鉱物資源データベース*

古宇田亮一¹

Mineral Resource Databases

by Ryoichi KOUDA¹

1. Geological Survey of JAPAN, Higashi, Tsukuba 305

1. はじめに

データベースの利点は、蓄積された膨大なデータから情報の検索と加工や表示などが容易にできることにある。これを生かすには、高度に発展している情報処理技術の積極的導入をはかるとともに、蓄積する情報の必要・十分性と正確性を高めるための継続的な保守や更新が前提となる。一般に、地質・資源分野の情報は、不完全か曖昧であることが多いため、蓄積されたデータの検証や更新等が必須であり、その作業量はかなりの割合を占める。これは、情報処理機器と操作者の関係、すなわち、マン・マシン・インターフェースの良し悪しによって、データベースの利点の生かされ方が大きく影響を受けることを意味する。

積極的に資源政策を進める国々では、データベースの戦略的重要性が高まりつつあるが、鉱物資源分野における実現困難性も深く認識されている。データベース運用上の技術的困難さや、データの不完全性、データ構造の流動性に加えて、資源は国際的通商の割合が大きく、分布も国境で分けられないので、国内データのみ限定できないなど、大きな障害がある。そこで、各国は国境を越えて相互に提携・協力し合い、共同で鉱物資源データベースの技術開発とデータ収集・蓄積・交換を行っている。これは、データベースの国際的共通性が高まるだけでなく、各国の資源政策の協調や国際的資源安定供給に対しても、今後プラスに働くと期待されている。

ところが、我が国は、このような国際協調の流れを積極的に活用しているとは見なされていない。さりとて、フランスのごとく、孤立的に独自の世界規模データベースを作り上げ、積極的に継続投資を続けているとも言いがたい。我が国の置かれている国際的立場が、世界の資源を大量に輸入している資源消費大国であることを考えれば、今後もこのままで済むとは考え難いのではないだろうか。フランスのように海外領土や独自の言語圏を持たぬ我が国は、国際協調にもっと貢献すべき責務があるだろう。幸い、我が国には高度に発展した情報処理技術と設備を低廉で利用できる環境がある。この利点を生かせば、鉱物資源情報分野で国際的に貢献できる余地があると言えよう。

小論は、ここ20年余の間に開発された世界各国および我が国の鉱物資源データベースを検討し、今後の技術開発と相互運用の展望を論じるものである。

2. データベースの特徴と動向

* 1989年10月31日受理 1989年6月28日 資源・素材学会資源経済部門委員会主催「資源情報の収集、解析、評価に関する講演会」にて一部講演

1. 正会員 工業技術院地質調査所鉱物資源部

キーワード：鉱物資源、データベース、関係モデル、パーソナル・システム、未発見鉱量推定、国際協力

データベースは、一般にデータの項目（属性）とその内容（実体、値）が重要と考えられることが多い。しかし、データベースを有効に運用するためには、データ間の関係、または、データ構造が大変重要である。データ構造には、単純で固定的な文献データベースの類から、複雑で流動的かつ不完全なファクト・データベースの類など、対象となるデータの性質によって、どんな構造にしても大差ないものと、構造の設計が運用に大きく影響するものがある。鉱物資源データベースは、後者の複雑・流動的・不完全なものに属するため、データ構造が特に重要となる¹⁾。既存の鉱物資源データベースのうち、上手に運用されているものは、例外なく、良く配慮されたデータ構造を持っている。

データ同士を結合する関係から、データベース・モデルは大きく、階層、網、関係の三大モデルに区分される。階層モデルは、人間の知識が大概概念から小概念へと細分される構造に基づくものである。「地域区分」を例にとると、まず「世界」があり、その下に「アジア」、「ヨーロッパ」、「アメリカ」などの階層、さらに細分して「東アジア」、「東南アジア」、「南アジア」の階層、次に「日本」、「韓国」、「中国」の階層、さらに「北海道」、「東北」、「関東」等々、次々に区分される体系である。これは、ある程度の自然の事実や実体にも基づくが、人間による定義に基づいている。「北方領土」は、我が国にとり、固有の領土であるが、ソ連邦は我が国が受け入れ難い別の主張をしており、その結果、階層のどこに位置づけるか、立場によって異なってしまう。このように「北方領土」など、流動的区分も少なからずあるものの、そのすべてが一定の偏った立場に立てば、すべて約束事として完全に、一意に決定できるデータ構造を持つだろう。階層モデルでは、「東京都」が「アフリカ」の系列下に置かれることはあり得ないし、また、あってはならない。

網モデルは、現実世界の現象が、無矛盾の約束事のように階層化できるものだけで構成されているわけではない事実から、個々の属性と他の属性とが結合関係を持てるように構成したものである。「銅の国際取引」を例にとると、「チリ産の銅」は、「アメリカ」の「合衆国」にも「アジア」の「日本」にも輸入されている。「ザンビア産の銅」は「南アフリカ」経由で輸入されることもあれば「モザンビーク」経由もあり、直接でなく間接的に、すなわち、さらに別の国々を経由して最終的に「日本」に入荷することもある。網モデルは、これら複雑な結合関係をデータベースに組込むことができるので、階層モデルで扱い難い多くの現象をデータベース化できる。ただし、固定化した関係の表現に向いている。

網モデルは、属性の結合関係が変化するとき、データ構造も大幅に変更せざるを得ぬ場合が頻繁に生じる。複雑で巨大になった構造の変更は、実際には容易ではない。結合関係が明らかでない

属性は、データベースの中で容易に活用することができない。関係モデルは、階層モデルや網モデルの融通性のなさを解決し、データ構造を平坦な表形式で表現できるため、あらゆるデータをデータベース化できる画期的方法として発展してきた。

1970年代までの電子計算機（以後、計算機）は、主・補助記憶容量が小さく、データの演算・転送速度が大変に遅かったため、その低い技術段階に合わせるべく、データ構造も階層モデルや網モデルのように、固定的で効率の良いものに頼る傾向があった。データ入力装置もパンチカード・システムのように貧弱なマン・マシン・インターフェースしか存在しなかった段階では、各種鉱床名、鉱物名、地域名などを省略語で表記・入力していたことも無理とは言えなかった。ところが、1980年代の爆発的急伸とでも形容すべき、メモリー、マイクロ・プロセッサなどのマイクロ・エレクトロニクス技術の発達と、パーソナル・プロセッシングの発展によるマン・マシン・インターフェース技術の大幅な革新で、事態が一変してしまった。関係モデルが有効になる素地ができたのである。

関係モデルは、複雑なデータ構造を分解して、結合関係も含めて属性と属性値に単純化してしまう。階層モデルでは、検索効率を良くするために、「北海道」が「日本」に属し、「日本」は「アジア」に属するというような転置ファイルを作ることが多い。関係モデルは、結合関係も含めて表形式に単純化するため、理想的にはすべての転置ファイルが生まれてしまう。実用的モデルでは、関係モデルの記憶容量の爆発的増大を抑ええるため、さまざまな工夫が施されているものの、大規模容量を必要とすることは変わらない。データベースの規模が大きくなると、小規模な試作的、または単一目的のデータベースでは考えられなかった障害がいくつも出てくる。そのうち最大のものは、大量のデータを処理

することからくる検索機能の低下に基づく、処理効率全体の低下であろう。

データベースの構築初期には有効に働いていたシステムでも、データが増大するにつれ働きが鈍ることが多い。世界各国の鉱物資源データベースが1990年代に直面するであろう最大の問題の一つが、データ量増大によるシステム・デッドロックと言われている。データ量が増大化し難くなれば、データベースの運用が大幅に制限され、収録データも限定されかねないのである。

関係モデルは、平坦なデータ構造に単純化できるので、汎用の処理ソフトウェアを作り易い利点を持つ。逆に、効率的検索を行うソフトウェア上の負担がより大きくなる難点もある。階層モデルや網モデルは、扱いにくいOSとソフトウェアを前提に、計算機の専門家がシステムを作り運用してきた経緯がある。当時の計算機水準では、これらのモデルの実現には、巨大面積を占有し、多数の保守人員を必要とし、予算の関係で一人当たりの使用領域が必要とするより少なく、現在の小さなパーソナル・システムから見ても大変長い処理時間を要する大型計算機システムしかなかった。

あとから発展した関係モデルでは計算機保守の専門家が、異なる専門分野のデータ構造の詳細に、個別に対応することが困難なため、必然的にユーザ指向の強い運用となり、ますます効率のよいマン・マシン・インターフェースを必要としている。これは、現在、パーソナル・システム上で発展しており、大規模記憶容量と高速演算性能というハードウェアの進歩を背景に、関係モデルがパーソナル（マルチタスク）システムで急速に進歩している。今後のデータベースは、この動向を無視することはできないだろう。

3. 世界の鉱物資源データベース

表1 白金族サマリー・レポートの表形式出力例²⁾

鉱床記載のための最低限必要な事項、すなわち、位置（座標）、鉱床名、鉱床タイプ、母岩、鉱床生成年代、地質構造様式、地質環境、主要鉱物、文献、その他を表形式で出力。なお、省略語は出力時のスペース節約のためであり、計算機処理になんら本質的ではない。

Abbreviations used throughout this table include:

——, Not reported on the ISMI record form
PGM, Platinum-group metals
Ma, Million years

Host rock includes some or all of the following items (separated by semicolons): main host rock type, formation name, and host rock age.

Age abbreviations and prefix:

Quaternary QUAT Proterozoic PROT
Triassic TRI Archean ARCH
Carboniferous CARB Precambrian PREC
Devonian DEV Early E

Abbreviations for mineral names (after Longe and others, 1978, p. 63-66):

Atokite ATKT	Iridosmine IDSM	Pentlandite PNLD
Bornite BRNT	Kotulskite KTSK	Plagioclase PLGC
Braggite BRGT	Laurite LART	Platinum-group metals PGM
Chalcophyllite CLCP	Mackinawite MCKN	Polydymite PLDM
Chromite CRMT	Magnetite MGNT	Pyrite PYRT
Clinopyroxene CLPX	Marcasite MRCS	Pyrrhotite PYTT
Cobaltite CBLT	Merenkyite MRSK	Quartz QRTZ
Cooperite COPR	Michenerite MCNR	Sperryite SPRL
Cubanite CBNT	Millerite MLRT	Sphalerite SPLR
Gersdorffite GRDF	Moncheite MNCH	Uraninite URNN
Gold GOLD	Olivine OLVN	Violarite VOLR
Heazlewoodite HZLD	Orthopyroxene ORPX	Vysotskite VSSK
Ilmenite ILMN	Osmiridium OSMR	Zvyagintsevite ZVGS
Insizwaite INZW	Psilovite PLVT	

Site name	Latitude, Longitude	Deposit type	Host rock	Age of mineralization	Tectonic setting	Local environment	Principal mineral assemblages	Comments	Reference
CANADA									
East mine (Sudbury district (Ontario)-Falconbridge Ltd.).	46°35'N., 80°47'W.	Magmatic, gabbroic, Sudbury-type.	Gabbro-norite; Sudbury nickel irruptive; EPROT (1,849.5±3 Ma).	EPROT, final emplacement after nickel irruptive.	Intracratonic intrusion triggered by impact of meteorite.	Penecontemporaneous fault cutting basal contact of intrusion.	PYTT, PNLD, CLCP, PYRT; minor MGNT, GRDF, VOLR, MRCS. PGM minerals probably similar to those in Inco mines at Sudbury; see Creighton mine.	Ore body parallel to, but distinct from, Falconbridge mine ore body.	Pye and others (1984).
Falconbridge mine (Sudbury district (Ontario)-Falconbridge Ltd.).	46°35'N., 80°48'W.	 do	 do	EPROT, slightly before or after nickel irruptive (1,849 Ma).	 do	Penecontemporaneous fault cutting basal contact of irruptive.	PYTT, PNLD, CLCP, PYRT; minor MGNT, GRDF, VOLR, MRCS. PGM minerals probably similar to those at Creighton mine.	Consists of a sheet of massive and breccia-sulfide occupying a nearly vertical fault zone.	Do.

図1 I S M I 計画で使用した国連による資源分類²⁾

今後、数十年間に経済的に採掘可能な資源量 R を、既知鉱床 R1、その周辺 R2、および未発見鉱床 R3 に分け、さらに、経済的開発可能 (～E)、経済的下限 (～M)、経済性無し (～S) のように階層化した。

本章では、各国の地質調査所を中心とした鉱物資源データベースの現状を検討し、我が国と比較する。鉱物資源データベースは、鉱床データベースと資源データベースに大別することができる。鉱床データベースは、個々の鉱床の地質学的・鉱床学的記載や資源量を収録することが特徴である。資源データベースは、銅・鉛・亜鉛などの需給統計や、国別・地域別生産統計を収録することが特徴である。両者共、共通項が多く、また両方揃うことが鉱物資源データベースに不可欠である。ただし、鉱床データベースは、鉱床専門家による検証・解析を必要とし、資源データベースには、経済専門家が必要という、分野による違いがある。それだけに、両者の協力をいかに組織して推進するかが重要な課題であろう。

3・1 国際戦略鉱物資源一覧計画

国際戦略鉱物資源一覧計画 (ISMI: International Strategic Minerals Inventory) は、1981年に米国地質調査所を事務局にして開始された、重要戦略鉱物資源調査である。副産物としてデータベースの拡大が得られている。参加国は、カナダ、西独、オーストラリア、英国、南ア共和国である。昨年までに、調査結

果の極く一部をサマリーレポートとして8巻刊行しており、マンガ、クロム、燐、ニッケル、白金族、コバルト、チタン、石墨については終了した。

白金族を例にとると、公表されたサマリーレポート²⁾はB5版34ページで厚さ3mmの出版物である。その元資料となると、上記の国々が独自に集めたものを米国地質調査所が集約・編集、データベース用に整理した、レターサイズ厚さ80cm以上の膨大なものである。公表されるのは、そのうちのほんの一部ではない(表1、図1～4)。

我が国も米国から誘われたらしいが、この計画に参加していないので、これらのデータベースにアクセスできない。ISMI計画の指導者である米国地質調査所のJ.H. DeYoung, Jr. 博士は、誠実に控え目な方ではあるものの、かつて筆者に「日本は外国のデータのコレクターとして有名である。国際的には何も寄与しないけれども。」と語ったことがある。大変恥ずかしい思いをしたものであった。

このデータベースは、基本的には鉱床データベースであるが、生産量の年次推移なども含み、資源データベースとしてもある程度機能するようになっている。しかし、単なる資源経済データにない特徴として、地質学的解析を含むために、例えば、米国モンタナ州のスティールウォーター岩体の探鉱が進むことで、2020年までに図3や図4の傾向が劇的に変化するであろうとの見通しが述べられている²⁾。

3・2 米国地質調査所の鉱物資源データベース

今日までに世界各国の鉱物資源データベース計画に必要な情報を公開し、新しい情報処理技術の先導的開発を行い、有形無形の支援を行って、世界をリードしていると自負しているのは米国地質調査所である。また、米国地質調査所は内務省に所属しており、同省の米国鉱山局と密接に協力して資源データの蓄積と解析を行っている。どちらかと言えば、米国地質調査所はデータ構造の複雑な鉱床データベースを、また米国鉱山局はデータ構造の単純な資源データベースを主とする傾向がある。両者の統合化により、自然科学的解析による未発見鉱床の推定から、現在量、過去の生産量の統計、さらに経済学的解析による需給予測など、広い範囲の目的に寄与できることになっている。

鉱物資源データベースMRDS³⁾ (Mineral Resource Database System) は、1972年にCRIB (Computerized Resource Information Bank) として出発した。1964年以来の鉱床データの計算機ファイル化が発展したものである。70年代末までに約1万鉱床のデータを蓄積した。この時のデータ例を図5に、リチウム鉱床検索例を図6に示す。80年代にMRDSと改称し、現在、7万鉱床のデータを保有する。質量ともに世界最大の鉱床データベースになっている。これは一部を除いて米国民に公開されており、TYME-NET社の商用ネットワーク・サービスを通じて自在に

図2 白金族資源の発見量年次推移²⁾

発見年が未知の時、生産開始年をあてた。横軸が年次、縦軸が千t単位の資源量、黒色が1983年までの生産量、網かけは図1のR1Eに対応、白色はR1M, R1S, R2E, R2S (図1) の合計。

図3 白金族生産量の国別シェアの年次変化²⁾

ISMIデータベースからの出力例。カナダが先細り、ソ連と南アが確実に拡大してきた。

図4 各鉱種生産主要国のシェア(1913年と1980年の比較)²⁾

白金族は主要4カ国で世界の99%を握るが、近年になるほど寡占化が低減する傾向にある。

CRIB MINERAL RESOURCES FILE, REVISION 8

RECORD IDENTIFICATION

RECORD NO W000026
RECORD TYPE A U
COUNTRY/ORGANIZATION USGS
FILE LINK ID RASS
DEPOSIT NO 496

REPORTER

NAME: WORL, RONALD G.
DATE: 71 04

NAME AND LOCATION

STATUS OF EXPLOR. OR DEV.. 4
DISTRICT/AREA SPOR MOUNTAIN
COUNTRY CODE US
STATE CODE 49

STATE NAME:

UTAH

COUNTRY JUAB

QUAD SCALE QUAD NO OR NAME

1: 62300 TOPAZ MOUNTAIN

LATITUDE LONGITUDE ALTITUDE

39-43-00N 113-12-00W

COMMODITY INFORMATION

COMMODITIES PRESENT: F BE U LI

SIGNIFICANCE:

MAJOR F

MINOR U BE

COPRODUCT ..

BYPRODUCT ..

POTENTIAL.... LI

ORE MATERIALS (MINERALS, ROCKS, ETC.):

FLUORITE

DEPOSIT TYPES:

PIPES, VEINS

PRODUCTION

YES

ANNUAL PRODUCTION (ORE AND COMMODITIES)

ITEM ACC AMOUNT THOUS. UNITS YEAR GRADE OR USE

1 ORE

3 BE

4 U

CUMULATIVE PRODUCTION (ORE AND COMMODITIES)

ITEM ACC AMOUNT THOUS. UNITS YEARS GRADE OR USE

8 F ACC 00000144 TONS 1943-1962 75% CAF2

SOURCE OF INFORMATION... DASCH, 1964

PRODUCTION COMMENTS... U FROM YELLOWCHIEF; BE BY BRUSH BERYLLIUM CO.; SMALL FLUORSPAR

OPERATIONS CONTINUING FROM 1962 TO PRESENT.

RESERVES AND POTENTIAL RESOURCES

ITEM ACC AMOUNT THOUS. UNITS GRADE OR USE

1 CAF2 EST 00000362 TONS 40% CAF2

2 BE LGE LOW GRADE

3 LI

4 U LGE LOW GRADE

SOURCE OF INFORMATION... DASCH, 1964

COMMENTS LARGE LOW GRADE CAF2 (5%) ASSOC. WITH BE DEPOSITS.

GEOLOGY AND MINERALOGY

HOST AND/OR COUNTRY ROCKS AND AGE.. LIMESTONE

ASSOCIATED IGNEOUS ROCKS AND AGE.... DIKES

AGE OF MINERALIZATION TERTIARY

GEOLOGICAL DESCRIPTIVE NOTES..... FLUORITE IN IRREG PIPES AND VEINS IN LIMESTONE. FLUORITE

(5%) IN WATER-LAID TUFF WITH BE, LI, AND MN OXIDES.

REFERENCES

1) STAATZ, USGS PROF. PAPER 415

図5 MRDS基本データの一例⁴⁾

表1と同様の項目が記載され、検索に供されている。

REC.ID.	DEPOSIT NAME	ARIZONA			TWP	RNG	SEC.	COMMODITIES	DEPOSIT TYPE	PROD.
		LATITUDE	LONGITUDE							
M003610				11N	04W	02	LI			NO
M003554				07N	03W	09	LI			NO
M003414				08N	03W	29	31 LI			NO
M003396				07N	03W	16	LI			NO
M003286				07N	05W	26	LI			NO
M000983				24S	16E	11	LI			NO
M000516										NO
M000151				17S	10E	25	LI			NO
REC.ID.	DEPOSIT NAME	COLORADO			TWP	RNG	SEC.	COMMODITIES	DEPOSIT TYPE	PROD.
		LATITUDE	LONGITUDE							
DC01970	BIG BOULDER PROSPECT			07N	72W	36	BE	GEM FLD RAE MIC PER LI	PEGMATITE	YES
DC01934	COJADE			05N	71W	36	BE	LI NB TA	PEGMATITE	YES
DC00688	COMET GROUP			12S	84W	24	LI	BE GEM	PEGMATITE	NO
DC01960	KINGS KANYON			07N	72W	31	MJC	F LI BE	PEGMATITE	NO
DC01933	RATTLESNAKE PARK			05N	71W	36	BE	GEM LI	PEGMATITE	YES
REC.ID.	DEPOSIT NAME	CONNECTICUT			TWP	RNG	SEC.	COMMODITIES	DEPOSIT TYPE	PROD.
		LATITUDE	LONGITUDE							
W000404	ANDERSON MICA MINES AND SWANSON LITHIA M	41-30-56N	072-31-16W	LI	MIC	FLD	BE	FE LI V	PEGMATITE	YES
W001031	BRANCHVILLE MICA MINE	41-16-04N	073-26-22W	MIC	FLD	QTZ	BE	FE LI	PEGMATITE	YES
W000945	GILLETTE GEM TOURMALINE, MINERAL SPECIME	41-29-34N	072-30-40W	GEM	FLD	MIC	BE		PEGMATITE	YES
REC.ID.	DEPOSIT NAME	MASSACHUSETTS			TWP	RNG	SEC.	COMMODITIES	DEPOSIT TYPE	PROD.
		LATITUDE	LONGITUDE							
W000056	BARRUS PROPERTY LITHIA MINE	42-28-07N	072-50-25W	LI					PEGMATITE	NO
W000060	CLARK LEDGE LITHIA MINE	42-25-12N	072-52-25W	LI					PEGMATITE	YES
W000061	MAC COMBER LEDGE LITHIA MINE	42-25-50N	072-52-25W	LI					PEGMATITE	NO
W000058	MANNING LOCALITY LITHIA MINE	42-28-15N	072-48-45W	LI					PEGMATITE	NO
W000055	NORWICH LITHIA MINE	42-19-07N	072-51-43W	LI					PEGMATITE	YES
W000057	TAYLOR LEDGE LITHIA MINE	42-28-10N	072-49-35W	LI					PEGMATITE	YES
W000059	WEST CHESTERFIELD LITHIA MINE	42-24-20N	072-52-20W	LI					PEGMATITE	YES
REC.ID.	DEPOSIT NAME	UTAH			TWP	RNG	SEC.	COMMODITIES	DEPOSIT TYPE	PROD.
		LATITUDE	LONGITUDE							
W000026		39-43-00N	113-12-00W					F BE LI U LI	PIPES, VEI	YES
DC13199	ROADSIDE CLAIMS			012	012					NO
REC.ID.	DEPOSIT NAME	WYOMING			TWP	RNG	SEC.	COMMODITIES	DEPOSIT TYPE	PROD.
		LATITUDE	LONGITUDE							
DC07602	BLACK MOUNTAIN SPODUMENE PROSPECT			033	089	36	LI		PEGMATITE	NO
DC06593	CARBONATE BELLE CLAIM			AU				AG TE U MN PB LI MN		NO
DC06594	PACIFIC LODGE			PB						NO

28 LITHIUM RECORDS PRINTED

図6 MRDSによるリチウム鉱床検索例⁴⁾

アクセスできる他、契約を結ぶことにより、資源保有発展途上国からのアクセスも可能である。今後、米国の資源情報政策の有力な「武器」として期待されている。

しかし、鉱物資源探査や未発見鉱床の鉱量・品位推定には、旧来の非パーソナル・システムベースのMRDSは、大変使い勝手が悪い。マン・マシン・インターフェースの向上による専門家向け機能向上と、一般向けサービス向上のために、米国地質調査所と米国鉱山局は共同で鉱物情報室 (Minerals Information Office) を1988年7月に設立し、活動している。その成果の一つとして、専門家向けにMRDSを含む各種データベースや地図情報などを統合的にパーソナル・システム上で運用できるROCS (Resource Oriented Computer System) を開発した。現在、ROCSは300MB以上の固定ディスクを含むアップル・マッキントッシュ上で運用されており、将来的には書き換え式光(磁気)ディスクによるデータの相互交換や統一性維持が計られることになるという。我が国も部分的に協力しており、互換性には注意を払っている。

米国地質調査所では、ROCSのような主要検索システムが7種、MRDSのような分野ごとのデータベースシステムが250ある。中でも、地質図や地形図の数値化は有名で、現在でもさらに大縮尺の更新ディジタル化が精力的に行われている。しかし、大部分は地質文献か化学分析値や地震探査データのようなデータベース化し易い数値データを主としており、MRDSのように困難な知識対象を扱うものは少ない。現在、地図・法規データベースやMRDSなど、比較的使用頻度の多いもの18種のCD-ROM化が進められている。

3.3 欧州諸国の鉱物資源データベース

フランスの地質調査所に相当するBRGM (Bureau de Recherches Geologiques et Minières; 地質鉱山局) は、政府と鉱山会社を合わせたような存在で、全世界に探鉱活動を広げており、米国に挑戦する形で独自データベースを構築している。GDMと呼ばれるデータベースはMRDSに対抗のもので、運用システムと

して、地図情報重ね合わせのできるSYNERGIEシステム(地球物理、リモートセンシング画像の重ね合わせも可能)や、GEORES (地球統計学的鉱量推定)、FIESTA (多成分統計解析のための化学分析値検索・解析)、GEOGRID (等高線など作成) を有しており、これらはデータベースと切離されて販売もされている。また、文献データベースとして1750年以降の全フランス地質文献を含むPASCALと1968年以降の全世界資源文献GEODEが合わせて70万件である。またGEOMINEと呼ばれるネットワークシステムで、資源関係ニュースを含むデータベースの一部、特にボーリングデータが全フランスの市町村から検索できるよう公開されている。

英国地質調査所は、貿易産業省の下での探鉱補助金に関わる報告書を出版している関係で、化学分析値の統計データや需給、鉱山・採石場案内などをまとめて、鉱物情報システム (Mineral Intelligence System) としている。しかし、鉱物資源データベースとしての主要活動は6カ国共同のISMI計画への参加にあり、米国地質調査所からMRDSの供与を受けている。また、国立地球科学データセンターでは、ボーリング・コアや岩石試料、ボーリング柱状図などのデータ10万件余の索引などの整理とCD-ROM化を進めており、これは西独DASP計画と協力して行われている。

西独では、BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; 地質科学・資源研究所) が独自の資源データベースとして鉱種別に生産量、資源量、需給統計などを40万件蓄積し、その図形出力用Ronugraphシステムが公開されている。しかし、鉱床データベースは、米国地質調査所のISMI計画に全面的に依存しており、MRDSの供与を受けている。一方、ボーリングデータの収集をシステム化する試みや、DASP (Dokumentations und Abfrageprogramm für Schicht und Proben-daten) と呼ばれる、層序・採取試料の文書化・検索システムを英国と協力して開発しており、また、国内的には一般公開している。

図9 MINESの全体構成概念⁸⁾

すっかりしていたものの、実用システムとしては柔軟性を欠いた階層モデル型データベースとしてしか実現できず、80年代前半の鉱物資源データベース開発の世界的停滞を招いた一因であると言われている。70年代後半には、既にデータベースの3モデルの議論が活発に行われ、特に爆発的ともいえる関係モデル研究の発展があっただけに、なぜこの時期に古い手法を持ち出したのか謎である。残念ながら、柔軟性を欠く階層モデルの提案は、現在でも多くの資源保有発展途上国で採用されており、多額の予算が投じられているにもかかわらず、実用的には進歩したものになっているとは言い難い。これらの国々では、むしろ、現在の発達した情報科学の成果を抵抗なく受け入れられる柔軟な人材が必要であるかもしれない。

3.5 我が国の鉱物資源データベース

我が国でも金属鉱業事業団が資源データベースを現在も開発中であり、国際的相互運用性は未だ考慮されていないものの、今後の発展が望まれている。ただし、この場合は経済学ベースの統計や文献情報などが主であり、未発見鉱床の鉱量予測など、鉱物資源データベース作成の重要な目的には向いていない。この目的に不向きな点の改良には、世界各国が重点的かつ継続的に取り組んでいる鉱床データベースが不可欠である。

我が国における鉱床データベース作成は、70年代後半に作成された、地質調査所のMINES⁸⁾(Mineral resources Inventory and Evaluation System)が初期的試みと言えるだろう。MINESの全体構成は図9のようであり、各国のものと概念的に

そう変わったものではない。ただし、現存する鉱床の鉱量シミュレーションについては行われたものの、未発見鉱量の推定には至っていない。図9の構成では、そこまで考慮されていないし、計画がそこまで及んでいなかったため、これは仕方のないことであろう。しかし、現在の世界的動向からみて、今後にも必要がないと考えることはできない。

MINESで入力したデータ項目は表3のとおりである。タイミングが悪かったことに、ちょうどカナダの報告書⁷⁾が出された時期に同様のデータ構造を決めたため、その後、システムを更新した時に十分には機能しなくなった。MINESはIBMの中型計算機上で作成され、計画終了後、更新と検索のためにIBMの大型計算機上のSQLデータベースシステムに移された。しかし、これは大変扱い難いため、現在ではパーソナル・システムで動く別のデータベース・システムに吸収されつつある。なお、この新しいシステムは、独自のものだが、米国地質調査所のMRDSと互換性がとれるように設計されている(名称は未定)。

MINESでは、化学分析値などの統計量演算やグラフィック表示が容易でなかったため、地質調査所では80年代の半ばに独自の化学分析値データ処理・解析システムGEOCAPS⁹⁾をパーソナル・システム上に作成、現在も頻繁に使用している。GEOCAPSを作成し始めた当初は、パーソナル・システム上で稼働する十分な処理システムが見当らなかったため、すべてのソフトウェアを自作することになった。実用的システムにするため、結果的に関係モデルのデータ構造をとることになったが、これが成功の

表3 MINESの入力データ項目⁸⁾

カードの種別、配列、主な入力情報項目	カード1枚あたりの記入項目数	使用可能なカードの最大枚数	入力可能な最大項目数
A. (概要)			
—A01 鉱山名、主要鉱種、鉱床の年代	15	1	15
—A02 地質構造区分、母岩、粗鉱生産量	20	1	20
B. (位置)			
—B01 位置(経緯度)、所在地、所属地形図	21	1	21
C. (地質)			
—C01 地質層序	18	3	54
—C02 層序名、分布、年代、対比	11	6	66
—C03 褶曲構造の規模、方向	37	6	222
—C04 断層、割れ目の方向、規模	39	6	234
—C05 変質作用の強さ、変質鉱物	35	6	210
—C06 構成岩石名	16	30	480
—C07 分析サンプルの記載、文献名	6	90	540
—C08 分析値	21	270	5,670
D. (鉱化作用)			
—D01 鉱化域のサイズ、年代、鉱床数	23	1	23
—D02 帯状配列、関連火成岩	29	1	29
—D03 母岩の名称、分布、年代、対比	11	3	33
—D04 母岩の褶曲構造の規模、方向	37	3	111
—D05 母岩の断層や割れ目の規模、方向	39	3	117
—D06 母岩の変質作用、変質鉱物	35	3	105
—D07 母岩の細区分、構成岩石種	16	15	240
—D08 構成岩石の構成鉱物名	25	60	1,500
—D09 分析サンプルの記載、文献名	8	180	1,440
—D10 分析値	19	720	13,680
—D11 鉱床の名称、分布、鉱床の型式	17	5	85
—D12 鉱体の走向、傾斜、数	27	5	135
—D13 鉱体の大きさ、品位	24	5	120
—D14 代表的鉱石の名称、鉱物組成	23	15	315
—D15 代表的鉱石の分析値	25	45	1,125
—D16 鉱石鉱物	23	5	115
—D17 脈石鉱物	23	5	115
—D18 水平方向の累帯構造の記述	24	10	240
—D19 垂直方向の累帯構造の記述	24	10	240
—D20 富鉱体の形、構造	13	5	65
—D21 二次的变化についての記述	15	5	75
—D22 変質作用とその水平方向の変化	33	5	165
—D23 変質作用とその垂直方向の変化	33	5	165
—D24 探査状況についての記述	35	5	175
E. (生産量)			
—E01 粗鉱生産量、平均品位(6鉱種まで)	20	1	20
—E02 生産金属量(6種まで)	18	1	18
—E03 過去10年間の年度別粗鉱生産量と平均品位	21	10	210
—E04 過去10年間の年度別生産金属量	20	10	200
F. (沿革)			
—F01 発見年代、鉱床名	9	1	9
—F02 生産開始年、最盛期の生産量	21	1	21
—F03 探掘方法	3	1	3
—F04 選鉱方法、選鉱所在地	7	1	7
G. (文献)			
—G01 文献	16	1	16
Total	1,062	1,321	28,474

鍵だったようである。GEOCAPSでは、化学分析値のデータ項目を品位や鉱量など他の数値データに置き換えることで、多くの資源関連数値データがグラフィック処理可能であるが、非数値データは扱い難い。データベースの機能、すなわち、検索・更新・追加・削除・合成・分割などの機能はあるが、ファイル全体を管理できるシステムは作成していない。その結果、データの管理は、ファイル単位で行われている。従って、データベースではなく、その一部分として位置づけ得る。

地質調査所では、この他、鉱山別生産統計をまとめた資源データファイルも作成しているが、データ量はMINESより桁違いに少なく、データの性質上、一般公開もしていない。

我が国では、各種鉱物資源データベースが作成され、また作成されつつあるものの、データベース作成の本来の目的である、一

般公開、専門家による積極活用、未発見鉱量推定などに使用されるには、さらなる研究開発を必要としていると言わざるを得ない。

4. 鉱物資源データベースの展望

従来から、我が国では「情報」はスパイ映画か戦争ものの暗いイメージで語られたり、「データベース」は単なるデータの集まりで何の研究開発も必要としないものという誤解が強かった。我が国は資源生産小国であるため、かつてほど資源の研究に予算措置を講じる必要性もないのではないかという議論もある。しかし、我が国は世界に冠たる資源消費超大国と成り、我が国の経済の情勢は全世界に波及するところまでしてしまった。

国際的立場からみて、ただ資源を購入し、消費するだけで、何等国際的な資源安定供給に貢献しようとしなければ、強い反発と

図10 鉱物資源データの専門性(縦軸)と開発進捗度(横軸)⁶⁾

反感に合うだけであろう。従って、我が国は、国際的な資源安定供給に効果的に働いて国際的に貢献する責務があるであろう。資源ユーザの立場からみても、資源の供給側情報の把握、および未発見鉱床も含めたその供給能力の見通しは、誤った情報に振り回されて価格高騰や買い占めに会わないためにも重要であろう。すなわち、正確な情報はリスクを低減し、経済合理性向上に有効である。

このためには、良くスクリーニングされた信頼性の高い情報からなる、使い易く応用の効く鉱物資源データベースの開発とその発展的維持が極めて重要と言えよう。世界の動向からみて、現在の研究開発要素は、国際協力に基づく相互運用性と情報互換性の向上、GIS(地図情報システム)の組み込みによる図化・画像化表示能力の向上、ネットワークに結合されたパーソナル・システムによる処理能力の向上、座標系の統一、大容量かつ高速記憶の向上とその可搬化、などである。これらが達成され、専門家がデータベースを使う割合が増大することによって、データの入力・充実・質の向上、特に信頼性の向上が飛躍的に拡大するであろう。その結果として、膨大なデータの処理が次の大きな研究開発要素になり、データベースの基礎理論の発展をも促進するに至る場合が出てくるだろう。ただし、データの信頼性確保の問題は継続して重要課題として残るだろう。

文献データベースのように比較的単純な索引検索型データベースには、現段階における研究開発要素はほとんどなく、時間と労力をかけてデータを入力すれば足りる。化学分析値データのよう

な数値データも、これに次いで単純であろう。しかし、鉱床記載や鉱量推定のように複雑な構造と不完全性を有するデータのデータベース化には、未だ多くの研究開発要素が残されていると言わざるを得ない(図10)。これら複雑なデータの活用化のためには、従来のデータベースに代わる、知識ベースの処理系が必要となるだろう。そのため、我々は知識処理マシンの登場まで、本格的知識ベース構築を待たねばならぬかもしれない。

知識ベースのあとには、何がくるだろうか。資源探査には、資源知識をさらにまとめて体系化し、モデル化する必要がある。鉱床モデルの開発は80年代に入ってから、各国で活発に行われている¹⁰⁾。将来的には、知識ベースのあとに、モデルベースが構築されよう。さらに、探査の効率化促進には、種々の手法の統合化が必要であり、人工知能的手法を大幅に活用したシステムベースに至るであろう。我々は、鉱物資源情報処理の長期にわたる発展の端緒にいる。今後の研究開発は長期にわたり、困難な点も多いと思われる。しかし、鉱物資源データベースの開発を皮切りにした情報処理能力の向上は、豊かな未来を約束してくれるだろう。

謝辞 小論の作成をお薦めいただいた東京大学工学部正路徹也助教授と、この特集を企画され小論の投稿をお薦めいただいた京都大学工学部西山孝助教授には内容に関する有益なご批判とご助言をいただいた。厚く感謝申し上げる次第である。

引用文献

- 1) 古宇田亮一：地質ニュース, No. 328, 42-53 (1981)
- 2) Sutphin, D.M. and Page, N.J.: U.S.G.S. Circular 930-E, p. 34 (1986)
- 3) Huber, D.F.: Mineral Resource Data System, U.S. G.S. (unpublished), p. 81 (1984)
- 4) Clark, A.L.: Mathematical Geology, Vol. 9, No.3, 221-233, (1977)
- 5) Gaal, G., Tontti, M., Autio, H. and Lehtonen, M.: Mathematical Geology, Vol. 9, No.3, 319-325 (1977)
- 6) Eckstrand, O.R.: Mathematical Geology, Vol. 9, No. 3, 235-243 (1977)
- 7) Longe, R.V. (Chair of Editors): Computer-based Files on Mineral Deposits: Guidelines and Recommended Standards for Data Content, Canada Centre for Geoscience Data, p.72 (1978)
- 8) 山田敬一・須藤定久・佐藤壮郎・藤井紀之・沢 俊明・服部 仁・佐藤博之・相川忠之：地質調査所報告, No. 260, p.35 (1980)
- 9) Yoshii, M., Sato, T. and Kouda, R.: Bull. Geol. Surv. Japan, Vol. 39, No. 7, 447-473 (1988)
- 10) Cox, D.P. and Singer, D.A.: Mineral Deposit Models, U.S.G.S. Bull., 1693, p.379 (1986)