

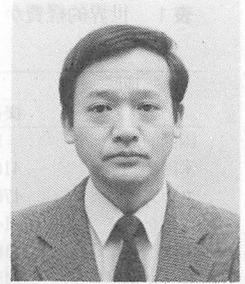
## ■展望・解説■

# 資源および環境の探査評価における 新しい地球物理学アクティビティ(I)

New Geophysical Activity as an Aid to Exploration and  
Evaluation of Earth Resources and Environments. Part I.

菅野 強\*

Tsuyoshi Sugano



## 1. はじめに

私達が生活を営んでいる地球は、実に約46億〔4.6 Ga (1 Ga=10<sup>9</sup>年)〕年という悠久な時空的変遷を経て今日に至っている。人間が関わってきた新しい地球環境を次世代へ良き贈物とするために、自然、人間と自然、人間と機械、人間と人間の関係に至るこの広大なシステムに人類の英和の結集が色々の分野で強調されているのは、周知の通りである。

今日、このような新しい地球環境下の先進文明社会においては、いわゆる農業化、工業化に続く情報化、そして高度化の進展のめざましい過程を辿りつつある。その高度文明が及ぼす影響、揺らぎや、物質の豊かさやリードを顕示することのみではない内面的真の充実や調和、融合など、広範にわたり新しい傾向、考え方が顕在化してきた。さて、これまで人間はその英知と努力によって次々と資源、環境を開発し利用してきた。長期的、大局的な地球環境対策も念頭にいた観点からの、鉱物、エネルギー、水はじめ、多種多様の資源の信頼度の高い把握、有効利用、および環境とのバランスのとれた健全持続が、これからの地球文明社会の安定を支援するかもよく認識されている。そして、このような地球の視野からの新しい資源、環境開発や維持保全に関する探査評価の分野においても、新しい問題の階層化的検討や、新しいアクティビティ、新しいパラダイム(Paradigm)にも注意が必要となっている。とくに、社会、時代との関わりは必須の要素であることは、新しい地球物理学アクティビティの把握においても例外ではない。例えば、石油、鉱物、環境、エンジニアリング(土木、建設)、地熱、地下水、海洋といった資源、環境とその周辺および生活環境におけるアクティビティなどがその例である。そして、1

つの地域、1つの国のみを考えればよかった時代から、より地球規模(グローバル)な視野に立った対応が必須となる時代にも入っている。近年の情報関連技術の高度化とその普及は、高信頼度情報提供、グローバルで客観的な把握、対応を側面的に支援するとともに、グローバルな融合、価値観へも大きく影響している。

本解説は2つの部分(I)および(II)から成っている。本文(I)では、はじめに“世界的に見た地球物理学アクティビティの展望”に関して、まず、国際的に見た対象別、地域別アクティビティに触れ、つづいて地球物理学における人的資源とその周辺、および国際的研究開発アクティビティについて概観する。つぎに、“資源および環境の探査評価における支援情報知識獲得とその特徴・傾向”に関して、期待される高信頼化、解釈評価および予測制御の情報の獲得、および支援情報の統合化について、例題を挙げて説明する。

## 2. 世界的に見た地球物理学アクティビティの展望

### 2.1 国際的に見た対象別、地域別アクティビティ

国際物理探査学会(Tulsa, USA)は、1936年から地球物理学アクティビティの物理探査活動の報告を続けている<sup>2)</sup>。そのデータは、石油会社、コントラクター、政府機関や大学などからの集積をベースにしたものである。1988年は、石油会社では460社を選びアンケート調査した。回答があったのは269件(1986年251件、1987年218件)であった。この統計は、探査技術の傾向や地域的にみた探査評価傾向を分析するのに有力な資料となる。

世界で地球物理学的探査活動に投下される経費は、全体的には1987年に比べ6%増加(前年度23.3%減少から増加)に転じた。表1は、石油、鉱物、環境、土木建設、地熱、地下水、海洋、研究を対象区分として地域毎に見た探査活動の経費(単位千USドル)を示す。米国が全体の1/3弱を占め、欧州、カナダ、中東、

\* 京都大学工学部資源工学教室講師  
〒606 京都市左京区吉田本町

表1 世界的経費からみた対象別, 地域別地球物理学アクティビティ (SEG, 1989)<sup>2)</sup> 国際物理探査学会  
(1000 U.S.ドル)

地域	石油*		鉱物	環境	土木建設 (エンジニアリング)	地熱	地下水	海洋	研究	計
	探査	開発								
国際的	5,719				500			3,583	6,925	16,727
米国	416,134	22,522	6,635	626	1,998	323	615		5,037	453,891
カナダ	178,116	122	9,193	8	164		1		3,494	191,098
メキシコ	14,808		15							14,823
南米	116,199		965		1,945	174			1,815	121,098
ヨーロッパ	245,674	8,584	6,809		7,322	637	100		736	269,862
アフリカ	121,247	4,174	6,192		890	150	423		287	133,363
中東	151,052	1,340	359		109	806				153,665
極東	132,066	501	4,165		945	1,030	462	559	181	139,907
オーストラリア/ ニュージーランド	43,509		5,043	74	26	90	910		2,712	52,364
計	1,424,524	37,243	39,375	708	13,899	3,210	2,511	4,141	21,186	1,546,798

\*データ処理および解釈費を含む。

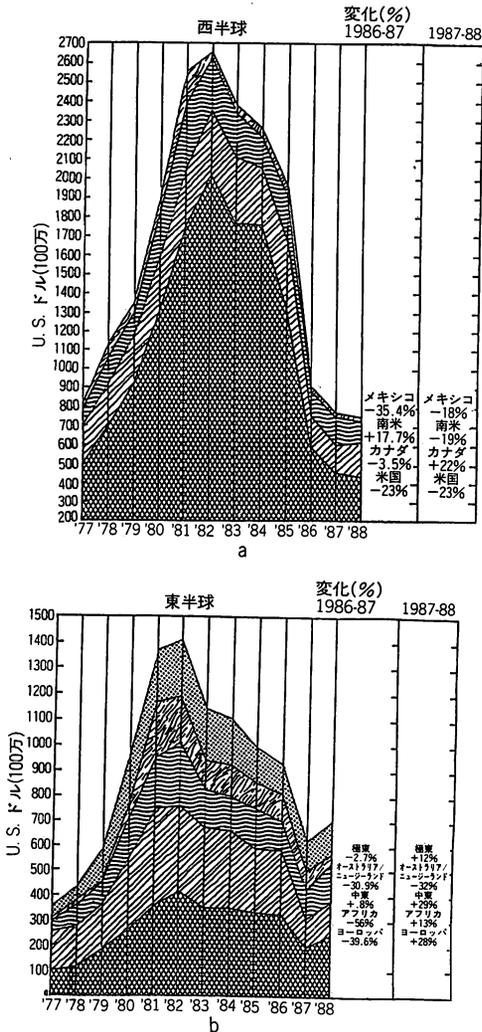


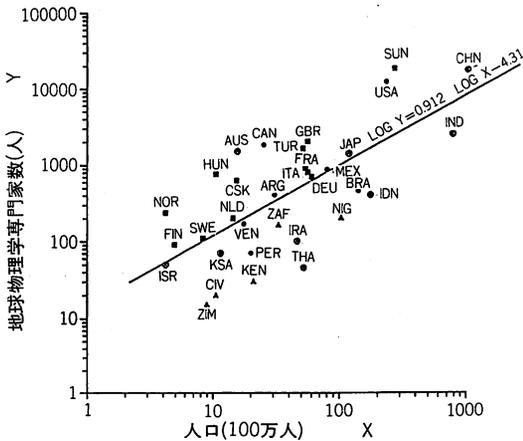
図-1 1977~1988年における西半球および東半球の石油探査開発経費 (SEG, 1989)<sup>2)</sup>

極東, アフリカと続く。対象別では世界的経費の94.5%が石油資源の探査開発に投下されており, 1988年は約14億6000万ドルとなっている。残りの5.5%が, 鉱物資源, 研究, エンジニアリング (土木・建設), 海洋, 地熱, 地下水, 環境の順になっている。地域別の特徴としては, 石油では米国, 鉱物資源ではカナダ, 研究では国際的, 米国, エンジニアリングでは欧州, 海洋では国際的, 地熱では極東, 地下水ではオーストラリア/ニュージーランド, 環境では米国が卓越している。図-1は, 94.5%を占める石油資源探査開発費について, (a)西半球と(b)東半球とに分けて1977年からの推移を辿ったものである。いずれも, 1982年まで上昇し続けた開発費がその後下降したが, 1988年になって微増に転じた。とくに西半球の世界での1985年から1986年にかけての減少割合は極めて大きい。1987年から1988年への変化 (前年比%) では, 中東 (+29%), 欧州 (+28%), カナダ (+22%), アフリカ (+13%), 極東 (+12%) の順に増加傾向が見られる。米国に関しては, 1986年から2年続けて-23%となっている。対象別からは, 石油 (+4%) が, 陸上で+12.7%, 海上で-9.9%, 共通域で+34.5%となっている。石油以外では, 環境が+13.1%, 海洋では+135.5%, エンジニアリングで+27.4%, 鉱物資源で+46.4%, 研究で+103.8%, 地下水で+40.4%, 地熱で+185.3%と大幅な増加が見られ, 数年続いた減少傾向に変化が生じた。とくに, 研究, 海洋, 地熱は, いずれも+100%を超えている。現在のところ, 世界的には一般的傾向になっているとはいえ, アクティビティにおいて研究開発投資がかなり重要な位置を占めるものと思われる。

2.2 地球物理学における人的資源とその周辺

2.1でも述べたように、地球物理学アクティビティは、鉱物資源や石油資源のみならず地下水の探査や土木建設、環境分野の調査、研究などにおいて重要な1つの役割を果たしている。先進国では、環境を含め応用は多岐で盛んであるが、発展途上国では、例えば地下水層 (Groundwater Reservoirs) の発見が農業開発や安全な飲料水の供給確保にも役立っているのである。

カナダ地質調査所のPalacky (1989) は、世界的な地球物理学アクティビティを概観する1つの側面的手法として、この分野の人的資源とその研究教育を通しての将来の発展性の分析を進めている<sup>8)</sup>。このプロジェクトは40か国程度の調査であり、調査項目の要点は、地球物理学専門家の数、教育、組織、地域性、手法のランクづけなどである。統計過程のなかでソビエト連邦については情報推定は十分ではない。さて、この統計から地球物理学専門家の数と、地球物理学アクティビティ (探査および関連活動) に投下される経費は、鉱物資源開発よりもむしろ地域の経済的開発状況にかなり関係している。一方、途上国では油田や鉱物資源探査の成巧のウエイトは多大であり、地球物理学的支援抜きでは達成されないだろうと思われる。ちなみに、



ARG	アルゼンチン	HUN	ハンガリー	NLD	オランダ
AUS	オーストラリア	IDN	インドネシア	NOR	ノルウェー
BRA	ブラジル	IND	インド	PER	ペルー
CAN	カナダ	IRA	イラン	SUN	ソ連
CHN	中国	ISR	イスラエル	SWE	スウェーデン
CIV	コートジボアール	ITA	イタリア	THA	タイ
CSK	チェコスロバキア	JAP	日本	TUR	トルコ
DEU	西ドイツ	KEN	ケニア	USA	アメリカ
FIN	フィンランド	KSA	サウジアラビア	VEN	ベネズエラ
FRA	フランス	MEX	メキシコ	ZAF	南アフリカ
GBR	英国	NIG	ナイジェリア	ZIM	ジンバブウェ

図-2 33か国における地球物理学専門家数と人口との関係 (Palacky, 1989, SEG)<sup>8)</sup>

アフリカでは、その資源開発状況からみて、地球物理学も含む地球化学専門家数は余りにも少ないなどが再認識される。つぎに、33か国について国別人口やGNPと地球物理学専門家数との関係について考察された結果の1例を紹介する。図-2は、人口 (100万人単位) (X) に対する地球物理学専門家数 (Y) を示す。

1つの回帰線

$$\text{LOG} Y = 0.912 \text{LOG} X - 4.31$$

が得られる。この回帰線を1つの判断基準とすれば、ヨーロッパ、オーストラリア、カナダ、中国、米国およびソ連では平均より上回っている。ラテンアメリカ3か国 (アルゼンチン、メキシコ、ヴェネズエラ)、イスラエル、そして日本は平均的となっている。他のアジア諸国、アフリカ、ブラジルおよびペルーは平均より下である。この傾向は、当該国の経済的発展の程度を反映したものとと言える。この特徴を示す1つとして、図-3のGNP (1986年データ) との関係が参考となる。33か国から、中国、トルコ、サウジアラビア、南アフリカを除く29か国を大別すると、3つのグループが存在しているように思われる。すなわち、第1の資源豊かで先進国のグループ (オーストラリア、カナダ、ノルウェー、イギリス、アメリカ) では、国民1人当たりGNPも高く地球物理学専門家数も多い。東欧社会主義国ではGNPは低いが、地球物理学専門家数は多く、鉱物資源開発を重視していることがうかがえる。トルコについては、経済発展に比し地球物理学専門家数が多いのは特徴的である。中国の位置は、

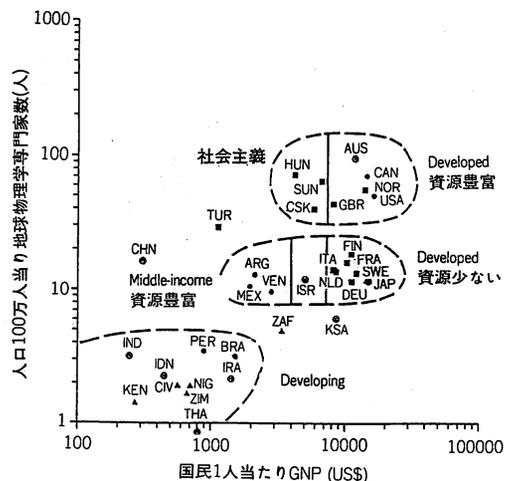


図-3 国民1人当たりGNPと人口100万人当たり地球物理学専門家数との関係 (Palacky, 1989, SEG)<sup>8)</sup>

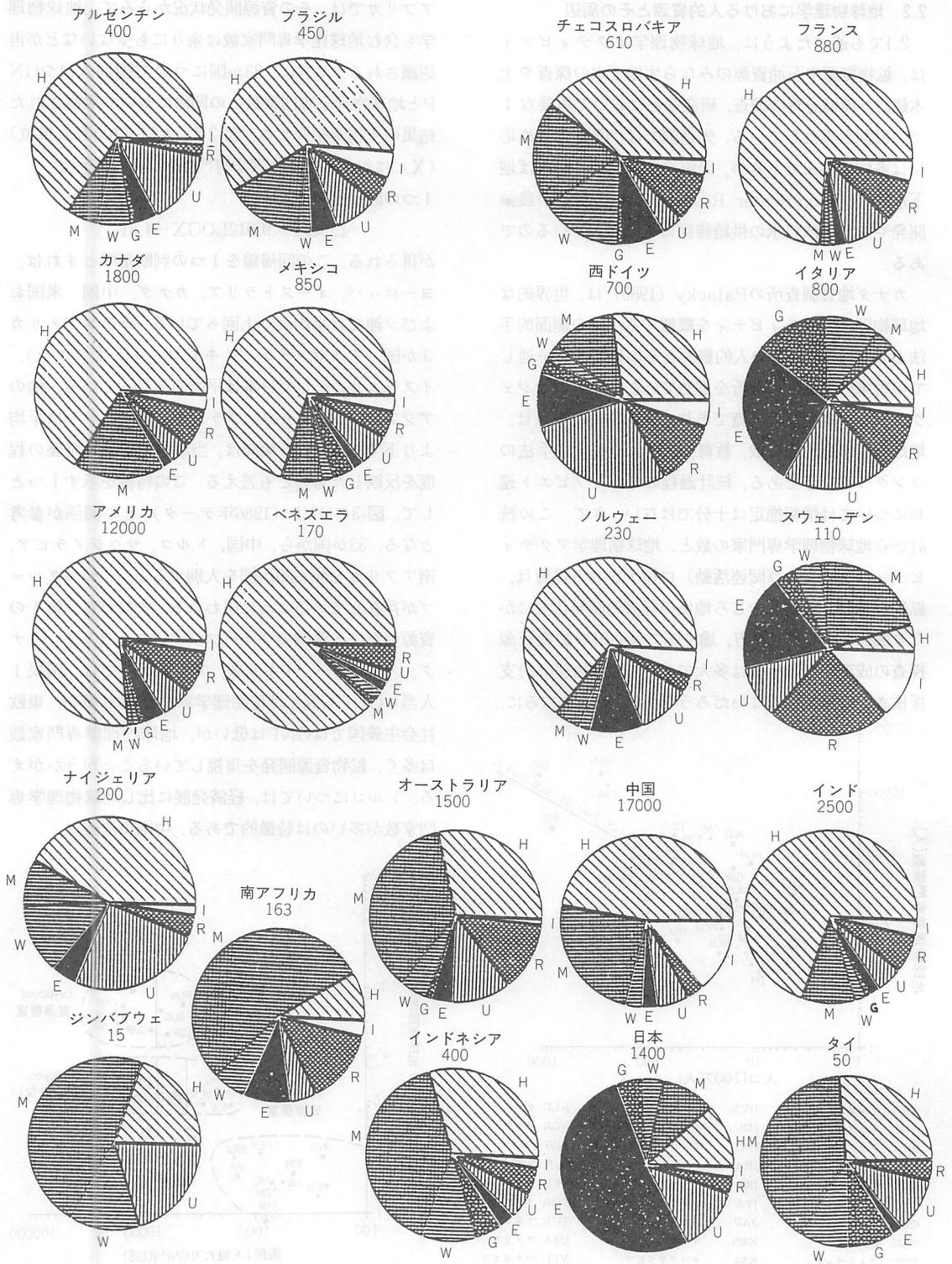


図-4 21か国における地球物理学専門家数の対象別分布 (Palacky, 1989, SEG)<sup>8)</sup>  
 H (石油・天然ガス等) M (鉱物資源) W (地下水) G (地熱) E (エンジニアリング, 土木建設)  
 U (大学教育研究) R (国家機関研究調査) I (機器開発生産)

政府の発展への考え方を反映しているとPalacky (1989) は捉えている。つぎに、日本や西欧諸国はいわゆる先進国だが資源小国に属していることは周知の通りである。付言すれば日本における地球物理学アクティビティは国内だけではなく海外資源開発、国際技術協力的なものが当然包含されていよう。ラテンアメリカ3か国は、中間で資源豊かな(石油産出)国に属する。国民1人当たりGNPが1600ドルより低く、地球物理学専門家が人口100万人当たり4人など途上国のなかには、殆ど専門家を有していない場合も見受けられる。

図-4は、21か国について地球物理学専門家の分野別分布を示したものである。アルゼンチン、ブラジル、カナダ、メキシコ、米国およびベネズエラのグループでは60%以上が石油・天然ガス資源関連分野である。また、研究分野のアクティビティも注目される。ブラジル、カナダ、メキシコにおける鉱山分野、メキシコにおける地熱分野もかなりの%を占めている。欧州の6か国では、フランスおよびノルウェーでは70%以上が石油・天然ガス資源関連分野である。イタリア、スウェーデン、西独ではそれは30%より小さい。つぎにフランスを除いて、欧州のエンジニアリング(土木・建設)分野のアクティビティは米国よりも大きいウエイトを占めている。研究分野のアクティビティは米国よりもかなり高い。アジア諸国は独自の特徴を示す。インド、イスラエル、サウジアラビアは米国型である。中国は47%が石油・天然ガス資源関連分野である。オーストラリア、インドネシア、タイは鉱山分野が卓越している。日本はきわめて独自のパターン、すなわち、エンジニアリング(土木・建設)や環境分野のアクティビティが高い。ここ15か年における毎年400~600のエンジニアリングプロジェクトは探査評価技術を採用している。また、日本における大学での研究アクティビティが卓越していることは特徴的である。資源立国を目指しているアフリカでは、地球物理学専門家が少ない。ジンバブウェは途上国の例としてとり挙げた。鉱物資源分野にウエイトがある。

探査評価技術は、応用科学の結集の利用であるが、その国の経済状況、環境なども深く関連し、適用される対象によっても進展のしかたが異なってくる。つぎに、どの分野でもそうであるが、将来への展望の1つとして、教育の役割は極めて重要である。他の分野と同様に、地球物理学においてもそのコミュニティの大きさは、新しい世代を育成する大学院専攻に至る高

等教育の程度に深く関係する。したがって、専門教育スタッフと卒業・修了者数の統計分析から、ある程度の現状把握と今後の成長予測が可能と思われる。途上国からの技術者の研究教育支援については、ここでは西側からの観点であるが、語学特別研修(英語、フランス語、ポルトガル語、スペイン語)の国際的ネットワークの確立が効果的支援の1つとなる。本節は、質的な面に対して完全なデータに基づいたものではないが、地球物理学アクティビティについての1つの新しい展望を示した。

日本のようなレベルの国が、大量の資金と技術(人的資源を伴う)を投入して、1970年代から成熟された技術を、途上国へ移転・協力することも、国内において人的資源と技術の今後のロス(Loss)対策、温存および進展を図ることと同じく長期的に重要なことである。

### 2.3 国際的論文による研究開発アクティビティ

筆者の本誌エネルギー・資源(1985)に報告した一文では、地球物理学アクティビティのなかでも、その1つの分野である電気探査(電磁手法も含む)技術の研究開発アクティビティについて概観した。そのなかで、研究開発要素別のアクティビティについて調査した方法は、国際物理探査学会(SEG:Society of Exploration Geophysicists)<sup>2)</sup>と、欧州物理探査協会(EAEG:European Association Geophysicists)がそれぞれ刊行しているGeophysics(Monthly)およびGeophysical Prospecting (Bimonthly)の13年間(1973~1985)に掲載された研究論文について、既述のPalackyの方法<sup>3)</sup>によるものである(図-5参照)。調査件数は691件である。圧倒的に結果解釈理論、すなわち、モデルを与えてシミュレーションを行うフォワードモデリング(Forward Problem, Forward Modeling)および測定データから逆に地球物理学的地下構造を推論するインバージョン(Inverse Problem, Inversion)に関する研究開発アクティビティが高い。ついで、現地実測、事例における適用性についての研究アクティビティが多い。この種の割合は合計580件/691件(84%)を占める。探査物性は基礎定数として、データ取得は高度ハードウエ

注)直訳すれば、地球物理探査学会となるが、日本では伝統的に地球を省略してきた。近年、衛星による宇宙探査の時代にも入っているが、物理現象を利用して探査することを英語ではGeophysical Prospectingあるいは、Geophysical Explorationが対応する。

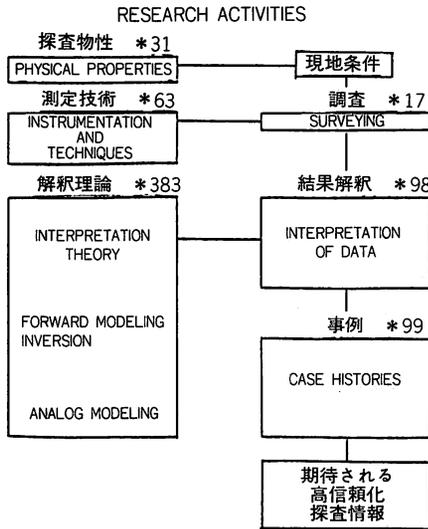


図-5 Geophysics (SEG), Geophysical Prospecting (EAGE) にみる新しい電気探査支援ツールの研究開発要素別アクティビティ (Palackyの方法による)

アによる能率化によって、現状では概ね安定している（ハードについては商業ベースも加味される）と言ってよい。したがって、やはり地下など対象とする分野が不均質、不連続であることから、より合理的な新しい解析、解釈理論がいまだに満たされていないことが根源と言える。したがって、新しい探査評価技術でも、地球物理学的データの集積、大量3次元データの処理、順解析および逆解析を包含する広義の解釈過程、そして評価などいくつかの要素によって構成されるなかで、おのずからウェイトを占めている部分が浮び上ってくる。つまり、現在ボトルネックになっている要素が、次の新しい技術体系を担う有用な支援要素となる可能性が大きく、まさに、この部分の研究開発アクティ

ビティが優れた論文などに見え始めていると言える。多くの研究開発あるいは応用分野において開発途上のツール・システムが、問題点を解決すべく、実用に供されテストをくりかえしパフォーマンス向上に努めていることも含めて、今後とも、解析・解釈や予測・評価・開発意志決定、制御および融合などに関する支援要素研究開発アクティビティとそのインテグレイテッド化、膨大な情報・知識のデータベース (DB:Data Base) 化・AIエキスパートシステム (AI:Artificial Intelligence) やネットワーク化などが多角的に試みられるであろう。宇宙空間における衛星軌道計算など見事に狂いはないのに比し、一般に均質媒質でない私達の足元の地下空間における地球物理学的アプローチが持つ困難さはある意味で対照的である。1つの要素的視点からは第3のフロンティアと言われる、広義の地下空間に関する情報がより忠実に抽出され、その信号を強調したわかりやすい地下可視化も進む。そして、専門家のみによって使用される道具ではなく、少しでも広く受容される理論と技術を有する地球物理学アクティビティへの展開を促す。カルチャー化される程明確になるべきと思われる。一方、確立しつつある理論と技術に、なお、未検討の課題、これまで常識と思われていたことの修正など不十分なところが多くあることから、図-5の1例にも示されているように、今後とも、専門家にゆだねなければならないアクティビティが少なくなく、系統的あるいは試行錯誤も含めた地道な努力が続く。また、新しい常識も生まれる。

つぎに、資源・環境分野という訳ではなく、広く学術研究アクティビティについてのデータベース (DB) を用いた研究論文数などの国際比較調査について触れてみたい。表2は、1976年から1985年までの10年間の

表2 データベースによる科学技術学術研究論文数の国際比較 (文部省, 1987)<sup>1)</sup>

(1985年におけるアクティビティ1部抜粋)

データベース調査対象研究分野	データベースに収載された論文数の各国順位。( )内は、データベース収載論文数に当該国の論文数が占める割合 (%)				
	1	2	3	4	5
INSPEC					
物理学	米国(28)	ソ連(11)	日本(9)	西独(7)	英国(6)
電気・電子工学	米国(28)	日本(10)	英国(6)	西独(6)	ソ連(4)
コンピュータ	米国(31)	英国(7)	日本(6)	西独(5)	カナダ(3)
COMPENDEX <sup>*)</sup>					
金属・資源工学	1	2	3	4	5
金属・資源工学	米国(21)	日本(12)	ソ連(9)	西独(6)	英国(6)
土木・環境工学	米国(30)	日本(8)	英国(7)	ソ連(6)	西独(5)
機械工学	米国(29)	日本(8)	英国(6)	西独(6)	ソ連(6)

\* ) 例えば2次情報データベースCOMPENDEXは1981以降80万件データ数 (1988年4月現在) で、更新頻度は月次である。

米国Engineering Information社作成DB.

研究論文数をもとに、米国等で作成された国際的評価の高い INSPECおよび COMPENDEXにより検索し行われた結果の一部抜粋である<sup>1)</sup>。この分析がなされた時点では、米国の優位は公知の通り圧倒的となっている。

日本の学術情報を連邦政府の機関の米国NSFへ専用回線で送るコミュニケーションシステム化などを一端として、世界的規模で即時に情報交換できるコンピュータネットワークグローバル化など、国際・時空間的にも、情報<sup>2)</sup>の流通が自由活発な時代を迎えている。日本のアクティビティも、研究環境・背景・価値観などに差があり、その評価は簡単ではないが、独自の技術水準は高いとされる。一方、学術分野のみならず、世界に通用する実質的レベルへの脱皮の指摘も見られる。研究成果のネットワーク情報通信や検索のみならず、率直な意見交換、高い情報資源活用、世界への間接的貢献など真価を發揮する歩みの展開も期待されよう。逆に、エレクトロニクスによって加速された地球規模の情報化は、情報知識の普及を高めている。未熟情報知識やノウハウの防衛も新しい時代を迎え、リードを顯示することが、安定を維持することに必ずしも

結びつくとは限らないと言った時空間的配慮もあろう。歴史的展望からの実質的な充実向上が望まれる。

### 3. 資源および環境の探査評価における支援情報知識獲得とその特徴・傾向

#### 3.1 期待される高信頼化

本稿で取り扱う資源・環境探査評価に関するアクティビティについても、周知の通り米国のポテンシャルが低下している訳でないことや、日本におけるアクティビティについては、1部触れてきた。近年、米国の資源・環境の1側面では、鉱物およびエネルギー資源分野における地球科学領域の研究・事業に関する専門的経験情報知識のロス、その対策といった課題への留意も見受けられる。日本における資源および環境の探査評価の1側面でも、長期的な立場からの国内鉱量獲得の少ないこと、海外資源の開発協力とグローバル化、そして、一方、他の応用分野（エンジニアリング土木・建設や環境、地下水など）のアクティビティの活性も挙げられる。ちなみに、鉱物資源探査のみの対象については、その中長期的な国家備蓄を含め探査開発の意義を説き重要性が言われているのは周知の通りである。新世代への技術継承、国際的レベルでの要素技術研究開発はもとより、今後、日本において優良鉱床の胚胎が期待される地域の情報集積も重要である。図-6のような約20か所が計画実行上にある<sup>5)</sup>。菱刈鉱山金鉱

注) ここでの情報とは、ある物事の事情についての知らせのみならず、解析結果のようにそれを通して何らかの知識が得られるようなもの（資料など）を含む。

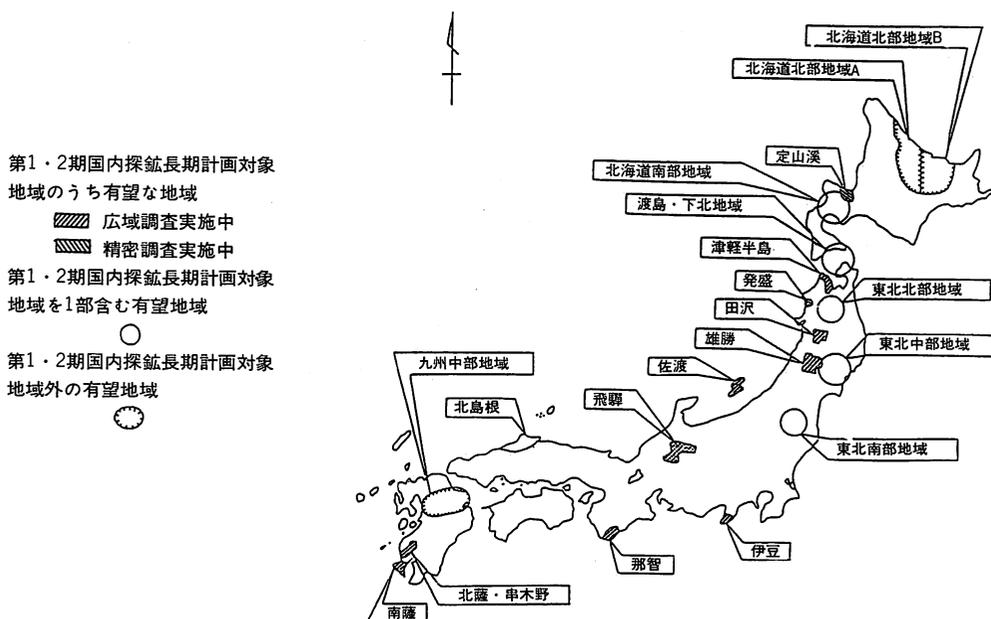


図-6 今後、日本において優良鉱床の胚胎が期待される地域の情報集積（日本鉱業協会，1989）<sup>5)</sup>

床（約400年間の佐渡金山鉱量80tを超える120t有望）の発見は、かなり深部からであった。地表浅部調査から深部探査方式への展開など、新しい探査支援技術による情報抽出が、これまで把握していなかった対象に対して、新しい視点からの検討を可能とする。そしてただ深部へという発想だけでなく次世代を配慮した目標設定のより広い視野への展開が、その新しい技術の応用効果をより高めることにつながる。

高度シミュレーション解析、高速計算機断面形成（CT画像）、計算機表示・評価（CG画像）、パターン認識、自動化データ処理（ADP）、情報知識データベースなどの1例にみるように全体システムへのステップを支える個々のツールも育ちつつある。また、計算機は必ずしも演算機能ばかりでなく、1970年代に出現したコンピュータネットワークからDB、そして推論機能を助けるAIシステムなどに至る広い役割を持ち始めている。米国第1世代ネットワークARPANET、そしてUSGSのGEONETのような国家的規模の1例を挙げるまでもない。ローカルエリアネットワークLANのような身近なものから、種々の電算網、計算機資源共有化も背景として、新しい情報知識獲得とその活用過程がますます充実される。また、人間の本質的理解を目ざした知的マン・システム・インターフェースなども念頭にいた個々の支援要素、システム階層化および高信頼化が計られる。有機的なネットワークも含む新しい情報知識獲得や情報有効利用、スキルも含む優れた在来要素技術の高度化と創造的応用展開、そして検証、評価、さらに温存、継承、教育なども地道な努力が行われる。

### 3.2 解釈評価および予測制御の情報の獲得

知識獲得システム（KAS）という概念は、狭義の情報知識獲得過程、いわゆるAIエキスパートシステムにおいて、専門家、文献、テキストや種々の探査対象物の現象による現地データなどによってES開発、利用の必須部分を形成するものとして捉えられていた。ここで取り扱う広義の情報知識獲得過程は、必ずしもESを構築するためと言う訳でなく、資源および環境の探査評価という分野で必要な情報知識を広く獲得しそれを有効に利用しようとするためのプロセス要素を指すものである。

個々の事象を刻明に調査する高密度の情報知識の獲得過程を第1段階とすれば、第2段階は解析的な過程である。さらに高度な解釈評価的な過程および複合系予測制御的な情報知識獲得への展開が第3段階として位置する。最適化より前に実現可能性フィジビリティも極めて大切である。

研究、教育、学習の効用は、既知対象の開発、生産に匹敵し、バランスのとれた資源、環境予測、制御および融合の役割を含めて新傾向を支援するものとなる。選別された良質、高密度の情報知識と、技術の利用の技術とその周辺もますます重要となる。

### 3.3 資源および環境の探査評価における支援情報の統合化

ここでは米国におけるエンジニアリング（土木・建設）における地球物理学アクティビティの1例として、Arkansas州北西部のBeaverダムの基礎に対して実施された探査評価を例にとり、その過程と統合化探査評価情報の果たす役割について述べてみたい。この研

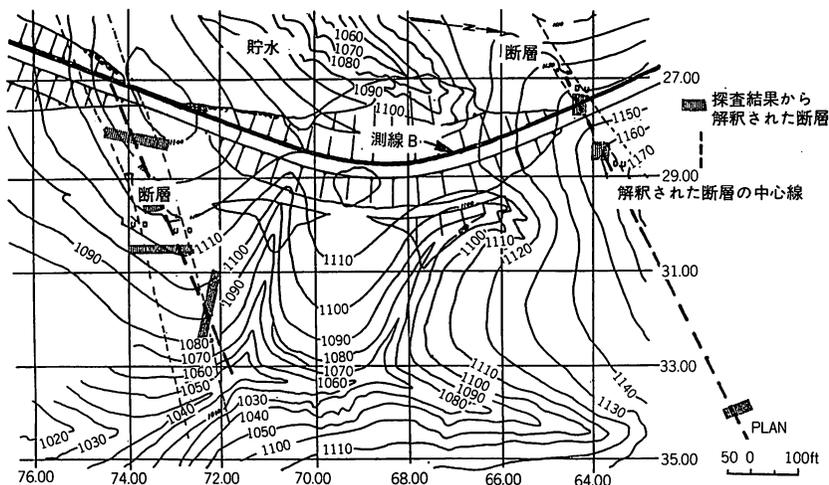


図-7 統合化探査評価支援情報から解釈されたダム基礎地下環境—Beaverダムにおける浸透流制御の例—(Butler, Llopis and Deaver, 1989, SEG)<sup>7)</sup>

研究成果例は、SEG出版のGeophysics, The Leading EDGE of Exploration (1989)に掲載されたものである<sup>7)</sup>。取り上げられた資源および環境の探査評価の事例は、既存ダム基礎に起きた浸透流の異常とその修復策 (Remedial) の決定である。Beaverダムは、60m水深、12km<sup>2</sup>、コンクリートおよびロックフィルダムからなる主ダムと3つの補助ダムから成り、洪水調節、発電、給水、レクリエーションに供されている。調査過程は、第1段階の通常のエンジニアリング地球物理学としての情報取得、解析、解釈と、第2段階の研究色の強い追加調査である。1966年湛水開始以降、セメントミルクを岩盤に注入し遮水効果を得るカーテングラウト (孔間隔3m、孔数284本、グラウト量873m<sup>3</sup>) が施され、1983年にさらに湧水が発見され1985年にかけて、グラウト量1100m<sup>3</sup> (孔数228本) が補強された。経費高、情報集積不足などにより横方向、深さ方向にも十二分のカーテングラウトが施されていないと推論される。よく練られた複合的なエンジニアリング地球物理学は、このような不備を回避するために必要な情報知識を与え、設計、施工、改善を支援するものとなる。この事例では、自然電位法、比抵抗法、周波数領域電磁法の電気探査をはじめ、弾性波探査屈折法、ボーリング孔利用の水比抵抗測定および温度測定、浅層反射法、地下レーダ法、マイクロ重力測定などの複数探査情報から異常の絞り込みを行った。この結果、この既存ダム基礎で問題となった地溝の境となっている断層 (Faults) の走向と幅に対する解釈情報が得られ、危険な断層の存在が明らかとなり、さらにボアホールカメラなども利用して、なかには水で充満あるいは粘土で充填された地下空洞の存在も確認している。複合的地球物理学情報による浸透流マップ (Integrated Methods Seepage Map) が作成され (図-7参照)、抜本的なダム基礎岩盤環境の改善策としてコンクリートカットオフウォールが適切で積極的な浸透流制御になるとの結論を得た。資源の安定確保・利用や環境の維持・保全・処理、それによるやすらぎの保障のためにはそれなりの経費が必要である。次世

代にとってもこのような水資源環境でスイミング、ボート、フィッシングや美しい夕陽などをころから楽しむことができるようにと結んでいる。資源、自然環境、人工物、人間などによる複合系に調和のとれた心豊かな人間生活を念頭に、資源および環境地球物理学・工学をはじめ、あらゆる分野の支援要素の展開と融合が期待されている。

#### 謝辞

ここまでの説明で参考にした図・表について、出典公表機関、著者、年代をあらためて明記し、深甚の謝意を表します。SEG (国際物理探査学会、1989)、Palacky (1989)、文部省 (1987)、日本鉱業協会 (鉱山、1989) および Butler, Llopis and Deaver (1989) (掲載順)。

#### 参考文献

- 1) 文部省; データベースによる学術研究論文数の国際比較, 文部公報, No.732 (1987).
- 2) SEG; Geophysical Activity in 1988, Geophysics, The Leading Edge of Exploration Geophysics, Vol. 8, No. 8 (1989), 33~56.
- 3) Palacky, G.J.; Tutorial: Research, Application and Publications in Electrical and Electromagnetic Methods, Geophysical Prospecting, Vol.31, No. 6 (1983), 861~872.
- 4) 環境庁 (編); 地球環境キーワード事典, 中央法規出版 (1990), 1~155.
- 5) 日本鉱業協会 (編); 特集・40周年記念号, 鉱山, Vol. 42, No. 2 (1989), 1~384.
- 6) MMAJ; 鉱物資源探査技術開発等調査報告書, 新技術の探査への応用開発, 深部電気探査技術専門委員会, 金属鉱業事業団 (1982), 1~155.
- 7) Butler, D.K., Llopis, J.L. and Deaver, C.M.; Comprehensive Geophysical Investigation of an Existing Dam Foundation, Geophysics, The Leading EDGE of Exploration, SEG, Vol. 8, No. 8 (1989), 10~18.
- 8) Palacky, G.J.; Human Resources in Geophysics, Part 1, 2 & 3, Geophysics, The Leading EDGE of Exploration, SEG, Vol. 8, No. 7, 8 & 10 (1989), 12~19, 58~63, 25~31.