

学術ボーリングの早期実現に向けて

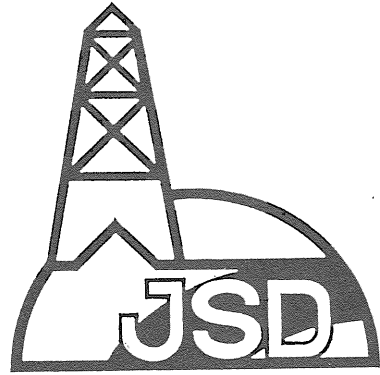
新妻 信明 (静岡大学)
Nobuaki NITSUMA

1. はじめに

20世紀初頭のウェゲナーの「大陸移動説」に始まり 1960年代に確立したプレートテクトニクスの出現は 16世紀の天文学におけるケプラーの発見にも匹敵する地質学上の大革命であり 人類はこれによって地球表層の運動を記述できるようになった。

プレートテクトニクスの成立とほぼ時を同じくして 人類は地球外の天体である月の岩石を持ち帰り 地球と同じ岩石より成ることを知った。しかし 我々の立っている地球の「中身」の構造と実体 さらにプレートテクトニクスを支配している原動力について 我々の知るところは極めて少ない。これらの問題を解決すべく 地震波・重力・地磁気等の間接的方法による探索が進められているが 地球に関する我々の研究段階は 未だ人体の腑分以前の医者がX線 超音波 CT等で体内を診断しているのに似ている。

アポロ11号が月の石を持ち帰ったことで 我々は月の起源と歴史に関する論争に終止符を打つことができた。プレートテクトニクスによって地球表層の運動の記述が可能となった今 人類は次なるステップとして その運動の原動力や機構を解明するために地球に穴を開け 地下深部の岩石を直接手に入れるとともに 地下深部の状態を直接計測する計画に着手しており 日本においても陸上学術ボーリングワーキンググループが組織され 早期



第1図 日本陸上学術ワーキンググループのマーク
沈み込む海洋プレートの左側に位置する島弧とその上に据えられたボーリングの櫓を図案化したもの

実現を目指している (図1)。

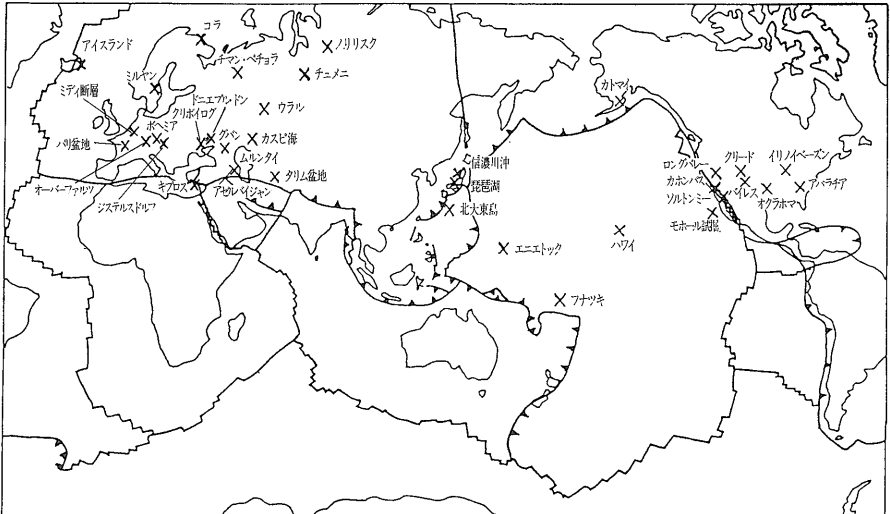
2. プレートテクトニクスと世界の学術ボーリング

1.2 世界の動向

深層学術ボーリング実現の気運が高まったのは 国際上部マントル探査開発計画UMPが実施された1960年代であった (表1)。日本をはじめ世界各国で学術ボーリングの実施計画が検討されるとともに 準備作業も進められた。特に米ソは当時の宇宙探査計画と同様に国威

表1 世界および日本の深層学術ボーリングのうごき 太字は日本のうごき

1934年	1960年	1970年	1980年	86	87	88
	米: コラ共産地帯調査 UMIP (国際 深層マントル探査開発計画)開始 日本: 北北東地帯(43m)	米: コラ共産地帯調査 アポロ15月面探査 ソ連: ニラ共産地帯調査 GDC (地球内部ダイナミクス計画)開始 フランス: フランス地帯調査 日本: 海上学術ボーリング計画 開始地帯: 北北東地帯	ICRD (国際地帯探査開発計画) アズランドを調査 ICRD: KTB (陸上深層ボーリング計画)開始地帯 DEP (国際地帯探査開発計画) アズランドを調査 ICRD: KTB (陸上深層ボーリング計画)開始地帯 日本: 北北東地帯(43m)	米: DUSEC (深層地帯探査開発計画) アズランドを調査 ソ連: ニラ共産地帯調査 ICRD (国際地帯探査開発計画) アズランドを調査 日本: 海上学術ボーリング計画開始地帯	米: DUSEC (深層地帯探査開発計画) アズランドを調査 ソ連: ニラ共産地帯調査 ICRD (国際地帯探査開発計画) アズランドを調査 日本: 海上学術ボーリング計画開始地帯	米: DUSEC (深層地帯探査開発計画) アズランドを調査 ソ連: ニラ共産地帯調査 ICRD (国際地帯探査開発計画) アズランドを調査 日本: 海上学術ボーリング計画開始地帯



(目標15000m) 12066m	ソ連 コラ半島	} 先カンブリア紀の大陸地殻の構造解明	1970年
(目標12000m) 3545m	クリボイログ		
(目標14000m) 3670m	西独 オーバーファルツ	} 古生代の大陸地殻の衝突による構造解明	1987
9556m	米国 オクラホマ		
3510m	カホンマス	石油開発	1974
3220m	ソルトンシー	地殻応力と地震予知	1985
8553m	オーストラリア ジステルストロフ	熱水系の根源	1986
(目標7500m) 6600m	ズエーデン シルヤン	大陸地殻の構造解明	1977
(目標6000m) 3300m	中国 クリム盆地	石油の非生物起源の検証	1986
5315m	日本 信濃川沖	石油開発	1980
2263m	キプロス	オフイオリイトの掘削	1982
掘削深度	掘削地点	掘削目的	開坑年

第2図 世界の深層ボーリング地点および主な掘削井
上図 ▼▼▼: プレート境界 ×: 掘削地点

をかねて取り組んだ。すなわち 米国は海洋地殻を掘り抜くモホール計画を ソ連はコラ半島を含む数地点において大陸地殻の深層～超深層学術ボーリングを開始した。当時はプレートテクトニクス登場前夜に当たり大陸と大洋は地殻構造をはじめとして本質的相違があることは認識されていたが その起源については暗中模索の状態であり 米ソ両大國がこの大問題にそれぞれ取り組んだのである。日本における学術ボーリングが目指したのは 日本最古のシルル紀堆積物の基盤と考えられていた地震波速度 6 km/秒層を明らかにすることであり 岩手県の水沢が最終候補地として選定された。ソ連はコラ半島(図1)のボーリングを継続し 世界最深深度を記録して現在に到っている。米国はモホール計画を中断したが そのテストボーリングで開発した海洋掘削技術を使用して 海洋掘削計画DSDPを開始させプレ-

トテクトニクスを証明した。この海洋地殻の掘削計画は 現在の海洋掘削計画ODPに受け継がれている。現在 世界各国で種々の目的にそった陸上学術ボーリング計画が検討および実施されており 各国はそのパイオニアたらんとこの冒険に挑んでいる。それらの概要を図2に示す。

コラ半島では 22億年前に形成された開裂海盆が閉じて現在のような構造が作られたが 15km を目指す超深層掘削の目的はこの構造を解明することであった。この地域の岩石から地球形成初期のマグマオーシャンの状態やマントルの状態をも明らかにすることができると期待されている。西独の超深層ボーリング計画KT Bは オーバーファルツにおける 14km の本掘削に先駆け 1987年より浅部掘削が行われている。この地域は古い「ユーラシアプレート」と「アフリカプレート」の境界

に当たっているスーチャーゾーンであり 古生代の大陸地殻の衝突による構造解明が主たる目的である。アイスランドは大西洋中央海嶺上に位置しているホットスポットで大量のマグマが噴出しており そのマグマ活動 溶岩・岩脈の物理化学的性質 熱水系 変質テクニクス等について多くの成果が得られた。沈み込み帯に位置している日本でも現在12カ所の候補地があげられ検討がなされている。米国のカホンパスではサンアンドレアス断層の横ずれトランスフォーム境界に位置し 断層の推移の実測と地震の発生機構の解明を目指すボーリング計画が進行中である。米国ではこの他地熱開発 地殻進化の解明 マグマ活動の直接解明および海洋地殻を掘り抜きモホールを目指す計画等々種々の目的に即して多岐にわたる取り組みがなされてきたが 現在のところやや停滞気味である。キプロスでは テクニクスによって地表に露出した海洋底地殻およびマントルと考えられているオフィオライトの掘削がなされ 海洋底地殻の構造を知る手掛かりとして研究されている。スウェーデンのシルヤン隕石孔は花崗岩地域に3億6千万年前に隕石の衝突によって形成されたクレーターであり この地域に油徴があることから石油の非生物起源を検証するための掘削が行われた。これは人類の夢を託した世界初の大規模な実験であり もしこれが検証された場合には石油資源開発に大きな可能性を与えることになる。

2.2 ソ連ボーリングセミナー

1988年8月 モスクワ郊外の古都ヤロスラウリにおいて 国際セミナー「超深層ボーリングと深部地球物理探査」が開かれた。この分野で世界の最先端をゆくソ連の超深層ボーリングや西独K T B, 米国 DOSECC スウェーデンシルヤン隕石孔掘削 カナダ大陸掘削計画等の現状と成果 直面している問題点等が熱心に討議された。

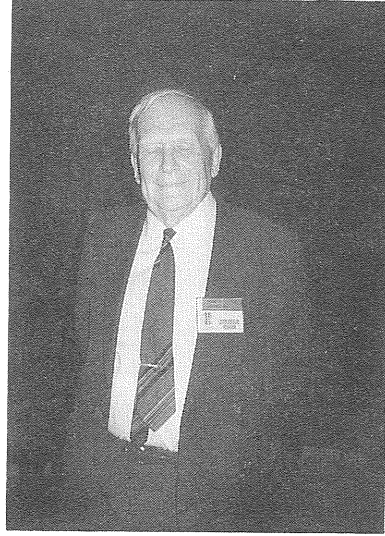
このセミナーを主催したソ連の地質大臣コズロフスキー(図3)は 国際協力によって地球物理探査測線網をつくり その交点に超深層ボーリングを行おうという GLOBUS 計画を提案した。またリソスフェア計画委員長のフックス(図4)は 物理学者や天文学者が加速器や大望遠鏡を巨額の費用を費やして推進しているように 地球科学者も学術ボーリングに取り組むべきであると述べ この場合に二つの危険性を指摘した。第一に技術の限界をわきまえずに盲進すること 第二はより危険なことで 科学者が現在の限界に甘んじてしまうことであると。彼はまたガリレオの言葉「望遠鏡が発明されるまで天体は回転していなかった」のように学術深層ボーリングが現在の地球科学を健全に発展させるための望遠鏡であると語った。K T Bの責任者であるリッ

シュミューラー(図5)は 学術ボーリングのような大きな計画を立案・推進するためには各専門家の緊密な協力が不可欠であり 地質学者が掘削目的・意義づけを行い 地球物理・地球化学者が測定を そして掘削技術者がボーリングを担当するというように それぞれが役割を分担して強力な協同体制を作っていかなければならないと述べた。またソ連のペロウソフ(図6)は ソ連で行われている11カ所の超深層～深層ボーリングは ジオトラパースのような地質・地球物理探査測線を完成させ深部構造を知った上で行われており これらの結果から地殻の非均質性が明らかにされるであろうと述べた。さらに米国をはじめとする多くの国でこの計画を推進する上で大きな障害あるいは問題となっているのは 長期間にわたって巨額な予算を必要とすることであり この点について次のように発言している。近年 世界的にコラ半島のボーリングが関心を集めているが このボーリングを行っているのはグーベルマン(図7)であることを忘れてはならない。そしてコラ半島のボーリングが開始される際に ボーリングに巨額の費用をかけるべきか それとも地表をさらに精密に調査すべきか もっと費用のかからない方法を採用すべきかが議論され その結果として掘削が開始され現在に到っているものであり その時の議論に大いに学ぶべきであると。

会議後 12kmの超深層掘削を目指すクリボイログ(口絵2)の掘削現場の見学が行われた。以下その様子を紹介する。掘削方法は 泥水によって回転するターボドリルによって外径132mmのダイヤモンドビット(口絵3)で51mmのコアリング 270mmへのリーミングを行い 泥水を47ℓ/秒・35気圧で逆流させてこれらを地上まで引き上げている。引き上げ作業では まず泥水の主管を外してキャッチャーを取り付け 音響受信器をマグネットで取り付ける。ボトムアセンブリーは毎秒2～3mの速度で上がってくるとのことだが 見学していると大変静かで本当にながっていくとは思えなかった。深度約200mで音響受信器に信号が入り 間もなくコアが上がってきた。コアキャッチャーをドロワークスで引き上げるとコアは採取されていた。ターボドリルをリーマーの下から外し(図8) コアパーレルを引き出してコアを採取する。このセミナーのハイライトに見学者一同完全に圧倒された。現在 ターボドリルを2台合わせて480mmに大きくリーミングしているとのことである。このような方法は米国でも行われていないということである。このセミナーでは国外の研究者がソ連の研究者に解析や測定方法についての教示を与えている場面が多く見られたが 掘削現場ではソ連のずば抜けた技術に国外の関係者は一様に目を見張っていた。この掘削



第3図 右から2人目が主催者のコズロフスキー地質大臣



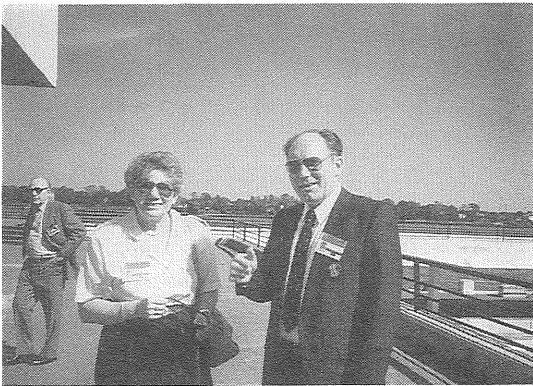
第6図 フラッシュで目をつぶられたがかくしゃくたるベロウソフ氏



第4図 開会式の雑段 中央左がリソスフェア委員長のフックス氏 右がコズロフスキー氏



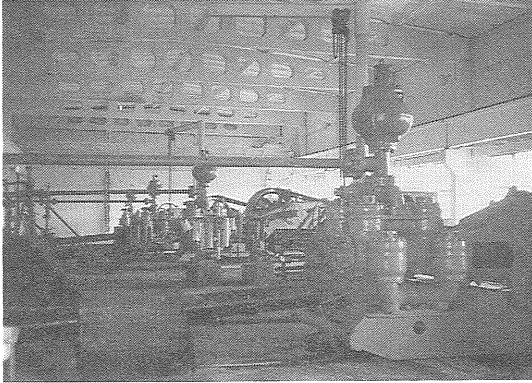
第7図 コラ半島掘削の責任者グーベルマン氏



第5図 KTB掘削責任者リッシュミュラー夫妻



第8図 掘削作業現場



第9図 泥水ポンプ

の原動力である泥水ポンプのある大きな建物の中に入ると(図9) 4台あるポンプの中の1台が回っていた。ドリラーの労働は 4チーム編成で3日就労し 4日の休息をとるのだそうである。当地の施設には8人の地質屋がおり その他13人がこの周辺の調査のため常駐しているとのことであった。見学後 地元の人々による歓迎のコンサートに招待され 立派な劇場で心のこもった民俗舞踏や合唱等が披露された。とにかく世界で最高水準の技術力をもって勢力的に掘削を推進している掘削現場を目の当たりにして 近い将来日本でも期待されている學術ボーリングを実施する上で参考すべき点は多く 深い感銘を受けたセミナーであった。

3. プレートテクトニクスとクラスタルダイナミクス

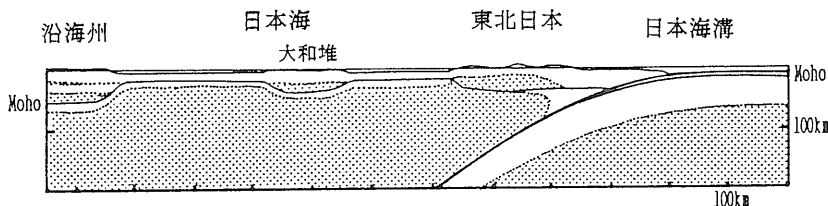
プレートテクトニクスは 地球表面は20枚程度の硬い板 (plate) によって敷きつめられており それらの板は剛体板のように変形なしに運動しているという考えであり 世界の地震活動や造山運動はプレート境界で起こっているというものであるが これは全地球的に存在する地下数10km から100km の上部マントル低速度層を力学境界とする地球表層部の移動を記述したものである。この動きは数 1000km にもおよび少なくとも数億年以上継続していると考えられている。このプレートテクトニクスの出現によって プレートの沈み込み帯である日本列島にはそれまで存在が想定されていた「基盤」は存在せずに 側方に地殻が付加成長して形成されたと捉えられるようになった。現在大陸であるところでも過去に同様な過程が進行し 大陸として成長したと理解されている。このようにして成長した大陸は分裂し 新たな海洋によって隔てられる。これらの地殻成長・分裂

の過程にはその地域に特有なテクトニックな出来事が直接関係しており それが地殻の不均一性をもたらしていると考えられている。

最近 このプレートテクトニクスを地殻の力学へと発展させようとする動きが出てきている。上記のセミナーにおいても C C 4 委員長でカホンパスの學術ボーリング計画の責任者でもあるゾバックは 浅所での応力分布は驚く程プレートテクトニクスによる予想と一致しているが 深くなると温度のために岩石の強度が弱くなるので ボーリングによる応力測定が是非とも必要であると述べており K T B で応力測定をしているルンメルは現在測定されているのは 3 km までで 30°C/km の地温勾配を過程すると 10km 位で岩石はクリープを起し急激に応力が減少することが予想されると述べ いずれも超深層ボーリングの必要性を説いていた。このように最近の岩石力学の實驗結果によると岩石は温度の上昇と共に強度を減少させることから 地殻の強度は温度と共に減少し地殻下部では温度の上昇に伴い岩石がクリープを起し さらに鉱物の再結晶も起こり力学的強度は急速に失われると予想されている。しかし モホ面を通過してマントルに入ると 岩質が大きく変わり強度を回復することから 大陸地殻ではモホ面が大きな力学境界となることも示唆されている (嶋本 1989)。

このような下部地殻における力学境界を考慮して日本列島周辺の力学状態を考えると 図13に示されるように海洋地域では地殻が薄いために地殻内では温度が上昇せず 力学境界はマントル上部の低速度層一面のみとなる(図中の太平洋の部分)。図10において白域は脆性的変形の卓越する部分で 砂目は流動変形が卓越する部分であり 両者の境が力学境界になると考えられる。大陸地域では地殻が厚く下部地殻では温度上昇のためにモホ面に力学境界が存在するとともに マントル上部の低速度層も力学境界として機能する(図中左の沿海州の部分)。沈み込み帯では島弧マグマ活動のために地下増温率が高く 下部地殻も力学境界となりマントルも浅い深度で低速度層を形成する(図中の東北日本の部分)。その低速度層に海洋地殻と上部マントルからなる海洋プレートが沈み込むので 3ないし4つの力学境界が存在することになる。

地殻熱流量が高く力学境界が浅所に存在する地帯は古くから変動帯と名付けられてきた。この変動帯における地殻の運動は解明されるに到っておらず その本質的理解は地球科学の重要な目標となってきた。典型的な変動帯に位置する日本列島は 地表の地質が詳細に調査されており 構造発達過程をダイナミクスと合わせて検討できる段階に達しているため 地殻に上部マン



第10図 日本列島周辺の力学的構造 砂目の部分は高温のために流動的変形が卓越しているところ
白抜き部分は脆性的変形が卓越しているところ

トルを含めた地球表層のダイナミクスであるクラスダイナミクスを構築する上で最適な位置を占めていると言えよう。クラスタルダイナミクスにおいては地殻を構成する岩石の種類や地温上昇に伴う岩石強度の変化を正確に知ることが最も重要な要素となる。下部地殻のダイナミクスを構築するためにはこれまで研究されてきた変成岩生成時の温度・圧力・変成相に加え岩石力学的強度および応力状態 日本列島の下部地殻を構成している岩石の推定と応力状態の推定とともに 現在観測されている自然地震の発震メカニズムや地震波速度等と対応づけを行い リアリスティックなモデルを構築する必要がある。

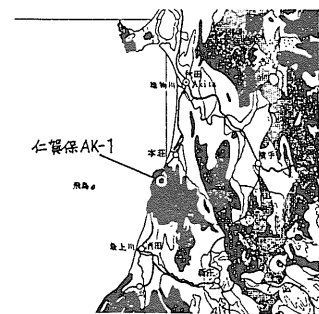
このクラスタルダイナミクスの学問体系こそ プレートテクトニクスの次代を担うものである。しかしこのダイナミクス過程はあくまでも予想でありその状態を直接確かめることなしには新しい学問体系を確立し発展させることは困難である。これを直接確かめる有力な手段として考えられるのが 深層学術ボーリングである。

4. 日本における学術ボーリング

4.1 沿革

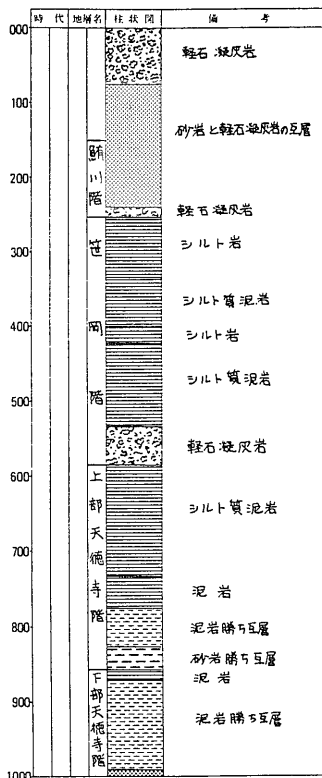
日本における学術ボーリング活動は、1934年の北大東島珊瑚礁ボーリング(杉山 1934)によって開始された。1960年代の上部マントル探査開発計画UMPでは本格的に計画が検討され 四国の三波川帯および伊豆大島とともに事前調査が実施された岩手県水沢が最終候補地として決定されたのは1970年であった。さらに日高の幌満においてカンラン岩のテストボーリングも実施された(丹治 1974)が プレートテクトニクスの登場により日本の地質の基本的見直しを迫られ ボーリングの実施は見送られて現在に到っている。1980年代のDEL P(国際リソスフェア探査開発計画)を国際的に検討している際 西独をはじめ世界各国で深層学術ボーリングを実現しようという気運が高まってきたという情報が地震研の上田誠也氏から報告され 宇井氏を中心とする神戸大学

グループが三陸を深層学術ボーリング候補地として提案した。日本において1980年代のDEL Pをどのように実現すべきかを検討していく中で 学術ボーリングについての地質学関係者の関心も高まり DEL Pの構想段階では深層学術ボーリングは最も有力なテーマであったが 予算検討のかなり初期に切られてしまった経緯がある。その際の最も大きな障害は リソスフェアの予算規模が20~30億円であるのにもかかわらず学術ボーリングに要する費用はそれよりも大きく上回ること 国では資源開発に関連して多くのボーリングを実施しているが それらを有効に活用しているのかということであった。翌1981年にはこれまでのボーリング資料をまとめることと深層学術ボーリング計画を検討する目的で 文部省科学研究費総研Bが採択された。このような検討の初期に 永田武氏は「ただちに深層学術ボーリングを実現するのは大変難しいが 学的情熱は長期にわたって定常的に持ち続けることが必要で いわゆるビックサイエンスの推進には少なくとも10年単位で物事を考えることが肝要である。」と語っている。同年 陸上学術ボーリングシンポジウムが開催され 実質的な学術ボーリングの検討が開始された。それまで地質調査所 金属鉱業事業団 石油公団 新エネルギー機構等々による資源調査・開発を目的とするボーリングが日本各地で行われており82年にはこれらを網羅する「既存ボーリング資料集」(図11:新妻ほか 1981)が発行された。このような既存の資料の整理とともに 実際に掘削されたボーリング試料の保管・管理についても検討がなされ 現在では地熱や金属鉱床開発のためのボーリングコア試料は 定常的に国立科学博物館に保管されるようになり 研究の便宜が図られる体制が整えられてきた。一方 キプロスでの掘削を終えたICRDは次の掘削候補地の一つに西太平洋を加え 小笠原の協同掘削を打診してきた。国内でのボーリングに対する関心の高まりを背景に このような国際協同事業の受け皿ともなるべき機関の必要性が認識され 86年12月学術会議DEL P専門委員会内に陸上学術ボーリングワーキンググループが発足して現在に到っている。87年には科学技術庁に地圏分科会が



地点 相模湾 由利郡 金浜町
 北緯 39°14'14" 東経 139°58'35" 標高 108.76 m
 期間 昭和48年 9月 11日～昭和48年 11月 13日
 コアの状況 1ヶ所
 コアの保存場所 石油資源開発
 Site survey 地質調査 (空中撮像) (重力探査)
 電気探査 (地質探査) 地化探査
 検層 各種
 発注者 石油資源開発
 施工者 石油資源開発
 使用機材 掘削機
 地質年代特定の基準
 化石
 放射年代
 その他
 その他のボーリング
 0～500m 9本、延長 3,277.9 m
 500～1,000m 25本、延長 17,192.6 m
 1,000～2,000m 34本、延長 44,873.7 m
 2,000m以上 9本、延長 19,247.6 m
 備考

仁賀保	地域	孔井番号	仁賀保AK-1 ⁽¹⁾
掘削深度 3,511	m	方向	傾斜



第11図 「既存ボーリング資料集」の記載例

新設され陸上學術ボーリングが検討された。このように日本の學術ボーリング計画は現在ソ連に遅れること10数年西独のK T Bから約10年遅れて進行しているがその実現に向けて着実な歩みを見せており現在までに12の候補地が検討されている。また 予算的裏付けを得る努力や事前調査および掘削技術開発のフィジビリティスタディも開始されようとしている。

4.2 日本における陸上學術ボーリング候補地

學術ボーリングの先進国であるソ連や西独などは既に何億年前や何十億年前に地殻形成やテクトニック過程が終了した大陸地殻の上に位置しているのに対して日本列島は正に地殻形成や変動が進行している地域でありそれらの過程を支配しているクラスタルダイナミクスを直接検証するためには最も適した場と言えよう。世界の地球科学者は等しく地殻形成・テクトニック過程そのものを直接ボーリングによって確かめたいと切望しているが多くの国では適当な位置に立地していないこと

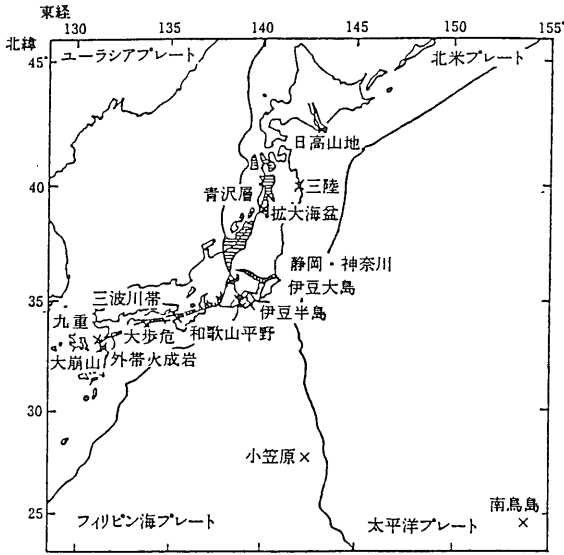
地からの調査表が充分なされていない事等の理由により 変動帯の學術ボーリングには未だ手が付けられていない。現在 陸上學術ボーリングワーキンググループによって12の候補地が検討されている(図12 13)が 以下概略を紹介すると

- a) 駿河湾・相模湾奥部ではスラブの深度は浅く 静岡で10km程度 御前崎 20km とボーリングによって直接到達可能な範囲にある。このことから 沈み込みスラブを直接掘削する目的で検討されているのが静岡・神奈川地域(図14)である。
- b) 地下深部(20～30km)から上昇し地表に露出していると考えられる三波川変成帯は海洋プレートの沈み込みに伴う力學過程の解明を目的としている。
- c) 前弧域および非火山弧に伴う高い正の重力異常および磁気異常も前弧域のダイナミクス過程の現れと考えられており それらの異常の実体を直接ボーリングするものとして提案されているのが三陸海岸 小笠原(図15)である。
- d) 島弧特に前弧ではプレートの相互作用により地震が多発しているが その中で注目されている地域として和歌山平野がある。

ここでは地下数 km の深度でも群発地震が起こっており その機構として地下から液体を含んでいる物質が上昇していると考えられ ヘリウムの同位体比異常も伴っている。この震源を目指す目的で和歌山平野(図16)が提案されている。

e) 大陸は海洋プレートの沈み込みに伴う付加作用によって側方に成長するがそれが大陸地殻になるためには花崗岩の侵入が起こって初めて完成するものと考えられる。この侵入過程を知るための候補地として宮崎県大崩山があげられている。

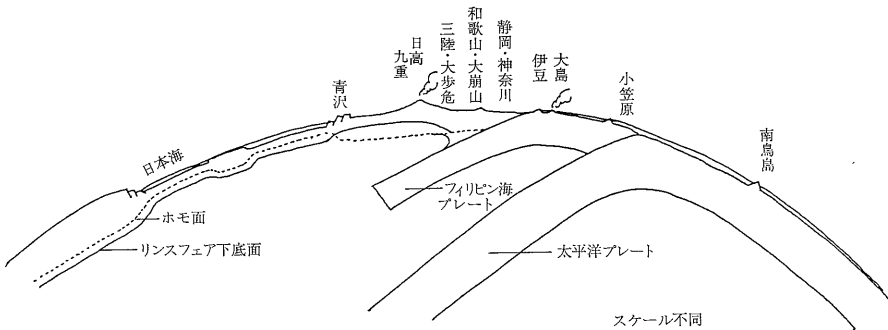
f) 島弧活動の中で最も顕著なのは火山弧の活動であり まず活動している火山そのものをボーリングしようと検討されているのが伊豆大島および大分県九重火山である。これはマグマ発電等とも関連して注目されているが ボーリングの高温技術対策の開発あるいは実証のためにも関心が持たれている。火山弧そのものの掘削を目指すものとしては伊豆半島(図17)が候補地にあげ



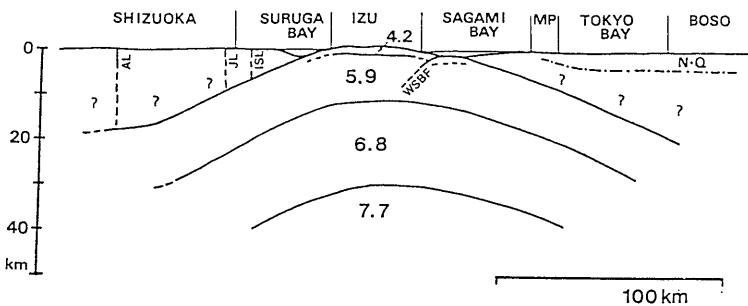
第12図 日本における陸上学術ボーリング候補地

られており 日高変成帯は過去の火山弧の地下深部を知るために また小笠原は海洋地殻上に形成された島弧としてオフィオライトの形成とも関連してそれぞれ検討されている。

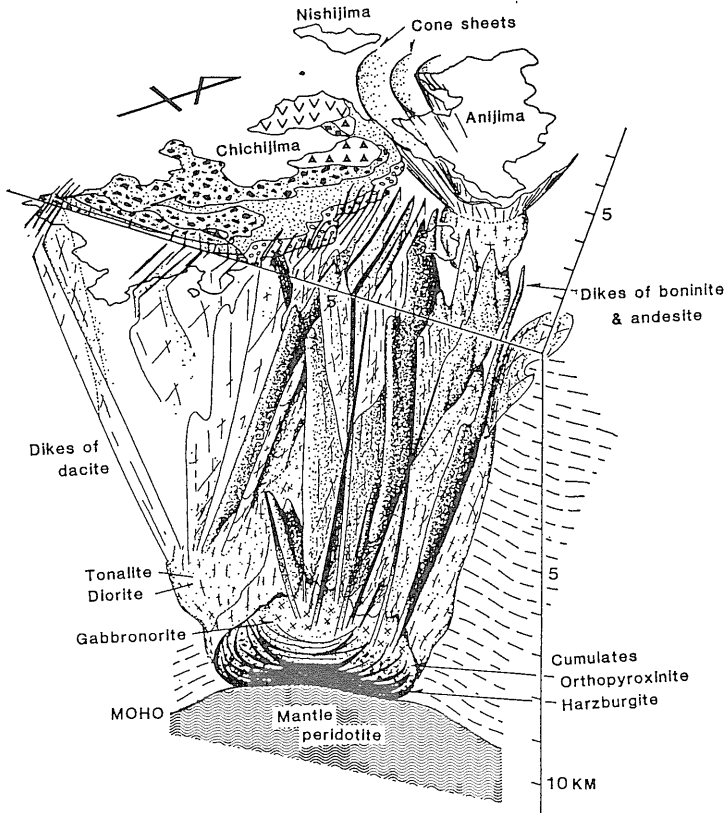
g) 約1500万年前の西黒沢期から女川期にかけて 100万年以内という短期間に高速で拡大したといわれている日本海の形成は 日本列島がアジア大陸東縁の陸弧から現在の島弧に変化した大事件であり プレートの沈み込み帯を理解するために日本の地球科学界が解明しなければならない重要な問題の一つである。このような高速の縁海拡大時のダイナミクス 特にアジア大陸東縁の地殻あるいはプレートの力学的強度は上部地殻・下部地殻・上部マントルの何れが担っていたのか そしてその原動力は何か その時のマントルの状態や組成の変化 高速拡大時に起こった地球化学バランスの変化 拡大後の地下増温率の変遷と縁海深度の増大 そしてマントル由来の炭化水素等を解明するために学術ボーリングは不可欠である。 日本海における学術ボーリングはO



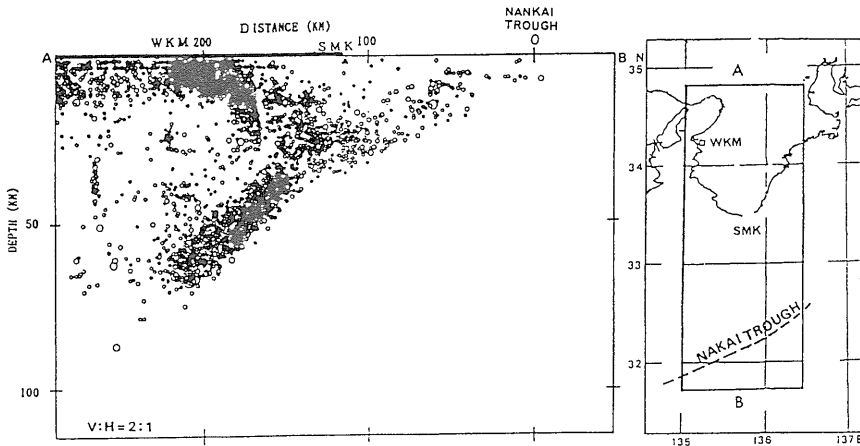
第13図 日本における陸上学術ボーリング候補地の日本列島中での位置概念図
フィリピン海プレートと太平洋プレートを同一断面内に描き 各候補地のおおよその位置を図示した



第14図 静岡—神奈川—千葉を通る測線に沿った予想構造断面図 (小山 1988による)
MP: 三浦半島 N・Q: 南関東の新第三系および第四系堆積岩類 AJ: 赤石裂線 JL: 十枚山構造線 ISL: 糸魚川—静岡構造線 WSBF: 西相模湾断層 (石橋 1980) 4.2: 4.2km/s 層=湯ヶ島層群 5.9: 5.9km/s層=島弧性火山岩類 6.8: 6.8km/s 層=海洋性地殻 7.7: 7.7km/s 層=マントル フィリピン海プレート上面の深度は石田 (1986) に基づき関東地方の基盤岩の構造は貝塚 (1987) を参考にした。



第15図 小笠原父島周辺の地下構造島土竜(?)目瞰図(海野原図)



第16図 紀伊半島周辺の震源分布(溝上1988による)

D P 深海掘削計画において1989年に計画されておりその成果が待たれるが 掘削船の掘削能力からも日本海の海洋地殻内部までのボーリングは不可能と考えられ 陸上ボーリングにおいて行われることが期待されている。その候補地として秋田・山形県境付近の青沢層(図17)が考えられている。

h) 1934年に日本が世界に先駆けて行った珊瑚礁ボー

リングについての検討もなされており 南鳥島が候補として提案されている。

以上あげた何れの候補地もその地域特有のテクトニックな出来事を解明すると同時に 現在の力学状況を直接解明することを目的とする。地殻内のクラスタルダイナミクスは 地下増温率に従って高温になるとその過程が指数関数的に進行することが予想される。これらの過



第17図 基礎試錐「仁賀保」での掘削現場 6000mのリグによって青沢層を目指した掘削がおこなわれた。

程を学術ボーリングによってどれだけ直接捉えることが可能かは、ボーリング技術の高温対策と高温の地下の状態を直接測定できる計測法の開発にかかっている。ソ連や西独の超深層ボーリングにおいても、目標深度である14~15kmに達すると高温に対する同様な対策が必要となるので、その方面の技術開発に総力をあげて取り組んでいる。

日本における技術開発は400℃までの耐熱と深度15kmを基本仕様とするものが現実的と考えられる。具体的に関心すべき項目としては、ターボモーターと減速機によるロッド不回転掘削と掘削制御、高温掘削用泥水、新しい概念による長寿命ビット、ロッドの自動揚降機、岩石採取可能なターボドリル、定方位試料採取装置、液体試料採取装置、不回転ロッドを使用した掘削中に行える諸検層技術（MWD）、高温検層のための高温半導体と集積回路、孔内テレヴィューア、検層用放射化分析線源と測定器、検層情報の地表への伝達装置、孔内高精度地震・磁気・重力・傾斜・応力計などをあげることができ

る。これまで日本が地熱開発に伴って蓄積した高温技術は世界的に高く評価されており、今後の取り組みが待たれる。

5. おわりに

人類が月面に最初の足跡を印してから早や20年が経過しようとしている。しかし、これまで述べてきたように我々の地球に関する理解はいまだケプラーの段階に止まっており、地球内部の構造やプレートテクトニクスを支配している原動力・機構を統一的に説明するガリレオ・ニュートンの段階に到達するためには、深層学術ボーリングによって地殻の力学を確立しなければならない。西独KTBの責任者リッシュミュラーの言葉「飢えから解放され経済的に余裕のある国は、米国が月にアポロを送ったように、資力を経済活動とは別の人類の夢の実現のために使うべきである。」は傾聴に値する。西独やソ連のように過去の変動が剝製として大陸内部に記録されている場に比して、日本列島は今正に生きている島弧であり、変動帯日本の役割は変動帯の地殻の力学を確立するのに適している。深層学術ボーリングは、その力学を実証的に発展させる唯一の手段であり、日本における早期実現が世界的にも待望されている。

引用文献

- 小山真人 (1988) : 伊豆半島の過去と現在. 陸上学術ボーリング候補地集 I p. 1-32.
- 溝上 恵・中村正夫 (1988) : 和歌山平野の群発地震活動と震源掘削の意義. 学術ボーリング候補地 II p. 19-33.
- 新妻信明・小西建二・和田秀樹・北里洋・天野一男・箕浦幸治 (1982) : 既存ボーリング資料集 p. 670 科学研究費「学術ボーリング計画の研究」静岡.
- 嶋本利彦 (1989) : 岩石のレオロジーとプレートテクトニクス—剛体プレートから変形するプレートへ—. 科学 59 p. 170-181.
- 杉山敏郎 (1934) : 北大東島試錐に就いて. 東北大地質古生物邦文報告 11 p. 1-44.
- 丹治耕吉 (1974) : 北海道幌満地区におけるUMP深層試錐のテストボーリングについて. 地調月報 25 p. 609-629.