

B. a. XXI

地質調査所報告 第260号

鉍物資源予測手法の開発

地質調査所

昭和55年3月

553. 3/. 4. 04 : 681. 3(52)

地質調査所報告 第260号

所長 佐藤 茂

鉍物資源予測手法の開発

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

目 次

1. はじめに	1
2. MINES トータルシステムの概要	2
2.1 鉱物資源情報処理システムの開発に関する現状	2
2.2 MINES トータルシステムの概要	2
3. 鉱物資源目録サブシステム	5
3.1 鉱物資源目録サブシステムの構成	5
3.2 データ入力システム	5
3.2.1 入力情報項目	5
3.2.2 MINES データシート	7
3.2.3 入力情報のコード化	7
3.3 データベース・システム	10
3.4 データ抽出システム	11
3.4.1 サマリー・レポート	11
3.4.2 キーワード検索	11
4. データ解析サブシステム	14
4.1 データ解析サブシステムの構成	14
4.2 データ解析サブシステムの機能	15
4.2.1 汎用集計	15
4.2.2 汎用解析	17
4.3 集計・解析結果の例	17
4.3.1 単純集計	17
4.3.2 クロス集計	18
4.3.3 数値集計	18
4.3.4 濃縮度計算	19
5. シミュレーション・モデル・サブシステム	19
5.1 シミュレーション・モデル・サブシステムの概要	19
5.2 シミュレーション・モデルの設定	19
5.2.1 シミュレーション・モデルの基本的概念	19
5.2.2 シミュレーション・モデルと鉱床型式	20
5.2.3 シミュレーション・モデル	20
5.2.4 予測アイテムの選定	21
5.2.5 鉱床型式判別機能	21
5.3 シミュレーション・モデル（予測式）の検証	25
5.4 シミュレーションの実施	30
6. あとがき	32
文 献	33
Abstract	34

図・表 目次

第1図	MINES トータルシステムの全体像	4
第2図	MINES データシートの記入例	8
第3図	鉱物資源目録サブシステムのブロックチャート	11
第4図	サマリー・レポートの例	13
第5図	キーワード検索の例	14
第6図	集計用ファイル構成図	15
第7図	データ解析サブシステムのブロックチャート	16
第8図	金・銀脈の金の品位分布図	20
第9図	予測用アイテムの選定プロセス	22
第10図	鉱床型式の判定方式	25
第11図	関連図の例	30
第12図	シミュレーションの実施例	32
第1表	国内主要金属稼行鉱山数 (1905-1974)	2
第2表	鉱物資源情報システムに関する事例	3
第3表	入力情報項目一覧表	6
第4表	リスト一覧表	9
第5表	ファイル形態の特性	10
第6表	サマリー・レポートの項目	12
第7表	集計・解析機能一覧表	16
第8表	鉱床の型式別単純集計	17
第9表	鉱床の形態別単純集計	17
第10表	鉱床の型式と形態についてのクロス集計	18
第11表	金・銀鉱脈鉱床における地質構造区別生産規模(粗鉱)の数値集計	18
第12表	金の濃縮度計算の1例	19
第13表	粗鉱生産量と予測用アイテムの関連係数	22
第14表	品位と予測用アイテムの関連係数	23
第15表	粗鉱量、鉱種別品位の推定に使用したアイテムのアイテム・レンジ順位	24
第16表	シミュレーション・モデルによる予測値と生産実績値	26~29
第17表	重相関係数一覧表	31
第18表	シミュレーションでの入力項目一覧表	31

鉱物資源予測手法の開発

山田 敬一*1・須藤 定久*1・佐藤 壮郎*4
藤井 紀之*1・沢 俊明*2・服部 仁*3
佐藤 博之*3・相川 忠之*5

1. はじめに

日本においては、7世紀末頃から鉱物資源の開発・利用に関する記録が残されている。16—17世紀には、金・銀鉱業が盛況を呈し、一時は、世界における主要供給国でもあり、著名な鉱山の多くはこの時期に発見・開発されている。現在までに、国内で知られている鉱物資源の産地は、6,000を超えると推定され、1905年から1974年までの間で生産の記録されている金属鉱山数は約3,000である。

これらの鉱山（あるいは鉱物資源の産地）に関する地質・鉱床情報の蓄積もきわめて多数にのぼり、論文などの形で印刷公表されているものの数は、約11,000件におよんでいる（1881年—1971年）。特に、第二次世界大戦後は、各種の探査手法・技術（地球物理探査、地球化学探査、試錐探査、等）の飛躍的発展によって、広域的に大量の情報が得られるようになった。更に、国内においては、金属鉱業事業団が、既知金属鉱床密集賦存地域に対して広域調査・精密調査を実施して、国内資源の実態の把握、評価に努めている。これらの調査によっても、鉱床賦存地域あるいは鉱化地域から直接的に得られる地質・鉱床情報は、極めて多数にのぼっている。このため、供給されるこれらの多量の情報の迅速・有効な処理手法の開発が望まれるようになってきている。

また、近年新たに発見され開発の対象となる鉱床の多くは、地下深部に賦存し、地表に露頭等の徴候を有さず、探査にあたっては、広域の地質情報を既知の類似鉱床に関する地質情報と比較検討しながら鉱床の賦存を予測し、鉱床探査の基礎とするようになってきた。しかし、国内においては、鉱業活動に対する種々の制約条件のために、稼行鉱山数は減少の一途をたどっている（第1表）。このため、鉱床の産状等と新しく得られる精度の高い地質情報等との直接的な対比が困難となってきた。したがって、これらの情報を、資源の賦存予測等に有効に利用してゆくためには、情報の内容の読み替え、地質現象のモデル化等の処理を行う必要性が増大し、その手法の開発が望まれている。

このような観点から、地質調査所では、現在までに蓄積している国内及び国外の鉱物資源に関する情報を組織的に検討して、整理・再分類を行い、コンピュータを利用した検索・解析・予測システムの開発を計画し、工業技術院特別研究の1つとして、昭和51年度から昭和53年度までの3カ年にわたり、鉱物資源予測手法（Mineral Resources Inventory and Evaluation System, MINES トータルシステムと略述する）の開発研究を実施した。

本報告においては、MINES トータルシステムの機能、データ解析、シミュレーション・モデルの概要について述べることにする。本システムの運用については、「MINES 運用マニュアル」（野村総合研究所、1979）を参照していただきたい。本システムの開発に伴って収集された国内445の金属鉱山についてのデータのうち、基本的な項目については、鉱山別サマリー・レポートを作成し、別冊の鉱山別資料集（第1巻、第2巻）として添付した。

なお、MINES トータルシステムの開発研究にあたって使用したコンピュータは、野村総合研究所のIBM 370/138であり、言語はPL/1を使用した。

*1 鉱床部 *2 技術部 *3 地質部 *4 金属鉱業事業団 *5 野村総合研究所

第1表 国内主要金属稼行鉱山数 (1905年—1974年)

鉱種	1905—1974	1970	1974
金・銀	355	69	54
タロム	66	3	3
銅・鉛・亜鉛	756	55	41
鉄	278	9	9
砂鉄	267	10	10
硫化鉄	57	45	9
水銀	37	3	2
マンガーン	1,280	20	18
アンチモン	23	0	0
錫	10	8	7
チタン	11	0	0
タングステン	79	7	6
モリブデン	30	4	3

MINES トータルシステムに関する研究のうちコンピュータ利用技術の手法に関する研究の一部は、野村総合研究所に委託し、同所の神谷幸夫、明田雅昭、会田寛子、大塚正子の各氏の協力を得た。シミュレーション・モデルの開発にあたっては、筑波大学の宮野敬博士、金属鉱業事業団の細井義孝、大迫次郎、藤田実の各氏に助言と討論をいただいた。また、本研究の計画策定当初から、地質調査所の大町北一郎博士、岸本文男氏、平野英雄博士から有益な助言・討論をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

2. MINES トータルシステムの概要

2.1 鉱物資源情報処理システムの開発に関する現状

鉱物資源あるいは地質学分野における情報の体系的整備、特に、コンピュータを利用したデータベース、データバンクの確立及び情報処理システムの開発に関する研究は1960年代から盛んに進められ、いくつかは実用に供されている。日本では、民間鉱業会社等で小規模なシステムが開発されているようであるが、鉱物資源全体をカバーするデータバンク等は開発されていない。また、地質調査所では、所蔵する岩石、鉱物、化石等の管理と有効利用を図るため、1972年から GEMS (Geological Survey Museum Samples) システムの開発を行い実用に供しているが、その対象は所蔵する標本類に限られている。

日本以外では、アメリカ、カナダ、オーストラリア、フランス、スウェーデン等で地球科学関係の情報処理にコンピュータを利用したシステムが開発されており、データバンクとして機能している。これらの代表的システムは第2表に示すとおりである。

MINES トータルシステムは、その機能及び規模から見れば、U. S. Geological Survey が1972年に開発した CRIB システムに類似している (ただし CRIB システムは予測機能を有していない)。

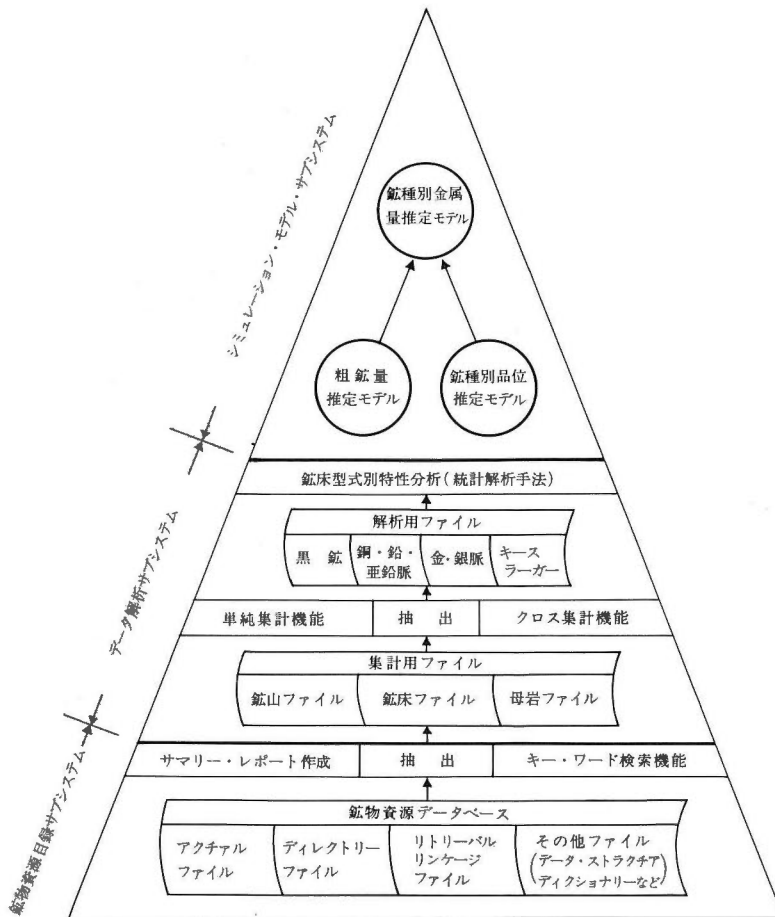
2.2 MINES トータルシステムの概要

鉱物資源予測手法 (Mineral Resources Inventory and Evaluation System, MINES トータルシステムと略述する) は、日本国内における鉱物資源の賦存予測——規模及び品位——と評価のために昭和51—53年度の3年間で開発したシステムで、次の3つのサブシステムから構成されている。

- ① 鉱物資源目録サブシステム
- ② データ解析サブシステム

第2表 鉱物資源情報システムに関する事例

システムの名称 (文献)	システムの内容	システムの機能			その他
		データベース	アプリケーション	処理モード	
CRIB (Computerized Resources Information Bank (Calkins et al., 1973))	mineral commodity や deposit に関する情報をファイルして、検索を主体にした利用 (データ項目は250)	ソフトウェアは GIPSY を利用し, dictionary file, records file, save-records file の三種類	検索機能が中心で, 地図化, グラフ化, 統計解析のプログラムは別途用意	パッチ処理モード (1972年で1万レコードあたり, 増加傾向を示す)	1972年に U. S. Geological Survey が開発, 所内には利用が中心で, 外部には summary report で提供
GRASP (Geologic Retrieval and Synopsis Program (Bowen et al., 1975))	地球科学関係の data bank を扱うソフトウェアとして開発され, 現在6つの data bank をもつ	MANFIL (世界の鉱物) が 4,000レコード, COLFIL (石油とガス) が 800レコード, RASS (岩石成分) のデータ	検索が主体で, time-sharing 機能が特色	GRASP は会話モード可能だが, MANFIL と RASS はパッチ処理でやっている	U.S. Geological Survey が開発
PACER (Program to Analyze Coal Energy Resources) (Cargil et al., 1976)	National Coal Resources Data System (NCRDS) のために GRASP を改良したもの (editing と updating の改良)	三つのファイル, WCOAL, ECOAL (石炭の資源), USALYT (成分) で約2,500レコード	基本的には GRASP と同じで, 大量のファイル処理が効率的になっている	会話モードで処理され, 入力も CRT ターミナルを使用	1973年から U.S. Geological Survey が企画し, CSC 社の INFONET time-sharing system を利用
GEOMAP (Berner et al., 1975))	field data の geological mapping が可能なシステム	field data の地質構造, 色, 鉱物, 岩石等のデータ項目をもつ	検索が中心で, INTEREST という program で抽出, listing と plotting の program が別途ある	会話モードで処理され, Sweden と Norway が中心	1970年に Sweden で開発され, 現在, Scandinavia の各国で利用
A National System for Storage and Retrieval of Geological Data in Canada (Brisbin et al., 1967)	地球科学関係の5種類のデータをファイルして, National System として利用しようとする	実践的に, geological field, mineral, fossil-fuel, geo-physical なデータをファイル	検索機能をベースとして, 解析, モデル分析機能も計画	会話モード処理を提案	Canada における geological data の National System を開発するための委員会の提案



第1図 MINES トータル・システムの全体像

③ シミュレーション・モデル・サブシステム

これら3つのサブシステムの相互関係とそれぞれの概略は第1図に示した。

(1) 鉱物資源目録サブシステム (Mineral Resources Inventory Subsystem)

本サブシステムは、鉱山単位のデータベースを基本とする狭義のデータバンクである。鉱山に関する地質・鉱床データは、後述するように8種類に大別され、全体のデータ構造としてはツリー構造を採用している。

本サブシステムでは、鉱床別のサマリー・レポート (summary report) 及び単独若しくは複数のキーワード (key word) による検索・出力が可能である。

(2) データ解析サブシステム (Data Analysis Subsystem)

このサブシステムは、鉱物資源目録サブシステムの鉱山別データから集計・解析に必要なコード化及び数値化された情報を抽出して作成された鉱山ファイル、母岩ファイル、鉱床ファイルの3種のファイルと、更に鉱床型式別——金・銀鉱脈型、銅・鉛・亜鉛脈型、黒鉱型、キースラーガー型——に作成された鉱山ファイル、母岩ファイルの8種類とを中心に構成されている。

集計機能としては、単純集計、クロス集計及び数値集計の3機能を保有しており、集計にあたっては9項目までの条件を付することができる。

解析機能としては、金属等の回収率、生産量比、鉱床相互の品位比、品位及び生産量の規模別等頻度分布、金属等の濃縮度について鉱山別、地域別、鉱床型式別に平均値、標準偏差値等を解析でき、更に、

解析結果に基づいて鉱床型式別の標準モデルの設定が可能である。また、解析には、多変量解析のパッケージ、BMD、BMDP、COMPA、AID、等を利用することができる。

(3) シミュレーション・モデル・サブシステム (Simulation Model Subsystem)

本サブシステムには、鉱床型式の判別機能、粗鉱量及び鉱種別品位の予測機能が含まれている。

鉱床型式については、鉱化作用のタイプ、形態及び時代、母岩の時代等の情報から黒鉱型鉱床、キースラー型鉱床、鉱脈型鉱床及びその他を判別することができる。

鉱量及び鉱種別品位については、数量化Ⅰ類の手法により、地質構造区分、鉱床地域の地質構造のタイプ、母岩のタイプ、母岩の種別、鉱化域の延長方向、断層等の走向方向、変質帯の延長方向及び母岩の地質時代を予測用のアイテムに選定して予測式を設定した。

この予測式によって計算された値は既開発鉱山における実績値と比較的良好に近似している。両者の重相関係数は0.647—0.980であり、対数スケールでは予測に十分な精度を有しているものと考えられる。

3. 鉱物資源目録サブシステム (Mineral Resources Inventory Subsystem)

3.1 鉱物資源目録サブシステムの構成

このサブシステムは、既存の地質及び鉱床に関する情報をデータベースとして保持し、情報検索、解析、シミュレーション・モデルの設定など、多種の目的に活用する MINES トータルシステムの基礎的サブシステムであり、次の3つの部分から構成されている。

- 1) データ入力システム (Data Input System)
- 2) データベース・システム (Data Base System)
- 3) データ抽出システム (Data Retrieval System)

本サブシステムの全体的な特徴は下記のとおりである。

- 1) プログラムとデータは完全に独立しており、データの変更、更新が容易である。
- 2) データの入力に際しては、リスト・テーブル (後述) 及びコード・テーブル (後述) の登録、記入カードの枚数の上限、層群や累層、岩体などの番号とこれに関連して記入されるカードとの関係、などをチェックし、極力データの誤入力を防いでいる。
- 3) データベースの作成にあたっては、鉱山ごとのデータ量に大きな差があるため、可変長の考え方を導入してファイルを構成している。
- 4) データベースの構造としては、ツリー構造を採用したので、鉱山ごとの入力は、地質—地質構造—鉱床—鉱石—鉱物という流れを基本としている。
- 5) データ検索では、キーワード (key word) からの検索と、特定鉱山からの検索とが可能である。

3.2 データ入力システム

3.2.1 入力情報項目の種類

MINES トータルシステムにおける情報に対する基本的なとらえ方は鉱山を単位としている。このため、鉱山の規模 (鉱床の数、生産量等)、開発の歴史、鉱床型式等の違いによって、その情報の量や精度に、著しい差の生ずることが想定される。また、本トータルシステムでは、鉱山についてのデータバンク機能の確立を目的の1つとしているため、1つの鉱山に関しては、細大もらさず情報を集積・保持する必要がある。

日本国内の全体の鉱物資源について、ほぼ、統一したフォームで情報が記録されているものとして日本鉱産誌 (地質調査所、1955、1956) がある。この鉱産誌の鉱山別表には約40の情報項目が含まれている。また、日本の鉱床総覧 (上・下) (日本鉱業協会、1965、1968) では、情報項目が階層構造的に整理

第3表 入力情報項目一覧表

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 二次的変化についての記述	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 採掘方法	3	1	3
—F04 選鉱方法, 選鉱所所在地	7	1	7
G. (文献)			
—G01 文献	16	1	16
Total	1,062	1,321	28,474

されており、その基本項目数は約60項目である（全部で355鉱山についての記載がある。1項目について複数の情報が記入されており、情報の数は鉱山ごとに一定していない）。

本トータルシステムにおける入力情報項目については、上に述べたような国内において入手可能な情報項目の種類と量、第2表に示した諸外国の各システムにおける入力情報項目を検討の上、第3表に示したような項目1062を入力情報項目とした。

3.2.2 MINES データ・シート

入力情報項目とした1062項目を分類し、カード配分を行い、コーディング・フォーマット(coding format)“MINES データ・シート (data sheet)”を作成し、情報の入力様式とした。

このデータ・シートにおける各カードへの記入事項の配分や、カードの配列については第3表に示した。このカード配列の特徴は、地質・鉱床情報の多少によって、カードの繰り返し記入が下記の4カ所で可能なことである。（以下第3表参照）

1) C01カードには地質層序が記入される。カード1枚に3層まで記入でき、必要に応じて9層まで、つまりカード3枚まで使用が可能である。

2) C02からC08までのカードが一組となって1つの層についてデータの入力を行う。C02-C05カードは1枚しか使用できないが、C06-C08カードは第3表に示したとおり繰り返し使用が可能であり、1層あたりの使用可能枚数は最大69枚である。層の数が多い場合、6層まで入力することが可能である。

3) D03からD10までのカードが一組となって、1つの母岩についてのデータを入力する。D03-D06カードは1つの母岩について1枚しか使用できないが、D07-D10カードは第3表に示したとおり繰り返し使用が可能であり、1つの母岩について使用可能な枚数は最大329枚である。更に母岩の数が多い場合、3つの母岩まで入力することが可能である。

4) D11カードからD24カードまでが一組となって、1鉱床についてのデータの入力を行う。D11-D13、D16-D17、D20-D24カードは1つの鉱床について1枚のみであるが、D14-D15、D18-D19カードは第3表に示したとおり繰り返し使用が可能であり、1鉱床あたりの使用可能枚数は最大26枚である。更に鉱床の数が多い場合、5鉱床まで入力が可能である。

このようなカードの繰り返し使用により、MINESデータシートによって入力可能な情報量は、1鉱床について最大カード1,316枚、約28,500項目である。今回、MINES トータルシステムの開発にあたって入力された鉱山における情報量は、一般にカード60-70枚、750-1,000項目、最大でカード250枚、3,000項目程度である。したがって、MINES データ・シートは、極めて例外的なものを除けば、殆んどすべての鉱山についての情報の入力に対応し得るものと考えられる。

MINES データ・シートの一部(A01、A02カード)とその記入例を第2図に示したが、本データ・シートの詳細と記入要領については、「MINES データ・シート記入要領」(地質調査所、1979)を参照していただきたい。

3.2.3 入力情報のコード化

地質及び鉱床情報は、一般的に定性的な情報が多く、また、定義が必ずしも統一されておらず、しかも、地域的特性が強く反映されている。したがって、コンピュータを利用しての情報検索や解析を考える場合には、情報項目の定義及び範囲を明確にして内容の統一を図り、文章情報については検索・解析への利用を図るため分類・コード化を行い、情報全体の数量化を図る等の処理が必要である。MINES データ・シートの入力情報項目については、情報の出現頻度、出現の規則性、情報の内容、入力の便利さ(入力ミスの防止)、入力後の利用度への対応(検索、解析、シミュレーション等)等を検討の結果、42種のコード表及び12種のリスト表を作成した(ただし、リストの一部は既に開発されているものを利用している)。

コード表は、下記の情報項目を単純に数値化あるいは内容の再分類を行って数値化したものである。

68J

1

A General Information

Mine No.	Card		Mine Name										Commodity (Major)			Data Entered			
	Kind	Seq. No.	Development of Mine					Common Name					Name	2	3	Year	Mo	By	
3811	A81	1	323334	363738	40	42	264	KURUKO	50	5354	57	60	63	67	69	1978	9	TAKI	SATO
			C2	C3	C4	C5	L3			L4									

Mine No.	Card		Host Rock										Production				
	Kind	Seq. No.	Name		Age		Rock Component					Period (Year)		Total Ore		Main Uses	
3811	A82	2	3031	3435	3738	41	44	47	50	53	5657	61	65	6869	75	78	
			C6	L3	L6	C1					L9	C14	L11				

第2図 MINES データ・シートの一部とその記入例

- (a) 特定地質現象, 情報, 相関関係の有無, 特定事物の存在の有無 (C-1).
- (b) 入力鉱山の情報採録面積. 実数値を含む1部数値情報をモデファイしてある (C-2).
- (c) 鉱山の開発状況 (C-3).
- (d) 鉱床型式 (C-4).
- (e) 鉱床の形態 (C-5).
- (f) 主として, 地層を構成する岩石種別による地層区分 (C-6).
- (g) 2地点間の距離. 数値情報を規模別に再分類 (C-7).
- (h) 断層の型式 (C-8).
- (i) 鉱脈, 岩脈, 断層等の分布様式 (C-9).
- (j) 特定地質現象等と鉱化作用が行われた時期との時間的前後関係 (C-10).
- (k) 特定地質現象等に伴う鉱化作用の有無 (C-11).
- (l) 特定地質現象等の確認の程度及び場所 (C-12, C-13).
- (m) 生産実績に係る鉱石等の種別 (C-14).
- (n) 地層, 岩石, 鉱体等の層序的及び空間的相互関係 (C-15, C-38, C-39, C-40, C-42).
- (o) 地質絶対年代測法 (C-16).
- (p) 地層, 岩石等の主要な特徴 (C-17).
- (q) 変質作用のタイプと強弱の程度 (C-18, C-19).
- (r) 露頭部の鉱石の種別, 概略の品位 (C-20, C-21).
- (s) 特定地質現象等の規模 (C-22, C-37).
- (t) 鉱床中の富鉱部形成を規制する要因, 富鉱部の胚胎位置 (C-23, C-24).
- (u) 数値情報の単位 (C-26, C-31, C-32, C-34).
- (v) 探査手法, 場所, 対象試料名等 (C-27, C-28, C-29, C-30).
- (w) 特定地質現象等の分布範囲 (C-35).
- (x) 地質構造の概略の種別 (C-36).
- (y) 鉱体等の形態の変化 (C-41).
- (z) その他, 特定地質現象等の生起が鉱床に与える2次的影響の種別, 鉱物等の産出頻度 (C-25, C-33).

また, リスト表としては, 第4表に示すとおりであって, 鉱物名や岩石名については当面日本国内に産出が知られていて使用頻度の高いと想定されるものを中心にコード化を行っている. リスト表の詳細については, MINES データ・シート記入要領(地質調査所, 1979)を参照いただきたい.

これらコード表, リスト表によって入力される情報項目については, MINES データ・シートの該当

第4表 リスト一覧表

(リスト番号) No.	リスト名 (Name of List table)	カテゴリーの数 (No. of Category)
L-1	国名 (Country)	231
L-2	地質構造区分 (Tectonic unit)	39
L-3	時代 (Age)	24
L-4	鉱種 (Commodity)	114
L-5	市町村 (City)	3,386
L-6	岩石名 (Rock Name)	110
L-7	岩石の特徴 (Rock Characteristics)	26
L-8	鉱物名 (Mineral Name)	623
L-9	規模 (Size Category)	4
L-10	地図 (Map)	1,444
L-11	用途 (Uses)	20
L-12	組織 (Texture)	29

項目に、コード表又はリスト表の番号が指定され、誤記入を防止している（第2図参照）。

なお、コード表及びリスト表は、必要に応じて追加・更新が可能である。

3.3 データベース・システム

鉱物資源目録サブシステムの機能は、データベースの構造に大幅に依存しており、データベースの構造はファイル形態によって決定される。ファイル形態としては、ファイル構造とデータ構造との2種類が考えられ、それぞれの特徴は第5表に示すとおりである。データ構造としては、ツリー構造（tree structure）、リング構造（ring structure）、ネットワーク構造（network structure）の3種が代表的なものである。

第5表 ファイル形態の特性

項目	ファイル形態	ファイル構造	データ構造
利用目的		ファイルを単一的に使うのに適しており、多目的な利用は困難	ファイルの多目的な利用に適している
ファイルの構成		利用目的ごとにファイルを作成するので、同一情報が複数のファイルに散在する	一括したファイルを作成するので、情報の集中管理ができる
情報検索		ソートやマージなど付加的な作業が増加し、現実的には困難	一元的に管理されており、極めてやりやすい
プログラミング技術		構造が単純であり、特別な技術を必要としない	データ間の関係づけをしたり、構造が複雑で、技術を必要とする
処理モード		バッチ処理だけ	会話形式の処理にも使える
その他			ダイレクト・アクセス装置が不可欠

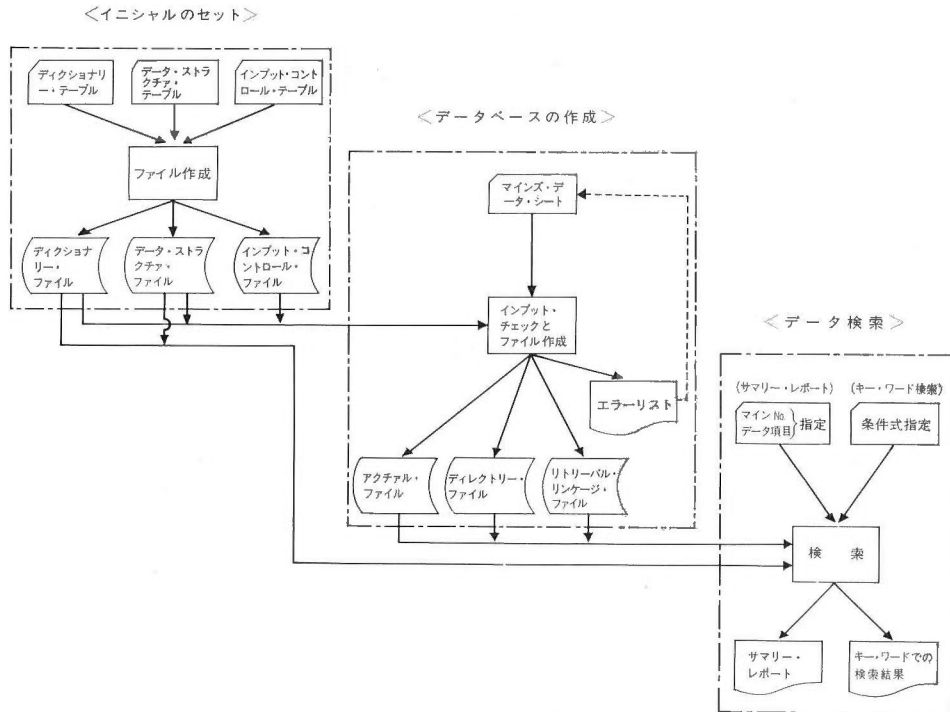
鉱物資源データベースを分析すると下記のような特徴があり、第5表のそれぞれの特徴と比較すれば、データ構造をデータベースに採用する方がファイル構造の採用より圧倒的にすぐれていることが分かる。特に、検索機能と処理モードの制約の差が大きい。

- (1) 鉱物資源データベースはデータ項目の範囲が広く多種多様な利用が想定される。
- (2) 鉱物資源目録ではデータ検索の機能が重要であり、データベースとしては検索に適した構造が必要である。
- (3) 鉱物資源データベースへの入力、当面バッチ処理で実施するが、将来は会話形式への移行も予想されるので、移行可能なファイル形態を選定しておく必要がある。
- (4) データベースの更新は原則的にはないものと想定して、新しく鉱山のデータが作成されるごとに追加する形態である。

また、鉱物資源目録の入力フォーマットを検討すると、入力は鉱山を単位として地質—地質構造—鉱床—鉱石—鉱物と、ほぼ、ツリーの体系を保持しており、データ構造としてはツリー構造を採用するのが適当である。

以上の点を考慮したうえ、鉱物資源目録サブシステムを下記の6種類のファイルで構成することとした。

- (1) data structure file: データ項目のツリー構造を表現しているファイル。検索に必要な基礎情報も保持している。
- (2) dictionary file: 検索結果を出力する際の編集用として、コード・リストの番号やカテゴリの名前を保持する。マスターファイルとコンテンツファイルの2つのファイルから構成されている。
- (3) input control file: 鉱山データ入力時のチェック方式を規定している。
- (4) actual file: MINES DATA SHEET で入力されたままの形式でデータを保持している。1鉱山のデータ量が膨大なので複数のレコードに分割される。



第3図 鉱物資源目録サブシステム

注) イニシャルのセットはシステム稼動の最初に一度行えば、変更がない限り処理の度にする必要はない。

- (5) directory file: 鉱山データがディスク上にどのように配置されているかを記憶している。
- (6) retrieval linkage file: キーワード検索の対象となるデータ項目について、カテゴリごとに該当鉱山を記憶している。マスターファイルとリンケージファイルの2ファイルから構成されている。
- 第3図に、これらファイルを含む鉱物資源目録サブシステムのブロックチャートを示した。

3.4 データ抽出システム

鉱山に関する情報検索の需要として一般的なものは、目的鉱山の概要把握と特定条件に適合した鉱山の情報とに大別できる。このため、鉱物資源目録サブシステムでは、入力した全鉱山についてのサマリー・レポートの作成とキーワードによる検索の機能を保有している。

また、鉱物資源目録サブシステムは、MINES トータルシステムのサブシステムであるので情報抽出機能も備えている。抽出機能は、鉱物資源データベースから、特定のデータ群を抽出して、データ解析サブシステムに必要なデータを提供するためのものである。このために必要なデータについては基礎的なデータ変換を行ってサブファイルまでを作成している。

3.4.1 サマリー・レポート

サマリー・レポートは、入力した全鉱山について、統一した様式で、鉱山に関する主要な情報を出力するものである。出力される情報項目は第6表に示すとおりである(最大150項目である)。サマリー・レポートの例は第4図に示すとおりである。なお、1979年3月までに入力した金属鉱山445鉱山のサマリー・レポートは別冊資料集のとおりである。

3.4.2 キーワード検索

第6表 サマリー・レポートの項目

(General Information)	
Mineralieation	
	Common name
	Type
	Form
	Age
	Commodity
	Tectonic unit number
	Development status
	Production
	Period (from)
	Period (to)
(Location)	
	Latitude
	Longitude
	Administrative location
(Geology)	
	Rock and formation
	Name
	Age
	Host rock: yes or no
(Mineralization)	
	Mineralized area
	Trend (from)
	Trend (to)
	Size (length)
	Size (width)
	Related igneous rocks (name)
	Related structure (type)
	Related horizon: yes or no
	Related rock: yes or no
	Host rock
	Name
	Size (length)
	Size (width)
	Ore deposit
	Name
	Distribution trend
	Size
	Representative ore body
	Size (length)
	Size (width)
	Commodity
	Grade
	Alteration: horizontal
	Mineral name
	Alteration: vertical
	Mineral name
(Production)	
	Total ore (1000 ton)
	Commodity name
	Grade of commodity

```

*****
**                                     **
**           M I N E S   S U M M A R Y   R E P O R T           **
**                                     **
** MINE NO. = 5 : ENIWA                               1977. 1   **
**                                     **
*****

```

< GENERAL INFORMATION >

MINERALIZATION COMMON NAME	TYPE OF MINERALIZATION	FORM OF MINERALIZATION
EPITH. VEIN	4 : HYDROTHERM	5 : VEIN
AGE OF MINERALIZATION AGE	COMMODITY	TECTONIC UNIT NUMBER
MIO : MIOCENE	AU : GOLD AG : SILVER	132 : IWAIZUMI RELT + GREEN TUFF REGION
DEVELOPMENT	PRODUCTION PERIOD (YEAR) FROM	PRODUCTION PERIOD (YEAR) TO
1 : PAST	1929	1943

< LOCATION >

LATITUDE FIGURE	LONGITUDE FIGURE	ADMINISTRATIVE LOCATION CITY
424930	1411545	12319 : HOKKAIDO ENIWASHI

< GEOLOGY >

NAME OF ROCK & FORMATION	AGE	HOST ROCK IN ROCK & FORMATION
IZARIGAWA KANAYAMAZAWA RANUMANAI YUNDSAWA KURAMAGOE NARUD	MIO : MIOCENE MIO : MIOCENE MIO : MIOCENE MIO : MIOCENE MIO : MIOCENE MIO : MIOCENE	N : NO N : NO N : NO N : NO Y : YES N : NO

< MINERALIZATION >

MINERALIZED AREA TREND FROM	MINERALIZED AREA TREND TO	
10	20	
MINERALIZED AREA SIZE LENGTH (M)	MINERALIZED AREA SIZE WIDTH (M)	RELATED IGNEOUS ROCK ROCK NAME
2000.0	1000.0	PRO : PROPYLITE RHY : RHYOLITE
TYPE OF STRUCTURE	HORIZONE / ROCK HORIZONE	HORIZONE / ROCK ROCK
NS&NE FRACTUR		
HOST ROCK GENERAL INFORMATION STRATIGRAPHY NAME	SIZE LENGTH (M)	SIZE WIDTH (M)
KURAMAGOE	3000.0	2500.0
ORE DEPOSIT NAME OF ORE DEPOSIT	DISTRIBUTION TREND FROM	DISTRIBUTION TREND TO
HONPI OKOTANPE	90 160	90 160
ORE DEPOSIT NAME OF ORE DEPOSIT	DISTRIBUTION SIZE LENGTH (M)	DISTRIBUTION SIZE WIDTH (M)
HONPI OKOTANPE	700.0 490.0	400.0 200.0
ORE DEPOSIT NAME OF ORE DEPOSIT	REPRESENTATIVE ORE BODY SIZE LENGTH (M)	REPRESENTATIVE ORE BODY SIZE WIDTH (M)
HONPI OKOTANPE	700.00 190.00	1.00 1.50
ORE DEPOSIT NAME OF ORE DEPOSIT	REPRESENTATIVE ORE BODY AVERAGE GRADE OF ORE COMMODITY NAME	REPRESENTATIVE ORE BODY AVERAGE GRADE OF ORE GRADE - FIGURE 1
HONPI OKOTANPE	AU : GOLD AG : SILVER	5.00 35.00
ORE DEPOSIT NAME OF ORE DEPOSIT	ALTERATION HORIZONTAL TYPE MINERAL NAME	ALTERATION VERTICAL TYPE MINERAL NAME
HONPI OKOTANPE	QTZ : QUARTZ CHL : CHLORITE PYR : PYRITE QTZ : QUARTZ CHL : CHLORITE PYR : PYRITE	QTZ : QUARTZ CAL : CALCITE

< PRODUCTION >

TOTAL PRODUCTION OF CRUDE ORE TOTAL ORE (1000T)	GRADE OF CRUDE ORE COMMODITY NAME	GRADE OF CRUDE ORE GRADE - FIGURE 1
101.00	AU : GOLD AG : SILVER	7.0 50.0

第4図 サマリー・レポートの例

*** MINF NO. = 1 : TOYOHA

< MINERALIZATION >

ORE DEPOSIT NAME OF ORE DEPOSIT	TYPE OF MINERALIZATION TYPE	TYPE OF MINERALIZATION FORM
IBURU	4 : HYDROTHERM	5 : VFTN
NAGATO	4 : HYDROTHERM	5 : VFTN
MOTOYAMA	4 : HYDROTHERM	5 : VFTN
TSUDO	4 : HYDROTHERM	5 : VFTN
OKUIBURU&OTHERS	4 : HYDROTHERM	5 : VFTN

ORE DEPOSIT NAME OF ORE DEPOSIT	DISTRIBUTION SIZE LENGTH (M)	DISTRIBUTION SIZE WIDTH (M)
IBURU	2000.0	1500.0
NAGATO	3000.0	600.0
MOTOYAMA	3000.0	1500.0
TSUDO	1000.0	1000.0
OKUIBURU&OTHERS	4000.0	3000.0

*** MINF NO. = 2 : CHITOSE(FSNTOKU)

< MINERALIZATION >

ORE DEPOSIT NAME OF ORE DEPOSIT	TYPE OF MINERALIZATION TYPE	TYPE OF MINERALIZATION FORM
FUKJINZAWA	4 : HYDROTHERM	5 : VFTN
MAIZURU	4 : HYDROTHERM	5 : VFTN
KOGANEZAWA	4 : HYDROTHERM	5 : VFTN
NARUO	4 : HYDROTHERM	5 : VFTN
SHIRONGANE-OKOTAN	4 : HYDROTHERM	5 : VFTN

ORE DEPOSIT NAME OF ORE DEPOSIT	DISTRIBUTION SIZE LENGTH (M)	DISTRIBUTION SIZE WIDTH (M)
FUKJINZAWA	1000.0	1000.0
MAIZURU	1500.0	800.0
KOGANEZAWA	1200.0	1000.0
NARUO	500.0	5.0
SHIRONGANE-OKOTAN	6000.0	1500.0

第5図 キーワード検索の例

北海道地域の新第三紀の熱水性鉱脈鉱床の鉱床名と規模を知るための検索例である。条件にあてはまる鉱山のデータを鉱山番号の順に打ち出してくる。キーワードは北海道, 新第三紀, 熱水性鉱床, 鉱脈型鉱床。

本手法については、1976年に開発を行い、サマリー・レポートと同様にルーチン化している。鉱山の操業状況—稼行中あるいは休業中、生産している鉱種、鉱化作用の時期、地質構造区分、鉱床母岩のタイプ等の条件を指定して、これに該当する鉱山について必要な情報が検索できるよう設計されている。必要な情報としては、汎用的には、サマリー・レポートと同一内容のものが出力されるが、データ項目の指定は自由である。

キー・ワード検索の結果の1例は第5図に示すとおりである。

4. データ解析サブシステム (Data Analysis Subsystem)

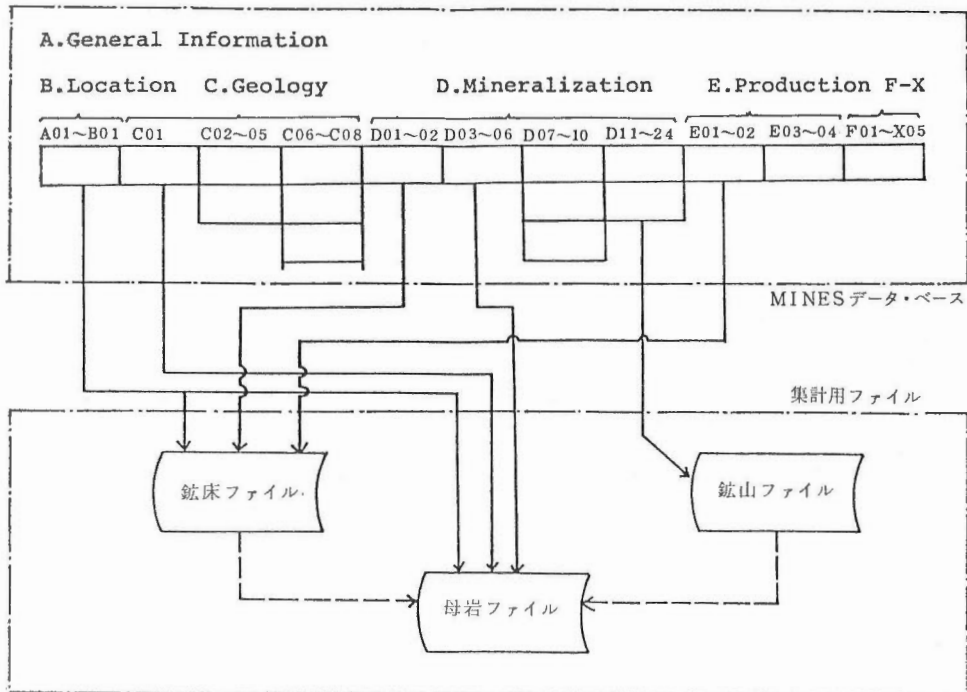
4.1 データ解析サブシステムの構成

データ解析サブシステムは、鉱物資源目録サブシステムで作成した鉱物資源データベースから必要な項目を抽出して、鉱山に関するデータの集計や解析を行うもので、シミュレーション・モデル開発のための基礎的な機能を有するサブシステムである。

集計及び解析に必要な項目は、数値項目及びリスト又はコード表による記入項目に限定されるので、本サブシステムでは、規模が大きく構造の複雑な鉱物資源データベースとは独立に集計・解析用サブファイルの作成を行っている。

まず、集計用ファイルとして、鉱山ファイル、母岩ファイル、鉱床ファイルが作成されている。これら3つのファイルでは、各鉱山、各母岩、各鉱床に関するデータ項目を、1鉱山、1母岩、1鉱床ごとに1つのレコードとして、これを収容している(第6図)。

また、統計・解析用ファイルとしては、シミュレーション・モデル作成のために、鉱床型式別(黒鉄鉱床, 新第三紀に形成された金銀鉄脈鉱床, 新第三紀に形成された銅鉛亜鉛鉄脈鉱床, キースラーガー鉱床)に、それぞれ鉱山ファイルと鉱床ファイルとが作成されている。



第6図 集計用ファイル構成図

本サブシステムの全体構成図，ブロック・チャートを第7図に示した。

4.2 データ解析サブシステムの機能

データ解析サブシステムでは，鉱山ファイル，母岩ファイル及び鉱床ファイルの利用によって鉱山全体を通じての一般傾向及び特徴が，また，鉱床型式別の鉱山及び母岩ファイルの利用によって特定の鉱床型式についての各種集計・解析が可能である。

本サブシステムで，集計・解析機能として開発したものは第7表に示すとおりで，また，多変量解析のパッケージ (BMD, BMDP; Biomedical Computer Program, COMPA; Component Analysis, AI D; Automatic Interaction Detector 等) を使用することも可能である。

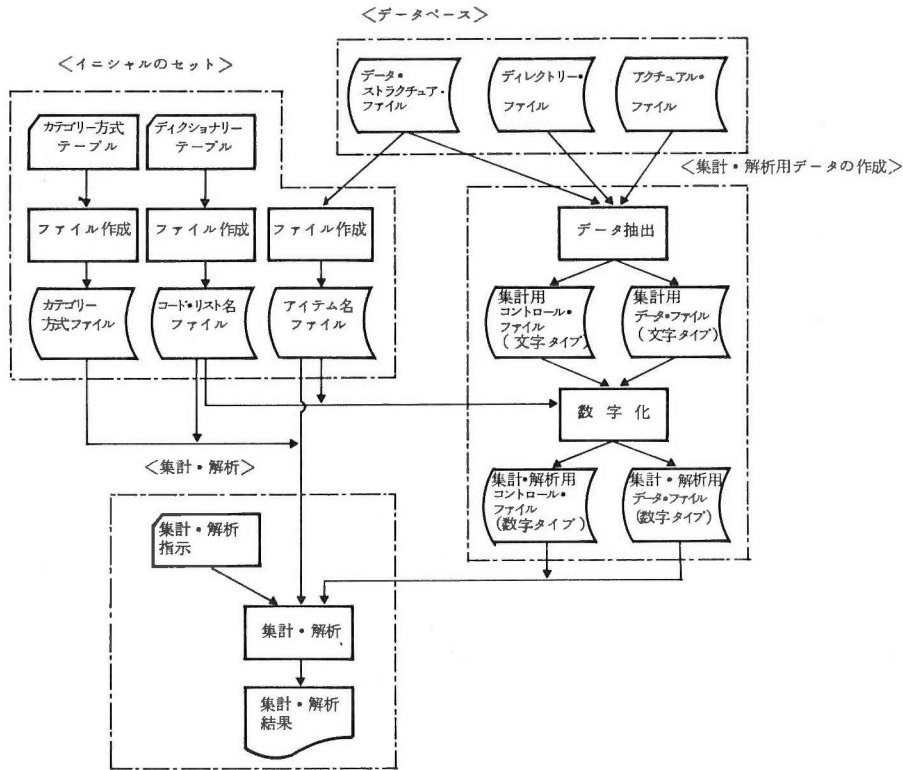
4.2.1 汎用集計

単純集計及びクロス集計は，基本的にはアンケート集計と同種の機能を有している。これら集計を行う場合には，条件を9つの項目まで付すことができ，これらの条件を論理積 (AND) と論理和 (OR) とで条件式を構成して使用する。

また，クロス集計では，2つのデータ項目間の関連係数 (クラマー係数) が自動的に計算される。

数値集計は，粗鉱等の生産量，鉱化域の規模等の実数値項目について，データ件数 (サンプル 鉱山数)，平均値，標準偏差，最大値及び最小値の計算を行い，単純集計及びクロス集計の場合と同様に条件式の設定も可能である。

汎用集計においては，条件を付さない集計のみでも，例えば，鉱山全体を通じてどのデータ項目の出現頻度が最も高いか (鉱床型式や鉱化時期，母岩のタイプや岩石種，鉱床の総生産量の規模等)，どのデータ項目間の関連度が高いか等の単純な解析が可能であって入力鉱山についての概要を把握することが可能である。条件式を付することにより，特定地域，特定鉱床型式，特定鉱化時期等々についての頻度



第7図 データ解析サブシステムのブロック・チャート

注) イニシャルのセットはシステム稼働の最初に一度行えば、変更がない限り、処理の度にする必要はない。

第7表 集計・解析機能一覧表

目 的	プログラムの機能	アウトプットの内容	備 考
汎用集計	① 単 純 集 計	単純集計表 (構成比も含む)	} 9つの項目まで条件がつけられ、AND, ORで条件式を構成
	② ク ロ ス 集 計	クロス集計表 (構成比も含む)、関連係数	
	③ 数 値 集 計	数値集計表—サンプル数、平均値、標準偏差、最大値、最小値	
汎用解析 (鉱 種)	④ 回収率の計算	採掘可能な鉱量—総生産量、鉱山数、平均値、標準偏差、最大値、最小値 回収された鉱量—同上 回収率—鉱山数、平均値、標準偏差、最大値、最小値	} 鉱種はカードで指示 鉱量=粗鉱量×品位
	⑤ 生産量比の計算	生産量—鉱山数、総生産量(1)、(2)、総生産量の比 生産量比—平均値、標準偏差、最大値、最小値	
	⑥ 品位比の計算	品 位—鉱山数、平均品位(1)、(2)、平均品位の比 品位比—平均値、標準偏差、最大値、最小値	} 鉱種の組をカードで指示 (7組まで)
	⑦ 品位の集計 生産量の集計	品位の分布、平均値、標準偏差 生産量の分布、平均値、標準偏差	
	⑧ 濃縮度の計算	鉱山番号、鉱量、鉱化域の延長と幅員、濃縮度、濃縮度の平均値と標準偏差	

注) ④~⑦にも①~③と同じように条件がつけられる。

分布等を解析することができ全体的な特徴の傾向を把握することが可能である。

4.2.2 汎用解析

汎用解析は、シミュレーション・モデルの作成との関連で個々の鉱種ごとに多方面の解析が行い得るよう解析プログラムを開発した。

回収率計算では、鉱山別及び鉱種別に粗鉱生産量中の含有金属量と精鉱中の含有金属量との比が計算される（粗鉱中の含有金属量は入力されている総粗鉱生産量と平均品位とから再計算される。精鉱中の含有金属量は実数値で入力されている）。この回収率の計算は特定鉱山あるいは地域についての経済評価に関する基礎資料の1つとなるもので、鉱床型式、構造区分、当該鉱山等の最近10年間の回収率と総生産量における比較等を検討することによって評価の精度を高めることが可能である。

生産量比及び品位比の計算は金に対する銀、銅に対する鉛又は亜鉛等の分布状況を計算するもので、特に、品位比の分布の解析によって鉱化作用の時代別、地域別、鉱床型式別等種々の鉱化作用の特徴を把握することができる。

品位及び生産量の集計は特定鉱種を指定した場合のクロス集計と同一の機能を有している。これらの解析によって地域別、鉱床型式別等に分布状況が明らかとなり、シミュレーション・モデル作成のための基礎的な資料を得ることができる。

濃縮度の計算は特定鉱種の粗鉱中含有金属量の鉱化域面積に対する比を計算するもので、地域別や鉱床型式別に鉱化作用の特徴を把握することができる。ただし、濃縮度については各鉱山ごとに大きく異っており、標準偏差も大きいのが特徴である。

4.3 集計・解析結果の例

解析サブシステムの集計・解析機能を使用することにより、我が国の鉱山の特徴をさまざまな面から解析することが可能であり、1つ1つの解析結果それぞれが極めて興味深い問題を暗示している。これら個々の解析結果については、別途報告の予定であるので、ここでは2-3の例についてのみ述べることにする。

4.3.1 単純集計

集計・解析用ファイルに抽出した全データ項目についての集計と特定の鉱床型式や鉱種を指定しての集計とを行うことができる。MINES トータルシステムに入力された金属鉱山は昭和53年度末で445鉱山であり、鉱山数や地理的分布の面からみれば全体を十分に代表していないが、生産量の面では主要な鉱山は殆んど入力されており、全鉱山について単純集計することにより、我が国の金属鉱物資源の全容を把握することができる。

第8表 鉱床の型式別単純集計

ITEM NAME :		GENERAL INFORMATION							ITEM NUMBER :		CONDITION:	
		MINERALIZATION										
		TYPE OF MINERALIZATION										
CASE (%)	1	2	3	4	5	6	8	11				
	ORTHOMAGMA	PEGMATITE	CONTACT M.	HYDROTHERM	SYNSED/DIA	VOL-EHALA	OTHERS	BLANK				
448(100.0)	2 (0.4)	3 (0.7)	28 (6.3)	239 (53.3)	141 (31.5)	23 (5.1)	1 (0.2)	11 (2.5)				

第9表 鉱床の形態別単純集計

ITEM NAME :		GENERAL INFORMATION						ITEM NUMBER :		CONDITION:	
		MINERALIZATION									
		FORM OF MINERALIZATION									
CASE (%)	1	2	3	4	5	6					
	BEDDED	MASSIVE	DISSEMINAT	LENSE	VEIN	OTHERS					
448(100.0)	147 (32.8)	44 (9.8)	13 (2.9)	15 (3.3)	228 (50.9)	1 (0.2)					

単純集計の例として第8表に鉱床の型式別単純集計，第9表に形態別単純集計を示した。我が国の鉱床の中で，型式では熱水性鉱床，堆積鉱床が，形態別では鉱脈鉱床，層状鉱床が鉱山数の上では極めて重要な位置を占めているかがよく分かる。

4.3.2 クロス集計

クロス集計についても，単に2種類のデータ項目についての集計とこれに条件をつけて行う集計とが可能である。

集計の対象となる2項目の関連性を判断する指針として，相関係数の一種であるクラマー係数を計算して表示している。

クロス集計の一例として，鉱床の型式と形態のクロス集計を第10表に示した。単純集計の例に示した2つの項目をクロス集計したものであるが，この表から，我が国の鉱床を数のうえで概観すると，熱水性鉱脈鉱床，堆積性層状鉱床（キースラーガー鉱床）が極めて重要であることが分かる。単純集計の例として示した2つの集計（第8表，第9表）と比べてみると，クロス集計では2つの項目の相互関係が極めて明瞭であり，クロス集計の特徴が良く示されている。

第10表 鉱床の型式と形態についてのクロス集計

CONDITION: CRAMER'S C = 0.687

ROW ITEM NAME : (ITEM NO. 4)	GENERAL INFORMATION MINERALIZATION TYPE OF MINERALIZATION	COLUMN ITEM NAME : GENERAL INFORMATION MINERALIZATION FORM OF MINERALIZATION (ITEM NO. 5)					
	TOTAL	1 BEDDED	2 MASSIVE	3 DISSEMINATI	4 LENSE	5 VEIN	6 OTHERS
TOTAL	448 (100.0)	147 (32.8)	44 (9.8)	13 (2.9)	15 (3.3)	228 (50.9)	1 (0.2)
1 ORTHOMAGMA	2 (100.0)	0 (0.0)	1 (50.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (50.0)
2 PEGMATITE	3 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
3 CONTACT M.	28 (100.0)	0 (0.0)	22 (78.6)	0 (0.0)	2 (7.1)	4 (14.3)	0 (0.0)
4 HYDROTHERM	239 (100.0)	1 (0.4)	9 (3.8)	9 (3.8)	2 (0.8)	218 (91.2)	0 (0.0)
5 SYNSED/DIA	141 (100.0)	137 (97.2)	3 (2.1)	0 (0.0)	1 (0.7)	0 (0.0)	0 (0.0)
6 VOL-EXHALA	23 (100.0)	8 (34.8)	5 (21.7)	0 (0.0)	10 (43.5)	0 (0.0)	0 (0.0)
8 OTHERS	1 (100.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
11 BLANK	11 (100.0)	1 (9.1)	3 (27.3)	1 (9.1)	0 (0.0)	6 (54.5)	0 (0.0)

4.3.3 数値集計

数値集計の1例として第11表に金銀脈鉱床における地質構造区別生産規模（粗鉱量）の数値集計を示した。地質構造区によって生産規模がどの程度異なるかを集計したものであるが，鉱山数が少なく有意な結果を読みとることはできない。入力鉱山の数が増えれば，賦存予測の基礎資料として重要な暗示を与える可能性がある。

第11表 金・銀脈鉱床における地質構造区別生産規模（粗鉱）の数値集計

< 75 > TOTAL PRODUCTION OF CRUDE ORE - TOTAL ORE (1000T)
GROUPING ITEM: < 11 > GENERAL INFORMATION - TECTONIC UNIT NUMBER

CASE	11 ASHIO BELT + GREEN T UFF REGION	17 SHIMANTO B FLT	18 SHIMANTO B ELT + GREF N TUFF REG IN	21 ABUKUMA BF LT + GREEN TUFF REG ON	24 NORTH KITA KAMI BELT	27 IWAIZUMI B ELT + GREE N TUFF REG ON	31 HIDAKA BEL T + GREEN TUFF REG N
COUNT	44	3	7	4	4	1	8
MEAN	932.83	58.19	1523.43	514.50	920.19	0.03	1013.45
Std	2288.60	94.27	3437.05	533.19	1588.04	-	1320.00
MAX	11500.00	167.00	9600.00	1175.00	3267.00	0.03	3200.00
MIN	0.03	0.80	175.00	44.00	0.38	0.03	1.04
							0.20

数字は上段から鉱山数，平均値（単位：1,000 t），標準偏差（同1,000 t），最大値（同1,000 t），最小値（同1,000 t）。

4.3.4 濃縮度計算

第12表に金の濃縮度計算の1例を示した。伊豆半島の代表的4金銀鉱山について金の濃縮度計算を行ったものである。この地域では、産金量は鉱化帯の広さよりも濃縮度に大きくよっていることが分かる。各鉱床について、関連事項の検討を加えることにより、この地域の探鉱に1つの指針を暗示するものであろう。

第12表 金の濃縮度計算の1例

***** CATEGORY 18 : SHIMANTO BFLT + GREEN TUFF REGION							
MINE NO	AMOUNT	UNIT	MINERALIZED LENGTH (M)	AREA - SIZE WIDTH (M)	AMOUNT/AREA	UNIT	
3025	13379.00	KG	3000.00	2000.00	2229.83	KG/KM**2	
3026	4337.00	KG	3000.00	1500.00	957.11	KG/KM**2	
3027	18418.99	KG	2500.00	1000.00	7367.59	KG/KM**2	
3028	1309.00	KG	2000.00	2000.00	327.25	KG/KM**2	
NUMBER OF MINE = 4			AVERAGE OF AMOUNT/AREA =		2720.45 (KG/KM**2)		
			S.D. OF AMOUNT/AREA =		3197.57 (KG/KM**2)		

5. シミュレーション・モデル・サブシステム

5.1 シミュレーション・モデル・サブシステムの概要

本サブシステムは、前記の2つのサブシステムに蓄積され、各種側面からの統計解析手法により解析された鉱山データに基づいて、鉱物資源予測シミュレーション・モデルを構成し、未知・未開発地域における限られた地質・鉱床情報から、その地域に賦存が期待される有用金属量を予測するシステムであり、MINES トータルシステムの目的ともいえるシステムである。

本サブシステムには、我が国を代表する4つの鉱床についてモデルが設定されており、シミュレーションは、コンピュータとの会話型式で進められる。コンピュータの質問に対して5～9の基本的な情報を入力することにより、その地域に賦存すると考えられる鉱床の型式、埋蔵粗鉱量、平均品位、賦存金属量を予測することが可能である。

以下、シミュレーション・モデルとその利用の概略について述べる。

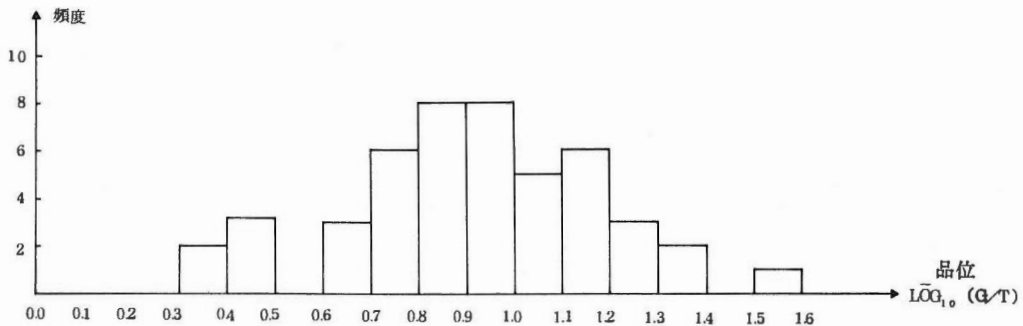
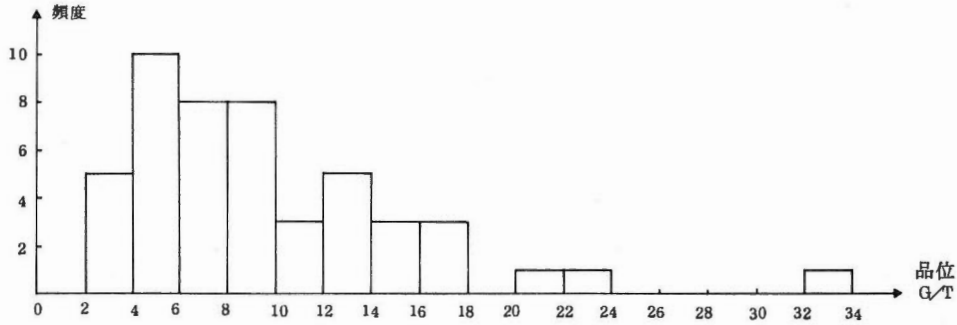
5.2 シミュレーション・モデルの設定

5.2.1 シミュレーション・モデルの基本的概念

すでに述べたようにMINES トータルシステムの目的は、限られた地質・鉱床情報から、ある地域に賦存する有用金属資源の量を予測することである。ある地域に賦存する有用金属資源の量は、その地域の地質構造、地質年代、母岩、関連火成岩など、地質学的・鉱床学的諸条件によって規定されているものであると考えられよう。したがって、ある地域においてこのような諸条件が存在するか否か、存在する諸条件が賦存する金属の量とどの程度密接な関係を有しているか、このような点が、既存の情報から評価されるならば、比較的少数の地質・鉱床情報に基づいて、その地域に賦存する有用金属の量を推定することが可能であると考えられる。

ここで予測を試みる有用金属の量は、既開発鉱床についても正確な値を得ることはできない。ここでは、既開発鉱山における有用金属総生産量、更に実際に得られる情報に置き換えると粗鉱総生産量とその平均品位の積となるが、を近似値として使用することとする。有用金属総生産量について正確な情報がない場合には、1905年から1973年までの間の生産統計に基づいて推定した値を用いて、予測を試みることにする。

また、有用金属総生産量、粗鉱総生産量、品位などについて入力された情報を解析すると、第8図に金品位についての1例を示したように、数値の分散が著しく、統計処理にあたっては、実数値での処理



第8図 金・銀脈の金の品位分布図

よりも対数値での処理が適当と考えられる。したがって、シミュレーション・モデルの設定にあたっては数値の処理は対数値で行うものとする。

5.2.2 シミュレーション・モデルと鉱床型式

我が国で従来開発されてきた諸鉱山の産状から明らかなように、鉱床はそれぞれ特徴を異にするいくつかの型式に区分される。本トータルシステムでの集計・解析結果をみても、品位の分布、粗鉱量、地質構造区分、母岩などあらゆる面において、各鉱床型式はそれぞれ異なった特徴を有している。したがって、シミュレーション・モデルを作成する場合も、各型式別にモデルを設定することとした。

本サブシステムにおいては、入力鉱山数、我が国における資源としての重要度、既知情報の蓄積の程度などを検討して、次の4つの鉱床型式についてモデルを設定することにした。

- ① 新第三紀の鉱化作用によって形成された金・銀の鉱脈鉱床
- ② 新第三紀の鉱化作用によって形成された銅・鉛・亜鉛の鉱脈鉱床
- ③ 黒鉱鉱床
- ④ キースラーガー鉱床

なお、接触交代鉱床やその他の型式の鉱床については、入力鉱山数が少ないため標準モデルの設定は行わないこととした。

5.2.3 シミュレーション・モデル

以上述べてきた概念や諸条件に基づいて、モデル、つまり、賦存が予測される金属量とさまざまな地質・鉱床学的諸条件を示す関係式を設定することとした。

この関係式の作用にあたっては、数量化Ⅰ類の手法を応用するのが有効であろう。数量化Ⅰ類の手法は、数量 Y を説明するのに、合成変数 α_i を次式のように設定し、 Y との相関係数が最大になるようにカテゴリ-数量 X_{jk} を決定する方式である。

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{k_j} \delta_i(jk) X_{jk}$$

$$\begin{cases} j = 1, 2, \dots, R \text{ (アイテム)} \\ k = 1, 2, \dots, k_j \text{ (カテゴリ)} \\ i = 1, 2, \dots, n \text{ (サンプル)} \\ \delta_i(jk) = \begin{cases} 1 \dots \dots \text{サンプル } i \text{ が } j \text{ アイテムの } k \text{ カテゴリに反応した時} \\ 0 \dots \dots \text{サンプル } i \text{ が } j \text{ アイテムの } k \text{ カテゴリに反応しない時} \end{cases} \\ X_{jk} = \text{カテゴリ-数量} \end{cases}$$

ここでは、予測すべき金属の量を、粗鉱総量と品位とにわけて予測を試みることにした。金属量、粗鉱総量、品位の関係から、

$$\log(\text{金属量}) = \log(\text{粗鉱量}) + \log(\text{品位})$$

解析の結果から、粗鉱量は鉱化域の広さにほぼ比例していると考えられる。上述の数量化Ⅰ類を適用すると、次の一般式が得られる。

$$\begin{cases} \log(\text{粗鉱量}) = \alpha_i + \log(\text{鉱化域の長さ} \times \text{幅}) \\ \log(\text{品位}) = \beta_i \end{cases}$$

(α_i, β_i は対数スケールでの数量化Ⅰ類の合成変数である)

この一般式を組合せて各鉱床型式別のモデルとした。例えば、黒鉱鉱床では、黒鉱鉱床の粗鉱量を予測する関係式、金、銀、銅、鉛、亜鉛の品位をそれぞれ予測する関係式、合わせて、6つの関係式によってモデルが構成されることとなる。同様に新第三紀の金・銀脈鉱床は粗鉱量、金及び銀の品位を予測する3つの式、新第三紀の銅・鉛・亜鉛脈鉱床は、粗鉱量、金・銀・銅・鉛・亜鉛の品位を予測する6つの式、キースラーガー鉱床は粗鉱量、銅・硫化鉄の品位を予測する3つの式によって、それぞれモデルが構成されることとなる。

5.2.4 予測アイテムの選定

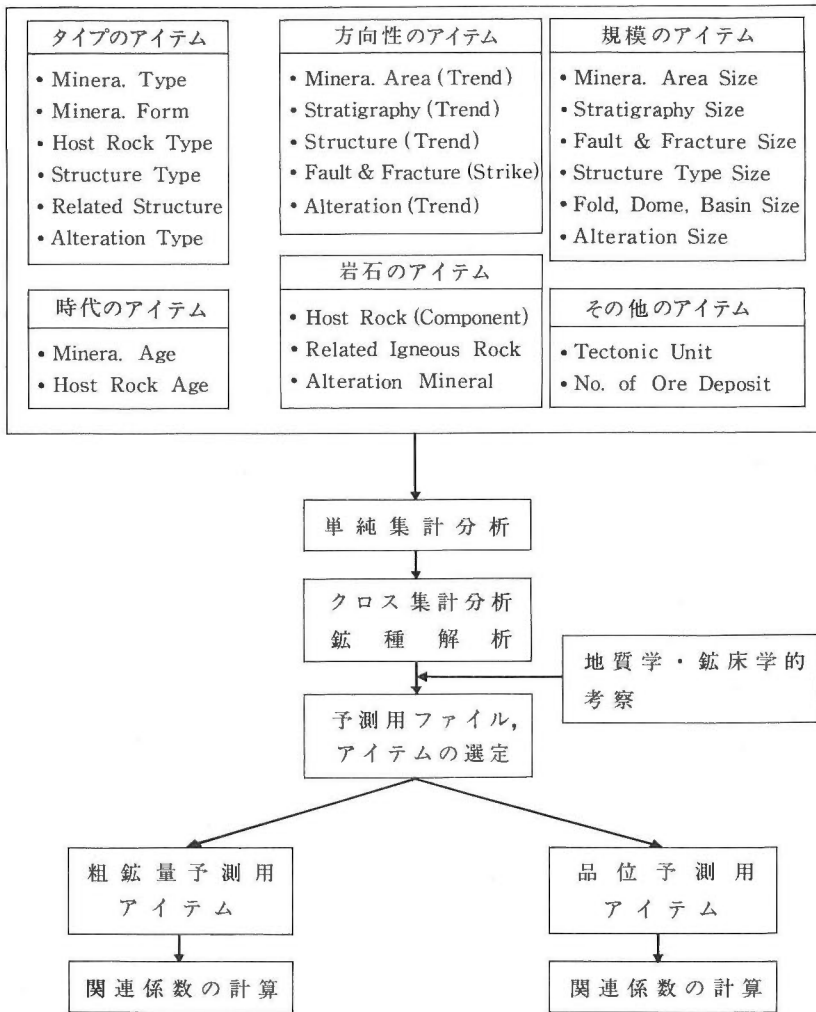
次に各鉱床型式についての各予測式においてどの情報項目(アイテム)を使って予測式の合成変数を計算するかが問題となる。

これを選定するために第9図に示したようなプロセスをとった。まず、地質・鉱床学的にみて予測される粗鉱量、品位と密接な関係を有する項目であり、未知・未開発地域でも比較的容易に得られる情報、鉱床型式、形成年代、方向性、関連岩石種、鉱化帯の規模など24項目を選んだ。

この24項目、各鉱床型式ごと、それぞれについて、単純集計、クロス集計など、種々の方法で分析を行い、粗鉱量や品位と項目の関連係数(第13表、第14表)、各項目の粗鉱量・品位の決定に果たす役割の重要さを示すアイテム・レンジなどを計算し、これに再度地質・鉱床学的検討を加え、第15表に示すとおりの項目を決定した。この項目は、シミュレーションの際の入力項目ともなる(後述)。

5.2.5 鉱床型式判別機能

以上述べたように各タイプ別に、粗鉱量、各品位についての推定式を作成したが、シミュレーションにあたっては、ある地域で得られた少ない情報にどの式を適用するかが問題となる。これを選択するために、時代・鉱床型式を判別するシステムが必要となる。このシステムのフロー・チャートを第10図に示した。できるだけ少ないデータから判別できるように考慮したが、脈脈鉱床の細分はできなかった。このため脈脈鉱床については、金・銀のうち1つあるいは2つを予測する場合は金・銀脈脈鉱床についてのモデルを、他の場合は銅・鉛・亜鉛脈脈鉱床についてのモデルを使用することとした。



第9図 予測用アイテムの選定プロセス

第13表 粗鉱生産量と予測用アイテムの関連係数

予測用アイテム	鉱床型式			
	黒 鉄	銅・鉛・亜鉛脈	金・銀脈	キ ー ス ラ ー ガ ー
Tectonic Unit	0.457	0.371	0.515	0.296
Host Rock Type	0.415	0.350	0.494	0.361
Host Rock (Component)	0.308	0.308	0.361	0.224
Related Igneous Rock	0.414	0.368	0.339	—注)
Minera. Area (Trend)	0.367	0.382	0.414	0.350
Minera. Age	—	—	—	0.380
Host Rock Age	—	0.430	0.494	0.403
Minera. Area Length	0.406	0.352	0.440	0.475
Minera. Area Width	0.440	0.397	0.508	0.440

注) 横線のところは、地質学的ないしデータの無意味なために計算をしていない。

第14表 品位と予測用アイテムの関連係数

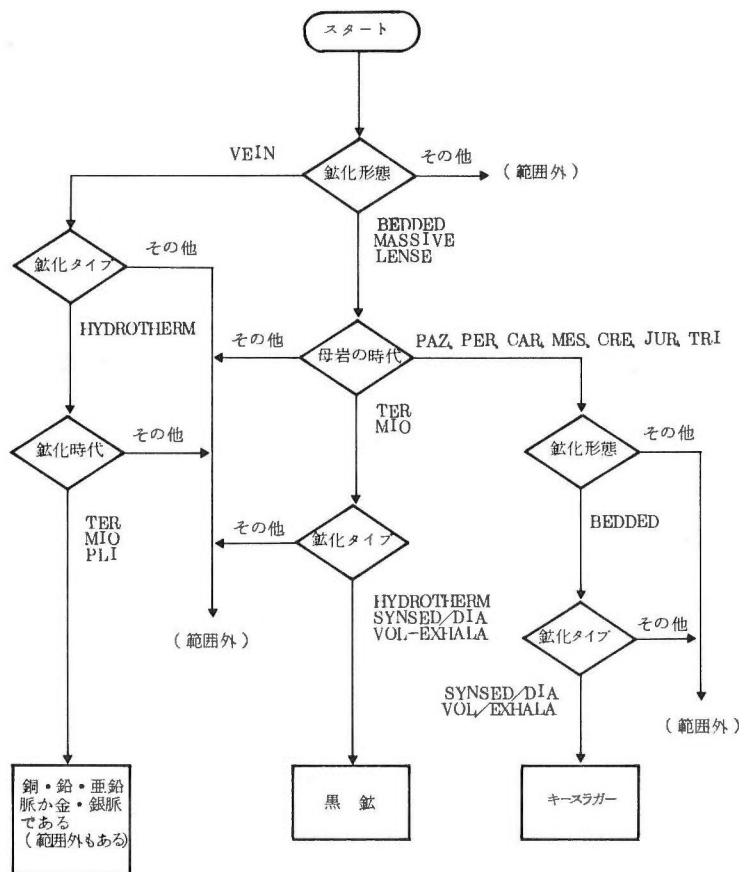
予測用アイテム	黒				鈦				銅・鉛・亜鉛脈				金・銀脈		キースラーガー	
	AU	AG	CU	PB	ZN	AU	AG	CU	PB	ZN	AU	AG	CU	YR	CU	PYR
Tectonic Unit	0.547	0.657	0.545	0.812	0.579	0.350	0.530	0.444	0.460	0.424	0.431	0.410	0.250	0.273	0.250	0.273
Minera. Type	0.608	0.319	0.475	0.849	0.447	0.191	0.441	0.389	0.539	0.356	0.257	0.411	0.379	0.209	0.379	0.209
Minera. Form	0.525	0.460	0.508	0.849	0.504	0.297	0.175	0.573	0.335	0.176	0.377	0.327	0.253	0.405	0.253	0.405
Host Rock Type	0.488	0.632	0.641	0.494	0.630	0.357	0.441	0.309	0.428	0.386	0.226	0.424	0.261	0.188	0.261	0.188
Structure Type	0.445	0.485	0.376	0.688	0.470	0.295	0.372	0.199	0.344	0.308	0.210	0.326	0.242	0.289	0.242	0.289
Alteration Type	0.322	0.330	0.311	0.485	0.449	0.245	0.311	0.239	0.283	0.280	0.245	0.290	0.196	0.256	0.196	0.256
Host Rock (Component)	0.402	0.354	0.341	0.515	0.367	0.348	0.408	0.294	0.443	0.429	0.337	0.374	0.213	0.195	0.213	0.195
Related Igneous Rock	0.566	0.444	0.317	0.580	0.416	0.410	0.512	0.357	0.502	0.493	0.334	0.335	0.224	0.284	0.224	0.284
Minera. Area (Trend)	0.482	0.466	0.559	0.698	0.551	0.331	0.311	0.279	0.475	0.486	0.285	0.377	0.225	0.303	0.225	0.303
Stratigraphy (Trend)	0.538	0.455	0.441	0.754	0.506	0.290	0.233	0.263	0.479	0.387	0.244	0.355	0.190	0.214	0.190	0.214
Fault & Fracture (Strike)	0.452	0.325	0.447	0.656	0.510	0.315	0.279	0.290	0.422	0.346	0.447	0.444	0.301	0.320	0.301	0.320
Alteration (Trend)	0.418	0.533	0.423	0.628	0.637	0.342	0.422	0.327	0.449	0.280	0.287	0.327	0.152	0.205	0.152	0.205
Minera. Age	—	—	—	—	—	0.155	0.368	0.307	0.417	0.328	0.333	0.412	0.253	0.347	0.253	0.347
Host Rock Age	—	—	—	—	—	0.214	0.341	0.319	0.429	0.302	0.480	0.384	0.260	0.339	0.260	0.339

注) 黒鈦における時代のアイテムはすべて MIOCENE のなで計算から除外している。

第15表 粗鉄量、鉄種別品位の推定に使用したアイテムのアイテム・レンジ順位

鉄床型式 粗鉄・鉄種 アイテム	黒						銅・鉛・亜鉛脈						金・銀脈						キーストラーガー			
	粗鉄	品			位			粗鉄	品			位			粗鉄	品			位			
		AU	AG	CU	PB	ZN	AU		AG	CU	PB	ZN	AU	AG		CU	PB	ZN	AU	AG	CU	PYR
		22	29	31	14	19	63		76	86	119	67	72	33		71	51	54	96	92		
0.887	0.929	0.910	0.782	0.982	0.906	0.758	0.861	0.907	0.655	0.873	0.905	0.829	0.906	0.905	0.644	0.712						
1. Tectonic Unit	-	-	-	-	-	-	1	3	1	1	3	1	3	2	1	3	4					
2. Structure Type	-	-	-	-	-	-	-	4	2	4	7	3	-	6	3	5	6					
3. Type of Host Rock	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	5	2	-	-	-					
(Host Rock-Rock Component)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
4. Tuff, Tuffbreccia, etc.	-	5	6	6	7	5	4	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-					
5. Andesite, Propylite, etc.	9	8	4	4	1	4	7	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-					
6. Basalt, etc.	5	4	5	5	4	3	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
7. Rhyolite, Dacite, etc.	2	3	2	3	5	1	11	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-					
8. Sandstone, Conglomerate, etc.	6	6	4	8	3	6	6	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-					
9. Mudstone, Shale, etc.	7	7	7	7	6	7	9	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-					
10. Welded Tuff, Quartz, etc.	8	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-					
11. Chert	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
12. Conglomerate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	10	8				
13. Limestone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	11	12			
14. Sandstone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	6	9			
15. Shale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	9	5			
16. Schist (Black, Green, etc)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	7	10			
17. Slate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	12	7			
18. Diabase, Serpentinite, etc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-			
(Related Igneous Rock)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
19. Andesite, Propylite, etc.	-	-	-	-	-	-	-	8	8	9	8	4	-	-	-	-	-	-	-			
20. Basalt, etc.	-	-	-	-	-	-	-	6	7	6	1	9	-	-	-	-	-	-	-			
21. Rhyolite, Dacite, etc.	-	-	-	-	-	-	-	9	6	10	10	5	-	-	-	-	-	-	-			
22. Granite, Diorite, etc.	-	-	-	-	-	-	-	7	3	7	5	6	-	-	-	-	-	-	-			
23. Others	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	10	-	-	-	-	-	-	-			
24. Mineralized Area (Trend)	4	1	1	1	-	2	5	1	4	3	2	2	7	2	6	5	-	-	-			
25. Fault & Fracture (Strike)	-	2	3	2	2	-	-	5	9	8	6	8	-	1	4	-	4	1	1			
26. Horizontal Alteration (Trend)	-	-	-	-	-	-	-	2	5	2	9	7	-	4	1	-	2	3	3			
27. Mineralization Age	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2			
28. Host Rock Age	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	9	-	-	3	-	-	-			

注) Host Rock の11-18はキーストラーガー専用の分類である。また、-は未使用のアイテムを示す。



第10図 鉱床型式の判定方式

注) 銅・鉛・亜鉛脈, 金・銀脈が範囲外かは MINES システムでは判定できない。

5.3 シミュレーション・モデル (予測式) の検証

設定されたモデル・予測式に基づいてシミュレーションを実施するが、そのまゝにこれら予測式の妥当性を検証する必要がある。

検証には、この予測式を作成する基礎データとなった以外の多数のデータを使って検証する必要がある。しかし、本トータルシステムにおいては、データ・バンク機能の強化のため、我が国の各鉱山についてのデータのほとんどを入力しているために検証に使えるデータは極めて少ない。そこで、ここでは次善の策として、予測式作成のさい基礎データとして使用された各鉱山についてのデータを使用して、予測式で予測値を計算し、それを実績値と比較して検証することにした。

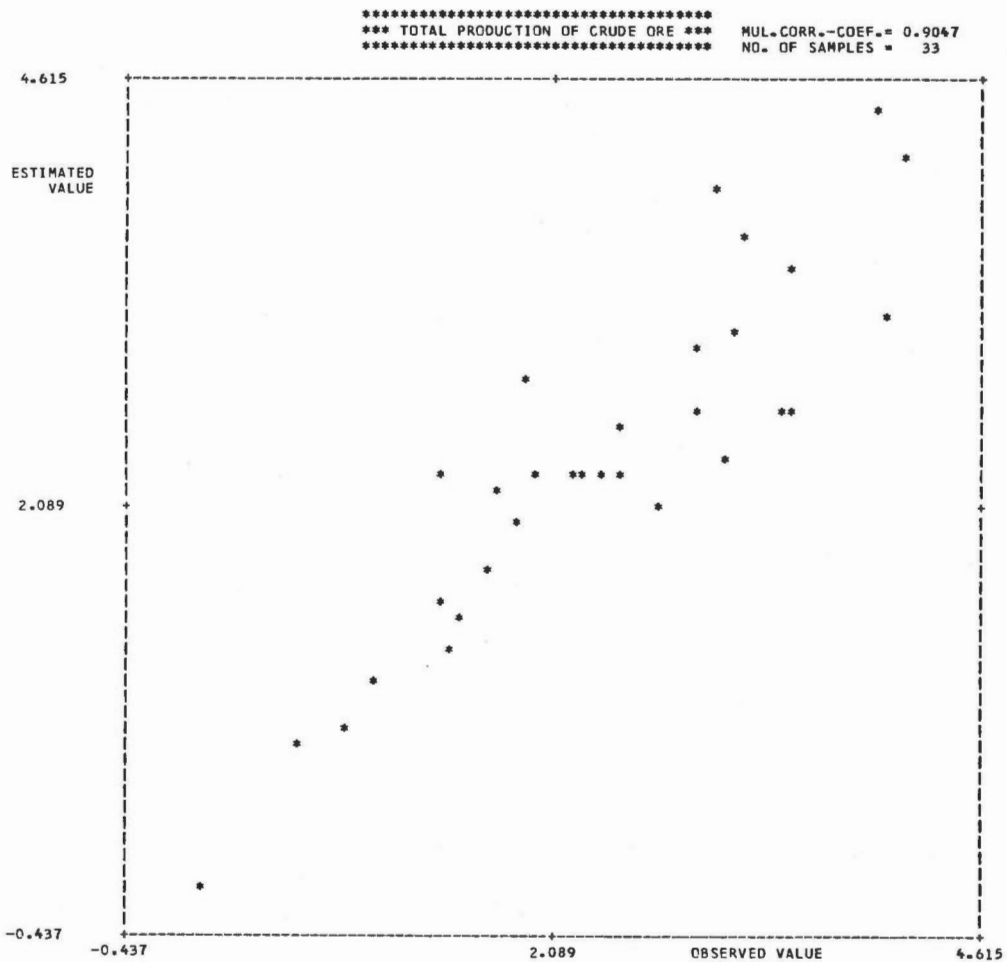
この方法によって算出された予測値と生産実績、実績品位、生産金属量とを、各鉱床型式について数例ずつ示した(第16表)。これを見ると、予測値と実績はかなり良い一致をみせており、予測式の妥当性を示している。予測値と実績値の関係をよりよく把握するために、これを相関図として示すとともに、重相関係数を計算した。相関図の一例を第11図に示し、重相関係数を第17表に示した。これらの図表から明らかなように、重相関係数は、サンプル数が少ないという問題点があるものの、0.647-0.980と非常に高く、これらの予測式は対数スケールにおいては、十分予測に使用することができるものと考えられる。

第16-1表 シミュレーション・モデルによる予測値と生産実績値 (金・銀脈のサンプル)

CRUDE ORE (KT)	AUG(G/T)	AG(G/T)	CU(T)	PB(%)	ZN(%)	PYR(%)	AU(KG)	AG(KG)	CU(T)	PB(T)	ZN(T)	PYR(T)
(66 : SAROMA)												
LOG VALUE												
OBSERVED	1-504	0-698	1-374				2-203	2-879				
ESTIMATED	1-437	0-603	1-065				2-040	2-503				
PRODUCTION												
OBSERVED	32	5	24				160	758				
ESTIMATED	27	4	12				110	319				
(67 : SANRU)												
LOG VALUE												
OBSERVED	2-953	0-867	1-624				3-821	4-578				
ESTIMATED	2-989	1-053	1-657				4-042	4-646				
PRODUCTION												
OBSERVED	899	7	42				6637	37868				
ESTIMATED	975	11	45				11033	44271				
(73 : HOKURYU)												
LOG VALUE												
OBSERVED	2-476	0-869	1-510				3-346	3-987				
ESTIMATED	2-291	0-580	1-621				2-872	3-913				
PRODUCTION												
OBSERVED	300	7	32				2219	9717				
ESTIMATED	196	4	42				745	8196				
(74 : NUMANQUE)												
LOG VALUE												
OBSERVED	1-856	1-198	3-052				3-055	4-909				
ESTIMATED	2-017	1-185	2-353				3-203	4-371				
PRODUCTION												
OBSERVED	72	16	1128				1137	81154				
ESTIMATED	104	15	226				1596	23518				
(75 : OTOMA)												
LOG VALUE												
OBSERVED	0-556	0-815	1-842				1-372	2-399				
ESTIMATED	0-678	0-826	1-711				1-505	2-390				
PRODUCTION												
OBSERVED	4	7	70				24	251				
ESTIMATED	5	7	51				32	246				
(77 : YAHAGI)												
LOG VALUE												
OBSERVED	1-008	0-751	2-459				1-760	3-468				
ESTIMATED	1-054	0-795	2-211				1-850	3-266				
PRODUCTION												
OBSERVED	10	6	288				58	2940				
ESTIMATED	11	6	163				71	1847				

第16-2表 シミュレーション・モデルによる予測値と生産実績値 (銅・鉛・亜鉛派のサンプル)

CRUDE ORE (KT)	AU(G/T)		CU(%)		PB(%)		ZNI(%)		PYR(%)		AU(KG)		AG(KG)		CU(T)		PB(T)		ZN(T)		PYR(T)		
	LOG VALUE	ESTIMATED	LOG VALUE	ESTIMATED	LOG VALUE	ESTIMATED	LOG VALUE	ESTIMATED	LOG VALUE	ESTIMATED	LOG VALUE	ESTIMATED	LOG VALUE	ESTIMATED	LOG VALUE	ESTIMATED	LOG VALUE	ESTIMATED	LOG VALUE	ESTIMATED	LOG VALUE	ESTIMATED	
(6011 : KAMANDSAWA)																							
LOG VALUE	1.739		0.230	0.632	0.905		2.970	3.372	3.645														
OBSERVED	2.023		0.066	0.435	0.778		3.090	3.459	3.801														
ESTIMATED																							
PRODUCTION	55		2	4	8		934	2357	4423														
OBSERVED	106		1	3	6		1231	2879	6336														
ESTIMATED																							
(6012 : KIDOGASAWA)																							
LOG VALUE	3.274		0.688	0.148	-0.319		3.963	4.423	3.955														
OBSERVED	2.386		1.092	-0.206	0.343		3.479	3.180	3.730														
ESTIMATED																							
PRODUCTION	1884		5	1	0		9190	26540	9023														
OBSERVED	244		12	1	2		3015	1514	5378														
ESTIMATED																							
(6013 : TAKAYAMA)																							
LOG VALUE	1.612		0.942	1.706			2.555	3.319															
OBSERVED	1.605		0.323	1.456			1.929	3.061															
ESTIMATED																							
PRODUCTION	41		9	51			360	2086															
OBSERVED	40		2	29			85	1152															
ESTIMATED																							
(6015 : ASHIO)																							
LOG VALUE	4.139		-1.102	1.117	0.526		3.037	5.257	5.676														
OBSERVED	4.293		-1.060	1.103	0.478		3.232	5.396	5.812														
ESTIMATED																							
PRODUCTION	13804		0	13	3		1091	180817	463669														
OBSERVED	19644		0	13	3		1709	249208	591646														
ESTIMATED																							
(6026 : KISHU)																							
LOG VALUE	3.871		-0.524	1.380	0.078		3.347	5.252	4.950														
OBSERVED	3.400		-0.524	1.380	0.422		2.875	4.780	4.822														
ESTIMATED																							
PRODUCTION	7647		0	24	1		2237	178734	89293														
OBSERVED	2513		0	24	3		752	60324	68438														
ESTIMATED																							
(6027 : OGOYA(TOANT))																							
LOG VALUE	1.843		0.462	-1.004	-0.701		3.306	1.839	2.142														
OBSERVED	2.035		0.490	-0.943	-0.551		3.525	2.092	2.483														
ESTIMATED																							
PRODUCTION	70		3	0	0		2024	69	139														
OBSERVED	108		3	0	0		3354	124	304														
ESTIMATED																							



第11図 相関図の例（金・銀脈の粗鉱のケース）

5.4 シミュレーションの実施

シミュレーションの実施については、第12図に実施例を示したのでこれに沿って記述する。

シミュレーションは、鉱床型式の判別、賦存が予測される金属量の計算、シミュレーションの結果の表示という順序で進められる。

鉱床型式の判別の部分では、コンピュータの質問に応じて、型式が未知か既知かをを入力する。既知の場合、鉱床型式名を入力し、金属量の計算へ進む。未知の場合は、鉱化作用の形式、形態、年代、母岩の年代を入力すると、シミュレーションに組みこまれた鉱床型式判別機能によって判別がなされ、結果が表示されるので、これを入力することにより金属量の計算へ進む。

金属量の計算では、まず予測する鉱種を入力する。これにより、予測にどのモデルを使用するかが決定され、そのモデルのシミュレーションに必要なデータが質問されてくる。各モデルのシミュレーションに必要な入力情報は第18表のとおりである。質問に応じて情報を入力し、それが終了するとコンピュータは計算に入る。

約10—20秒で計算は終了し、入力情報を確認のため再表示し、つづいて計算結果を表示する。計算は

対数スケールで行われているので、結果も対数で表示されるべきものであるが、使用上の便を考え、実数値に直し、粗鉱量は kt、品位は g/t あるいは%、金属量は kg あるいは t 単位で表示することとした。結果の表示により、シミュレーションが終了する。

第17表 重相関係数一覧表（推定値と実績値の相関）

粗鉱・鉱種		型式	黒 鉱	銅・鉛・亜鉛脈	金・銀 脈	キースラーガー
粗	鉱	量	0.887 (22)	0.758 (63)	0.905 (33)	0.905 (54)
A U	品 位		0.883 (17)	0.884 (31)	0.817 (33)	—
	金 属 量		0.846	0.647	0.911	
A G	品 位		0.881 (17)	0.904 (35)	0.914 (27)	—
	金 属 量		0.881	0.770	0.912	
C U	品 位		0.756 (19)	0.658 (53)	—	0.677 (51)
	金 属 量		0.854	0.698		0.890
P B	品 位		0.980 (10)	0.980 (28)	—	—
	金 属 量		0.919	0.827		
Z N	品 位		0.848 (13)	0.875 (29)	—	—
	金 属 量		0.956	0.827		
P Y R	品 位		—	—	—	0.770 (48)
	金 属 量					0.889

注 1) 重相関係数は推定式で採用した対数スケールでのものである。

2) カッコ内は該当の鉱山数（サンプル数）を示す。

第18表 シミュレーションでの入力項目一覧表

入力アイテム	鉱 床 型 式	黒 鉱	銅・鉛 亜鉛脈	金・銀脈	キース ラーガー
1. Tectonic Unit		○	○	○	○
2. Structure Type			○	○	○
3. Type of Host Rock		○	○	○	○
4. 7つの Host Rock (Rock Component)		○	○	○	○
5. 3つの Related Igneous Rock			○		
6. Mineralized Area (Trend)		○	○	○	○
7. Fault & Fracture (Strike)		○	○	○	○
8. Horizontal Altration (Trend)			○	○	○
9. Mineralization Age					○
10. Host Rock Age			○	○	○

注) ○印が入力すべきことを示す。

```

***** M I N E S SIMULATION MODEL *****
DO YOU HAVE REQUESTED DEPOSIT TYPE ? PLEASE ENTER 'YES' OR 'NO'
:
'NO'
MINERALIZATION TYPE ? (C4)
:
'6'
MINERALIZATION FORM ? (C5)
:
'4'
MINERALIZED AGE ? (L3)
:
'MIO'
HOST ROCK AGE ? (L3)
:
'MIO'
** DEPOSIT TYPE IS BLACK ORE DEPOSIT
PLEASE ENTER DEPOSIT TYPE ? 'BLACK','CU-PB-ZN','AU-AG' OR 'KIESLA'
:
'BLACK'
DESIGNATED COMMODITY ? 'AU','AG','CU','PB','ZN'
:
'AU' 'AG' 'CU' 'PB' 'ZN'
TECTONIC UNIT NO ? (L2)
:
'122'
HOST ROCK TYPE ? (C6)
:
'4'
SEVEN HOST ROCK (ROCK COMPONENTS) ? (L6)
:
'DAC' 'TUF' 'TBR' 'MST' 'VBR' ' ' ' '
MINERALIZED AREA (LENGTH) ? (KM)
:
'3.5'
MINERALIZED AREA (WIDTH) ? (KM)
:
'0.85'
MINERALIZED AREA (TREND) ?
:
'70'
FAULT & FRACTURE (STRIKE) ?
:
'140'

=== M I N E S SIMULATION MODEL ===
** BLACK ORE DEPOSIT **
(TYPE=VOL-EXHALA,FORM=LENSE,H.AGE=MIOCENE)

<INPUT ITEM>
TECTONIC UNIT NO ..... 122 NORTH KITAKAMI BELT + GREEN TUFF REGION
HOST ROCK TYPE ..... 4 SD/MT & VL
HOST ROCK (COMPONENTS) ..... DAC TUF TBR MST VBR
MINERA. AREA (LENGTH,WIDTH)... 3.5 0.85
MINERA. AREA (TREND) ..... 70
FAULT & FRACTURE (STRIKE) ... 140
<ESTIMATED>
CRUDE ORE = 13350 KT.
GRADE      AU          AC          CU          PB          ZN
           1.2 G/T    76.7 G/T    2.1 %       1.6 %       4.0 %
CONCENTRATE 15823 KG  1024536 KG  283431 T   212759 T   533676 T
    
```

鉱床型式の判別の部分

鉱種別金属量計算のための
入力部分

シミュレーション結果の表示

第12図 シミュレーションの実施例

6. あとがき

昭和51年度から昭和53年度にかけて、工業技術院特別研究の1つとして、地質調査所で開発した鉱物資源予測手法 (Mineral Resources Inventory and Evaluation System, MINES トータルシステム) の概要について報告した。このシステムは、鉱物資源目録サブシステム、データ解析サブシステム、シミュレーション・モデル・サブシステムからなる。鉱物資源目録サブシステムは、本トータルシステムの基礎システムであり、昭和53年度末現在445鉱山のデータを保持するデータ・バンクであり、様々な検索に利用できるほか、サマリー・レポートの作成もできる。データ解析サブシステムは、鉱物資源目録サブシステムのデータから集計・解析用ファイルを作成し、これを使って、さまざまな面から集計・解析をする機能を有しており、我が国の鉱床についてさまざまな興味深い集計や解析結果を提供するとともに、これらの結果をシミュレーション・モデルに基礎データとして提供している。シミュレーション・モデル・サブシステムは、前2つのサブシステムから供給されるデータを基礎に、数量化I類の手法を応用して、粗鉱量、品位を少数のデータから予測する予測式を作成、これらを組合せて、鉱床型式別に4つのシミュレーション・モデルを作成しており、未知・未開発地域の5-9の基本的情報からシミュレーションを行い、その地域に賦存が予測される有用金属の量を予測することができる。

本トータルシステムの完成により、一応のシミュレーションが可能となった。しかし、本報告では本トータルシステムの概略の説明のみを行ったが、データ構造、入力システム、予測式の精度など、極めて多数の問題点が残されており、実用に供するに十分とはいえない。主要な問題点は次のようなものである。

① 入力鉱山数が少ないこと。3年間で445の鉱山についてデータの入力がなされたが、各シミュレーション・モデルの基礎データとして使用できるデータは、型式別モデルの採用のため少数となった。入力鉱山数の増加が必要であるが、データバンク機能強化のため各鉱山についての入力項目数を大きくしてあるため、入力は必ずしも容易ではない。データバンクとシミュレーションという2つの機能の本トータルシステム内における位置づけに基本的問題をなげかけている。

② データの地域的かたよりの問題。入力された鉱山に地域的なかたよりがあり、追加入力によって補正することが必要であろう。更に開発された鉱山の分布の乏しい地域についてはどう処理するのか問題がある。

③ 予測式の作成にあたっては、粗鉱量も鉱種別品位も対数スケールを使って開発したが検討の余地がある。品位はデータの特性から対数スケールが適当であるが、粗鉱量については実数値を使い精度を高める努力が必要であろう。

④ 予測式では、品位は鉱種ごとに独立して作成したが、複数の鉱種の組合わせによる品位比の算出とその広域的变化を明らかにし、これを予測式に組み込むことも精度向上のために重要と考えられる。

⑤ シミュレーションでは、数式の組合わせによってモデルを作成したが、地質学的・鉱床学的条件を考慮すれば、地域を限定して、図形処理能力をつけ加えて、三次元的なモデルによって解析していく必要が生じてこよう。

以上のような諸問題について、これらの点を改良すべく検討を進めるため、本トータルシステムは現在稼働を中止している。これらの改良が終了した後、機をあらためて、本トータルシステムの詳細とその利用について報告することとする。

文 献

- BERNER, H., EKSTROM, T., LILLJEQUIST, R., STEPHANSON, O. and WIKSTROM, A. (1975) GEOMAP. *Geological Survey paper*, no. 74-63, p. 8-18, Geological Survey of Canada.
- BOWEN, R. W. and BOTBOL, J. M. (1975) The Geologic Retrieval and Synopsis Program (GRASP). *U.S. Geological Survey Prof. paper*, no. 966, 87p.
- BRISBIN, W. C. and EDIGER, N. M. ed. (1967) A National System for Storage and Retrieval of Geological Data in Canada; National Advisory Committee on Research in the Geological Sciences. Geological Survey of Canada, 175p.
- CALKINS, J. A. and KEEFER, E. K. (1973) CRIB—The Mineral Resources Data Bank of U.S. Geological Survey. *U.S. Geological Survey Circ.*, no. 681, 39p.
- CARGILL, S. M., OLSON, A. C., MEDLIN, A. L. and CARTER, M. D. (1976) RACER—Data Entry, Retrieval and Update for the National Coal Resources Data System (Phase I). *U.S. Geological Survey Prof. paper*, no. 978, 107p.
- 地質調査所編(1955) 日本鉱産誌, BI-a. 東京地学協会, 253 p.
- 編(1956) 日本鉱産誌, BI-b. 東京地学協会, 261 p.
- (1979) MINES データ・シート記入要領. 地質調査所, 100 p.
- 日本鉱業会編(1965) 日本の鉱床総覧(上). 日本鉱業会, 581 p.
- 編(1968) 日本の鉱床総覧(下). 日本鉱業会, 941 p.
- 野村総合研究所(1979) MINES 運用マニュアル. 野村総合研究所.

Mineral Resources Inventory and Evaluation System (MINES)

by

Keiichi YAMADA, Sadahisa SUDO, Takeo SATO,
Noriyuki FUJII, Toshiaki SAWA, Hitoshi HATTORI,
Hiroyuki SATOH and Tadayuki AIKAWA

Abstract

MINES TOTAL SYSTEM was made during 1976–1978 in attempt to evaluate potentials of mineral resources in Japan—size and quality, and consists of three subsystems given below.

- 1) Mineral Resources Inventory Subsystem
- 2) Data Analysis Subsystem
- 3) Simulation Model Subsystem

1) Mineral Resources Inventory Subsystem

This subsystem is based on data base describing each mine, and can be called data bank in the strict sense. Geological and mineral deposits data for description of each mine are classified into following 8 categories, and overall data form a tree structure.

- A. General Information
- B. Location
- C. Geology: C-1 Geologic setting
C-2 Rock & Formation
- D. Mineralization: D-1 General Information
D-2 Host rock
D-3 Ore deposit
- E. Production: E-1 Total production of crude ore
E-2 Total production of metal or concentrate
E-3 The last 10 year's production, crude ore
E-4 The last 10 year's production, metal
- F. History: F-1 Exploration
F-2 Mining, production
F-3 Mining, method
F-4 Ore dressing
- G. Bibliography
- X. Ore reserves

This subsystem can offer summary report for each mine, and output retrieval of selected items by use of one key word or more.

2) Data Analysis Subsystem

This subsystem is for accumulation and analysis of mine data, and consists of following 11

files, each of which can be made with coded and numerated informations extracted from data sheet of each mine stored in Mineral Resources Inventory Subsystem. The first three files, they are, Mine file, Host Rock file and Ore Deposit file, are mainly for macroscopic analysis. The remaining eight files are for further detailed analysis of ore deposit in a microscopic aspect, and are composed of four Mine files and four Host Rock files according to classified type of ore deposit—Au-Ag vein, Cu-Pb-Zn vein, Kuroko type and Kieslager type.

As an accumulation function, this subsystem possesses three functions, they are, simple compilation, cross correlation compilation and numerical compilation. For these jobs, this subsystem is controlled by up to 9 conditions which can be formulated using algorismic multiplication (AND) and algorismic addition (OR).

As an analysis function, this subsystem has five programs, that is, recovery rate of metals, production rate, comparative ratio of metal grade in individual ore body, size frequency distribution of grade and production rate, and cocentration degree of metal. These output data can be shown in forms of average, standerd deviation, maximum, minimum, etc., and analysed according to different categories such as Mine, Location, Type of Ore Deposit. Based on these analytical result, standardized model for each of classified type of ore deposit can also be set up. For this subsystem, packaged programs of multi-variate analysis such as BMD, BMDP, COMPA (component analysis), and AID are to be used.

3) Simulation Model Subsystem

This subsystem contains a discrimination function of type of ore deposit and an assessment function of amount of commodity and grade. Concerned to type of ore deposit, Kuroko type, Kieslager type, Vein type and other types can be discriminated by respective information on type, structure and age of mineralization, age of host rocks, etc. Concerned to amount of commodity and grade for each type of ore deposit, assessment can be carried out using a formula which is set by a component analysis method. Some selected items such as Tectonic Unit, Geologic Structure concerned, Type of Host Rock, Characteristics of Host Rock, Distribution of Mineralized Area, Strike of Fault and Fracture, Trend of Alteration Zone, and Geologic Age of Host Rock are input data for assessment.

Estimated values based on the assessment function are in agreement with observed production values. Multi-correlation coefficients between estimated values and observed production values are so high that the assessment function is valuable for evaluating the amount of commodity and the grade of ore from a mine which has few data.

(受付：昭和54年7月11日；受理：昭和55年1月9日)

地質調査所報告は1報文について報告1冊を原則とし、その分類の便宜のために、次のようにアルファベットによる略号をつける。

- A. 地質およびその基礎科学に関するもの
 - a. 地質
 - b. 岩石・鉱物
 - c. 古生物
 - d. 火山・温泉
 - e. 地球物理
 - f. 地球化学
- B. 応用地質に関するもの
 - a. 鉱床
 - b. 石炭
 - c. 石油・天然ガス
 - d. 地下水
 - e. 農林地質・土木地質
 - f. 物理探鉱・化学探鉱および試錐
- C. その他
- D. 事業報告

As a general rule, each issue of the Report, Geological Survey of Japan will have one number, and for convenience's sake, the following classification according to the field of interest will be indicated on each Report.

- A. Geological & allied sciences
 - a. Geology
 - b. Petrology and Mineralogy
 - c. Paleontology
 - d. Volcanology and Hot spring
 - e. Geophysics
 - f. Geochemistry
- B. Applied geology
 - a. Ore deposits
 - b. Coal
 - c. Petroleum and Natural gas
 - d. Underground water
 - e. Agricultural geology and Engineering geology
 - f. Physical prospecting, Chemical prospecting & Boring
- C. Miscellaneous
- D. Annual Report of Progress

地 質 調 査 所 報 告

第 255 号

SUZUKI, T.: Heavy mineral composition of the recent marine sediments in three different environment, 1975

第 256 号

広川 治: 北部九州の地質構造—長崎三角地域にまつわる問題—, 1976

第 257 号

比留川 貴・安藤直行・角 清愛編: 日本の主要地熱地域の熱水の化学組成, 1977

第 258 号

The Carboniferous Lexicon of Japan, 1978

第 259 号

角 清愛・五十嵐昭明・高島 勲・金原啓司・西村 進編: 日本の地熱地域の熱水変質帯の地質学的研究, その 1, 1978

REPORT, GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

No. 255

SUZUKI, T.: Heavy mineral composition of the recent marine sediments in three different environment, 1975 (in English)

No. 256

HIROKAWA, O.: Geotectonics of Northern Kyushu—Problems concerning the “Nagasaki Dreiecke”—, 1976 (in Japanese with English abstract)

No. 257

HIRUKAWA, T., ANDO, N. and SUMI, K. ed.: Chemical composition of the thermal waters from thirty main Japanese geothermal fields, 1977 (in Japanese with English abstract)

No. 258

The Carboniferous Lexicon of Japan, 1978 (in English)

No. 259

SUMI, K., IGARASHI, T., TAKASHIMA, I., KIMBARA, K. and NISHIMURA, S. ed.: Geological investigation of hydrothermal alteration holoes in Japanese geothermal fields, Part 1, 1978 (in Japanese with English abstract)

鉱物資源予測手法の開発

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, 35, 310, 266p. (3 vols.), 1980

YAMADA, K.
SUDO, S.
SATO, T.
FUJII, N.
SAWA, T.
HATTORI, H.
SATO, H.
AIKAWA, T.

鉱物資源予測手法 (Mineral Resources Inventory and Evaluation System) は, 日本国内における鉱物資源の賦存予測と評価のために, 1976~1978年の3年間で開発されたシステムである. このシステムは, 国内の鉱物資源についてのデータバンクである鉱物資源目録サブシステム, これらのデータを集計・解析し, シミュレーション・モデルにデータを供給するデータ解析サブシステム, 鉱床型式判別機能, 鉱量・品位の予測機能を有するシミュレーション・モデル・サブシステムとからなり, 限られた地質・鉱床情報から鉱物資源の賦存予測を行うことができる.

553. 3/. 4. 04 : 681. 3(52)

昭和 55 年 3 月 18 日 印刷

昭和 55 年 3 月 25 日 発行

通商産業省工業技術院

地 質 調 査 所

〒305 茨城県筑波郡谷田部町
東 1 丁目 1-3

印刷所 小宮山印刷工業株式会社
東京都新宿区天神町 78

©1980 Geological Survey of Japan

B. a. XXI

REPORT No. 260

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

**MINERAL RESOURCES INVENTORY
AND EVALUATION SYSTEM (MINES)**

by

Keiichi YAMADA, Sadahisa SUDO, Takeo SATO,
Noriyuki FUJII, Toshiaki SAWA, Hitoshi HATTORI,
Hiroyuki SATOH and Tadayuki AIKAWA

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Shigeru SATŌ, Director

Higashi 1-chōme, Yatabe-machi, Tsukuba-gun, Ibaraki-ken, 305 Japan

1980

地 調 報 告
Rept. Geol. Surv. Japan
No. 260, 1980