対して ソ連のUMPは大陸地域の試錐をねらっている。先にも述べたように 地殻は大陸地域で著しく厚くなり 上記の地殻内の3層がよく発達すると共に これまでの資料からみて 鉱物資源の大部分が大陸地域に集中する事実を考慮して 多目的の超深度試錐が計画されたのである。

この計画の第1段階として ソ連の領域内から5地点を選び出し 12—15—18kmの深度の試錐を実施することが予定されており 現在各方面の学者と技術者が協力して 超深度試錐のさい生じる種々の問題の解決に取り組んでいる。超深度試錐の予定地点は 国際地球観測年(1957—1959年)に行なわれた深部地震波測定資料により カレリヤ ウラル プリ・カスピ アゼルバイジャン 千島の5地域が選ばれている。



第1図 地球の内部(地球進化論 p. 173 から)

玄武岩層の研究が主要な目的とされている。

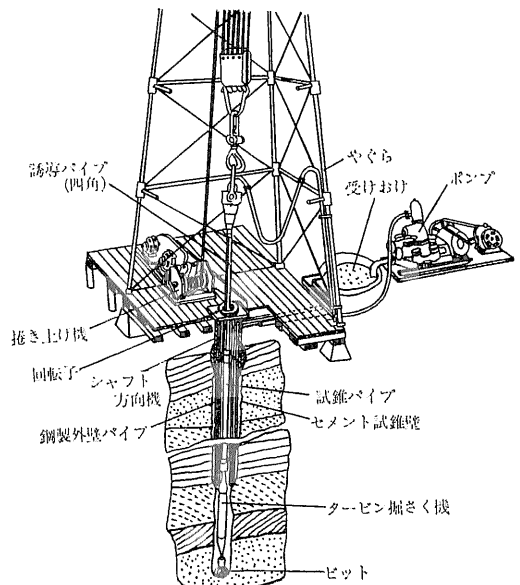
千島地方は地表からモホロビッチ面まで超深度試錐によって調べられる唯一の地点であり、その深度は15—18kmで上部外套部まで到達することが予定されている。しかし深さに伴う温度上昇が著しいため、不成功に終わることも一応予想されるので、もし失敗すればモホール計画と同じく大洋中の適当な場所から水圏を通して試錐しなければならないと考えられている。

超深度試錐の問題点

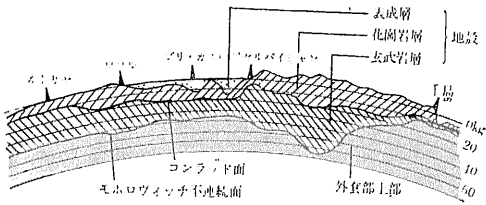
12—15—18kmの超深度試錐を実施する場合、技術上非常に複雑で困難な問題を多くかかえている。たとえばこれまで用いられた試錐機と試錐方法によって超深度試錐を行なえば、1本の試錐に10年以上もかかる可能性があるうえ、それが成功するかどうかおぼつかない。

これまでの試錐の最大深度は、アメリカのフィリップス石油会社で行なった7,724mであるが、現在は世界各国において8,000—10,000mの深度を越す段階に入ろうとしている。しかし超深度試錐では単に巻き上げ機やポンプの能力、および圧力と温度増加に対する試錐パイプの耐久性を改善することだけでは、片付かない多くの問題が存在する。

たとえば15—18kmの高温高压下ではダイヤモンドビットも急激に掘さく能力が衰えと共に循環流体(泥水)の性質が変化するため、試錐が不可能になる危険性が考えられる。アメリカで行なった試錐の資料によれば、深度6129—7261mの間1132mを掘さくしたとき実に34のダイヤモンドビットを使用し、1個のビットの



第3図 回転タービン試錐機の構造図



第2図 ソ連のUMP

カレリヤ地方は先カンブリア紀の花崗岩類(約25億年前)が分布し、均質の花崗岩と片麻岩からなっている。この地方は8—10kmの深さにコンラッド面が存在するため、深度15kmの試錐が予定されているが、岩質の変化が比較的少ないため、試錐は他の地方に比べて容易であると考えられている。また15kmの深さでの最高温度は150—200°C位で、それより高くはならないだろうと推定されている。

ウラル地方では超深度試錐はウラル地向斜とその基盤の構造を解明するのに役立つだけでなく、銅鉱床の起源と花崗岩しょう形成の問題についても有益なデータが得られるとみている。約15kmの深度で玄武岩層に到達する予定であるが、この地方も地下温度勾配(Geothermal gradient)が比較的小さいため、15kmの深さでの最高温度はカレリヤ地方と同じく150—200°C前後であろうと推定されている。この地方はカレリヤ地方と異なり、非常に複雑な地質構造と多様な岩石が分布するため、試錐に際して多くの困難を伴うことが予想されている。

プリカスピ地方では厚さが12—14kmに達する表成岩層が発達する。したがって超深度試錐はこの表成岩層と基盤の結晶質岩石を明らかにすることを目的にしているが、それと共に石油および天然ガスの分布範囲を確かめることも予定されている。この試錐は13—15kmの深度が計画されているが、地下温度勾配が比較的大きいため、最深部では300—400°Cに上昇すると推定されるので、地下深部で表成岩層が変成作用をこうむっているかどうかという問題もあわせて検討される。しかし深部で高温に達することと、岩石が不安定でしかも多様であるため、試錐は多くの障害に出会うことが予想されている。

アゼルバイジャン地方では地表から玄武岩層までの距離、つまりコンラッド面までが5—8kmと推定され、超深度試錐は12kmの深度が予定されている。この場合、深部に石油や天然ガスの存在の検討と共に

試 錐 年 表

年 代	国 名	備 考
B. C. 6000年	エジプト	宝石を用いたビットによる回転試錐法を考案
B. C. 2000年	支那	綱索法試錐により岩塩中を深度 1,200 mまで掘さく
1181年	ロシア	綱索法により岩塩中に試錐
1761年	オーストリア	井戸掘さくに試錐実施 深度150m
1846年	フランス	泥水ポンプ発明
1862年		ダイヤモンド試錐機完成
19世紀末	チェコスロバキア	シレジャ炭田において深度2,239.72mの試錐に成功
1922年	ソ 連	タービン試錐機完成
1940年	ソ 連	電動試錐機完成
1941年	ソ 連	深度3,904mの試錐(電動試錐機による)に成功
1945年	アメリカ	深度5,000mの試錐に成功
1946年	アメリカ	深度6,000m
1955年	ソ 連	深度4,812m
1958年	アメリカ	深度7,724m (フィリップス石油会社)
1959年	ソ 連	深度7,000mクラスの試錐を油田地帯に約800本実施
1962~1963年	ソ 連	ブリ・カスピ地方で7,000mの試錐実施中

平均可動時間は64時間であったという実例を見てもこの危険性は明らかだろう。このビットは 深度が深くなるに比例して消耗が早くなるが その理由としては静水圧の増加が循環流体に影響して掘さく能力を低下させること 深さに伴って岩石の密度とプラスチックティ(ductility)の増加することがあげられている。

超深度試錐が地下深部のコアを入手するためには 次の2つの条件が要求されている。

- (1) 地下深部においても完全に試錐の機能を果たすこと
- (2) 試錐の最大速度を保持すること

したがってこの条件をみたすための解決方法として

- (1) 試錐器具の深部における機能の持久性
- (2) 試錐パイプの上げ下げ作業の迅速化

の2点に技術者の研究が集中している。この場合もちろん(1)の解決方法が出れば (2)の方法は自然に解決されてしまう訳である。

現在試錐器具の機能の持久性についての解決策としてビットライフを長くすること 循環流体の特殊加工 さらにはビットを使用する代わりに 噴射ノズル式掘さく法や 真空装置を用いた掘さく法などが研究されている。

また試錐パイプには ガラス繊維 (耐熱温度 1000°C) やチタン軽合金パイプ (比重 4.5gr/cm³ 耐熱温度 1725°C) を用いることも考案されている。これは従来の鋼製パイプを15kmの深度まで下げたとき その総重量は400トンとなり パイプの自重によって65mも伸びてしまうためであり また鋼製パイプが熱に対して弱いことなどの理由によるものである。循環流体については ソ連で実施した試錐 7,136mの深度で1,400気圧 244°Cまで上昇したとき 特殊循環流体を用いて試錐に成功したが 15-18kmの深度では 500-600°Cまで上昇する可能性があるため 特殊冷却装置の必要なども論議され 泥水の代わりに空気の使用も検討されている。

試錐につきものの穴曲りの問題もまたゆるがせにできない。18kmの深度まで試錐するとき 100m進むごとに1°~2°宛同一方向に穴曲りをすれば 地殻の中でとんぼ返りして地表に抜けてしまい 試錐の目的は果たせない。また試錐の途中でパイプが切れたり ゆるんで抜かれたり 試錐壁がくずれたり そのほか試錐器具が破損することなどは 超深度試錐の場合は 穴曲りと共に絶対に避けなければならないことであり これらの解決法も急がれている。試錐パイプの上げ下げ作業の迅速化は理想的状態としては パイプを上げ下げせずに掘さくが進み しかもサンプルが入手できることである。

サンプルをパイプの引き上げをせず入手する方法として 水圧を利用してコアを自動的に地表に送り出すこと

が研究されている。またビットを掘さく位置でとり変えることも検討され 試験的段階で一応の成功はみたがまだ実用化には至っていない。

ちょっと奇想天外な方法としては ヘリコプターを用いてパイプをつないだまま引き上げる手段もあるが 15kmの高さに総重量400トンのパイプを空中に持ち上げることは 現在のヘリコプターが20トン強のものを2700m引き上げた記録が最高であることからみて この方法の可能性はほとんどない。

したがって 現段階ではこれまでのように 1本1本のパイプのつなぎ合わせととりはずしを迅速に行なうことの方が重要視されている。仮に1本50mの長さのパイプを使用するとき 15-18kmの深度では 300-360本のパイプが必要となるが これらの上げ下げを従来どおりに行なえば 1回の上げ下げに要する時間は25-30時間となる。最近イギリスでこのパイプの処理の自動化に成功しているのだから この方法を超深度試錐に使用すれば約3時間で処理できる見とおしが立つようになった。このほか ソ連では1本500mの長さの屈曲自在なパイプの使用なども検討されているが まだ完成されていない。地球の平均半径が約6,400kmとして 超深度試錐の18kmは非常にさ細と思われるだろうが 現在の技術的水準からみたととき 超深度試錐は人工衛星に匹敵するほどの困難な事業である。

現在ソ連では 地質学 地球物理学 地球化学 超深度試錐に関する工学の全分野の学者と技術者の協力態勢の下に UMP に取り組んでおり 超深度試錐の問題も近い将来に何らかの形で解決されることと思われる。このようなソ連の UMP が成功すれば学問上 および経済上に一大進歩をもたらすだけでなく 試錐方法にも画期的な革命が起こるに違いない。(筆者は鉱床部)