

I-16 ダム材料総合運用計画システムの開発

Development of comprehensive use planning system of a dam material

細見 隆¹木俣 昇²

Takashi Hosomi

Noboru Kimata

従来は廃棄されていた掘削岩を有効活用し、原石山依存量の縮減、土捨場の規模縮小など環境負荷軽減型ダム事業のあり方が注目されるようになってきた。これを背景に、本論は、ダム事業の各種工事で発生・収容する材料の量・質・時間特性をデータベース化し、工事主体間の動的利用調整を支援するシステムを開発した。このシステムは、工程計画、輸送ネットワーク計画、コスト計画（工事間材料割当て計画）等、密接に関わりをもつサブシステムで構成される。本論ではこれらを量・質・時間的要素により統合化するとともに、計画案を環境負荷、工期、事業費のバランスで比較評価するサブシステムを付加して構成した。

A type of dam projects that mitigates environmental load has been beginning to attract attention, such as utilization of excavated rocks, reduction of disposal areas. From this background, quantities, qualities and time characteristics of the materials, that were generated in various constructions, were made into a database and the system to support the dynamic use adjustment among construction subjects was developed by this study. This system consists of various closely related subsystems including the plans of construction schedule, transport network and cost. The study includes integration of these above, in addition to a subsystem to evaluate plans.

キーワード：データベース、グラフ理論、工程計画、ネットワーク計画、輸送問題、AHP法、統合情報システム

Keywords : data-base, graph theory, process plan, network plan, transportation problem, ahp theory, integrated information system

1. はじめに

ダム事業は、堤体工、堤体基礎掘削工、原石山採石工、道路工事、代替地造成工事等、大規模な掘削、盛土を伴う多様な工事から構成されている。そのなかで大量の盛立て材料を必要とする堤体工においては、堤体の安全性や工期維持のため、ダムサイト周辺に原石山を確保し、良質な材料の安定供給を図るという方式が採られてきた。しかしながら、原石山による方式は、

- ・ 良好な自然環境の破壊
- ・ 良質な材料を有する原石山確保の困難さ
- ・ 良質材の歩溜り低下（廃棄土砂比率の増大）

等の問題点を抱えている。

このような背景から、近年、堤体全体を均質な良質材料で構成することを必要とせず、低品質の材料（他工事での発生岩等）も堤体材料の一部として利用できる堤体設計（内部材と外部材の2層構造化）に関する研究が進められ、その活用が試みられてきている。

その結果、従来は土捨て場に廃棄されていた掘削岩を有効に活用し、原石山依存量の縮減、土捨て場の規模縮小等、ダムサイト周辺の自然環境への負荷を軽減するダム事業のあり方が注目されるようになってきた。^{1) . 2) . 3)}

1 : 日建設計シビル, 環境・情報計画部

2 : 金沢大学工学部, 土木建設工学科

本論は、このような背景に鑑みて、ダム事業を構成する各種工事において「発生（掘削）」もしくは「収容（盛土）」する材料の量・質・時間的特性をデータベース化し、各種工事主体間の動的利用調整を支援することにより、

- ・ 原石山採石量、廃棄土石量の最小化による自然環境への負荷の軽減
- ・ 工事車両減少による周辺交通環境悪化の軽減

を図る環境に配慮したダム材料総合運用計画システムの開発を行ったものである。

2. ダム材料総合運用計画の課題と計画システムの要件

2.1 ダム材料総合運用計画の課題

(1) 技術的課題

堤体材料を原石山に依存している背景として、第一に、材料の品質が堤体の安全性に及ぼす影響が大きいこと、第二に材料の安定供給が必要であること、といった二点を指摘することができる。

前者については、掘削残土に含まれる岩や良質土（以降「掘削材料」と呼ぶ）を堤体材料として運用する場合、掘削材料が堤体材料としての要求性能を満たすか否かを力学的に明らかにする必要があるが、本論では、利用可能な掘削材料が「有意な量」含まれていることを前提としてダム材料総合運用について論じる。

一方、後者については、堤体工は工程計画上のクリティカルパスとなる場合が殆どであり、材料の待時間の発生は工事の遅延に直結する。また、重力式ダムの場合には工事の遅延のみでなく、堤体打設時に、生コンクリートの供給が途切れると、打継目部が発生し、コールドジョイントやブリージングなどにより堤体の安全性に支障を及ぼす。

このような中で、掘削材料を積極的に活用し、原石山の依存量の縮減を図る、すなわち、ダム材料総合運用に当たっては、掘削材料の発生工事と収容工事の工程調整や、工程調整が不可能な場合、掘削材料の仮置き場の確保とその配置などを適切に計画する必要がある。

(2) 経済的課題

堤体工事に先行して、堤体基礎掘削、プラント造成工事、各種道路工事等が実施される関係から、掘

削材料を活用するには大量の仮置きが必要となる。掘削材料の仮置きは敷均しや積込み作業、二次輸送等が付随し、そのための費用は膨大となる。

また、ダム工事においては工事用道路を建設しながら、その開通区間を材料の輸送路として工事が進められるため、工事用道路の工程計画により輸送経路が変化し輸送費用も変化する。原石山を利用する場合には輸送ルートが単純であるため、大きな問題とはならないが、掘削材料を堤体材料など盛立工事に活用するためには、各種工事現場、仮置き場、土捨て場等の配置と道路工事工程の関係を考慮して最適な材料輸送ネットワークの構成による経済的な事業としていくことが必要である。

(3) 運用的課題

ダム事業は多様な大規模工事で構成されるため、自ずと組織は細分化され、分業的に進めざるを得ないのが実情である。このような中で、工種別に量、質、時間的に異なって発生、もしくは収容するダム材料の総合運用を図るには、部門別の計画案を統合化し、事業全体としての評価を共通した枠組みの中で行うことが必要であり、情報共有化を図り、計画的、連携的に進めて行くことが重要となる。

2.2 ダム材料総合運用計画システムの要件

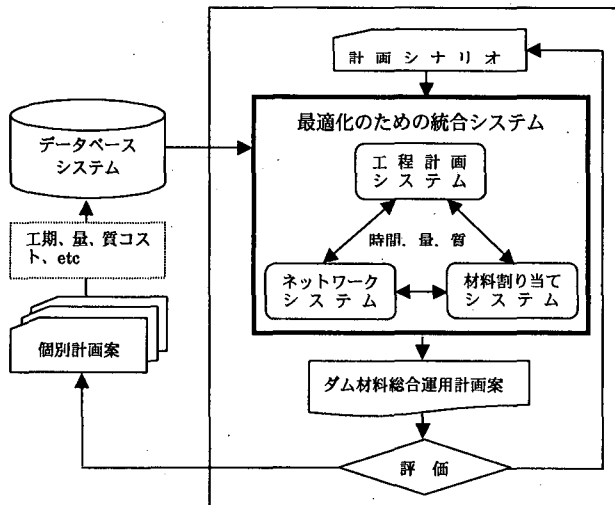
(1) データベースによる情報の共有化

ダム事業計画は大規模な掘削や盛土を伴う多様な工事から構成されているため、細分化された部門別計画の総体として捉える必要がある。部門の細分化は、その弊害として情報の一元化が十分に図られず、情報の不整合を生じ、その結果、各部門の計画間に不整合を来すことになる。

ダム材料総合運用計画のシステム化は、材料の統括により、各種工事部門間への割当て問題として捉えることにより、この不都合を解消しようとするものである。そのためには、まず、各種工事の工期、発生・収容材料の量と質、さらにはコスト情報等をデータベースとして整備し、部門間における情報の共有化を図り、部門別計画の整合性を確保することが重要となる。

(2) 各種計画手法の統合化

ダム材料総合運用計画システムには、工程計画、材料輸送ネットワーク計画、コスト計画（工事間材料割当て計画）等、各種のサブシステムが関係して



図一1 ダム材料総合運用計画システム

くる。例えば、工程計画は道路区間の開通時期を支配し、輸送ネットワーク計画に影響する。その結果がダム材料の割当計画に影響する。といった連鎖的關係がある。

そのため、ダム材料総合運用計画では各サブシステムの最適化計画を単に重ね合わせるのではなく、各サブシステムを統合化したシステムとして構成する必要がある。

(3) 価値観の共有に基く評価

ダム事業の健全性は「工期の維持」, 「事業の経済性」, 「環境負荷の軽減」といった要素で捉えられる。ダム材料総合運用計画は、これらの要素のバランスを評価することと言える。

図一1の、最適化のための統合システム(太線枠内)は、「原石山を利用しない」, 「原石山を積極的に利用する」等、ダム材料の運用に関わる「計画シナリオ」に基き、事業費を最小化するものであり、単に、一つの計画シナリオに基く結果に過ぎない。それに対して、本論のダム材料総合運用計画システムは、ダム材料総合運用に関わる計画シナリオを様々な視点から作成し、それぞれの計画シナリオを上記3要素のバランスで評価するものである。

計画シナリオをバランスで評価する場合、評価者の価値観により結果が異なる。そのため、異なる価値観を何らかの方法で客観化、計数化、総合化することが必要となる。

(4) 実務への汎用性, 適用性

i) 事業実施段階における計画変更への対応

堤体材料として利用可能な掘削材料が、当初の予

想から大きく変化したり、原石山の良質材の歩留まりが予定と異なったり、さらには、工事工程の遅延等、事業を進めて行く過程において計画変更を余儀なくされる事態の発生を念頭に、これまでの工事実績を踏まえた変更計画を速やかに作成する必要がある。

そのためには、仮置き場、土捨て場の残存量や、各種工事の残存工事量等をデータベース化し、速やかに変更計画が策定可能なシステムとしておくことが重要である。

ii) コンピュータ対話型システムとビジュアル化

ダム材料総合運用計画は多様な工事工程の工期、発生・収容材料の量と質、材料輸送ネットワークとその運用形態(通行規制等)、各種工事のコスト(掘削費、盛土費、積込み費等)等、多種で大量の情報を各種の数理計画手法を適用して作成するものであり、コンピュータシステムにより高速に処理することが必要である。

また、様々の部門の技術者が情報を共有して計画案を熟成して行くという計画策定のプロセスが重要であることから、コンピュータシステムは対話型で構成するとともに、その結果をビジュアルに、わかり易く表現することが望まれる。

3. ダム材料総合運用計画システムの構成

前述したように、ダム材料総合運用計画は工事間における発生・収容材料の把握とそれらの統合的最適割当て問題として捉えられる。多くの割当て問題では量的な配分の議論に留まっているが、本配分問題は以下のような特徴を有する。

- ・ 量のみでなく質が重要な意味を有する。
- ・ 発生量と収容量が時間調整を必要とする場合が多く、材料の仮置きが必要となる。
- ・ 材料輸送ネットワークを形成する道路も材料の発生・収容工事となる。そのため、利用可能な輸送ネットワークが時間的に変化する。

従って、計画システムは工程計画システムと輸送ネットワーク計画システム及びコスト計画(工事間材料割当て計画)システムが時間的要素で統合化されたシステムとして構築されることが必要である。

3.1 工程計画システム

工程計画は工事ネットワークを作成し、各工事の工期を与えてPERT法により作成する方法が一般

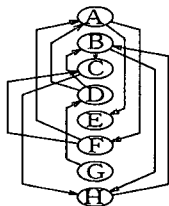
的に行われている。本論で対象とするダム材料総合運用計画は、道路工事を例にとると、工事用道路、付替え道路が複数路線計画され、また、各路線は切土区間、盛土区間等に細分化されるなど、対象とする工事工種が膨大となる。ダム事業全体から見ると、工事ネットワークに含まれる工種は100工種を超えることは往々にしてあり、また、それらの工種間には同時着工や工種間の時間調整など複雑な条件が付加されるために、工事ネットワークを作成するのに多大な労力と経験を必要とする。本論では、2値有向グラフの理論を援用し、コンピュータの記憶領域に工事ネットワークを作成し、PERT法にリンクさせるシステムを構築した。

図一2(1)の2値マトリクスは工事ネットワークに含まれる工種間の従属(先行, 後続)関係を示している。このマトリクスを単純に図化すると間接的な順序関係が入り混じり、この状態では工事ネットワークとは言えない。著者らは、このように冗長性を含む要素間の関係を、図一2(2)に示すように、冗長性を削除した、階層性を有するマトリクス(骨格マトリクス)に変換し、図に示すように直接関係する要素間の関係のみによる階層構造グラフ化のソフトウェアを開発している。^{4), 5)} このシステムでは、また、そこに内在する要素間のループ構造の存在や他の要素と関係付けのされていない要素を抽出、警告を発することも可能である。工事ネットワーク作成にこのシステムを活用するメリットを以下に示す。

- ・ 膨大な工種からなる工事ネットワークを工種間の従属関係のみで明らかにすることが可能

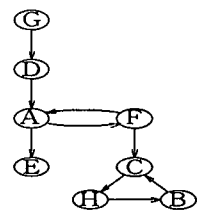
(1) 従属関係マトリクス

N	A	B	C	D	E	F	G	H
A					1	1		
B			1					1
C								1
D	1	1						
E								
F	1		1					
G				1				
H		1						



(2) 骨格マトリクス

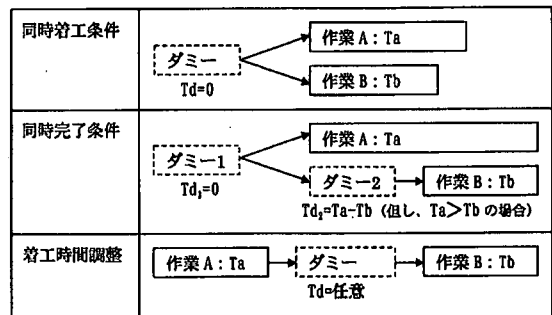
N	G	D	A	F	C	B	H	E
G	1	1						
D		1	1				1	
A			1	1				1
F			1	1	1			
C					1	1		
B					1	1	1	
H						1	1	
E								1



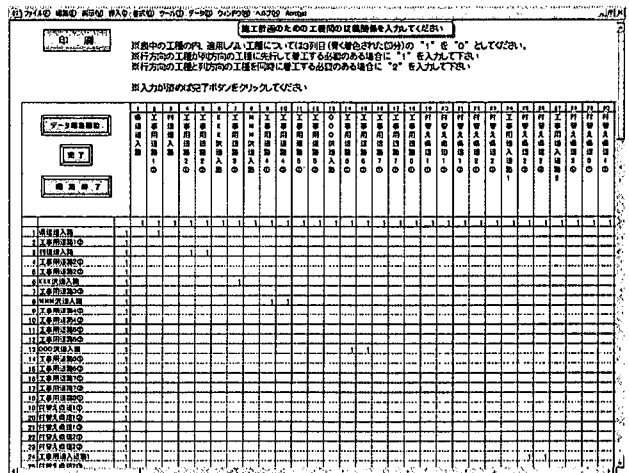
図一2 グラフ理論による工事ネットワーク構成

- ・ 直接、人力で工事ネットワークを作成する場合には発生しない、冗長性、ループ構造を誤って入力しても出力データから、そのことが明らかとなるので修正が容易にできる。
- ・ 階層構造が明らかとなるので、後に工事ネットワークの作成が容易となる。(コンピュータに自動図化させることも可能)
- ・ 一度、工種間の従属関係マトリクスを作成すると、工種の追加、削除が容易なため、計画変更などが容易に行える。

また、このマトリクスの運用を単に工種間の先行、後続関係といった1-0のマトリクスで入力するのではなく、工種間に同時着工条件等を付加する場合には要素間の関係に“1”以外の識別数値を入力するといった方法により、図一3に示すように、ダミーの工種を自動生成し、要素間の関係を自動修正することが簡単な操作で行うことが可能となる。

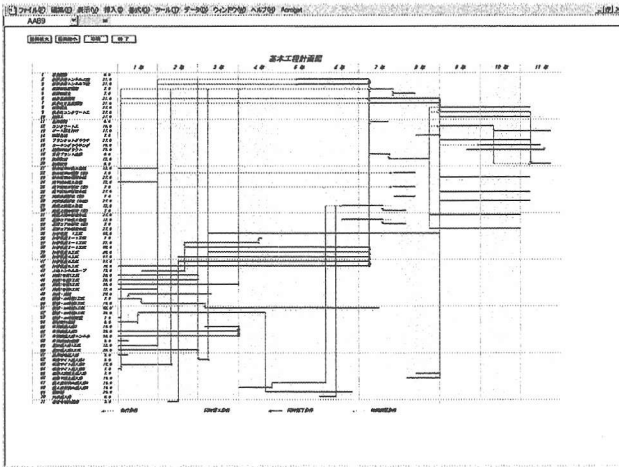


図一3 ダミー工種による工程調整の方法



図一4 (1) 工程計画の入力画面のイメージ

工程計画の入力画面のイメージを図一4(1)に示した。このグラフ理論とPERT法をリンクさせることにより、図一4(2)に示す工程計画を短時間(図化を含めて2~3分)で出力することが可能となる。



図一4 (2) 工程計画の出力画面のイメージ

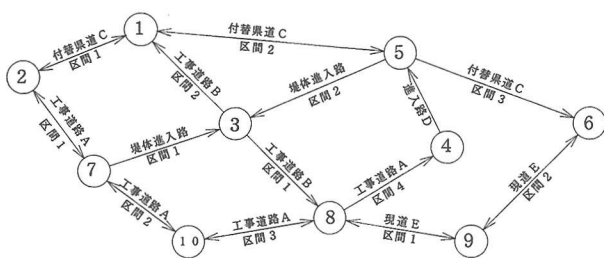
3.2 輸送ネットワーク計画システム

輸送ネットワークにおいてノードは道路の交差点及びダム材料の発生・収容工事の代表地点で表す。

ダム材料の輸送は工事用道路を中心に構成されるが、付替道路や現道を利用期間、一方通行、工事車両車種等の規制を与えて運用される場合もある。

本システムではこのような諸事情を反映し、汎用性ある輸送ネットワーク作成のための入力システムを表1、図一5に示すように構成した。

ノード座標はリンク距離を算出するための情報である。接続ノードは当該ノードと道路区間を形成し、工程計画と情報の共有を図るため道路コードと区間コードを設定している。この機能により、当該区間の工事着工時期、完了時期を与えることで工事期間中における各区間の通行可否判断を可能とする。



図一5 輸送ネットワークの例

表一1 輸送ネットワーク入力情報

番号	ノード情報		接続ノード	ノード情報									
	位置	接続数		NO1				NO2					
	X座標	Y座標	番号	道路名	区間	規制1	規制2	規制3	番号	道路名	区間	規制1	
1	1125	1625	3	2	3	1	0	1	0	5	3	2	0
2	500	1375	2	1	3	1	0	1	0	7	1	1	0
3	1625	1125	4	1	2	2	0	2	0	8	2	1	1
4	2750	1000	2	5	4	0	0	2	0	8	1	4	1
5	2500	1500	4	4	4	0	1	2	0	6	3	3	3
6	3500	1125	2	9	5	2	0	3	0	5	3	3	3
7	875	875	3	2	1	1	0	2	1	10	1	2	2
8	2125	625	4	3	2	1	1	2	0	10	1	3	3
9	2875	500	2	8	5	1	0	3	0	6	5	2	2
10	1375	500	2	7	1	2	0	2	0	8	1	3	3

また、ダム工事現場においては、輸送ネットワークに様々な通行規制が設けられることが多い。本システムでは以下の3種類の規制を考慮した。

規制1：一方通行

規制2：通行車種制限（車種区分は適宜設定）

0：車両規制なし

1：大型車両通行規制

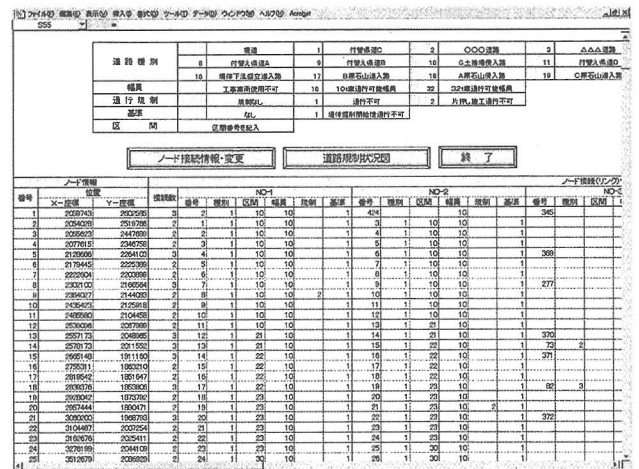
2：工事関係車両通行規制

規制3：通行期間規制（規制内容は適宜設定）

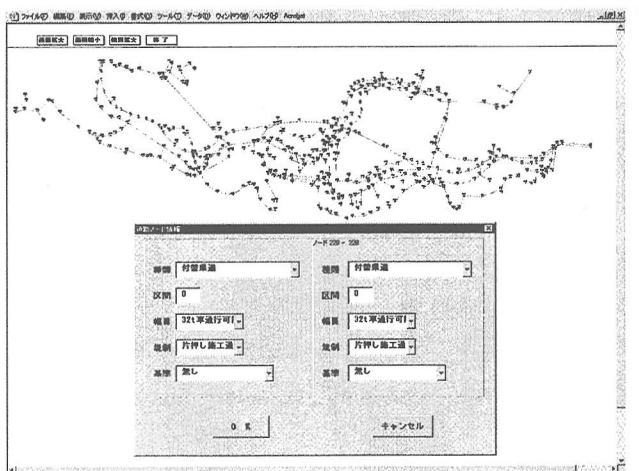
0：規制なし

1：例えば、基礎掘削工事完了後通行不可

なお、輸送ネットワーク情報は図6(1)のようにデータベース化され、その確認、変更は図一6(2)に示すように、コンピュータ画面で行うシステムとした。



図一6 (1) ネットワークデータ入力画面のイメージ



図一6 (2) ネットワークデータ確認・変更画面

3.3 コスト計画

工程計画及び輸送ネットワーク計画を踏まえたコスト計画（工事間材料割当て計画）は表一2に示すように捉えることができ、(1)式で表される割当て問題となる。

離を無限大とする

- ・ 道路工事が完了していない場合は当該区間の距離を無限大とする。

という方法を使った。

(3)工種間材料の最適割当て

割当て問題は式(1)のZを最小化する x_{ij} を決定する問題である。その解法は、初期基底可能解を設定し、最適性の判定、隣接基底可能解への移動というステップを最適と判断されるまで繰返し行う。

i)初期基底可能解

初期基底解を求める方法として北西隅の法則、ハウサッカーの方法がある。北西隅の法則は発生量 a_i 、収容量 b_j の範囲内で表一3(1)の左上隅から順次、変数 x_{ij} に最大限の値を割当てる方法である。

この方法は単に、制約条件と非負条件をのみを考慮するが、表一3(2)のハウサッカーの方法は目的関数Zの値も最小化することに配慮された方法である。すなわち、有効行列 c_{ij} の最小値を探索しつつ制約条件を満足させて行く方法である。

表一3(1)北西隅の方法 表一3(2)ハウサッカーの方法

収容 発生	1	2	3	計
1	15	20	10	100
2	40	18	36	300
3	30	25	20	150
4	15	30	50	240
5	0	0	0	110
計	200	400	300	900

収容 発生	1	2	3	計
1	15	20	10	100
2	40	18	36	300
3	30	25	20	150
4	15	30	50	240
5	0	0	0	110
計	200	400	300	900

ii)隣接基底可能解

基底可能解はいずれにしても最適性が保障されているとは言えない。

そこで、表一4(1)に示すように非基底可能解に、 x_{pq} を入れ、制約条件を満足するように、ループを形成すれば、ループ上の基底変数はその分だけ増減することになる。なお、 x_{pq} は非負条件から、ループ上の基底変数のうち最小となる値を代入する。その結果、隣接基底可能解は表一4(2)に示すようになる。非基底可能解を代入する要素 pq の設定、最適性の判定方法については紙面の都合で参考書⁵⁾に委ねるが、基底可能変数の数は $m+n-1$ 個となり、表一4(1)のループ構造を見出すのは非常に困難である。著者等はネットワーク手法を適用し、このループ構造を求めるアルゴリズムを開発した。

表一4(1)シブックス基準 表一4(2)隣接規定可能

収容 発生	1	2	3	計
1	60		40	100
2		300		300
3		60	90	150
4	200	40		240
5			110	110
計	200	400	300	

収容 発生	1	2	3	計
1	60		40	100
2		300		300
3			150	150
4	140	100		240
5			110	110
計	200	400	300	

(4)期別工事計画作成のためのシミュレーション

以上により、ダム材料総合運用計画システムは、表一5に示すように発生工種、収容工種に仮置場を付加した、工種間の材料割当て計画案を出力する。

表一5 工種間材料割当て計画案

収容 発生	1	2	3	仮置場A	仮置場B	合 計
1	60				40	100
2		300				300
3			150			150
4		100			140	240
5				110		110
仮置場A			110			110
仮置場B	140		40			180
合 計	200	400	300	110	180	

この割当て計画表は以下の不都合を抱えている。

・ 仮置き場の問題

最適割当て計画では、仮置き場の容量を決定していないため、仮置き場の運用に偏りが発生している可能性がある。

・ 交通量の問題

割当て計画段階では全工期を一度に計算するため、輸送経路上の工事車両を期別に明らかに出来ていない。その結果、周辺交通環境への負荷、工事車両の輻輳による施工への影響などを評価することができない。

・ 期別計画に書き改めるのに労力を要する

割当て計画から、期別の施工計画を作成することは可能であるが、労力を必要とする。

以上から、本システムでは工程計画と割当計画に基づく、期別シミュレーションモデルを図一10に示すように開発した。モデルの詳細は紙面の都合上、別の機会に発表する。

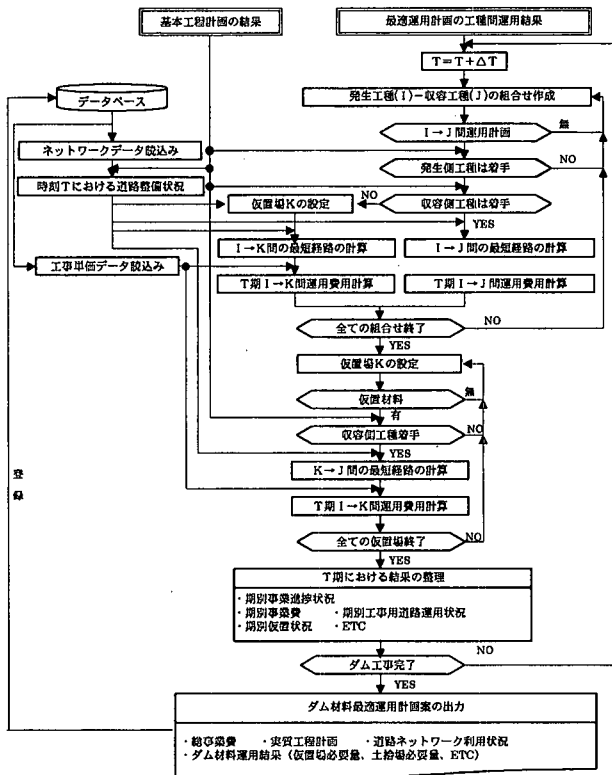


図-10 期別シミュレーションモデルのフロー

(5)モデルダム事業への適用

モデルダムは高さ 190mで堤体積 146 万 m^3 の重力式ダムである。本モデル事業には国道の付替えおよび水没世帯移転のための代替地造成等がある。

本ケーススタディにおいてはダム堤体のコンクリート骨材として「硬岩：Lt」と「軟岩：Ltp」及び道路盛土材、代替地造盛土材としての「土砂」の3品質とし検討した。

ここでは、検討結果の中から、2つの計画シナリオに基く結果を紹介する。

i)計画シナリオ

シナリオ I：堤体を内部、外部の2層構造として内部のコンクリート骨材に堤体基礎掘削や道路工事から多量に発生するLtpを活用し、外部コンクリート骨材 Lt の不足量は原石山採石材を利用する計画案である。

シナリオ II：Ltp は堤体打設コンクリートとしての性能に、十分な根拠が得られない場合を想定し、利用しないとした計画案である。そのため、堤体打設コンクリート骨材 Lt の不足量は原石山を利用する。

ii)ケーススタディの結果

本論はシステムの構成に主眼をおいているので、結果のうち、材料運用結果と運用費用について、概要紹介に止める。

① ダム材料総合運用

表-6にダム材料運用結果を整理した。この結果によると、本工事（原石山，土取場を含まない）から発生した材料の運用量は、シナリオ I が約 110.4 万 m^3 ，シナリオ II が約 88.3 万 m^3 である。系外（原石山，土取場）からの材料調達量は、代替地の早期完成のための土取場からの「土砂」24.0 万 m^3 を除くと、シナリオ I が約 47.5 万 m^3 ，シナリオ II は約 74.8 万 m^3 のコンクリート骨材を原石山に依存することになる。これら採石に伴って発生する表土の発生量は、それぞれ、約 10.9 万 m^3 ，約 32.0 万 m^3 である。その結果、系外への（廃棄量）は、それぞれ、約 96.5 万 m^3 ，約 138.0 万 m^3 となる。

表-6 ダム材料運用結果

	シナリオ I		シナリオ II	
	土砂	岩	土砂	岩
発生量	土砂	511,925	511,925	511,925
	岩	Lt	898,300	883,300
		Ltp	206,000	0
	小計	1,104,300	883,300	
廃棄材	1,489,305	1,694,005		
合計	3,105,530	3,089,230		
収容量	土砂	1,385,480	1,385,480	
	岩	Lt	801,200	1,631,100
		Ltp	777,900	0
	小計	1,579,100	1,631,100	
合計	2,964,580	3,016,580		
過不足量	土砂	-873,555	-873,555	
	岩	-474,800	-747,800	
運用量	土砂	普通土	511,925	511,925
		廃材活用	560,761	475,247
	岩	1,104,300	883,300	
運用率	土砂	普通土	100	100
		廃材活用	38	28
	岩	100	100	
原石山採取	土砂 土取場	240,000	240,000	
	打設骨材	474,800	747,800	
	発生廃材	109,193	320,485	
総発生量	土砂+廃材活用量	1,312,686	1,227,172	
	岩	1,579,100	1,631,100	
	廃棄材	1,037,737	1,539,243	
	合計	3,929,523	4,397,515	
総収容量	土砂	1,385,480	1,385,480	
	岩	1,579,100	1,631,100	
	合計	2,964,580	3,016,580	
廃棄量		964,943	1,380,935	

- 発生量とはダム工事の掘削に伴い発生する材料であり、原石山や河床掘削および土取場からの採取材料は含まない。
- 収容量には代替地造成に必要な土砂量を含む。
- 廃材とは、原石採取（原石山、河床掘削）に伴い発生する原石以外の材料を含む。
- 堤体打設骨材にLtpを活用しない場合には、発生するLtpは廃材として計上している。
- 運用量とは本工事（原石採取は含まない）から発生した材料の本工事（代替地造成を含む）に運用した量を意味する。

一方、期間別の仮置き場の利用状況は図-11に示すように、堤体盛立てと原石山に大きく依存するシナリオⅡは堤体打設と歩調をあわせて原石採取を行う関係から、仮置き量は少なくなっている。

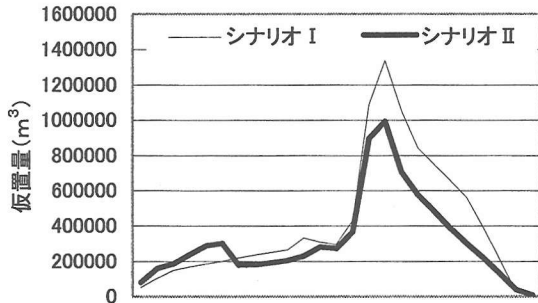


図-11 仮置き場の利用状況

②工事間材料運用費用

表-7に表-6の材料運用に関わる費用を示した。この結果によると、シナリオⅠはシナリオⅡに比べて土工費がかなり軽減される結果となっている。

表-7 工事間材料運用費用 (億円)

	シナリオⅠ					
	上質土	普通土	Lt	Ltp	廃棄岩	合計
道路工事	0	558	990	0	736	2,289
堤体基礎掘削	0	401	1,289	324	1,425	3,439
土取場	179	0	0	0	0	179
原石山骨材	0	0	524	0	0	527
廃棄材	0	129	0	0	77	206
転流工	0	0	45	0	5	51
合計	179	1,088	2,848	324	2,243	6,682

	シナリオⅡ					
	上質土	普通土	Lt	Ltp	廃棄岩	合計
道路工事	0	557	990	0	736	2,289
堤体基礎掘削	0	332	1,404	200	1,380	3,316
土取場	179	0	0	0	0	179
原石山骨材	0	0	2,165	0	0	2,165
廃棄材	0	500	0	0	573	1,073
転流工	0	0	31	0	4	35
合計	179	1,389	4,590	200	2,693	9,050

以上から、経済性、材料の総発生量、運用率、土捨場必要量、さらに、ここには示していないが、周辺交通環境への影響といった面から、堤体基礎掘削工事から排出されるLtpを利用することのメリットには非常に大きなものが期待される。この実現にむけてはコンクリート骨材としてLtpの性能について明らかにしていくことが必要である。

4. 総合評価システム⁷⁾

計画案の総合評価は、経済性、工期性、環境保全性という異なる要素のバランスの評価と言える。

バランスの評価は、評価者の価値意識に支配されるため、図-12(1)に示すように、コンピュータ対話型のアンケートにAHP法を適用して、バランス評価要素の重要度評価を行う。

一方、図-12(2)に示すように、各代替案のシステム分析結果得られた、工期、運用費用、環境負荷軽減等の個別評価要因の相互比較を行い、前記の評価要素の重要度を乗じて代替案相互の優劣比較を行う。

この総合評価システムは、共通した枠組みの中で、他の評価者の意識構造を相互に理解しつつ、評価を繰り返し実施することが可能である。

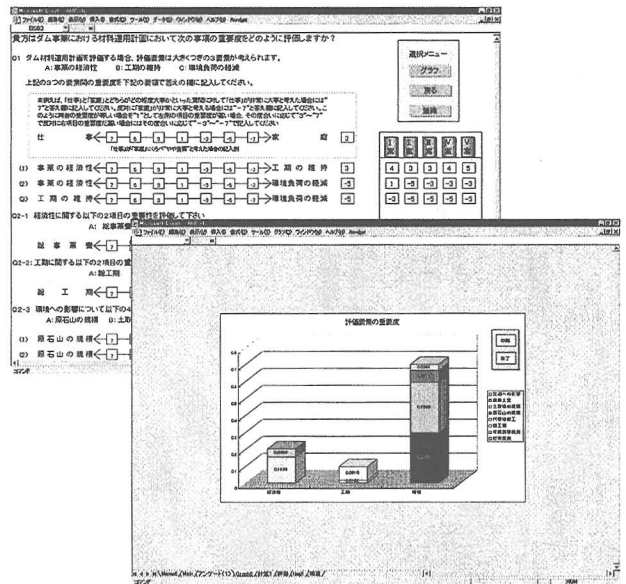


図-12(1) 総合評価に関わる意識調査と結果のイメージ

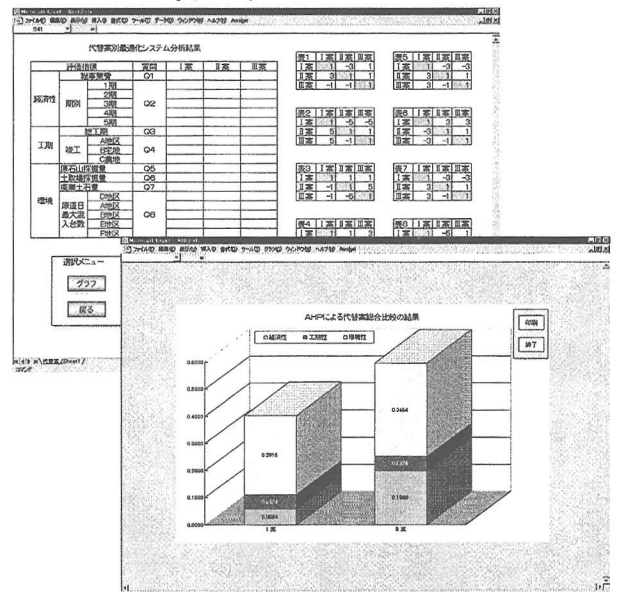


図-12(2) 代替案評価に関わる意識調査と結果のイメージ

5. 今後の課題

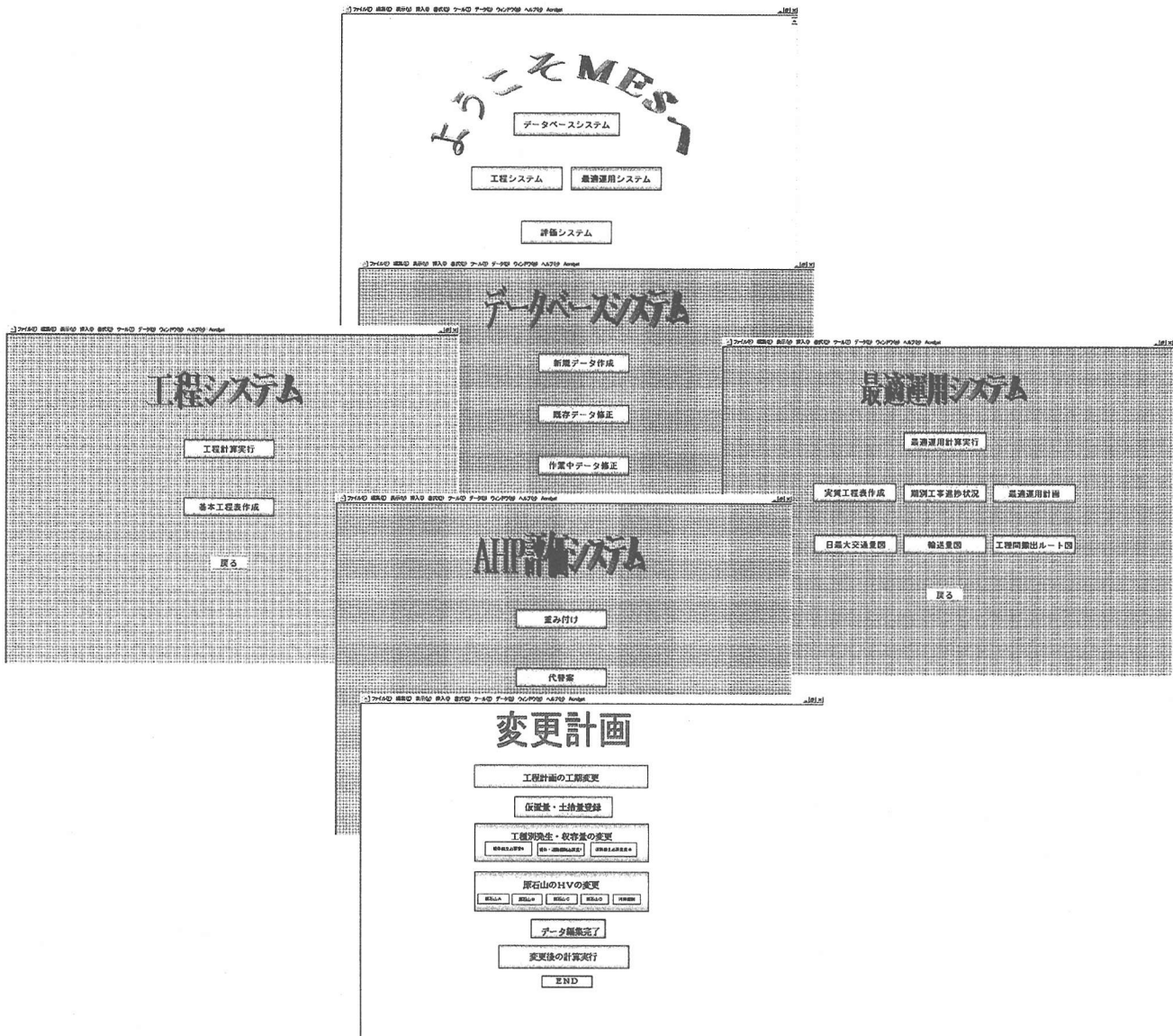
本システムは、参考図に示すようにコンピュータ対話型システムとして構成した。システム設計の基本的な考え方は、データベースの構築による情報共有化、統合情報システムによるダム材料総合運用計画立案、共通の枠組み、相互理解に基く総合評価システムである。

今後は、総合評価システムにおける評価階層構造の充実とその運用のあり方等について研究する所存である。

【参考文献】

- 1)清水祐一, 平形威雄; 「建設ゼロエミッションQ & A」, 日刊建設通信新聞社, 2001.9
- 2)建設大臣官房技術調査室監修; 「建設発生土利用技術マニュアル」, 土木技術センター, H9.10

- 3)大内忠臣, 藤澤侃彦; 「コンクリートダム建設における土石材料の総合運用の理念とその適用」, 土木技術, No.167(2000.8)
- 4)木俣昇: ISM 法に支援された大震時避難路の安全性評価システムに関する研究, Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol.28, No.1 31-50, 1985.
- 5)木俣昇, 竹村哲: 問題認識のためのマルチウインドウ型支援システムの開発, 土木学会論文集, No.449/IV-17, 203-212, 1992.
- 6)樗木 武, 渡辺義則; 「土木計画数学2」 森北出版, 1984.2
- 7)Akira Takemura, Noboru Kimata: A Prototyping For Transparent Planning Management by Using AHP in Combination with ISM and Weighted Skeleton Matrix, Journal of the Society of Project Management, Vol.3, No.4, 29-33, 2001



参考図 コンピュータ対話型ダム材料総合運用計画システム