

世界の超深度試錐と中国

岸本文男(元所員)

Fumio KISHIMOTO

はじめに

世界の地球科学者の手は 片方が大気圏の彼方の宇宙に そして残る片方が深海底へ 地球の内部へ伸ばされている。この一文は 地球の内部に手を差し込もうとしている地球科学者の飽く無き探求心の話であり 中国の超深度試錐に対する動静である。日本でも 地下15,000mを目指した超深度試錐が計画され その着手への胎動が始まった。関係者の卓見に敬意を表しながら筆を進めることにする。

ここに紹介される3部のオムニバスは いずれも中国の文献からのもので 中国よりは一步先んじて計画されつつある日本にとっても 参考になることが多いように見受けられる。まずその第一編は <地質論評>の第29巻第1期(1983)に発表された劉広志(地質鉱産部審査委員会)の“超深井鉆探と深部地質学”と題した小論である。これは小論ではあるが よくまとまっている。

超深度試錐と深部地質学

超深度試錐井(Super deep well)の定義は 試錐技術の発展と鑿井深度の増大に伴って変わってきた。1969年以降は国際的な慣習として ローター試錐機で掘進された6,000m以深の試錐井と コア採取試錐機で掘進された2,500m以深の試錐井が超深度試錐井と呼ばれるようになった。

この30年来 科学技術の飛躍的な発展によって 地質科学の地球外の空間および地球深部(地球内の空間)の両方向への発展が促され たとえば人類が地球深部の神秘を探ることを可能にしつつある。“深部地質学”という一つの新興の地質学領域が 今やまさに興ろうとしているのである。地殻と上部マントルを研究する上でそれを専門に掘進された地質井 とくに超深度試錐井は斬新な意義をもっていて モホール(Mohole)と呼ばれ 深度は通常10,000mから15,000mが目標とされている。今までの超深度試錐井の記録は 第1図に示した通りである。

1. 超深度試錐の主な機能

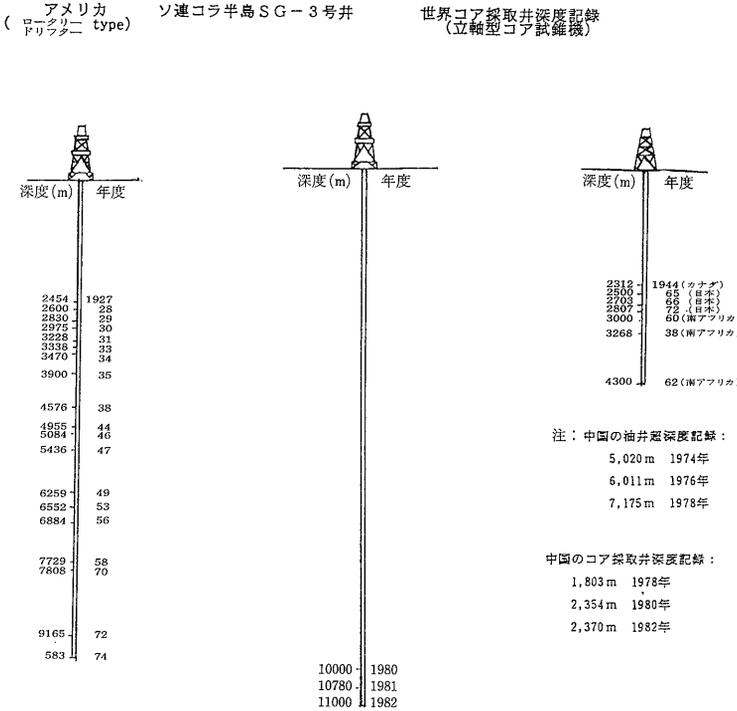
1) 深部地質学研究の重要な手段として

深部地質学はこの10数年の間に生まれてきた地質学の一分野で その研究の主な対象は地殻深部と上部マントルであり その研究の主な内容は地殻と上部マントルの構造とその特徴 物質組成とその物理的・化学的特徴であり 地表の構造・物理場と深部の運動との関係を明らかにすることであり 深部での鉱床生成作用の過程 すなわち鉱化作用の発生・発展・変化の過程を把握することであり そして新しい鉱床成因論などの地質学上の基本理論などを研究することである。深部地質学の研究は全地球的な性質 総合科学的な性質 巨大領域的な性質を備え 長期戦略的な意味合いの科学研究という性質を帯び 世界の自然科学界が幅広く重要視するところとなってきた。1960-1970年の「国際上部マントル計画」(IUMP)と1970-1980年の「国際地球力学計画」(IGDP)さらに「深海試錐計画」(DSDP)の実施はこの重視の現れである。

日本における深部地質学の研究方法と資料の来源は目下のところ 深部地球物理探査法(深層地震探査 電磁探査 重力探査 磁気探査)が主体で 地球物理資料の解析研究によって具体的な認識を得ようというものである。地球物理場の資料では様々な解釈が可能であることから 日本での深部地質の研究と理解はまだ推定と間接的な解釈の段階に留まっている と言える。日本の深部地質学とすでに10,000mあるいは13,000mの超深度試錐を実施し さらに15,000mを目指して掘進中の国々の深部地質学との差は かなり開いていると言わざるを得ない。

超深度試錐井の施工は深部地質学研究の直接的な手段であり 何よりも地下の地質の実物試料をコアの形で取り出すことができ 多種にわたる方法を総合した検層によって深部岩層の物理化学的な特性に関する資料が得られ 試錐井内のテレビジョンと撮像による観察からも深部地質の資料が得られるのである。

超深度試錐によって採取されたコアは人間の生命以外に並ぶものがない宝物で いずれも次のような測定・分析・研究に使われる。



第1図 超深度試錐の世界記録編年図 (劉広志 (1983) による)

- (a) 古地磁気測定
- (b) 磁性測定
- (c) 年代測定
- (d) 音波速度測定と密度測定
- (e) 岩石・鉱物の鑑定
- (f) 造岩成分・造鉱成分・微量成分の化学分析
- (g) X線蛍光分析
- (h) 海底音波速度の測定
- (i) 微古生物学的研究
- (j) 岩石学的研究
- (k) 結晶学的研究
- (l) 電子顕微鏡観察
- (m) 同位体の研究 (Pb Sr O H C S)
- (n) 痕跡元素 (稀土類 Sr Rb Zr Y Ba Ni Cr Co U Th) の分析
- (o) 放射能・放射線の測定
- (p) 鉱化現象・鉱物資源の研究
- (q) 流体・固体包有物の研究
- (r) その他

つまり超深度試錐の掘進は 深部地質の研究に 直視できる もっとも重要な第一義的な地質資料を提供してくれる大切な手段である。

2) 地殻深部観測点・観測所

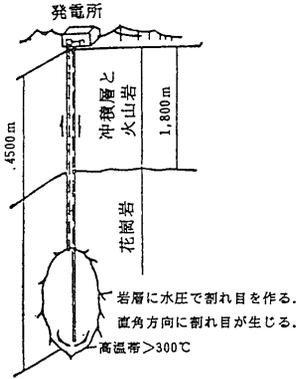
深度が10,000-15,000mの超深度試錐井の場合 通常

の温度勾配から考えると孔底の温度は300-450℃に達し 実際にはこれよりも高く500-600℃に達するものと思われる。さらに孔底の圧力(静水圧)は少なくとも1,000-1,500kg/cm²に達するはずで この圧力も温度ももっと上がる可能性さえあるのである。したがってこの試錐井は一つの理想的な高温・高圧実験室となるだけでなく 地上の高温・高圧実験室で生じやすい多くの危険な要素も避けることができる。そして 実験岩石学的技術の発展のために 岩石の成因 変成作用 物理的相変化 鉱物合成などの研究のために 優れた実験環境が提供されることになる。

また 超深度試錐井は地球物理学者の地磁気 地電流 地熱 地体応力を長期にわたって観測する観測所になってくれ 地殻の活動法則 地震予知に大きく貢献してくれることになる。

3) “乾熱岩体”の地熱開発井

高温火成岩岩体が包蔵する熱エネルギーはその岩体中に含まれている放射性元素が崩壊して生じるもので “非枯渇性エネルギー”と呼ばれ その探査と開発の研究は各国の科学陣の注目を浴びている。アメリカの予測によると この10年から15年以内にその研究は結実し 1995年にはそれが地熱発電に使われるようになることである。現在 その研究のスピードはきわめて早くすでに Cardra で試験井が掘られ 実験発電の準備



第2図 アメリカ合衆国ロス・アラモス研究所が開発研究中の超小型原子反応パイプによる“核エネルギー試錐”地熱超深度井構想図 (劉広志 (1983) による)

も着々と進行中である。

この“乾熱岩体”の開発・利用への研究には、次の二つの課題がある。すなわちそれは

1) 従来の回転式石油試錐機に替えて、全く新しい溶解式核エネルギー試錐機を用いて超深度試錐井を掘進し、孔底にモーターを据えてエネルギーの消費量を大幅に減少させ、動力効率を向上させ、コストを下げること

2) 世界的なエネルギー源の欠乏を念頭に、長期の視点に立って超深度試錐井を開き、地殻深部の“乾地熱”エネルギーを取りだして利用することの二つである。

これらの試錐事業は、すでに始まっている。地上で30mの間隔を置いた3,200mと4,500mの2井の深深度試錐(超深度試錐)が掘進されていて、高温岩体にもうすぐ到達し、孔底の温度は300℃以上に達するものと推定されている。この2井は水力破砕法を用いた孔底周囲の岩層の破碎によって繋げられ、一つの“ボイラー”が作られる。すなわちAの試錐井から冷水が注入され(第2図参照)その冷水が“ボイラー”に到達すると直ぐに気化し、それをBの坑井から地表に導いて発電機に送り、発電するというものである。

2. 世界の超深度試錐の概況と地質学への貢献

1) 大陸の超深度試錐井

深部地質学の研究のために超深度試錐井を施工している国は、現在のところアメリカとソ連、そして西ドイツと中国(新疆ウィーグル族自治区での6,000m試錐)しかない。アメリカとソ連が施工している超深度試錐井の目的は異なっている。アメリカの超深度試錐計画は早くから開始され、3種のタイプの地殻構造部分に14井の超深度試錐井を配置し、それぞれ掘進深度は9,000mを最少として15,000mを目指した。その中、オクラホマ州のBertha Rogers 1号井は1974年に掘進深度9,583

mで完工した。当時としては、これが超深度試錐井の世界記録となり、そのまま1979年7月まで記録は破られなかった。アメリカのマザーロード付近のサンアンドレアス断層、ミネソタ河河谷の古期片麻岩コンプレックス地域、ニューヨーク州という3本の鼎のような配置で超深度地質の試錐調査が行われている。

はっきりしていることは、アメリカが現世の地殻活動の動態に着目し、断層の活動、地震発生の機構、熱水系統と熱水活動の根源となるマグマだまり、アメリカプレートと太平洋プレートの周辺の応力変化の研究を目指していることである。

ソ連は超深度試錐井の施工目的を、地質構造の問題の研究に重ねて、発達史を異にする構造单元と深部地質作用の過程を研究することに置き、3井の超深度試錐井を配置した。第1井のSG-3号井の掘進は1970年4月にソ連西北端のムルマンスクの西、コラ半島バレンツ海沿岸の先カンブリア時代の結晶岩基盤岩層の地点で始められ、1977年初頭に深度が7,430m、1980年7月に10,000m、そして1981年4月5日に10,780mに達して正式に世界最深の名乗りを挙げた。第2井はアゼルバイジャン共和国コーカサス山脈南麓のサートルィーに配置され、その設計深度は15,000m、第3井はウラル山脈東南側のマグニトゴルスク複合斜上に設定され、その設計深度は12,000mとなっている。これらソ連の超深度試錐井は1井の超深度試錐井を中心にして、その周囲に幾井かの深度6,000m前後の衛星試錐井を配置するという方式をとっていて、現在のところ全部で15井ほどの衛星試錐井が配置されているが、そのうちの8井はソ連地質省が施工の責任を負っている。これらの衛星試錐井はいずれも地質科学の研究のために掘進されているもので、これらの試錐井で得た地質資料と試錐調査の経験を通じて、主超深度試錐井の施工が推進され、同時にその超深度試錐井を深部地質実験室と深部地球物理学実験場にしようとするものである。なお、隣り合った2井の間の地域では地震探査も行われている。

ソ連の超深度試錐井の掘進は2台のスパイラルリング試錐機と2個の並列ビットを用い、逆“Y”字型にロットと接続し、孔底のモーターによる掘進を実現して試錐技術上の一大革新を為し遂げている。

ソ連が公表した資料によると、SG-3号井はすでに幾つかの予想もしなかった地質資料を提供している。たとえば、結晶岩中の地下増温率が1℃/100mであるという仮説は実証されず、その仮説は地表下2,000m以浅でしか成り立たず、地表下7,000m以深では地震波の伝播速度が表層の場合よりもずっと遅く、2,000m以深の地下増温率は極めて大きく、7,000mの深所では120℃に

達した。その6,350mのところでは一層の意外の帯水層が発見された。またきわめて深いところで二酸化炭素、ヘリウム、炭素-水素化合物が発見された。

さらに同位体年代が2,000m.y.前後の岩石中で微生物の遺骸が発見されている。このSG-3号井の主たる目的は岩石圏を研究し、それによって鉱床の形成と分布の規則性を探ることにある。試錐井の設計深度は15,000mとなっている。

第2号井は1975年に掘進が開始され、1981年には深度7,500m以深に達する計画である。この超深度試錐は主として地殻上部の構造を研究し、鉱床形成の諸法則性を探り当てようというもので、6,000-7000mで花崗岩に逢着し、玄武岩の潜頭深度は12,000mと予想され、試錐井はその玄武岩層を少なくとも300m切りこむ予定である。

さらに深部地質の研究計画を押し進めるため、ソ連は第11次5ヶ年計画の期間(1981-1985)にウラルと西シベリアでも超深度試錐井を掘進することを決定している。

2) 深海海底試錐

地質学の専門家たちはモホロビッチ不連続面、すなわちモホ面が大陸では平均厚度35,000mの地殻の下底に、大洋の深海水域ではわずか5,000mの地殻の下底に位置すると推定している。そして同時に、地殻の深部を探るには、海底付近の底質の軟泥を採取するだけでは極めて不十分であり、深海の海底試錐を実施し、それによってサンプリングしなければ不可能と考えられている。

深海海底試錐を行うため、アメリカは次のような幾つかの計画を立てた。

すなわち、1963年にまず「モホール計画」が定められて、数井の試錐が掘進された。しかし不幸にも、それは幾つかの原因によって中断されてしまった。

1960年代の初めに、アメリカ合衆国のコロンビア大学ラメント地質研究所、マイアミ大学海洋科学研究所、ウッジョール海洋研究所、カリフォルニア大学スクリップス海洋学研究所などの機関が発起し、「地球深層試料採取連合海洋学研究机构」(JOIDES: Joint Oceanographic Institution of Deep Earth Sampling)が設立され、全国科学基金協会の資金援助を受け、試錐調査船「CAL DRILL」号によってブレイク海台の水深1,000mのところまで海底試錐が行われた。

さらに「深海試錐計画」(DSDP) (Deep Sea Drilling Project)がJOIDESの提案によって組立てられた。1965年にその実施準備が始まり、1967年に有名な深海試錐船「グロマー チャレンジャー」(Glomar Challen-

ger)号が建造され、1968年から1975年に至る間のまるまる7年間、海上にあって試錐を続け、大量の貴重な資料を入手した。

そして「深海試錐国際段階」(IPOD) (International Phase of Oceanic Drilling)が「深海試錐計画」(DSDP)に続く段階として組立てられ、1975年から1979年末までソ連、西ドイツ、日本、フランス、アメリカがこれに参加した。

「グロマー チャレンジャー」号は深海海底試錐を実施し、そのコアを採取する専用船として設計され、船体の長さが122m、排水量が10,668t、設計最大試錐掘進深度が7,570m、最大作業水深が6,100m、試錐櫓の高さが60mである。船上・船内に備え付けられているアメリカの最新式の機器は次の通りである。

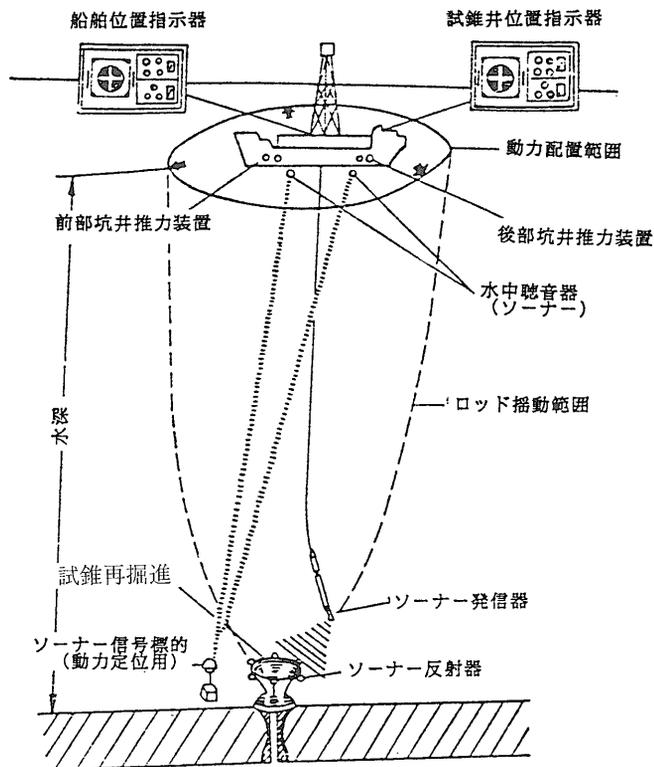
- (1) コンピュータによる動力制御装置 (第3図)
- (2) 各種のコアサンプラー
- (3) 人工衛星による位置指示装置
- (4) 応答試錐井システム (ソナーと船上試錐深度位置指示装置を含む)
- (5) 試錐井中の各種の物理探査とコアの分析・研究・測定のための機器

「グロマー チャレンジャー」号は10余年の間(1968-1979)に航海に出ること70回、その間の海底試錐の数は700井、掘進総延長は300,000m、試錐点の最大水深が6,247m、海底下の最大掘進延長が1,412m、採取したコアの総延長は20万mに達した。この「グロマー チャレンジャー」号は世界で群を抜いて深海海底試錐の仕事をした科学調査船であり、同号の仕事の成果はすでに「報告」全38巻、各巻およそ1,000ページの中に発表されている。

「グロマー チャレンジャー」号が地質学に貢献した主要なものは

- (1) 海洋地質学者が、地球物理学的方法、遠隔測定方法もしくは疎らにしか採取していない岩石試料にだけ頼って海底の地質状態を認識することを終わらせたこと
- (2) 地質学の視野を広げ、その広視野の地質学を使って大量に集めた、表面的には相互に関連性がないように見える現象の資料を大量の実測資料に変え、プレートテクトニクス理論、大陸漂移理論を基礎にして大陸から海洋、さらに地球全体の歴史的な環境を総合的に解析できるようにしたこと

(3) 大西洋中軸の両側に対し系統的かつ大量の試錐を実施して、その中軸から離れれば離れるほど、海底堆積層の年代が古くなることを実証し、それぞれ隣り合った試錐井中の深層堆積物の年代を対比できるようにし、中軸裂罅に硫化物があり、熱水が逸出していることを明らかに



第3図 <グローマー チャレンジャー>号の動力配置・掘進概念図 (劉広志 (1983) による)

かにしたこと

(4) 初めて深海海底下に石油が賦存する事実を明らかにし 多くの鉄鉱胎層と銅・クロム・バナジウムなどの金属が海底下に含有されている証拠を発見したこと

(5) 海底拡大説をさらに詳しく実証し その拡大速度が年間数 cm に達することを証明したこと

(6) 特殊な地磁気異常現象を測定・発見し 岩石の残留磁気の測定によって地球磁極の移動の概念を引き出したことである。

以上のほか 海洋科学 海洋生物学 気象学などの分野でも卓越した貢献をしている。

3. 中国での深部地質研究に超深度試錐を

中国は広く 資源が豊富であり 地質構造は多種多様 西部に青藏高原とヒマラヤ山脈 太平洋に臨んでは長大な陸棚があり 内陸盆地 褶曲山系 古地塊など各種の構造単位があり さまざまに発達した構造体系がある。中華人民共和国の建国から今日まで 全国で大量に系統的な地質調査と鉱床探査が進められ 地質資料が豊富に

蓄積され 中国の深部地質の研究はすでに良好な基礎を固めている。

今や深部地球物理探査を進めるほかに 超深度試錐調査を実施する必要がある そうすれば深部地質学の進歩を加速することができる。そして 中国の地質科学の水準を高め さらに発展させることは疑いなく したがって超深度試錐は重要な戦略的な意義を備えている。

超深度試錐調査技術は 試錐設備の装備内容 掘進工程の基礎理論の研究程度 試錐機器の操作技術の水準を一つに総合したものである。装備から言えば それは重機械学 鉄鋼冶金学 固体物理学 エレクトロニクス 土木力学などの科学技術の粋を集中して具体化したものである。試錐機器の操作技術から言えば 何よりもまず第一に 一連の理論と実践の問題を研究し 解決しなければならない。たとえば 高温高压下での岩石の破砕機構 試錐用液のコロイド化学および流体力学的特性 掘進延長4,000-15,000mにおける試錐ロッドの弾力学的・破断力学的・振動力学的性質 高温高压状態で使用できる新材料 新ビット 新工具 超深度試錐井観測技術と同装備 さらに幾つかの具体的な試錐掘進・

保井の技術などがそうである。したがって超深度試錐の掘進と調査は国家の工業技術水準と地質科学の研究水準を表す指標の一つである。

中国の国家科学技術委員会は超深度試錐の実施事業を十分に重視し、すでに科学技術発展計画要綱に組み入れ、地質調査観察技術学のカリキュラム計画に組み入れている。力量を速やかに集中し、事業を進めるに当って中国における深部地質学の研究のために超深度試錐を展開するには、以下の幾つかの分野での思想・物質・技術的準備に万全を期さなくてはならない。

(1) 国家計画委員会の指導のもとに関係部門と各関係学問領域の代表を召集して、国家超深度試錐掘進探査委員会を統一的に編成し、超深度試錐実施計画と各学問領域での超深度試錐で進めたい研究の計画を定める。そして、整った“地質調査観察技術学際班”が日常の諸般の処理に当る。

(2) 現在、中国は超深度試錐の技術関係の装備と基礎理論の基礎となるものをすでに持っている。自力更生を主体に、一定の必要な設備は輸入し、早く技術関係装備の準備事業にとりかかり、それからの調整とテストを急ぐ。

(3) 中国地質科学院が超深度試錐の地点を研究し、選定する。少なくとも3井の超深度試錐井を施工し、三足の鼎のように配置する。そして、中国がすでに施工済みの石油深査井と地質構造試錐井の資料、さらにその他の地質資料を注意深く収集し、超深度試錐の予想地質断面図を作製する。

(4) 中国の試錐調査技術を研究している大学・専門学校、科学研究所、地質隊と高等地質教育機関の試錐土木・試錐探査関係学科の膨大な科学研究の力量を組織し、地球物理、地球化学、試錐土木、ビット・ロッド関係の応用と基礎理論の研究などの分野の課題を分担させて、それぞれの研究を組立て、定めた期間に完成させる。この種の事業では、いかに力量を組織し、運用するかを重視しなければならない。

(5) 強力な超深度試錐支援の隊伍を編成し、統一した計画のもとで物資・資材の準備を行う。

(6) 関係分野の高級技術者を養成し、必要な時には少数の人を外国に派遣して、特定テーマの短期の学習をさせる。深部地質学は戦略性を備えた一分野の学問で、国家が極度に重視すべき分野である。その研究と発展は地表の地質研究の程度に留まって済むものではなく、超深度試錐の実施は地球科学を盛んにするために必須のものであり、中国人民自身に貢献するものである。

以上の小論の中で、アメリカとソ連の超深度試錐の鑿

井と同試錐井による科学研究の状況が重点的に述べられている。アメリカの場合は英文で報告が出されているため、日本では比較的良く知られている。一方、ソ連の場合は、一昨年、大作が英文で出版されたばかりであり、それまでは露文の報告がほとんどで、日本語での紹介が少々ということから知られているというにはほど遠い状態にある。そこで、中国地質鉱産部の機関紙「中国地質報」に掲載された湯風林の報文を紹介し、ソ連の超深度試錐についての中国の学者が知ったことを通じ、ソ連の場合を考察していただくと思う。

コラ半島の超深度試錐 S G-3 号井は、現在のところ世界でもっとも深い試錐井となり、多くの新資料が入手され、地殻の深部構造を理解し、同深部の鉱物資源を把握する上で非常に重要な意義をもたらしている。本文の筆者、湯風林は学者としてソ連を訪れ、勉強していた期間に、この超深度試錐の状況について全面的な認識を得た。また最近、ソ連の専門家が北京地質教育センターでこの超深度試錐の状況について講演を行っているが、本文は湯風林が理解したその超深度試錐の状況とソ連の専門家が報告した資料にもとづいて取りまとめたもので、参考にする価値は極めて大きいものと思う。

「コラ半島の超深度試錐はソ連-ポーランド楯状地の西北部に位置し、1970年5月に試錐が開始され、1980年に10,300mに、1985年に12,300mに達した。計画では1990年に設計深度の15,000mに達することになっている。

コラ半島の超深度試錐は、結晶岩中を掘進している。この試錐井は、すべてソ連の国産設備を用いて完成しつつある。超深度試錐が11,500mに達した時点では、所要月数が119.8か月、月平均掘進量(平均台・月効率)が96m、平均試錐速度が1.8m/h、一回の掘進距離が7.2mとなっている。同時点でのコア採取掘進は9,235.2m、採取コアの延長は3,700.1m、したがってコア採取率は40.1%である。試錐井の穴曲りは7°にすぎない。この試錐井はきわめて強力な科学実験と研究の価値もっているため、その試錐効率については無論のこと、その質・量についても関係者に大きな満足を与えている。コラ半島超深度試錐の第一次掘進は、原生代(0-6,842m)と始生代(6,842-11,662m)の大陸地殻を掘進し、地殻構造および過去に発生した、そして現在まさに発生しつつあることに関係した大量の地質資料を提供してくれた。深度11,600mに達した試錐井内のコアと周囲の空間について、広範な総合的地質研究、すなわち岩石、地球化学、構造地質、放射能、音波、地震、核物理、磁場、電場、地熱などの分野の研究が総合的に行われている。原生代の地層について行われた研究の結果は、ペーチェンガ

鉱床区の構造の概念を変えさせるものとなった。当該試錐井から得られた資料にもとづいて第一次計画では一つの連続地質断面で葡萄石相・パンプリ-石相から角閃岩相に至る範囲の変成帯を研究し、岩石の組成、深度、温度の変成帯に対する影響が研究された。

広範な分析資料を基礎に、最初の先カンブリア紀地殻の地球化学断面図が組立てられ、岩石の酸性-アルカリ性の变化と岩石の原始組成、地質作用に係わる規則性が明らかにされた。

大陸地殻の深部に、鉱化された地下裂か水が存在しかつ深度が深くなるにしたがってその裂か水が塩化カルシウム水から炭酸ナトリウム水に変換することが確認された。気体組成では、水素とヘリウムの作用も深くなるにしたがって強くなり、二酸化炭素の作用は深度が増すにしたがって減少することも明らかになった。

コラ半島の超深度試錐の掘進の結果は、大陸地殻中に鉱床が豊富に存在することを明らかにしている。たとえば、深度1,540-1,800m部分でもともと全く知られていなかった銅-ニッケル硫化物鉱床を胚胎した超塩基性岩が発見され、さらに含鉄珪岩と被変成マグマ分化チタン鉄鉱床の存在も確認された。

地質の研究と地球物理探査の結果、試錐井上部の地質断面の大部分における傾斜した地震波境界面は地質体の接触帯および大型断層に原因するものと決定できる、ということがあきらかになった。試錐井下部の地質断面の地震波境界面は平らに近く、酸性岩が塩基性岩に変わる移過帯と解釈するのに用いることはできないし、構造帯が水平に近いと解釈するのも無理であり、大陸地殻深部の岩石の物理的状態と関係があると思われる。

地球物理探査の結果の一つは、深度4,500m部分のペーチェンガ原生代岩層中に、玄武岩に対する低温変成作用を原因として生じた一つの低速帯があることを把握したことである。コアの解析資料によって組立てられた弾性密度モデルは、3種の岩石構成、すなわち0-4,500mの範囲が主として原生代火山帯の岩石構成、4,500-6,840mの範囲が厚い結晶片岩帯構成、6,840m以深が始生代の岩石構成であることを証明している。地質断面上の磁性鉱物の分布は、次のような規則性に従っている。すなわち、0-4,586mの範囲(硫化物鉱化帯)では主な磁性鉱物は磁硫鉄鉱、4,586-5,642m(酸化物鉱化帯)の範囲では磁硫鉄鉱が事実上消失し、磁鉄鉱と赤鉄鉱だけとなり、5,642m以深では磁鉄鉱と磁硫鉄鉱となるがいずれも少量である。

試錐の過程で井内の実際の温度が測定され、さらに代表的な岩石の熱伝導率も測定された。すでに確認されたことは、地熱増温率と熱流量密度が深部に行くほど増

加することである。原生代岩層の地熱増温率は1.6℃/100m、始生代岩層の場合は2℃/100mである。放射元素(ウラン、トリウムなど)が生ずる熱量は、熱流量平衡の中では50%を越えている。

この試錐の実施結果が明らかにしているように、その結果は人々の概念とは異なり、岩石の可錐性(試錐され易さ)は深くなって下がらず、試錐井が深くなるにしたがって増大する。たとえば、6,000-11,000mという深部の岩石の可錐性は、0-6,000mの範囲での岩石の可錐性よりも1.5-2倍高い。

コラ半島の超深度試錐はすでにこのような深度に達して掘進を継続すべきか否か、二つの意見がある。一つは、さらに継続して掘進すべきでなく、この試錐井を利用して大量の科学試験を進め、もしも継続掘進して万が一にも事故が起こったら損失は計りしれず、九仞の功を一簣にかくことになる、という意見である。もう一つは、継続して掘進すべきで、設計深度15,000mに達して直ちに止めればよく、必要な措置を構ることによって15,000mという深度までの試錐の安全を保証することは可能である、という意見である。現在のところ、この超深度試錐は継続掘進中である。

コラ半島の超深度試錐は、大量の地質資料をもたらしただけでなく、多くの新たな現象を発見させ、それによって多くの新しい概念、新しい結論が生まれ、世界の地質学界の注目するところとなり、極めて高い評価を受けているだけでなく、1,540-1,800mの部分での移行価値のある、開発可能な新しい銅-ニッケル硫化物鉱床の存在を確認したことによって、経済的効果も得られ、試錐井を掘進した費用・出費を補ったのである。

(中国地質報 1986.4.21)

最後の紹介は、先の第一編の著者、劉広志が雑誌〈中国地質〉の1988年、第4期に書いた建議書とも言うべき小論である。この文章から、いよいよ中国も世界的水準の超深度試錐の計画に取り組むらしいことが読みとれる。同一の著者であるため、第一編と重複するところが少なくないが、意見がさらに具体的になり、現実味を帯びてきたことを知っていただくには切りとばすわけにいかず、全文もれなく掲載することにした。

「近代の高水準の技術の発展と応用は、地質科学の研究を“大空の外”(資源衛星の利用)と“地球の中”の2方向に向けて広げている。新たに生まれた<深部地質学>は世界の地質学専門家の広範な注目を浴び、ついには「国際岩石圏計画」(ILP)が組立てられるに至り、それが1981年に開始されてから現在までの間、すでに幾つ

かの成果を上げている。この「国際岩石圏計画」は1980年代における地球科学の進歩性と戦略的意義のある国際性を備えた学問の多くの領域からアプローチする研究計画である。

この研究計画の策定を契機に中国は“中国岩石圏委員会”を作った。

深部地質学は地殻モホロピッチ面上部マントルを主要な研究対象とするものでその研究目的は以下の3点に要約することができる。

1) 地殻と上部マントルの謎を解き地質専門家の新たな鉱床生成法則と鉱床成因論の組立てに役立てる。

そして長期にわたって資源の需給問題を解決することを出発点に子孫の幸福と全人類のために貢献する。

2) 長期にわたるエネルギー供給源の問題の解決に着手し深部地熱すなわち乾熱岩体(HDR)のエネルギーを開発する。乾熱岩体の熱エネルギーは非枯渇性のエネルギーでアメリカのロス・アラモス研究所がカードラ(Cardra)で1986年に鑿井した試験発電井によってそのことはすでに証明済みである。

3) 地殻深部の研究から地震発生の原因と機構を明らかにし地震予報に役立てる。中国は国土が広くヒマラヤ山脈などの研究に好適な地質環境があり造詣の深い幾人かの地質学の大家を擁し彼等は中年および青年地質学者や地球物理学者を指導して深部地質と岩石圏の研究を行っておりすでに多くの分野で喜ぶべき成果を挙げている。しかも当面している国際岩石圏計画と深部地質学分野の研究は地球の縦深に向かって急速に拡大されておりこのことは我々にそれを重視した科学研究の態勢を急いで取るように促しているのである。すなわちそれはすでに得ている大量の観測資料(地球物理探査とリモートセンシング)および実物資料(深部試錐調査)にもとづきプレートテクトニクスと大陸漂移の理論を基礎に全地球的な総合分析を行い逐次定量化に移行し高度な理論化という新段階に上がるよう促しているのである。この目標への到達の道筋は次の通りである。

(1) 超深度試錐井で得られた実物資料を地質学者による大陸の地質構造と海洋の地質構造との相互関係の解明のために提供し統一的な計画に沿って研究を進める。

(2) 超深度試錐井で得られた浅所の地体構造の資料と地球物理場の資料を用いて地球内部の物理的特性と地球内部の作用との相互関係を総合的に研究する。

超深度試錐井での調査と観測は海洋超深度試錐井と大陸超深度試錐井(大陸地殻超深度試錐井)の二つの場合に分けられアメリカを筆頭とする工業国では“大洋超深度試錐井調査”が進行中である。資金を節約するため中国は大陸超深度試錐を急いで展開しなくてはならぬ

い。その大陸超深度試錐井は人類の未来における鉱物資源のためにエネルギーの需要と地球科学の発展のために一そう大きな貢献をするに違いない。

大陸超深度試錐井による調査と観測について簡単に述べる。

1) 大陸超深度試錐調査の主な意義と働き

(1) 深部地球物理探査結果の検証

(2) 地表からは二次元空間しか観測・探査できないが超深度試錐井によれば三次元空間の観測・探査が可能となる。

(3) ソ連 アメリカ 西ドイツ スウェーデンによって実施された超深度試錐でのコア・液体・気体試料と多様な検層資料が証明しているように大陸深部の構造・組成・鉱化作用に関する過去の古い観点が完全にあるいは部分的に改められるに違いない。

2. 世界の超深度試錐実施計画の概要

ソ連は超深度試錐計画を統一し協同を進めるために国家科学委員会の責任で“地球地下資源研究・超深度試錐鑿井部門科学委員会”を創設し“第十次5ヶ年計画”の期間に198の科学研究計画を完成することを目指している。その計画の中に10,000m以上の超深度試錐18井6,000m前後の衛星試錐15井の鑿井と関連研究が含まれている。1986年3月にSG-3超深度試錐井が12,300mに達した時点で深度7,000-8,000mに賦存する岩層から鉱化水溶液とガスが湧出しその温度が150℃であることが確認された。そのガスは大量の二酸化炭素ヘリウム水素炭素-水素化合物からなり岩石中からは20億年前の生物の遺骸が産出し発見された火成岩は予想よりも厚く多量であり始生代岩層まで4,500m前後と予想されていた深度が実際には6,000mであった。かつて地震波速度の急変するところと理解されていた“コンラッド不連続面”(花崗岩質地殻と深部玄武岩層との境界面)は地球物理探査で7,000m前後とされていたが実際には11,000mになっても玄武岩に到達していない。これらの事実は熱水鉱床と石油・天然ガスの成因についての伝統的な理論に対する新たな挑戦となっている。

アメリカでは“国家科学基金協会”の先導下で23の大学が参加する“地球大陸地殻深部観測・試料採取機構”(ECDOSO)が設立された。そして1985年に33の科学研究試錐計画が提起され<大洋試錐計画>(ODP)と<大陸科学試錐計画>(CSDP)が分設され合わせて29ヶ所の鑿井点が選定されそのうち地熱の研究を目的とした第1号深深度井は1986年にサルトン(Salton)で完

工し 孔底の温度は365℃に達している。

1985年には西ドイツが大陸深井試錐（KTB）という機構を設立した。そして 2本の超深度試錐井の位置が確定され 試験井の鑿井が1987年9月に開始された。主試錐井の計画深度は14,000-15,000mで 1996年に完工する予定であり 予算総額は4.5億西ドイツマルクである。

凡世界的な協力によって 東から太平洋-日本-アジア（中国を除く）-S G 3号井-西ヨーロッパ超深度試錐井-北米ローチェス1号井-太平洋を連ねる一条の 東西方向の大断面が完成に向かっていてる。

要するに 超深度試錐は一刻の猶予も許さず どうしても実施しなければならない情勢にあり 中国は国際的に発展している趨勢からすでに落ちこぼれようとしているのである。

3. 超深度試錐の目的とそれに対する要求

超深度試錐井の施工は 深部地質学的な研究を行い “国際岩石圈計画” を実行する主な方法の一つである。その目的と要求は次の通りである。

1) 系統的に地下地質の実物資料 すなわちコア 必要に応じた側壁の試料 液体試料 気体試料を採取する。

2) 多くの方法の全てを使って超深度試錐井の測定・検層を行い 深部岩層の物理的・化学的資料 重点定向的資料を収集する。

3) 超深度試錐井内のテレビジョンによる観察と記録によって 超深度試錐井の深部観察資料を入手する。

4) 孔底モーターを採用し スパイラルロッド試錐 衝撃-回転試錐 核エネルギー-溶融試錐などの方法を用い ワイヤライン岩芯採取法を取入れ 試錐作業量 試錐時間 岩芯採取回数をぎりぎりまで減らす。

5) 既存の石油試錐関連の機器は重すぎ 技術上も上述の要求を満たすことができないので 軽合金ロッドを採用した重量の軽い 鑿井能力が15,000mに達する新型の超深度コア採取試錐機を求める。

6) 鑿井の技術はコア採取試錐の技術を主とする。

7) コアは15-20項目の物理的・化学的な測定と分析

に供する。

4) 中国が展開する超深度試錐についての幾つかの提案

(1) 国家科学委員会は大陸超深度試錐を十分に重視し これを1977年の“科学技術発展要綱中の〈地質勘察技術学〉学科計画”の中に組入れ さらに関係部門 大学・専門学校 科学研究機関から選ばれた専門家による〈国家大陸超深度試錐委員会〉を速やかに組織するよう そして同委員会に事務機構を設け 規約を整え 分担を定め 監督機構を備えさせるよう提案する。

(2) この超深度試錐は地質鉱産部の地質鉱産研究所 探鉱工程研究所 探鉱技術研究所を基礎とし 関係部の科学研究機関を加えて〈国家大陸超深度試錐委員会準備班〉を作り 計画に照らして研究項目を挙げ 〈国家大陸超深度試錐委員会〉の議を経て 逐次科学研究を展開させるよう提案する。

(3) 中国地質科学院がその地質研究所など関係部門の協力を得て 大陸超深度試錐の位置を決める研究を開始するよう提言する。

(4) 人材を育てる速度を早め 国内の各地質学院試錐工学系が一部の研究生を教育し 少数の優秀な試錐工学系卒業生を選び 西ドイツのクラウスタール大学超深度試錐研究所に留学させ 大陸超深度試錐を専攻させるよう提案する。

中国は西ドイツのこの超深度試錐研究所と良好な協力関係を打ち立てており 今後さらに協力を強め 資料を交換し 専門家を相互に派遣して講義を行い 留学生が彼等の超深度試錐井の施工現場を参観して実際に学ぶ必要がある。

また アメリカ イギリス スウェーデンなどこの分野での連携の道を開拓し 彼等の経験を学び 彼等の関係学術活動に参加する必要もある

(5) アメリカの深海試錐事業 (DSDP) に関する38巻の大冊中の試錐の部の翻訳を急ぎ この分野の現有の情報資料を編集して一冊にまとめ 地質学者 地球物理学者 試錐学者の参考に供すべきであることを提案する。」