

■ 解 説 ■

新しい鉱物・エネルギー資源探査支援ツールについて(II)

——資源探査支援新情報知識獲得——

New Support Tools for Mineral and Energy Exploration. Part II:
New Information and Knowledge Acquisition

菅野 強*

Tsuayoshi Sugano



NASAが考察しているような地球外宇宙鉱物資源探査探鉱といった次元の研究テーマもある現代ではあるが、私達の住んでいるこの地球において現実にまだまだ十分に解明されていない埋もれた地球内既知あるいは未知資源に対して、未来を拓くために貢献しようとする新・資源探査支援ツール・支援システム(New Generation Support Intelligent Tools & Systems) 研究開発の今後の強力なバックアップ要素の1つになると思われる資源探査 Artificial Intelligence については、極く一端を本誌前報(1986)で説明させて頂いた。

タイムラグを計算に入れたとしても、ベクトルプロセッサやAIテクノロジー・知識工学時代を背景として天然自然鉱物・エネルギー資源および環境分野におけるハイクオリティソフトウェアの果す役割も試験研究規模から実用的規模に至るまでますます重要となっていくであろう。そして21世紀を目前に、グローバルな立場で利用させてもらっている米国ランドサット5号(Landsat-5)TMマップー30mを超える地上分解能20mを目指す日本のエルス1号(ERS-1)資源探査衛星画像による国産地球資源探査・環境把握技術や、リージョナルな立場での新資源環境探査技術の進展とともに、新高度ハードウェアのフォローのもと、過去地球の再現、従来の数値情報をはじめ膨大なデータ情報も生かした再解析・再評価・見直しや高質・高密度新規データ・画像データなど多種多様な新情報知識累積追加入力による大規模資源環境情報地質・地球物理データベースVLDB(Very Large-Scale Data Base)・大規模インテリジェント知識ベースKB(Large-Scale Intelligent Knowledge Base)の構築ならびにFGCS(Fifth Generation Computer System)の流れを

参考とするArtificial Intelligenceアルゴリズムモデリング・知識工学を加味した多様選択性の新しい資源探査支援モジュール、ツールそして統合的ハイレベルの知恵知識システム、スーパーインテリジェントエキスパートシステムなども成熟していくであろうと展望した。

極めて柔軟に考えれば、新しい探査の考えの下では、地球全体はまだ未探査領域でもある。未知鉱物・エネルギー資源環境、未知探査支援ツール・システムの探求は現在において頭打ち・お手上げの状況に到達しているのではない。新しい探査の研究の効用は、既知対象の開発・生産の研究のそれに匹敵するとも劣らない程重要である。現在が過去の典型であるかどうかを問い直すとともに、過去幾多の先人達が歩んできたように新しい視座に立って、たとえ僅かでも次世代への橋渡しの努力をすることが、20世紀後半急展開をみせた秀れたハードのみならず幾世代にもわたる莫大な所産の恩恵を享受している現世代の責務でもあろう。

子供達が、新鮮な好奇心と圧倒されるエネルギーそしてそのインタラクティブ根源的問いかけによって、新しい情報知識を獲得・学習・知恵がつくのと同様、ともすれば当たり前のこととして通りすぎている事象・現象のなかにきらめく新しい知識源を見出すことがあり、それらはそれぞれに歴史的背景もあり永年培われてきた基礎研究の上に熟成した流行ではない不易に根ざした貴重な情報知識・知恵と言えるものである。重要な道標を振り返りつつ着実に歩まなければならない。自然な進路の予測とその換起も、先端的研究と同様大切かと思われる。そして今や、新しいコンピュータテクノロジーの進展とともに、その圧倒的能力を保障するエネルギー源すなわち人間によって蓄積される大量高質のデータ・情報・知識の獲得が1つの新しい課題となる時代を迎えている。

本稿では、後述するようなAI知識エキスパートシ

* 京都大学工学部資源工学科

〒606 京都市左京区吉田本町

ステム構築のための作業過程としての知識獲得ではなく、AI環境下の多種多様の何階層にもわたる知識源段階での広義の資源探査支援情報知識獲得という観点から、前報表2の補足も兼ねて2, 3の例のキーワードの解説をさせて頂く、なお、筆者は後掲の文献を含む多くの海外の研究学者達と直接頻りに議論している訳ではなく、刊行発表されているエキスパートの目を通した秀れた知見・洞察から貴重な知識を蓄積させて頂く基礎的研究段階に位置するもので、不備不足は筆者の浅学非才によるものであり、先覚諸賢の優秀な研究業績を参照していただければ幸いである。本論に入る前に、断章取義の宝庫となった数多くの海外研究論文の著者各位に心より感謝の意を表したい。

1. 新資源探査支援ツール研究開発アクティビティにおける情報知識獲得

前報表2と表6において、新・資源探査支援ツール研究開発の国際的レベルでのアクティビティのいくつかの例をとり挙げた。このなかで、大規模地質鉱床・リザーバ物性モデル、ベクトルプロセッサベース高密度3-Dフォワードモデリング、大規模高分解能3-Dインバージョンや3-D CG画像・資源探査支援コンピュータトモグラフィ(CT)、そして資源探査データベース(DB)および高密度知識ベース(KB)・鉱物・エネルギー資源探査インテリジェントスーパーエキスパートシステムさらには新しいコンピュータネットワーク資源共同利用通信網を背景とした資源探査インテリジェントスーパースマートワークステーションなどを包含した新世代コンピュータエクスプロレーション(New Generation Computer Exploration)への関心も必然的に高まっていくであろうとしたが、こういった環境下においては、前述の通り、在来情報知識の再活性も含めて、探査支援新情報知識獲得という問題が今までにもまして重要な役割を果す。

前報図-1の研究開発要素別アクティビティに対応する探査対象別アクティビティ抽出の例¹⁾からみると、ベースメタル、レアメタル、レアアースおよびウラン鉱物・海底鉱物資源を含めた対象別要素鉱物資源を筆頭に、対象別要素ハイドロカーボンならびにジオサーマル資源、地下水資源そして地殻構造・極地永久凍結層下の探査に至る新しいアクティビティがうかがえる。抽出例は、あくまでも電磁気探査研究論文アクティビティのみからみたものであるが、その応用三大対象の鉱物・エネルギー・水資源環境探査などのアクティビティは

新技術の発展とともに今後も活性を有していくものと思われる。

国内陸域あるいは日本近海周辺経済水域および公海上における先進的アクティビティの推進は無論のことであるが、新しい国際的探査評価対象と国内探査評価対象との関係について応用開発アクティビティの面の1つ、鉱山例からみれば、現在充実期あるいは未知・既知未開発である海外鉱山も、いずれ国内鉱山の辿った運命・直面している課題に類似した過程を経る例も出てこよう。そのような意味でも国際先端鉱山教材資源をも有しているともいえる国内鉱山での数多くのケースを通じての高度先進探査評価技術の涵養は、今後AI衛星結合システムなども考えられる国際地球資源探査評価情報の相互交換協力時代(International Earth Resources Exploration Generation)を背景に、日本の資源問題・国際技術協力あるいは資源産出国の立場での現地生産化いづれにもかかわり、着実に進めておく必要のある重要なアクティビティである。

そして、狭義の意味からは、資源探査 Artificial Intelligence 環境での知識獲得(Knowledge Acquisition)ということは、鉱物・エネルギー資源探査評価エキスパートシステム構築などの分野において、問題対象に関する専門知識情報をコンピュータアルゴリズムの形へとコード化する過程、すなわち、問題の確認(Identification)・概念形成(Conceptualization)・加工(Formalization)・実現(Implementation)・試験(Testing, Running)という段階でのアクティビティを意味し、KAS知識獲得システムによって情報知識の更新拡張を計っている前報のPROSPECTORの例にみるように、その優劣が当該エキスパートシステムの成否を握る心臓部分に相当するもので、この領域の発展を見渡すとき、多種多様の真あるいはある確率をもって真とみなせる確からしい情報知識が秀れた知的ツール・システムのために極めて重要な源泉となることは言うまでもない。

2. 3-D CSAMT

2.1 3-D CSAMT

Cagniardの提唱したMT(Magnetotelluric)地磁気地電流法は、当初地球電磁気学の立場で注目され今日まで地震予知に関連する活断層診断や地殻構造の把握に重宝な探査法として利用されてきた。近年では、資源探査の立場、特に深部の鉱物資源、環境地下水資源・流体移動を制御する断層亀裂系やジオサーマルお

よびハイドロカーボンエネルギー資源への盛んな利用が見込まれるようになった。この現況にかんがみ、自然地磁気地電流利用の受動的MTの局限希薄性という大きな欠点をカバー、限定した資源環境探査区域に送信源として時間的変動を受けない人工制御信号源CS (Controlled Source)を用いて、より信頼性の高い探査法へと変身させる研究が開始され、新しいツールが誕生した。CSAMT (Controlled Source Audio-magnetotelluric) がそれである。送信源近傍(Near-Field)では、Tingら(1981)が3-Dプログラムで計算したように構造位置以外にゴーストが出現するが、スキンドープス δ の数倍離れたところ(Far-Field)では電磁界は平面波になりコンベンショナルなMT見掛比抵抗をCSAMT見掛比抵抗として扱える。さらにNear-Fieldにおける測定値の利用による情報量の追加も可能である。

一般的なBostick法などの1-D解析は、水平方向に不均質な3-D地形・地下構造では、もはや現状に合わない無理が生じており³⁾、現象に忠実な3-D地形・構造の高密度フォワードモデリング・3-D高分解能インバージョンテクニックの研究開発は時間の問題となった。Ranganayaki (1984)のテンソルMT比抵抗による結果解釈支援法も1つの示唆を与える。3-D構造では、電磁界[E], [H]と、周波数領域複素テンソル[Z]との関係から、表土層やバックグラ

ウンドと対比したとき、深部の異常か、導電性が絶縁性の異常かが従来の指標では判断しかねる点をふまえてインピーダンステンソルの行列式を採用すれば、新しい探査対象代替定数、

$$\rho \det = \frac{1}{\mu_w} |Z_{xx}Z_{yy} - Z_{xy}Z_{yx}|,$$

$$\phi \det = \text{Phase of } (Z_{xx}Z_{yy} - Z_{xy}Z_{yx}) \quad \dots\dots(1)$$

などの定義が考えられる⁴⁾。

2.2 3-D CSAMTによるジオサーマルエネルギー資源探査

地熱資源探査対象は流体移動を制御する断層・亀裂系で、断層亀裂に沿って観測される変質帯は熱水による化学的作用に関連し高比抵抗バックグラウンドに対し低比抵抗帯として把握される。ユタ州Roosevelt Hot Spring 既知地熱資源地帯。KGRA (Known Geothermal Resource Area)において実施したUtah大学Sandberg (1982)⁵⁾のケーススタディの結果では、蒸気井周辺の浅層変質帯やブライン(塩水)に関連する帯水断層帯では低比抵抗となり、断層からのブラインの流動形態も把握している。解析ではTMモードインバージョンの結果を初期値としてFEMフォワードプログラムで計算、TEモードフィールドデータに合致するようにシミュレート、探査対象代替モデルとしての比抵抗モデルを作成し、断層からのブラインによる変質帯をマーク、かなりの成果をあげている。

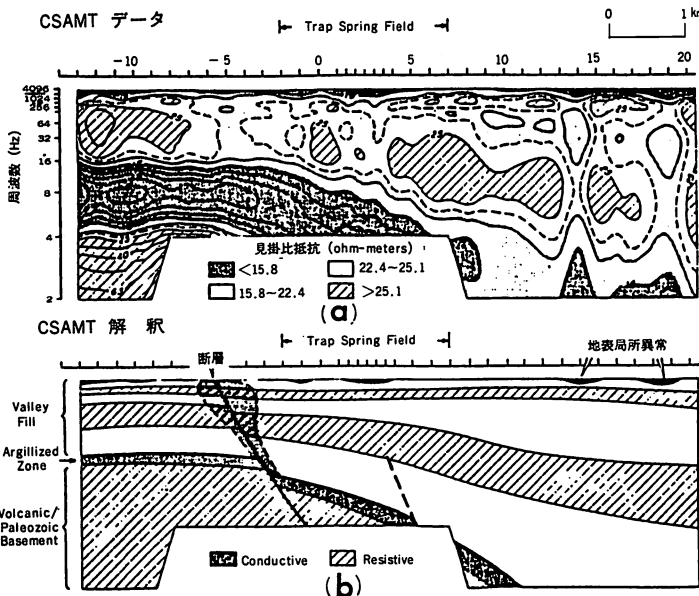


図-1 3-D CSAMT ハイドロカーボン資源探査 (a)データ (b)解釈結果 (ネバダ州 Trap Spring 油田の例) Hughes et al (1984)⁶⁾

2.3 3-D CSAMTによるハイドロカーボンエネルギー資源探査

CSAMTは、また、石油リカバリープロセスのマッピング (Mapping)、地下石炭ガス化モニタリング (Coal Gasification Monitoring) などの支援ツールとしても盛んな応用が期待できる。図-1(a)は、Hughesら(1984)によるネバダ州 Railroad Valley の Trap Spring 油田における構造マッピングのための CSA MT データである⁶⁾。5万バレル以上の石油が現在までにリカバーされ、さらに将来見込みありとされている探査地区における測点-2付近の不連続性は、断層と一致しており、図-1(b)の解釈結果でのいくつかの表層リニアメントも空中赤外線画像、サイスマックサーベイ、坑井データからの情報と合致している。さらに、オクラホマ州 Arkoma ベーズンにある Ashland フィールドにおけるメタン集積、黄鉄鉱そしてフィールドを覆うカーボネイト膠結層の存在を検出する実証実験を行い、ドライガスをベンシルバニアンほしろう (Barrier Reef) ・砂岩から産出しているこの地区において、高比抵抗の下、トラップの上の導電帯によって垂直ハイドロカーボンマイグレーションプロセス (Migration Process) による電氣的異常を捉えている⁶⁾。

今後、3-D CSAMTは、サイスマックサーベイの支援のみならず、さらにその役割に劣らない安定したツールとして成長、感度分布法⁷⁾の導入や3-D地形解析は無難のこと、他の電磁気比抵抗探査支援ツール PEM⁸⁾ (3-D CSTEM)、MMR、SIP^{9)、10)} (TDSIP)、RWA などとのジョイントによって、秀れた探査支援情報知識をもたらす1つとして期待できる。

3. MMR

3.1 MMR

MMR (Magnetometric Resistivity) は、直流または極めて低い周波数の交流を流電し、比抵抗環境異常への電流集束状況による磁界変化を測定する方法で、定常電流静電磁界理論の範ちゅうに属し、塊状硫化鉄床や地熱資源探査、局地的地質構造分布の状況、核廃棄物の岩盤内地層処分のための岩盤評価、堆積盆におけるリーフ構造検出、さらには海底陸棚の電気伝導度の決定など、なかんずく深部からの信号が遮蔽されてしまうような地下構造に対し秀れた効果を発揮する新探査評価支援ツールである。原理的には Jakosky が特許 (U. S. Patent No. 1,906,271) を得て有効とされていたが、近年の新高度ハードウェアをバックに

Edwardsらによって新しい高感度探査法として研究が再開されており、3-D探査解析ソフトウェアの進展とあいまって新鉱物・エネルギー資源環境探査支援情報知識を提供するツールへの成熟が期待される。

3.2 孔間流電電磁 MMR

地表配列MMRを超え、後に述べる探査CTにも連がる孔間立体配列 (Cross-Hole Array) による方法も研究が進み成果が出ている。Oxford大学の Acosta (1983)は、比較的塊状の石炭紀石灰岩堆積地域フィールドにおいて、送信CSおよび受信センサの立体配列に工夫を凝らし、観測データのフーリエ解析により地下流体移動方向を把握の研究を行い、その後、空洞・亀裂そしてハイドロカーボンリザーブ把握などへの適用を意図している。図-2は、Toronto大学の Nabighianら (1984)¹¹⁾が塊状硫化鉄床地域に実施したMMRの結果で、不均質比抵抗環境に対するMMR応答、MIP効果、解析単位鉱体 (Unit Ore Volume) の集合体による数値計算、および500m以上に及ぶ塊状鉱体におけるフィールドデータの解釈などから、DH-2での品位50%の鉱体堆定をはじめ、その有効性を実証した例と言える。一方、California大学 (Berkeley)の Opplinger (1982)は、MMR 3-Dインバージョンのための研究を進め、Mise-à-la-Masse¹²⁾ (Excitation at the Mass) 加工情報も活用した1つ

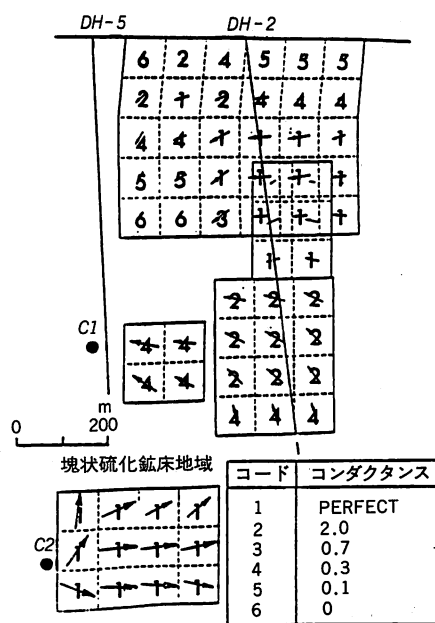


図-2 孔間流電電磁MMR探査結果解釈例 (塊状硫化鉄床地域におけるToronto大学研究例) Nabighian et al (1984)¹¹⁾

の3-D地形解析支援シミュレーションを展開している。きめの細かい一連の研究成果はコンプリメンタリーサポートツールMMARと関連、この新しいツールの進展に大きく弾みをつけた。

3.3 海底鉱物・エネルギー資源MMR探査MOSES

高分解能MMRを海底探査へと応用開発したMOSES (Magnetometric Off-Shore Electrical Sounding) は Toronto大学とカナダ鉱山エネルギー省とが共同プロジェクトとして精力的に押し進めているもので、Edwards & Lawら (1985)¹³⁾ はブリティッシュコロンビア州ビュート湾で実証実験を行った。MOSESは、海底鉱物資源開発における海底リッチ近くの未調査塊状硫化鉱床賦存状況の把握、地球物理学の立場からのプレート境界近傍の熱機構や流体移動の把握など他の電気探査技術では追従を許さない数kmオーダーの海底地殻探査、海底エネルギー資源開発における石油リザーブに関連するベズンサイズミックサーベイ結果の検証、さらには永久凍結層の層厚決定などの極地学術調査へと活用が期待できよう。MOSES比抵抗は、海水比抵抗 ρ_s 、海底磁界 B_p とから

$$\rho_a = \rho_s \mu_0 I d / 4 \pi r^2 B_p, \dots\dots\dots(2)$$

MOSES MMR感度 (Sensitivity) は、Frécht核で表わされ、いずれも重要な指標となる。現地実験では、逆解析層厚560mがサイズミックサーベイによっても検証された海底地形補間層厚600mに対応、かなりの成果をあげ、MMR2Dアルゴリズムの3-Dグレードアップとともにその進展は期待できる。

MMRは、CSAMTなど他のツールではフォローが不十分な導電性被覆層が存在しターゲットからの信号が遮蔽されてしまうような鉱物・エネルギー資源環境探査のための有効な支援情報知識を提供するツールとしても貢献するところは大きい。

4. NMRおよびCT

4.1 NMR

近未来、既存X線CTをサポート、あるいは凌駕する高質画像を提供するであろう新しい医療診断画像処理装置MR-CT (Magnetic Resonance Computerized Tomography) 磁気共鳴コンピュータ断層が本格実用化に踏み出し、最高14テスラ(140,000ガウス、これは私達の住んでいる地球の磁場の約30万倍に相当する。) (米国) のMRI (Imaging) ハードをはじめとして活発な研究が展開されていることは広知の通りである。

パルス磁界により地層を励起し水素原子核のラーモア(歳差)運動(Larmor Precession)により誘起される微弱な電磁波を検出、スピン緩和時間(Spinrelaxation Time)を測定する磁気共鳴試錐探査NML (Nuclear Magneticism Log) も実用化されており、石油貯留岩地層浸透率や残留水分飽和率、フリーウォーター量の測定を粘度鉱物や岩質によって左右されることなく行い、さらには泥水にケミカルアディティブ(Additives)を注入して岩盤内の水の影響をおさえてハイドロカーボン含有量を抽出するなど、応用が進展している。1つの新しいアクティビティとしては、石油・ガスあるいは水の探査における貯留岩盤・地層の透水性評価へのNMR探査の適用で、室内試料測定からではなく現地の試錐孔探査によって地層浸透率に関する情報を得る研究の成果例が挙げられる。地層浸透率に関するいわゆるKozeny-Carmann式から、地層比抵抗係数Fをベースにした第1 Paris式(1983)、第2 Paris式(1984)と発展させたClausthal工科大学のPapeら(1985)¹⁵⁾ は、さらにスピン緩和時間の逆数と比表面Sporとの比例関係に着目して新しい関係

$$K_{NMR} = \frac{475.3}{F} \left[\left(\sum i (A_i / t_{1i}) - \frac{FFI}{\phi} \cdot \frac{1}{t_w} \right) C_{NMR} \right]^{-3.1085} \dots\dots\dots(3)$$

を導出した。(Budapest式)

図-3は、NMR地層浸透率 K_{NMR} と実験室試料測定ガス浸透率 K_{GAS} との対応例で、満足すべき結果と見える。Mandelbrot(1977)のフラクタル次元(Fractal

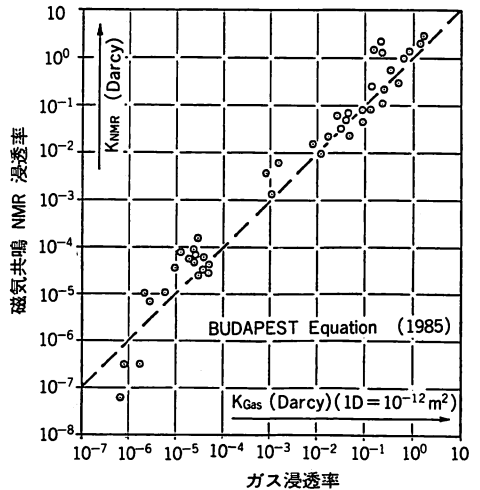


図-3 NMR探査結果 リザーバ物性地層浸透率 K_{NMR} (Clausthal工科大学研究例) Pape et al (1985)¹⁵⁾

Dimension)¹⁶⁾の考え方も既に導入して大変興味のもてる成果となっており、1つの有益な資源リザーバモデル情報を提供しよう。無論、リザーバペトロフィジカル・岩盤物性のような分野では、弾性のみならず数理情報環境地質・流体移動など色々な面からのモデル情報を得ることが肝要であり、現在進行中のStanfoad大学やいくつかのオイルカンパニーによる大規模リザーバ岩盤評価データベースRPDB (Large Rock Property Data Bases) 構築など¹⁷⁾は1つのベクトルを示すものである。また、供試体情報・試験調査坑井検層情報の利用という点からの、比較的小規模で構築できる特定の目的対象地域における既存および新規ボーリング柱状図¹⁸⁾・検層結果などによる坑井試験孔探査情報データベースWLDB (Well Log Information Data Bases)なども、資源探査のみならず環境地質評価を支援するコンプリメンタリーマニュアルの概型を形成するエレメントとなる。

4.2 鉱物・エネルギー資源探査支援トモグラフィー EM-CT

Kurl・Edwards (1968)などをルーツに現在では強力な医療診断支援ツールに成長したコンピュータ断層撮影トモグラフィー手法 CAT (Computed Axial Tomography) スキャンの考え方を、孔間 (Cross-Hole)・地表孔間 (Surface to Hole)のような^{19,20)}立体配列探査にとり入れ解析画像を提供する探査支援トモグラフィー (Geotomography) としての利用は、10数年前Boisら(1972)が研究を始めた当初、サイズミック-CTであった。近年、弾性エネルギーのみにとどまらず、Lytleら(1977・1979)に始まる電磁エネルギー利用のEM-CT (Electromagnetic Computed Tomography)の研究などが進展、さらにはICT (Electrical Impedance Computed Tomography)などと新トモグラフィー研究開発アクティビティも活発となり、最近ではSommersteinら(1984)、Dailyら(1984)と秀れた研究成果があいついで発表され、コンピュータテクノロジーの発展に裏打ちされた情報のインテグレイテッド手法とも言える大変秀れた探査解析支援ツールとしての成長過程に入った。既にGordonら(1970)により利用されていた解析アルゴリズムART (Algebraic Reconstruction Techniques)を発展させたPetersonら(1985)による6種ARTやPinoら(1985)²¹⁾によるSART(Simultaneous)も、より高いパフォーマンスのイメージングの現地応用成果例として高く評価できる。探査トモグラフィーは、エネルギー資

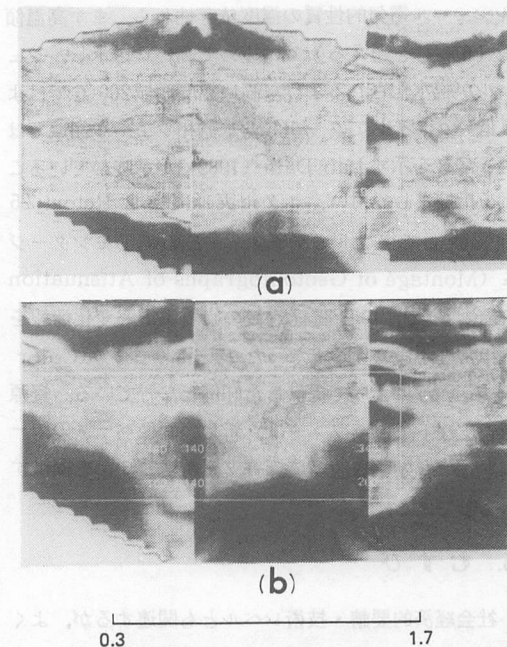


図-4 資源探査支援トモグラフィーEM-CT画像モニター (a)オイルシェール着火直後(b)19日経過後(Geokinetics Retort 25におけるLawrence Livermore研究所実験例) Daily (1984)²³⁾

源オイルシェールレトルト (Oilshale Retort)・石炭ガス化 (Coal Gasification) のモニタリングや、断層破砕帯・岩盤亀裂・流体移動に関連する地質断面などへの盛んな適用が見込まれつつある。Lawrence Livermore 国立研究所のDines・Lytle (1981)によるインピーダンストモグラフィー画像 (ICT) 研究開発²²⁾は、ネットワークモデルを用いたコンピュータシミュレーションによるインピーダンスカメラ (Impedance Camera) の有効性を追求している研究として注目に値しよう。EM-CTトモグラフィー手法では、金属鉱脈や粘土層などの媒質の導電率σ (S/m)に大きく支配される電磁波減衰特性としてのEM減衰定数α (EM Attenuation Rate)を有するリザーバ岩盤・地層・媒質における送信・受信信号パワーPtr, Precが

$$Prec = \frac{Ptr}{4\pi r^2} f(\theta) Gtr Arec^{-2\alpha r} \dots\dots(4)$$

で表現できることをベースに、このαを探査対象代替定数とするインバージョンアルゴリズム (Geotomograph Image Reconstruction Algorithm) によって解析する。図-4は、Daily (1984) によるレトルトモニタリング結果解釈の一例である²³⁾。画像断面は、オイ

ルシエール電氣的性質の温度依存性から、まず高温領域(600°Cを超える)では極めて高い α を示し、シエールが脱水化されるような高い温度領域200°Cではより低い α 、そしてクールな含水飽和シエール領域では大きな α を示すLab Data(1982)が示唆していることを指標として用い、ユタ州実証実験地 Retort 25 地質断面で得たトモグラフィ-EM-CT モンタージュ(Montagé of Geotomographs of Attenuation Rate α)で、19日間経過後の媒質導電率変化情報を近年常套手段の1つとなったカラーイメージング(Color Imaging)によって提供した好例となっている。資源探査支援トモグラフィ-は、新しい画像ベースのツールとして有効な資源環境探査支援新情報知識を提供するものである。

5. むすび

社会経済的要請・技術レベルとも関連するが、よく知られていると思われる現代地球鉱物・エネルギー資源および環境において、新しい探査情報知識の下では地球全体が未知であるという発想を持ち出すまでもなく、まだ十分に解明されていない未知・未利用の領域も多い。探査支援ツール・支援システムという用語を用いるにあたっては、たしかに、資源評価・開発(Resources Assessment & Development)や環境保全(Environmental Conservation)という分野との関わりにおいても、探査技術は主役ではなく、あくまでもその役割が支援(Support)と呼ぶにふさわしいハード・ソフト(知恵知識ウェアを含む)・ヒューマンウェアなど多くのツール・システム集積からなる大規模高密度情報知識型テクノロジーであることに基づいている。

そして、いずれは歴史の手に委ねられるのであろうが、10数年前までは、一部の先進分野でさえも、AI・知識工学を説くことはSF混同気味・非現実とされた。しかるに、冷めた目をよそに続けられた優れた研究努力の結果、米国知識エキスパートシステムを1つの例として、近年の目覚ましいArtificial Intelligence 進展気運で現代コンピュータ技術自体の活性もよみがえり見直されているのみならず、AI研究・新情報知識技術開発へのあらゆる分野の意欲と期待は計り知れなく大きい。FGCS が成熟し高級なアルゴリズム下での高度推論能力が人間の有するいわば直感的スキル・ある種の不可思議情報処理能力を代行できるのかということには疑問の余地があるにせよ、21世紀に向け

新世代を拓こうとする日本におけるエネルギー・資源の一端を旨とした国際高等的な新しい鉱物・エネルギー資源探査支援ツール周辺環境形成の努力が必要とされている現在、研究の最先端を走ることと併行して、後から続く多くのことを考えた時宜を得た新知識獲得・学習認識・予測・啓蒙喚起も大変重要である。無論、明確な解答を持たない浅薄な筆者の極めて偏った一側面からのみの解説などはそのためのフレームワーク参考資料となるにはほど遠いが、各分野での活発な議論と研究の進展を促すために、今やその進路へのマイルストーンを置く段階に到達している。タイムラグはあろうが、日本が有する多くの秀れた諸機関においても着実にその先進的下準備が進展していくであろう。ある意味ではかなり厳しい現代日本の資源エネルギー環境の現状とも言えるが、現世代のみならず次に生きる新世代のためにも、その足元を冷静にみつめたあらゆる可能性からの地道な試行錯誤を含めた努力を怠ってはなるまい。

人間を含めた生命系は水と土が支える循環構造を有している。天然自然鉱物・エネルギー資源もかけがえない自然の分身、循環構造のない系となるような場合には、パーフェクトな技術はもとより自然環境認識の立場から確固たる理念で対応すべきであろう。多大の恩恵を受けている自然への限りない畏怖の念も忘れてはならないことを再び付記して本解説を終らせて頂く。本文は、説明を省いたところも多く、決して十分なものではないが、資源探査情報工学・探査工学を専攻する立場から、地球鉱物・エネルギー資源環境探査評価に関する基礎的研究の立場から極く一端を説明させて頂いた。本誌掲載にあたり、エネルギー・資源編集関係各位には、大変お世話になったので心よりお礼申し上げます。

なお、本稿をまとめるにあたり、Dr. J. Acosta (Oxford大学、現ベネズエラ在)・Dr. L. Szarka (Hungary 科学アカデミー)およびDr. H. Pape (Clausthal工科大学)との新探査技術応用開発に関する貴重な資料提供ならびに意見交換は大変参考となった。ここに付記し感謝の意を表する。

また、日頃何かと御厚情と御高配を賜わっている佐々宏一教授ならびに藤中雄三教授・若松貴英教授(京都大学)はじめ多くの方に深くお礼申し上げますとともに、筆者がMMAJ深部探査技術専門委員会委員等時から激励と御厚情を賜った通産省関係各位はもとより、多くの方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 菅野強; 新しい資源探査 Artificial Intelligence とその周辺 I, 鉱山, Bulletin of Japan Min. Industry Assn., Vol. 38, No.10 (1985), 1~14.
- 2) Freiling, M. et al; Starting a Knowledge Eng. Project : A Step-by-Step Approach, The AI Magazine, AAAI, Vol. 6, No. 3 (1985), 150~164.
- 3) MMAJ; 深部電気探査技術開発, 鉱物資源探査技術開発調査報告書 (1985), 76~100.
- 4) 菅野強; M T 比抵抗探査データの結果解釈, 日本鉱業会誌, 摘録, Vol. 101, No.1165 (1985), 167.
- 5) Sandbery, S. K., Hohmann, G. W.; Controlled-Source Audiomagnetotelluric in Geothermal Exploration, Geophysics, Vol. 47, No. 1 (1982), 100~116.
- 6) Hughes, L. J., Calson, N. R., Ostrander, A. G.; Applications of CSAMT in Mapping Structure and Alteration Associated with Petroleum, SEG, Atlanta (1984), 102~104.
- 7) 菅野強; 鉱山評価または採鉱計画への電気探査の利用について, 探査技術を利用する新しい鉱山評価(1982), 地下資源関係学会, 論文資料 A - 3, 7~11.
- 8) 菅野強; P E M 電磁比抵抗探査データの結果解釈, 日本鉱業会誌, 摘録, Vol. 102, No.1175 (1986), 49~50.
- 9) Seigel, H. O., Johnson, I. et al; Geophysical Aids to Gold Exploration, Different Methodology, Geophysics, The Leading EDGE of Exploration, Vol. 3, June (1984), 32~35.
- 10) 菅野強; 時間領域測定によるスペクトル IP パラメータの決定, 日本鉱業会誌, 摘録, Vol. 101, No.1167 (1985), 320~321.
- 11) Nabighian, M. N., Opplinger, G. L., Edward, R. N. et al; Cross-Hole Magnetometric Resistivity (MMR), Geophysics, Vol. 49, No. 8 (1984), 1313~1326.
- 12) Beasley, C. W. and Ward, S. H.; 3-D Mise-à-la-Masse Modeling Applied to Mapping Fracture Zones, Geophysics, Vol. 51, No. 1 (1986), 98~113.
- 13) Edwards, R. N., Law, L. K. et al; First Results of M OSES Experiment: Sea Sediment Conductivity and Thickness Determination, Bute Inlet, British Columbia, Geophysics, Vol. 50, No. 1 (1985), 153~161.
- 14) Lauterbur, P. C.; Image Formation by Induced Local Interactions: Example Employing Nuclear Magnetic Resonance, Nature, Vol. 242 (1973), 190~191.
- 15) Pape, H., Riepe, L. and Schopper, J. R.; Permeability of Porous Rocks Derived from Internal Surface Effects: Permeability Estimation from NMR-Measurmenr EAEG, Budapest (1985), Preprint Paper C-44, 1~16.
- 16) Mandelbrot, B. B.; Fractals Form, Chance, and Dimension(1977), W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1~365.
- 17) Yale, D. P.; Recent Advances in Rock Physics, Geophysics, Vol. 50, No.12 (1985), 2480~2491.
- 18) 幾志新吉; ボーリング柱状図のデータベース化と利用方法, 月刊地球, Vol. 8, No. 2 (1986), 海洋出版, 114~118.
- 19) 菅野強; 孔間流電磁 MMR 探査, 日本鉱業会誌, 摘録, Vol. 101, No.1163 (1985), 45.
- 20) 菅野強; 3-D 回転楕円体の傾斜・中心深度に対する地表孔間比抵抗探査の感度について, 日本鉱業会誌, 摘録, Vol. 101, No.1174 (1985), 811~812.
- 21) Pino, E. D. and Nur, A.; Seismic Wave Polarization Applied to Geophysical Tomography, SEG, Meeting, Washington (1985), S19-7, 620~622.
- 22) Dines, K. A. and Lytle, R. J.; Analysis of Electrical Conductivity Imaging, Geophysics, Vol. 46, No. 7 (1981), 1025~1036.
- 23) Daily, W.; Underground Oil-Shale Retort Monitoring using Geotomography, Geophysics, Vol. 49, No.10 (1984), 1701~1707.
- 24) 資源エネルギー庁監修; 資源エネルギー年鑑(1985), 通産資料調査会, 1~888.