(2) 採掘コストデータベースシステムの開発

三菱マテリアル(株) 杉 田 隆・小 澤 教 良
住友石炭鉱業(株) 渡 部 英 昭
ECS International Pty.Ltd. H. Mirabediny

1. はじめに

一般に新規投資の決定は、案件の質、投資総額、財務流動性、資金調達等といったあらゆる問題の検討を必要とし、特に経済性評価は欠かすことのできない重要なアプローチである。経済性はいろいろな尺度で評価されるが、適切な評価手法と高精度な基礎データを用いる事により、正しい評価を得、結果、リスクの少ない投資が可能となる。このことより、経済性評価手法およびこれに関わる基礎データは企業の重要なノウハウといっても過言でない。これを、資源分野で考えてみると、残念な事に、資源特有の多くの不確定因子の存在から、開発評価に関する経済性データが、質、量ともに充分でないケースが多く、これが原因となり、経済性評価から期待された利益を上げられなかったという事例を耳にする事もある。これらの多くは、特に、開発検討区域特有の地域条件や、地質的条件といった不確定要因に対し評価が充分でなかった事が予想され、これらに関する精度の高い基礎データの収集・管理方法の開発が必要と思われる。そこで、筆者等は石炭資源の開発評価を行うシステムの開発の一部として採掘コストデータベースの構築および、各コスト情報の算出を行うシステムの開発をおこなった。

2. 石炭資源評価システム

筆者等は NEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構) の石炭資源開発基礎調査の一環として、平成4年度から5年間をかけ石炭資源評価システムの開発を行った。石炭資源評価システムは文字通り、石炭資源の開発評価を行うコンピュータ・システムで、「石炭資源の開発、生産に直結する計画を策定するシステム」として、石炭資源評価作業の経費節減、時間短縮、精度向上を目標に開発された。システム構成は、①石炭鉱床評価支援システム、②最適石炭開発支援システム、③製品炭評価支援システム、④環境評価支援システムの4つのサブシステムからなり、必要に応じて個別のサブシステム単独利用も可能となっている。システムの構成を図1に示す。

3. 採掘コストデータベース

3. 1 開発経緯

一般的に資源開発を次の 1.から 7.のプロセスに分割する事ができる。

1. 鉱床の発見
2. 概査 (地表踏査、物理探査、試錐等)
3. 予備企業化調査
4. 再探査、精査
5. 企業化調査、投資決定
6. 開発工事
7. 操業開始、生産

各プロセスは、必要に応じ、省略されたり、再実施されたりするが、すくなくとも経済性に関して数回のコスト計算、採算性評価が繰り返される。この際、都度必要なデータが収集され、当然プロセスの進行に伴い、データの質及び量の改善がなされる。このため、データ収集労力、コストは徐々に莫大なものとなり、評価コストの上昇の原因につながることも多い。このような現状を鑑み、本開発の目標を、これらデータ収集・管理の効率化と、情報の質の向上に定めた。

図1 石炭資源評価システム

3. 2 データベース

一般的にデータベースは、その構造からリレーショナル型データベースとカード型データベースに分類される。前者は、大規模、柔軟性に富み古くから多くのデータベースとして採用されている。一方後者はその簡便さから近年パソコンソフトウェアとして普及率が高まってきている。この他、情報技術の進歩にともない、演繹データベースやオブジェクトデータベースといった多様な応用指向性を伴ったシステムの開発もされている。このような中から、

採掘コストデータベースの開発仕様として、資源特有の不確定さのパラメータ化を達成させるため、柔軟性に富むリレーショナル型データベースによるデータ構築を行う事とした。

次にデータベースエンジンの選定及び構成の検討を行った。前述したが本データベースシステムは石炭資源評価システムのデータの供給モジュールとして開発を行った。この為、評価システムが稼動するUNIXシステムをベースにした開発の検討も行われたが、資源評価以外を対象とした情報ソースとしての利用と、データ収集性を考慮し、汎用パソコンデータベースエンジン（Windows95）を用い開発を行う事とした。以下に、採掘コストデータベースと石炭資源評価システムの構成を図2に示す。

図2 採掘コストデータベース

3. 3 データ収集

コスト情報は、その収集方法より、大きく経歴コストと測定コストに分類する事ができる。経歴コストは過去に企業あるいは公的機関等が蓄積した諸データを、出版物、報告書、文献等から収集する事ができ、一方測定コストは、稼行鉱山等の実操業のデータや、採掘機械等のメーカーが作成した仕様データ等から収集することができる。また、労働慣習、税金、保険費用等あらかじめ確定しているコストデータもあるが、これらもまた、公的機関等の出版物から取得する事ができる。本システムでは、これらのデータを内容からさらに細分化し、5つのデータ・テーブルに分類し、入力、Visual dBaseの入力フォームを用いる事とした。更に、データの部分的な修正あるいは削除も必要に応じ、同フォームを用いカードデータベース的に簡単に行うことができる。

3. 4 コスト予測

データベースの目的は単なるデータの集合体ではなく、データを必要に応じて情報として提供する事にある。この意味から、近年では検索システムの改良開発がなされ、かなり曖昧な条件下から必要と目される情報を引き出す、い

わゆるデータ管理システムが強化されている。そこで、この検索システムを用い、必要とされる情報を抽出し、経済性評価システムに引き渡せばデータベースの役割を終えるが、資源データは本来、不確定な情報を多く含んでおり、検索により引き出されたままのデータでは、経済性評価に供せないケースが多い。そこで、本システムでは、これらの情報を、評価者が予め設定したプロジェクトの規模等の条件に基づきデータ加工し、コスト予測情報として出力する方式を採用した。ここで実行されるデータ加工（計算）は、予めSQL(Structured Query Language：構造化問い合わせ言語)でプログラミングされている。このプロセスにより採掘に使用される機械の仕様、能率、作業条件、労務単価等々の基礎データをコスト情報変換することが可能となった。

ここで地域特有な情報の処理用式について述べる。地域情報は、後述するが、所在地データテーブルに記載される。この中には、電力単価、労務単価等の基礎データが含まれるが、電力のように必要とされる量に単価を掛ける事によりコスト情報に直接変換されるデータと、地域特有な労働慣習のように数値で直接表現できないものがある。直接変換されるデータに天候条件等もあるが、これらは一般的な地域（例えば豪州NSW州）と比較し、係数化することにより、パラメータ変換を行った。また、労働慣習、シフト制は、システムそのものを直接プログラミングしコスト算出を行えるようにした。この意味において、このプログラムもまた、データベースのデータと言えよう。

コスト分類はいくつかの手法があり、稼行現場では固定費と変動費に分割し予算処理を行うところが多い。固定費は生産量の増減に関係無く一定に変化しない性格を持つ費用、変動費は生産に応じて総額が変動する費用で、原価計算はこれ等の総和に生産量を考慮し算出される。本システムも同様な方式の採用を検討したが、固定費を鉱山内で稼働する主要な採掘機械に割り振り、これに採掘重機毎の稼働実績を考慮する方式を採用した。これは、石炭資源評価システムの鉱山最適設計モジュールのデータ仕様が、採掘機械毎の必要経費を必要としていることからである。このコストリングにより、コストデータを、資源評価中、最適領域選定、最適工程計画、経済性評価と幅広い分野での利用が可能となった。（図7参照）

4. 露天採掘コストデータベース

本データベースシステム開発では、石炭開発を露天採掘と坑内採掘に分類し、各々データベースを構築した。これは、露天と坑内で大きくコスト計算様式の違いによるが、この違いもデータとして、再度一つのデータベースとして構築し直す必要性を感じている。以下に、露天採掘コストデータベースの概要を示す。

1)コストデータベースメニュー

コストデータベースシステムは簡単に入出力および修正が行えるよう、メニューによる操作システムを採用している。この為、評価者は、データベースソフトウェアの知識を必要とせず、表示されたメニューの中から操作を選択することにより、順次プロセスを進めることができる。図3に主メニューの表示例を示す。

図3 データベース・メインメニュー

2)処理プロセス

露天採掘コストデータベースのプロセスフローは図4に示すよう、大きく二つに分ける事ができる。

- ①設備費および操業費等に係る基本コストデータと評価対象プロジェクトの各種条件の設定部分からなるデータ部。ここには労務費、採掘重機費、選炭費や運搬費が含まれ、新たなデータの入力、データの修正および削除を行うことができる。また、対象プロジェクトの規模、採掘機械構成、人員構成等の基本設定の入力、変更をおこない、次の計算プロセスに引き渡される。
- ②プロジェクトに対する各要素コストの計算を行うとともに、結果を石炭資源評価システムへ出力する。この計算結果はコストレポートとしてプリンターへ出力することも可能である。

3)データ入力

露天採掘コストデータは、所在地データ、労務費データ、採掘機械データ、選炭データおよび岩石分類データの各フォームに分類されて貯えられている。各々概要は以下、

- ①所在地データ 各地域の特殊性に柔軟的に対応できるように構成しており、地域別の電力、燃料コスト、天候（操業に影響を及ぼす恐れのある）、就業状況等の情報を含む。
- ②労務費データ 労働条件、役職等を含む労務費および交代制のデータを含んでいる。
- ③採掘機械データ 一般的な採掘機械情報と各岩種、層厚に対する生産能力データ等を持つ。

④岩石分類データ 岩石の硬さ、比重と掘削、積込能率への影響度および発破効果のデータを含んでいる。

⑤選炭データ 選炭機械の能率、粉碎性、必要人員、ハンドリング費等の選炭の経済性評価に必要な情報を含んでいる。

採掘機械に係るデータテーブルを図5に示す。

図4 採掘コストデータベース

図5 採掘機械データテーブル

4)プロジェクト設定

資源開発評価のプロセスは、一般的に、資源賦存状況の把握、埋蔵量の評価、諸々の条件を勘案した鉱山の設

計、経済性評価および結論からなる。ここでいう鉱山設計には最適鉱山規模、採掘方法といった基本設計が含まれるが、実際にはさらにマーケティングといった別の要素の評価も必要となり、複雑な設計プロセスを経る。そこで、最適設計は、いわゆる試行錯誤法に拠らざるを得ず、都度プロジェクトに係るいくつかの条件の設定を行わなければならない。そこで、これらの設定作業の簡便化を図り、本システムでは図6に示すように、簡単なメニュー設定により、必要なコスト情報を求める事ができるよう設計された。さらに新たな条件の設定による計算を行う場合、現在の設定を入力フォーム上で修正し、実行することが可能となり、ケーススタディーが簡単にを行うことができるようになった。

Cost Modelling			
Job Number	1		
Brief Description	LARGE OPEN CUT COAL P/J		
Location of Project	QLD	Life of Project	30
Port Name	DALRYMPLE BAY		
Annual Coal Production	300,000,000		
Ease of Coal Washing	AVERAGE	Add	
Maintenance Standard	GOOD		
Management Standard	GOOD	Delete	
Vorling Conditions	AVERAGE		
Tyre Wear Conditions	GOOD	閉じる	
Fuel Consumption	GOOD		
Total Estimated Factor	220	見る	
Fleet Diversity Factor	0.90		
Freight Distance(Km)	300.00	次へ	
Mining Lease Area(ha)	100.00		

図6 プロジェクト設定メニュー

5)コスト計算および出力例

計算プロセスを実行することにより、各主要コストを含んだレポートファイルが作成され、インターフェースを利用し、石炭資源評価システムに引き渡される。さらに、必要に応じ、直接印刷出力する事が可能となっている。

レポートは、採掘機械、労務費、操業費、掘削費、選炭費、予備採掘費、運搬費および機械維持コストのレポートとして出力する事ができる。図7に生産コストを各採掘機械別に求めた計算例を示す。

5. データベースの拡張

石炭資源評価システムの経済性評価モジュールは、モンテカルロシミュレーションおよびコンディショナル・シミュレーションに基づいたリスク分析機能を有する。リスク分析により、従来平均値で評価されていたDCF等の評価が、どのような確立を伴っているかが判明し、投資に関す

る重要な判断基準となる。しかし、本データベースは、データの取り扱いの問題等から、採掘機械の能率をはじめいくつかの個所で係数による情報変換を行っている。これは、本来データの持つばらつきを、可能な範囲で要因（不確定要因）毎に分類し、推定される状況を係数化しているもので、便宜上この係数と理論値の積をコスト情報に必要な能力データと規定した。しかし、平均値で求めた理論能力が実際の能力を反映している保証はなく、求められたコストもいくらかのリスクを含む事になる。そこで、本システムの今後の改良点として、分布のデータ化、分布の評価（因子の分類、分析）および確率分布を考慮したコストの算定化を進め、よりリスクを含まない評価につなげる必要がある。

項目	ドレッジライン	穿孔機	ブルドーザ
一般			
採掘機械購入価格(\$)	60,000,000	1,250,000	1,200,000
稼働時間(hr)	6,000	3,000	4,000
運転経費			
電力			NotApplicable
電力単価(\$/kw-hr)	0.059	0.059	
使用量(kw/hr)	10,000	250.00	
総電力コスト(\$/hr)	590.0	14.75	
燃料	NotApplicable	NotApplicable	
燃料単価(\$/lt)			0.38
燃料消費量(lt/hr)			50.0
総燃料コスト(\$/hr)			19.0
油脂費			
油脂単価(\$/lt)	3.0	3.0	
平均消費量(lt/hr)	15.0	12.0	
対燃料比率			60%
総油脂コスト(\$/hr)	45.0	36.0	20.37
修理部品			
修理費率	0.03	0.10	0.15
総修理費(\$/hr)	300.0	41.6	45.0
消耗品			
消耗品費率	0.015	0.17	0.15
総部品費	250.0	70.8	45.0
オーバーホール			
O/H費率	500,000	150,000	1000,000
O/H費(\$/hr)	83.33	50.00	16.67
労務費			
修理			
労務人(ratio)	2	1	0.4
給料(\$/hr)	22.0	22.0	22.0
総コスト(\$/hr)	44.0	22.0	8.8
採掘作業			
労働人(ratio)	8	6	4
休暇率	1.2	1.2	1.2
総コスト(\$/hr)	160.0	132.0	44.0
総計コスト(\$/hr)	1,472.33	367.15	198.84

図7 採掘機械作業コスト

6. おわりに

本開発により、経済性評価に必要なコスト情報が、効率的かつ高精度に求められるようになった。

データベースのキーワードの一つに「組織的なデータ収集」があげられるが、本システムは、筆者等が収集可能な範囲内で行ったものであり、この意味から未完成なシステムとも言える。今後、組織的に、多方面にわたるデータの収集を行い、情報修正を加える事により、一層高精度なデータベース化を図りたい。