

## プレート沈み込み帯への掘削計画JUDGE

### (2) JUDGE計画はなぜ必要か?

浦辺 徹郎\* 森田 信男\*\* 木口 努\*\*\* 宮崎 光旗\*\*\* 倉本 真一\*\*\*\*

URABE Tetsuro, MORITA Nobuo, KIGUCHI Tsutomu, MIYAZAKI Teruki and KURAMOTO Shin-ichi (1997): JUDGE Project: A Continental Scientific Drilling into Plate Subduction Zone. (2) Societal Relevance of the JUDGE Project. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 48 (3/4), p.126-131, 1fig., 1table.

**Abstract:** The JUDGE project is aimed to understand the earth's interior, last unexplored region of our planet earth, by conducting ultra-deep continental scientific drilling and multi-purpose scientific observation onto subduction zone. This project provides us with fundamental knowledge that is indispensable for; (1) reducing the damage of geologic hazard such as earthquake, (2) exploration for new energy resources, (3) managing deep ground-water and mineral resources, and (4) geologic disposal of radioactive or toxic waste. Besides, it will give incentive for innovation of new technology.

The JUDGE well will intersect the earthquake source fault to enable us in-situ observation of generation mechanism of giant inter-plate earthquake which will unavoidably attack the Tokyo metropolitan area in the near future. It also gives us data indispensable for evaluating several options of safe disposal of high level radioactive waste.

The aim of this special issue is to access the feasibility of the project through cooperative work between science and engineering. Geological Survey of Japan (GSJ) regards JUDGE project as an important big project in future from the scientific and societal view point. This is the reason why JUDGE Project Promotion Team was organized in 1995. GSJ also established a committee with National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED) to jointly promote the JUDGE Project.

#### 要 旨

JUDGE計画は、人類の住む「宇宙船地球号」の最も知られていない地下深部を理解するために、日本においてプレートの沈み込み帯を貫く深さ10kmの超深度陸上科学掘削を行い、その坑井を様々な目的に用いようという計画である。この掘削により、地震などの地質災害による被害の緩和、非在来型エネルギーの探査、深層地下水および鉱物資源の適切な供給、放射性ならびに有害廃棄物の地層処分、新規産業の創出などのメリットが得られる。特に、近い将来首都圏を襲う可能性の高いプレート間巨大地震の予知にとって、震源断層を貫きその場で地震発生メカニズムを観測できる最も直接的な手段となる。また、沈み込み帯に位置する我が国での高レベル放射性廃棄物の地層処分の実施に当たって不可欠な情報を得ることができる。深層

掘削は地球内部を覗く望遠鏡にたとえられるが、理学と工学が力を携え、我々の足元を見つめ直すための望遠鏡を持つべきでないかというのがこの特集号の主旨である。地質調査所ではこれらの意味からJUDGE計画を科学的にも社会的にも重要な、将来のビッグプロジェクトとして位置付け「JUDGEプロジェクト推進チーム」を所内に設置した。そして計画の円滑な立案と実施に必要な要素技術、特に高温対策について広範囲かつ詳細な技術的検討を行なった。さらに科技庁防災科学技術研究所と島弧掘削推進協議会を設置している。世界においても陸上科学掘削の機運は高まっており、1996年ICDP(国際陸上科学掘削計画)がアメリカ、ドイツおよび中国の3カ国間で発足した。しかし我が国は未だ加盟していない。

\*首席研究官 (Chief Senior Researcher, GSJ)

\*\*早稲田大学理工学部 (Faculty of Science and Engineering, Waseda University.; 4-1 Okubo 3-chome, Shinjyuku-ku, Tokyo, 169 Japan.)

\*\*\*地殻物理部 (Geophysics Department, GSJ)

\*\*\*\*海洋地質部 (Marine Geology Department, GSJ)

Keywords: Japanese Islands, JUDGE Project, continental drilling, subduction, earthquake prediction

## 2.1 日本の将来設計とJUDGE計画

### 地球のフロンティアとしての地殻

大航海時代にヨーロッパ人による地球の“再発見”がなされたとき、探検家たちに続いてフロンティアに足を踏み入れたのは聖職者と山師たちであった。金属・エネルギー資源の探査の波は新しい資源への需要が生じた度に世界を巡り、もはや地表に露出している大鉱床の発見は期待できないと考えられている。世界の国々は地質調査所(Geological Survey)ないし類似の機関を持っており、地球の表面はこのような地質屋たちの営々たる努力によって調査され、縮尺を問わなければ地質図の空白地帯は無くなってきている。さらに地震探査などの物理的手法を用いて、地球内部の物質の存在状態などの推定が行なわれ、最近では地球の断面をトモグラフィーの手法で解析することができるようになった。しかしこれらはきわめて大づかみな把握であって、旧ソ連のコラ半島で行なわれた12kmの掘削(本特集号(7))では、地表における物理探査により推定されていたその地域でのコンラッド面((9):用語集参照)の境界が、単なる岩石の年代の違いに過ぎなかったことが判明した。高校の地学の教科書に載っているこのような基礎的な概念ですら、地下に関しては人類は知っていると感じているに過ぎないのである。

近年の人工衛星からのリモートセンシング技術の発達は、地球表層をくまなくカバーする様々なデータを提供している。地表の7割は海水に覆われているため、陸上に比べはるかにデータが少なかったが、昨年Sandwell達により初めて全地球を覆う高分解能の地形図が出版された(Smith and Sandwell, 1996)。これは人工衛星の軌道高度のわずかなズレより計算された重力値を、ある方法で標高ないし水深に換算し、既存の地形データ/測深データと付きあわせたもので、これまで未発見であった海山などが明瞭に示されている。逆説的な言い方をすれば、地球はこれでやっと火星、金星レベルの精度での全体地形図ができたことになる。

未開の地であった海底は、1970年代から1990年代にかけて世界中で建造された有人・無人の深海潜水艇によりアクセスが可能となった。その結果1979年に見つけられた海底熱水活動とそれに伴う深海生物群集は、この四半世紀最大の地球科学上の発見の一つと言われている。大洋中央海嶺におけるこの現象が、プレートが生まれる場で活発に活動する地球の姿を我々に示したことで、地球が太陽エネルギーによらず化学合成エネルギーで生きる生物群集を海底深く隠していたことが明らかになったからである。

このように、我々は自分たちの住んでいる地球について知らないことが多い。現在、人類がその資産を使い果たそうとしている「宇宙船地球号」の限界を理解する上で、また地球科学が社会に対してその役割を果たしていく上で、現在最も不足しているのは地下深部の情報である。上に簡単に触れたように、地震探査などの方法で地下の地質構造は推定することができるが、岩石や地層が光や電波を通さないことから、得られる情報は極めて限られている。

その地下の情報を得る最も直接的な方法として深層掘削がある。しかし人類は10kmを超えるボーリングをこれまでたったの一本しか掘削していない。しかもその最大深度12,261mは地球の半径6,370kmの0.2%にも満たない。さらに言えば、地球を薄く覆う地殻の厚さの数分の1にしに到達していないのである。その意味で地下こそが人類に残されたフロンティアといえる。深層掘削は地球内部を覗く望遠鏡にたとえられる(OECD, 1993)が、理学と工学が力を合わせ、我々の足元を見つめ直すための望遠鏡を持つべきでないかというのがこの特集号の主旨である。

### 陸上掘削より得られる情報・メリット

陸上掘削を行うことにより得られる情報は多い。これには地球の気候変動、海水準変動、堆積盆地の発達、炭化水素の起源と移動、テクトニクスと堆積作用などグローバルな地球科学上の問題が含まれるだけでなく、地下深部の微生物活動の有無、生命の起源といった一見掘削とは無関係な問題の解明にもつながる(Zoback and Emmermann, 1995)。

その点についてももう少し説明しよう。カリフォルニア州を南北に走るサンアンドレアス断層の発生メカニズムを探るために掘削されたカホンパス実験坑井において、地表から2km下の結晶質岩中に温泉に特有な種のバクテリアが発見された。同様の発見は他の掘削坑中でも相次いでおり、地殻下部の微生物活動に関する深部生物圏研究計画が始まっている(Pedersen, 1994; DOE, 1994)。地下に住む微生物は隕石衝突などの地表環境の激変に影響されないことで、生命の起源と進化を考える上で重要だからである。さらに微生物は炭化水素の起源にも関連している可能性があり、陸上掘削は地球科学だけでなく、すべての自然科学の分野を包括したサイエンス・プロジェクトなのである。

陸上の地殻を掘り抜く超深度掘削は、科学目的ばかりでなく、次のような国家の問題点の解決とニーズに直接寄与する(Zoback *et al.*, 1988)。地殻は我々人類の住む宇宙船地球号の資源供給庫であり、有害廃棄物の処分場であり、時には深刻な地質災害の発生源でもあるからである。我々はあまりにも地殻について無関心であったが、今後人類の将来計画を立てていくうえで、以下のような質問に答える努力は避けて通れない(Zoback *et al.*, 1988)。

- エネルギー、水及び鉱物資源の適切な供給
- 放射性ならびに有害廃棄物の安全な隔離
- 地震及び火山噴火などの地質災害による被害の緩和
- 国内産業の関連技術分野における競争力の向上
- 国民にvisibleな(注目される)科学計画を行なうことによる、科学と技術教育の機会の拡大

陸上掘削はアポロ計画のように様々な先進技術の集積を要するシステム技術であるため、関連技術分野への波及効果が大きい。また“理科系離れ”が懸念される中で、アメリカでも問題になっているe.の点に対し、長期的な視野でのメリットを生み出すであろう。そこで、より具体的に、我が国の場合の問題点について概観してみよう。

JUDGE計画の提唱

深層掘削はどこで行なっても上記の疑問に答えられるわけではない。たった1本か2本の掘削坑が重要な意味を持つためには、どれだけ普遍的な問題の解決が図れる地点で行うかがきわめて重要となるからである。我々は地質調査所内での議論を通じて、科学的な理由付けと、社会的な要求とがともに満たされる掘削地点が存在するとの結論に達した。つまり、世界的に見て第一級の科学的疑問に答えられるユニークな地点が日本に存在し、しかもその掘削により、日本の社会は大きなメリットを受けることができると考えられるのである。

その計画をJUDGEと呼ぶ。

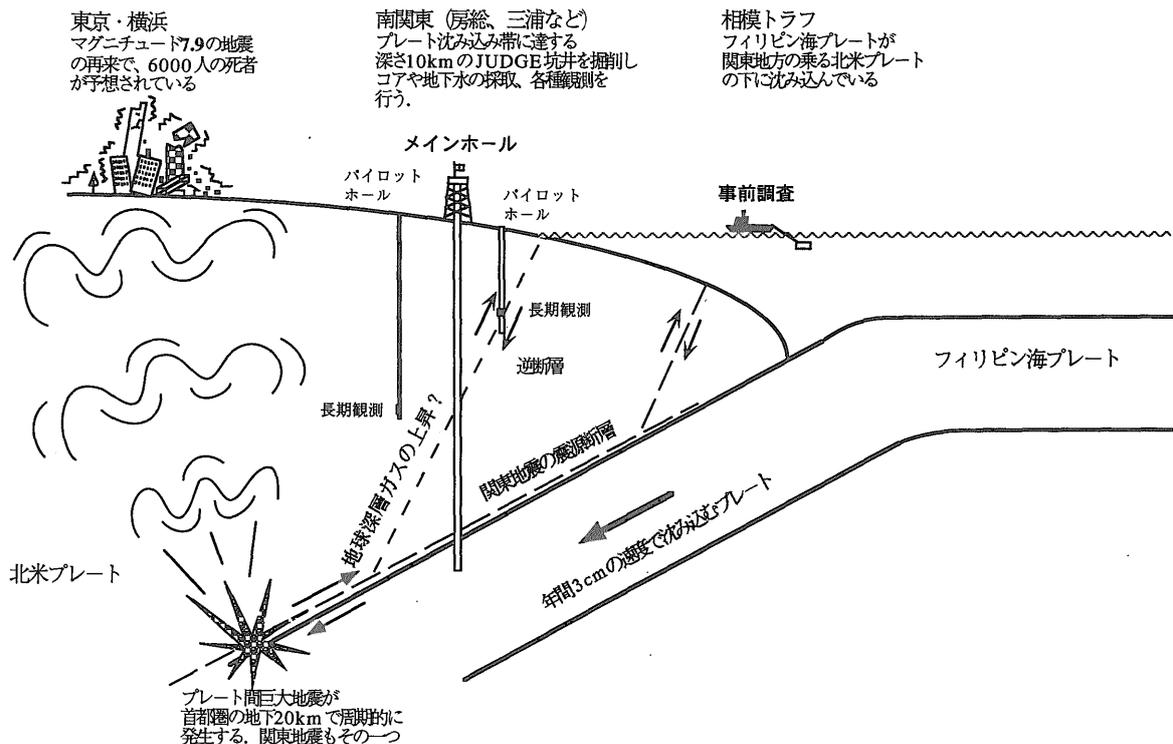
JUDGEとはJapanese Ultra-deep Drilling and Geoscientific Experimentsの頭文字を採ったもので、「日本列島における超深度掘削計画及びその坑井を利用した地球内部観測」のことである(第2-1図)。南関東地域でプレートの沈み込み帯を貫く深さ10kmの超深度陸上科学掘削を行い、各深度で岩石コア、水、ガス等の試料を採取するばかりでなく、地殻に開けられた窓としてその坑井を利用し、地殻応力測定、地震観測などさまざまな地下観測を行うという夢のプロジェクトである。これにより地球科学の基本問題の解決、人類/社会への貢献、および新産業の創出を目指している。

我が国におけるJUDGE計画の科学的意義

JUDGE計画の実施により解答可能な科学上の基本問題の第一に、沈み込み帯でのプレートの挙動がある。プレート・テクトニクス説に残された最大の疑問とされているプレートの沈み込みを引き起こしている力とメカニズムの解明、プレートの沈み込み速度は一定か間欠的か、そこでどのような物質が地球の内部に還流しているのかといった問題に直接答えるためには掘削する以外に方法がない。

これらの点については本特集号(3)に詳しく説明するので、簡単に触れる。関東・東海地域ではマグニチュード8クラスのプレート間(海溝型)巨大地震の再発が懸念されているが、房総半島ないし三浦半島南部でJUDGE坑井の掘削を行えば、元禄時代と大正時代にその地域を襲った大きな被害地震の震源断層を掘り抜くことができると予想される。坑井を利用してそれらの震源断層を直接観察・観測することにより、沈み込みに伴う水が地震発生の引き金になるという説、および地震震源核が大地震に成長するという説を検証できるなど、予知につながる成果が期待される。

基本問題の第二に、地層の変形・変成・流体の発生がある。海洋プレートに載って沈み込んだ堆積物や海底火山岩はある程度の深さまで行ったところでその最上部がはぎ取られ、下側から日本列島にくっついているという。これをアンダープレATINGという。アンダープレートした堆積物や火山岩は、その場の温度と圧力により鉱物組成を変



第2-1図 JUDGE計画の概念図。スケールは無視してある。JUDGE坑井はプレート間巨大地震の震源断層を貫くことができるので、パイロットホールと組み合わせて観測を行う。地震、地球深層天然ガスその他の点については本特集号(3)参照。

えていく。このことを変成作用というが、JUDGE坑井ではそのプロセスの進行を直接観察できるはずである。変成作用が起こると岩石中の水が脱水されたり、有機物が分解・熟成して炭化水素(石油、天然ガス)が発生することがある。このような変成流体の量と組成がどのようなものかを知ることにより、沈み込み帯においてどれほどの規模の元素循環が起こっているのかを推定できるであろう。これは堆積物に含まれていた炭素の内、地殻深部-マントルへ還流する炭素化合物のフラックスを知るうえで重要である。地球温暖化ガスとして挙動が注目されている二酸化炭素やメタンガスの地球表面からの最大の除去要因がこの沈み込みだからである。

### 国民の命と安全を守るJUDGE計画

JUDGE計画の目指すものはこれらのような科学目的だけではない。「地球環境を正しく理解し、その保全・改善に努めることは今日、人類に課せられた緊急の使命である。陸上科学掘削は、その一環としての位置づけを持っている。人類の生存をかけた地球環境の解明という重要な役割の一端を担う立場から、その実施が待たれているのが現在の状況である」(奈須, 1995)。

以下にJUDGE計画の社会的意義について幾つかの例を挙げる。

まず第一に、国民の命と安全を守るうえで最も予見の難しい危機として、首都圏で繰り返し起こる巨大地震がある(佐藤, 1995)。1923年関東地震は関東大震災を引き起こし、東京・横浜地域において14万人を越える死者が出た。この地震はプレートの沈み込み運動により地下で断層が生じることにより起こるもので、プレート間巨大地震と呼ばれ、必ず繰り返し発生することが分かっている。通常プレート間巨大地震の発生帯(サイスマジニクゾーン)は海岸から離れた海底下にあるが、東京付近ではそれが陸の下に存在する(口絵1参照)。東京付近でのこのタイプの地震は来世紀半ばに発生確率40%に達するが、次に同規模の地震(M7.9)が再度発生すると、60,000人の犠牲者と300兆円の被害がでることが予想されている。次の地震の前に観測を開始できるようにするために、我々に残されている時間はあまりない。今の若い世代がほぼ確実に経験するであろう次の関東大地震という災害の前に、JUDGE計画に着手すべきというのが本特集号の提案である。本特集号(3)に述べるように、JUDGE坑井は1923年関東地震の震源断層を掘り抜くことが予想されるので、その場でさまざまな手法を用いた観測を行うことにより、予知が可能となると思われるからである。

第二に、JUDGE計画は資源問題についての指針を与えることができる。

沈み込み帯では大量の表層物質、特に水や炭素といった成分がマントルに向かって下降すると同時に、沈み込み帯の上側の地殻中では水が地表に向かって上昇するという、複雑な物質の流れがある。そのため、(1)究極のエネルギー資源と言われる地球深層天然ガスのマントルからの脱ガスはあるのか、(2)21世紀の資源と言われる地下水資源の貯溜

層の下限、汚染の下限はどこまで続いているか、(3)鉱床を生成する地殻深部の水の流動のメカニズムと速度は、(4)深部巨大潜頭鉱床など未知の金属鉱床・エネルギー資源は存在するのか、などという基本的な疑問に答えられる唯一の場所となっている。そしてそれらに直接回答が出せる方法は、物質を直接手に取ることのできる深部掘削しかないのである。

第三に、資源と関連する問題として、有害廃棄物の地下隔離がある。平成6年、原子力委員会は高レベル放射性廃棄物はガラス固化し、冷却のために貯蔵した後、地層処分するという国の基本方針を立てた。さらにその処分手業の実施主体を西暦2000年を目安に設立し、2010年を目安に予備的調査を行い処分予定地を選定した後、2020年を目安にサイト特性調査・処分技術実証調査を行ない、最終的に2030-2040年頃の操業開始を目指している。

日本列島は活動的なプレート境界である沈み込み帯に位置していることから、処分予定地の決定は安定大陸に位置する諸外国に比べ、より慎重かつ多面的な形で行われなければならない。地下水の流動という万国共通の問題のほか、高い地殻応力、地震や活断層、および深層地下水の上昇といった沈み込み帯特有の問題があるからである。これらについて科学的な批判に充分耐えるデータを取得した上で、日本の処分予定地は決定される必要がある。JUDGE計画はこの基本的データの取得に不可欠な手段といえる。今まで観測されたことのない地殻応力の深度方向の変化や、地下深部の水の移動速度が、計画通りJUDGE坑井で測定できれば(本特集号(3)参照)、環境アセスメントを行ううえでの最大の障害を取り除くことが出来るからである。JUDGE坑井そのものが処分場として使われることは費用の点から言って有りえないが、1000m以深の深度への処分や、新しいアイデアに基づいた処分の方法は、選択の幅を広げるオプションを考える上で不可欠な情報を与えてくれる。

沈み込み帯に位置する日本の特殊性を活かした新しいアイデアの一つとして、沈み込むスラブ(海洋プレート本体)への処分について簡単に紹介する。これは海洋掘削により、スラブに穿孔し、その中に人工バリアとともに処分するので、いわゆる海洋投棄とは全く異なった概念である。海洋プレートは海溝において、年間数から10cmの速度で島弧の下に沈み込む。スラブ中に処分された高レベル廃棄物も長い時間をかけて陸地の下に到達するが、東北日本の太平洋岸の場合その時間は200万年を越えており、放射能レベルはすでに許容量以下に低下している。問題は陸地の下に達するまでに、人工および天然バリアの両方が破れ、放射性物質が海底に漏出する可能性があるかどうかである。JUDGE坑井を用いた観測・測定はそれを実地に評価するだろう。

### 新産業の創出

JUDGE計画の実行が、現在、通商産業省工業技術院において推進している新産業の創造につながるものであるかは予測の域を越えている。しかし地質災害に対し脆弱な近

第2-1表 陸上掘削と海洋底掘削の相違 (Elders, 1994 より改変)

	海洋底	陸上
国際組織	ODP (深海底掘削計画)	ICDP (国際陸上科学掘削計画)
費用の比	10	1
掘削地点	公海上が多い	国内 (世界的なターゲットである必要)
対象となる地層年代	1億8千万年前まで	38億年前まで
主な成果	太洋底拡大, 太洋の気候変動	社会への還元 (資源, 地質災害など)
技術的困難性	掘削船のダイナミックポジショニング	超深度における掘削, 試料採取, 測定
起きている現象	長期間にわたって起こった現象	火山噴火など急激に変化する現象も

代社会の中で、特に日本の首都圏がプレート間地震の危機にさらされていることは、非常に深刻な社会的問題である。JUDGE計画は後述するように10年以上の歳月と巨額の予算を必要とするビッグ・サイエンスであるが、その結果生み出される「情報」が300兆円と予測されるリスクの一部を軽減することにつながるなら、国家として取り組むべきではないだろうか。また、沈み込み帯に位置する日本の問題点を逆に利用した高レベル核廃棄物の地層処分のオプションを考えることは、国家の将来デザインを行う上で不可欠であろう。

JUDGE計画の波及効果について述べるのは本論の主旨ではないが、一つだけ例を示すと、高温エレクトロニクス開発へのインセンティブが挙げられる。現在、高温エレクトロニクス関連分野は、カーエレクトロニクス、資源探査、地熱探査、原子力、そして宇宙と広い領域にわたっている (田島, 1991)。JUDGE計画の高温掘削・検層の必要性は、地温勾配が高い我が国独特の問題として取り組みが求められている (本特集号(6)参照)。陸上掘削は米国におけるアポロ計画のように、多様かつ高度な技術の集積を要するため、関連技術分野への波及効果が期待される。

## 2.2 JUDGE計画の背景

### JUDGE計画への取り組み

以上のような観点から、地質調査所ではJUDGE計画を科学的にも社会的にも重要な、将来のビッグプロジェクトとして位置付けている。そこで平成7年7月、20名の所員 (併任) からなる「JUDGEプロジェクト推進チーム」を所内に設置した (脚注)。このチームは地質調査所が編集する地質ニュースに特集号「ICDPと我が国の陸上超深層掘削計画」(1995年4月号)を編集し、工業技術院本院および所属各研究所への主旨説明を行うと共に、科技厅防災科学技術研究所と島弧掘削推進協議会を設置して、科学技術庁との連携を計っている。

浦辺徹郎 (首席研究官)、木村克己、鹿野和彦、武内圭史 (以上地質部)、中村光一、倉本真一 (以上海洋地質部)、高田 亮、佐竹健治 (以上環境地質部)、伊藤久雄、竹野直人、藤本光一郎 (以上地殻熱部)、篠原宏志 (鉱物資源部)、渡部芳夫、金子信行 (以上燃料資源部)、宮崎光旗、横倉隆信、加野直己、木口 努、中島善人 (以上地殻物理部)、中島隆 (地殻科学部)

JUDGEプロジェクト推進チームは1996年2月26日-2月28日「第8回掘削による大陸地殻観測に関する国際ワークショップ」(於工技院つくば共用講堂)を科学技術庁防災科学技術研究所と共同主催した。約200名の参加者 (内、外国人研究者51名)と約90件の発表があり、陸上掘削への関心が次第に高まっていることが伺える。その内容はNIED/GSJ (1996) にまとめられている。

民間では「超深度コアドリリング技術研究会」(平塚保明会長、吉田國夫副会長)が平成2年度に約40社の会員会社をもって設立され、民間としてJUDGE計画の推進と技術的検討を行っている。大学では「陸上學術ボーリングワーキンググループ」(事務局:新妻信明静岡大学教授)が1981年に設立され、掘削候補地の募集やニュースの出版を行なっている。JUDGE計画はその候補地の一つとして登録されている。

さらに地質調査所ではJUDGE計画の円滑な立案と実施に必要な要素技術、特に高温対策について広範かつ詳細な技術的検討を行った。具体的には1996年(財)大阪土質試験所に委託し、深部掘削・観測技術およびボーリング資試料データベース概念設計に関する調査を行なった。深部掘削技術については日本重化学工業が、深部観測技術およびボーリング資試料データベース概念設計についてはシュルンベルジェ社が担当した。その報告の内容は2回の技術調査委員会 (田中彰一委員長、森田信男副委員長)で検討され、承認された。

### 陸上掘削と海洋掘削

では陸上と海洋の掘削は何が異なるのであろうか? Elders (1994) は第2-1表に挙げたような相違を示している。海洋掘削がこれまで科学的成果そのものを重視してきたのに対し、新しく提案された陸上掘削の多くは科学による社会への還元を重視しており、ビッグサイエンスに対する社会の受けとめ方の変化を反映している。海洋掘削は目的によって掘削地点を移動することができる半面、動揺する船上からのオペレーションとなるので、大深度井や困難が予想される坑井を掘削することは難しい。陸上掘削はその逆で、掘削船の荷重限界、航海日数の限界、気象条件の限界などを考える必要が無い半面、掘削予定地の選択が非常に重要となる。このようにお互いの長所があるので、

JUDGE計画とOD-21計画の両方が実現することが望まれる。

### 2.3 本特集号の編集と今後の計画

本特集号の内容は大きく分けて2つの部分からなっている。まずJUDGEプロジェクト推進チームによるJUDGE計画の科学的目的と社会的な意義のまとめがある。次いで、地質調査所(1996)を引用する形で、技術的な検討の内容を一般読者を対象として書き直した部分がある。その検討の際、相互に意見を交換する場を設け、科学的目的とそれを実現するための技術的検討との間にできるだけ遊離が起らないように努めた。

さらに、この特集号を編集するに当たって、JUDGE計画の科学的目的、社会的な意義、および技術的可能性の3つの柱を立て、バランスよく、かつ非専門家にもわかるように説明するように努めた。このように広範な立場の人が関係するプロジェクトにおいて最も重要なのは、お互いの意志の疎通だからである。

そこで本特集号では、JUDGE計画の社会的意義と背景について説明している(2)、科学的な目的を説明する(3)、計画の詳細を示す(4)、国際的な連携をのべた(5)のほかに(6)を設け、実際のJUDGE坑井でどのような条件が実現するかについての予測を行なった。これにより技術開発目標の設定を地球科学者がどれほどの確実さで行っているのかを示した。(7)では(3)、(6)を受け、その目的を実現するのにどのような技術的な問題があり、それがどのようにしていけば解決する(可能性がある)かについて論じた。(8)では得られた資試料が散逸せず、有効に利用されるために必要な配慮についてふれた。

JUDGE計画の目的は科学のみを頭に描いては実現できないし、逆に技術的に坑井が完成すれば自動的に科学も達成される訳ではない。両者の密接な連携と相互理解が必要である。今回の特集号はそれに向かっての第1歩といえる。ただしJUDGE計画の実現に至るまでには、越えなければならない幾つもの壁がある。以下にそれらを挙げてみよう。

- a. 科学的・社会的にみて、行うべき計画であることの証明
  - b. 深度10km, 高い温度, 高い地殻応力などを克服する掘削・検層技術の開発
  - c. 科学的要求を満たすための観測・試料採取技術開発とそれらを包括するオペレーション技術
  - d. 社会・政府・国際的な科学界からの支持と支援
  - e. 既存の予算枠に入り切らない予算の獲得
- 今回の特集号はこの内のa, b, cの壁を乗り越えるた

めに企画されたものである。この特集号が問題点の整理に役立ち、dの各界からの支持を得ることによって、最大の難関である予算化への道筋を開く上で役立つことをJUDGEプロジェクト推進チームは熱望し、かつ努力を継続していく覚悟である。

### 文 献

- 地質調査所 (1996) 深部掘削技術調査, 深部観測技術調査およびボーリング資試料データベース概念設計報告書. 217p., 地質調査所研究資料集no.263.
- DOE Working Group (1994) D.O.E. seeks origin of deep subsurface bacteria. EOS, Trans. AGU., 75, 385-396.
- Elders, W. A. (1994) Planning the International Continental Scientific Drilling Program. EOS, Trans. AGU, 75, 530-531.
- 奈須紀幸 (1995) 陸上科学掘削の国際化に際して. 地質ニュース, no.488, 6-7.
- NIED/GSJ (1996) Proceedings of 8-th International Symposium on the Observation of the Continental Crust Through Drilling, Tsukuba, Japan. 421p.
- Pedersen, K. (1994) The deep subterranean biosphere. Earth Sci. Reviews, 34, 243-260.
- 佐藤壮郎 (1995) 超深層ボーリングはなぜ必要か? 地質ニュース, no.488, 10-13.
- Smith, W.H.F. and Sandwell, D.T. (1996) Measured and estimated Seafloor topography. National Geophysical Data Center, NOAA, E/GC4 (map).
- 田島道夫 (1991) 第1回高温エレクトロニクス研究会(平成2年度宇宙科学研究所小研究会)資料. 宇宙科学研究所, 91p.
- Zoback, M.D., Elders, W.A., Van Schmus, W.R., and Younker, L. (1988) *The role of continental scientific drilling in modern earth sciences: Scientific rationale and plan for 1990's*. Interagency Coordinating Group for the Continental Scientific Drilling Program of USA, 151p.
- Zoback, M.D. and Emmermann, R. (1995) *Scientific Rationale for Establishment of an International Program of Continental Scientific Drilling*, International Lithosphere Program, 194p.

(受付: 1997年2月8日; 受理: 1997年2月18日)