

第40回試錐研究会

講演資料集

期 間：平成14年3月13日(水)

会 場：札幌サンプラザ(2F 金枝の間)

(札幌市北区北24条西5丁目)

第40回 試錐研究会

プログラム

主催 北海道立地質研究所

協賛 北海道地質調査業協会
(社)全国鑿井協会北海道支部

日時 平成14年3月13日(水)
10時～17時

場所 札幌サンプラザ 2F 金枝の間
(札幌市北区北24条西5丁目 Tel.011-758-3111)

あいさつ

北海道立地質研究所長 和 氣 徹

特別講演

“地球内小宇宙を切り開く：次世代の深海科学掘削計画”

海洋科学技術センター 理事 木 下 肇

昼 食 (12:00～13:00)

講演

1. 新しい廃泥処理技術の確立に向けて

上山試錐工業(株) 滝山田 成生
吉國 富雄

2. ボーリング坑井内の画像化技術とその応用

(株)レアックス 亀和田 俊一

3. 新しい管路調査機器

応用地質(株) 五江 洩 通

4. 地域の地質情報集約の取り組みについて

— 十勝支庁管内地質図および地質データ集の編纂 —

北海道立地質研究所 岡 孝 雄

特別企画

5. ボーリングをささえる技術

技術資料編集委員

大 石 正	川 瀬 勝 博
杉 山 明	種 畑 邦 彦
水 越 徹	三 井 昭 夫
森 田 昭 彦	内 田 裕 之
平 田 和 代	吉 田 匡 身
渡 辺 雅 彦	藤 本 和 徳
高 橋 徹 哉	鈴 木 隆 広

あいさつ

北海道地質調査業協会 理事長 石田 隆雄

懇 親 会 (17:30~19:30)
会 場 札幌サンプラザ
(2F 金枝の間)

特別講演

地球内小宇宙を切り開く
次世代の深海科学掘削計画

海洋科学技術センター

木下 肇

21 世紀における深海掘削計画(IODP)

海洋科学技術センター

木下 肇

1 序論

アメリカに依る深海の科学掘削計画が開始されたのは 1960 年代の前半であった。その後 1968 年 8 月 Glomar Challenger による掘削に始まった深海掘削計画(DSDP)は、米国の研究計画として 1974 年まで 7 年間実施され、1960 年代に発展した海洋底拡大説を立証する等、多大な働きをした。この時期を通じてアメリカでは科学海洋掘削の基本技術開発は略完成した。国際共同研究に衣替えて実施された IPOD (1975-1983 年)では、中央海嶺や海溝の実態、過去の地球の気候や環境・海面水準変動等を明らかにした。続く ODP (第 1 期: -1993 年、第 2 期: -1998 年、第 3 期: -2003 年)では、より優れた装備の掘削船 JOIDES Resolution 号が就航した。過去の短い周期の劇的な海洋環境変動、恐竜等生物の大量絶滅を引き起こした巨大隕石衝突の証拠、地下生物群集、及び海底堆積層に炭化水素等の存在が検証された。

海洋科学技術センターは、1990 年代初頭に地球深部探査船の技術開発に着手し、1994 年に OD21 計画を提案した。また、1999 年度以降、米国(NSF)と日本(文部科学省)が中心となり、他国にも参加を呼び掛けて、2003 年 10 月以降に IODP (統合国際深海掘削計画)を推進すべく努力が成されている。

2 ODP の成果

2-1 プレートテクトニクス

海洋底は時間と共に生まれて消えて行く「海洋底拡大説」が 1960 年代に提唱された。其れを検証する為に海底の微化石を調べ、年代を決定して、海底の水平方向への移動を確定する方法が採られた。大西洋で行われた初期の航海でその仮説は先ず間違いないものと推論された。この航海には既に日本の研究者が参加している(1966)。続いて、地球環境の歴史解明でも成果を上げた。地球の古い過去に、極度に温暖化した時代があった、或いは、恐竜の大部分が突如絶滅した時に一致して、何か特別の環境変動が起こった、或いは、海流の循環が停滞し海洋に酸素が無くなって有機物ヘドロが溜まった結果石油に成った等、地球気候変動は海流のシステムが支配している事が理解された。海底から数キロメートル下の地殻の中にも大量の微生物が棲む事も判明した。

2-2 ホットスポットからプルームテクトニクスへ

プレ・テクトニクスを補強する証拠として、ハワイから天皇海山列が一連の火山活動で出来たとする仮説に基づき、太平洋にある列島を組織的に調べると、海底の幾つかの火山列はその根がマン

トルに固定したまま噴火活動を続けていると解釈出来る。この仮説を世界の海洋に当てはめると、インド洋でも大西洋でも同じパターンの海山列を造るホットスポットの存在が認められ、それらを総合するとプレート運動方向の推定が出来る。実はホットスポットは地表に点在するものではなく、地球の内部と地表をつなぐ沸きあがり沈み込みの窓口のうちの一つである。

2-3 海底基盤の年齢

科学掘削の結果、海底堆積物の年代が微化石年代として決められた。基盤岩直上の堆積物の年齢が決まれば、基盤岩の年齢はそれとおよそ同じである。太平洋でも多数の掘削点が出来、海底年代が面的に決定され、太平洋は西に行くほど年齢は高い事実等の証拠を得た。海底拡大説の決定的証拠である。

3IODP で掲げる新規課題

3-1 海底下地殻内生物群集

地殻内微生物の普遍的存在を最初に示唆したのは、1920年代(E.S.Bastin)であり、油田地帯から抽出された水の中に硫酸還元菌がいると述べた。別種ではあるが、実際静岡県相良に石油を排泄する地殻内微生物群が現存するのが知られている。陸上の熱水鉱床での生物群発見は1977年ころから米国(Jannasch)が中心になって精力的に研究を進めている。

海底下では英国(John Parkes)が太平洋の深海底下500mにて(1994年)地殻内微生物を発見した。また化学合成生物群集はガラパゴス沖海底の熱水噴出孔で(1977年、米国潜水調査船 Alvin)発見された(Corliss and Ballard, 1977)。最近の試料の増加により、全地球的にある程度存在量の推定が可能に成りつつ有り、深海底の地下の微生物総量は地上の微生物の量に匹敵する或いは凌駕するとも言われる。地上と同じ或いはそれ以上の量の生物が生息して居る。つまり地球には二つの生物界が有る。

地上世界と地下世界があって、地上で我々が太陽からの放射エネルギーで生きているのとは別に、地下では硫化水素やメタンなど、地球内部物質を分解してエネルギーを確保する生物群がある。この生物圏は地球が出来て生命が誕生した直後に発生した可能性もある。地上の世界とは無関係に、地球上に生命が誕生して間もない生物圏が地下でずっとあり続けて来たと言う事になる。深海底は惑星の本質である玄武岩やマントル物質から成っており、結晶岩体中は流体の透過率が極端に低いか全く透過しないから、そこには地球誕生から40数億年閉じ込められ地上と隔離されて独立に進化、発展を遂げて来た生物群がいるかも知れない。

これと全く異なる生命発生観もある。水(流体)があって環境が適当に穏やかならば生命は何処でもいつでも発生するであろう。だから南極大陸の氷の下に隠れた湖(Vostok)や、木星第6衛星(Europa)の表面氷層の下に海水が有り、木星に依る引力がEuropaに激しい朝夕力を与え、その為

に内部摩擦が大きくなり発熱して火山噴火も有るので、海底でも諸処に熱水活動が有ると推測される。そこにも生命が有り得る。その様にして出来た生命または有機物が星の崩壊に伴いゴミを宇宙にまき散らせば、現在宇宙をさまよう小天体の内部に生命体が付着して居ても怪しくは無い。

この様な世界に我々が地上の海底で到達出来る一つのツ・ルがライザー掘削船で、IODPの科学プラン(May 2001)はその可能性を追究する新しい科学計画である。新掘削船はドリルストリングを当初 10,000m 持つので、海底下を 6-7km 掘る事が出来る性能を持つ。

3-2 熱水循環／冷湧水

熱水循環は海底火山群(海嶺)に観られる一般的現象で有るが、ここが生命の発祥の空間らしいと考えられている。熱水循環と生物生産の関係を量的に把握する実験が試みられているが未だ成功していない。同じく熱水活動と地球環境変動との関連も余り研究が進んでいない。環境の変動は小さな引き金から非線型的に発展する可能性が大きいので、熱水活動が海水の温度を大きく擾乱させないからと言って海嶺での熱水活動の地球環境への影響を無視する根拠は無い。

予知可能な状況にまでには至っていないものの、地震発生の原因については漸く分かって来た。但し、海洋プレートと陸域プレートの摩擦境界地震と、地殻が引き裂かれる様な内陸地震では性格が違う。人体に感じない様な超低速地殻滑りも発生している事を示すデータも有る。我々に厄介な物は、突然高速で割れる地殻で、その引き金としての間隙水の役割は大きいと思われる。割れ目が有って応力(歪み)が蓄積し、ある部分が何かの引き金で壊れるとその衝撃が周囲に伝播して一気に広域の破壊が起こるのだが、引き金と潤滑剤(流体)の関連が未だ定量的に突き止められて居ない。歪みの集中、高圧流体と破壊伝播時に一瞬間に発生する摩擦熱(温度換算で摂氏 1000 度を遙かに超えるらしい)が加速剤であろうと言われる。高圧流体源は何処にあるか、或いは高温に成ると岩石はどの様に振る舞うかを現場観察で行うことが肝心である。これは至極難しい実験であるが、地震発生直後に断層を掘り抜く目的で新掘削船を使う提案が用意されている。

3-3 地球公転軌道原因気候変動

過去の環境を支配する因子に地球惑星運動軌道要素の変動が原因のもの(Milankovich cycle)がある。おおよそ 1.9、2.3、と 4.1 万年周期が卓越しており地球軌道要素で説明されるが、10 万年周期のピクは単純では無く地球の大気／海洋大循環のサイクルとも深く関係していると推定されている。軌道要素の変動が引き金になって干ばつとか大洪水を引き起こす事で陸域付近の海洋や湖沼の堆積速度や堆積物構成物質に変動が有ったり、極域・高緯度地域の冠氷に含まれる塵埃や炭素／酸素同位体に変動が発生する。その記録を読み取ることは掘削計画の根幹をなす仕事である。高速変動を読み取ることが出来れば、近過去の気候変動を知り将来予測に直接貢献することが出来る。掘削船から得られる成果を高速コンピュータによって将来予測に役立てる事が出来れば、

社会への貢献は大きい。

3-4 古海洋/深層循環/気候激変/温暖期/氷期

原因は不明であるが過去において、長く極寒の氷期(6 億年前)が存在した。炭酸ガスや炭化水素ガスが世界に充満すれば超温暖化が始まる。大陸も極域も全て氷河が無くなり、海水に溶け込み比重の軽い表層水が世界を被うと、中深層水は酸欠状態となり、現世中層浮遊性微生物は多くが死滅するので更に炭酸ガス固定作用が減退し火山原因の炭酸ガスが大気に蓄積される。氷雪が急激に解けて海面を覆った淡水層の比重が小さく沈み込めない海水は深層水循環回転エンジンの役目を放棄し、やがて深層循環が止まって海を持つて居た自己冷却作用が働かなくなる結果、赤道海域は極端に温度が上がり極域は逆に極端に気温が下がる。赤道域表層では生物が繁茂し炭酸ガスを吸収、極域では氷河期が成長し始める。ガスが落ち大気が澄み地球の熱反射率が上がり、大気は低温と成り地球の大寒期がやってくる。生命活動が後退し火山ガスが徐々に溜まり、再び暑い大気が地球を覆うとこのサイクルが一回りする、と語られている。海底の地層には2億年の過去迄しか記録が残らず、この程度の長い過去の環境変動を紐解く為には海洋底掘削だけでは足りないスケールの話題であるが、大陸掘削とも連携して研究開発する必要がある。

3-5 酸欠地球/超温暖期/炭化水素

海底一帯に酸素が欠乏すると有機物の酸化による分解が止まる。現在黒海は表層の真水層が軽く上下の循環が止まっているので深層部への酸素の供給が消費に追い付かず酸欠状態と言われている。大方の閉じた湖水では似た状態であろう。地球全体の海域が酸欠に成るとは如何なる現象なのか明瞭では無いが、実際に起こった。例えば海洋深層水循環が停止すれば起こり得るが、この場合堆積する生物の死骸は酸化されずに海底に溜まりやがて埋もれ(Oil shale)で酸素から隔離され、醸成し炭化水素層を形成する。勿論地殻構造、堆積速度、環境温度条件、堆積埋没後の地下温度状態等々幾つもの好条件に恵まれて石油/天然ガスが醸成するが、中生期終末頃の 6500 万年前以降にはこんな現象が盛んだったらしい。

3-6 固結炭化水素

遙か過去の時代に、太陽の光から隔離し、地球の内部エネルギーで生きて居る生物のある種はメタンを石油に変え、またある種は石油を食して水和性化するもの等、広い範囲で我々の生活に関わっている。静岡県の相良海岸で良質の石油が滲み出ている所では、実際微生物がメタンから石油を生み出している。これらの事象は決して特殊な事件では無いらしい。

脱線するが、海底の地下 2-300m 以下に貯蔵されたハイドロカーボンの別名はガスハイドレートである。これは生物起源か又は熱起源で有るが、いずれ生物の死骸の蓄積で、石油の起源とほぼ同じ

である。この物の賦存量は現存で推定される石油の数倍は有ると言われ、仮に燃焼しても主として水蒸気と炭酸ガスしか放出しない良質の軽い燃料である。ハイドレートは殆どの大陸棚に張り付いている。日本やアメリカでその基礎研究(採取、精鍊、採掘後の地層安定化処理)開発が行われている。燃料としての側面ばかりでなく、気候が極端に温暖化したり海水準面が極端に低下したりすれば、埋蔵メタンガスが一気に吹き出す危険も有り、その際温暖化ガスの大量放出とか大気爆発と言った類いの地球環境への影響は計り知れない。

3-7 ヒマラヤ／チベット

高地が出来ると広域の風の向きに影響が出る。ヒマラヤの様に屏風の形に成ればなおさらその影響は大きい。白亜紀の終り(6-7 千万年前)頃インド亜大陸がユ・ラシア大陸に南側から衝突し、皺を刻んでヒマラヤとなった。今でも年間数ミリメートルの成長が有るらしいが、風化現象が成長する先峰を削り取って行く。ヒマラヤモンソンは有名だが、従ってその季節には雪雨が大量に降る。山岳帯が育つ事と季節風が強まる事は裏腹の関係だから、インダスやガンジスで吐き出された塵埃は河口沖の海底に大量の堆積物と成って溜まる。降雨量、平均海水表層温度の変動はヒマラヤの成長の変動記録でも有る。かくしてヒマラヤの成長の記録は海底の堆積物に保存される。インダス／ガンジス周辺は大量の炭化水素賦存の可能性が指摘されており、今後 2500m を超える深海掘削孔制御 (Deep Water Well Control: DWWCS) システムを開発しなければ成らない。

3-8 天体衝突／生命の絶滅

月の表面はクレ・タ・だらけであるが、地球の大陸表面は早い風化速度の為に隕石衝突のクレ・タ・が消えてしまうらしい。アリゾナやシベリアにはそれらしき証拠があり、アリゾナのものは成る程クレ・タ・らしき姿を見せるが、鉱物学的証拠からも確からしい。大きな隕石或いは天体の欠片が地球に衝突すると何が起こるかを如実に予測したのが(有名な)アルバレス親子の仮説で、6500 万年の昔地球表層の生物圏に甚大なる被害を与え、ほぼ絶滅の危機に晒したと言う(松井孝典、1999)。これが地質層序で言う K/T 境界で、その痕跡は広く中米、北米沖、カリブ海域は勿論ヨーロッパ、大西洋北米沿岸、太平洋中部、日本(北海道川流布川)でも見られる境界である。

3-9 固体地球サイクル

3-9-1 沈み込み境界

地震発生の原因については詳しく分かって来たが、発生の予知迄には至って居ない。プレート境界で発生する地震と直下型内陸地震では性格が違うと考えられる。人体に感じない様な超低速地殻滑りも発生している。日本の周辺で起きる大きな地震は、90%程は海底に震源がある。地震の巣は、海底からさらに深い地下に有る。地震の巣の特徴等、これ迄は直接調べる方法が無かった。今後は、

現在開発中の観測機器や海底地震計等を使い、なるべく地震の巣の傍まで行って調べる方法を作り、この観測システムを日本の周りに多く取り付けて日常観測を行う計画を検討中である。

3-9-2 マントルと水: 蛇紋岩化

大陸・海域境界ではしばしば水に漬って熱を加えられた塩基性岩帯が発生する。房総峰岡帯・三浦半島・静岡県南部を走る一連の蛇紋岩帯は其の一例で、磁気観測によるとこの帯は静岡・神奈川から東京湾・房総半島を横切り、東沖に延びている。同じ様な物体が小笠原東沖のマリアナ海溝沿いにも点在し、世界的には至る所に在って通称オフィオライトと呼ばれ、岩体全体がマントル由来で有ろうと推測されて居る。そのうちマントルの深部から絞り出されて地表に迄登ってくる蛇紋岩の発生メカニズムに付いて詳細な物理・化学的な説明が待たれ、また地震発生との関連も理解したい問題である。プレ・ト境界で摩擦と水の供給が有れば必ず発生するものなのか、地震破壊の激しさとは如何なる関連に有るのか、研究が待たれる。

3-9-3 LIPs (巨大火成岩域)

Large Igneous Province (/Plateau) は海底に隠れた準大陸とも言える巨大な海台または広域岩塊でその発生原因と、発生に伴う火成活動がもたらす地球環境へのインパクトは未だ知られていない。その内の幾つかはかつてホットプルームの名残で有ろうと推定される。しかし、大部分のLIPsの母体は、厚い堆積層あるいは石灰岩質層に覆われているので、今迄の科学掘削能力では到達出来なかった。今後の研究課題である。

3-9-4 マントル物質

プレートテクトニクス即ち海洋底拡大が起こる原因はマントル対流に有ると多くの人は想像している。マントルは分かっているか、と言うと全く否であると言わざるを得ない。マントルについては地震波を利用した解析がしばしば行われているものの、物質として手にしたことの無い物について推論してもそれには限度がある。果たしてマントル物質は変形しやすい物か、水を含んでいるか、鉱物は、金属は、と疑問は限りなく沸き上がる。新掘削船では将来技術開発を進めライザーまたはそれに相当するシステムを大水深まで拡張して海盆の深いところで掘削作業が出来るように開発を計画している。一般論では海盆の深い所は、即ちマントルに一番近い所である。そこで掘削すれば長い作業時間は必要だが、現在の技術開発目標(DWWCS: Deep Water Well Control System)が達成されればマントルまで到達出来るであろう。

4 掘削船と試料

IODP 研究者間では掘削船を2隻運行したいとしている。則ち日本の提供するライザー・掘削

(OD21)船(図-2)と現行 ODP の JOIDES Resolution(J/R)の改造船または類似の改造船の組み合わせである。OD21 船の建造は着手したが、ノンライザー船については未だ概念検討がなされた所で、予算措置が行われたとは伺っていない。

5 技術開発

5-1 掘削技術開発

海洋科学技術センタ[・]では 4000m riser ないしは DWWCS (Deep Water Well Control System)を国際的協力で開発する。石油業界では(メキシコ湾で)3000m を超えるライザ[・]掘削に成功したと報告されており、静穏海域と言えこの報告には注意を払う必要がある。今後の開発は方法論も含めて革新的な DWWCS の開発を目指すべきである。

掘削用新型ビット(Advanced Diamond Core Barrel:OD21 では、SD-RCB:Small Diameter Rotary Core Barrel と呼称)の開発は現在海洋科学技術センタ[・]とテキサス大学(TAMU)の間で進められており、屋内試験には成功した。これは陸上の鉱物資源探査用で岩石層に対して使うものの改良である。

5-1 孔内長期観測

掘削した孔内に測定器を投入して長期の実験を行う必要のある地球科学上の問題も多い。例えば先に述べた地震発生と間隙水の関連を調査する問題は一つの例である。ACORK はパッカ[・]を利用して間隙水圧、温度、科学成分の変動をモニタ[・]する新たな試みで、主にマイアミ大学を中心として実験が行われて来た。地震発生帯の掘削研究には是非利用したいツ[・]ルであるが、まだ改良の余地が大きい。

その他存在する掘削孔に観測装置を再投入する必要も有るので、海洋科学技術センタ[・]では ROV によるシステム(べんけい)を開発して実海域試験を行っている。この装置は「母船/中層プラットフォーム/スラスト[・]4 基付き作業ロボット」の三者から成り、水深 6,000m、ペイロ[・]ド 0.5ton、孔中ケ[・]ブル伸長 1000m の性能を持つ。母船は海洋科学技術センタ[・]所属の地震探査船「かいいい」のみが可能である。

6 科学フロンティア

プレートテクトニクスから地球環境も含めて、地球を一つの閉じたシステムとして理解しようとする統一的地球観が作られようとしている。この地球観を現実のものとするために、IODP 計画が立てられた。このためには掘削や孔内計測技術開発も含めて、これから新しい科学的フロンティアを開拓して行く為に、現在の様な国立研究機関や公立大学の研究者にスポット的にお願いする研究体制から、専業研究者集団による先端的研究体制に切り替える必要がある。その方向で国内の地球科学研究体

制を整備する為に、海洋技術センター内部に実質7研究領域(部門)から成る IODP Frontier Research for Earth's Evolution が設立された。

終わりに

現在掘削船を建造しているが、現行 ODP は 2003 年 9 月 30 日で終息する。新たな掘削船は J/R が 2005 年度から、OD21 が 2006 年度から国際舞台に登場する予定である(図-5)。その間は真に準備期間と成る訳だが、掘削作業の開始までのリ・ドタイムは 3-4 年必要とされるので、関係者は既に準備期間に入っている。日本国内ではまだ遣らなければ成らない事項が山積しており、油断は成らない。

参考文献:

Kenneth J. Hsu,(1992):Challenger at Sea, by, Princeton Univ. Press

島津康男(1966):地球内部物理学、裳華房

Corliss, J. B., and R. D. Ballard (1977): Oases of life in the cold abyss. National Geographic Magazine, 152, 441-453

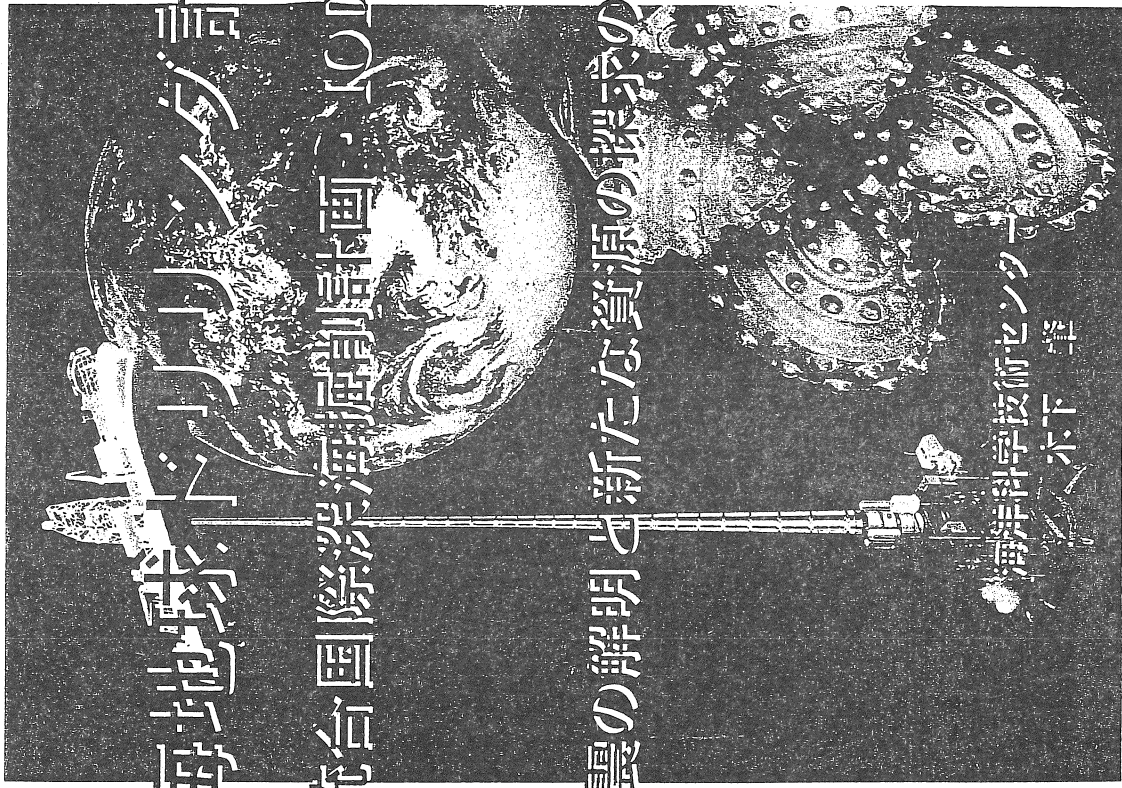
松井孝典(1999):再現! 巨大隕石衝突、岩波書店

IWG(2001):Earth, Oceans and life, IWG support office,110p

深海地球ドッキング計画

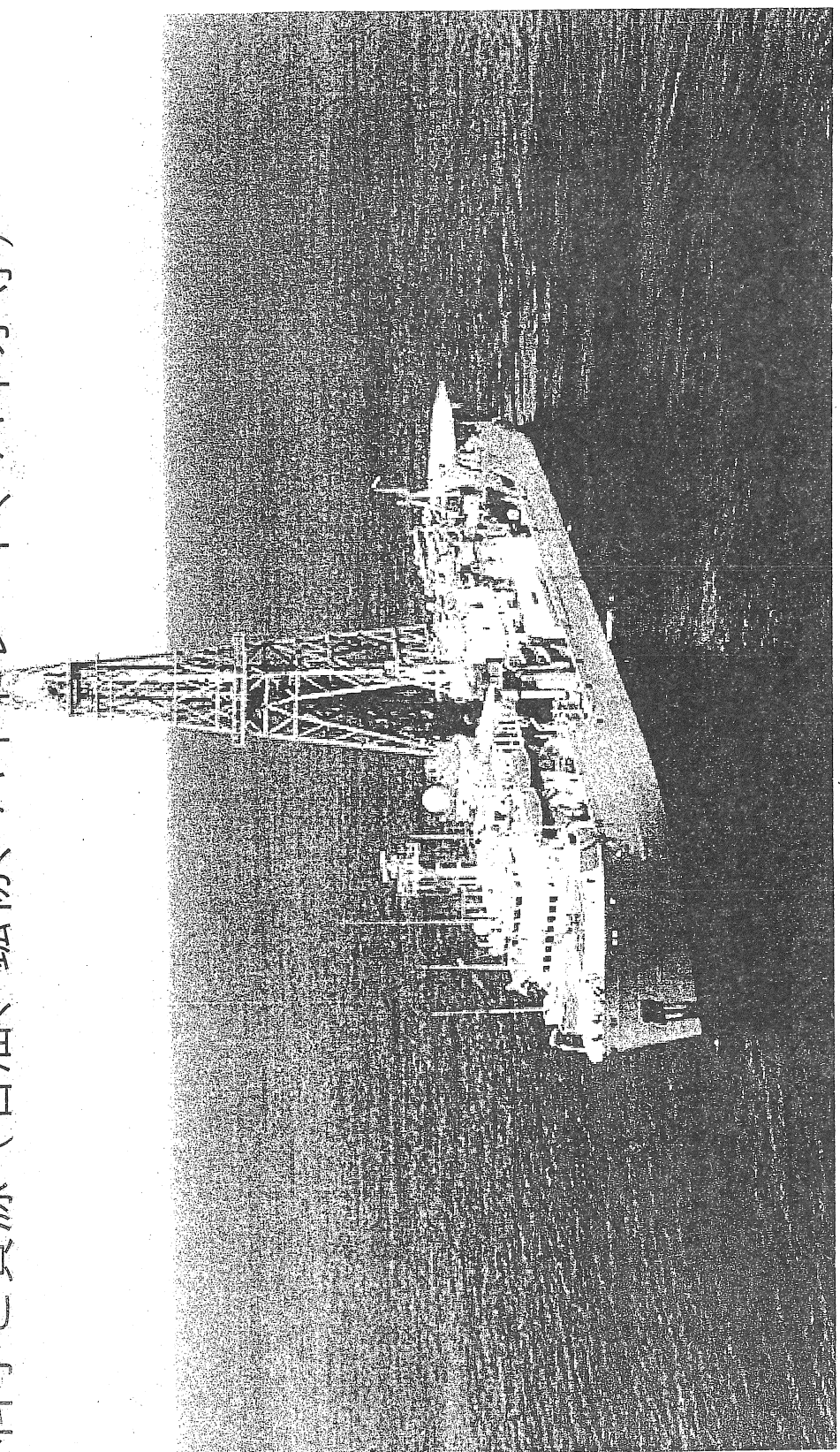
(統合国際深海掘削計画・IODP)

巨大地震の解明と新たな資源の探求のために

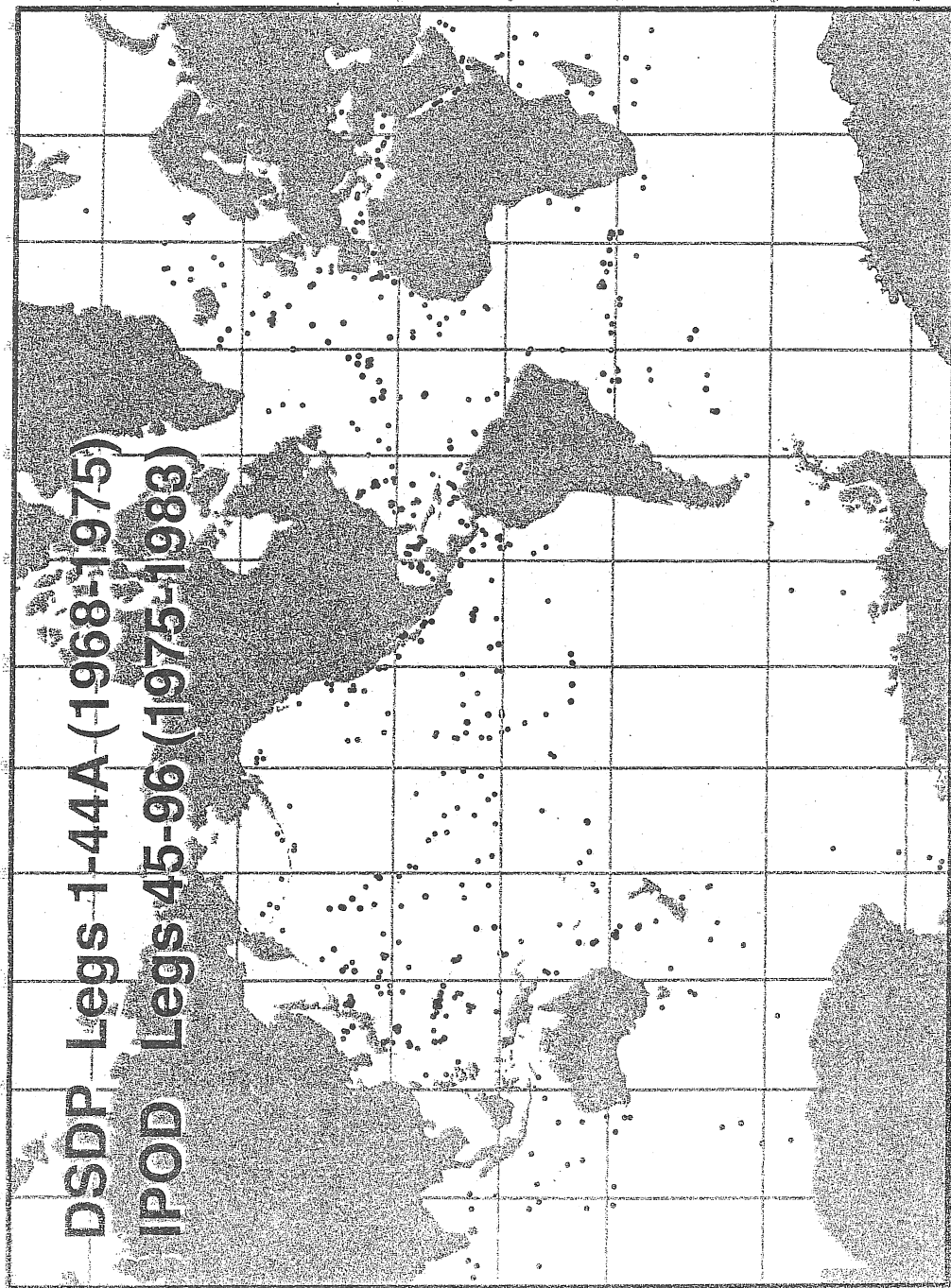


海洋科学技術センター
木下 肇

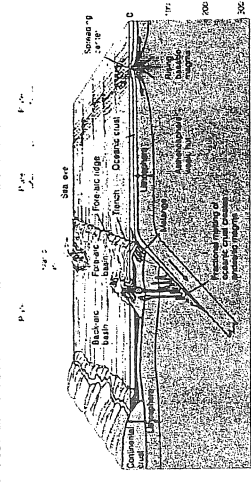
海底を掘る
科学と資源（石油、鉱物、ハイドレート、バイオ等）



DSDP/IPOD 掘削地点

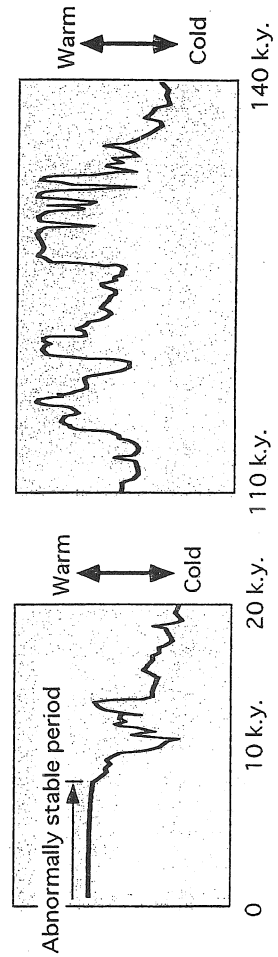
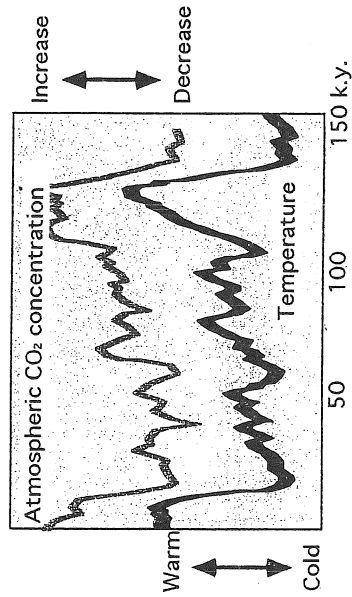
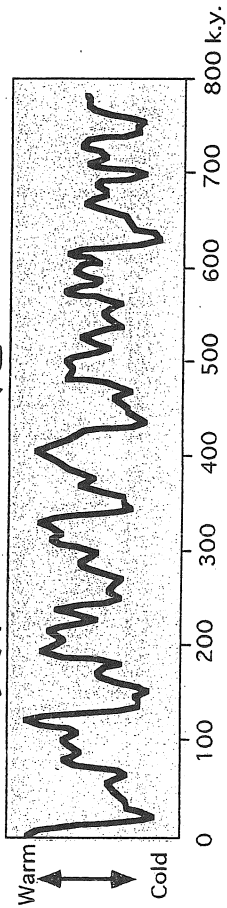


1970年代に判ったこと プレートテクトニクスの実証

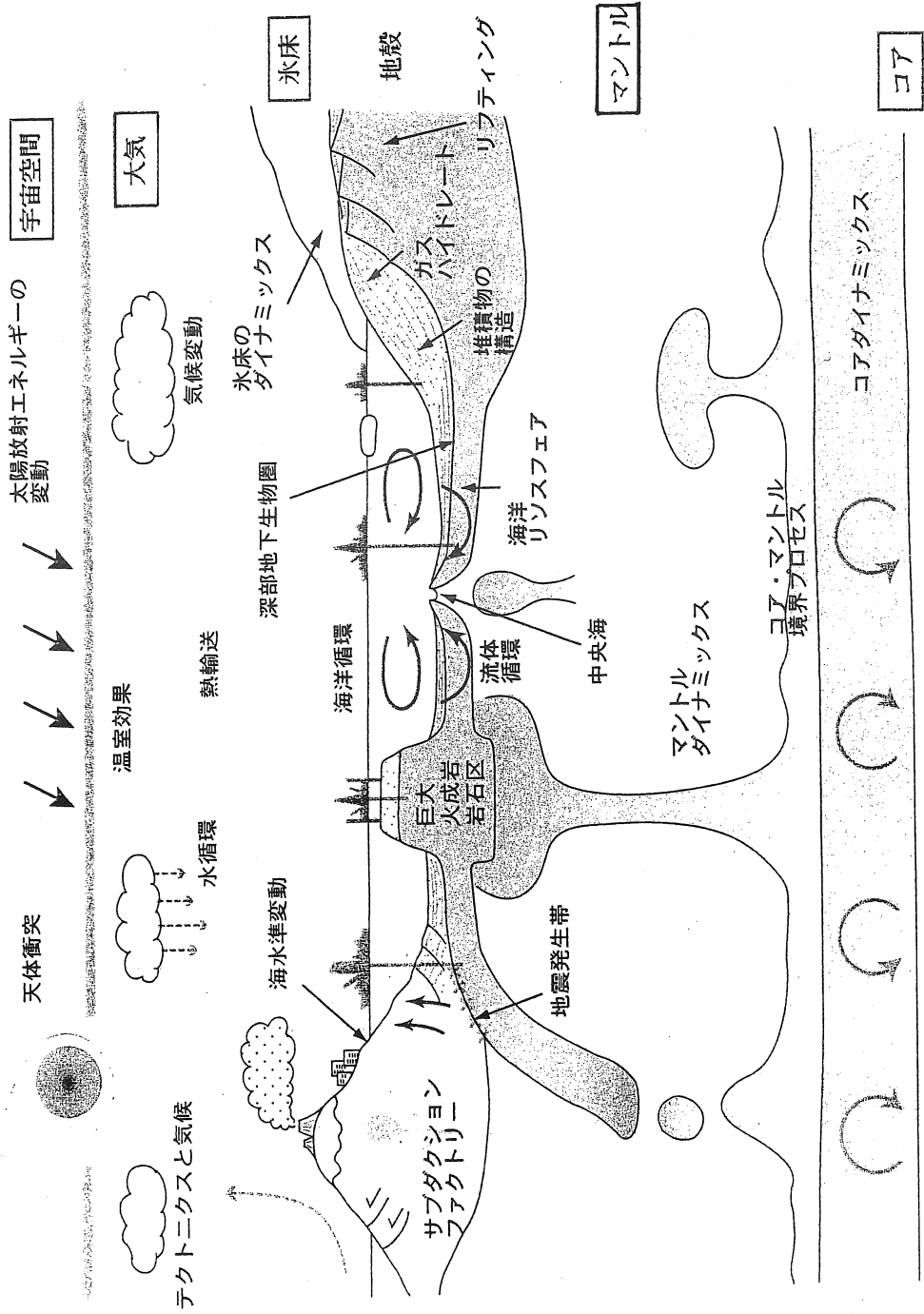


1980年代に判ったこと

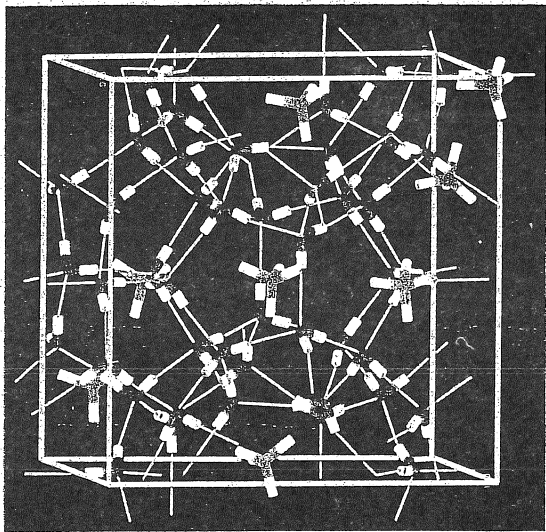
昔の気候はひどく変化していた



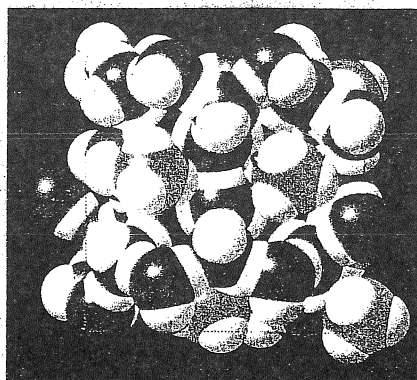
地球システム変動の解明をめざして



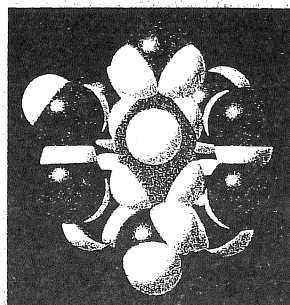
メタンハイドレートの構造



メタンハイドレートの構造

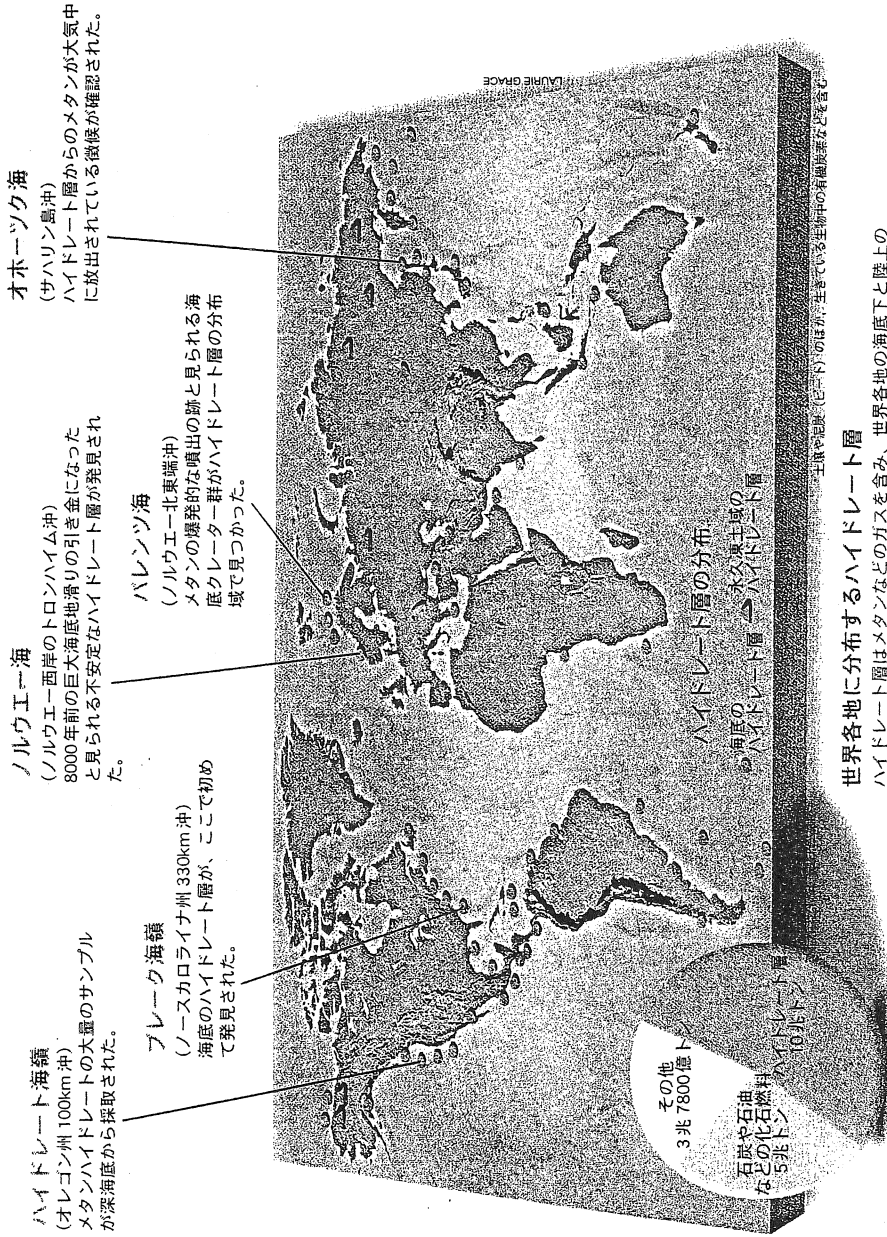


スペース・フィリングモデル



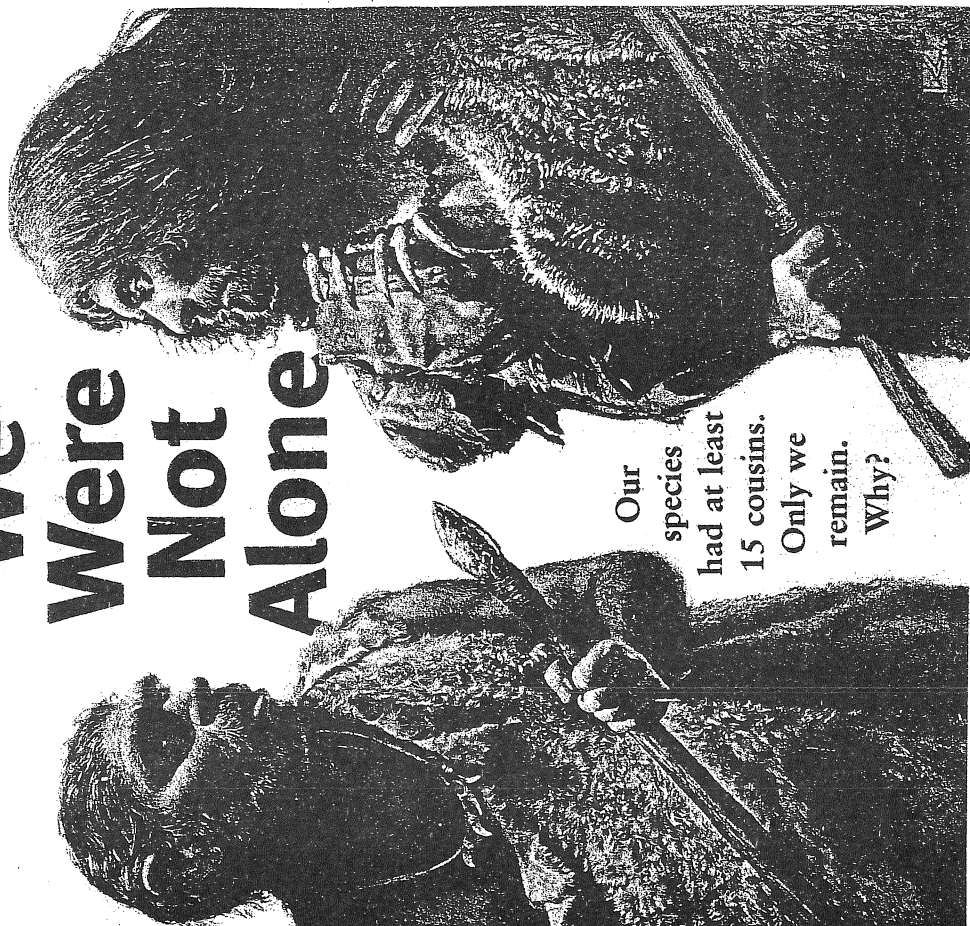
正四面体ケージとエタン

世界各地に分布するハイドレート層

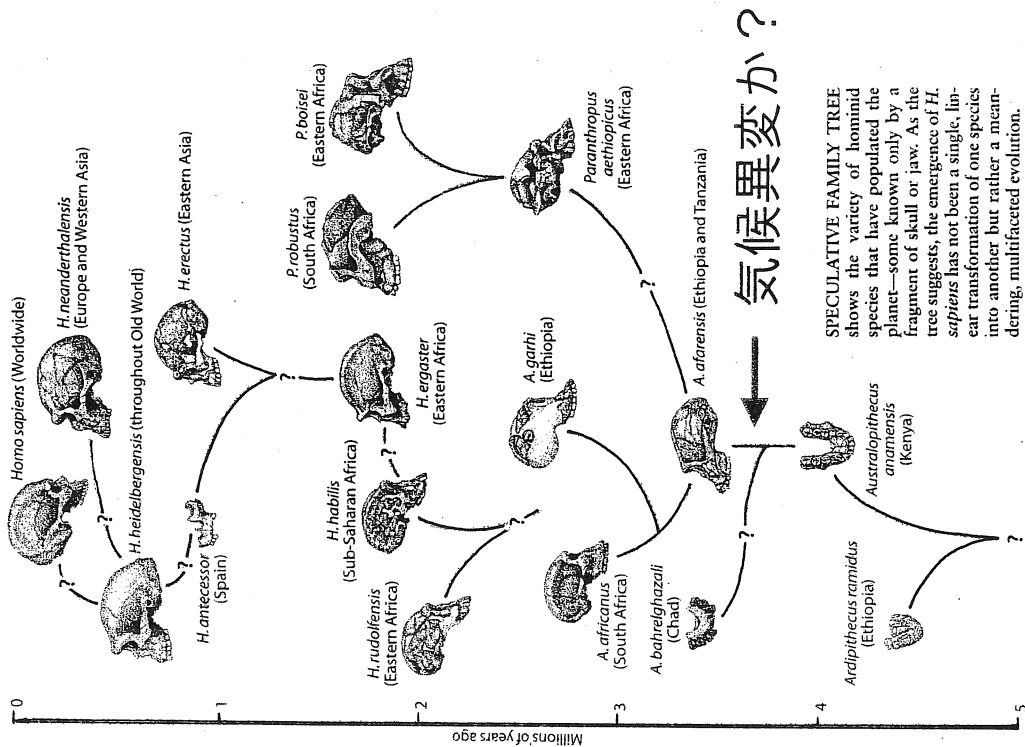


世界各地に分布するハイドレート層
 ハイドレート層はメタンなどのガスを含み、世界各地の海底下と陸上の永久凍土域に存在している（上の地図）。ハイドレート層は、石油や石炭などの地球上の他のどの化石燃料資源よりも、多くの有機炭素を含んでいる（円グラフ）。

We Were Not Alone

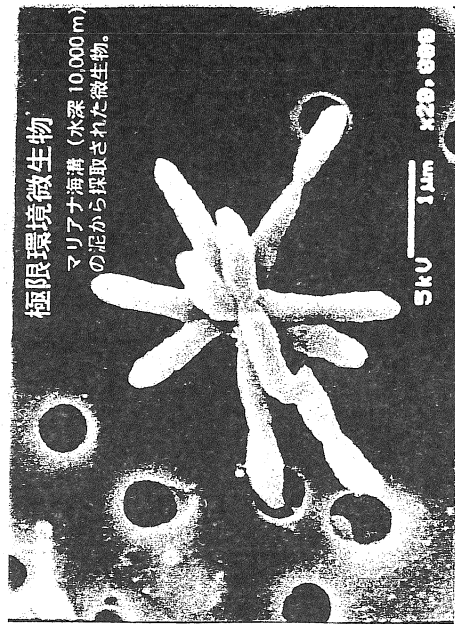


Our species had at least 15 cousins. Only we remain. Why?

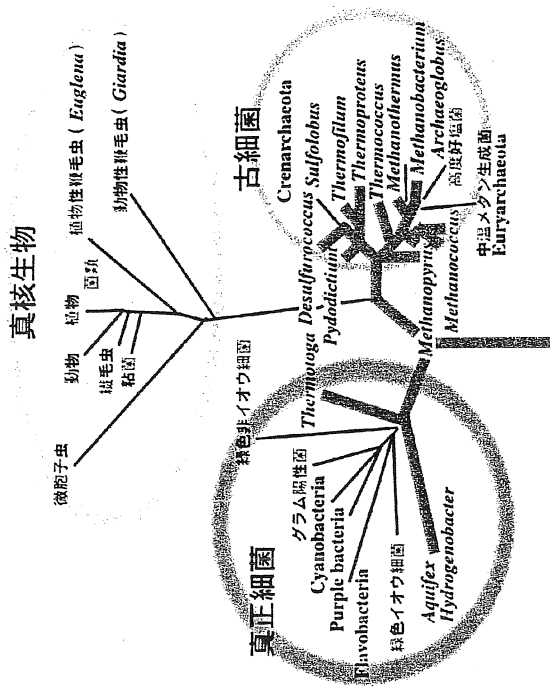


SPECULATIVE FAMILY TREE shows the variety of hominid species that have populated the planet—some known only by a fragment of skull or jaw. As the tree suggests, the emergence of *H. sapiens* has not been a single, linear transformation of one species into another but rather a meandering, multifaceted evolution.

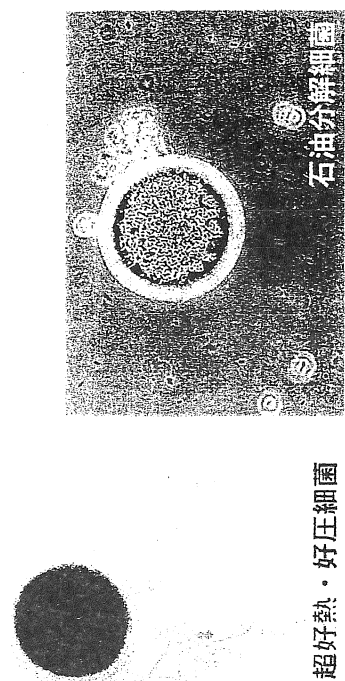
地殻内微生物の採取と 生命の起源

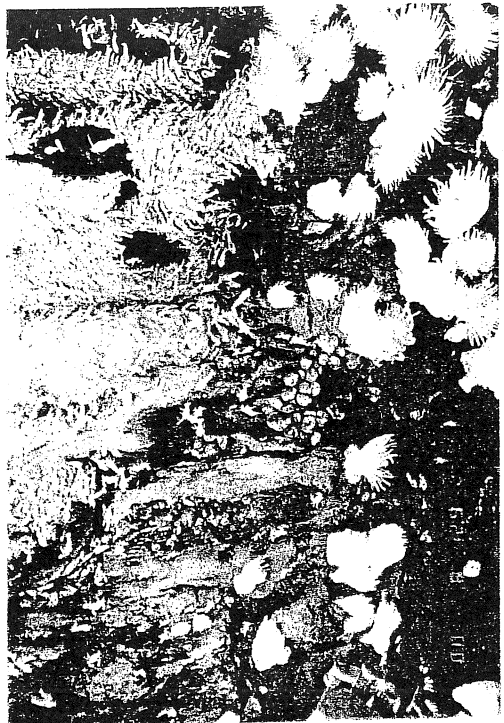
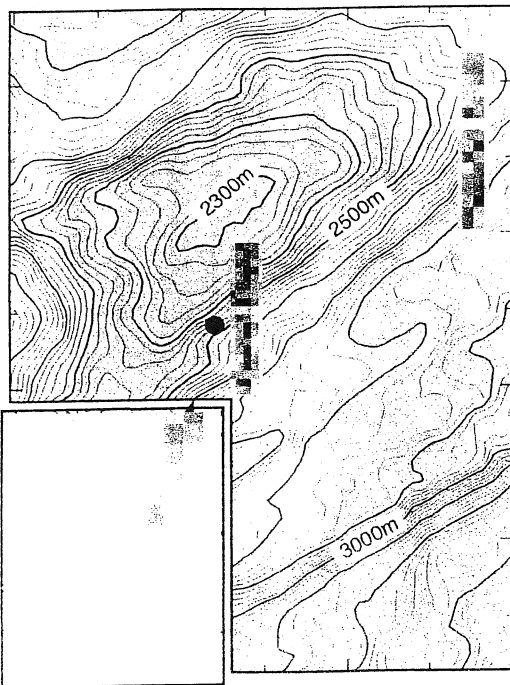


生命はどこまで存在できるのでしょうか？
 地下 500 m という高温・高圧の世界にも
 微生物が存在することが確認されています。
 生物の共通の祖先が超高温性であったかも知れません。
 生命の起源は、高温高圧の地殻内にヒントが隠されているのです。



共通の祖先

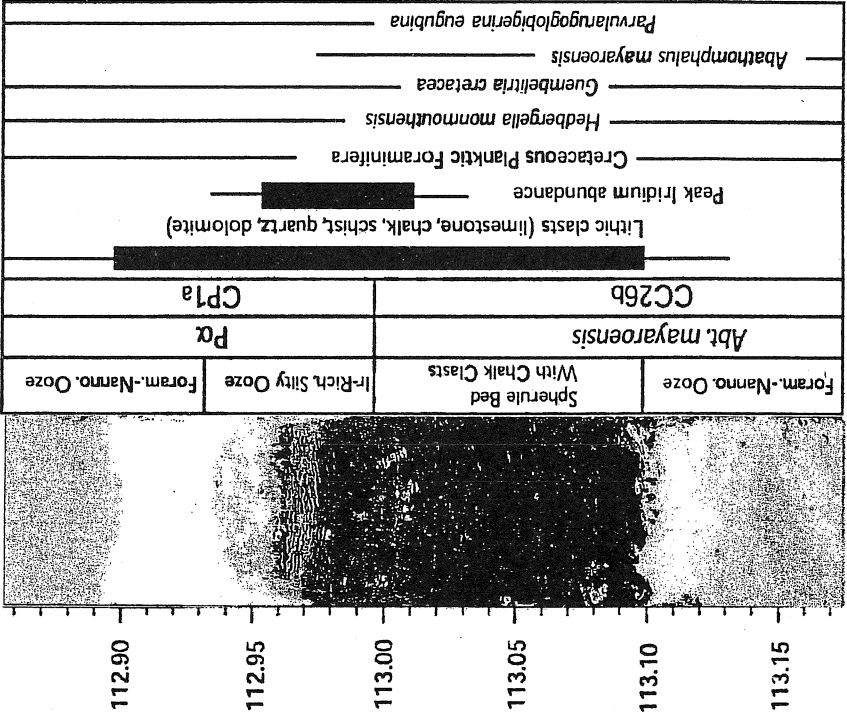




1990年代に判ったこと

地球外惑星物質の大衝突と恐竜の絶滅

Depth (m)
 Distribution of
 selected taxa
 Foraminifera
 Nannofossils

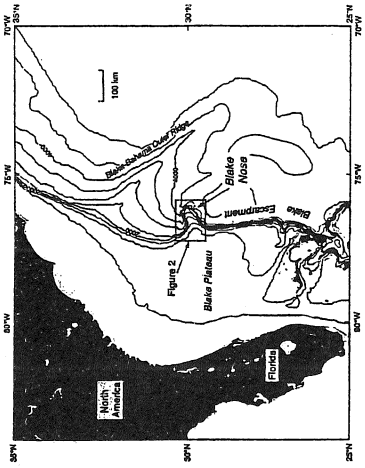


第三紀

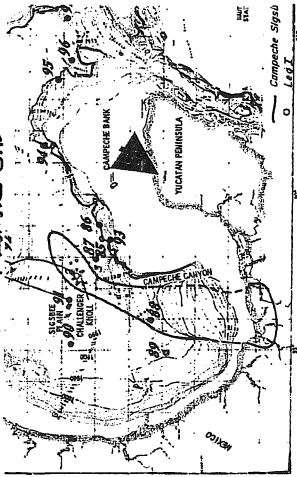
衝突層

白亜紀

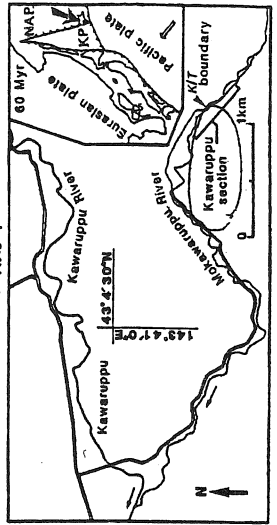
フロリダ周辺海底地形



ユカタン半島周辺地形

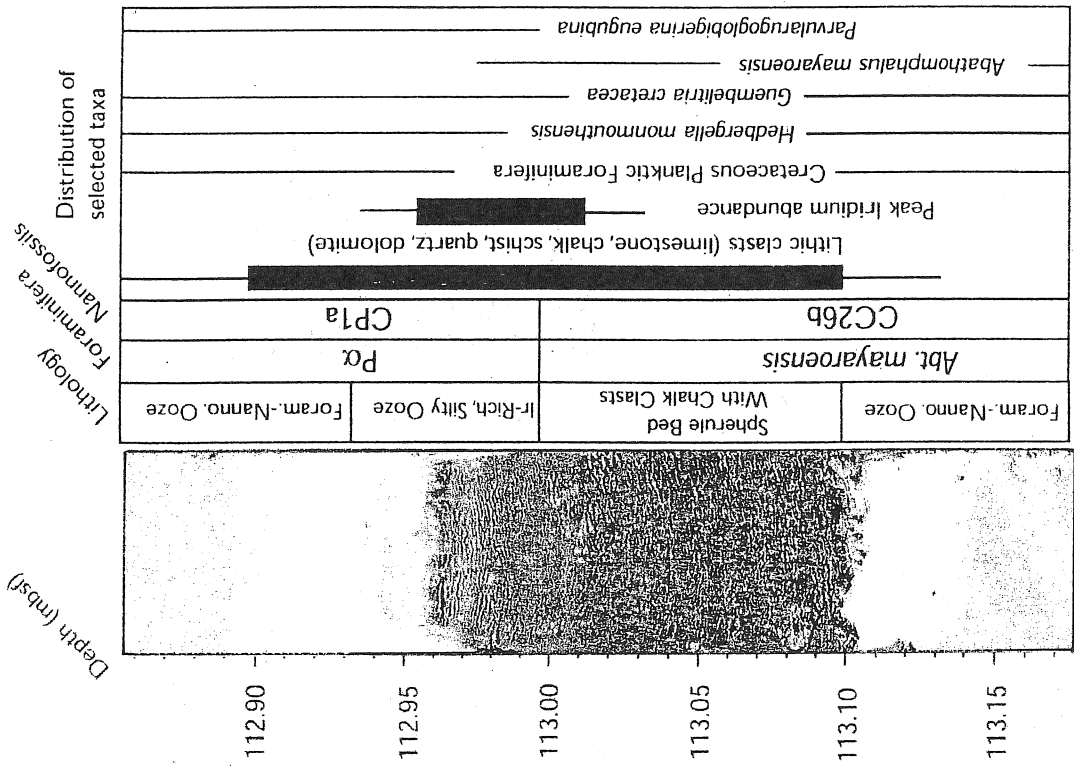
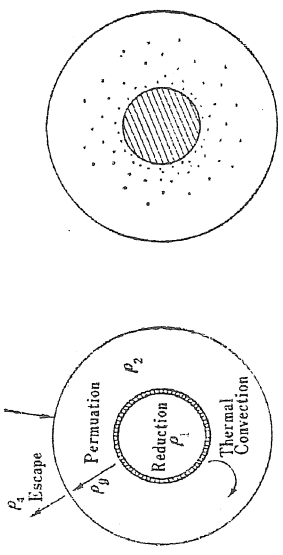


川流布



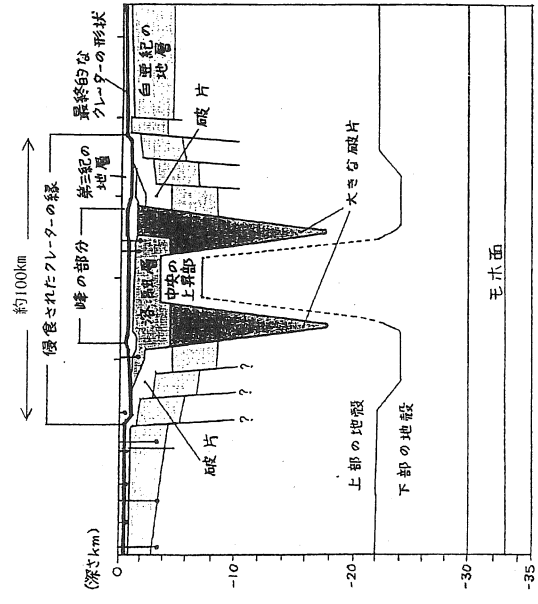
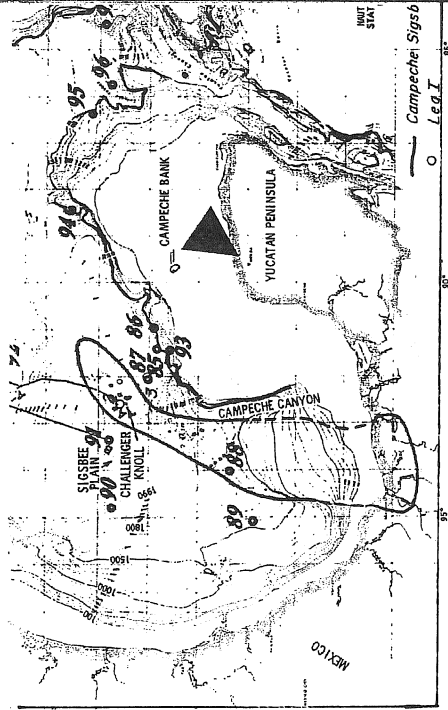
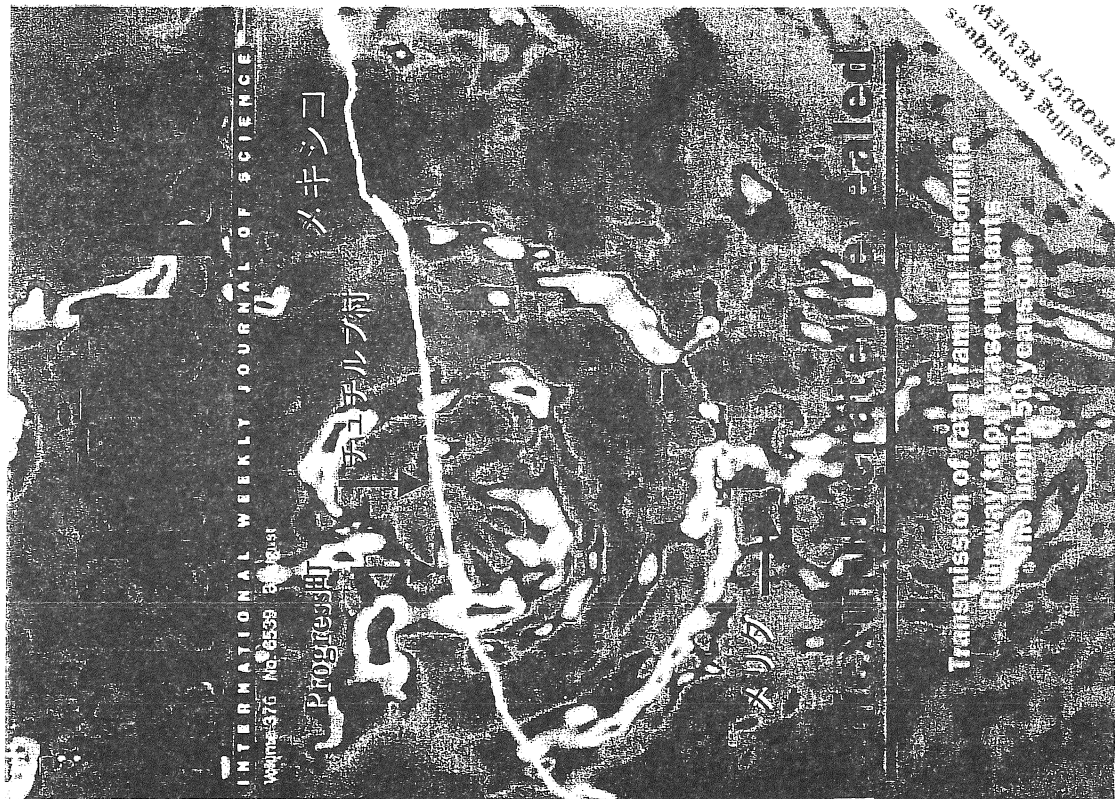
ODP 1049C BX-5

イリジウムは何処から？

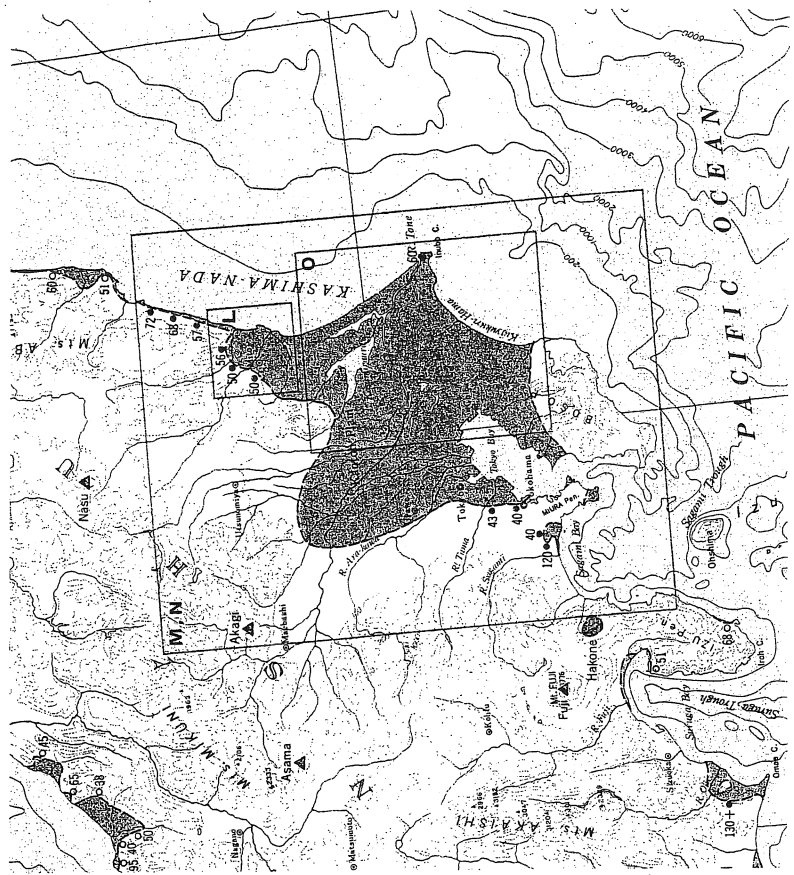
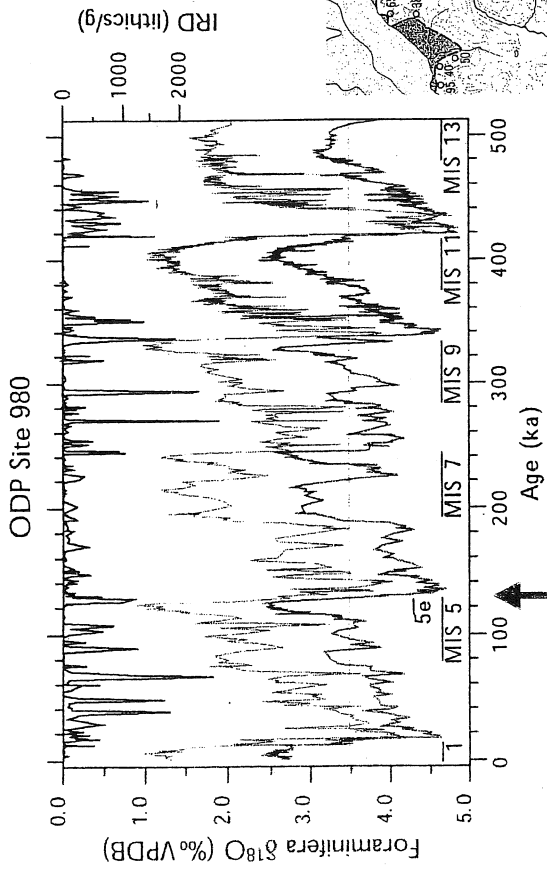


ODP 1049C BX-5

VIIa		VIII		I b	
25 Mn	54.9380 0.09 (2) I II III V VII 7.43 銀灰	26 Fe	55.847 4.70 (4) I II III V VII 8.93 銀白	27 Co	58.9332 0.094 (2) I II III V VII 8.93 銀白
43 Tc	98.9062 — IV VII 11.46C 銀灰	28 Ni	58.71* 0.01 (2) I II III V VII 8.93 銀白	45 Rh	102.9055 1 × 10 ⁻⁷ (79) I II III V VII 12.4 ^{21,5} 銀白
75 Re	186.2 1 × 10 ⁻⁷ (81) — I I II III IV V VI VII 21.03 銀白	44 Ru	101.07* 5 × 10 ⁻⁷ (73) II III IV V VI VIII 13.2 ^{21,8} 銀白	46 Pd	106.4 1 × 10 ⁻⁶ (71) II III IV 12.0 ²² 銀白
76 Os	190.2 3 × 10 ⁻⁷ (77) II III IV VIII 22.6C ²⁰ 青灰、青黒(粉)	47 Ag	107.868 1 × 10 ⁻⁵ (68) I II III 10.494C 銀白	78 Pt	195.09* 5 × 10 ⁻⁷ (74) II III IV VI 21.472C 銀白
79 Au	196.9665 5 × 10 ⁻⁷ (75) I III 19.3 黄金				



イギリスなど連合チームの地震探査結果 (A. ヒルブランド提供)



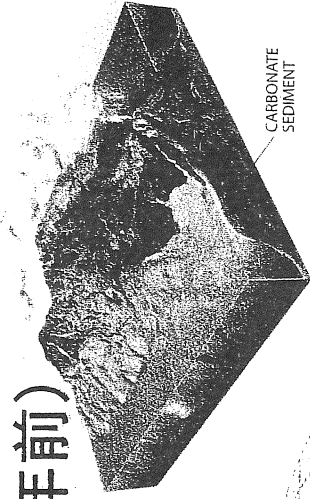
この間氷河期で

海面上昇

CARBON DIOXIDE

カンブリア紀（6億年前）

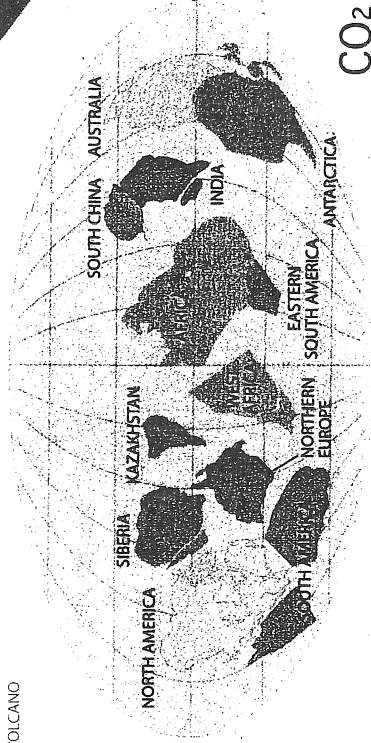
大異変



超温暖 +50℃

温暖化急速

CO₂貯留進行（1000倍）



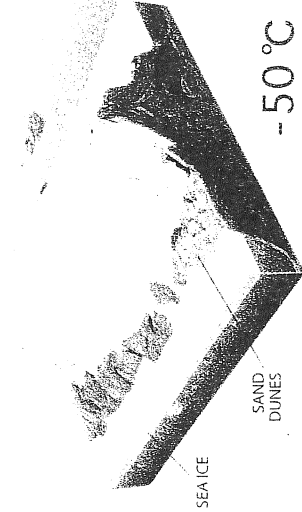
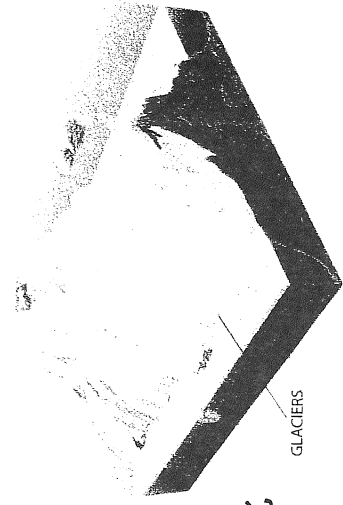
大雨がCO₂を洗い流す

透明な大気と寒冷化

反射率増大

乾燥化

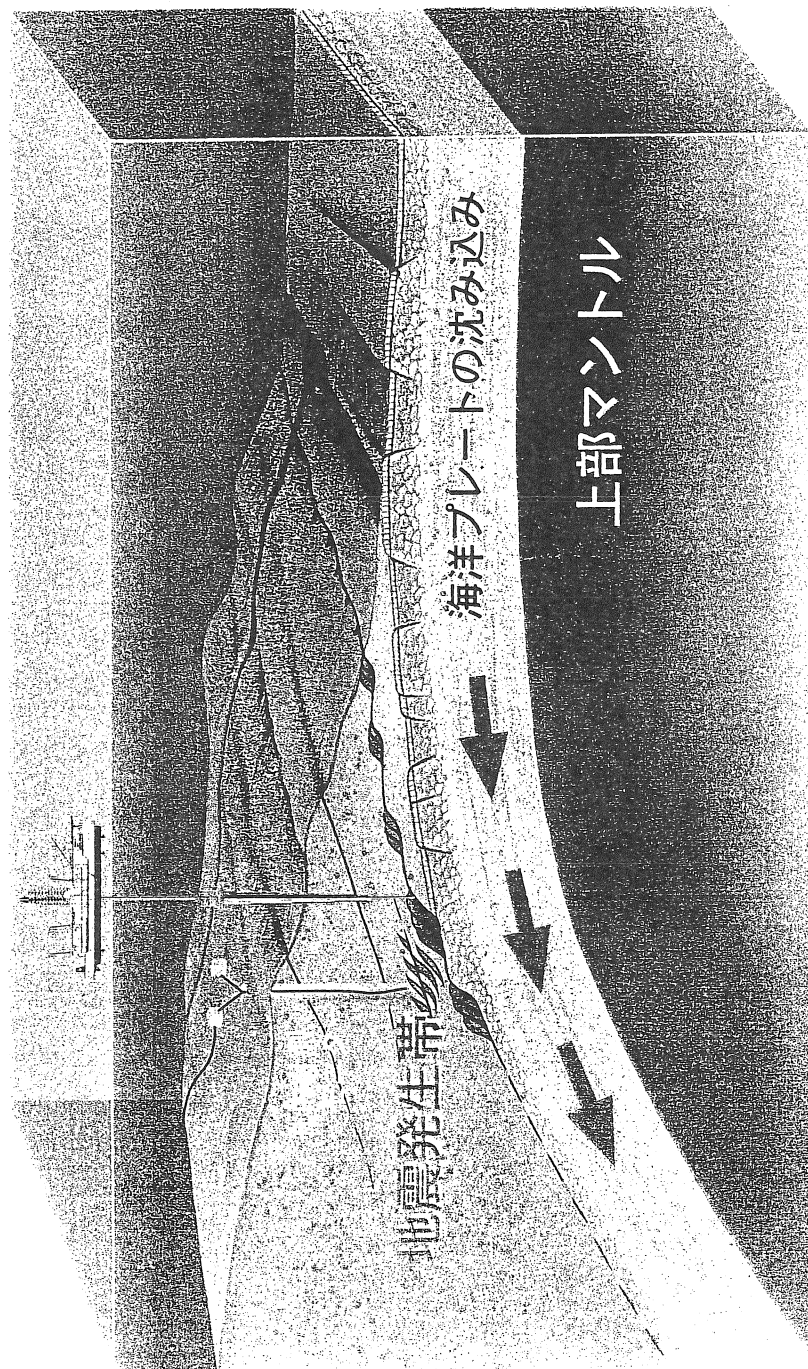
更に寒冷化



-50℃

地震発生ゾーンを直接観測する！

巨大地震の多くは、深海底のプレート境界部で発生しています。海底下数千米ートルの地殻深部に、巨大地震の巣「地震発生帯」があります。この掘削孔に直接観測機器を設置して地球内部の変化をリアルタイムで捉えます。



南海トラフに富士山級の「海山」

ニューズレター

情報管理室 平成 12 年 8 月 21 日 (月)

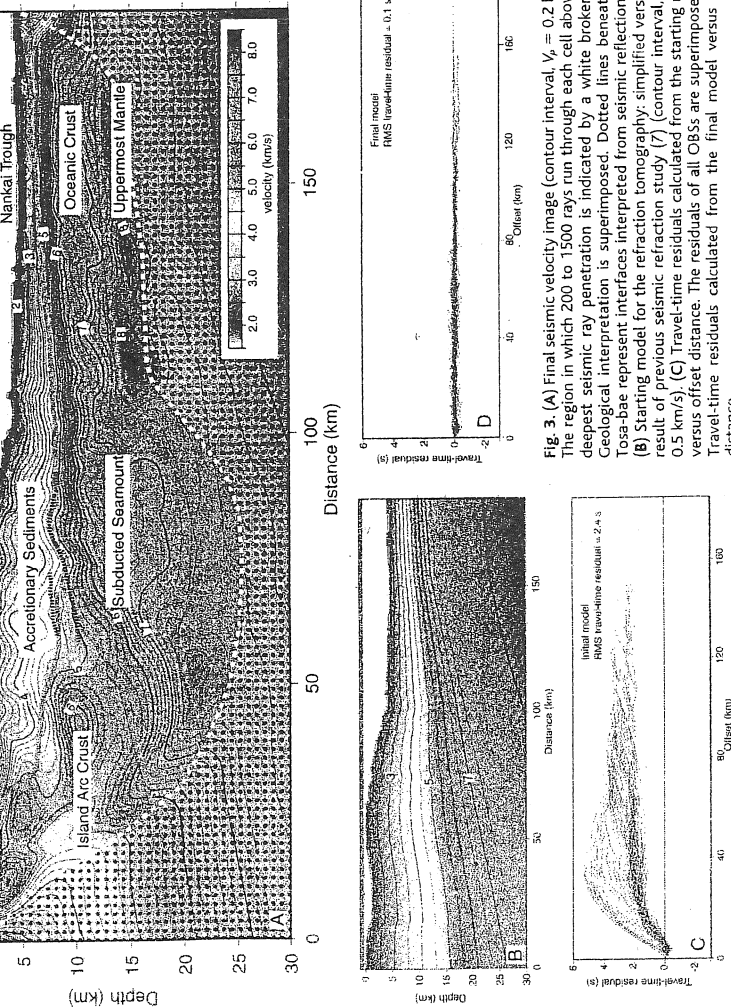


Fig. 3. (A) Final seismic velocity image (Contour interval, $V_p = 0.2$ km/s). The region in which 200 to 1500 rays run through each cell above deepest seismic ray penetration is indicated by a white broken line. Geological interpretation is superimposed. Dotted lines beneath Tosa-bae represent interfaces interpreted from seismic reflection tomography. (B) Starting model for the refraction tomography: simplified velocity model. (C) Travel-time residuals calculated from the starting model versus offset distance. The residuals of all OBSs are superimposed. (D) Final model for the refraction tomography: simplified velocity model. (E) Travel-time residuals calculated from the final model versus offset distance.

www.sciencemag.org SCIENCE VOL 289 7 JULY 2000

富士山級海山が揺れを分けた

1998年の南海トラフ太古地殻に沈み壁形成

南海トラフに沈み壁形成のメカニズムを明らかにした。この沈み壁は、1998年の南海トラフ地震の際に形成された。この沈み壁は、太古地殻に沈み壁形成のメカニズムを明らかにした。この沈み壁は、1998年の南海トラフ地震の際に形成された。

南海トラフに沈み壁形成のメカニズムを明らかにした。この沈み壁は、1998年の南海トラフ地震の際に形成された。この沈み壁は、太古地殻に沈み壁形成のメカニズムを明らかにした。この沈み壁は、1998年の南海トラフ地震の際に形成された。

南海トラフに沈み壁形成のメカニズムを明らかにした。この沈み壁は、1998年の南海トラフ地震の際に形成された。この沈み壁は、太古地殻に沈み壁形成のメカニズムを明らかにした。この沈み壁は、1998年の南海トラフ地震の際に形成された。

「沈み壁」の形成は、南海トラフの地震活動を抑制する可能性がある。この沈み壁は、太古地殻に沈み壁形成のメカニズムを明らかにした。この沈み壁は、1998年の南海トラフ地震の際に形成された。

毎日新聞
2000.8.21 (15頁)

三次元反射法地震探査により明らかにされた
巨大逆断層帯の三次元地下構造



深海掘削技術の波及効果

船体位置制御

流れや風がある
中での船体の位置制御

- ・海上構造物（海上工ア
ポート）の位置保持
- ・船舶の自動離着岸技術
- ・自動航行技術
- ・潜水船のドッキング技術

ライザーハンプリング技術

長大なパイプ（数km）の
揚降作業に伴う運用技術

- ・深層水採取
- ・温度差発電用パイプ
- ・マンガン団塊の採取
- ・重量物、パイプライン等
の海中での移動、設置

ライザーの技術開発

過酷な気象条件にも耐えうる
強度を持つライザーの開発

- ・耐熱・耐食・高強度・軽量
素材の開発
- ・難溶接材料の溶接技術の開発
- ・水中線状構造物の挙動解析

大深度掘削技術

高温高圧下
での掘削技術

- ・高温高圧センシング
- ・超遠隔操作技術／長距離
データ伝送技術（音波等）
- ・地熱利用

- 深海底における重作業
（沈船のコンクリート詰め／油抜き）
- 大水深海底資源
（メタンハイドレート）の掘削
- 深海底への二酸化炭素貯留技術

(4) 新たな科学を可能とする技術の適用

以上のような21世紀に向けての新しい科学の展望を開くためには、現在の国際深海掘削計画にはない新しい技術の導入が必要とされる。そのような技術として、海洋石油掘削で用いられているライザー掘削システムがある(図-13)。

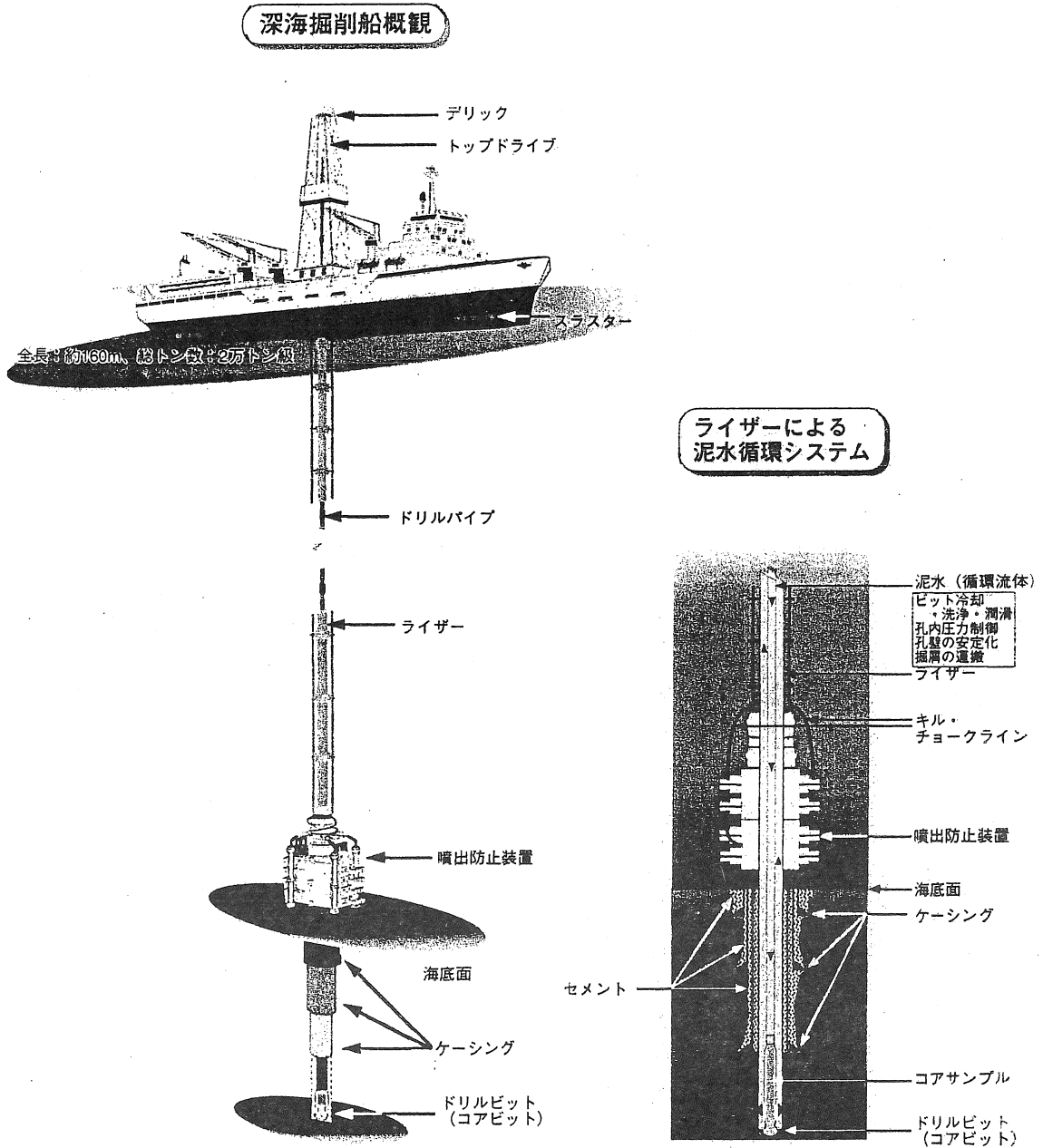
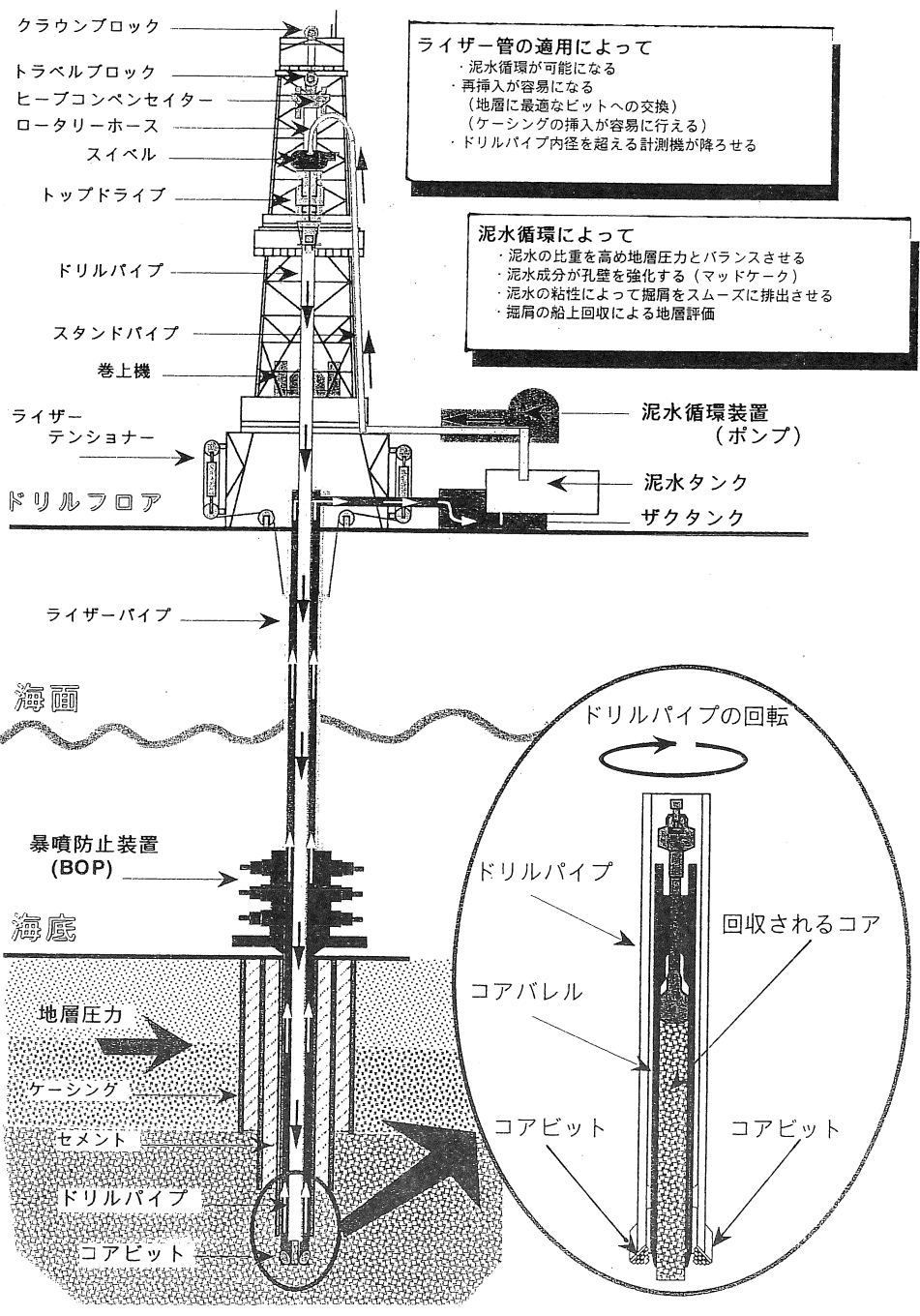


図-13 新しい深海掘削船システム
ライザー掘削システムは科学的な掘削に様々な新展望を与える。



ライザー管の適用によって

- ・泥水循環が可能になる
- ・再挿入が容易になる
(地層に最適なビットへの交換)
(ケーシングの挿入が容易に行える)
- ・ドリルパイプ内径を超える計測機が降ろせる

泥水循環によって

- ・泥水の比重を高め地層圧力とバランスさせる
- ・泥水成分が孔壁を強化する (マッドケーキ)
- ・泥水の粘性によって掘屑をスムーズに排出させる
- ・掘屑の船上回収による地層評価

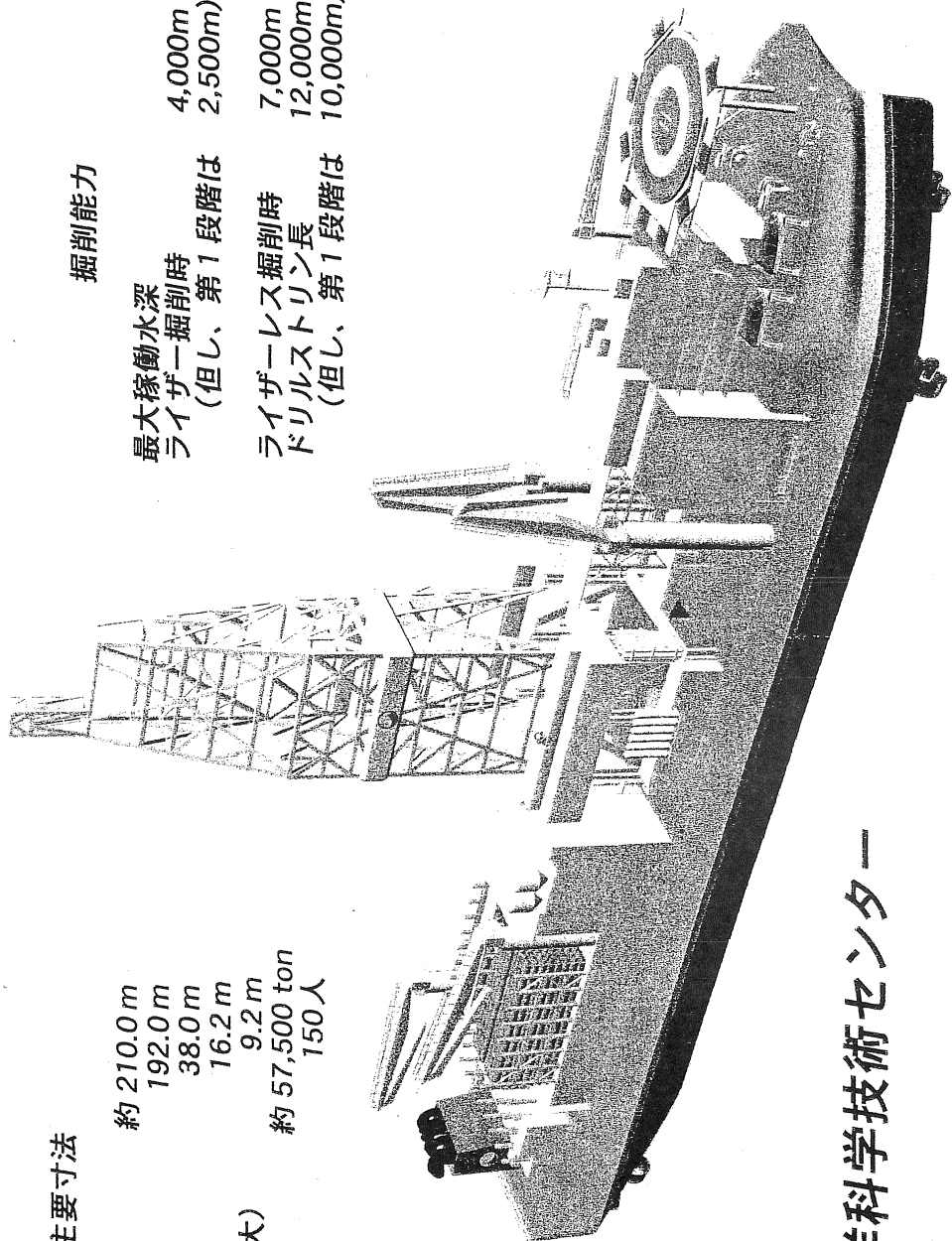
地球深部探査船概念図

概略主要寸法

全長 約 210.0 m
 垂線間長 192.0 m
 幅 (型) 38.0 m
 深さ (型) 16.2 m
 喫水 (計画最大) 9.2 m
 総トン数 約 57,500 ton
 乗組員 150 人

掘削能力

最大稼働水深 4,000m
 ライザー掘削時 (但し、第1段階は 2,500m)
 ライザーレス掘削時 7,000m
 ドリルストリン長 12,000m
 (但し、第1段階は 10,000m)



海洋科学技術センター



1965 1970 1975 1980 1985 1990

海洋科学技術センター



Established



「しんかい2000」



「しんかい6500」

科技厅による
21世紀の計画報告

米軍計画

深海掘削計画
(DSDP)

掘削船

グロマーチャーヤレ

DS Glomar Challenger

国際フェーズ

国際深海掘削
計画

(IPOD)

号

COSOD I



COSOD II



20ヶ国以上参加

深海掘削計画

(ODP)

掘削船ジョイデス

レゾリューション号

DS JOIDES Resolution

海洋掘削

1990 1995 2000 2003

海洋科学技術センター

基本設計 建造

技術に関する研究 概念設計

国際報告

OD21 IODP

京都会議

ライデン会議

CONCORD

国際検討委員会

横浜技術会議

COMPLEX

IWG/IODP

深海掘削計画

第一期 第二期 第三期

掘削船ジョイデスレゾリューション号

DS JOIDES Resolution

講 演

新しい廃泥処理技術の確立に向けて

－廃泥処理コストの削減と再生利用の可能性－

上山試錐工業株式会社

○滝山田成生

吉國 富雄

1. はじめに

ボーリング工事によって発生する廃泥は、大規模な天然ガスあるいは石油掘削井を除き、ほとんどがバキューム車によって現場から搬出し、産業廃棄物として処分されている。しかし、廃泥を受け入れる最終処分場の処理可能量が逼迫していることから、年々処理費用が高騰し、掘削コスト上昇の大きな要因となっている。

一方、廃棄物の不適正処理による環境汚染が懸念され、国により最終処分場に係る技術上の基準が強化された。これにより、今後も処理費用の高騰が予想され、工事施工者にかかる負担も大きくなり、不法投棄等の行為を招く可能性もある。

このような状況の中、当社では高分子凝集剤を用いて、廃泥を現場内で簡便な方法で減量化、土壌化することに成功した。これにより、処理費用はバキューム処理に比べ半分以下となり、さらに、現在検討中である廃泥の再生利用を図ることで、大幅なコスト削減が期待できる。

今回の発表は、その廃泥処理方法を紹介するとともに、直面した多くの問題、そして廃泥の再生利用の可能性について述べることとする。

2. 従来 of 廃泥処理

現在実施されている代表的な廃泥処理の方法、状況および問題点を述べる。

1) バキューム処理

現在ボーリング工事において発生した廃泥は、ほとんどがこの方法によって処理されているといえる。

現場から収集・運搬された廃泥は、まず中間処理業者によって埋立基準を満たすように減量化・安定化・無害化を目的として焼却・脱水等の処理が施される。適正な中間処理が施された廃泥は、最終処分場で埋立てされる。

処理方法としては最も適正であるが、現場近郊に最終処分場がない場合の運搬費が高額なことや、埋立量に不安を抱えている処分施設が多いことから、ここ数年は処理費用が大幅に高騰しているのが実状である。

北海道内でのバキュームによる処理費用（最終処分費含む）を表-1に示す。

表-1 北海道内におけるバキューム処理費用の概算

地 域	1m ³ 当たりの処理単価(円)
札幌市内	¥12,000 前後
釧路周辺	¥25,000~30,000
函館周辺	¥22,000~25,000
留萌~稚内	¥25,000~30,000

2) 固液分離システム (凝集沈殿法)

固液分離システムとは泥水に高分子凝集剤を添加し、固体と液体に分離する方法であり、従来法と簡易法が開発されている。

従来法は図-1に示すように、脱水反応後の廃泥を遠心分離器により処理し、廃泥量は5分の1から10分の1程度に減量化される。減量化する上では優れた効果を発揮するが、大規模な設備が必要なため、少量の廃泥量ではコスト高になる。従って、大量の廃泥が発生する天然ガス、地熱生産井等の掘削現場で使用されている。

一方、10年程前に簡易的な固液分離システムとして、温泉現場等を対象に、ミキサーあるいはバックホーを使用した、高分子凝集剤(ハイデイ1号, 2号)による廃泥処理方法が開発された。従来法のような設備は必要なく、小規模ボーリング現場でも対応できる処理方法である。分離したスラッジは、ドリームネットあるいはスクリーンプレス等を使用し強制脱水している。

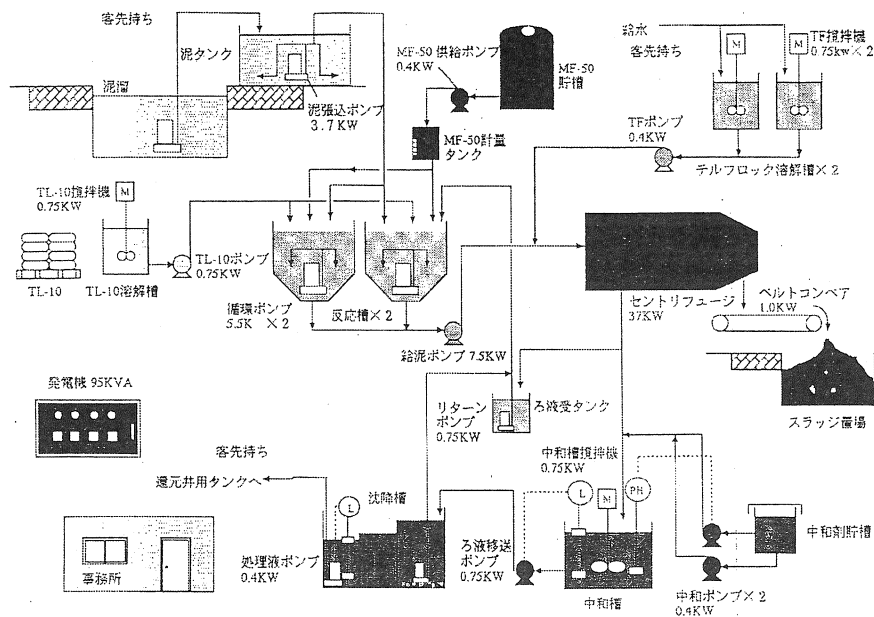


図-1 凝集分離システム(従来法)

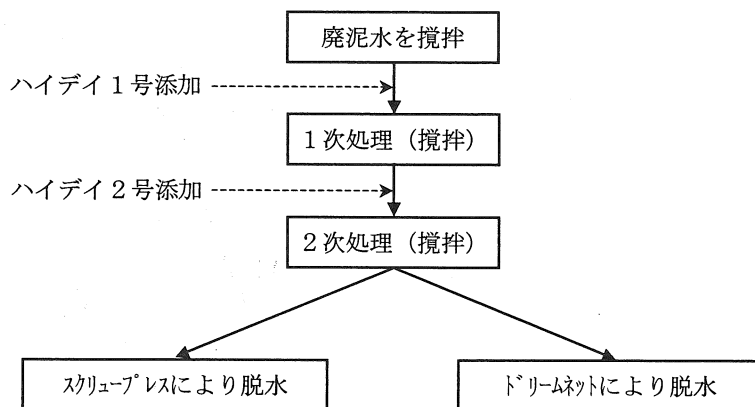


図-2 凝集分離システム（簡易法）

3) 蒸発濃縮システム

石油および天然ガス掘削現場で生じる廃泥は、様々な添加剤、高濃度の塩分を含み、固液分離システムでの処理は困難であるため、蒸発濃縮による処理システムが開発された。

廃泥は濃縮装置およびその他の処理装置により、ほぼ完全に脱水される。廃泥に含まれる固形分濃度にもよるが、最終的には2分の1から3分の1程度に減量化される。

3. 産業廃棄物について

1) 産業廃棄物の定義

産業廃棄物とは事業活動に伴って排出する不要物の中で、法律で定められている21種類の廃棄物^{※1}をいい、かつ、そのものが他人に有償で売却できないものをいう。

※1：①燃え殻②汚泥③廃油④廃酸⑤廃鹼⑥廃プラスチック⑦紙くず⑧木くず⑨繊維くず⑩動植物性残さ⑪ムクズ
 ⑫金属くず⑬ガラスくず⑭カーボンくず及び陶磁器くず⑮鉱さい⑯かたき類⑰動物のふん尿⑱動物の死体⑲ばいじん
 ⑳動物性固形不要物㉑「①～⑱又は㉑」を処理したもので、「①～⑱」に該当しないもの㉒輸入された廃棄物

廃棄物は、「産業廃棄物」と「一般廃棄物」に分けられる。産業廃棄物の処理責務は排出事業者であり、原則として現場で発生する産業廃棄物は民間の処分施設で処分される。

一方、一般廃棄物は各市町村に処理責務があるが、事業系の一般廃棄物については、排出事業者にも処理責務がある。

また、産業廃棄物の適正な処理を確保するために、平成10年12月からマニフェスト（産業廃棄物管理票）の使用が義務付けられた。排出事業者の責任を明確にし、不法投棄を防止しようとするものである。

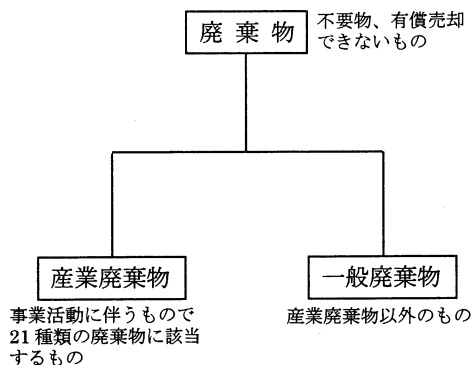


図-3 廃棄物の分類

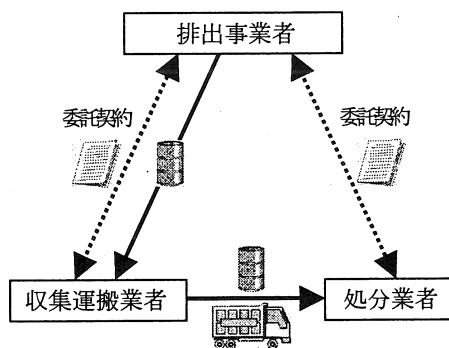


図-4 廃棄物処理の流れ

2) 廃棄物の現状

廃棄物が増加傾向にあることから、廃棄物の発生の抑制、リサイクルの推進を図るために、法律の改正および強化が進んでいる。

産業廃棄物の排出量は、一般廃棄物の約 10 倍にあたる。特に北海道では産業廃棄物の割合が高く、一般廃棄物の約 13 倍であり、排出量は全国の約 9%を占めている（表-2）。

全国各地で廃棄物処理に関するトラブルが頻発したことから、平成 10 年 6 月に総理府と厚生省の共同命令で、一般廃棄物および産業廃棄物の最終処分に係る技術上の基準が強化された。このため、ここ数年は各市町村発注による最終処分場の建設ラッシュが続いている。ただし、これは一般廃棄物の最終処分場であり、汚泥等の産業廃棄物が処分される民間の最終処分場ではない。

また、建設系産業廃棄物の増加が著しいため、これらのリサイクルを推進する動きが強まった。その結果、アスファルト・コンクリート塊のリサイクル率が 81%を越える等、年々成果が上がっているが、汚泥は約 14%と低迷している。したがって、今後は汚泥のリサイクル技術の進歩が強く望まれるところである。

表-2 廃棄物の排出量（単位：万トン）

	北海道	全国
産業廃棄物	3,842（全国の約 9%）	4 億 1,500
一般廃棄物	302（全国の約 6%）	5,120

※平成 10 年

※平成 9 年

3) ボーリング汚泥の取扱い

ボーリング工事に於いて発生した汚泥は、その時点で不要物であり、産業廃棄物となる。

「汚泥は、現場の外に出た時点で産業廃棄物となり、現場内で処理すれば産業廃棄物とはならない」と思っている人も多いのではないだろうか。これは誤りで、汚泥は発生した時点で産業廃棄物であり、廃棄物処理法に基づいて処理しなければならない。

廃棄物は種類によって安定型、管理型、遮断型処分場のいずれかで処分されるが、汚泥は図-5に示すような遮水構造を施した管理型の処分場で埋立てしなければならない。

なお、道内で汚泥を受け入れる管理型の処分場は 14 支庁の内、7 支庁、計 29 ヶ所と以外に少なく、中間処理後の汚泥を各最終処分場まで運搬しているのが実状である。

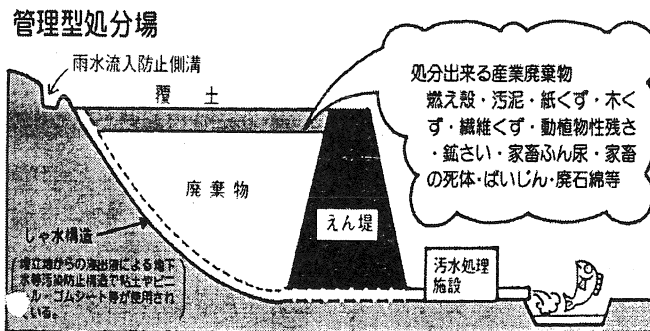


図-5 管理型最終処分場の構造

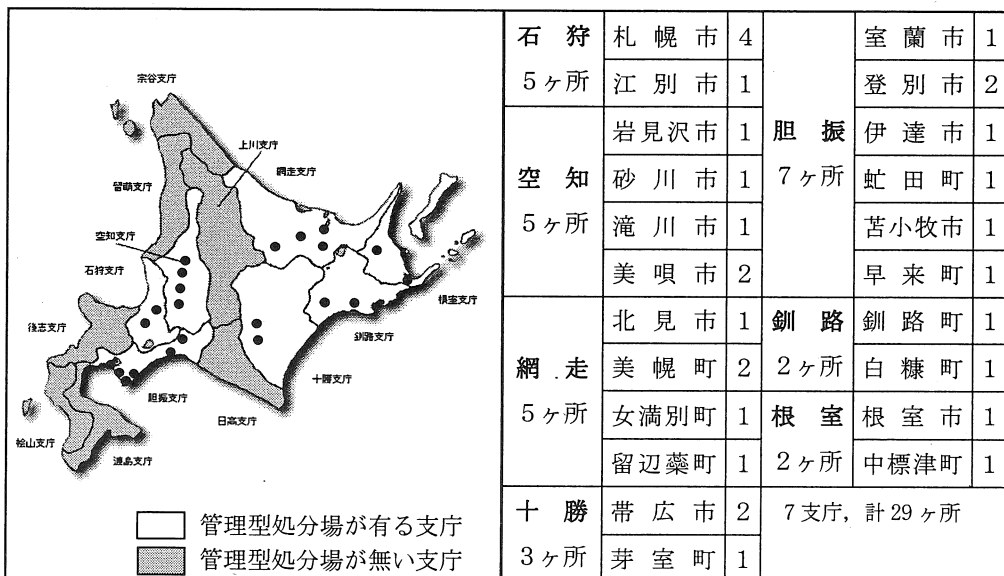


図-6 北海道における管理型の最終処分場分布

4. 新しい廃泥処理の試み

1) 凝集脱水反応のメカニズム

従来から行われていた廃泥処理方法は、微細な固形分に高分子凝集剤を作用させてフロックを作り、液体と固形分に分離する方法であった。

新しい処理方法は、全く逆の考え方で成り立っており、次の原理により作用する。

- (1) 廃泥水に泥水の分散力を上回るだけの凝集力を持った強力な高分子物質を作用させ、固形分を凝集させる。このフロックには、多量の水が内蔵されている。
- (2) 水の内蔵した形で凝集状態にあるフロックに、プラスの電荷を持った電解質(=塩化カルシウム)を添加し、フロックを適度の大きさに切断する。
- (3) 攪拌を続けると、フロックは内蔵している水を吐き出して小さくなり、脱水反応が発生する。

この原理により、廃泥を水と固形分に分離させることができる。図-7に凝集脱水反応のメカニズムを示す。

また、現在市販されている凝集剤リストを表-3に示す。

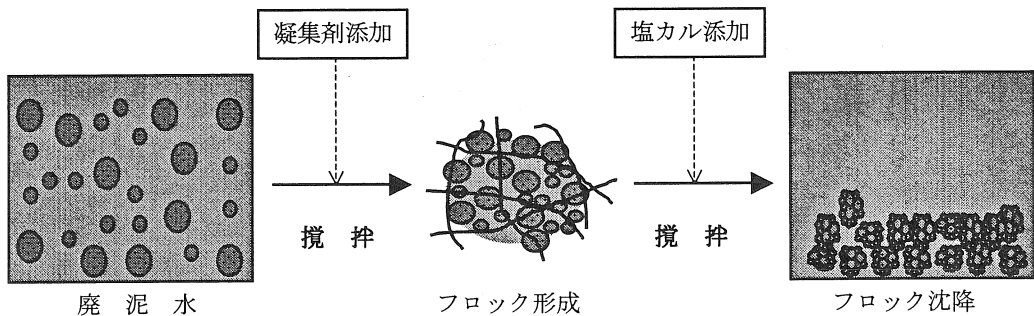


図-7 凝集脱水反応のメカニズム

表-3 高分子凝集剤リスト

薬 剤 名	ジオフロック KM-D2	テルフロック 21A	ジオフロック KM-No.4	テルフロック 21B
対 象 物	廃泥水		濁水、坑内洗浄水	
組 成	ポリアクリルアミド系		アルギン酸を主成分	
適応泥水比重	1.03~1.30		1.01~1.03	
使用割合	0.08~0.10%		0.06%	
価 格	2,000 円/kg		2,000 円/kg	
特 徴	あらゆる泥水に対応		濁水処理剤	
取扱い機関	(株)クリステン・マイカイ	(株)テルナイト	(株)クリステン・マイカイ	(株)テルナイト

2) 凝集脱水処理方法

高分子凝集剤による凝集脱水処理方法を図-8に示す。

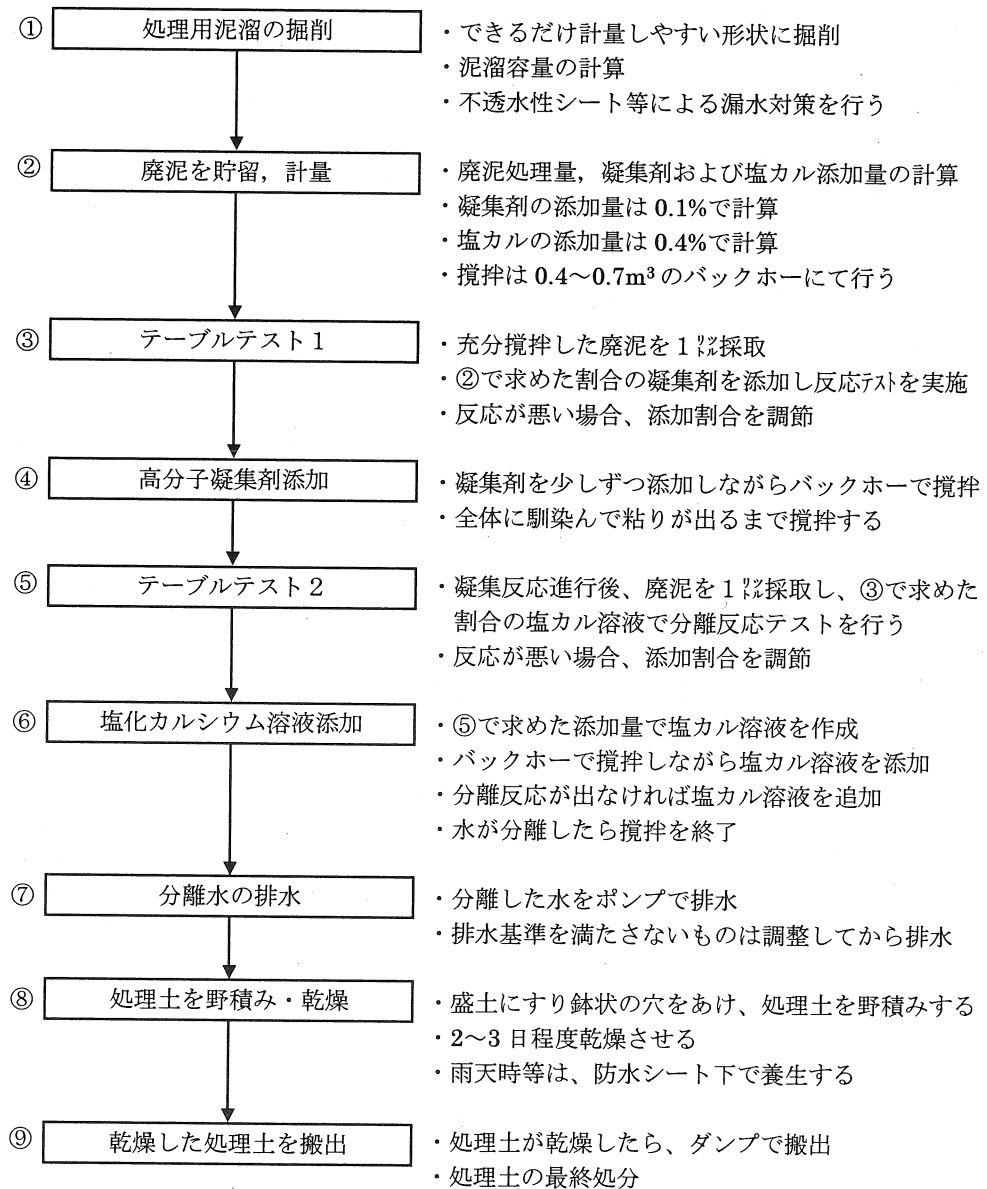


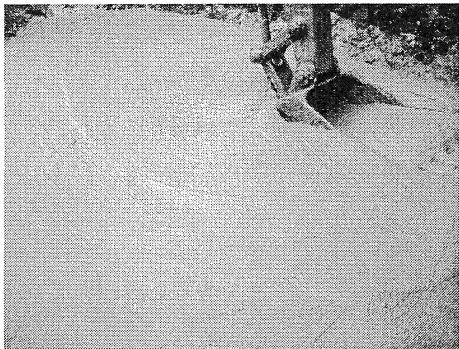
図-8 凝集脱水処理手順



処理前攪拌



高分子凝集剤添加



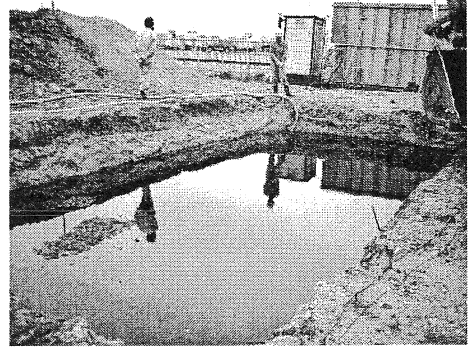
高分子凝集剤添加後攪拌



塩カル溶液添加



塩カル添加後攪拌（脱水開始）



脱水完了



処理土野積み、乾燥



処理土搬出、最終処分

図-9 凝集脱水処理状況写真

3) 凝集脱水処理結果

当社では、昨年3ヶ所の温泉掘削現場において計12回、総量約850m³の廃泥処理と計2回、総量133m³の濁水処理を実施した。

各現場での実践を基に、反応の特徴、処理の成否を左右する要因、処理費用について以下に記す。

また、凝集脱水処理実績表を表-4に示す。

① 廃泥処理結果

- ・ 一回の処理量は50m³程度が最も作業性が良かった。
- ・ 比重1.1~1.3、粘性50~100sec程度であれば、処理は容易で脱水分離状態も良く、体積は1/2程度まで減少した。
- ・ 高分子凝集剤の添加量は多くても、少なくても効果が減少した。
- ・ 塩カル溶液添加後、攪拌10~15分程度で脱水反応が始まり、20~25分程度で反応は終了した。
- ・ 含水量が少ない廃泥は反応が悪く、脱水量も少なくなる傾向があった。
- ・ 廃泥に、BHおよびG-500等の分散剤が混入している場合、分離水もやや薄い黒褐色を呈した。それ以外の廃泥での分離水は、ほぼ透明であった。
- ・ 乾燥した処理土は雨等で濡れてもべた付かず、ダンプでの運搬が可能であった(脱水後の処理土は再泥化しなかった。)

② 濁水処理結果

- ・ 比重が1.03以下であれば脱水分離状態は良く、10分の1程度に減量化した。
- ・ 高分子凝集剤添加後の攪拌時間は5分程度で充分であった。
- ・ 塩カル溶液添加後、10分程度の攪拌で反応は終了した。
- ・ 分離水はほぼ透明であった。

③ 凝集脱水処理費用

- ・ 凝集脱水処理にかかる薬剤費用は1m³当たり¥2,000~2,300程度であった。
- ・ 石灰、セメント系の固化剤に比べ、現場までの薬剤運搬費はほとんどかからない。
- ・ 現在、処理土の委託最終処分費用は1m³当たり¥10,000程度であるが、地域によってばらつきがあり上昇傾向にある。
- ・ 総処理費用は、バキューム処理費用に比べ半分以下となり、バックホー費用を含めても1m³当たり¥12,000程度である。
- ・ 濁水処理については、高分子凝集剤および塩カルを含めた薬剤費は1m³当たり¥800程度である。

表-4 凝集脱水処理実績表

	廃 泥 組 成	廃 泥 比 重	廃 泥 粘 性	処理 前 廃 泥 量 (m ³)	高 分 子 凝 集 剤		塩 化 カ ル シ ウ ム		処理 後 廃 泥 量 (m ³)	体 積 比 率	薬 剤 費 用 (円/m ³)	凝 集 脱 水 処 理 費 用 (円/m ³)	パ キ ユ ー ム 処 理 費 (円/m ³)	処 理 費 用 差 額 (円/m ³)
					使用量 (kg)	割合 (%)	使用量 (kg)	割合 (%)						
現場 A	BH泥水、 セメントミ ルク混入	1.3~ 1.4	300>	50	90	0.18	200	0.40	40	0.80	4,000	12,000	25,000	13,000
		1.3~ 1.4	200~ 300	50 +5(水)	54	0.10	300	0.55	30	0.60	2,760	8,760		16,240
	BH泥水 (BH1%)	1.2~ 1.3	200~ 300	53	54	0.10	250	0.47	28	0.53	2,509	7,792		17,208
	G-500S (0.1%)	1.2~ 1.3	300>	66 +1(水)	54	0.08	125	0.19	46	0.70	1,826	8,795		16,205
		1.1~ 1.2	100~ 150	77	72	0.09	175	0.23	36	0.47	2,097	6,773		18,227
		1.1~ 1.2	80~ 120	77	72	0.09	150	0.19	38	0.49	2,065	7,000		18,000
		1.09~ 1.10	50~ 70	100	100	0.10	250	0.25	50	0.50	2,250	7,250		17,750
坑内 洗浄水	1.0~ 1.1	28~ 30	100	30	0.03	200	0.20	5	0.05	800	-	-	-	
現場 B	ポリマー 泥水 (HG:0.1%) セメントミ ルク混入	1.14	89	25	12.6	0.05	100	0.40	18	0.72	1,408	8,608	23,000	14,392
		1.13	39	30	32	0.11	225	0.75	13	0.43	2,883	7,217		15,783
	ポリマー泥 水(サウ含)	1.3~ 1.4	300>	182	180	0.10	775	0.43	105	0.58	2,404	8,173		14,827
	ポリマー 泥 水	1.3~ 1.5	300>	95	90	0.09	500	0.53	70	0.74	2,421	9,790		15,421
現場 C	ポリマー、 セメント	1.5~ 1.6	300>	12	10	0.08	60	0.50	9	0.75	2,167	9,667	30,000	20,333
	ポリマー 泥 水	1.5~ 1.6	200~ 300	32	26	0.08	150	0.47	19	0.59	2,094	8,031		21,969
	坑内 先浄水	1.0~ 1.1	28~ 30	33	19.8	0.06	132	0.40	5	0.15	1,600	-		-

*1 体積比率=(処理前廃泥量)÷(処理後廃泥量)

*2 バックホー費用は別途、最終処分費用は10,000円/m³とした

*3 処理費用差額=(バキューム処理費用)-(凝集脱水処理費用)

④ 分離水の水質分析結果

各現場について分離水の水質分析を実施した（表－５）。

水質分析の項目は、専門機関と協議し水質汚濁防止法に基づく項目のうち、地層および廃泥から溶出する可能性がある 14 項目とした。分離水の水質について要点を以下に記す。

- ・セメントが混入した廃泥の場合、分離水の pH が 11～12 と高い値を示すことがあった。（表中、現場 B の結果は pH が明らかに高かったため、先に中和処理を行ったものである。）
- ・COD および BOD は、2ヶ所の現場で排水基準を上回る数値を示した。
- ・現場 A および B の地層は火山性の火山岩類を主体とし、現場 C は非火山性の堆積岩を主体の地層であったが、いずれも重金属類の有害物質は基準値を大きく下回った。

表－５ 分離水の水質分析結果

分 析 項 目	分 析 結 果			基 準
	現場 A	現場 B	現場 C	
水素イオン濃度 [pH]	8.1	5.9	7.4	海域以外 5.8以上8.6以下 海域 5.0以上9.0以下
化学的酸素要求量 [COD] (mg/l)	-	130	960	160
生物化学的酸素要求量 [BOD] (mg/l)	430	53	420	160
カドミウム及びその他の化合物 (mg/l)	-	<0.001	<0.001	0.1
鉛及びその化合物 (mg/l)	-	<0.005	<0.005	0.1
六価クロム化合物 (mg/l)	-	<0.04	<0.04	0.5
砒素及びその化合物 (mg/l)	-	0.001	0.008	0.1
水銀及びメチル水銀 その他の水銀化合物 (mg/l)	-	<0.00005	<0.00005	0.005
銅含有量 (mg/l)	-	<0.05	0.05	3
亜鉛含有量 (mg/l)	-	<0.05	<0.05	5
溶解性鉄含有量 (mg/l)	-	0.22	0.07	10
溶解性マンガン含有量 (mg/l)	-	0.13	0.21	10
弗素含有量 (mg/l)	-	<0.1	0.11	15
フェノール類含有量 (mg/l)	-	<0.05	0.08	5

4) 高分子凝集剤による凝集脱水処理の評価・検討

各現場で実施した凝集脱水処理について、処理結果、法規制および環境保全等の問題を踏まえ、総合的に評価・検討する。

- ・ 凝集脱水処理を行うには処理用の泥溜が必要となるため、敷地が狭い現場での処理は困難である。よって、今後は定量タンクあるいは低速回転のミキサー等を用い、少量の廃泥での凝集脱水処理方法を検討する必要がある。
- ・ 処理する廃泥にセメントが混入している場合、分離水の pH が高いことがあるが、希硫酸添加で比較的容易に中和することが可能である。
- ・ COD, BOD が高い値を示したのは掘削泥水中の添加剤に起因するものと考えられる。これは工事用水、温泉水等で希釈する事により対策できる。
- ・ 分散剤等で着色された分離水を脱色することは困難であるため、COD, BOD 同様、希釈法による対策が考えられる。今後、無色の分散剤の開発が望まれる。
- ・ 処理土の無害が証明され安定性が良好と判断された場合でも、有償売却できないものは産業廃棄物として処理しなければならない。
- ・ これまでほとんど目が向けられなかった坑内洗浄水等の濁水処理も低コストで可能となり、同時に環境保全を考えた処理方法といえる。
- ・ 廃泥を現場で約半分にしたことは、処理費用の削減だけではなく産業廃棄物の排出量を抑制する意識を高める意味でも大きな成果である。

5. 廃泥の再生利用

平成3年、建設省により再生資源の利用促進に関する法律、いわゆる「リサイクル法」が制定された。その後も「建設リサイクル推進計画‘97」を策定し、建設汚泥のリサイクル目標値を60%に設定するなど、積極的にリサイクルを行うことを推進している。

先に述べたように、産業廃棄物の最終処分場の受け入れ可能量が逼迫した状況にあることから、ボーリング工事に携わる我々事業者も、廃泥の発生抑制と再生利用に向け努力していかなければならない。

ここでは、廃泥を再生利用する方法、条件等を考慮した上で、廃泥の再生利用の可能性を検討する。

1) 廃泥の利用方法

ボーリング工事における廃泥の利用の方法として次の2つが考えられる。

1. 再生利用（活用）業者による再生利用
2. 現場での再生利用

廃棄物を利用する方法としては、「自ら利用」、「有償売却」、「再生利用制度」がある。

このうち、「自ら利用」あるいは「有償売却」できるものは有価物であり、廃棄物には該当せず、その利用は廃棄物処理法の規制を受けない。ボーリング工事において有価物として考えられるのは、使用可能な廃泥（余剰泥水）くらいであり、実際に「自ら利用」、「有償売却」するにしても運搬費や泥水の劣化がネックになるため、この方法での利用は困難である。

したがって、廃泥の利用方法としては「再生利用制度」を活用した「再生利用（活用）業者による再生利用」と「現場での再生利用」が考えられる。

2) 再生利用業者による再生利用

ここ数年、建設工事およびボーリング工事で発生する廃泥の再生利用が各地でみられるようになってきている。その理由としては、

- ・全国的にリサイクル推進の動きが強まっていること
 - ・最終処分費用が高騰していること
 - ・再生利用業者が、最終処分費用より安い価格で処理を請負っていること
- 等が挙げられる。

これによる再生利用は次の流れで行われる。

1. 廃泥あるいは処理土を再生利用（活用）業者に委託する（従来と同様→有料）
2. 再生利用（活用）業者は必要な改良処理を行い再生利用土とする
3. 排出事業者あるいは再生利用（活用）業者が再生利用土を利用

3) 現場での再生利用

汚泥は一定の条件を満たせば現場内で再生利用が可能であるが、再生利用とは資材として利用することであり、処分を目的としたものではない

ボーリング汚泥は、生活環境保全上支障がないことを前提に、一定の条件を満たしているものであれば再生利用が可能である（札幌市、函館市、小樽市、旭川市を除く北海道各支庁）。ただし、再生利用とは建設資材又は埋戻し材等としての利用に限るものであり、単に処分目的のものは認められない。

また、処理土を再生利用する場合、利用計画書、利用報告書を各支庁に提出しなければならない。

① 再生利用の条件

道で定めている再生利用の条件の要約を表-6に示す。また、表-6の条件が適用外である各政令市の再生利用の現況を表-7に示す。

表-6 再生利用に係る条件（要約）

- (1) 汚泥の重金属（カドミウム、鉛、六価クロム、砒素、総水銀）の溶出試験結果が、同基準値を満たしているものであること。
- (2) 無機性汚泥であること。
- (3) 汚泥のpHが5.0～9.0の範囲内であること。
- (4) コーン指数が2 kg/cm²以上又は一軸圧縮強度が0.5kg/cm²以上の強度をもつものであること。
- (5) 汚泥の溶出試験結果等から、使用している凝集剤の影響がないと判断されるものであること。

表-7 各政令市における再生利用

	再生利用に関する各政令市の現況
札幌市	現在、建設汚泥の再生利用は認めていない。しかし、再生利用に関する指針を検討中であり、将来的には再生利用できる見通しである。
函館市	現在、建設汚泥の再生利用は認めていない。市内の処理業者への委託処理を原則とする。
小樽市	市で独自の条件はないが、国の再生利用指針に準じて汚泥の再生利用を認めている（ほぼ、道で定めている条件と同様と考えてよい）。
旭川市	道で定めている条件に基づいた再生利用を認めている。

②再生利用用途

ボーリング現場での再生利用が予想される利用用途に対して、目安とする要求品質を表－8に示す。これは、土質材料として有用となる品質を示すものである。

表－8 処理土の適用用途標準

品質区分/ コーン指数 $q_c(\text{kg/cm}^2)$		土地造成 (現状復旧)	
		評価	付帯 条件
第1種 処理土	—	◎	最大粒 径注意
第2種 処理土	8以上	◎	—
第3種 処理土	4以上	◎	—
第4種 処理土	2以上	○	施工上 の工夫

— 凡 例 —

【評価】

- ◎：そのまま利用が可能なもの
- ：施工上の工夫をすれば利用可能なもの

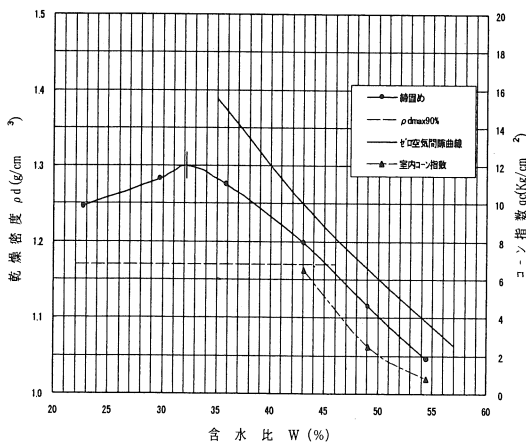
【付帯条件】

- ：十分な施工を行えば、そのまま利用可能なもの

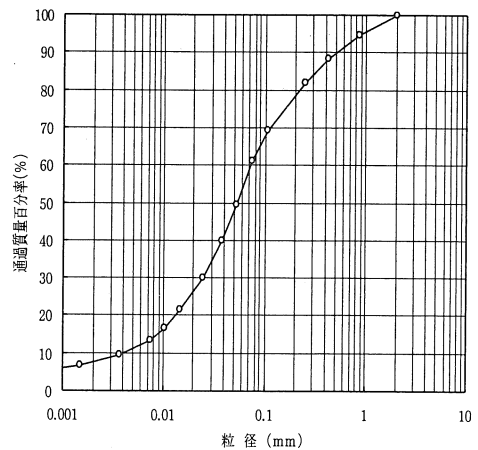
※処理土の評価基準は、「建設汚泥リサイクル指針」処理土の適用用途標準の土地造成相当とした。

B現場で脱水処理後、3日程度自然乾燥させた処理土を採取し、コーン指数および粒土試験を実施した。結果を図－10、図－11に示したが要約すると次のとおりである。

- ・ コーン指数は自然含水状態で、 2.5kg/cm^2 を示した。また、含水費を6%程度低下させると、 6.5kg/cm^2 まで上昇した。
- ・ 現場での乾燥方法の改良および天候の状態によっては、5～6%程度含水費低下の可能性がもたれる。
- ・ 処理土の粒土試験の結果から、土質区分では砂質シルトに相当することが明らかになった。



図－10 乾燥密度・コーン指数 関係図



図－11 処理土の粒土分布

4) 廃泥の再生利用の可能性

処理土が各条件を満たすものであるか実証した結果を述べる。

① 処理土の重金属

各現場の処理土を採取し、溶出試験を行った。

表-9に示すように、いずれの処理土も基準範囲内であり、検出されたものは極微量であった。

表-9 処理土の重金属溶出試験結果

分析項目	分析結果			基準
	現場A	現場B	現場C	
カドミウム及びその化合物 (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
鉛及びその化合物 (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
六価クロム化合物 (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	0.05
砒素及びその化合物 (mg/l)	0.002	0.003	0.003	0.01
水銀及び有機水銀 その他の水銀化合物 (mg/l)	<0.00005	<0.00005	<0.00005	検出されないこと

② 無機性汚泥であること

土砂由来の無機性汚泥（凝集剤等の薬剤を含み泥状を呈する土砂又はその脱水物）を対象としており、ボーリング汚泥はこれに該当する。

③ 汚泥の pH が 5.0～9.0 の範囲にあること

一般にボーリング工事の泥水は pH が比較的高く、今回の現場の廃泥も 8.3～11.0 の範囲にあり、基準値を超えていることがあった。

pHは現場内でも少量の希硫酸を用いることで比較的容易に調整可能であった。

④ コーン指数が 2 kg/cm² 以上または一軸圧縮強度が 0.5kg/cm² 以上の強度を持つこと

野積み3日後の処理土のコーン指数は 2.5 kg/cm² であった。乾燥状態がよければ、さらに高い数値を示すものと予想される。今後は、廃泥組成、乾燥状態によるコーン指数の変化を把握するため、データを蓄積する必要がある。

⑤ 使用する凝集剤の影響がないこと

使用した凝集剤の計量証明書によると、重金属類もなく有害物質も含まれていないことから、影響ないものと判断される。

再生利用の条件との比較から、検討が必要なものとして、pH の問題、処理土の強度等の問題がある。今後これらを改善する事により、廃泥の再生利用は十分可能なものと考えられる。

6. おわりに

ボーリング工事において泥水は必要なものであるが、環境保全に対する動きが盛んになりつつある現在、廃泥の減量化および適正な処理は、我々にとっての重大な使命である。

今回行った凝集脱水処理は、現場員の工夫により、機材等が無くても脱水を促進できたことでさらなるコストダウンへと結びついた。凝集脱水処理そのものは以前から行われており、特に目新しいものではないが、ボーリング業界が置かれている現状からすれば、掘削コストの低減、環境保全を同時に満たす理想的な処理方法といえる。

現段階では、悪条件下での処理方法および再生利用の確立等、いくつかの課題はあるが、今後これらが改良され、ボーリング業界の明るい材料となれば幸いである。

最後に、本資料作成にあたり(株)クリステンセン・マイカイ：木原氏、(株)テルナイト：今野氏・遠田氏、道都化学産業株式会社：瀬川氏には、貴重な御意見、御指導を賜った。ここに記して厚く御礼申し上げる次第である。

【参考文献】

財団法人 先端建設技術センター(1999)：建設汚泥リサイクル指針，大成出版社

沖野文吉(1981)：新版 ボーリング用泥水，技報堂出版

環境庁水質保全局 (1999)：土壌・地下水汚染に係る調査・対策指針運用基準，財務省印刷局

全国ボーリング技術協会(2000)：廃泥処理技術分科会報告書

社団法人 北海道産業廃棄物協会(2000)：北海道産業廃棄物処理業者名簿

北海道環境生活部(2001)：豊かな自然とよりよい環境

(株)テルナイト 石川義昭(1994)：第 32 回試錐研究会 講演資料集 「2.ボーリング用泥水の
廃泥処理について」

ボーリング坑井内の画像化技術とその応用

株式会社レアックス 亀和田俊一

はじめに

ダム、大型地下空洞、トンネル、斜面安定などの土木建設においては、ボーリング孔壁画像を解析することで地盤の原位置地質情報取得を行うことが一般的になってきた。また、取水井戸、温泉井戸などのメンテナンスや老朽化にともなう改修においても、画像情報の果たす役割が大きくなっている。当社では、ボーリング孔壁状態をデジタル連続展開画像として観察記録し、これを解析して原位置における地質工学的情報を取得することができる BIP システム (Borehole Image Processing System)を開発し、1988 年から実用に供している。また、各種の坑井内カメラを運用し情報提供を行っている。本稿ではこれらのボーリング坑井内の画像化技術の特徴とその応用機器について紹介する。

1. ボーリング坑井内の画像化装置

ボーリング坑井内の画像化装置としては、光学的に可視光線領域の画像を観察する装置 (ボアホールテレビ、ボアホールスキャナなど) のほか、物理情報を画像化する装置として、超音波ビームで孔壁を螺旋状にスキャンし、反射波の強さで展開画像を作成するもの (ボアホールテレビュワ)、孔壁に接触させた小電極間の比抵抗値を計測し、孔壁一部または全周を画像化するものなどが開発されている (図-1)。地質観察用途には画像の分解能や岩石の実際の色調が得られるという点で、光学的観察装置がまさっているが、孔内水はある程度清浄であることが条件となる。超音波反射や比抵抗値計測に基づく画像化装置は泥水内部でも機能するが、得られる画像は岩盤の物理的性質を反映する間接的画像となり孔壁における詳細な地質性状や不連続面の観察には適さない。

井戸内の観察には、清水で満たされていることが多いので一般に光学的観察装置が使用されるが、温泉井戸で高温環境となる場合、CCD カメラを使用した装置の運用には限界がある。石油掘削井戸や地熱開発では、高温かつ泥水環境となるので物理的な画像化装置が使用される。

以下、光学的な観察装置を中心に述べる。

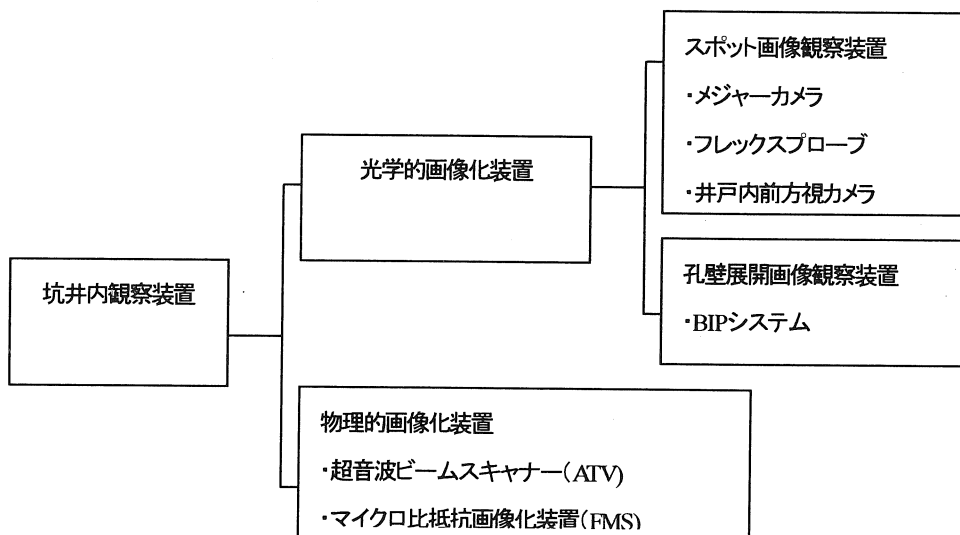


図-1 ボーリング坑井内の画像化装置

2. 光学的画像化装置の開発経緯

ボアホールテレビ (BTV) 装置は、西ドイツのツァイス社によって開発され、1962 年頃に日本に導入された。これにより従来のコア観察では不可能であった岩盤状況の原位置での観察を詳しく行えるようになった。BTV 装置はその開発から長い期間、スポット画像のみの機能であったが、1980 年代後半になって日本国内で展開画像タイプのものが開発され、画像のデジタル記録が実現されたことにより、地質調査機器としての機能が大幅に向上した。さらに、近年では、スポット画像もデジタル化し、さらに詳細な画像を観察する目的でズームアップ機能を搭載したもの、割れ目等の内部にスポットライトをあて、開口性をきちんと判別するような機能をもったものが開発されている。また、孔壁の凹凸をとまなう現象を観察する目的で実体視可能な展開画像の記録技術なども新たに開発され、地質調査装置としての実用性が高まっている。

近年の光学的孔壁観察装置開発による地質調査の改良点は以下のように要約される。

- ・地盤構造を高速簡便かつ大局的に把握することが可能になった。
- ・割れ目や断層の方向 (走向傾斜) を画像をもとに計測できるようになった。
- ・空隙や割れ目の開口の大きさを原位置情報として計測できるようになった。
- ・地層構造や構成物が、非破壊に近い状態で観察できるようになった。
- ・デジタル画像情報をベースに、さまざまな情報を付加して地質情報データベースが構

築できるようになった。

3. 光学的観察装置の機能

(1) スポット画像観察装置

小型カメラをプローブ内に収めて坑井内に降下させ、観察窓をとおして坑井内のスポット画像を観察する装置である。プローブの耐圧性、ケーブルの強度、画像データの送信、深度情報の管理などが要素技術となる。用途によって前方視型のもの、側視型のもの、自由に観察方向を変えられるものなど、さまざまなタイプの装置が開発され実用に供されている。地下水の変化を捉える目的で、温度センサーを搭載したものでは、割れ目やスクリーン付近での孔内の状態と地下水温の変化を同時に記録することができる。この発展型として、各種の化学センサ (pH、電気伝導度、溶存酸素、etc.) プローブと組み合わせることも可能である。画像記録は、VTR 記録が中心であるが、近年はデジタル画像として直接パソコンに記録することもできるようになった。

(2) 展開画像記録観察装置

1980年代の後半に日本国内で開発された装置で、ボーリング孔壁を360度の連続展開画像として観察するとともに、デジタル記録された画像をもとにさまざまな地質解析を行うことができる。以下にこの装置のうちBIPシステムの機能について述べる。

①ボアホール孔壁展開画像記録の方法

代表的な回転体形状鏡であるコーンミラーと CCD-TV カメラを正対して配置し孔内に挿入するとき (図-2)、鏡面の画像上のある円周(R)上に、孔壁をこの垂直方向から正対視した画素群が現れる。これを一定位置(P)を起点として逐次取り込み、一列の画像として再配列すると円周Rに対応する孔壁の微小区間の展開画像を得ることができる。この作業を孔内での深度方向への微小移動に伴って繰り返し、順次並べると連続した孔壁の展開画像が得られる。この際、点(P)をプローブの回転方向の動きにかかわらず一定方位 (例えばS方向) に制御すれば、定方位の展開画像 (例えば中心がN方向) となる。展開画像は、現場でTVモニターで観察されるとともに同時にデジタル記録され、直接コンピュータ解析に利用される。

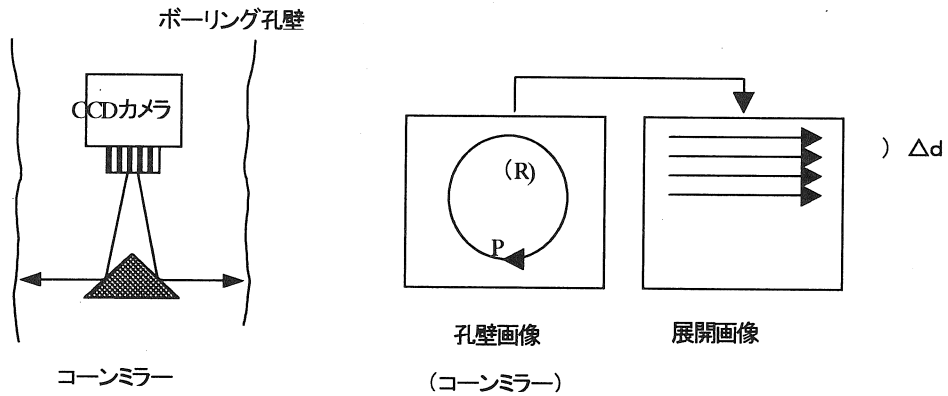


図-2 BIP システムの原理

②孔壁画像からの地質工学的情報の取得

現場で記録した孔壁の全周展開画像をパソコン等に取込み、CRT 上のグラフィック座標を実空間座標に変換することで不連続面等の構造要素について、位置、方向、開口幅等の計測が可能である。さらに各構造要素について対話形式で属性データを付加し、逐次以下の内容についての情報記録を行うことができる。

a. 構造要素の位置、b. 構造要素の方向（走向傾斜）、c. 構造要素の工学的属性（割目の開きの大きさ、連続性、面の粗さ、その他）、d. 構造要素の地質学的属性（種別、破碎や風化の程度、挟在物、その他）

なお、面要素の走向傾斜については、孔壁画像上にサインカーブで示された面の切り合い線上の多数の点の相対座標について回帰平面式を求め、これの法線ベクトルをボーリング孔の方向角および水平面からの仰角をパラメータとして絶対座標系のベクトルに変換し、これをさらに走向傾斜に変換してもとめることができる。

③孔壁展開実体視画像の観察

本装置では、内蔵したコーンミラーの外周に円筒状に加工した平面プリズムを2段に重ねて設けこの光学性を反対にすると、それぞれの円筒状平面プリズムをとおした孔壁展開画像から、孔壁展開実体視画像（ステレオペア）を得ることができる。この画像を観察することで、孔壁面にあわわれた二次的な変状（孔の変形、崩壊、弱質部の洗い流しなど）が観察できる。

4. 実用化された坑井内光学的観察装置

(1) 簡易型坑井内カメラ

簡便に井戸内部や下水道管内部の観察を行うために開発された坑井内カメラで、モニターやケーブル、距離計測装置などが一体にまとめられているものが多い。図-3は深度計測用の巻尺を電源ケーブル、信号ケーブルに利用した簡易型坑井内カメラである。前方に45度に傾けた鏡を取り付けると側方も観察できる。図-4はグラスファイバー製のロッドをケーブルに使用し、横方向の押し込みを可能にした下水管内観察カメラで、トンネル切羽からの先進ボーリング孔の観察やアンカー孔の内部観察に使用されている。

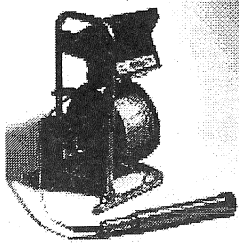


図-3 巻尺式カメラおよびその画像
(レアックス社製)

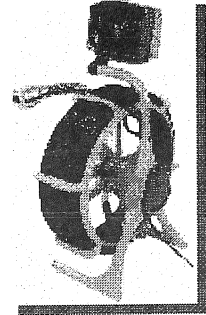
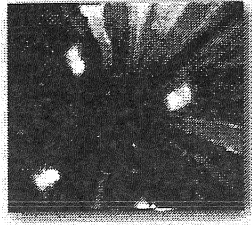


図-4 下水管内カメラ
(ペアポイント社製)

(2) 井戸内部観察カメラ

前方のスポット画像を観察するカメラが多く、さまざまなタイプが開発されている。また側方カメラを内蔵したタイプもある。図-5に100m級の井戸内観察装置を示す。高温環境でのCCDカメラの運用限界は60~70℃程度である。温度センサを内蔵したカメラでは、坑井内画像に深度情報、温度計測結果を重ねて表示することができる。

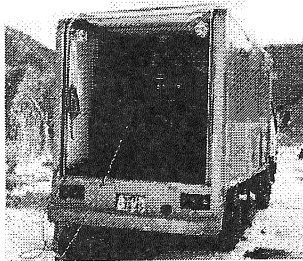
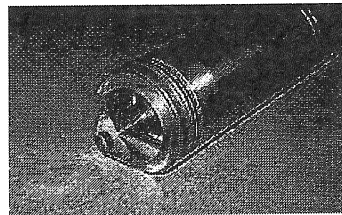


図-5 100m級井戸内観察カメラ
(レアックス社製)



(高温環境用プローブ)

(3) 孔壁展開画像記録解析装置 (BIP システム)

3 (2) に述べたコーンミラータイプの孔壁展開画像記録解析装置である。

現場システムは、ボーリング孔内に挿入するプローブ、複合ケーブル、ウインチ、画像処理コントロールユニット、2連モニタから構成されている。図-6 に示す装置の場合、対象口径 66-180mm、最大深度 500m で、鉛直、水平、斜めのあらゆる方向の調査孔に対応できる。当該装置の場合、光ケーブルを利用することで深度 1500m までの観察に対応が可能である。現場システムでデジタル記録された孔壁画像は、解析システムで直接読み取り、ステレオ投影解析をはじめとする各種の不連続系に関する地質工学的な解析に利用することができる。また、記録された孔壁画像を画素毎に透視変換し並べ換えることによって、孔壁の 3次元グラフィックモデルを作成し表示することができる。

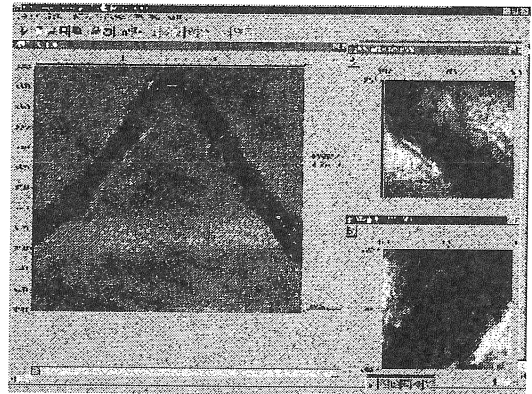
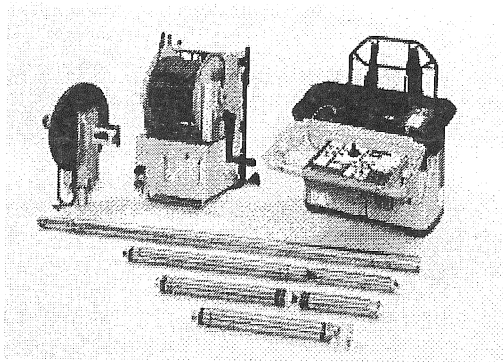


図-6 統合型 BIP システム (レアクス社製)

図-7 同装置による孔壁画像の PC 表示

*展開画像、側方スポット画像、前方画像観察機能を集約した統合装置

5. 坑井内画像化装置の応用

光学的な坑井内画像化装置において重要な要素技術である、光学デバイスの小型化、画像変換処理などを応用し、新しい地質工学的ツールが開発されている。

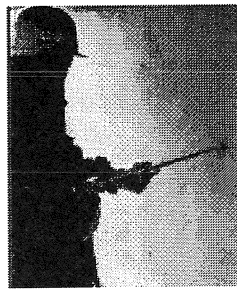
① コンクリート構造物の健全度評価装置

前期 BIP システムは機構的にシンプルであることから $\phi 12\text{mm}$ まで小口径化し、トンネルライニング背面の空洞確認など、コンクリート構造物の健全度評価装置に利用されている(図-8)。この場合、削孔径は $\phi 14\sim 16\text{mm}$ 程度で十分であるので、ボーリング装置に

よる削孔は不要となり、ハンドドリルによる削孔が利用できる。本装置の利点として、a. 削孔径が小さいので鉄筋切断など構造物への影響を最小にとどめることができ補修も簡単であること、b. 調査結果が客観的な連続画像データとしてデジタル記録されること、c. 1地点あたりの作業時間が短いこと（約10分）、などがあげられる。また、削孔壁を利用して中性化深度を調べたり、削孔粉を供試体にして塩分濃度分析などを行うことも可能である。



図-8 小型 BIPS (コンクリート構造物健全度評価装置)
(レアックス社製)



(ハンドドリルによる削孔) (小型 BIPS による孔内観察)

図-9 小型 BIPS によるトンネルライニング背面調査

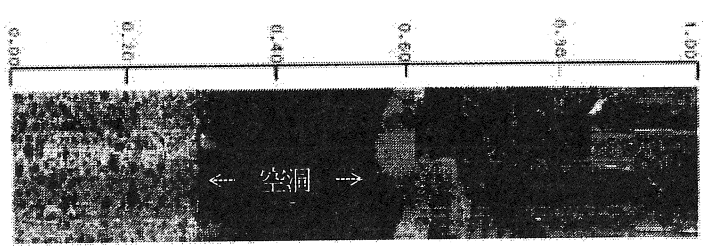


図-10 発見された背面空洞

②ボーリングコア試料の展開画像記録装置

3 (2) ①に示す画像変換技術を応用し、ボーリングコア試料の展開画像記録装置が開発されている (図-11)。従来、ボーリングコア試料はコア箱に収めた状態で上面から写真撮

影していたので情報として十分ではなかった。また、コア試料をベルトの上で回転させる装置も開発されていたが、軟岩や亀裂性岩盤ではコアを破損する恐れがあった。図-11 に示す装置では、コアを回転させることなく連続展開画像を取得、デジタル記録できる。また、画像記録はBIPシステム同様、展開画像や3次元グラフィックモデルとして表示したり（図-12）、RQDの計測を行ったりすることができる。コア採取直後に本装置によりコアを画像化しておけば、その後の経年変化によりコア状態が劣化しても、情報を失うことはない。

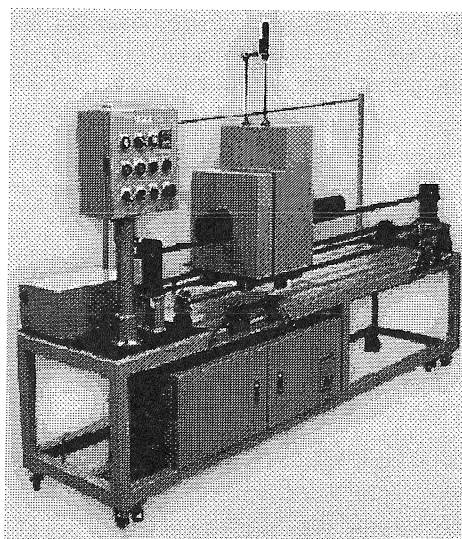


図-11 ボーリングコア試料展開画像記録装置
(レアックス社製)

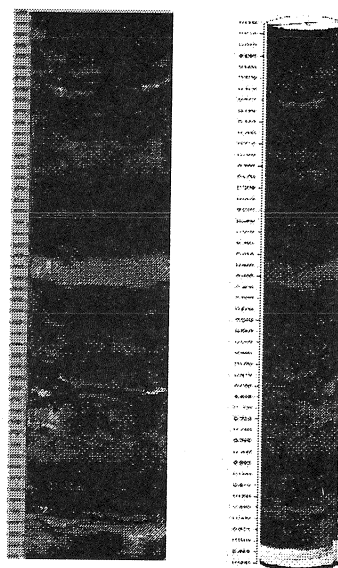


図-12 ボーリングコア試料の
展開画像および3次元モデル

まとめ

ボーリング坑井内の光学的画像化技術として、既にさまざまなタイプの観察装置が開発され、実用に供されている。これらの装置を構成する要素技術は、プローブの耐圧性、ケーブルの強度、画像データの送信、深度情報の管理、光学デバイスの小型化、画像変換処理、デジタル記録など多岐にわたる。これらの要素技術をさらに発展させ、あるいは組み合わせることで新規の調査・計測ツールの開発に应用することが可能である。

以上

〔参考文献〕

- 1) 「BIPシステムの装置とその能力について」、亀和田俊一、遠藤努、国分英彦、西垣好彦、第21回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文(土木学会)
- 2) 「RQD法と問題点」、最上谷誠一、鈴木守、佐藤伸哉、許成基、日本応用地質学会平成2年度研究発表会講演論文集P37
- 3) 「Application of Borehole image processing system to survey of tunnel」, S.Kamewada, Hu Sung Gi, S. Taniguchi, H. Yoneda, Proceedings of the international symposium on Rock Joints, Lowen, Norway, 1990
- 4) 「開口亀裂の観察に基づく硬質岩盤の緩みの評価」、国分英彦、北海道応用地学合同研究会論文集、No.3, 1992
- 5) 「Behavior of discontinuous rock during large underground cavern excavation, Y.Uchita, T.Harada, Proceedings of the international symposium on Assessment and Prevention of Failure Phenomena in Rock Engineering, Istanbul, Turkey, 1993, pp807-816
- 6) 「ボーリング孔壁の実体視展開画像観察記録装置の開発」、亀和田俊一、牛渡聡、金内昌直、平成8年度応用地質学会研究発表会講演論文集、pp33-36
- 7) 「実体視によるボーリング孔壁の観察」、黒木貴一、脇坂安彦、中村康夫、平成8年度応用地質学会研究発表会講演論文集、pp37-40
- 8) 「Estimation of rock quality using RQD observed by BHTV」, K.Suzuki, K.Kajihara, Y. Otsuka, S.Tasaki, T.Kawamoto, Korea-Japan Joint Symposium on Rock Engineering, ISBN pp237-242, 1996
- 9) 「新編ボーリング孔を利用する原位置試験についての技術マニュアル」、関東地質調査業協会、平成7年10月

新しい管路調査機器

応用地質株式会社 五江 通

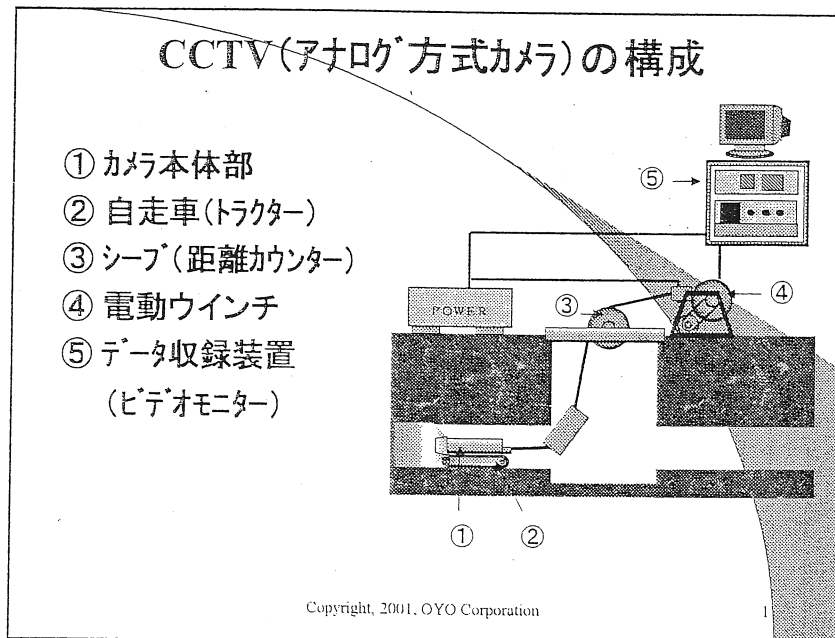
TITLE

SSET Sewer Scanner and Evaluation Technology

デジタル展開画像方式管渠診断カメラ
SSET-21

Copyright, 2001, OYO Corporation

応用地質株式会社



CCTV(アナログ方式カメラ)は何が問題か？

- CCTVでは、カメラ本体部を自走車に搭載して、自走車をゆっくりと走行させながら損傷の有無を診断する。損傷を発見すると自走車を停止し、カメラを前方視から側方視に切換えて、詳細に観察する。そのデータは、音声と共にVTRに保存する。このため、

- 1) 損傷箇所を見落としやすい。
- 2) 広範囲の変状をチェックしにくい。また、その大きさを定量的に表現することは困難である。
- 3) 劣化診断は、延々とVTRを見続けなければならない、多大の労力を要する。また、その解読には、熟度の高い技量を必要とする。
- 4) 診断結果は測定員の技量に左右され易い。
- 5) VTRのデータは、アナログ記録であるためGISとのリンクが容易でない。また、検索や保管の上でも煩わしさが残る。

Copyright, 2001, OYO Corporation

2

SSET(Sewer Scanner and Evaluation Technology)とは？

- CCTVの課題を解決できるデジタル展開画像方式の管渠診断カメラである。すなわち、自走車にカメラ本体を搭載して、自走車を走行させながら管渠内
- 360°の展開画像をリアルタイムに、かつ連続的に生成できる画期的なシステムである。その特長は：

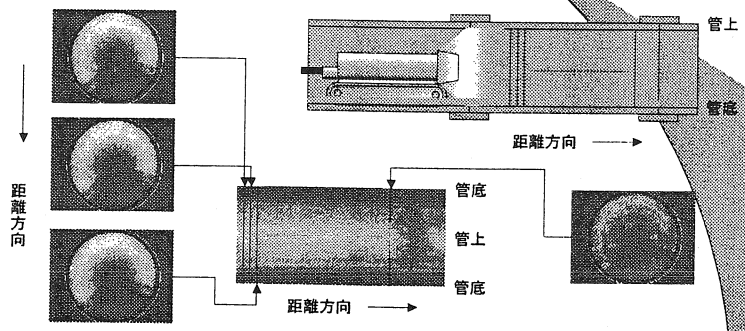
- 1) 管渠内360°の展開画像をリアルタイムに、かつ連続的に生成できる。
- 2) 測定員の技量に左右されることなく、微小な損傷箇所も確実に捉えられる。
- 3) 測定データは、CD-RやMO等、電子媒体に保存できる。したがって、パソコンによる解析やGISとのリンクが容易である。
- 4) 展開画像(距離方向1mm毎)と前方画像(10cm毎)を記録できる。
- 5) 2軸の傾斜センサを内蔵しているので、不陸も同時に測定できる。また、光ファイバージャイロによる蛇行測定も可能である(オプション)。
- 6) 最大適用管径はφ600、φ150～φ450mmにおいては、周方向に対して1mmの分解能で測定できる。

Copyright, 2001, OYO Corporation

3

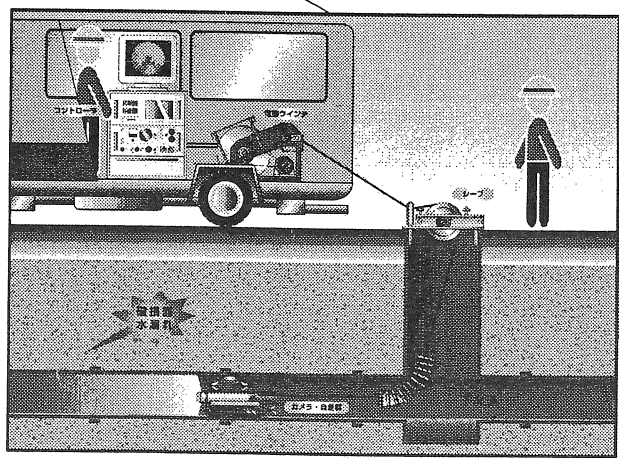
SSETの概念

- CCDカメラに魚眼レンズを取り付けて、自走車が1mm走行する毎に、全画像データの内の1スキャンデータのみを抽出し、管上・管底を揃えながら距離方向に並べたのが展開画像である。



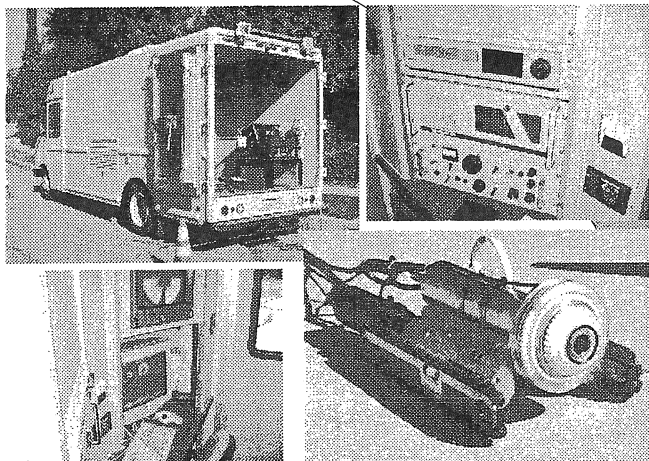
Copyright. 2001. OYO Corporation

SSETのシステム構成



Copyright. 2001. OYO Corporation

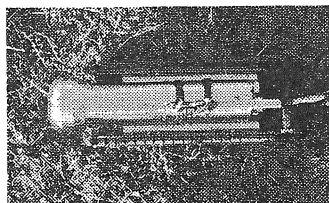
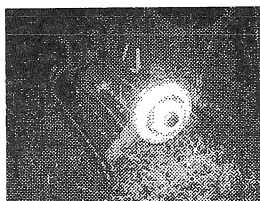
装置の概要



Copyright, 2001, OYO Corporation

6

カメラ本体部

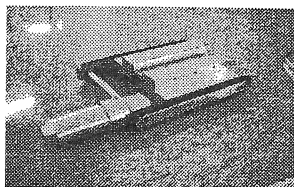
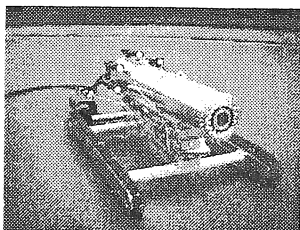


- ビデオカメラ:
1/3インチ3CCD カラー
768×494ピクセル
- レンズ:
魚眼レンズ、画角180°
- ライト:
白色LED
- 傾斜センサー: ±40°
- 蛇行計測(オプション)
光ファイバージャイロ
- 外部ライト(オプション)
白色LED

Copyright, 2001, OYO Corporation

7

自走車(トラクター)



- 適用管径
150mm～460mm
～600mm(オプション)

- 外形寸法
長さ 610mm

- 電源
DC 100V 1/8HP

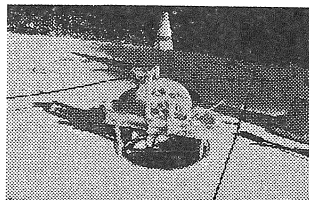
Manufactured by CUES



Copyright, 2001, OYO Corporation

8

シーブ(距離カウンター)

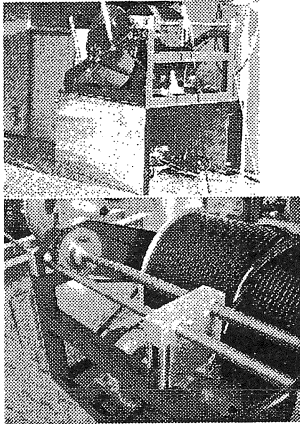


- パルスレート
1000パルス/m
- ホイール周長
1000mm
- 外形寸法、重量
W350×H545×D210mm
10kg

Copyright, 2001, OYO Corporation

9

電動ウインチ

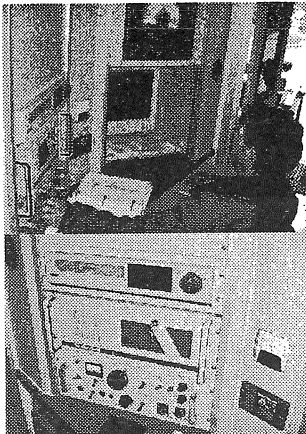


- ケーブル外径
φ10.8mm
- ケーブル長
330m max
- 外径寸法、重量
W700×H500×D600mm
115kg (ケーブル含む)
- 電源
AC120V/220V 350W

Copyright, 2001, OYO Corporation

10

データ処理コントローラ(その1)

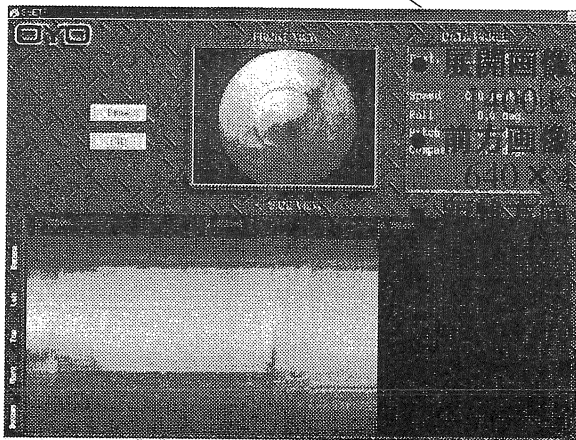


- モニター用出力
NTSCビデオ信号
- デジタルデータ出力
CD-R またはMO
- 外径寸法、重量
W530×H500×D500mm
45kg
- 電源
AC85V～264V 300W

Copyright, 2001, OYO Corporation

11

データ処理コントローラ (その2)



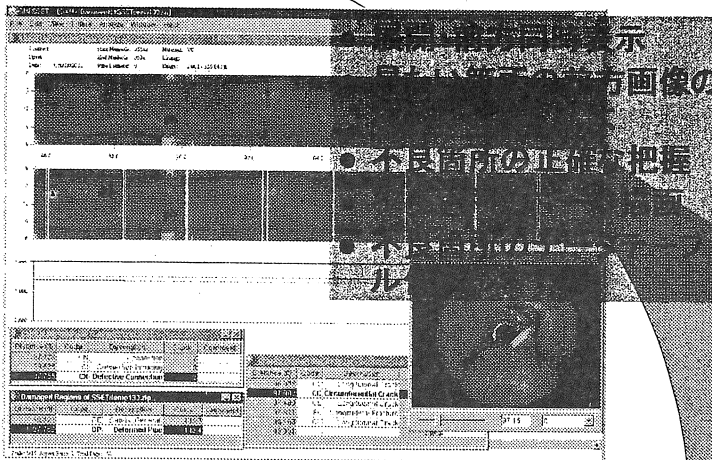
展開画像分解能
440ピクセル/スキャン
前方画像分解能
640×80ピクセル
後方画像分解能

in (最大)
解能
B

Copyright, 2001, OYO Corporation

12

データ処理ソフトウェア

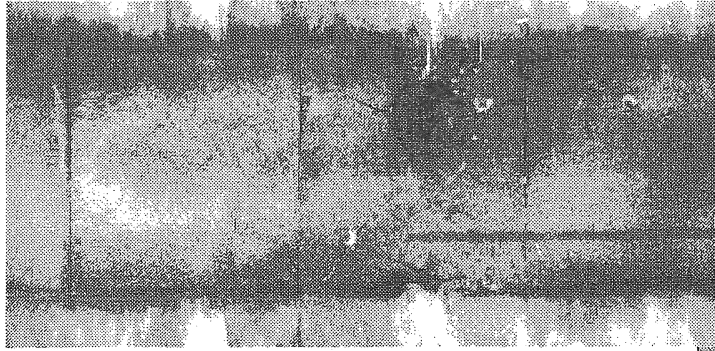


Copyright, 2001, OYO Corporation

13

本装置の特長-1

一定速度による連続測定可能 !!
管内面の360° 高分解能展開画像の生成

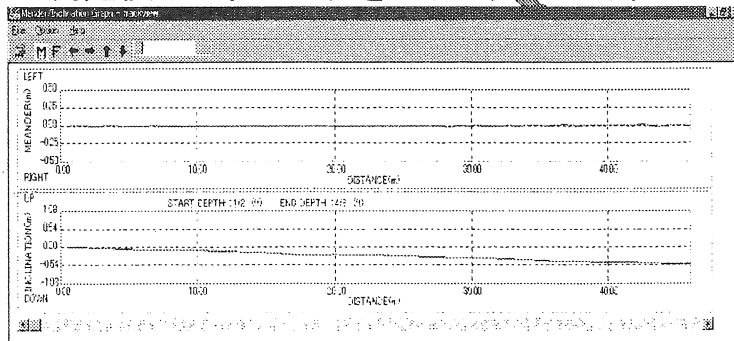


Copyright, 2001, OYO Corporation

14

本装置の特長-2

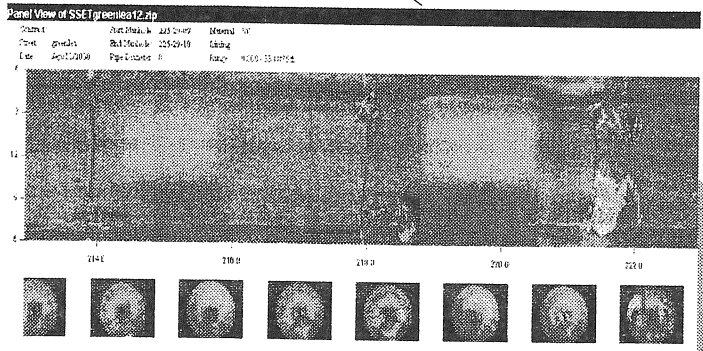
不陸・蛇行の自動測定 !!
測定後に不陸・蛇行をグラフ表示で確認



Copyright, 2001, OYO Corporation

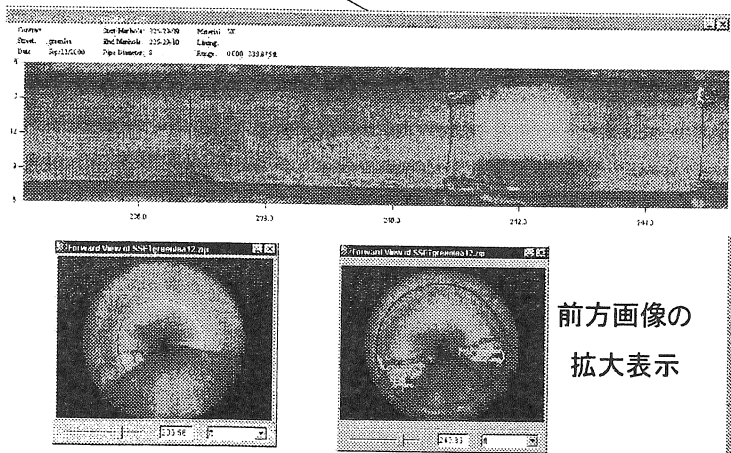
15

下水管への適用例(木の根の画像例)



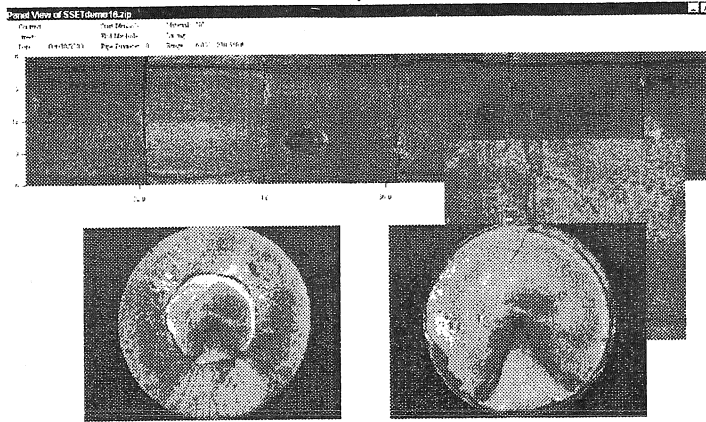
Copyright. 2001, OYO Corporation

下水管への適用例(木の根の画像例)



Copyright. 2001, OYO Corporation

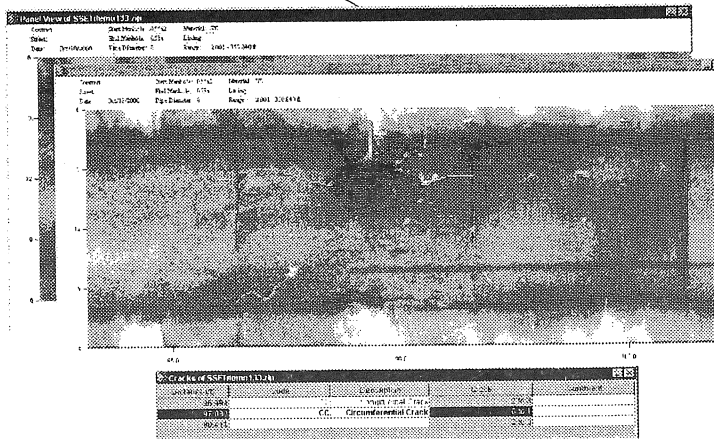
下水管への適用例 (接続部の亀裂画像拡大例)



Copyright. 2001, OYO Corporation

18

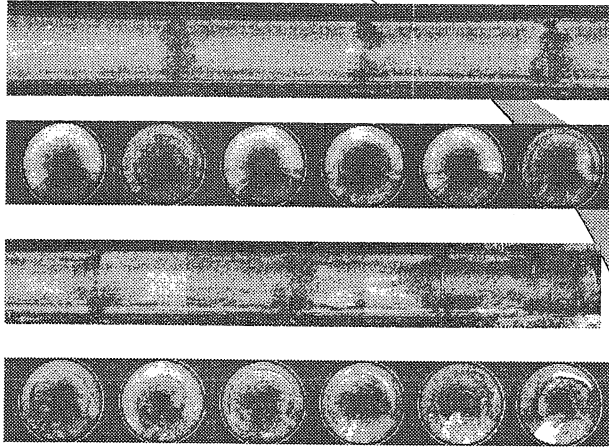
下水管への適用例 (枝管部の亀裂の画像例)



Copyright. 2001, OYO Corporation

19

樋管への適用例



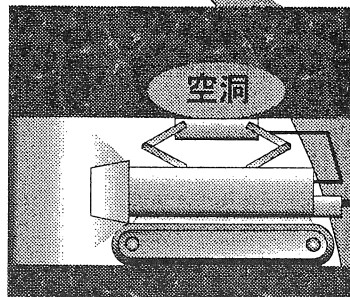
Copyright, 2001, OYO Corporation

20

地中レーダによる管路背面の空洞調査技術

- 自走車にカメラ本体の他、地中レーダ用アンテナを搭載することで、管路背面の空洞調査も同時にできる。アンテナ部でデジタル変換し、デジタルデータを伝送するデジタルテレメトリ方式の採用により、SN比の高い測定を実現するとともに、データ収録にはパソコンを用いることが可能である。

- アンテナ周波数 : 900MHz
- アンテナサイズ : w125 × 190 × 50mm
- 測定レンジ : 10, 15, 20nsec
- 適用最小管径: φ250~
- 最大ケーブル長: 300m
- データ収録 : パソコン



Copyright, 2001, OYO Corporation

21

地域の地質情報集約の取り組みについて

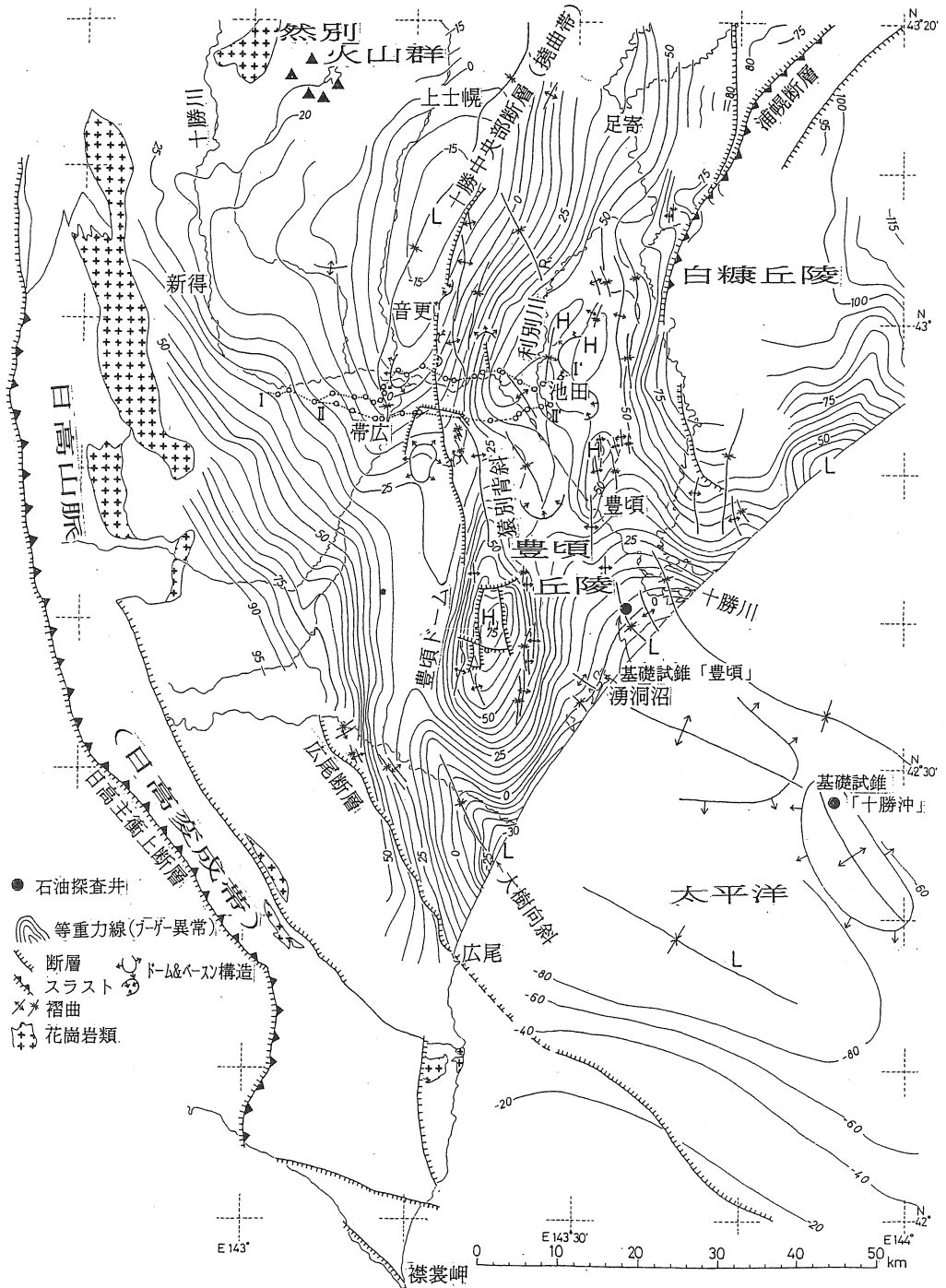
—十勝支庁管内地質図および地質データ集の編纂—

岡 孝雄（北海道立地質研究所）

はじめに

5万分の1地質図幅は応用地質面では地質的判断・記述の基本として、広く活用されている。北海道ではその刊行はほぼ終了しているが、大部分のものは1970年代までの調査結果をまとめたもので、現時点で判断すると、地層の対比・年代論など、地層の取り扱いを中心に種々の問題がある。特に、地形的に低地・台地・丘陵地で構成される平野・盆地地域の地質図幅の大半については、調査時期が古く、高度経済成長期以降の数多くの開発事業に関連する地質調査データはほとんど盛り込まれていない。英国の1700年代後半からの石炭産業の発展が黎明期の地質学（層序学）の確立に貢献し、近年の石油鉱業の発展が堆積学や地震探査技術などのめざましい進歩をもたらしたことはだれしも認めるところであるが、1960年代以降、北海道のあちこちの平野・盆地で進められてきた様々な開発行為（工業用地・宅地造成、道路建設、河川改修、ダム建設、港湾整備、都市基盤整備、農業土木建設など）は北海道の地質学（地学）の前進にどの程度貢献したのであろうか。残念ながらその答えは、貢献不十分としか言いようがないのが率直なところである。全国的には必ずしもそうではないが、その理由として、①第四紀を含む新生代末の地質学の専門家・研究者が少ないこと、②現場（土木・建設などの開発現場）から基礎的な地質学への橋渡しとしての“応用地質学”的展開の不足・不十分さ、③北海道の地質学のリーダーの問題が考えられる。①については、かつては十勝団体研究会などいくつかの研究グループで多数の人々が専門的実践を進めたが、その後の後継者育成は十分でなかったこと、③については何といっても北海道大学など地学系教室において応用地質・土木地質についての認識不足が指摘できる。しかし、②については、応用地質学会北海道支部や北海道地質調査業協会自身の問題でもあり、やる気になればなんとかなることであり、いくつかの試みもある。

「北海道の平野・盆地の地質学的諸問題の解明」をライフワークとする演者としては、せめて平野・盆地地域の地質図だけでも、実践的に役立つものにリニューアルできないかと考え、自らが調査研究対象地域として最も力を注いできた十勝平野を先駆的なモデルケースとして検討した。演者の所属する道立地質研究所では地質図幅とは別に、市町村からの受託による地質図作成、道開発局農業水産部からの委託による農地再編整備に関わる表層地質図作成を進めてきており、その際にはこのような開発行為にともなう地質調査データの活用・掲載の試みを行ってきたが、それは系統的ではなかった。このような構想を進めるにしても、先立つものは事業の予算と体制である。幸いにも、十勝支庁農業振興部（北海道農政部）で農業農村整備事業関連で「十勝支庁



第1図 十勝地方の重力異常と地質構造

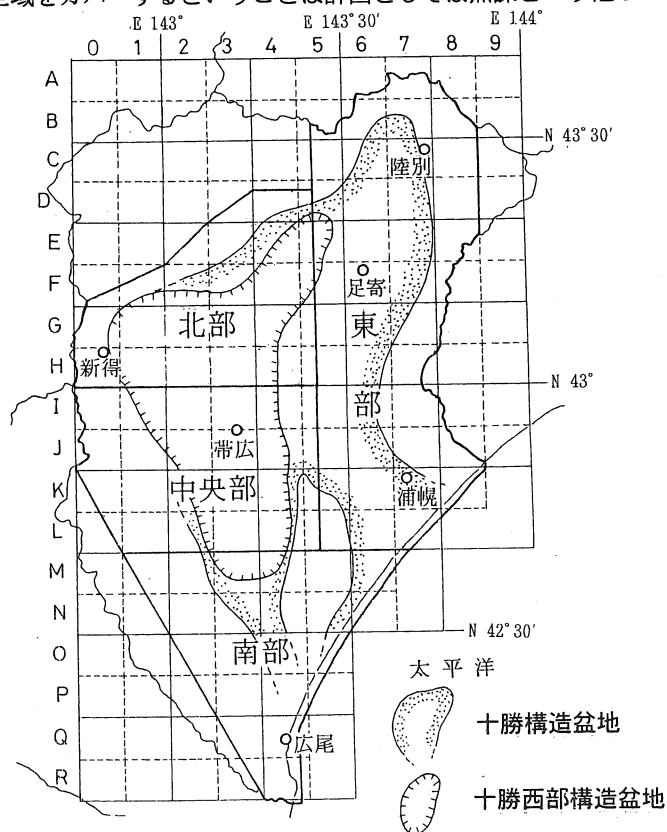
管内地質・地下資源調査」として取り上げられることとなり、1997 年度から4年計画で編集事業を進めた。

1. 調査・編集の概要

具体的に十勝平野（第1図）を周辺部を含めて北部・中央部・南部・東部の4地域に分け、「北部」を手始めに各地域1年ずつの現地調査（補足）および資料収集を行い、5万分の1地質図と説明書（資料集）の原稿を取りまとめ、次年度に印刷刊行を行う計画を立てた。現地調査・資料収集は前年度（2000 年度）の東部をもって終了し、現在までに「十勝平野北部」地質図・説明書、「中央部」同、「南部」同を刊行し、現在、「東部」同の印刷原稿を作成中である（第2図）。

従来の地質図幅調査は既存の関連文献を参考にしつつも、基本的にはその地域をデータの空白域とみなして調査を進めるものとされてきた。しかし、5～10年先の組織（会社・役所機関）の存在がそのままの形で保証されない昨今である。そんな流暢な調査は時間的・予算的に許されない。各地域毎に図幅5～7枚分の範囲を2年間の間に調査から印刷刊行までをやり遂げ、全体として、5年の間にほぼ支庁全域をカバーするということは計画としては無謀という他ないが、

この種の新しい地質図を何としても作り出すのだという気概で取り組むこととした。しかし、気概だけでは見通しがたたないことから、具体的には編者自身の十勝平野についての過去の調査資料をベースとして既存地質図幅などからの地質データの編集、補足的現地調査および各種ボーリング資料の収集を組み合わせ、示された調査地点の豊富な地質図と地点毎のデータ内容を柱状図・記載で具体的に説明した資料集の作成に力を注ぎ、従来の、“思想的地質図”あるいは“色塗りの地質図”をできる限り払拭することとした。



第2図 十勝構造盆地の範囲と十勝平野5万分の1地質図区分

2. 調査・編纂の手順と内容

①編纂者自身の過去の野外調査データの整理

「中土幌」図幅調査、深層熱水資源・温泉調査、深層地下水調査、十勝南部石油天然ガス資源・航空宇宙基地構想関連調査、開発局関連表層地質調査など。

②既存調査文献・報告の資料からの編纂

特に、具体的な調査地点と関連柱状図の多い比較的新しい地質図幅（十勝団体研究会関与）および十勝団体研究会の地団研専報「十勝平野」からの編纂。

③補足的現地調査の実施

④各種ボーリング資料の収集（温泉・水井戸・地盤）

十勝支庁農業振興部（耕地関係など）、帯広土木現業所（道路・河川など）、帯広市役所・町村役場、道路公団（道東道）、開発局、在十勝ボーリング・地質調査業者などから資料収集し、道地質研に収集のものも活用した。支庁農業振興部計画課の協力。

⑤地質図の編纂・印刷原稿作成

⑥との関連で地点整理・記入、平野の地質の主体をなす新生界についての地質構造要素・データの表示、段丘堆積物・沖積層など表層地質的なものの表現に特に留意した。印刷段階では、地質図そのものは電子情報化されて処理されているが、CD-ROMとして出版している訳ではない。今後の修正・地点の付加などは容易。

⑥露头・ボーリング地点とその調査データの柱状図化と記載・一覧表の作成

柱状図の電子情報化はすでに一般的であるが、大量の柱状図を費用（人手）をかけないで短期間に電子情報化することは実質的に不可能なので、編纂者自身の責任で頁単位で図化したものをスキヤニングする方式とした。スキヤニングの質は新しい報告書になるに従い向上し、現状では写真製版のレベルに近くなった。記載・一覧表は最近のものはエクセルで作成しているが、全域を総括した段階では再整理が必要。

⑦説明書の作成

地形、地質・地質構造、表層地質、十勝沖の海底地形・地質、活構造・変動地形・地震問題、地下水資源、温泉資源およびその他の資源について、トピックの紹介を含めて解説している。

⑧印刷・刊行

3. 十勝支庁管内地質図・説明書（資料集）の地域毎の成果品の基本的項目の数量など

各地域毎の面積および資料数などの詳細は次ページに示す通りであるが、4地域総計としては、図作成面積は 8,500k m²（兵庫県の面積にほぼ匹敵）、柱状図作成露头数は 3,500 地点あまり、地盤ボーリング資料数約 8,200 点、水井戸ボーリング資料 650 井分、温泉ボーリング資料 145 井分である。なお、地盤ボーリングの実在数はこの倍以上になると思われる。

図地域名	十勝平野北部	十勝平野中央部	十勝平野南部	十勝平野東部
図作成面積	1,750 km ²	1,850 km ²	1,750 km ²	3,150 km ²
柱状図作成露頭	650地点	950地点	450地点	1,460地点
地盤ポットリク資料	830点	4,500点	770点	2,100点
水井戸ポットリク同	134井	375井	38井	105井
温泉ポットリク資料	19泉源	100泉源	6泉源	20泉源
地域の地学的特徴	十勝構造盆地北西部・十勝西部構造盆地北半部、日高山脈北部・石狩山地の山麓台地+長流枝内丘陵+土幌台地など	十勝構造盆地南西・十勝西部構造盆地南半部、日高山脈中部山麓台地、長流枝内丘陵・豊頃丘陵北部、十勝・札幌内・音更川の向心状合流と扇状地性台地	日高山脈南部山麓の丘陵台地、十勝西部構造盆地南端～大樹向斜部、豊頃丘陵主部、沿岸域で海跡の湖沼・湿原群存在、大部分太平洋に直接注ぐ水系	十勝構造盆地東半部で主体は丘陵地、北端部は石狩山地の火砕流・溶岩台地、中～北部は利別川水系、南部は十勝川水系で沖積低地広がる
地下資源	浅層地下水・深層地下水・深層熱水・火山性温泉、砂利・碎石、粘土、セライト、火山灰など	浅層地下水・深層地下水・深層熱水・天然ガス、砂利、粘土、火山灰など	浅層地下水、砂利・碎石、珪藻土など	浅層地下水・深層地下水・深層熱水・火山性温泉・天然ガス、石炭、泥炭、砂利、粘土、珪藻土、火山灰など
地学的災害	火山噴火?、豪雨と土石流・氾濫	盆地特有の地震動、活断層と直下型地震?、豪雨と氾濫	F ^o レト境界型地震と地盤液状化・津波、日高山脈南部型地震、豪雨と土石流	F ^o レト境界型地震と地盤液状化・津波、地すべり、豪雨と土石流・氾濫
人文地理的特徴	牧畜主体・畑作	都市とその周辺の田園地帯、畑作主体、鉄道・自動車道	沿岸地帯、牧畜主体、沿岸・沖合漁業、港湾	牧畜・畑作主体、林業、港湾・鉄道・自動車道(建設中)

4. 十勝平野管内地質図・説明書（資料集）シリーズの特徴

①十勝平野すなわち十勝構造盆地について表層から2000m級までをトータルに表現

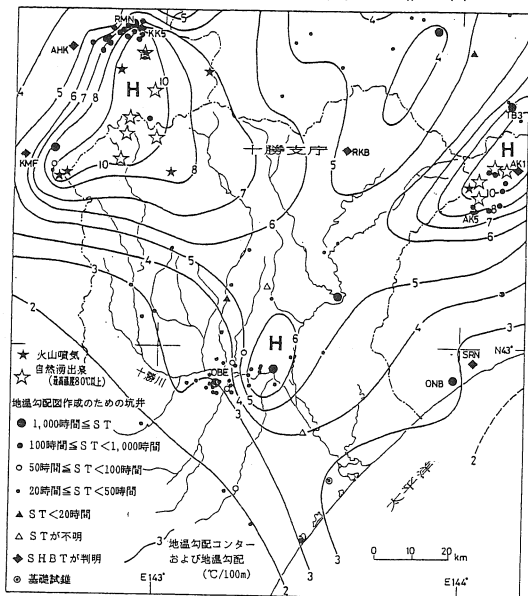
露頭（地表）、地盤ボーリング（深度0～40m±）、水井戸ボーリング（0～500m±）、温泉ボーリング（500～1500m±）など、様々な深度の地質データの裏付けで具体的にイメージアップした。その結果、流体資源を浅層地下水から深層熱水・石油天然ガス資源までを総体として把握することが可能となり（第3図）、地温勾配分布（第4図）に従って、地熱的なポテンシャル評価が進められている。地震問題も活断層、地盤の液化化、堆積盆元での地盤の揺らぎ・地震波の伝達効果（第5、6図）など多面的にアプローチすることが可能となっている。

②調査地点の豊富な地質図

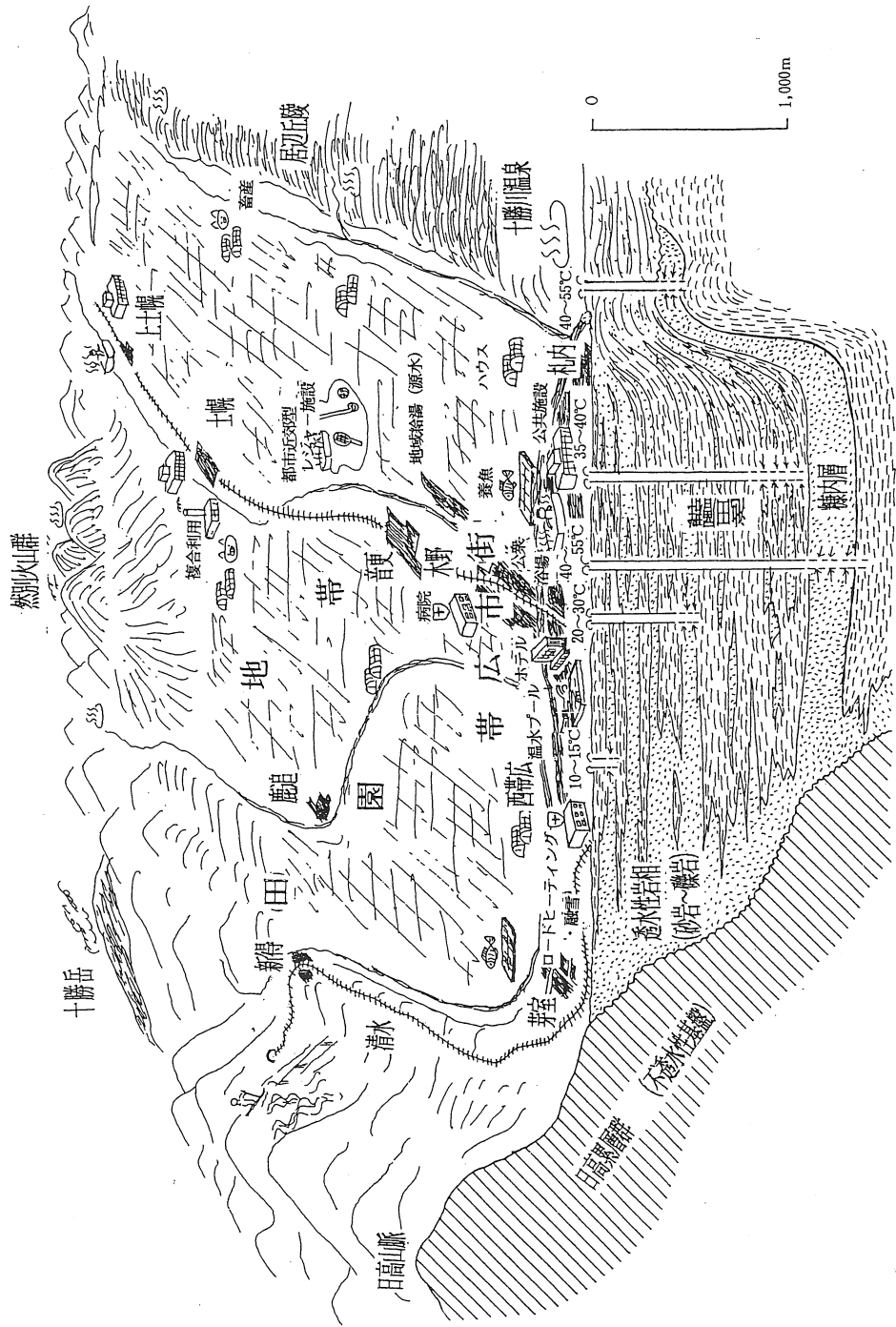
従来の地質図のあるものは思想図と揶揄される面があったが、本地質図では豊富なデータと十勝構造盆地についての最新の考えにもとづき、鍵層などを追跡してできるだけ精確に表現することとした。しかし、それでも間違っていたり、将来変更される余地はある。できるだけ長く役立つように、データの裏付けのある調査地点を数多く表示した。応用的にはその場所場所の具体的なデータが問題とされる事例が益々多くなり、位置や地層の厚さなど数値情報が重要である。

③調査地点と調査データを系統的に整理

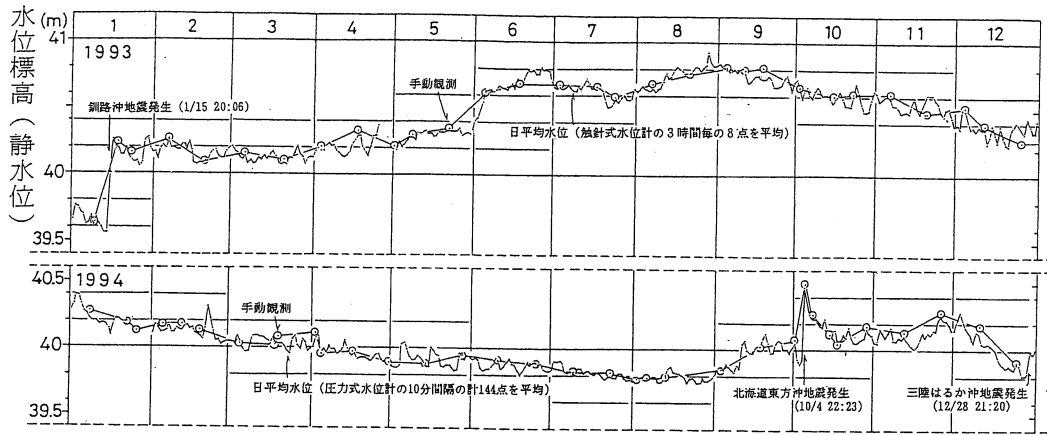
電子情報化に向けては一般的には地盤ボーリングデータなどについて、5万分の1および2.5万分の1地形図にメッシュを切って、メッシュ単位で表現されるのが通例である。ここでは、市街地以外では地盤ボーリングデータなどが過薄になること、自動車道など線状に連なるデータ群の取り扱い、地質図の地質分布との関連で調査地点が存在すること、行政区画との兼ね合いなどを総合的に考慮し、次のように整理した。露頭および地盤ボーリング地点は2.5万分の1単位で、河川・道路系・行政区画・地形面などを考慮し、近接のものに引き継ぐように順番付けを行った。水井戸・温泉ボーリング地点は市町村単位で整理した。水井戸の順番付けはほぼ同様であるが、温泉ボーリング（源泉）については、完成年月の古い順に番号を付した。データの一覧表も同様に整理した。なお、この編纂自体は十勝地方という単位での地質的取りまとめの表現のし易さに従っており、GIS（地理情報システム）などより広域的な見地からの利便性には必ずしも沿うものではない。その対応には再編集・構築が必要であることは言うまでもない。



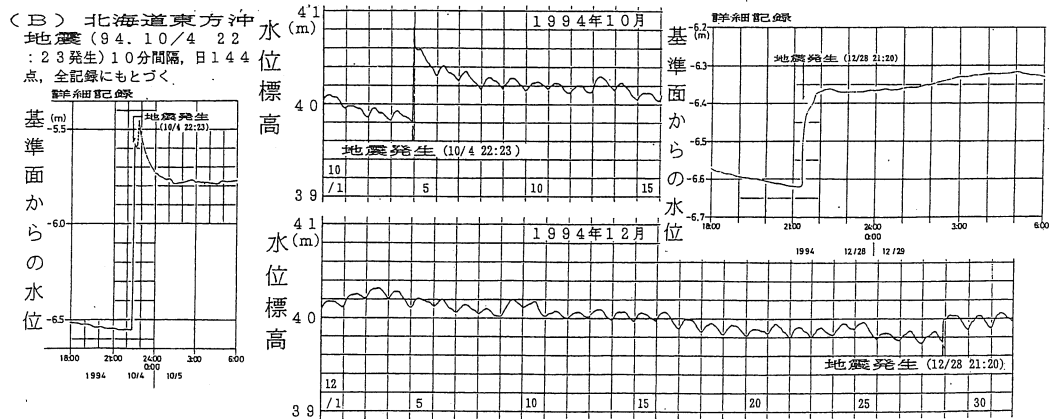
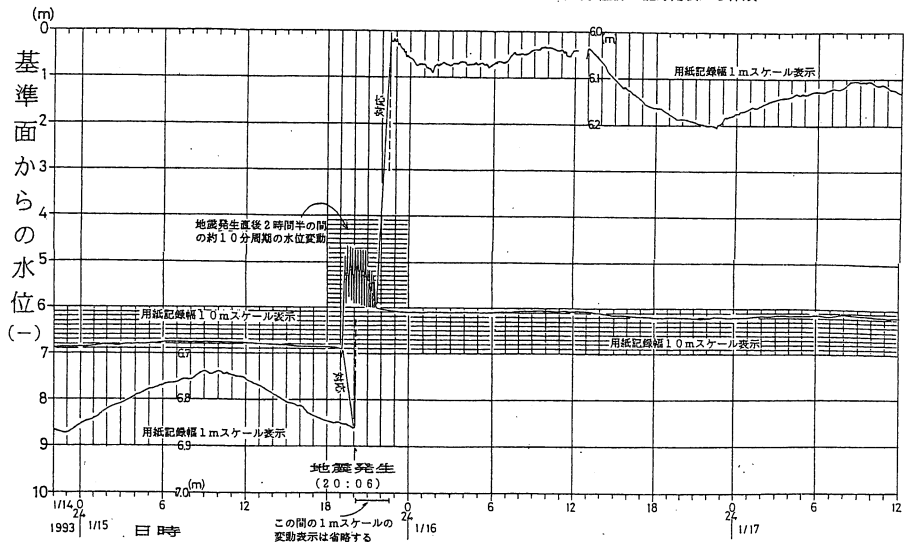
第4図 十勝平野とその周辺地域の地温勾配図
(若浜ほか,1995 原図から作成)



第3図 十勝西部構造盆地（地下水盆）の深層熱水・地下水賦存構造概念図

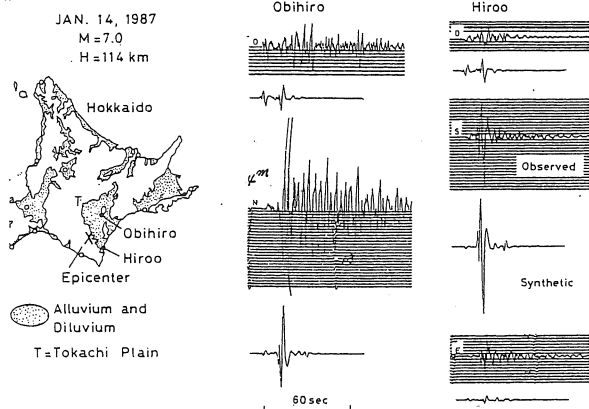


(A) 釧路沖地震(93.1/15 20:06発生)3ヶ月巻き触針式水位計の記録用紙から作成



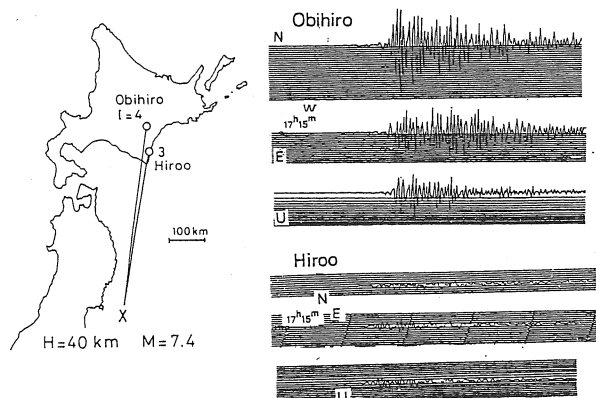
第5図 帯広市街ニチイ井における大地震発生時の水位変動

1987年日高山脈中部の地震



1978年宮城県沖地震

MIYAGI-KEN-OKI JUNE 12, 1978



第6図 広尾観測点と帯広観測点の強震動記録の比較（笹谷ほか，1999 原図）

5. 取り組みの意義と問題点

①近年における平野・盆地に関連する地質学と関連する科学技術の格段の進歩

全国的には大阪平野や関東平野の研究に代表されるように、平野の盆地構造・地質構成の研究が進展しており、いずれも、主として新生代末期（過去約500万年間）の堆積物の年代的・堆積学的・古生物学的研究にもとづき、海水準変動に地域的地殻変動を加味しての詳細な古環境復元が進められている。特に、最終間氷期および最終氷期以降の海進については千年～数百年単位での復元が進み、河口域の河川系と潟湖（ラグーン）の堆積システムおよび地質構成の解明については格段の進歩を遂げている。十勝平野の場合についても、これらの平野と類似した地質的成り立ちがあり、ここに示したような豊富な地質データも既に準備されているが、同様な解明はその緒についたばかりである。さらに、阪神淡路大震災以来、平野・盆地地域での直下型地震の発生と関連する活断層についての調査研究が、国の予算により本格的に開始されているが、これについては、樺戸東縁断層帯、函館西縁断層帯、石狩低地東縁断層帯、当別断層に続き、十勝平野断層帯の調査が北海道（道地質研）の手により現在進行中である。さらに、地震波の伝播・屈折

による増幅効果に関連する盆地構造の問題もあり、十勝平野でも問題となる（第5、6図）

② 20世紀の地質調査業の成果（地質データ）を集約し、21世紀の環境・エネルギー問題の解決に活かす

20世紀において、高度経済成長期を中心にこの北海道で進められた地質調査（ボーリング・物理探査・狭義の地質調査・資源調査など）では、水井戸・泉源ボーリングを含めて、おそらく数千億円を下らない金額が投下されたと推定される。年単位では100～300億円程度であり、他の業界と比較すると、必ずしも大きな額ではないが、その成果として産み出される地質および関連データの量と価値は専門分野から見れば値千金である。21世紀が従来のような右肩上がりの経済成長を見込めないことを考慮すると、地質業界関係者の20世紀の汗の結晶を、21世紀において、新たなデータを付加しつつ有効に活用することが今求められていると考える。その成果の集約のために、道地質研は先頭に立って努力しなければならないが、関連学協会と連携・共同作業も不可欠である。

③地域の地質情報（地下情報）は国土管理の基本の一つ（地方分権の確立を展望して）

広域行政や地方分権の強化が叫ばれて久しいが、いずれにしても地域の地質情報（地下情報）は国土管理の基本の一つである。地方の権限が強まれば、それだけ管理責任と主体的判断を地方自治体の内外から求められる。国土管理は基本中の基本であり、国土は表面部分だけを対象とするというような皮相な見方は間違いであり、国土管理は地質（地下環境・資源）抜きにはあり得ない。北海道においては、地質の専門機関として地質研究所があるが、十勝支庁管内について行ったような地質編纂の事業は全道的にも進めなければならない。幸いにも、農政部事業ではあるが、十勝と同様な展開が2001年度より網走支庁管内を対象としてスタートできることになった。

④完全な電子情報化と電子出版の問題

行政（北海道）における電子出版の理解、柱状図の一つ一つまでを電子情報化した場合の、データ管理と責任の所在、所有権の扱いなど多くの問題があり、前途は多難である。しかしながら、GIS利用の地質情報システムの構築に向けて、道地質研では試行的ではあるが、今、取り組みを開始しようとしている。一気に電子情報化することは経費と人手の面から困難であり、現状では十勝平野地質図のデータ集にあるように人手で作図した絵柄のスキャンニングによる取り込みとエクセルによる一覧表での整理がせいぜいである。いずれにしても、取り扱ったデータについては、道地質研として原本を長期に保管し、将来の電子情報化に備えるべきものと考えている。

⑤産官学、特に産（民間）と官（行政）の協力

地学的情報は、将来それを国民的（道民的）財産として、長期間にわたり大切に活用する必要がある。しかし、その体系的取り扱いについては一技術者・研究者や一企業では困難である。一方、行政的機関の場合、土木建設・農政など一般的な行政機関では専門的知識と理解の持続性に難点があり、無理がある。その意味では行政の中の専門的研究機関と学協会の役割が重要であり、今後両者の連携プレーが必要となる。

第40回 試錐研究会講演資料集

発行 平成14年3月13日

編集 試錐研究会

出版 北海道立地質研究所

〒060-0819 札幌市北区北19条西12丁目

☎ 011(747)2211(代)

Fax 011(737)9071

URL <http://www.gsh.pref.hokkaido.jp>
