

June 1971

農業土木技術研究会

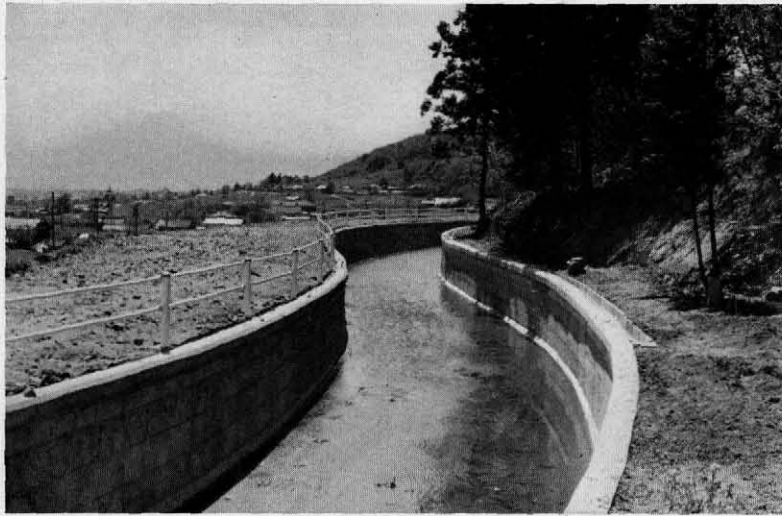
# 水と土

第 5 号

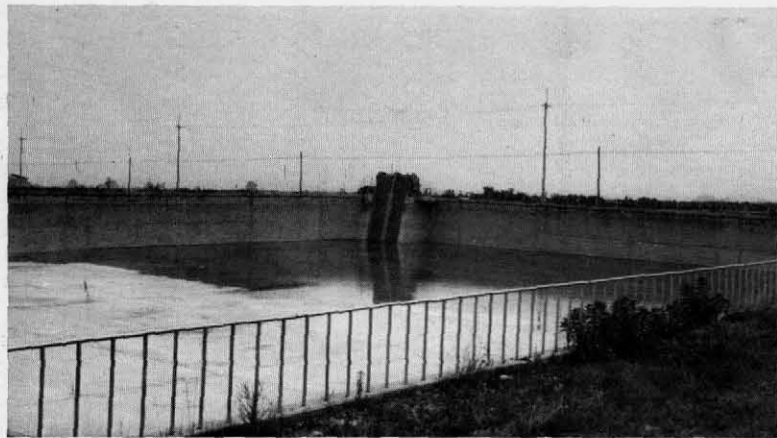
新川河口排水機場全景（上流より望む）



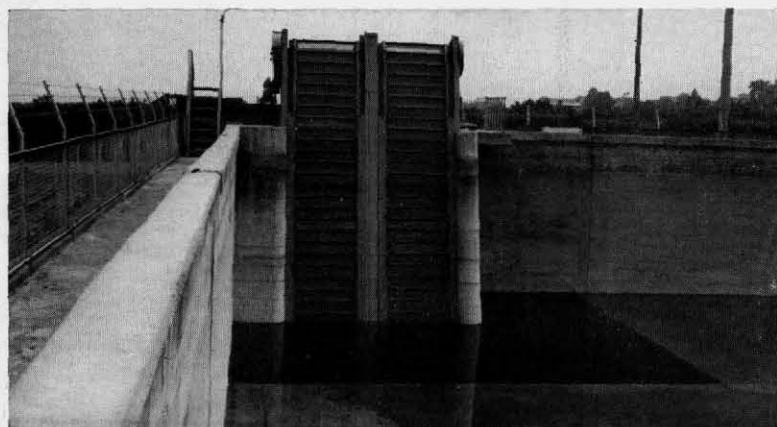
## 釜無川農業水利事業工事写真



山腹を縫い南下する徳島用水路。(Q=7.0m<sup>3</sup>/s)



畑かん調整池。中央に見えるのが除塵装置  
除塵施設の奥に畑かん主幹線パイプが接続する。



真正面から見た除塵装置(本文参照)

水

と

土

No. 5

1971

June

目 次

グラビヤ

新川河口排水機場全景

釜無川農業水利事業工事写真

論 説

農林省における電子計算機の共同利用と今後の問題

築 林 昭 明……(1)

報 文

農村環境整備とシステムアナリシス

笹 野 伸 治……(5)

広域農業開発調査地域における農業開発適地選定の

一手法について

塚 原 真 市……(13)

工事価格積算の電算化

北陸農政局設計課……(25)

新川排水制御システム

堀 俊 郎

中 村 和 也……(39)

岩 崎 豊

釜無川畑地かんがい事業について

——自動制御方式をとりいれた

パイプラインシステム——

茂 野 啓 一……(47)

松 島 武 司

資 料

農地局のプログラム開発とその体制

貝通丸 明……(59)

講 座

最適化手法の考え方(第2回)

中 道 宏……(69)

山 口 保 身

PPBSとシステム分析

那 須 丈 士……(83)

会 告

……(93)

編集後記

……(97)

## 農林省における電子計算機の共同利用と今後の問題

築 林 昭 明\*

### 1. 経 緯

農林省における電子計算機共同利用体制は、去る1月に正式に発足し、昭和46年度より本格化する段階にある。電子計算機の共同利用方式を推進することに決定した

のは、昭和44年の省内予算編成期であった。それまで電子計算機の導入は、部局庁別に独自の計画に基づいて行なわれ、当時の省内電子計算機設置台数は8セットに達し、処理能力からみた規模は総体的に云って小さく、また機械的メカニズムもかなりばらばらであった(表参照)。

表 昭和43年度利用電子計算機の概要

部 局 庁	導入年月	機 種	入力媒体	記憶容量 (キロビット)	適 用 業 務	共 同 利 用 参 加 年 月 <sup>1)</sup>
大臣官房	41. 10	FACOM 230-10	紙テープ	32	給 与 計 算	47. 1
統計調査部	39. 2	HITAC 3010	紙テープ カード	120	調 査 集 計	46. 1
〃	43. 1	NEAC 1240	紙テープ	48	流 通 情 報 サ ー ビ ス	—
農地局	44. 2	FACOM 270-20	紙テープ	256	設 計 計 算	47. 4
農林水産技術関係試験研究機関	41. 10	TOSBAC 3400-31 <sup>2)</sup>	カ ー ド	384	デ ー タ 解 析	46. 1
食糧庁	44. 3	FACOM 230-20	紙テープ カ ー ド	520	財 務, 在 庫, 輸 送	—
東京営林局		OUK 9200	紙テープ	98	給 与, 販 売	—
林業試験場	42. 4	NEAC 1240	紙テープ	96	給 与, 解 析	—
参 考	46. 1	HITAC 8500	カ ー ド	2,050	共 同 利 用	—

注 1) 共同利用参考部局庁は、上記のほかに水産庁(46.4)等があり、また適用業務も大幅に新しく追加されている。  
2) 民間機関設置システムの時間借り。

このような実態の下に、昭和45年度電子計算機関係予算要求に、統計調査部の大型電子計算機へのレベル・アップおよび農林水産技術会議関係試験研究機関の民間機時間借り方式から専用機導入方式への切換え等がみられた。当時、システム分析室の前身であるシステム企画調査推進事務局が、これら電子計算機導入要求に関する技術的検討に行なったが、次節で述べるように、部局庁——場合によっては課——単位に電子計算機導入計画を樹立する、個別導入方式は将来に禍根を残す恐れのある基本的問題点を含んでいるとの結論に達し、これに基づいて大臣官房が電子計算機共同利用に関する基本計画を立案し、この計画は農林省の方針として決定された。

省内の共同利用に供する電子計算機は、昭和45年度第

とともに(表1)、これら部局庁が保維持している既設電子計算機は撤去するかあるいは外部に発注していた計算委託を中止することとし、さらに共同利用電子計算機の運営に必要な計画立案等に関する調整は、昭和45年度より大臣官房に省令室として新設されるシステム分析室\*\*が行なうことに定められた。以上が、共同利用電子計算機設置に関する基本方針の概要であるが、現在までのところ当初定められた基本方針通りに、電子計算機共同利用体制は整備されつつある。

さて電子計算機に関する共同利用方式そのものは、個別導入方式が含まれている問題点に対する反省ないし批判のうえに考えられたものであるが、前者が後者に対するアンティ・テーゼとして強く意識された背景には、電子4四半期に統計調査部管理課(機械集計室)に導入・設置し、引続き当該課によって稼働させることとし、また共同利用電子計算機に対する参加部局庁の範囲は、昭和45年度第4四半期から昭和47年度に亘って順次拡大する

\* 農林大臣官房企画室システム分析室長

\*\* 当室は、電子計算機、システムおよびPPBS(Planning-Programming-Budgeting System)に関する企画、調査および連絡調整を担当している。

計算機技術の新しい発展段階や来るべき情報化社会への対応が留意されていた。とくに、電子計算機の大型化や高速性、電子計算機と通信回線との結合等にもみられるハードウェア技術の発展、バッチ処理からリアル・タイム処理、オンライン処理等への利用方式の拡大、単純事務計算処理から事務算理や計画立案等を目指す利用の高度化、他省庁や農林畜産業界等との情報の流通や交換を円滑にする N I S の成立等が考慮され、省全体として来るべき情報化社会に対応することが不可欠であり、このためには少なくとも省の資本装備の整備に混乱が生じないように配慮することが必要であると考えられた。

## 2. 個別導入方式対共同利用方式

部局庁（あるいは課）ごとに電子計算機を導入する方式は自然発生的な形態であり、この方式が共同利用方式に比べて優れている点は、導入部局庁の事務処理体制に密着した形で、電子計算機を自由に利用できることであろう。そこには「仲間同志の気安さ」がみられる。しかしながら、個別導入方式を省全体から評価するとき、次に述べるような幾つかの問題点が指摘できる。

(1) 利用権：個別導入方式では当然のことながら、電子計算機の利用は導入部局庁によって排他的に行なわれる。たとえ処理能力に余裕があっても、他部局庁の利用は通常起り得ない。かくして電子計算機 1 セットの処理能力に匹敵する程度の処理業務を有しない部局庁は、事実上、電子計算機利用の機会から排除されてしまう——当該業務が電子計算機処理に適しているかどうかということとは無関係に。このことは、長期的には、省全体として情報化社会に対応しようとする内部体制の整備を円滑に行ない得ない恐れをひきおこすかもしれぬ。

(2) 互換性：電子計算機を実際に利用するためには、プログラムを作成し、プログラムやデータの入力媒体（カード、紙テープ、磁気テープ）を作成することが必要である。この入力媒体の規格が電子計算機システムの間で必ずしも統一されておらず、機械的規格では特に磁気テープの場合が問題である。他方、コードの規格については、カード・パンチ・コードやオブジェクト・プログラム・コード等の電子計算機モデル間の相違が顕著である。異なるコード体系をつなぐ変換プログラムの作成は理論的に可能であるが、実際的にはパンチ・コードやデータ・コードに限られているようである。米生産費調査結果の定形的集計は統計調査部によって行なわれているが、これとは別に、米価審議会のための特別集計が食糧庁によって行なわれている。調査によって集められた原始データはカードにパンチされ、統計調査部の電子計算機でカード・ツウ・テープ工程を完了した後、この過程で発見されたデータ・エラーのリストとともにカードは、食糧庁の電子計算機による処理のために食糧庁に引

渡されている。昭和44年当時両者が有していたシステム、HITAC-3010 と FACOM-231 の磁気テープについては機械的互換性が存在しなかったが、現在設置されている HITAC-8500 と FACOM-230-25 の間には、磁気テープの機械的互換性については問題ない。したがって、磁気テープに記録されているデータについて HITAC-8500 用コードから FACOM-230 用コードに変換するプログラムを作成しておけば、統計調査部から食糧庁に引渡される材料は、データ・チェックの完了した磁気テープだけとなり、現在 FACOM-230 によって行なわれているカード・ツウ・テープは不要となる。このように、電子計算機システム間の互換性が完全でないと、電子計算機処理の形態が繁雑になり、その効率が全体として低められる。今後、電子計算機の処理能力が向上し、その利用分野が拡大するとともに、電子計算機を通ずる組織間の情報交換も拡大し、また情報処理の単位も組織を超えて形成されてくることも考えられるので、部局別導入方式がもたらすであろう小型多種モデルに帰因する互換性の不完全性は、情報化社会に意識的に対応する場合、見逃すことのできない問題であろう。

(3) 経済性：電子計算機の大型化につれて、一般に機械設置経費は処理能力に比べて割安になるので、個別導入方式は省全体としてみると、割高になっていると思われる。さらに、電子計算機の管理・稼働に必要な要員の数は、電子計算機による処理業務量に関係するよりむしろ設置台数に依存するので、この点に関する経費も割高になってくる。さらに、官庁において電子計算機関係技術者を維持することは益々困難になると思われるので、この種の技術者数を最低限におさえることが、電子計算機運営体制を整備する際重要な問題となる。なお電子計算機技術の進展は、電子計算機稼働の専門化を必要とし（いままではオペレータとプログラムはしばしば同一人であった）、高度な電子計算機を効率的に稼働しうるオペレータを確保することが今後重要になるであろうと認識するとき、問題はさらにきびしくなってくる。

電子計算機の個別導入方式は、いままでに触れたような問題点を含んでいるが、これらの問題点は共同利用方式への切換えによって基本的には解決される種類のものである。共同利用方式の下では、電子計算機の導入、配置は省全体の業務量を考慮して定められるので、僅かな業務量しか有しない部局庁でも電子計算機利用の機会はこの部局庁と同様に有し排除されることはなく、共同利用電子計算機が複数になる場合でも、互換性に対する配慮はむしろ自然であり、また経済性も相対的には有利となる。

(4) 規模：共同利用方式の場合には、個別導入方式に比べて電子計算機の規模は大で、このため個別導入方式では何れの電子計算機でも困難であったような大型計算

も、共同利用電子計算機によって容易に実行しうるであろう。

(5) 利用技術の標準化：互換性ととも電子計算機利用の標準化を達成するために必要な条件は、電子計算機利用技術の標準化である。コードの統一は事務のシステム化あるいはデータ・バンクの発展にとって不可欠である。また、問題向き言語フォートランやコボルにプログラミング言語を統一し、アセンブラの如き機械依存型言語をできるだけ制限し、さらにプログラミング技術を標準化することが、将来モデル・チェンジに伴う変換の経費や労力を最小化するために重要であろう。さらに、事務処理や解析の工程を標準化し、同一もしくは類似処理に必要なプログラムを利用プログラムとしてライブラリ化するならば、プログラミング労力を節減できるばかりでなく、プログラミングに熟知しない者にも、電子計算機利用の機会を与えることができるようになり、コンピュータ・アレルギーも大いに減ずるようになるであろう。このような利用技術の標準化は、共同利用体制の下で推進する方がはるかに容易であると思われる。

### 3. 今後の問題

現在推進中の電子計算機共同利用体制は、今後具体的な経験に基づく試行錯誤を経て強化拡充されることになると思われるが、さしあたり検討されるべき問題がある。

第1の問題は、本省内における共同利用電子計算機システムの拡充である。現在共同利用に供せられている電子計算機は大型ではあるが1システムに過ぎない。事務処理体制の異なる部局庁の性格の異なる業務を単一のシステムで処理することは何かと不便であり、複数個のシステム——たとえば大型と小型——を保維できれば、共同利用電子計算機の運営もかなり柔軟性に富むようになり、参加部局庁にとっても便利になってくるであろう。このことに関連して、食糧庁や林野庁の特別会計が保持している電子計算機に触れざるを得ない。昭和44年の省内編成期に電子計算機の共同利用体制が省の方針として定められたとき、これら特別会計についても例外措置は認められなかったが、共同利用体制に移行する時期につ

いては明示されなかった。これら特別会計固有の情報処理システムを、省全体の立場から具体的にどのように位置付けるかということは、今後検討すべき重要な課題である。

第2の問題は、電子計算機の全国ネットワークを通信回線を介してどのように形成していくかということであろう。現在電子計算機で処理されている業務は、この点に関連してつに大別される。中央と地方の間に連続した流れがみられる業務——たとえば統計調査部の調査や情報サービス——(の1部)が中央で集中的に電算化されている場合と、地方独自の業務——たとえば農地局の設計計算や価格積算あるいは試験研究機関の解析計算——が中央の電子計算機によって処理されている場合である。前者の場合には、一貫した業務の流れを中央と地方でどのように分担して電算化すればいいか、ということを変えて問題にしうるであろう。後者の場合には、電子計算機の利用者の結節点を、中央の電子計算機と通信回線で結合した端末機あるいは小型電子計算機によって、地方に設置すれば、ターンアラウンドタイムは短縮し、また利用の自由度も増加し、利用者にとって電子計算機の利用は一層便利になってくるであろう。このような相異なる性格の業務を考慮しながら、電子計算機の全国ネットワークを順次形成し、情報化社会に対応する省の技術的基盤を確立することが重要であろう。

第3の問題は、共同利用電子計算機運営に必要な組織の確立である。現在、統計調査部は、共同利用電子計算機の管理・稼動を行なっていると同時に、最大の利用部局庁であるという2重の機能を有し、このために共同利用電子計算機運営に関して調整機能を有する組織を別に設けているが、このような形態が今後も望ましいものであるかどうか、地方組織も含めて検討すべき重要課題となる。この点に関連して、今後ますます大型化していく電子計算機システムを省が直接運営することが得策かどうか、——場合によっては、システム全体の運営を外部に委託する方法も、検討に値するかもしれない。過渡的には、稼動だけでも外部に委託することも、代替案として考えられるであろう。

# 農村環境整備とシステムズアナリシス

笹 野 伸 治\*

## 1. まえがき

農村環境整備に関する研究は、農業土木試験場では昭和45年度から「環境整備研究室」の設置によって開始された。研究発足後まだ日も浅いので、本稿は「研究の成果の報告」としてではなく、「今後のとりくみ方への提案」として記す。なお、本稿は昭和46年4月8日の「専門別総括検討会議，電子計算部会」での報告に若干の修正を加えたものである。

## 2. 農村環境整備の思考法の特徴

### 1) 全体に着目してのち、部分を体系づける。

まず対象地域全体に着目し地域の中の農村，農村の中の農業，農業の中の土地基盤という具合に全ての関連因子の個々の目的と機能や相互の関連を明白に整理し認識する必要がある。部分から全体を眺め、「全体を認識しようとする努力」を途中で放棄し、「漠然とした全体像しか持たないまま部分の仕事に没頭する」ことは避けねばならぬ。さしあたって必要なのはシステムズアナリシス、(Systems AnaLysis, 以下S.A.と略称する。)的な思考法で、完成したシステムの運用や最適化にかかわるオペレーションズリサーチ(Operations Research, 以下O.R.と略称する)に本格的に取り組むのはしばらく後になりそうである。

### 2) 他人様の研究成果を集めて体系化するのもまた大切な仕事の一つである。

農村環境整備には非常に多くの分野が関係する。従来各分野で進められて来た各種の研究や個別の技術は、明確な目的と機能を有する一つの全体システムの中に位置づけられ、全体として一つの体系を形成しなければならぬ。この体系化自体が(従来にはあまり重要視されなかったが)一つの重要な仕事である。個々の分野の研究(例えば農村における下水道の整備技術など)を掘り下げること大切だがそれだけでは不十分である。

### 3) 目的関数が非常に複雑である。

定量化困難な社会科学的要因が多いのが特徴である。全体としての最適解を一義的に求め得るような数理的なモデルや目的関数は形成困難であろう。全体のシステムをいくつものサブシステムに分解し、そのうち数理的な扱いが可能なものは数理的的手法による最適化を、数理的

に扱えないもの(たとえば景観とか自然保護など)については人間の判断による最適化を試み、全体については人間が、判断を助けるための各種の指標値、(労働生産性とか、居住快適度とか、環境汚染度とか……)を有効に活用しつつ最適案へのアプローチをはかるべきだろう。その場合、各サブシステムの最適解の集積が必ずしも全体の最適解にはならない点に注意が必要である。地域、農村、農家といった生きた対象を相手にして無理な数値化をはかることは危険であろう。

## 3. 農村環境という概念

どのような要因がどのような因果関係によって結ばれているかについての認識にはかなりの個人差がある。図一にその認識の例を示す。(注一参照)またE.D.P.S.(注二参照)の活用を前提にした数値型のモデルとして完成している事例は私の知る範囲ではまだない。

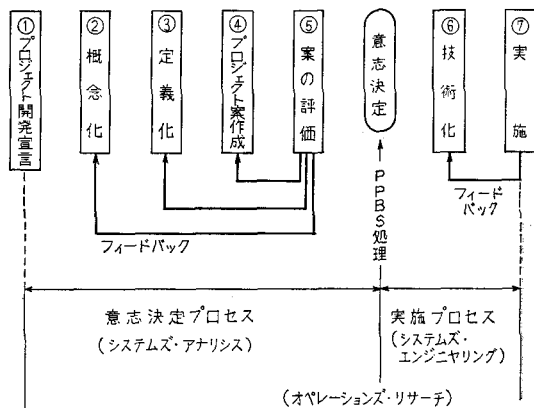


図1 プロジェクト計画実施のフローチャート

農村環境の認識の方法に個人差が大きいということは、開発構想をたてる時の発想法の違いも考慮すれば、「農村環境整備の方法論には、いくつかの流義が存在し得る」ことを暗示している。また「地域や農村の経営者」としての住民の側にも発想法や価値観にかなりの差があり、日本の風土の多彩さを保存するためにも住民の意志は最大限に尊重されねばならない。例えば経済上の合理性のみを迫る開発プランを行政力で一方的に押しつけるようなやり方は避けた方が良からう。多様な流義による多様な構想の中から、「判断に必要な能力を有する

\* 農林省農業土木試験場土地改良部環境整備研究室



地域の住民」がその責任において選択を行なうような仕組みにしておくことが良いと考える。

#### 4. S. A. の導入の是非と導入のための前提条件

##### 1) S. A. とは何か。

宮川公男氏によれば、「複雑な問題を解決するために、意志決定者の目的を的確に定義し、代替案を体系的に比

較評価し、もし必要あれば新しく代替案を開発することによって意志決定者が最善の代替案を選択する助けとなるように設計された体系的な方法」である。S. A. と O. R. や S. E. との関係については図-2 に示す。(注-3 参照) 本稿は農村の総合整備計画の策定に関連する各種の意志決定に S. A. の手法を適用することを目的としている訳である。

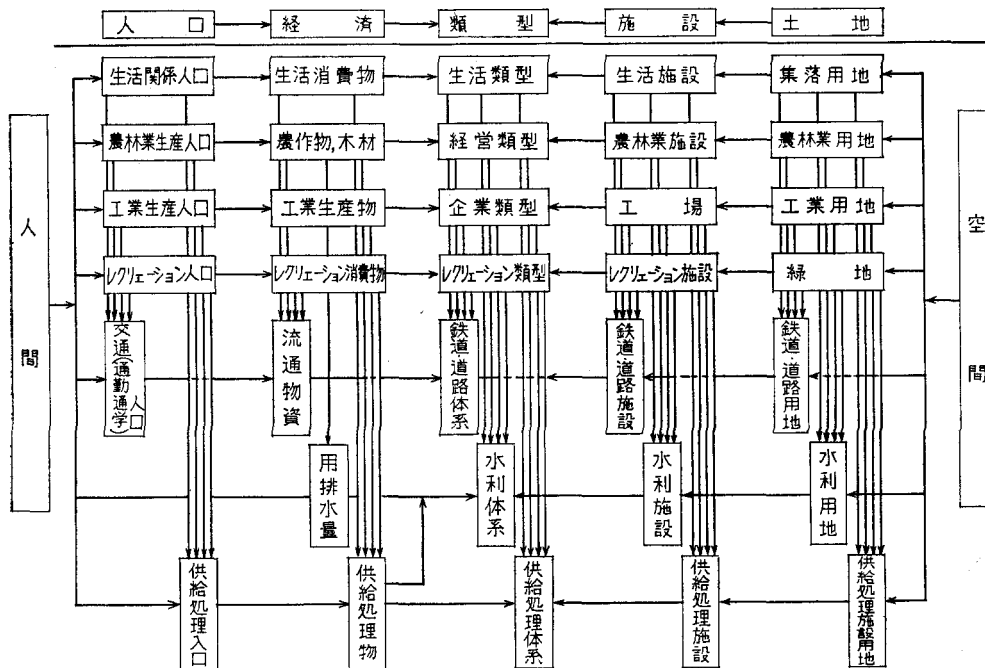


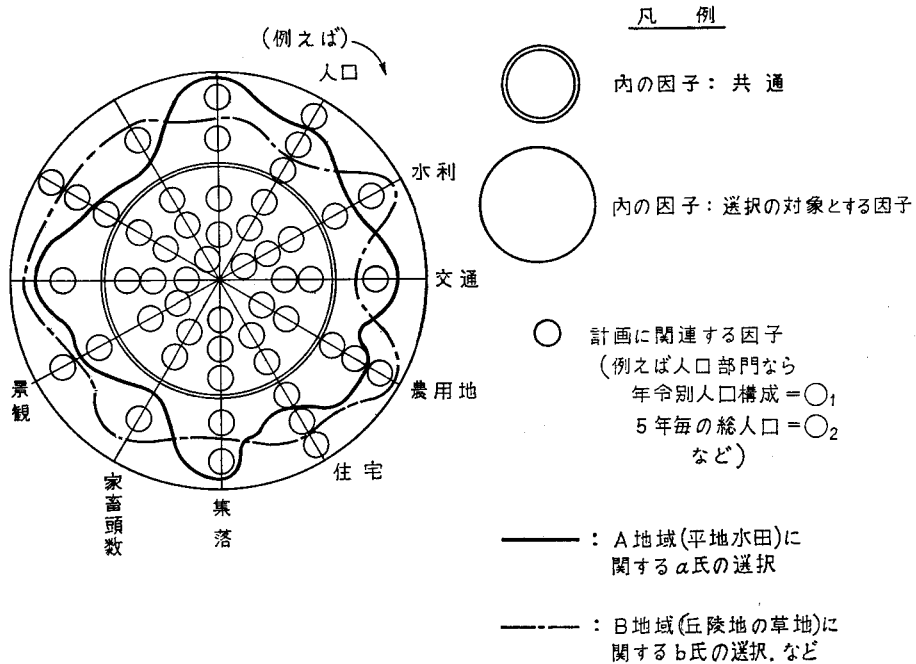
図-2 地域モデルの例

##### 2) S. A. 適用の是非

当然ながら、S. A. や E. D. P. S. の農村環境整備手法への適用については賛否両論がある。警戒的な立場の主な主張は、「発想法の硬直化」を招き、「E. D. P. S. による遊びに墮する」おそれがあるということであろう。『地域の風土の差、主要作目の差（水田地帯か酪農地帯かなど）、担当者の発想法の差などを考慮して自由かつ多彩に展開すべき構想が、たとえ精密ではあっても硬直化した手法体系の押しつけがあると生命力を失う。その結果農村は無理に類型化された不具者の農村となり、個性のない管理型の社会が実現してしまう。また在来の人手による作業を E. D. P. S. にやらせるだけの改革をするのなら意義が小さいし、E. D. P. S. 適用のための無理な基準化や数値化が行われる弊害も出て来るから結局のところプラスにはならないだろう。』といった主張であろう。推進論の立場の主な反論は「注意深く適用すれば発想法の硬直化は実用上避け得る」し、「E. D. P. S. の適用は、従来には考えられなかった多様な案の中からの適確な選択を可能にする大きな利点が

あるので、全体としては大きな進歩になり発想法を豊かにもする』ということであろう。私自身は後者の立場をとる。S. A. というのは先述の定義のとおり本来は発想法を多様にする性格を持っており、あらゆる場合を想定した総合的な体系を作って大巾な選択の余地を作れば硬直化は防ぎ得ると考える。少なくとも S. A. の導入を試みるだけの意味はある。

どの地域にも、どの作目の主産地にも、どの人の発想にも、基本的な共通部分があるはずだ。これを軸にして図-3 のように関連する要因を並べておいてはどうか。この中から各々の条件に合わせて要因を選択し、各々の要因組合せ毎に最適化に到る方法論を確立すれば良いことになる。個々の要因の最適化についてもいくつかの方法があるから（たとえば人口推計の方法、交通量の予測の方法など）、要因の内部についても選択の余地を残しておく必要がある。これにはぼう大な作業の積み重ねが必要であるが、既に開発された手法を有効に利用することにより、かなりの節減が可能になるであろう。また対象地域の大きさにより必要でない要因もある。農



図一三 関連因子の選択の模式図

林省がさしあたり手がけようとしている農村環境の総合整備事業(注一四参照)の対象は、いかに判断してそれほど大きな数の要因は考慮しなくても良いようである。

3) S.A.適用の前提条件

本格的な農村環境の総合整備事業を本格的なS.A.とE.D.P.S.の活用により推進しようとするなら、その前提として現状を大巾に改善する必要がある。

① 全国的なデータの整備。

「地域の特性を示すデータ」と「原単位(注一五参照)に関するデータ」が、E.D.P.S.への入力に適した形で整備される必要がある。これは莫大な量の仕事である。例えば3,000~5,000分の1の地形図、10,000~20,000分の1の航空写真、一定の型式の統計データ(世界農林業センサスの農家調査の集落別集計値など)があるか否かにより、S.A.の利用の有効性は大いに違って来る。このようなデータが完備されない限りE.D.P.S.を多用するS.A.の適用は時期尚早だという考え方もあり得る。

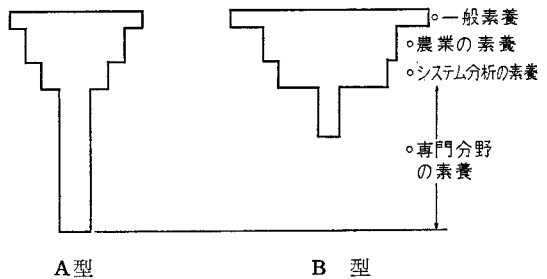
② 技術者の組織の改革。

「従来のような専門別の縦割り型」ではなく、「目的に応じて編成され完了すれば解散する多部門の専門家による横割り型」の組織が組めるような態勢をつくるのが望ましい。研究者についても、行政部門の技術者についても同様である。そうすると他部門の技術者との付き合いが非常に多くなって来る。農村環境の総合整備にしる、広域の地域開発にしる、一つの分野の技術者が単独

で担当することは、たとえ高度な特訓によりスーパーマンを養成し得たとしても避けるべきであろう。総合的な事業をS.A.の適用のもとに推進する場合には、どうしても上記のようなプロジェクトチームの編成が前提条件となるであろう。

③ 技術者の内容の改革。

プロジェクトチームによる仕事をやるためには図一四に示すような新しい型の技術者が必要であろう。B型の



注) 面積(横巾)がその部門での能力の大きさを示す

図一四 技術者のタイプ

人間は従来少なかった型のもので、プロジェクトチームの中では世話役に相当し、システムの設計と運営、および農業全般や社会全般に対する高度の能力を要求される。一部門の専門素養はあるが、A型に比べて浅い。A型は従来の専門技術者よりもプロジェクトチームの運営のために必要な素養と農業及社会全般についての素養の部分が補強されている。B型の人間にとって一部門の専

専門家としての根が浅くなるのはつらいことだが「世話役」「まとめ屋」「システム屋」それ自体が専門業であると考えざるを得まい。農業土木技術者のタイプも今後多様化せざるを得ないだろうが上記のような型の技術者の育成も忘れてほしい。

また、責任の所在についての考え方も「プロジェクトチームの全員が意志決定に参画し全員が責任を負う」という方向に変わって行ってほしいものである。そのためにはたとえば、全員参加のPERTとかK.J.法(注一6参照)などの手法の専入が必要であろう。委員会の幹事が一つの案を作って提出し、各委員が注文をつけてこれを修正して成案とするやり方は、地域の総合開発計画の策定には不向きかと思われる。全員のブレインストーミング(Brain storming)(注一7参照)に始まる一連のとりまとめ手法(注一5の本に詳しい解説がある)により最初から衆智を合成して構想を作る方がよいようである。幹事役がそれなりの発想のパターンに従って杉の木型の型をした素案を作って入力すると委員達はその幹を曲げたり楠の枝や桜の枝を接木したりして結果としては珍妙な首尾一貫しない木が出力されて一同満足するという、パーキンソン氏(注一8参照)が失笑しそうな仕事をやってしまうことを怖れねばならぬ。また幹事提案による方式では、幹事も委員も「これは自分の案ではない。主たる責任は私ではない」と考えがちである。「最初から衆智を集めて全員の責任で構想を組立てる」方式の方がより良く責任を感じ得るであろう。

#### ④ 地域住民の参画と訓練

「地域の経営者」は地方自治体を含めた地域住民である。開発計画策定者は「経営コンサルタント」であって経営者にはなり得ない。先に述べた「多様な案の中からの選択」の主体は地域住民の側になければならぬ。計画策定者は提示した案の内容に責任を持ち、経営者は選択した案の運用に責任を負うべきである。

これを可能にするためには地域住民に対する豊富な情報の提供、組織的な訓練、説得の努力などが必要である。これらの努力は地域住民の側からの自主性と自己負担により、担当官庁側からの援助も加味して開始されねばならぬ。地域住民の側がすぐれた経営者に成長してくれることがS.A.を駆使する地域計画や農村整備計画を意義あらしめる大きな前提条件である。

### 5. 現実に取り組むべき業務

#### 1) 農村環境の総合整備事業の実施に必要な計画手法体系の開発

長期的には「地域の総合開発計画の手法体系」ととり組むべきであろうが、現実の課題としては「農業基盤総合整備パイロット事業」などの推進のための手法体系の開発が要求されている。(農業土木学会に「農村環境整

備調査委員会」が設置され、昭和45年度より計画手法体系の整備にとり組んでいる。当研究室もこれに参加している。)

S.A.を導入した場合の計画樹立業務のあり方として下記のような方法を提案する。

#### ① 準備作業

a. 計画に関与する要因を選び相互の因果関係を明確に認識する。

b. 全ての作業を工程別に分割する。(図一5参照)

c. 全ての作業を部門別に分割する。(人口部門、交通部門、水利部門など)

b及cによって分割された単位が一つのサブシステムとなる。(たとえば、交通部門の現況の診断とか、水利部門の構想立案など)

#### ② 個々のサブシステムの点検整備

この作業は非常にぼう大な仕事になる。既に開発された手法があれば有効に活用し、全てのサブシステムを動員可能な状態にする。境界領域として空白になっているものは早急に開発する。いわば「部品の点検整備」である。

#### ③ 全体システムの組立てと運用の実験

何通りかのサブシステムの組み合わせ(たとえば平地の水田地帯とか丘陵地の酪農地帯とかを想定して選ぶ)について、最適案を得るまでのアプローチの方法、使用すべき諸指標値(労働生産性指数とか、面積当りの公共事業費とか、環境汚染指数とか……)の内容などを決めて実験的に運用し、その方法が現実合うかどうかを検証する。「部品の組立て実験と試運転」に相当する。

以上①～③が研究者と研究的現場技術者の仕事である。

#### ④ 事業の制度や予算の枠の検討、他の行政機関との調整、技術者の確保と訓練など

これは行政機関の技術者の仕事である。

#### ⑤ 調査および計画立案、実施

これは現場技術者の仕事である。詳細を図一5に示す。

この中でE.D.P.S.が有効に活用できそうな部分は、「②の基礎データの収集を全国的な統計数値のファイルから高速で検索、印刷し、基礎的な諸指標値(人口密度、過疎化の危険度、平均経営規模、平均所得など)を付して提供すること。」「④のデータ収集については、全国的な統計数値ファイルなどからの検索、印刷と、各種の様式のアンケート調査やメッシュ調査の集計や分析など。」「⑤の現況診断と未来予測については、④の数値を用いた各種の指数値(環境の居住快適指数など)や要注意事項などの一進の事項についての診断書の迅速な作成など。」「⑥の構想立案では、たとえば何種類もの営

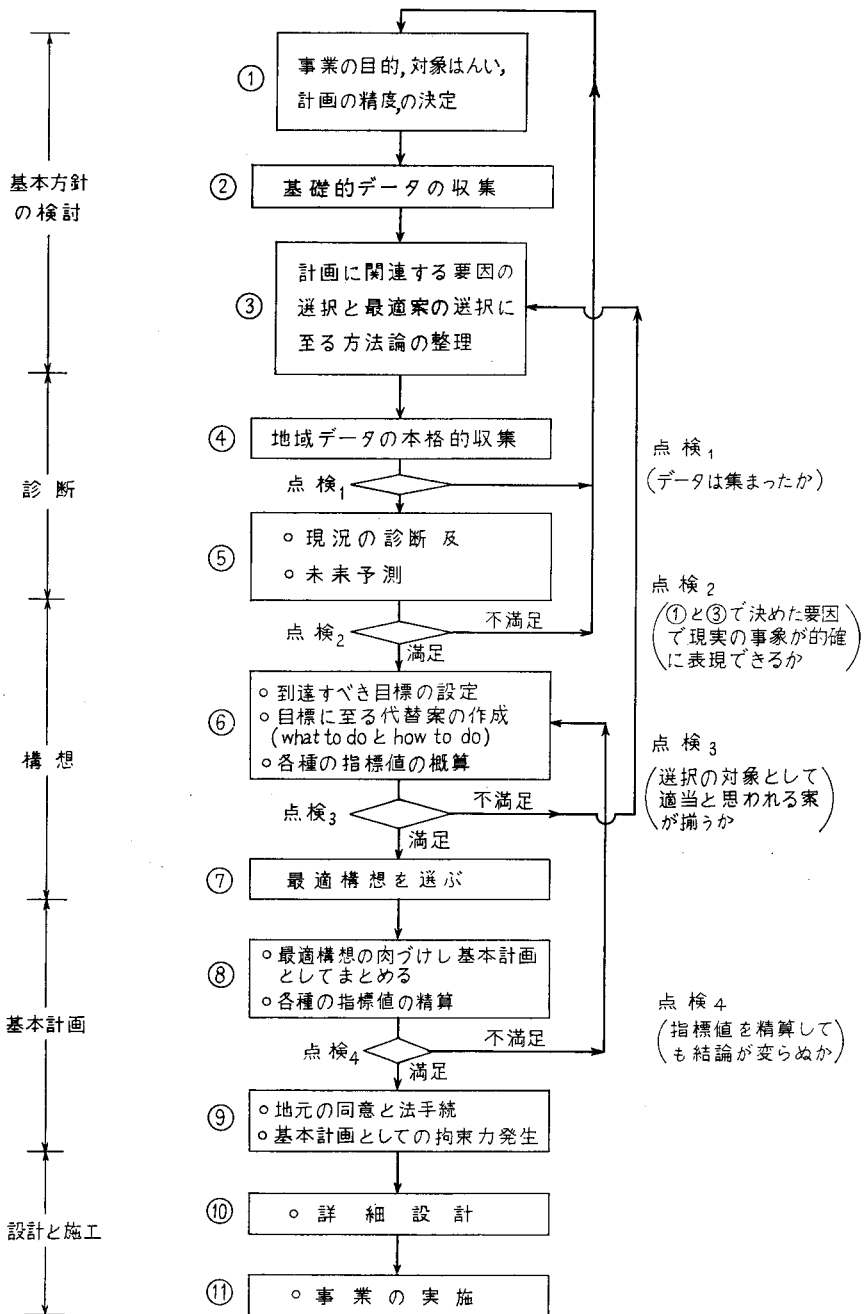


図-5 作業の流れ

農計画, 何種類もの道路の路線設計などについて, 各々の特性を示す指標値や問題点注記を付して報告する」などであろう。E. D. P. S. の使い方としては比較的初歩的なものとなる。最適案の選択は公共事業としての公平性をチェックするフルイにかけて残ったものの中から, その案の特性を示す指標値群の総合特性を参考にして (たとえば A 案は労働生産性は非常に高いが人口密度が小さすぎて過疎化する危険がある。B 案は労働生産性は

低いが適度な居住快適度になり, 自然破壊が少ない。などの比較をする) 行なうことになる。

## 2) 業務全体の管理手法

上に述べたような各種の業務を予算と時間と人員の制約のもとに計画し, 管理する必要がある。PERT/TIME, PERT/COST, P. P. B. S. などの手法が有効である。

この種の手法の適用に際しては, 各種各段階の作業に

ついて、費用、時間、人員に関する歩掛りが必要となる。

本稿のような「研究者による手法開発」は、地域指導者の育成や事業制度の検討などの諸要素と共に、農村環境の総合整備という全体の作業の中でその目的と役割を意義づけられねばならぬ。農村環境の総合整備は日本の農業、日本の社会をどうするか、という全体の仕事の中で、平面的にも、歴史的にも位置づけられねばならぬ。そして我々技術者は自分の参画した仕事に関して社会と歴史に対して責任を負わねばならぬ。S.A.の導入は、やり方を誤れば個々の構成員が全体の目的を知ることができない「管理型の社会」をもたらす恐れがある。「システムの設計と管理はそれに参画する全員の創意と責任において行なう」ことが、我々技術者の社会的責任を明らかにする上でも重要な前提であろう。

## 6. データの点検と整備

4-3-①に述べたように各種のデータの点検と整備が必要である。

### 1) 地域データの内容

#### ① 土地に関するデータ

国土調査の成果が注目される。既存の地籍図の精度は低い。国土調査の進捗率は昭和44年度末で全国の約7%であるから(注-9参照)大部分の地域では不完全なデータを用いて作業せざるを得ない。

#### ② 社会全般に関するデータ

国勢調査をはじめとする公共機関の統計数値である。集落単位の値がわかりにくい点の問題である。

#### ③ 農業に関するデータ

世界農林業センサスが主体である。

### 2) 地域データの型式

#### ① メッシュ型のデータ

たとえば1km方眼に地域を区分し、気象、地形、人口などの基本的なデータを1コマ毎に記録し、E.D.P.S.による各種の処理を行なう。最近各方面で使用されており、農林省では、大規模畜産団地の開発計画などにおいて実用化されつつある。(注-10参照)

#### ② 等高線図や地質区分図などの型

たとえば等高線による地形図や等雨量線図、多色刷りの地質図など。必要に応じてメッシュ型のデータに変換できる。

#### ③ 集落単位のデータ

世界農林業センサスはこの型のデータを提供してくれる。メッシュ型と同様E.D.P.S.向きである。

#### ④ 各人又は各戸別のデータ

アンケート調査の結果など。国勢調査や世界農林業センサスもこの単位から出発するが公表しない。個人の名前はわからないが演算だけはさせてくれるプログラムが

作れると好都合である。

#### ⑤ その他

交通部門における交通量調査など一般のもの。

### 3) 原単位データ(注-5参照)

農業土木技術者が水理計算を行う時、粗度係数の数値は直ちに知り得る。農村環境の整備についてもこのような「原単位」は数多く必要だが、まだ充分な研究成果がない。今後の整備が必要である。

#### ① 原単位の種類

- 現況診断用; 現時点の全国平均値や最低限度の合格基準値など。
- 計画立案用; 未来予測による目標値を含む計画目標時点の原単位
- 点検用; 公共事業としての公平性を保ち、地域の利己主義を規制するための構想をフルイにかける時の合格基準,

#### ② 原単位の内容

- 数値; 単純な平均値など
- 指模値; たとえば、重回帰分析、Guttmanの対比較法、(注-10参照)、主成分分析、などにより算出される各種の数値・居住快適度とか、耕地化適性度などに関するもの。
- ランクづけ; 良, 中, 不良など。

### 4) データ銀行の必要性

全国各地域の地域データ、各部門にわたる文献のデータなどを集めて管理する機関とそのシステムの開発が必要である。

たとえば世界農林業センサスの集落別データについて、電話で集落番号と報告すべき内容の様式番号を指定すると、その地域のデータと一定の内容の地域診断表を直ちに出力してくれるような機関が存在すると非常に便利である。今後の需要次第だが、民間会社による商業ベースの運営も含めて可能性を検討すべきであろう。

## 7. あとがき

S.A.の導入による計画策定作業の具体的な事例についてはいずれ稿を改めて報告する。

また本稿に示した発想の中には何人かの先駆者から受けた影響をもとにして形成されたものも多い。その全てについて注記することも不可能なので御容赦願うと共に、感謝の意を表する。

注) -1 北村貞太郎「土地利用計画の構成」農業土木研究第38-8号(1970)

注) -2 Electronic Data Processing Systemの略。計算機ではなくデータ処理機構だという意味でこの語を用いた。

注) -3 中村充「浅海開発におけるシステムズアナリシス」昭和45年度専門別総括検討会議資料(1971)

- 注) - 4 農地局農業土木企画委員会「新しい村づくり、農村整備事業の提唱」農業土木第255号(1971)
- 注) - 5 原単位とは、例えば人間1人当りの上水道消費量などの「計画立案に必要な模準的数値」を意味する。
- 注) - 6 川喜田二郎「発想法」中公新書
- 注) - 7 自由討論とでも訳すべきか。

- 注) - 8 C.N.パーキンソン。「パーキンソンの法則」(至誠堂1961年)の著者。
- 注) - 9 今岡浩「国土調査の現況」農業土木研究第38-8号(1970)
- 注) - 10 塚原真市「広域農業開発調査地域における農業適地選定の一手法について」昭和45年度専門別総括検討会議電算部会資料(1971)

土地改良事業および災害復旧事業等で施工される水路の

設計積算業務の合理化を可能にする!

## 『鉄筋コンクリートフリーフォーム標準設計』

農林省農地局制定〔昭和45年10月7日付45農地D第945号(設)農地局長通達〕

全国農業土木技術連盟発行

A3判 オフセット印刷 86頁・表紙ビニール張  
 バインダー綴  
 頒価 3,000円(送料無料)

### 目次

1. 概要
2. 適用上の留意事項
3. 適用除外
4. 設計条件
5. 適用方法
6. 適用例
7. 水理計算図表

### 附図表

- 標準設計諸元一覧表 ( $\sigma_{ca}=70kg/cm^2$ )
- 標準設計諸元一覧表 ( $\sigma_{ca}=60kg/cm^2$ )
- 標準設計記載例図面
- 水理計算図表
- 標準設計図面

### 特長

1. 煩雑な曲げモーメント計算、鉄筋量の計算、および製図が下要である。
2. 66枚の図面で約1,400ケースを網羅している。

3. 載荷重の大きさと計画水路内幅の値を知れば、表により該当する図面を選定することができる。
4. 自動車荷重、盛土荷重等の載荷重の計算が簡単である。
5. 材料の数量計算が簡単である。

### 概要

1. 対象水路：現場施工の長方形鉄筋コンクリート水路
2. 対象範囲：水路壁高……50cm~125cm(5cm間隔)  
水路内幅……水路壁高の2倍
3. 図化枚数：66枚
4. 設計条件：鉄筋の許容引張応力度(SD30)  
 $\sigma_{sa}=1800kg/cm^2$   
 コンクリートの許容曲げ圧縮応力度  
 $\sigma_{ca}=70kg/cm^2$ ( $60kg/cm^2$ の場合も適用可能)  
 土砂(地下水位より上)の単位重量  
 $1.8t/m^3$ ( $1.6t/m^3$ の場合も適用可能)

申込先 全国農業土木技術連盟

〒105 東京都港区新橋5-34-4 農業土木会館内  
 電話 03(434)5407  
 振替口座東京 54171

# 広域農業開発調査地域における農業開発適地 選定の一手法について

塚 原 真 市\*

## 1. 調査の目的

農林省は、昭和44年度から内地3地域（北上、北岩手（岩手）、阿武隈・八溝（福島・茨城・栃木）、阿蘇・久住・飯田（熊本・大分））、北海道1地域（根室中部）において広域農業総合開発基本調査を実施している。この調査の目的は『畜産物需要の増大に対処し、畜産物の安定的供給と生産性の向上を図るため、土地の高度に開発利用による経営規模の拡大と近代化を急ぐ必要があり、この観点から未利用または低利用のままに放置され、今後の開発の可能性が大きいと認められる山林原野等の大規模な未開発地域を対象として、今後期待される最高度の畜産経営の創設とそれにふさわしい生活環境の整備を行ない、あわせて地域の農業構造の改善を進めるため、その地域の農業開発に必要な基礎的資料を得るための調査を行ない、その結果に基づいて総合的な広域農業総合開発基本計画を作成する』ことである。

本調査の一環として昭和45年度において、調査調整費により北上・北岩手と阿蘇・久住・飯田の乙地域で「広域農業開発基本調査と大規模林業圏開発基本計画調査との調整調査」を実施している。この調査は、広域農業開発基本調査と大規模林業圏開発基本計画調査が従来の農林業開発の枠を越えた総合的広域的な地域総合開発を意図するものであるため、調査計画も広範にわたっており調査対象地域も広大な未開発地域であるので、両調査に共通する土地、気象、河川、および水に関する自然条件、土地利用ならびに交通立地等の社会的経済的諸条件を科学的かつ総合的に把握し、情報を処理解析することにより農業開発と林業開発との土地利用区分樹立のための基礎資料とするものである。この諸条件を科学的かつ総合的に把握し情報を処理解析する手法として「メッシュ調査」を採用した。

## 2. メッシュ調査の内容

従来の開拓適地の選定は、目的に合致した精度の地形図を基礎として、土地の傾斜度、土層の厚さ、土性、礫の含有率等について、夫々の分布図を作成し、これを重ねて透写してトレスして総合的に土地分級を行ない、更に植生、土地所有区分等の分布図を重ねて透写トレスす

るという手作業によっている。傾斜度の分級の電算機利用とか、図面を切り抜いた面積、光学的測定といった方法も部分的には採用されつつある。しかし広大な面積の場合には重ねて透写して総合分級するという方法では膨大な労力が必要となり、かつ短時間に作業することは極めて困難である。まして組合せる条件を変更するとすると、その都度透写トレスをすることになり不可能に近い作業量となる。

農業開発と林業開発との土地利用の調整を進めるには、夫々の適合条件を与えて土地を選定することになるが、双方が合理的な一致点に達するまでにはこの適合条件について相当のトライアルが必要とされよう。これを従来の方で行なうことは不可能なことであるが、その解決法として、国土調査で実施されているメッシュ調査の手法を適用して、トレス、プランメーター求積等の手間を電算機に肩替りさせるようというものである。

メッシュ調査の手法とは、図面を縦横夫々の等間隔の座標線で切ってメッシュを画き、このメッシュに番号（X, Y, 座標値）をつけ、一つのメッシュについて調査項目を記号化したものと、そのカテゴリーを記号化したものを全調査項目について電算機に入力記憶させて、任意に必要な調査項目のある数値区分に該当するメッシュ番号を容易にさがし出して、その番号、該当するメッシュの数の合計等を求めたり、（これを単純集計と称している）、必要とする調査項目と数値区分を多数指示してさがし出すこと（クロス集計と称している）を容易にする方法である。単純集計は従来の基本図に相当し、クロス集計は重ねて透写した総合図に相当する。更に計算結果を印写する場合、メッシュの座標値に相当した平面位置に印写すれば、それはそのまま総合分級図となる。図-1は建設省が行なったメッシュ調査による大阪府の人口分布予測のラインプリンターである。\*(1)

北上・北岩手地域及び阿蘇・久住・飯田地域で採用したメッシュ調査の概要は次の通りである。

- (1) シッシュ調査の対象地域は北上・北岩手地域 10,600 km<sup>2</sup>、阿蘇・久住・飯田地域4,000km<sup>2</sup> とする。
- (2) 調査は主として空中写真、土地分類調査等既存の各種成果を利用して行ない、未収集資料については補完のための現地調査、地元聴取などの情報収集手

\* 農地局計画部技術課

\*\*\*\*\* DISTRIBUTION OF POPULATION \*\*\*\*\* (S40)

	1		2		3		4		5		6		CASE NO. 1-4
	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890		
1													.....XX
2													.....XX
3													.....XX
4													.....XX
5													.....XX
6													.....XX
7													.....XX
8													.....XX
9													.....XX
10													.....XX
11													.....XX
12													.....XX
13													.....XX
14													.....XX
15													.....XX
16													.....XX
17													.....XX
18													.....XX
19													.....XX
20													.....XX
21													.....XX
22													.....XX
23													.....XX
24													.....XX
25													.....XX
26													.....XX
27													.....XX
28													.....XX
29													.....XX
30													.....XX
31													.....XX
32													.....XX
33													.....XX
34													.....XX
35													.....XX
36													.....XX
37													.....XX
38													.....XX
39													.....XX
40													.....XX
41													.....XX
42													.....XX
43													.....XX
44													.....XX
45													.....XX
46													.....XX
47													.....XX
48													.....XX
49													.....XX
50													.....XX
51													.....XX
52													.....XX
53													.....XX
54													.....XX
55													.....XX
56													.....XX
57													.....XX
58													.....XX
59													.....XX
60													.....XX
61													.....XX
62													.....XX
63													.....XX
64													.....XX
65													.....XX
66													.....XX
67													.....XX
68													.....XX
69													.....XX
70													.....XX
71													.....XX
72													.....XX
73													.....XX
74													.....XX
75													.....XX
76													.....XX
77													.....XX
78													.....XX
79													.....XX
80													.....XX
81													.....XX
82													.....XX
83													.....XX

図一 昭和 60 年人口分布

段により行う。  
 (3) メッシュの画定は行政管理局所管統計審議会標準メッシュ体系を使用することとし、規格は経度22.5秒、緯度15.0秒の経緯線で区画された方眼（面積約0.25 km<sup>2</sup>）とする。

(4) 調査項目は次のとおりであり、各項目ごとのカテゴリー-基本図、調査方法は別表のとおりである。  
 項目 小項目  
 地域区分; 市町村区分  
 気象; 年平均気温、雨量指数、年平均降雨量、



既往最大年降雨量, 既往最少年降雨量,  
既往最大日降雨量, 1/10, 1/50, 1/100,  
確率日雨量, 積雪期間, 霜期間

地 形; 傾斜度, 方位, 標高  
地 質; 地質時代, 岩石の種類  
土 壤; 土壌の種類, (以下阿蘇のみ)土性, 土層  
の厚さ

河川, 水; 濁水比流量, 最大比流量

土地利用; 土地利用, 土地所有

交通立地; 都市までの距離, 道路までの距離, 駅ま  
での距離

保 全; 土地利用規制

社会経済; 人口密度, 人口増減, 地価評価

(5) 調査結果としては各調査項目ごとの基本図とその  
基礎データ, 数種のクロス集計結果によるメッシ  
ュ化基図とその集計表などである。

### 3. 農業開発適地選定の一手法

メッシュデータの最も重要な利用は電算機内で種々  
の分析をすることであり, 最も簡単な単純集計から, 多  
項目の組合せによる条件の合うものの選定, 時系列変化,  
将来予測などを行うことにより開発計画, 地域計画など  
行政施策に役立てることである。このためにシステム設  
計, プログラムの作成, シミュレーションなどが行なわ  
れる。

ここではその一例として, 各メッシュの項目ごとの調  
査結果を利用して, 各メッシュごとに農業開発としての  
評価を L. Guttman の一対比較法<sup>(2)</sup>により行い, 広域  
農業開発基本計画の土地利用計画樹立のための基本資料  
にしようとするものである。

以下一対比較法について事例をあげて記述する。

#### (1) 考え方の基本

30個の要素を  $x_j (j=1, 2, \dots, 30)$  であらわすとき,  
これらの線形結合

$$L = X_1 + X_2 + \dots + X_{30}$$

の値で各メッシュを評画して, その数値の大小によっ  
て農地に適する程度を判定する。

このために, 統計的手法を用いて, 各要素, 各カテ  
ゴリーにどのような数値を与えたらよいかを算定する。

#### (2) 作業の順序

① 専門家の判断によって各要素毎に各カテゴリー  
を農地に適する度合いによって, 3段階(上中下)  
にわけて優劣の順序をつける。この際意見をきく専  
門家は10名程度とする予定

② 30個の要素を6個を1群として, 7個の群に分  
ける。この際各群間に2個の共通要素を含ませる。

③ 各群毎に数量化して, 各要素の各カテゴリーに  
如何なる数字を与えたらよいかを決定する。このた

めに L. Guttman の一対比較法を用いる。(3)尺度  
比の方法参照)

④ ①, ③項に必要な各段階間(要素内, 要素間)  
の優劣の判定についてはなるべく多数の専門家の判  
定を総合してその偏りを防ぐ。

⑤ 各群間の共通要素を用いて基準とする群の尺度  
に合うように他の群の尺度を変換する。

⑥ 各メッシュごとに上述の数値を代入して, 総和  
Lを求め, その大小によって農地適の度合を判定す  
る。なおその結果はメッシュマップに記入し, 農地  
に適する程度によって数個の階級に分け, コンター  
マップとして表現する。

⑦ 上述の結果に基づき専門家の意見を総合して,  
開発構想, 土地利用計画などの提案を行なう。

#### (3) 尺度化の方法

L. Guttman の一対比較法による尺度化の方法につ  
いて調査項目のうち, 標高濁水比流量, 都市までの距  
離の3項目のみについて例示的に説明する。

項目 \ 段階	1	2	3
1. 標 高	0~800 m	800~1,200 m	1,200以上 m
2. 濁水比流量	0.1m <sup>3</sup> /sec/100 km <sup>2</sup> 未滿	0.1~1.0	1.0以上
3. 都市までの 距離	5 km 未滿	5~30km	30km以上

求める点数を項目, 段階順に

$$x_{11}, x_{12}, x_{13}$$

$$x_{21}, x_{22}, x_{23}$$

$$x_{31}, x_{32}, x_{33}$$

とおき, それぞれの評点を求める。

上表の3項目をそれぞれ2項目づつについて各段階  
ごとの優劣を表-1, 表-2, 表-3のごとく判定す  
る。

表-1 標高と濁水比流量の比較表

>	0 <sub>21</sub>			0 <sub>12</sub>			0 <sub>13</sub>			計 a <sub>ijk/pr</sub>	
	0 <sub>21</sub>	0 <sub>22</sub>	0 <sub>23</sub>	0 <sub>21</sub>	0 <sub>22</sub>	0 <sub>23</sub>	0 <sub>21</sub>	0 <sub>22</sub>	0 <sub>23</sub>		
0 <sub>11</sub>	0 <sub>21</sub>	—	0	0	0	1	1	0	0	1	3※
	0 <sub>22</sub>	1	—	0	1	0	0	1	1	0	4※
	0 <sub>23</sub>	1	1	—	1	1	1	1	1	1	8※
0 <sub>12</sub>	0 <sub>21</sub>	1	0	0	—	0	0	1	0	0	2
	0 <sub>22</sub>	0	1	0	1	—	0	1	1	1	5
	0 <sub>23</sub>	0	1	0	1	1	—	1	1	1	6
0 <sub>13</sub>	0 <sub>21</sub>	1	0	0	0	0	0	—	0	0	1
	0 <sub>22</sub>	1	0	0	1	0	0	1	—	0	3
	0 <sub>23</sub>	0	1	0	1	0	0	1	1	—	4
計 b <sub>ijk/pr</sub>		5	4	0	6	3	2	7	5	4	

表一 2 標高と都市までの距離の比較表

>	0 <sub>11</sub>			0 <sub>12</sub>			0 <sub>13</sub>			計 $a_{ijk/pr}$
	0 <sub>31</sub>	0 <sub>32</sub>	0 <sub>33</sub>	0 <sub>31</sub>	0 <sub>32</sub>	0 <sub>33</sub>	0 <sub>31</sub>	0 <sub>32</sub>	0 <sub>33</sub>	
0 <sub>11</sub> 0 <sub>31</sub>	—	1	1	1	1	1	1	1	1	8※
0 <sub>32</sub>	0	—	1	1	1	1	1	1	1	7※
0 <sub>33</sub>	0	0	—	0	0	1	1	1	1	4※
0 <sub>12</sub> 0 <sub>31</sub>	0	0	1	—	1	1	1	1	1	6
0 <sub>32</sub>	0	0	1	0	—	1	1	1	1	5
0 <sub>33</sub>	0	0	0	0	0	—	1	1	1	3
0 <sub>13</sub> 0 <sub>31</sub>	0	0	0	0	0	0	—	0	0	0
0 <sub>32</sub>	0	0	0	0	0	0	1	—	1	2
0 <sub>33</sub>	0	0	0	0	0	0	1	0	—	1
計 $b_{ijk/pr}$	0	1	4	2	3	5	8	6	7	

表一 3 湧水比流量と都市までの距離の比較表

>	0 <sub>21</sub>			0 <sub>22</sub>			0 <sub>23</sub>			計 $a_{ijk/pr}$
	0 <sub>31</sub>	0 <sub>32</sub>	0 <sub>33</sub>	0 <sub>31</sub>	0 <sub>32</sub>	0 <sub>33</sub>	0 <sub>31</sub>	0 <sub>32</sub>	0 <sub>33</sub>	
0 <sub>21</sub> 0 <sub>31</sub>	—	1	1	0	0	1	0	0	0	3
0 <sub>32</sub>	0	—	1	0	0	0	0	0	0	1
0 <sub>33</sub>	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0
0 <sub>22</sub> 0 <sub>31</sub>	1	1	1	—	1	1	0	0	0	5
0 <sub>32</sub>	1	1	1	0	—	0	0	0	0	3
0 <sub>33</sub>	0	1	1	0	1	—	0	0	0	3
0 <sub>23</sub> 0 <sub>31</sub>	1	1	1	1	1	1	—	1	1	8
0 <sub>32</sub>	1	1	1	1	1	1	0	—	1	7
0 <sub>33</sub>	1	1	1	1	1	1	0	0	—	6
計 $b_{ijk/pr}$	5	7	8	3	5	5	0	1	2	

前表の縦欄の (0<sub>11</sub> 0<sub>22</sub>) と上欄の (0<sub>12</sub> 0<sub>21</sub>) の比較の結果が 1 となっておれば、前者の方が適地だと判断されたことになり、0 となっておれば後者が適地だと判断されたことになる。どちらでもよいとか、わからないという判断を行なうことは許されないものとする。

対角線上の一は比較しないもの、対角線より下半分は、上半分がわかればおのずから定まるもので、対称の位置にあるものは加えると必ず 1 (何れかに与えるから) になっている。

この判断表は各判断者によって異なるのが普通であろうが、ここでは便宜上すべて同じ判断が行なわれたとして  $x_{jk}$  を求めてみる。

いま、第  $j$  項、第  $k$  項目の組合せで (0 <sub>$j$  $p$</sub> , 0 <sub>$k$  $r$</sub> ) と (0 <sub>$j$  $q$</sub> , 0 <sub>$k$  $s$</sub> ) とを比較するときを考える。 $p, r, q, s$  はそれぞれの項目中の段階を示す。

$$e_{ijk/pr/pr,qs} = \begin{cases} 1, & i \text{ なる人が } (0_{jp}, 0_{kr}) > (0_{jq}, 0_{ks}) \\ & \text{と判断したとき} \\ 0, & \text{その他の時} \end{cases}$$

$i=1, 2, \dots, N$  (判断者の数)  
 $j, k=1, 2, \dots, n$  (項目の数)  
 $p, q, r, s=1, 2, \dots, m_j$  (段階の数)

$$a_{ijk/pr} = \sum_{q,s} e_{ijk/pr,qs}$$

$$b_{ijk/pr} = \sum_{q,s} e_{ijk/pr,qs}$$

$$C_{jk/pr} = \sum_i (a_{ijk/pr} + b_{ijk/pr})$$

$$f_{ijp} = \sum_{kr} a_{ijk/pr}, \quad g_{ijp} = \sum_{kr} b_{ijk/pr}$$

$$A_{ip} = \sum_j (f_{ijp} + g_{ijp}) = \sum_{kr} C_{ik/pr}$$

$$F = \sum_{jp} f_{ijp} = \sum_{jp} g_{ijp}$$

$$h_{jk/pr} = \frac{1}{F} \sum_i (f_{ijp} f_{ikr} + g_{ijp} g_{ikr})$$

とおくとき

$$\sum_{kr} x_{kr} h_{jk/pr} = \frac{1}{2} E^2 (x_{jp} A_{jp} + \sum_{kr} x_{kr} C_{jk/pr})$$

を満足するように  $x_{kr}$  を定めればよい。ここで  $E$  は相関比である。

上式は行列記号を用いて書くと  
 $xH = \lambda x(A+C)$

または  $xH(A+C)^{-1} = \lambda x, \quad \lambda = \frac{1}{2} E^2$

この式で最大の固有値 (ただし trivial でないもの)  $\lambda$  に対応する固有ベクトル  $x$  を求めればよい。

上述の例では次のようになる。

表一.2 の※印を加えると  $f_{i11}$  が得られる。

$$f_{i11}=34 \quad f_{i12}=27 \quad f_{i13}=11 \quad f_{i21}=10 \quad f_{i22}=23$$

$$f_{i23}=39 \quad f_{i31}=30 \quad f_{i32}=25 \quad f_{i33}=17$$

$$g_{i11}=14 \quad g_{i12}=21 \quad g_{i13}=37 \quad g_{i21}=38 \quad g_{i22}=25$$

$$g_{i23}=9 \quad g_{i31}=18 \quad g_{i32}=23 \quad g_{i33}=31$$

判断者の人数を  $N$  人とし、簡単のためにすべて同じ判定を下したとすると、

$$C_{12/11} = 8N, \quad C_{12/12} = 8N, \quad \dots$$

$$A_{11} = 48N, \quad A_{12} = 48N, \quad \dots$$

$$F = \sum_{jp} f_{ijp} = 216$$

$$h_{11/11} = \frac{N}{F} (34^2 + 14^2)$$

$$h_{11/21} = \frac{N}{F} (27 \times 34 + 21 \times 14)$$

$$h_{11/12} = \frac{N}{F} (34 \times 27 + 14 \times 21)$$

$$h_{11/22} = \frac{N}{F} (27^2 + 21^2)$$

$$h_{11/13} = \frac{N}{F} (34 \times 11 + 14 \times 37)$$

$$\vdots$$

$$h_{13/12} = \frac{H}{F} (34 \times 25 + 14 \times 23)$$

$$h_{11/23} = \frac{H}{F} (27 \times 11 + 21 \times 37)$$

$$h_{13/22} = \frac{H}{F} (27 \times 25 + 21 \times 23)$$

$$h_{13/13} = \frac{H}{F} (34 \times 17 + 14 \times 31)$$

$$h_{13/23} = \frac{H}{F} (27 \times 17 + 21 \times 31)$$

したがって

$$\frac{1}{8 \times 216} \begin{pmatrix} 1352 & 1212 & 892 & 872 & 1132 & 1452 & 1272 & 1172 & 1012 \\ \vdots & 1170 & 1074 & 1068 & 1146 & 1242 & 1188 & 1158 & 1110 \\ \vdots & \vdots & 1490 & 1516 & 1178 & 762 & 996 & 1126 & 1334 \\ \vdots & \vdots & \vdots & 1544 & 1180 & 732 & 984 & 1124 & 1348 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1154 & 1122 & 1140 & 1150 & 1166 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1602 & 1332 & 1182 & 942 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1224 & 1164 & 1068 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1154 & 1138 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1250 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{11} \\ x_{12} \\ x_{13} \\ x_{21} \\ x_{22} \\ x_{23} \\ x_{31} \\ x_{32} \\ x_{33} \end{pmatrix}$$

$$= \lambda \begin{pmatrix} 6 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \vdots & 6 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \vdots & \vdots & 6 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & 6 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 6 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 6 & 1 & 1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 6 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 6 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{11} \\ x_{12} \\ x_{13} \\ x_{21} \\ x_{22} \\ x_{23} \\ x_{31} \\ x_{32} \\ x_{33} \end{pmatrix}$$

ッシュ B の評点  $L_B = 0.107 + 0.535 - 0.249 = 0.393$  となる。(実際には調査項目全体について評点をするので  $L_A = x_1 + x_2 + \dots + x_n$  となる。)

各メッシュについて、それぞれの数値を求め、これを適地選定の資料とする。

#### 4. むすび

現在メッシュ調査の手法によって都市再開発計画、防災対策、地域計画等がなされており、農林省でも今回の広域農業開発基本調査の一環として農業と林業との土地利用計画の調整調査にこの手法を導入した。しかし、この調査だけで農業と林業の土地利用上の線引きがすぐに行なえるものとは思っていないが、広大な地域の土地利用計画を樹立するための一手法ではないかと考えている。

#### 参考文献

- \* (1) 建設省計画局総合計画課：近畿圏の人口分布予測
- \* (2) L. Guttman: An Approach for Quantifying Paired Comparisons and Rank Order, A. M. S., 1946

これを解いて trivial でない最大の固有根に対する解ベクトルは次のようになる。

$$\begin{aligned} x_{11} &= 0.356 & x_{12} &= 0.107 & x_{13} &= -0.463 \\ x_{21} &= -0.499 & x_{22} &= -0.035 & x_{23} &= 0.535 \\ x_{31} &= 0.214 & x_{32} &= 0.035 & x_{33} &= -0.249 \end{aligned}$$

相関比  $\zeta = 0.55$

となる。

今メッシュ番号 A のメッシュが標高(0~800m)、渇水比流量(0.1~1.0 m<sup>3</sup>/sec/100km<sup>2</sup>)、都市までの距離(5~30km)であればメッシュ A の評点  $L_A = 0.356 - 0.035 + 0.035 = 0.356$  となる。又、メッシュ番号 B のメッシュが標高(800~1,200m)、渇水比流量(1.0 m<sup>3</sup>/sec/100 km<sup>2</sup>以上)、都市までの距離(30km以上)であれば、メ

別表 メッシュ調査要領

調査項目		調査方法					
項目	小項目	カテゴリー		基本図	調査方法		
	No	表章事項	北上、北岩手地域			阿蘇、久住、飯田地域	北上、北岩手
地域区分	1	市町村区分	49市町村 (0)~(46)	32市町村 (0)~(31)	1/20万	1/10万	〔注〕基本図からの読み取りは特記された項目以外はメッシュ原点とする(原点はメッシュの左下交点とする。) (1)市町村コードは別に示す(別紙一2)
気象	2	年平均気温	(0) 5°C未満	同左	1/20万	1/10万	

調 査 項 目				調 査 方 法			
項 目	小 項 目		カ テ ゴ リ		基 本 図		調 査 方 法
	No	表章事項	北上, 北岩手地域	阿蘇, 久住, 飯田地域	北上, 北岩手	阿蘇, 久住, 飯田	
3	温量指数	(1) 5°C~7°C	同 左		1/20万	1/10万	を記入 (2) 観測間の距離, 地形, 高度による補を行なう
		(2) 7°C~9°C					
4	年平均降雨量	(3) 9°C~11°C	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(4) 11°C~13°C					
5	既往最大 年降雨量	(5) 13°C~15°C	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(6) 15°C~17°C					
6	既往最少 年降雨量	(7) 17°C以上	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(0) 50°未満					
7	既往最大 日降雨量	(1) 50~60	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(2) 60~70					
		(3) 70~80	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(4) 80~90					
		(5) 90~100	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(6) 100~110					
		(7) 110~120	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(8) 120~130					
		(9) 130以上	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(0) 1,000mm未満					
		(1) 1,000~1,200	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(2) 1,200~1,400					
		(3) 1,400~1,600	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(4) 1,600~1,800					
		(5) 1,800~2,000	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(6) 2,000~2,500					
		(7) 2,500~3,000	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(8) 3,000~3,500					
		(9) 3,500mm以上	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(0) 1,500mm未満					
		(1) 1,500~2,000	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(2) 2,000~2,500					
		(3) 2,500~3,000	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(4) 3,000~3,500					
		(5) 3,500~4,000	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(6) 4,000mm以上					
		(0) 600mm未満	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(1) 600~800					
		(2) 800~1,000	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(3) 1,000~1,200					
		(4) 1,200~1,400	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(5) 1,400~1,600					
		(6) 1,600~1,800	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(7) 1,800~2,000					
		(8) 2,000~2,500	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(9) 2,500以上					
		(0) 140mm未満	同 左		1/20万	1/10万	同 上
		(1) 140~160					
		(2) 160~180	同 左		1/20万	1/10万	同 上

調 査 項 目			調 査 方 法				
項 目	小 項 目		カ テ ゴ リ		基 本 図		調 査 方 法
	No	表章事項	北上, 北岩手地域	阿蘇, 久住, 飯田地域	北上, 北岩手	阿蘇, 久住, 飯田	
地 形	8	1/10確率 日雨量	(3) 180~200 (4) 200~250 (5) 250~300 (6) 300~350 (7) 350~400 (8) 400mm以上 (0) 140mm未満 (1) 140~160 (2) 160~180 (3) 180~200 (4) 200~250 (5) 250~300 (6) 300~350 (7) 350~400 (8) 400mm以上	同 左	1/20万	1/10万	同 上
	9	1/50確率 日雨量	同 上	同 左	1/20万	1/10万	同 上
	10	1/100確率 日雨量	同 上	同 左	1/20万	1/10万	同 上
	11	傾斜度	(0) 8°未満 (1) 8°~15° (2) 15°~20° (3) 20°~35° (4) 35°以上	同 左	1/5万	1/5万	(1)読み取りはメッシュ内で卓越した傾斜度とする (2)分類の対象地目は山林原野とし, その他の地目については, 土地改良長期計画に伴う附属図を利用する。その他広域基本調査で実施の概定土地分類調査を参考にする。 (3)設色は次のとおりとする 8°未満 緑色 8°~15° 黄色 15°~20° 赤色 20°~35° 青色 35°以上 茶色
	12	方位	(0) N (1) NE (2) E (3) SE (4) S (5) SW (6) W (7) NW (8) 平	同 左	1/5万	1/5万	(1) 1/5万の地形図を計測基図とする (2)傾斜区分図を基図としてメッシュ内に於て面積的に卓越した斜面の方位を計測する。 (3)設色は次のとおりとする N 赤色, NE 橙色 E 黄色, SE 黄緑色

調 査 項 目				調 査 方 法			
項 目	小 項 目		カ テ ゴ リ		基 本 図		調 査 方 法
	No	表章事項	北上, 北岩手地域	阿蘇, 久住, 飯田地域	北上, 北岩手	阿蘇, 久住, 飯田	
地 質	13	標 高	(0) 200m未満 (1) 200~400 (2) 400~600 (3) 600~800 (4) 800~1,000 (5) 1,000~1,200 (6) 1,200~1,400 (7) 1,400~1,600 (8) 1,600m以上	同 左	1/5万	1/5万	S 青色, SW薄赤色 W 緑色, NW 茶色 平, 着色しない (1) 1/5万の地形図を計測 基図とする (2) 設色は次のとおりとする 200m未満 黄緑色 200~400 薄赤色 400~600 橙色 600~800 緑色 800~1,000 茶色 1,000~1,200 青色 1,200~1,400 赤色 1,400~1,600 紫色 1,600m以上 黄色
	14	地質時代	(0) 古 生 代 (1) 中 世 代 (2) 古 方 三 紀 (3) 新 方 三 紀 (4) 洪 積 世 (5) 沖 積 世	同 左	1/5万	1/5万	(1) 地質調査所等の地質図 等を利用する。 (2) 設色は次のとおりとする (0) 青色 (1) 薄青色 (2) 黄色 (3) 黄緑色 (4) 緑色 (5) 薄赤
	15	岩石の種類	(0) 未固結堆積物 (1) 固結堆積物 (2) 火山性未固結堆積物 (3) 火山性岩石 (4) 酸性深成岩 (5) 塩基性深成岩 (6) 結晶中岩, 片麻岩類	同 左	1/5万	1/5万	(1) 同上 (2) 設色は次のとおりとする。 (0) 薄青色 (1) 青色 (2) 薄赤色 (3) 赤色 (4) 黄色 (5) 紫色 (6) 緑色
土 壤	16	土壌の種類	(0) 岩石地 (1) 岩 屑 土 (2) 未 熟 土 (3) 黒ボク土 (4) 褐色森林土 (5) ボドソル (6) 赤黄色土 (7) 褐, 灰色低地土 (8) グライ土, 泥岩土	同 左	1/20万	1/10万	(1) 同上 (2) 設色は次のとおりとする (0) 白色 (1) 灰色 (2) 桃色 (3) 黒色 (4) 茶色 (5) 紫色 (6) 橙色 (7) 黄色 (8) 薄青色
河川, 水	17	濁水比流量	(0) 0.1t/100km <sup>2</sup> 未満 (1) 0.1~0.5 (2) 0.5~1.0 (3) 1.0~1.5 (4) 1.5~2.0 (5) 2.0~2.5 (6) 2.5~3.0 (7) 3.0t/100km <sup>2</sup> 以上	同 左	1/5万	1/5万	(1) 既存資料, 及び観測地 点の流域, 植性, 土性 等から推測する。 (2) 設色は次のとおりとする (0) 赤 色 (1) 桃 色 (2) 橙 色 (3) 黄 色 (4) 黄緑色 (5) 緑 *色

調 査 項 目				調 査 方 法			
項 目	小 項 目		カ テ ゴ リ		基 本 図		調 査 方 法
	No	表章事項	北上, 北岩手地域	阿蘇, 久住, 飯田地域	北上, 北岩手	阿蘇, 久住, 飯田	
土地利用	18	最大比流量	(0) 0.1t/1km <sup>2</sup> 未満 (1) 0.1~0.5 (2) 0.5~1.0 (3) 1.0~2.0 (4) 2.0~3.0 (5) 3.0~4.0 (6) 4.0~5.0 (7) 5.0~10.0 (8) 10t/1km <sup>2</sup> 以上	同 左	1/5万	1/5万	(6) 薄青色 (7) 青色 (1)同上 (2)(0)~(7)まで同上 (8)紫色
	19	土地利用	(0) 田 (1) 普通畑 (2) 樹園地 (3) 草地 (人工) (4) 草地 (天然) (5) 針葉樹 (人工林) (6) 針葉樹 (天然林) (7) 広葉樹 (8) その他	同 左	1/5万	1/5万	(1)船室写真, 1/5千基本 図等を参考に分類する (2)読み取りはメッシュ内 の卓越したカテゴリー とする (3)設色は次のとおりとす る (0) 黄色 (1) 茶色 (2) 薄赤色 (3) 黄緑色 (4) 緑色 (5) 青色 (6) 橙色 (7) 赤色
交通立地	20	土地所有	(0) 国有林野 (1) 公有林 (2) 私有林 (3) 国有地 (4) 公有地 (5) 私有地	同 左	1/5万	1/5万	(1), (2), 同上 (3)設色は次のとおりとす る (0) 赤色 (1) 黄色 (2) 緑色 (3) 桃 (4) 橙 (5) 青色
	21	都市までの 距離	(0) 3km 未満 (1) 3~5 (2) 5~10 (3) 10~20 (4) 20~30 (5) 30~40 (6) 40~50 (7) 50~70 (8) 70km 以上	同 左	1/20万	1/10万	(1)メッシュの原点 (左下 の交点) から1万人以 上の都市までの最短距 離 (2)設色は次のとおりとす る (0) 赤色 (1) 橙色 (2) 桃色 (3) 黄色 (4) 黄緑色 (5) 緑色 (6) 薄青色 (7) 青色 (8) 紫色
	22	道路まで の距離 (国道, 主要地方 道)	(0) 3km 未満 (1) 3~5 (2) 5~10 (3) 10~20 (4) 20~30 (5) 30~40 (6) 40~50 (7) 50km 以上	同 左	1/5万	1/5万	(1)メッシュの原点から道 路までの最短距離 (2)設色は(0)~(7)まで同上

調 査 項 目				調 査 方 法			
項 目	小 項 目		カ テ ゴ リ		基 本 図		調 査 方 法
	No	表章事項	北上, 北岩手地域	阿蘇, 久住, 飯田地域	北上, 北岩手	阿蘇, 久住, 飯田	
保 全	23	駅からの距離	(0) 3 km 未満 (1) 3 ~ 5 (2) 5 ~ 10 (3) 10 ~ 20 (4) 20 ~ 30 (5) 30 ~ 40 (6) 40 ~ 50 (7) 50 ~ 60 (8) 60 ~ 70 (9) 70 km 以上	同 左	1/20万	1/10万	(1)メッシュの原点から最寄鉄道駅までの最短距離 (2)設色は次のとおりとする (0)~(7)までは同上 (8)紫色 (9)茶色
	24	関係法令等による土地利用規制	(0) 自然公園法特別保護 (1) 自然公園法特別第1種 (2) 自然公園法その他 (3) 鳥獣保護区 (4) 文化財指定地 (5) 保安林指定地 (6) 地すべり指定地 (7) 保安施設地区 (8) 砂防指定地 (9) なし	同 左	1/5万	1/5万	(1)指定地が重複する場合は斜線, 横線等で次の設色を重ねる (2)設色は次のとおりとする 0) 赤 色 (1) 桃 色 (2) 黄 色 (3) 黄緑色 (4) 紫 色 (5) 緑 色 (6) 茶 色 (7) 灰 色 (8) 青 色 (9) 白 色
社会経済	25	人口密度	(0) 50人/km <sup>2</sup> 未満 (1) 50~100 (2) 100~150 (3) 150~200 (4) 200~250 (5) 250人/km <sup>2</sup> 以上	同 左	1/20万	1/10万	(1)1970年国勢調査資料に基づき1960年時の旧市町村区分ごとに人口密度を求めて図示する。 (2)設色は次のとおりとする (0) 黄 色 (1) 黄緑色 (2) 緑 色 (3) 桃 色 (4) 橙 色 (5) 赤 色
	26	人口増減	(0) 4%~2%増 (1) 2~0増 (2) 0~2%減 (3) 2~4%減 (4) 4~6%減 (5) 6~8%減 (6) 8~10%減 (7) 10%減	同 左	1/20万	1/10万	(1)1960年~1970年の人口増減率を旧市町村別に求めて図示する (2)設色は次のとおりとする (0) 赤 色 (1) 橙 色 (2) 緑 色 (3) 黄緑色 (4) 黄 色 (5) 薄青色 (6) 青 色 (7) 紫 色
	27	地価評価額	(0) 5千円/10a 未満 (1) 5千円~1万円 (2) 1~3 (3) 3~5 (4) 5~10 (5) 10~20 (6) 20~30	同 左	1/5万	1/5万	(1)固定資産課税台帳, 売買事例等により地価評価を行なう (2)設色は次のとおりとする (0) 青 色 (1) 薄青色 (2) 黄 色 (3) 黄緑色



調 査 項 目				調 査 方 法			
項 目	小 項 目		カ テ ゴ リ		基 本 図		調 査 方 法
	No	表章事項	北上, 北岩手地域	阿蘇, 久住, 飯田地域	北上, 北岩手	阿蘇, 久住, 飯田	
気 象 (その 2)	28	林道までの距離	(7) 30万円/10a 以上 (0) 0.2km 未満 (1) 0.2~0.5 (2) 0.5~1.0 (3) 1.0~1.5 (4) 1.5~2.0 (5) 2.0~3.0 (6) 3.0~4.0 (7) 4.0~5.0 (8) 5.0km 以上	同 左	1/5万	1/5万	(4) 緑 色 (5) 桃 色 (6) 橙 色 (7) 赤 色 (1)メッシュ原点から道路までの最短距離 (2)設色は次のとおりとする (0) 赤 色 (1) 橙 色 (2) 桃 色 (3) 黄 色 (4) 黄緑色 (5) 緑 色 (6) 薄青色 (7) 青 色 (8) 紫 色
	41	根雪初日	(0) 11月10日以前 (1) 11月11日~20日 (2) 11月21日~30日 (3) 12月1日~10日 (4) 12月11日~20日 (5) 12月21日~31日 (6) 1月1日以降		1/20万		(1)既存資料により等線図を記入
	42	根雪終日	(0) 3月1日以前 (1) 3月1日~10日 (2) 3月11日~20日 (3) 3月21日~31日 (4) 4月1日~10日 (5) 4月11日~20日 (6) 4月21日~30日 (7) 5月1日以降		1/20万		同 上
	43	霜 初 日	(0) 10月1日以前 (1) 10月1日~5日 (2) 10月6日~10日 (3) 10月11日~15日 (4) 10月16日~20日 (5) 10月21日~25日 (6) 10月26日~31日 (7) 11月1日以降		1/20万		同 上
	44	霜 終 日	(0) 4月20日以前 (1) 4月21日~25日 (2) 4月26日~30日 (3) 5月1日~5日 (4) 5月6日~10日 (5) 5月11日~15日 (6) 5月16日~20日 (7) 5月21日~25日 (8) 5月26日~31日 (9) 6月1日以降		1/20万		同 上
気 象 (その 3)	51	積雪日数		(0) 5日未満 (1) 5~10 (3) 10~20	1/10万		既存資料により等線図を記入する

調 査 項 目				調 査 方 法			
項 目	小 項 目		カ テ ゴ リ ー		基 本 図		
	No	表章事項	北上, 北岩手地域	阿蘇, 久住, 飯田地域	北上, 北岩手	阿蘇, 久住, 飯田	
土 壤 (その2)	52	無霜日数		(3) 20~30 (4) 30~40 (5) 40~50 (6) 50~60 (7) 60日以上 (0) 200日未満 (1) 200~210 (2) 210~220 (3) 220~230 (4) 230~240 (5) 240~250 (6) 250~260 (7) 260日以上			1/10万 同 上
	53	土 性		(0) 植質 (1) 壤質 (2) 砂質 (3) 礫質 (4) 露岩			1/10万 (1)林野土壤調査, 地質図等既存資料を参考として分類する (2)設色は次のとおりとする (0) 黄 色 (1) 橙 色 (2) 薄赤色 (3) 青 色 (4) 茶 色
	54	土層の厚さ		(0) 40cm 以下 (1) 40~70 (2) 70~100 (3) 100cm 以上			(1)植性, 土性, 概定土地分類等の資料を参考とする (2)設色は次のとおりとする (0) 茶 色 (1) 橙 色 (2) 黄 色 (3) 緑 色

# 工事価格積算の電算化

北陸農政局 設計課

## はじめ

国営事業所においては請負工事価格の積算業務が技術者の仕事の大きな部分を占めている。積算は基本的な条件が設定されれば、作業そのものは単純な計算と筆記である。このような単純作業を機械に代行させて、技術者はもっと技術らしい仕事にエネルギーを向けるべきである。また、積算の省力化は積算にたづさわる若い技術者の不足という深刻な事態の対応策としても強力に進める必要がある。以上のことから北陸農政局は昭和44年度から積算の電算化について検討を進めている。45年度までに電算機による積算技法の基本的な開発をほぼ終ったの

で、続いて46年度にはプログラムのテストランを重ね、実用に供せるプログラムを完成させるとともに、積算の電算化に必要な諸準備を整える予定である。

以下はその中間報告である。

## 1. 計算手順

工事価格は基本的には、 $\Sigma$  (施工数量×施工単価)+ $\Sigma$  (対象額×係数)の単純な形で表わされる。計算の基本原理は単純であるが積算上の約束ごとや施工条件などが多いために多数のデータについて煩雑な処理を要する。

プログラムの開発にはTOSBAC-5400を使用している。そのシステムは図-1のとおりである。また、計

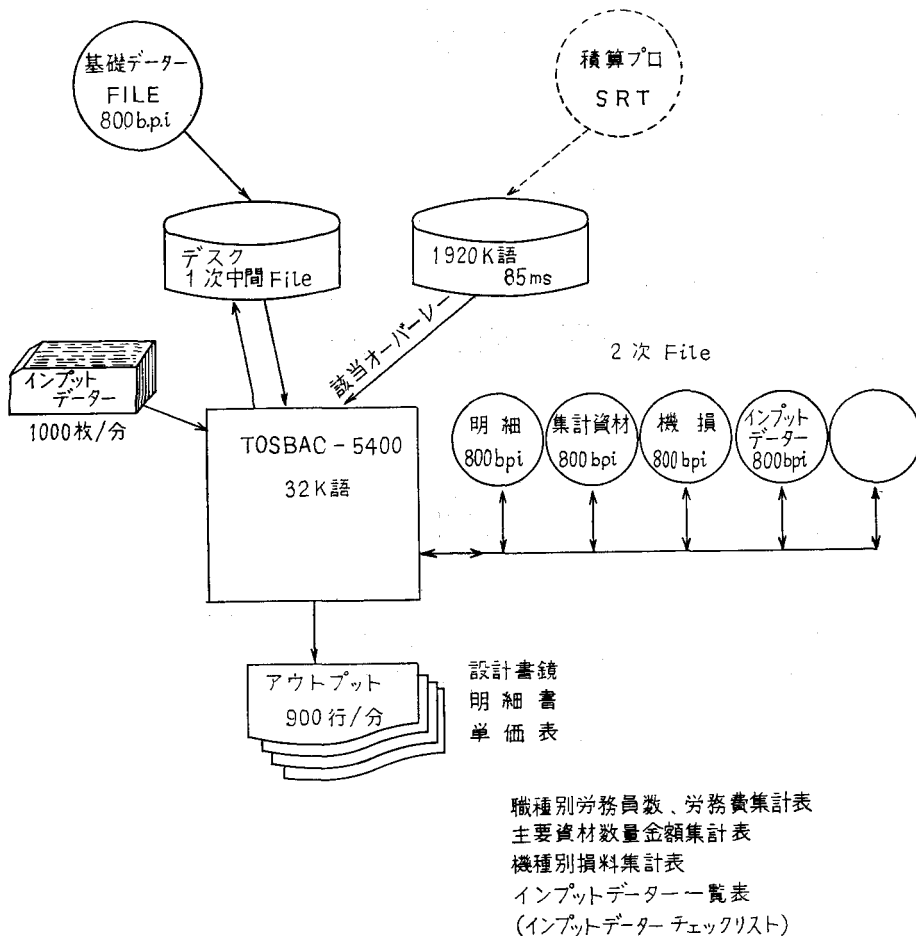


図-1 電 算 機 シ ス テ ム

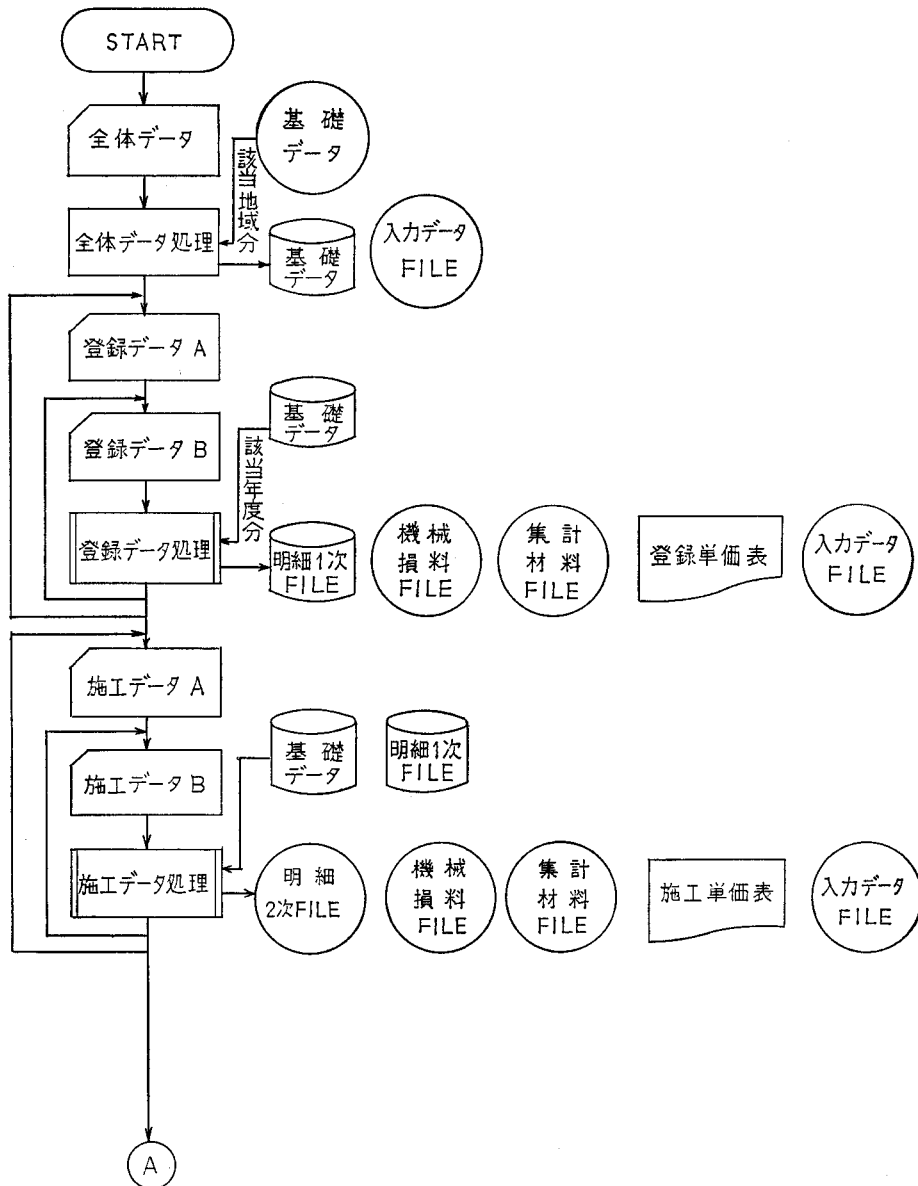
算手順の概要は図一2のとおりである。施工条件を与えて施工単価をその都度計算させることにしているが、現在行なわれている手作業では、同一施工条件であれば別件で作成済みの単価表をそのまま利用して省力化を図っているため単価表をすべてその都度計算させることは特にインプットの際にいささか煩雑な感があるであろう。これを避けるには施工条件ごとに施工単価を予め計算し、これを記憶させておくことも考えられるが、この場合には膨大な施工単価一覧表を必要とし、さらにこの表から適当な単価を積算者が索引する不便さも予想されるので、積算の標準化や複合単価表の整備が進んでいない現状では実際のでないと考えられる。

使用言語はFORTRANを採用した。農地局が行なっているプログラマー養成研修ではFORTRANが用いられていることもあって、この言語は農業土木の分野では定着化し、FORTRANを自由に操るプログラマー層も拡充されつつあるので、プログラムの管理、改良が円滑に行なえると考えたからであるが、データ記入および作表において多少の不便が感じられる。

計算時間は1施工単4～5秒を要する。従って200施工単価程度の工事では約20分程度となる。

## 2. インプットデータ

インプットデータは積算者が所定のルールに従ってイ



図一2 積算フローチャート

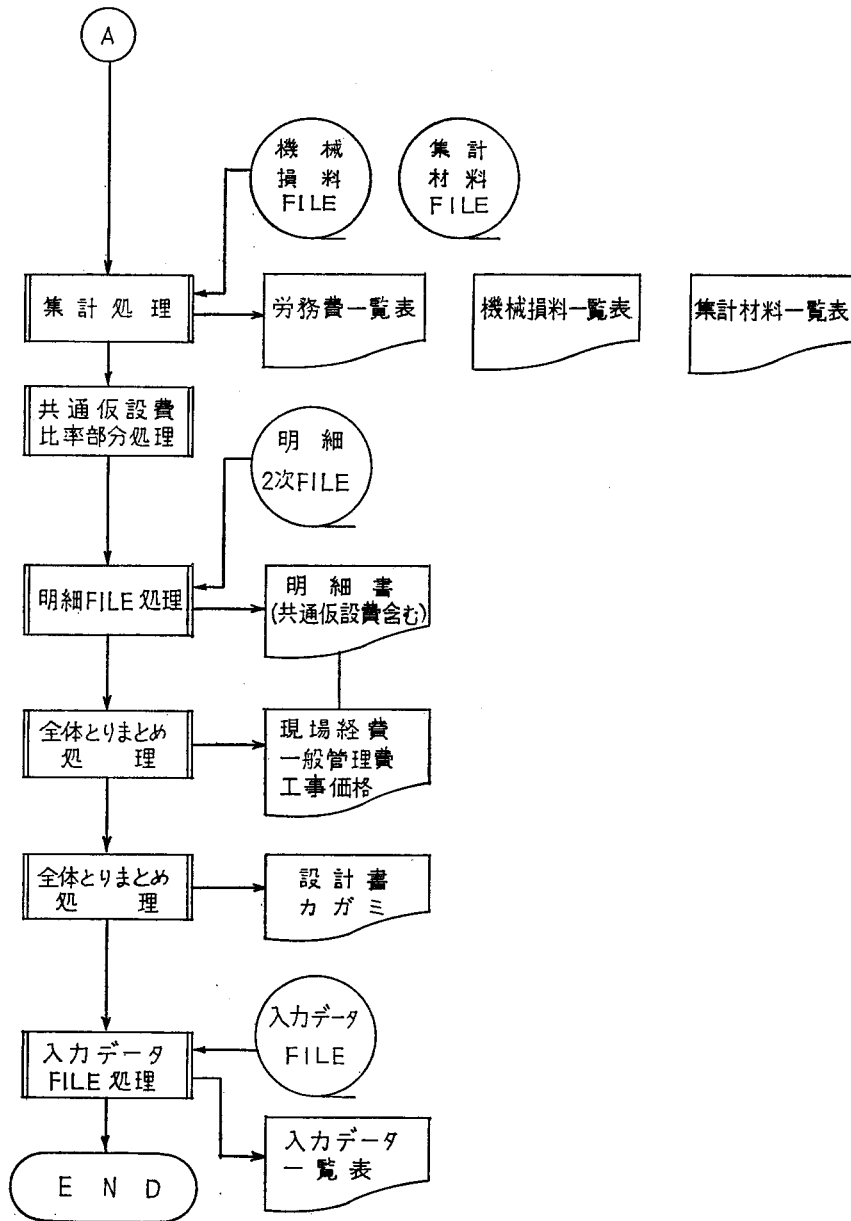


図-2 積算フローチャート(続)

ンブットデータ表に記入する。この表からパンチカードを作成して電算機に入力する。インプットデータ表は、次の3種類作成する。

(1) 全体データ表

事業所名、工事名、工種区分、工期その他工事全般に関するデータを記入する。(表-1参照)

(2) 施工単価データ表

計算方法その他必要事項を記憶させて予め用意してある施工単価(表)を計算させるためのデータ、例えば、作業係数、土の変化係数などを記入する。(表-2参照) 一つの施工単価の施工条件は7個以内に限定した。止

むを得ず7個を超える場合は次の単価コードを使用する。つまり異なる施工単価として取り扱う。各単価の施工条件は「入力条件表」として予め整備し積算者に配布しておき、積算者はこの表からその工事に適当する条件を選定、記入することになる。従って、「入力条件表」を用意することが必須の要件である。表-3に条件表の一例を示にした。施工単価データは密接に関連する単価をまとめた施工グループごとに作表しインプットする。例、刈払、掘削、運搬盛土、締め固め、整形、等を土工工事としてグループ化する。アウトプットもこのグループごとに小計、印字させる。

表-1 全体データ表 (記入例)

事業所名	北陸農政局 設計課																				
工事名	北陸幹線水路 第5工区(テスト)																				
事業所コード	事業所名																				
1	2	3													18						
0 1 HOKURIKU NŌUSEI																					
工事名																					
HOKURIKU KANSEI SUIRO 5 KŌUKU (TEST)																					
工事内容																					
TEST KŌUJI																					
WŌ.50-MŌ170.L=1200M(QMAX=15M37S)																					
KAISUIRO 1200M																					
工種区分	積雪補正	労務地域区分	材料地域区分	工期	登録単価有無	設計年月日	支給品費		官貸額		工場製作										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	21	22	30	31	39	40	48	49	57
0 4 0 1 0 1 0 7 0 1 7 1 0 4 1 5 . 0 1																					
前支給品費						前官貸額		前工場製作													
主既相当		その他																			
前契約額		関連一般管理費				関連現場管理費															
		対象額		管理費		対象額		同管理費		異管理費											
関連仮送間労費																					
対象額		同仮送費		異仮送費		同間労費		異間労費													

注  
 1. 設計年月日  
 710415.01 → (・1971年4月15日  
 ・当初設計  
 ・1位代価は当年度単価  
 だけ使用する。)  
 2. 積雪補正, 雪積地は記入しない。  
 3. 工期 月単位

(3) 登録単価データ表

予め用意してある施工単価以外のものを必要とする場合はその積算限りの施工単価を作成する。これに要するインプットデータ表である。(表-4参照)

前記の施工グループに登録単価を含める場合は、その登録単価コードだけを施工単価データ表の所定欄に記入すればよい。また単価表を作成しないで一式金額で計上する場合でも登録単価データ表に該当事項を記入しインプットしなければならない。

登録単価データ表は分類、集計して一般化し得るものは逐次施工単価に繰り入れて行くべきであろう。

インプットデータは積算者側からすれば簡略であることが望ましい。しかし、積算の標準化が遅れている現段階でインプットデータを無理に簡略化すればプログラム

は膨大で複雑なものとならざるを得ず、維持管理上の不便が予想される。そのうえ、積算価格の適正化の見地からも問題なしとしない。従って、インプットデータの簡略化は積算の標準化の問題に帰し、現状では飛躍的なことは望まず、着実な基礎的な努力の積み重ねによって次第に改善していかねばなるまい。

1件工事のインプットデータ量はパンチカードで平均200枚程度となる。(200施工単価の場合)

3. アウトプット

アウトプットは現行の積算書と形式、内容をできる限り一致するように考慮した。しかか、現行の一般にみられる工程ごとの明細書や積算内容に応じて明細書の随所に小計、計等を設けることは煩雑なプログラムとなって

表-2 施工単価データ表 (記入例)

工事名 北陸幹線水路 第5工区		施工単価名称 土工工事 (機械)		データー番号 施工 1	
施工 単価数	価格構 成区分	作業時間		施工単価グループ名称 (24文字以内)	単 位 (4文字)
		全作業 時間	1.25 相当(hr)		
07	018	0	0	DOKOU KOUJI-KIKAI SEKOU	M

単価数	施工単価名:規格等	単価コード	数 量			Input 条 件								
			当 初	1回変更	2回変更	3回変更	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>	Z <sub>7</sub>	
1	堀削(ブル11t,普通土A)	5241.0	8000.0				10.0	141.0	0.72	0.8				23.7
2	堀削運搬(ドラグショベル0.6m) ダンプ6t	5227.0	7200.0				80.1	80.0	0.80	4.7	20.1	0.87		23.7
3	バルコン掘削	5203.0	200.0				0.20	4.0	2.0					
4	埋戻し(ブル11t)	5241.0	7800.0				16.0	141.0	1.13	0.8				23.7
5	" (バルコン)	5203.0	200.0				0.16	4.0	1.0					
6	転圧 (ブル11t, 3回)	5253.0	7800.0				1.0	3.0	0.85	0.9	0.5			23.7
7	" (ソイルコンパクター)	5202.0	400.0				21.0	2.0						
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														

表-3 インプット条件表例

単価コード 5241~5248

名称	堀削押土(ブルドーザー)		単位	$m^3$
規格	ブルドーザー規格-2 <sup>t</sup> ~23 <sup>t</sup> 6 CLASS			
条件	Z1	ブルドーザー規格(別表-1)	記入例	
	Z2	$Q'$ =基準作業量( $m^3/hr$ )		
	Z3	$E$ =効率(勾配×土質×作業×標高×超夜勤)		
	Z4	$f$ =土量換算係数		
	Z5			
	Z6			
	Z7	月平均稼働日数+機械損料補正区分/10		
施工量	S1 ~S4			
BULL. KUSSAKU ŌSHIDŌ				

表-1

条件		入力						
作業区分	フル規格	Z1	Z2	Z3	Z4	Z7		
重作業	2 t級	1.0	別表-2 による (省略)	別表-3 による (省略)	別表-4 による (省略)	機械損料補正区分		
	5	2.0				積雪又は 風浪補正		
	7	3.0				補正なし	1	4
	11	4.0				岩石 (1.25)	2	5
	18	5.0				岩石 (1.10)	3	6
普通作業	23	6.0	【例】 月平均稼働日数23日で、 供用日補正なく運転時間 当り損料を25%補正する 場合 $23.0+2/10=23.2$ 補正区分の数値は日数を 示すものではない。					
	2	7.0						
	5	8.0						
	7	9.0						
	11	10.0						
軽作業	18	11.0						
	23	12.0						
	2	13.0						
	5	14.0						
	7	15.0						
11	16.0							
18	17.0							
23	18.0							

運転時間  $H = \frac{6.5}{8} \times \text{就労時間 (超勤含む)}$  } プログラムに組込み。  
 時間当り能力  $Q = f \times E \times Q'$   
 超夜勤低下係数  $E' = \frac{1.0 \times (\text{就労時間} - \text{超夜勤時間}) + 0.8 \times \text{超夜勤時間}}{\text{就労時間}}$   
 -----積算者が計算すること。

注意

次の場合、本表は適用できない。

1. 1日3交替作業の場合
2. 1日2交替で就労時間が重複する場合。



表-4 登録単価データ表 (記入例)

登録			作業時間			工事名	登録施工単価名称	データ番号			
単価コード	機労材 単価数	終り区分	全作業 時間(hr)	1.25 相当(hr)	1.50 相当(hr)	北陸幹線水路第5工区	ゲート掘付	登-2			
登録施工単価名称 (24文字以内)						当初 変更前	数量	変更后 数量	単位 (4文字)	算出数量	
9902.0	06038.0					GATE SUETSUKE	1.0		KIASHI.0		

単 価 数	機 労 材 ・ 規 格 等	機 労 材 単価コード	当 初		単 価	単 位	登 録 機 労 材 名 (16文字以内)	材 料 集 計 区 分	当 初		単 価
			数 量	変 更 后 数 量					数 量	変 更 后 数 量	
1	ゲート(角型スルス660×660)	2521.0	7.0		120000.0	MM	KAKUGATA 660*660	055			
2	〃(円型) φ600	2521.0	7.0		105000.0	MM	ENKEI φ=600GATA	055			
3	モルタル(1:1)	3468.0	0.75								
4	取付金物(L-700×100)	2624.0	0.55				GUIDE KANAMONO	063			
5	取付労務(普通)	4002.0	3.0				SUETSUKE UNPAN				
6	〃 (トビ)	4004.0	3.0								
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

实际的でないのでやめた。前述の施工グループ化を有効に利用すればかなり分かり易い明細書をアウトプットさせることもできると考えられる。

アウトプットさせるデータは次のとおりである。

- (1) 積算書のカガミ
- (2) 明細書(表-5参照)
- (3) 施工単価表(表-6参照)
- (4) 主要資材数量,金額集計表

- (5) 機械材料集計表
- (6) 職種別労務者数,金額集計表
- (7) インプットデータ一覧表

アウトプットデータの総量は200施工単価程度の場合ラインプリンター用紙で約120頁となる。単価表の出力を省略すれば20頁程度で済むので,今後は単価表の出力を止める方向で検討するつもりである。

#### 4. ファイル

表-5 明細書(例)

コード	名称	規格	数量	単位	単価	金額	備考
HOKURIKU NOUSEI HOKURIKU KANSEN SUIRO 5 KOKU (TEST) MEISAI 1							
CHOKUSETSU KOUJI							
DOKU KOUJI-KIKAISEKOU							
5241	RULL, KUSSAKU OSHIDO	FU, SAGYOO 11TON	8800,000	M3	77,00	536800,	438,16M3/DAY
5227	KI,ZUMI(DR,SHOVEL)UNPAN	0,6M3*3,5TON FU,	7200,000	M3	24,00	172800,	220,19M3/DAY
5203	BELT CONVEY(7M)-ENGINE	2 HON TSUGI	200,000	M3	747,00	149400,	20,00M3/DAY
5241	RULL, KUSSAKU OSHIDO	KEI SAGYOO 11TON	7800,000	M3	49,00	382200,	667,67M3/DAY
5203	BELT CONVEY(7M)-ENGINE	TSUGI NASHI	200,000	M3	546,00	109200,	25,00M3/DAY
5283	RULL,SHIHE KATANE	11TON CLASS	7800,000	M3	9,00	70200,	1926,01M3/DAY
5202	SOIL COMPACTOR(100KG)	FUTSUUDO A	400,000	M3	17200,	688000,	147,00M3/DAY
	SHOUKEI		1200,000	M	43,00	267600,	
CHOKUSETSU KOUJI							
DOKU KOUJI=JINRYOKU							
5011	JIN,BAKKAI(1 REN SAGYO)	ASHI,TAKE(MITSU)	200,000	M2	77,00	15400,	
5001	JINRYOKU KUSSAKU	FUTSUU-B 1DAN,3	800,000	M3	64,00	51200,	
5007	KIRI,MORI,MEK SHIAGE	MORI,NORIMEN	7800,000	M2	44,00	343200,	
5006	JIN,NORIMEN KIRIKUZUSHI	FUTSUUDO A	2900,000	M2	34,00	98600,	
5007	KIRI,MORI,MEK SHIAGE	KIRI,FUTSUUDO A	4900,000	M2	34,00	166600,	
5085	SUJI SHIBA KOU	JINKOU SHIBA	11500,000	M2	66,00	759000,	
	SHOUKEI		1,000	SIKI		217800,	
CHOKUSETSU KOUJI							
KAISUIRO KOUJI							
5206	NAMA CON,DASETSU-ENGINE	G25-90 KUBUN,1	380,000	M3	5237,00	1989960,	
5206	NAMA CON,DASETSU-ENGINE	G40-210 KUBUN,2	2040,000	M3	6033,00	12307320,	
5063	CON,UCHITSUGINE SHORI	TEKKIN	538,000	M2	366,00	196908,	
5073	KOUSEI KATAWAKU SONRYOO	KUBUN,1,2	9504,000	M2	64,00	608256,	
5073	KOUSEI KATAWAKU SONRYOO	KUBUN,1,6	1948,000	M2	818,00	1593464,	
5045	TEKKIN KAKO,KUMI(SD35)	KUBUN,1,1 D=10-13	134,480	TON	66243,00	8928000,	
5045	TEKKIN KAKO,KUMI(SD35)	KUBUN,1,1 D=10-13	134,480	TON	70723,00	9511064,	
5045	TEKKIN KAKO,KUMI(SD35)	KUBUN,1,2 D=16-32	61,320	TON	69482,00	4260000,	
5020	KOUNPAN TEJURUMA	SHOSHIZAI	136,721	TON	94848,	12940000,	
5124	UNDER DRAIN(PORAKON=100)		1200,000	M	2234,00	2680800,	
5124	SIDE DRAIN		500,000	M	412,00	206000,	
5125	WEEP HOLE(D41)TORITSUKE	FILTER D41*L250	100,000	KAS	286,00	28600,	
5131	SHUSUBAN TORITSUKE	150*5F-C	430,000	M	596,00	256320,	
5132	MEI BAN TORITSUKE	T=20MM	72,000	HON	1637,00	117864,	
5133	DOHEL BAR TORITSUKE	16*1000	1800,000	HON	24,00	43200,	
5134	CORKING KOU(MAJIC SEAL)	20*20MM	480,000	M	28,00	134400,	
5067	HIFUKU YUJOU	SHEET HIFUKU	5600,000	M2	62,00	347200,	
5067	HIFUKU YUJOU	MUSHIRO HIFUKU	380,000	M2	102,00	38760,	
	SHOUKEI		1200,000	M		36438308,	
CHOKUSETSU KOUJI							
BUNSUU KOU							
5206	NAMA CON,DASETSU-ENGINE	G25-90 KUBUN,1	2,000	M3	5237,00	10474,	
5206	NAMA CON,DASETSU-ENGINE	G40-210 KUBUN,2	6,200	M3	6113,00	37901,	
5072	KOUSEI KATAWAKU SONRYOO	KUBUN,1,4	180,000	M2	1488,00	267840,	
5073	KOUSEI KATAWAKU SONRYOO	KUBUN,1,4	80,000	M2	3630,	290400,	
5045	TEKKIN KAKO,KUMI(SD35)	KUBUN,1,2 D=10-13	8,440	TON	70723,00	596880,	
5046	TEKKIN KAKO,KUMI(SD35)	KUBUN,1,3 D=16-32	4,220	TON	71000,00	299620,	
5131	SHUSUBAN TORITSUKE	150*5F-C	33,000	M	596,00	196680,	

積算に必要な基礎データは予め磁気テープに収めておく。演算時間を短縮するために、基礎データは積算時に必要分を一括して磁気テープから磁気ディスクに一旦移され、ここから必要の都度その分をコアにロードする。

ファイルされる基礎データは次のとおりである。

(1) 労務、資材単価

単価の異なる地域別にファイルし、積算時にその地域

分がディスクに移される。国積工事その他の継続工事に備えて数年分のファイルが必要であろう。

労務に50、材料に2,000コード割当てであり、現在労務37、材料1,100コードが整備された。

(2) 機械損料

各種機械の運転時間当り損料、供用日当り損料をファイル。1000コード割当て、現在580コード整備。

(3) 施工単価名称等

コード	名称	現 格	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
5068	CHOU HARIIPPAN KOUJI	SUIRO YOU	1,000	KAS	53,800	53,800	
5068	CHOU HARIIPPAN KOUJI	IPPAN KOUZOU, YOU	1,000	KAS	57,000	57,000	
9903	GEJUTSU KANRI HI		1,000	SIKI	8,610	8,610	
9021	SETRI SEISOU HI		1,000	SIKI	87,800	87,800	
	SHOUKEI		1,000	SIKI	467,800	467,800	
	KYOUTSUU KASETSU KEI					291,426	
	KASETSU TATEMONO, SOUGEI HI	40500439, *	0.03718			450,874	
	KASETSU TATEMONO SHIKICHI HOSHOURYO		1856.437	M2	100.00	185,644	
	KANSETSU ROUNU HI	40600439, *	0.03499			185,045	
	KYOUTSUU KASETSU HIRITSU BUBUN KEI					802,563	
	KYOUTSUU KASETSU HI GOUKEI					594,091	
	JYUN KOUJI HI GOUKEI					496,649	
	GENBA KEIHI	43626072, *	0.13517			569,702	
	KOUJI GENKA	49664952, *		5897002		555,619	
	IPPAN KANRI HI	55561954, *	0.12632			701,849	
	KOUJI KAKAKU					62,880,125	

各施工単価の名称と内容の補足説明文をファイルしておく。施工単価データの入力によって、単価表の名称や入力した施工条件の説明文(例えば、土質：砂混り粘土等)が出力されるように工夫してある。施工単価コードは5000(登録単価分含む)用意してある。

このファイルの内容については施工単価表の出力省略と関連して今後さらに研究する予定である。

### 5. 積算業務の処理システム

電算機を組み入れた積算業務の処理システムの構想を図-3に示す。積算の電算化によるメリットの評価と同時にこの構想について今後関係者と十分検討を行ないながら実際のシステムを設計していくつもりである。電算業務全般積算の基準化、実績データの基準へのフィードバックに関しては、今春から各地方農政局に設置され

コード	名称	規格	数	量	単位	単価	金額	備考
5132	NEJI BAN TORITSUKE	T=20MM		560	M2	16,000	2,156,000	
5134	GORKING KOU(MAJIC SEAL)	20*20MM		3000	M	400	1,200,000	
5083	TSUZUNI KOU(NERIZUMI)	TAMATSI KUBUN=1		200	M2	600	120,000	
5049	KOUPAN HITOKATA	TAMA ISHI		200	M3	500	100,000	
5139	NIJUNUKI PIPE FUSETSU	D=75		100	KAS	270	27,000	
9901	SOREN SUETSUKE			100	KASH	10,000	1,000,000	
9902	GATE SUETSUKE			200	KASH	20,000	4,000,000	
5001	JINRYOKU KUSSAKU	FUTSUU A,1DAN,2		30,000	M3	230	6,900,000	
5004	JINRYOKU URENODOSHI	FUTSUUDO A		30,000	M3	230	6,900,000	
5201	RUNORI(60KG) TSUKIKATAME	FUTSUUDO A 0.1M		10,000	M2	16,670	1,667,000	16,670M3/DAY
5065	SUJI SHIBA KOU SHOUKEI	JINKOU SHIBA		1,000	KASH	99,900	99,900,000	
CHOKUSETSU KOUJI SHIKIYARI KOU								
5052	JIN,SHIKI NARASHI SHOUKEI	SAISEKI		300,000	M3	155	46,500,000	
CHOKUSETSU KOUJI KI-KOZUJIBUJITSU KOMASHI								
5017	JIN,CONCRETE TORIKOWASHI	TEKKIN 0.1SHIMAN		45,000	M3	735	33,150,000	
5017	JIN,CONCRETE TORIKOWASHI	MUKIN 0.1SHIMAN		95,000	M3	440	41,800,000	
5016	JIN,TORIKOWASHI SHOUKEI	ZATSUWARII,2		150,000	M2	266	39,900,000	
CHOKUSETSU KOUJI YOUCHI KUI SETCHI KOU								
5066	KYOUKAI KUI SETCHI	13*13*120 KUBUN2		50,000	HON	107	5,350,000	
5066	KYOUKAI KUI SETCHI SHOUKEI	13*13*100 KUBUN2		20,000	HON	77	1,540,000	
CHOKUSETSU KOUJIGOUKEI								
KYOUTSUU KASETSU KASETSU DOURO								
5249	BULL,SHIKI NARASHI	11TON CLASS		600,000	M3	33	19,800,000	343,93M3/DAY
5253	BULL,SHIME KATANE	11TON CLASS		600,000	M3	33	19,800,000	1926,01M3/DAY
5202	SOIL COMPACTOR(100KG)	FUTSUUDO A		200,000	M3	48	9,600,000	147,00M3/DAY
5024	ROUMU HI	RON,FUTSU SAGYOU		24,200	NIN	100	2,420,000	
5023	JINRYOKU SEICHI			13,000	M2	85	1,105,000	
5052	JIN,SHIKI NARASHI	SAISEKI		600	M3	155	93,000,000	
5015	JIN,DOURO HOSHUU SHOUKEI			1,000	KM	242,675	242,675,000	
KYOUTSUU KASETSU JYUNBI,ATOKATAZUKE								
5068	CHOU HARI(IPPAN KOUJI)	KIRIDO YOU		100,000	KAS	273	27,300,000	
5068	CHOU HARI(IPPAN KOUJI)	MORIDO YOU		100,000	KAS	215	21,500,000	

た施工調査事務所が果たす役割は非常に大きいと考えられ、この事務所をいかに有効にシステムに組み入れていくかが一つのポイントとなる。

### 6. 当面の課題

積算の電算化実施に当って、解決すべき課題は多いが当面の主要なものとして以下のことがある。

#### (1) 電算化体制の整備

積算に電算機を使用する技法については一応の見通しを得た。これまでの経費と人手は、管内の各国営事業所の協力によって、相互のやり繰りで切り抜けて来た。しかし、このようないわば私生児的な開発体制では限界があるので、電算化を本格的に進めるためには、それ相応の予算と機構上の配慮が必要であろう。具体的には使用電算機の確保と専従技術者群の配置がその主たる課題である。

表一6 単価表(例)

コード	名称	規格	数	単位	単価	金額	備考
5241	BULL-KUSSAKU OSHIDO	FU, SAGYOO 11TON	600,000	M3	29.50	2012	
3153	KEIYU		8,250	L	140.00	278	
3157	DIENGIN YU DS=30		0.585	L	150.00	88	
3159	GEAR YU GL=5 90		0.325	KG	240.00	78	
3168	GLYCE 2-1(KORO)		0.455	L	82.00	37	
3160	TURBINE YU TEN=2		1.000	SIKI	2840.00	75	
3584	SHOSHIZAI		1.000	NIN	2840.00	2840	
4010	ROM-UNTEN-TOK		0.500	NIN	2420.00	1210	
4002	ROM-FUTSU SAGYOU		8.500	HR	1175.00	7688	
1030	BULL-11TON		1.504	DAY	3278.00	4276	KYOUYOU 24.0 DAY
	GOUKEI	436.16 M3/DAY				18528	
	TANKA					42	
		10.00071 141.00072 0.72073 0.50074	0.00075	0.00076	23.10077	0.00078	
		→燃料費 →標準作業量(%) →標準作業量(%) →標準作業量(%)	→土量換算係数 →土量×作業×標準×超夜勤(1.25倍率低下) →標準(勾配)×土量×作業×標準×超夜勤(1.25倍率低下)				→機械・燃料・補正区分 →日平均稼働日数
5227	KI-ZUMI(DR, SHOVEL) UNPAN	0.6M3*3.5TON FU,	7300.000	M3	29.50	1822	
3153	KEIYU		61.750	L	140.00	278	
3157	DIENGIN YU DS=30		0.455	L	150.00	68	
3159	GEAR YU GL=5 90		0.227	KG	240.00	55	
3168	GLYCE 2-1(KORO)		0.300	L	82.00	0	
3160	TURBINE YU TEN=2		3.000	SIKI	2840.00	187	
3584	SHOSHIZAI		90.884	L	29.50	2681	
3157	DIENGIN YU DS=30		6.059	L	140.00	848	
3159	GEAR YU GL=5 90		0.303	L	150.00	45	
3168	GLYCE 2-1(KORO)		0.909	KG	240.00	218	
3160	TURBINE YU TEN=2		0.454	L	82.00	37	
3584	SHOSHIZAI		1.000	SIKI	115.00	115	
4010	ROM-UNTEN-TOK		1.000	NIN	2840.00	2840	
4002	ROM-FUTSU SAGYOU		0.500	NIN	2420.00	1210	
4011	ROM-UNTEN-FUTSU		4.661	NIN	2580.00	11932	
1011	BACKHO 0.6M3		6.500	HR	1557.00	10121	
			1.304	DAY	5515.00	7183	
			30.295	HR	279.00	8452	
			6.079	DAY	1154.00	7015	
						54992	
						249	
			0.10071 0.10072 0.10073 0.10074	0.10075	20.10076	0.10077	
			→機械・燃料・補正区分 →標準作業量(%) →土量換算係数×100	→土量換算係数 →標準作業量(%) →標準作業量(%)			→機械・燃料・補正区分 →日平均稼働日数 →標準作業量(作業×標準×超夜勤)

使用電算機については、農政局に新規導入、近隣官公庁等との共同利用、および民間計算センターの利用などが考えられるが、何れにしても積算のみに限らず工事の計画、設計および事務処理全般に亘る総合的な電算化構想を樹て、電算化による効果と費用を考慮して使用電算機を決定すべきであろう。なお、現在は金沢工業大学（私立）のTOSBAC-5400を同大学の好意を得てプログラム開発に利用している。

要員の確保については、関係者の電算化に対する深い

理解と積極的な支持に期待するほかない。

(2) 基準化の推挙とフィードバック体制の整備

電算機による積算をより实际的で有効なものにするためには積算要素の基準化または標準化を進めなければならない。

これと同時に施工実績による基準のチェックと更新、いわゆるフィードバックを怠ってはならない。前述のとおり、これらの部面における施工調査事務所の活躍が期待される。従って調査事務所の充実を図らねばなら

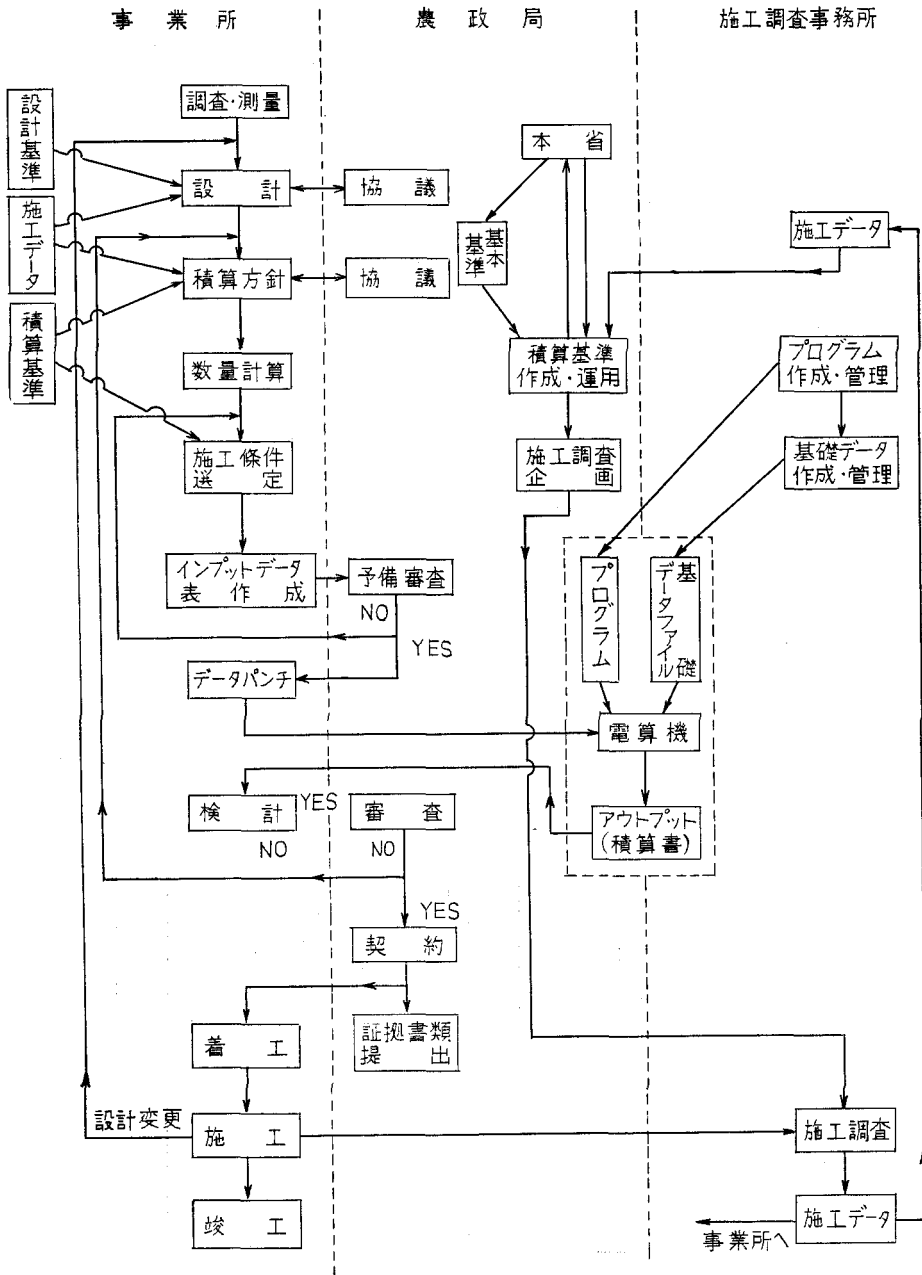


図-3 積算システムの構想

い。

### (3) データ伝送方法

積算者⇄電算機のデータ伝送をいかに早く、確実に、安く行なうかの問題であり、使用電算機の決定とも関連する。人力、郵送、通信線利用等が考えられるが何れも一長一短である。伝送方法によっては、電算化のメリットの一つである積算作業の迅速さが失なわれる。積算作業の集中化によって解決することも考えられるが、このことによって、事業所の性格に変化をもたらすかも知れない。

### (4) 技法の改良

現在の技法については改良すべき点が多々ある。その主なものを挙げてみる。

#### ① 入力簡略化

抜本的な簡略化は徹底的な基準化または標準化待ちと考えられるが、プログラミング上の工夫による簡略化にも力を注ぎたい。

#### ② 出力の簡素化

特に単価表 出力を省略したい。この場合施工条件のうち必要なものは明細書の備考欄に打ち出すように工夫する。

#### ③ インプットデータのチェック

インプットミスは積算結果の致命的なミスとなり兼ねない。ミスを防ぐためのチェックシステムを検討する必要がある。

#### ④ 最適価格の積算プログラム開発

これの実現は当分は困難と思われるが、今後の努力目標としたい。当面は例えば最適機種を選定などのサブプログラムの開発に力を注ぎたい。

### あとがき

電算機による積算プログラム開発の目途がついたとは云え、処理内容は単なる加減乗除と作表の域を出ず、電算機をいわばソロバン代りに使用する程度に過ぎない。工期の決定や、ある条件内における最適価格の算出等の高レベルの作業ができるように今後開発していかねばならない。積算の電算化に対して、「準備に莫大な苦勞を要する割にはメリットが少ない」との批判があるが基準化または標準化の進んでいない現状では、このような批判も或る程度は肯ける。しかし、電算化の努力を通じて積算内容に伏在していた考え方のアイマイさや不合理さが正され、同時に基準化が促進されていき、電算処理内容も次第に改良されていくのである。

北陸農政局では積算の電算化の検討に着手以来、これが契機となって管内全事業所を統一する積算の基準化が着々と進められ、合理化に役立てられており、目下、47年度からの電算化を目標に鋭意努力中である。

### 参考文献

- (1) 小寺隆夫；積算のシステム化，土木学会誌55巻1号

農業土木技術者のための

〔7月発行予定〕

## プログラミングの数学

— 数値解析，統計解析，最適計画入門 —

「やさしいプログラミング」の姉妹編

第1編 数値解析・第2編 統計解析・第3編 最適計画の手法

農林省農地局設計課監修

農業土木技術連盟発行

B5判 頒価 1,200円 (送料無料)

10冊以上一括申込みは 1割引 学生は 1割引

# 新川排水制御システム

堀 俊郎\* 中村和也\*\* 岩崎 豊\*\*\*

## はしがき

国営新川農業水利事業は新潟平野の一角、西蒲原平野の農地約 20,000ha を対象とした排水改良事業である。

この地域はもともと低湿地であり、かつはらん原でもあった。このため、地域農民の水とたたかひの歴史は陰惨をきわめ、今の世に語りぐさとして伝えられているほどである。新川はこの低湿地改良のために開削された人工河川で、1818～1913にその開削工事が行なわれ、信濃川に合流していた新川が直接日本海に放流されている。したがって、この地域の排水改良事業を歴史的にみる場合この時点まで遡らなければならない。

新川事業の沿革をみると、新川の開削及び改修工事について

1909～1924 大河津分水工事（信濃川放水路）（内務省）

1933～1937 旧樋曾山隧道開削工事（新潟県）

1945～1947 農地開発営団事業

1947～1972(予定) 国営農業水利事業（1期事業）

1967～1972(予定) " (2期事業)

があげられる。

低湿地の多い本事業地区では地域の64%が地表水の排除をポンプ排水に依存しており、農地開発営団、国営農業水利事業（1期事業）は新川および大通川の改修と排水機場の設置が主な工事の内容であった。が、昭和30年頃からこの地域一円に地盤沈下が目立ちはじめ、その沈下量は新川沿川で昭和35～40年の5年間で最大30cmにも達し、特に中の口川下流部で最も大きく、昭和30年頃からの累計沈下量は2.0m以上にも達した。

地盤沈下をそのまま放置すれば、新川の水位が年々相対的に上昇することになり、ひいては既設の排水ポンプの揚程の増加による揚水能力の低減につながる事になり、国営農業水利計画（1期）に支障をきたすことになる。この時点に登場してきたのが国営新川農業水利2期事業である。

2期事業はこのような地盤沈下による1期事業の機能低下を補うことをその目的として、新川河口に大排水機場を設置することを主な事業内容として昭和42年に計画が樹立されている。

ここにいたって、新川の排水は完全にポンプに依存することになり、新川河口排水機場の完成で、新川地区における基幹的な機械排水施設が一応整備されることになると考えられている。

表-1 流域面積

地 区	面 積 (ha)
旧 広 通 江	2488
新 川 左 岸	1920
鍮 湯	3544
新 木 山 川	1160
西 川	1959
広 通 江	1659
新 川 右 岸	5494
旧 木 山 川	2770
大 通 川	7295

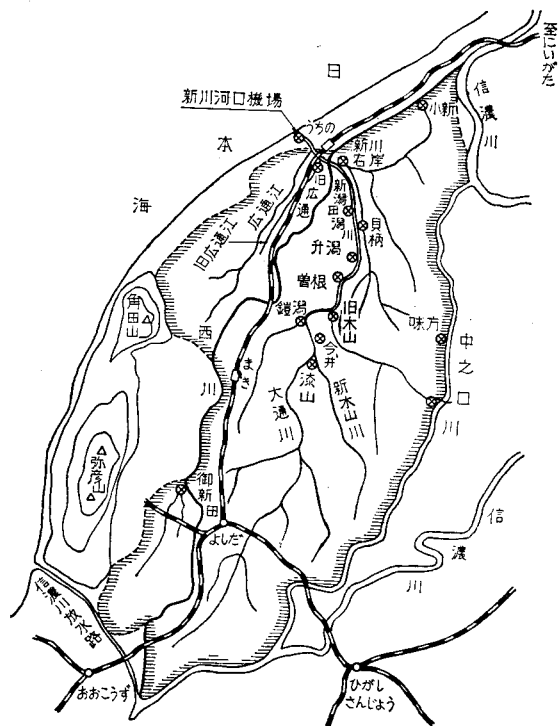


図-1 国営新川地区概要図

ここに紹介する新川排水制御システムはこのようないの事業のしめくりとして設けられるもので、その内

\* 北陸農政局新川農業水利事業所

\*\* "

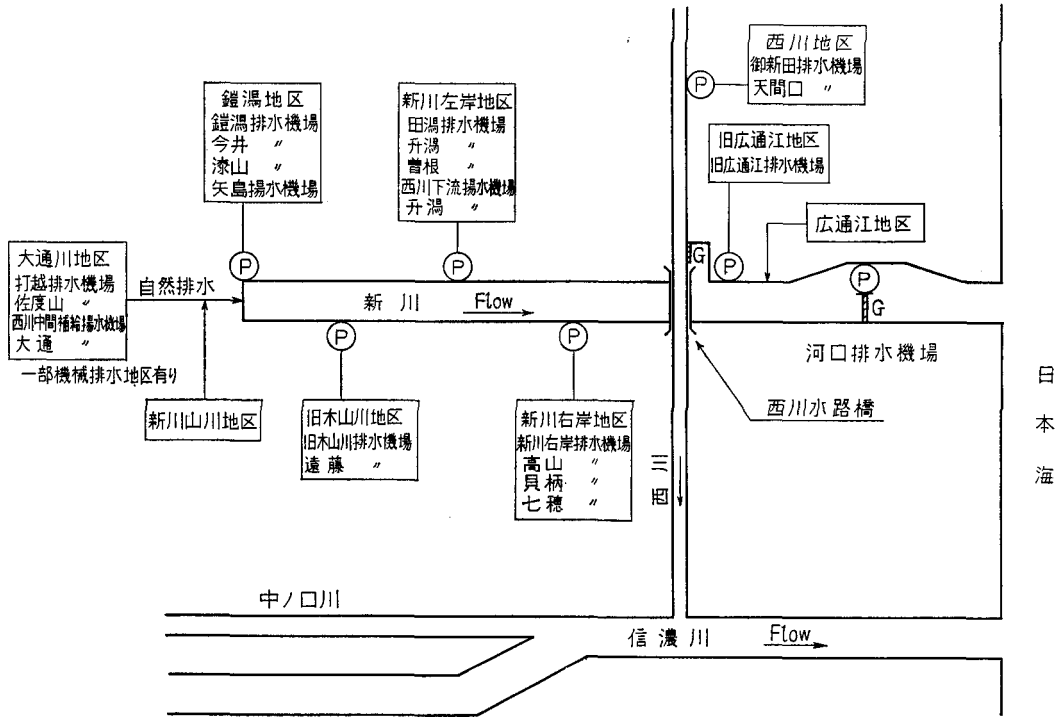
\*\*\* "



容は新川河口ポンプを中心とした既設のポンプを対象に電子計算機を付加した遠方監視、計算機制御システムである。そして、この排水制御システムにはつぎのような目標が設定されている。すなわち「地区の排水効果を極力向上させるために施設個々の業務を一体化し、施設の管理業務の合理化をはかるとともに、施設の操作を施設相互に関連をもたせ、より有機的なものとする。」こととされている。

排水制御システムについては、システムの構想、システム設計、システム設計に必要な調査等を農業土木機械化協会および農業土木コンサルタンツに委託し、昭和44年、45年度の2ケ年間でその概要が決定された。そして昭和46年、47年で実施される予定となっている。

ここではシステム概要のうち主としてシステムの構想と排水制御の内容を紹介するものである。



図一2 排水系統模式図

## I システムの概要

システムに対してサブシステムがあるがサブシステムはシステムを構成する要素と考えられる。このような観点から新川排水制御システムを考えると、より広範囲なシステムのサブシステムとしてとらえることもできる。

またサブシステムはこれを包含するシステムのなかでその目標が設定される。

したがって、新川排水制御システムもこれを包含するシステムの中でその目標が設定されなければならない。

新川排水制御システムをサブシステムと考えると、より広範囲なシステムとしてどういうものが考えられるであろうか。

農業土木機械化協会の報告書ではこの点についてつぎのように述べている。

「新川水系排水制御システムは、それ自体で完結した

閉鎖的なものではなく、長期的な農村の将来像の中で位置づける必要があり、

- 1) 排水業務の合理化
- 2) 災害の予防と安全
- 3) 地域社会の共同利用

を目標として考えることが適当である。」

としている。しかし、このようなより広範囲なシステムを想定し、その中で目標を設定するとき、現時点で多くの制約が存在している。

報告書では現時点で存在する制約を技術上、管理上、経済上に分けてつぎのように述べている。

### 1) 技術上

- (a) この種のシステムは Telecontrol, Telemeter, ポンプの無人制御、電子計算機システム、計算機制御の技術を基礎として成り立っている。これら個々の技術そのものは確立されたものであるが、これらそれぞれの技術を組み合わせるとき、それぞれの技術

の接点に問題が残っている。

- (b) 計算機制御の内容のうち、予測を伴うものについては河川流域の数学モデルを作成しておこなうことになるが、この種の試みは2, 3あるとは言え、その有効性は未だ確立したものではない。

## 2) 管理上

現行の組織の中で、計算機を付加したシステムを人間の管理分野に如何に適合し、組織を再編成し調整していくかという問題がある。

## 3) 経済上

投資効率に見合うべき性格をシステムに与えなければならない。

このような制約はますます解決できるものではない。したがってシステムの構想は比較的制約のない段階で目標を設定し、技術、管理体制を整備しつつ積みあげていく方式とされた。

このような構想から当面の新川排水制御システムにはつぎのような目標が設定された。

- ①データ収集（雨量、水位データ、ポンプに関するデータ）
- ②集中管理（ポンプ管理業務の合理化）
- ③データ解析（数学モデルの検証）
- ④安全性確保（治水上の安全性の確保、緊急時の即時的なフォロー）

これらの目標を達成するためにつぎのようなシステムを設定する。

システムに含まれる要素は図-3に示すように相互に関連をもつものとし、それぞれつぎのようにシステムの機能を分担する。

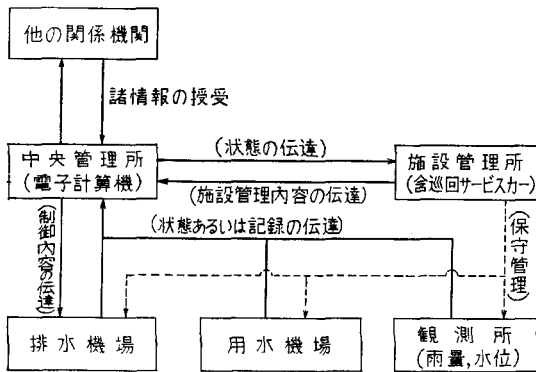


図-3 新川水系排水制御システム図

### (1) 中央管理所

全体システムの監視および制御指令を行なう。

### (2) 排水機場

新川水系の排水機場群で、それぞれが支配する流域の排水を中央管理所の制御指令にもとづいて行ない、機場の状態を中央管理所に伝達する。

### (3) 用水機場

排水機場と同様、中央管理所からの制御指令をうけ、機場の状態を中央管理所に伝達する。

### (4) 観測所

新川およびその支線ならびに排水機場群の流域の洪水予測に役立て、流出モデルの作成、水理シミュレーション法の確立に役立てるために設けられるもので、計測データは中央管理所に伝達する。

### (5) 巡回サービスカー

排水機場管理人の節減あるいは無人化に対処して、定期巡回ならびにシステムの異常時に出勤するものである。

中央管理所と他の各施設との間は400MHz帯UHF単信回線で接続され、図-3に示すように制御情報ならびに計測監視情報の授受を行ない、必要に応じて音声による通話も行なえるようになっている。

情報の伝達にはアナログ方式とデジタル方式があるが、伝送時間の短縮、多項目伝送、伝送精度を考慮してデジタル方式をとることにしている。アナログ方式は情報を電圧の連続的な変化におきかえて伝送するもので、これに対しデジタル方式は情報をパルスに変換して伝送するものである。

## II 排水制御

### 1. 排水制御の概念

あらゆる生命にとってもそうであるが、我々人類の生活にとって水は欠かすことのできない自然のめぐみのひとつであることはいうまでもない。しかしながらこの水は、ときには悪水になる場合もある。悪水は水の過剰である。すなわち必要とする水量以上の余剰水を生むことである。この余剰水の排水については、排水の方法と排水施設の利用方法との関連、あるいは管理方式との関連を明確にすることが重要な課題となる。

水の利用は、農業用水、工業用水、上水道等その利用範囲は広く、それぞれ取水は、分水施設、揚水施設等によって取水されているが、これらの取水時は、余水の処理方法が、また取水後はその残水の処理方法の検討が必要となるものである。

しかしながら、これらの中には水の利用目的が余水または残水の処理方法と直接結びつくものがあり、特にこの関係は農業用水で顕著である。すなわち作物生育上最適な圃場条件は、適正な排水と適正な用水が必要であるが、この場合、用水と排水は最適な圃場条件のために密接な関連が保たれなければならない。

従って農業用水の場合この利用目的と、排水管理とが直接結びつくところに排水制御としての意義があるものと考えられる。

排水制御は、水の利用目的が、より効果的に達成でき

るよう能動的に行為することであるが、新川の排水制御の場合余水あるいは残水を機械的に排水し、用水排水の両者の関連においてきめられる目標とする水位のみを維持するよう排水施設を調整することを基本とすればよいと考えている。排水施設には、ポンプ、ゲート、可動堰（制御目標の精度によっては固定堰をも含む）等がある。

## 2. 制御の対象となる排水施設

排水制御は単に排水施設のみをその目標に従うよう直接管理すればよいのであるが、その管理方式を決定する場合、その施設の機能、関連施設の機能、そして排水制御の影響範囲を十分把握したうえで確立しなければならない。このために調査は綿密に行う必要がある。すなわち

- a) 水路網の実態
- b) 取水施設の実態
- c) 排水施設の実態
- d) 地形および土地利用の実態
- e) 水利慣行その他の実態

等これら実態を整理分類し、またこれらの相互関連を十分に認識しなければならない。この作業によって排水制御の対象範囲が確立されるものである。

排水制御を必要とする区域はその地区の土地利用形態によってその範囲が決定される。すなわち、これらは水田であるか、畑であるか、宅地等であるかによって、その水位制御の目標が異なるからである。しかしながら、実際にこの制御区域を確立するには、

- a) その土地の地形的条件にもとづく排水制御の必要性
- b) 排水施設の水位制御可能範囲

等から検討され、これよりその区域が決定される。

制御対象とする排水の制御施設は制御を必要とする区域とは相離れぬ関係であり、水位制御を必要とする区域にその影響を及ぼす施設はすべて対象範囲とする。

## 3. 排水の制御目標とその範囲

新川排水制御システムにおける排水制御の基本は、水位の定水位とその維持であるとしている。従って、制御目標はこの水位をどのようにして設定するかでその範囲が決定されることになる。

すなわちこの目標となる水位はつぎのように分類される。

- a) 耕地の地下水位制御
- b) 水路その他の通常水位制御（洪水時でも異常洪水時でなければこの場合も含む）
- c) 用水施設の補助的役割を目的とした水位制御

である。これにはそれぞれの必要とする水位（以下目標水位という。）がある。この目標水位はまた時期的に変化するものであり、排水制御実施にあたっては、その範囲を確立しておく必要がある。

異常洪水時については、すでに目標水位はなく、これは制御の対象からはずれ、制御施設の管理技術の分野に入るものである。しかしながらこれにあたってはできるだけ長時間許容水位以下になるようその水位の特別制御が行なわれる場合がある。この場合に数学モデル等による水位の予測技術の開発が必要となる。

## 4. 排水制御システムの確立

排水に対し人為的操作が必要になれば、この操作に一連の体系的機構が要求される。すなわちこの形態として排水制御システムが確立される。

排水制御対象地域の土地利用が単一であり、しかも排水制御施設が集中しておれば、制御方法は、単純でその制御管理もさほどの機構ではなく、場合によっては特別な排水制御システムを必要としない。しかしながら実際には排水制御対象地域内の土地利用形態は複数であり、また排水制御施設は必ずしも一ヶ所に集中しておらずその種類も異り、加えてこの制御施設間の相互関連性が必要となることもあり、いわば排水制御区域の複合体となっている場合が多い。従ってこれらの地域の排水制御の管理を実施するにはそれ相応に複雑な機構となり、それに対応する体制が確立されなければならない。排水制御が土地利用にとって絶対的に必要であれば排水制御システムの確立は必然的なものとなる。

## 5. 制御レベル

前項でのべたように排水制御の対象となる排水機噐と、中央管理所は無線回線によって接続されることになっているが、新川排水区域全体からみた排水機噐個々の重要度を考慮して、それぞれ機噐に対し、A級、B級、C級、D級、4通りの制御レベルを設定した。すなわちA、B、C、Dはつぎのような内容とされた。

A級…中央からの呼出しまたは指令に基づいて

- ①監視項目および計測項目の伝送
- ②ポンプ関係、水門の制御（中央遠隔制御と略称）が行なえるものとする。通常時には、中央遠隔制御方式とするが、機噐内に設けられた自動制御盤のスイッチを切換えることにより機噐での自動操作、あるいは直接操作が行えるものとする。

B級…中央からの呼出しまたは指令にもとづいて

- ①監視項目および計測項目の伝送
- ②制御指令が機噐内の制御盤上に表示されるものとする。通常一人制御によりポンプの自動運転（自動操作と略省）とするが、直接操作も行えるものとする。

C級…中央から呼び出しまたは指令に基づいて

- ①監視項目および計測項目の伝送
- ②制御指示が機噐内に表示されるものとする。

この場合のポンプ操作は、人間が各機噐を直

表一 2 機場別制御レベル

No	機 場 名	制御階級	備 考
1	新川河口排水機場	A	
2	旧広通江 "	A	
3	新川右岸 "	A	
4	高 山 "	A	
5	貝 柄 "	A	
6	七 穂 "	B	
7	田 瀉 "	A	
8	升 瀉 "	A	
9	曾 根 "	B	
10	旧木山川 "	B	
11	遠 藤 "	B	
12	鎧 瀉 "	B	
13	今 井 "	B	
14	漆 山 "	B	
15	打 越 "	B	
16	佐 度 山 "	B	
17	六 間 口 "	C	
18	御 新 田 "	C	
19	西川下流揚水機場	D	
20	力 瀉 "	D	
21	矢 島 "	D	
22	大 通 "	D	
23	西川中間補給 "	D	

接单独に行なうものとする。(直接操作と略称)

D級…中央からの呼び出しにもとづいてポンプおよび電源の監視情報の伝送を行なうものとする。ポンプ操作は直接操作方式である。

6. ポンプ制御

ポンプの運転制御については以下のとおりである。

(1) ポンプ運転の制御については、割込み優先順位を次のように定める。

i) 操作方法について

ii) 操作内容について

表一 4

順位	操作内容	制御プログラム
第 1 位		非常運転プログラム
第 2 位		見込み運転プログラム
第 3 位		可変水位運転プログラム

(2) 自動制御の基準は設定内水位とする。すなわち各機場の設定内水位は中央管理所で決定されここからの遠隔手動制御または遠隔計算機制御によって設定あるいは変更できる。この設定内水位の変更は段階的(変位幅と設定時期)に行なうものとする。

表一 3

階級	A 級	B 級	C 級	D 級	備 考
第 1 位	機 側 制 御	機 側 制 御	機 側 制 御	機 側 制 御	(機側制御) ポンプの機器を単独に運転操作する直接操作をいう。
第 2 位	一 人 制 御	一 人 制 御	中央局からの遠隔手動指令による機側制御		(一人制御) 一人操作によるポンプの自動運転をいう。
第 3 位	中央局(コントロールセンター)からの遠隔手動制御	中央局からの遠隔手動指令による機側または一人制御	中央局からの遠隔計算機指令による機側制御		
第 4 位	中央局からの遠隔計算機制御	中央局からの遠隔計算機指令による機側または一人制御			

(3) 各排水機場では設定内水位の変更あるいはポンプ運転およびゲート操作が、コントロールセンターからの制御操作によって自由にできる構造であるものとする。

(4) 各排水機場では通常それ独自で、自動運転するものであり、その制御機構は制御目的の維持を基本とする。すなわち地区内水位の定常化を計るもので異常洪水時その他の特別操作を除いて、外的条件がど

う変化してもこれに対応する機場操作が実行される。(定水位運転)

(5) 各機場の制御管圏

各機場は新川の排水計画により地区内排水機場(以下子機場という。)と河口排水機場(以下親機場という。)とに分類し、それぞれの制御方法を述べれば次のとおりである。

i) 子機場

- a) 機場前面の水位が制御基準に基づく設定内水位（見込み運転のための設定内水位をも含む）になるようポンプ運転操作を実行する。このときの設定内水位は制御の目標となる水位、すなわち目標水位に等しい。
- b) ゲートはシステム自動制御の対象としない。

ii) 親機場

- a) 子機場と同じく機場前面の水位が設定内水位になるようポンプ運転操作を実行するものであり、このときの目標水位は新川の水位とする。この目標水位上限は新川沼線機場許容外水位までの範囲とする。
- b) ゲートはシステム自動制御の対象とする。

(6) 各機場の制御方式

i) 子機場

設定内水位（目標水位）は目的用途に応じた定水位とし、この水位は計算機による常時（ポンプ容量以内の流出範囲まで）変更しない。ただし見込み運転時は計算機による変更の対象とする。

設定内水位の変更は以下のとおり。

- a) かんがい期、非かんがい期の変換時
- b) かんがい期の用水対象時
- c) 地下水位制御時
- d) 見込み運転時
- e) その他

ii) 親機場

設定内水位は、機械排水時新川の目標水位に追従するよう新川の水理解析を行ない決定する。

新機場の稼動手順は次のとおりである。

A 機械排水時

設定内水位が外水位より低い場合である、このときは自然排水樋門は閉鎖状態であり、ポンプは稼動状態にある。なおポンプ運転制御は、新川流量がポンプ最大排水量（内外水位差によってこの量は変化する。）以内の増減であれば定水位運転は可能である。

- a) 流量が許容範囲内の変化である場合は、設定内水位の変更はなく定水位運転を継続する。  
なお、定水位運転を行なうにはある量の不感帯があるものとする。
- b) 流量が減少した場合、設定水位は計算の結果上昇し、その変化量がある定量以上になった時の設定内水位に変換する。この変換設定内水位は、同時に外水位と比較され、外水位より低ければこの設定内水位での定水位運転が行なわれる。また流量の減少がその後続けばその操作が繰返される、もしこの場合、実内水位（監視に基づく測定内水位）が外水位と等しくなったなら、ポンプ運

転を停止し、続いてこの水位が外水位+ $\alpha$ になった時、ゲートを開いて自然排水に変換する。（自然排水態への移行）

- c) 流量が増加した場合、設定内水位は計算の結果下降し、この変化量がある定量以上になった時の設定内水位に変換する。この変換設定内水位は、同時に許容下限内水位（水路構造の安全上、あるいはポンプ稼動の機能上からの下限水位）と比較され、許容下限内水位より高ければ、この設定内水位で定水位運転が行なわれる。また流量の増加がその後続けばその操作が繰返される。もしこの設定内水位が許容下限内水位より低ければ設定内水位はこの水位に変換されこの水位での定水位運転が行なわれる。さらにこの状態で流量が増加しポンプはフル運転となれば、設定内水位を正常化することができなくなり、この状態のまま実内水位は上昇する。（異常洪水状態への移行）

以上 a), b) (自然排水状態への移行を除いて), c) (異常洪水状態への移行を除いて) 間の移行運転を可変内水位運転プログラムという。

- d) 見込み運転については、流量が比較的少なく定水位運転が許容下限内水位でなされていない時（設定内水位が許容下限内水位でない場合の可変内水位運転プログラム時）この指令があれば設定内水位は許容下限内水位に変換され、この水位での定水位運転が行なわれる。続いて、この指令の解除があれば現流量に対応した設定内水位に変換され、また可変内水位運転プログラムに入る。また可能であれば解除と同時に自時排水状態にも移行する。

しかしながら、見込み運転の解除指令がなければ、この運転が続けられ、流量が増加してくるとポンプはフル運転となる。そうして、許容下限内水位になっている設定水位での定水位運転はできなくなりこの状態で実内水位は上昇する。

この操作手順を見込み運転プログラムという。

見込み運転時の設定は、その開始は積算降雨量がある定量に達した時あるいは天気予報その他の状態によるとし、またその終了は降雨強度がある定量以下になった時、あるいはその他による人間の判断にて決定する。ただし、この見込み運転時間はある定時間以上とする。

B 自然排水状態の時。

設定内水位が外水位より高い場合である。この時は、ゲートは開放状態であり、ポンプは休止状態にある。

- a) 自然排水の時、新川が目標水位になった場合ただちにゲートを閉め、機械排水状態に入る。同時に新川の水理解析を行ない、これに必要な設定内水位を

決定する——(可変内水位運転プログラムへの移行)

- b) 自然排水時でも見込み運転指令があり、この場合はただちにゲートが閉められ見込み運転が開始される。設定水位は、許容下限内水位となり、この水位での定水位運転を行なう。——(見込み運転への移行)

C 異常洪水状態時、

非常時運転プログラムをいう。

- a) 機場ポンプはフル運転となり流量に対応する設定内水位(または許容下限内水位)で定水位運転ができなくなった場合である。この時設定内水位の交換は行なわない。
- b) すなわち流量が増加し実内水位は上昇するものであるが、ある時期で平衡状態に達した時新川の実水位が新川の許容上限水位(河川堤塘の設計限界上限水位)より低ければ実内水位が設定内水位より高いにもかかわらずポンプ運転を続行する。
- c) 次に流量が減少して、実内水位は設定内水位(または許容下限内水位)に近づくが、この途中でポンプはフル運転できなくなり、見込み運転の解除指令があれば通常の機械排水状態へ入る。——(可変内水位運転プログラムへの移行)
- d) しかしながら、さらに流量が増加して新川の水位が上昇し、この許容上限水位より高くなった時は、緊急異常洪水対策に入る。この場合の具体策は、その方法として、自然排水状態へ強制移行させ子機場の一部ポンプ運転停止か、あるいは親機場のポンプ

運転はそのまま続行して子機場のポンプ運転のみ一部停止するかのものであろう。

——(緊急異常洪水対策への移行)

- e) 緊急異常洪水対策後流量が減少し、見込運転指令も解除となれば通常の機械排水状態へ入る。

——(可変内水位運転プログラムへの移行)

なお、以上の一連の機場操作は、新川を用水対策としての貯水効果についての考慮はしていない。親機場の設定内水位は、コントロールセンターでの新川の水理解析に基づき、その変化予測がなされ、その予測された水位に対応する機場でのポンプ運転制御用組込み水位をいう。

制御に必要な関係水位について記せば図-4、図-5のとおりである。

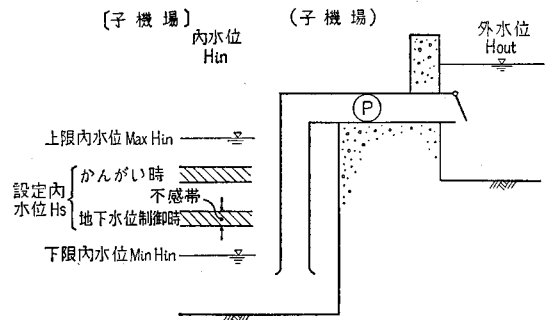


図-4

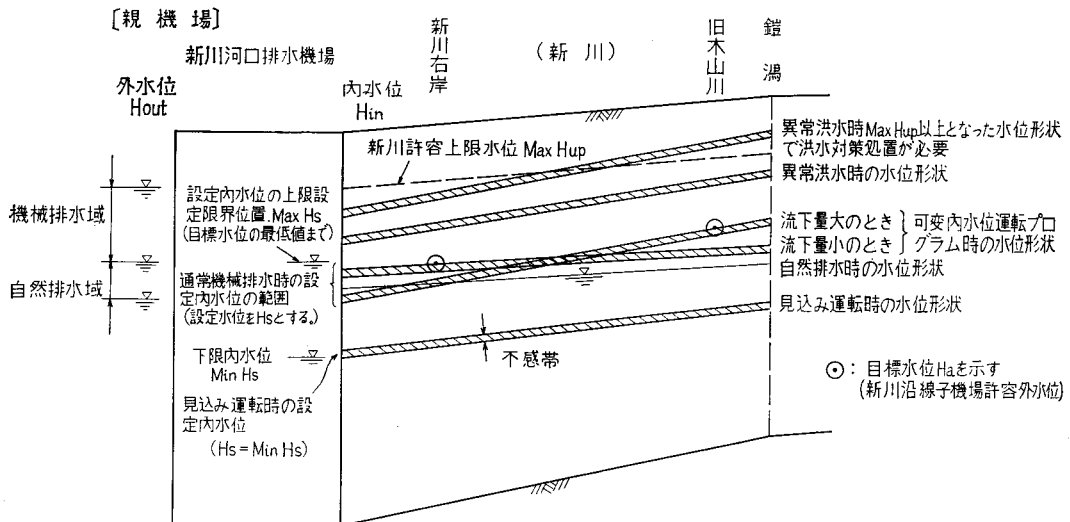


図-5

ノート その1 (子機場)

1. 設定内水位は、Max Him の範囲で、目的に応じてセットされる。

2. ポンプは、この設定内水位の不感帯幅内で水位定常化の運転が行なわれる。

3. 見込み運転時の設定内水位は下限内水位とする。

# 釜無川畑地かんがい事業について

—自動制御方式をとり入れたパイプラインシステム—

茂野 啓一\* 松島 武司\*\*

## 目 次

まえがき.....(47)	3. 自動制御について.....(55)
1. 事業概要.....(47)	4. 実施上の留意点と今後の課題.....(57)
2. 畑地かんがい計画.....(49)	あとがき.....(48)

## まえがき

釜無川地区は甲府盆地の西縁部にある。陽春の頃に、東京から西に中央線で約1時間半、幾つかのトンネルを出ると盆地が展げ、一面の明るい桃の花盛りは、桃源境の様で旅人に春をもたらし、秋の頃だと、この盆地全域のぶどう棚が「ぶどう王国」の山梨を象徴し車窓の人の目を見張らせることになる。

山梨県は南に秀麗富士山、西に南アルプス連峰を仰ぎ、北から東にかけて八ヶ岳、金峰、甲武信、大菩薩の嶺を望み、四周重畳たる連山に囲まれており、県全体の面積約45万ha、その内耕地は約10%、他の大部分が山林地帯であって、中央の平地部がいわゆる甲府盆地である。

この盆地を挟み、笛吹川（北東から南西へ）と釜無川（北西から南へ）との二流が盆地南端で合流し富士川となり駿河湾に注いでいる。

釜無川右岸地区は、釜無川西側に南アルプス山地との間南北20数km、東西6km、程度の細長く展開している地域であり、韮崎市始め7市町村にわたり、西側山地から釜無川へ1/30～1/40の傾斜をもった扇状地帯である。元来急峻な西側山地から釜無川本川に流下する山間河川は急勾配で盆地に達するため一時に土砂を運搬放出し堆積作用が盛に行われて現在の様な一帯の扇状地域を形成したもので、本地域の約2,000haの畑地帯は第4紀洪積層に属し、礫が頗る多く透水性に富む砂壤土乃至砂土の地質である。夏期気温最高は34℃であるが昼夜の温度較差は12°位で年間平均降水量は1,100mm程度、かんがい期間内の降水量も少く最大連続旱天日数は41日を数え、俗に此の地方での『月夜でもやけらあ』の言の通り常習早魃地帯である。

山梨県の農業は前述の様な自然的、立地条件等から全耕地面積は少ないと同様に戸当たり面積も少く、平均約0.6ha程度で、水田農業よりも畑作農業、殊に果樹、桑の栽培に余儀なく向けられて来たとも云える。ところが、

此の果樹栽培の研究努力の成果が、今やぶどう、桃類の総産量を増大し、全国的にぶどうのみならず「桃王国」の貫録をも維持し、古来全国屈指の養蚕業と共に本県農業の主柱ともなっている。

この様な趨勢を背景として、本地区畑作農業をみると、やはり特色ある農業振興の指向に基いて、果樹、桑栽培を主眼とし、畑地かんがい事業の目的も畑作農業振興を一層助長する方向で、かんがい用水の確保、労力節減をはかる合理的な水利用、農業基盤の整備と営農の近代化を目指しており、ひいては釜無川右岸地域の総合開発の礎ともなるものである。

目を転ずれば、笛吹川沿岸の畑地かんがい事業を主体とした総合的地域開発も近く国営農水事業地区として着工されることとなり、この意味においても、本事業はその試金石ともいえるもので、両々相まって山梨農業の発展をもたらすものとして、大きな意義をもっているのである。

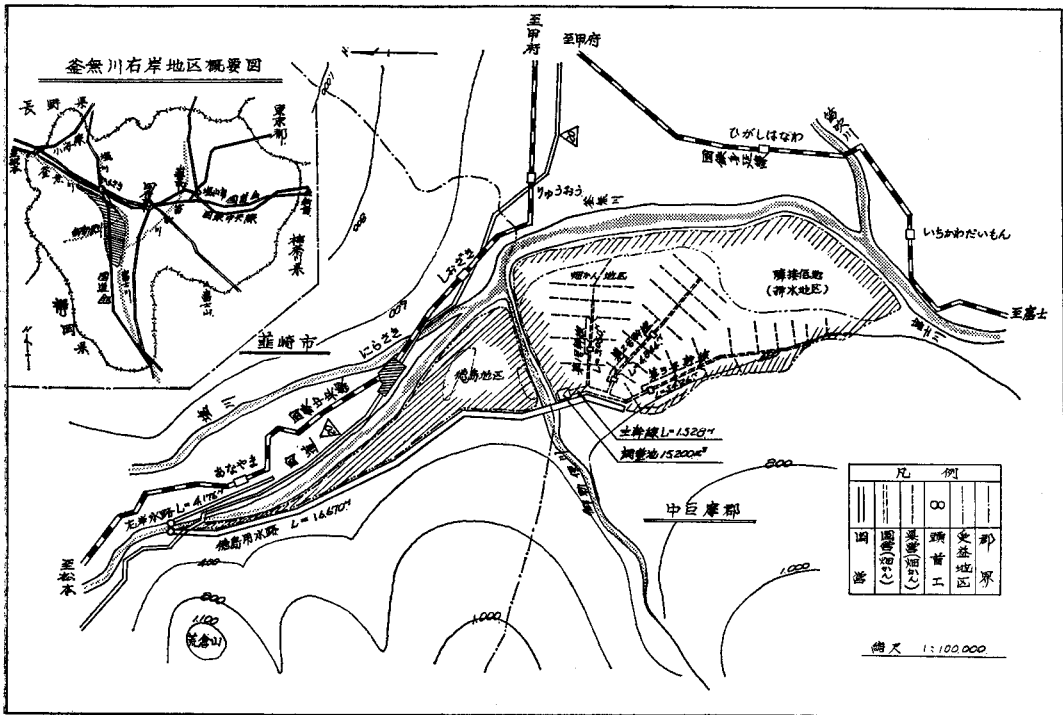
## 1. 事業概要

### 1-1 地区の概要

畑地かんがいの用水は既設用水路の末端附近から畑かん調整池に引水されるが、この用水路を『徳島堰』と称する。徳島堰は釜無川を水源とし韮崎市丹野町地先の取入堰より導水する総延長約17kmに及ぶ水路で、筑後柳河堰、箱根用水と共に、本邦水利史上三大堰の一つに数えられており、約300年前の寛文元年（1661年）徳島兵左衛門翁が、当時甲、信、駿の三国を結ぶ運河とし、併せて新田開発を進めようと遠大な計画を樹てて、約10ケ年間で開削された歴史的な水路であり、之により現今迄に1,000haの美田が開発されたものであるが、急峻な山腹を縫って走る水路は再三の洪水により崩壊も度重なり、之を改造補修してかんがい用水の確保に心血を注いで来たもので、昭和40年に本事業が開始されたのも、一つには釜無川の徳島頭首工を改築し、徳島用水路を全面的に改修舗装して漏水を防止し、水田地区1,560haの用水補給の改良を行うと共に、更に畑地かんがい地域2,052ha

\* 関東農政局釜無川農業水利事業所

\*\* //



図一 釜無川右岸地区概要図

の用水を確保し、最も合理的なパイプラインによるかんがいを実施して、農業経営の近代的な向上と安定化をはかるうとするものである。

## 1-2 事業計画

### 1-2-1 徳島頭首工の改築

計画所要水量  $7.79\text{M}^3/\text{S}$  の用水確保をはかるため在来の取水工を改築し、土砂吐の新設、魚道の改修等を行う。

### 1-2-2 徳島水路の全面的改修舗装

本水路は大部分土水路、或は野面石の空積護岸であるので漏水甚だしく末端の用水不足は多大である。又、用水路とはいいい乍ら排水兼用のため河川横断箇所の余水吐を改築し、洪水時の排水を万全ならしめる。

### 1-2-3 畑地かんがい事業

畑地かんがいについては受益面積  $2,052\text{ha}$  を4区域に分けて、何れもスプリンクラー散水かんがいとする。

#### 1) 大草台地……70ha

徳島用水路から直接分水、自然圧かんがいとする。

#### 2) 御勅使川北部……40ha

徳島用水路から、加圧かんがいとする。

#### 3) 御勅使川南部上位部……83ha。加圧かんがい。

#### 4) 調整池支配区域……1,858ha。自然圧かんがい。

此の3)と4)の区域(1,941ha)が本事業の畑地かんがい計画の主体となる。用水は徳島水路から(取水工より

14.7kmの地点)分水し沈砂池を経て調整池に導入し、主幹線、1号幹線、2号幹線、3号幹線によって全域に送られ、支線を平行分岐し、更に県営施行の枝幹線を国営幹、支線に直角に設け、団体管小支線を楕形状に設けて配水する。(概要図参照)幹線には、中間に減圧水槽と減圧バルブ等を設けて水圧を調整し、有効なかんがいはかることとする。

## 1-3 主要工事

### 1-3-1 頭首工(釜無川本川取水工)

固定堰 135m

土砂吐 10m×1.5m …… 1門(電動ローラーゲート)

取入口 計画取水量…… $7.794\text{m}^3/\text{s}$

取入樋管 4.0m×1.5m… 4門…(電動ローラーゲート)

魚道 巾員……2.0m

### 1-3-2 沈砂池

沈砂溝 22.5m×8.90m…… 2溝(勾配1/50)

排砂溝 18.1m×4.00m…… 1溝(勾配1/40)

トランジション 8.9m×4.5m…… 2連

### 1-3-3 徳島用水取入樋管

高2.5m×巾1.8m…… 2連(延長18.00m)

### 1-3-4 徳島用水路

開渠 三方コンクリート舗装(延長16.67km)



表-1 徳島用水路計画断面

水路名	延長	計画通水量		勾配	計画断面		
		用水量	排水量		巾	高	水深
開渠	m	m <sup>3</sup> -s	m <sup>3</sup> /s		m	m	m
1 ~ 6号	5,031	7,794	70572	1/1,000	3.90	1.40	1.20
"				"			
7 ~ 12号	3,011	7,468	16,303	"	4.90	1.60	1.50
"				"			
13 ~ 16号	1,966	6,961	6,970	"	3.50	1.40	1.20
"				"			
17 ~ 24号	3,826	6,396	13,449	"	3.50	1.60	1.50
御勅使川暗渠	860	4,381		1/400	1.70	1.50	1.20
開渠							
25 ~ E.P	1,977	3,135	10,729	1/1,000	3.00	1.60	1.50
計	16,671						

(用排水量のうち大きい方を計画流量として断面を決定する)

1-3-5 畑地かんがい施設

取水工, 沈砂池 (1ヶ所)

調整池 (80m×60m×6.0m……容量15,200m<sup>3</sup>)

1ヶ所

パイプライン 国営幹線延長約15km

- 主幹線……………1,528m
- 1号……………3,050m
- 2号……………4,844m
- 3号……………5,426m

1-3-6 事業費 26億2千万円(国営分)。進捗度54%

1-4 用水計画

1-4-1 徳島用水地区 (水田地区)

かんがい面積 939.9ha

単位用水量 代播期 代播用水…160mm, 養水…35mm。

穂孕期 25.7~67.5mm(平均36.3mm)

かんがい期間 6月21日~9月30日 (102日間)

損失 国営幹線 (5%), 支線 (10%)

全用水量 代播期…6.079m<sup>3</sup>/s, 穂孕期…4.641m<sup>3</sup>/s

1-4-2 扇状地末端地区 (水田用水補給地区)

かんがい面積 620ha

補給水量 代播期 0.51m<sup>3</sup>/s

穂孕期 0.293m<sup>3</sup>/s

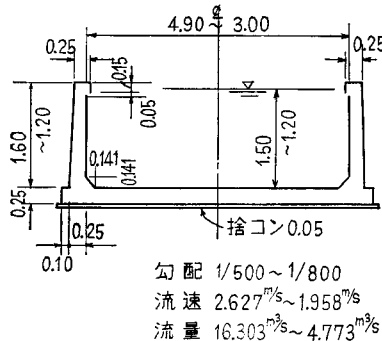
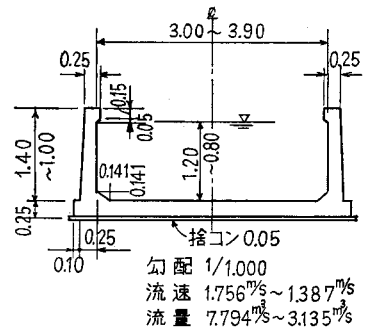
1-4-3 畑地かんがい地区 (スプリンクラー散水かんがい)

かんがい面積 2,052ha (桑園1,396ha, 果樹園696ha)

単位用水量 1回のかん水深……25mm

間断日数 果樹 最盛期 6日

(7月1日~8月20日)



常時 7日

(6月26日~6月30日)  
(8月21日~10月31日)

桑 最盛期 6日

(7月21日~8月31日)

常時 7日

(3月4日~7月20日)  
(9月1日~10月31日)

かん水時間 自然圧・加圧共18時間40出(4回/1日)

かんがい期間 果樹 6月26日~10月31日

桑 3月4日~10月31日

損失 自然圧 (25%)。加圧 (30%)

全用水量 1.427m<sup>3</sup>/s (常時)~1.666m<sup>3</sup>/s (最盛期)

2. 畑地かんがい計画

2-1 かん水量の決定

畑かん計画のかん水量は, 地区内果樹試験場の調査資料を基礎として決定された。

2-1-1 かんがい計画諸元の検討

1)間断日数。

試験区における調査の結果10~20cmの土層の水分張力がP.F1.5前後の圃場容水量の状態から, P.F3.0前後の水分張力に到達するまでの日数は8月中何れも5~6日となっている。このことはP.F3.0を成長阻害水分点とした場合, 適正な間断日数は6日前後であることを示している。

## 2)制限土層

旱天が続いた場合、殆んど同時に水分張力が上昇している。このことは、土壌水分減少が樹木に直接影響を与える制限土層は、本地区の土壌においては表層から10~20cm位までであることを示している。

## 3)有効土層

水分張力変動を調査した結果から、表層50~60cmを見込めば十分であることが示されている。

## 4)消費水量

1回の計画かん水量1日当り4~5mmで全土層が、圃場容水量に戻ることから平均日消費量は4~5mmが適当であると考えられる。

### 2-1-2 1回のかん水量の決定

1回のかん水量の決定については、上記調査の結果に基いて、次式により算定、実情検討の上25mmと決める。

$$I = (f_c - M_i) \frac{D_s}{10} \cdot \frac{1}{C_p}$$

但し I : 1回のかん水量。

$f_c$  : 圃場容水量。

$M_i$  : 正常成育阻害水分点。

$D_s$  : 制限土層の深さ。

$C_p$  : 消費割合。

### 2-1-3 期間別間断日数

果樹が肥大を始める7月上旬より蒸発の盛な8月下旬までの間断日数を6日とし、その他の期間を7日とする。

又桑については、春蚕期、枝条を根元より刈り取り、その後新枝が繁茂し始める7月下旬より8月下旬までを6日とし、その他の期間を4日とする。

## 2-2 散水計画

### 2-2-1 計画

面積 : 1,941ha (果樹656ha, 桑園1,285ha)

かんがい方法 : 自然庄 1,858ha, 加庄 83ha。

果樹……樹下かんがい。

桑……樹上かんがい。

純用水量 : 4.2mm/日

かんがい効率 : 80%, 圃場ロス20%

間断日数 : 常時7日, 最盛期6日

1回かん水深 : 31.5mm (20%のロスを含めた実質散水量)

### 2-2-2 スプリンクラーの選定

スプリンクラーの配置 : 16m×16m (10a 当約4本立)

かんがい強度 :  $\frac{28.5 \times 60}{16 \times 16} = 6.7 \text{mm/hr}$

スプリンクラー1箇の所要散水量 : 28.5ℓ/MIN

作業水圧 : 2.46kg/cm<sup>2</sup>

散水直径 : 樹上かんがい用 28.7m

樹下かんがい用 24.0m

以上により適当するスプリンクラーを選定する。

### 2-2-3 作業計画

1回当りの作業時間 : 4時間40分

1日の作業回数 : 4回とする。

従って1日の作業時間は18時間40分とする。

又、0時~2時40分と12時~14時40分を休止時間とする。

### 2-2-4 散水ローテーション計画

1個の電磁弁の支配面積は75aであり、スプリンクラー30本分であるので、散水量は 28.5ℓ/Min×38=855ℓ/Min である。又、6日間断で1日4回とすれば24回分となるので、1つのローテーションブロックの面積は18ha(75a×24=18ha)である。

即ち18haのローテーションブロックに対し855ℓ/Minの水量である。

### 2-3 畑かん用水分水工, 沈砂池, 調整池について

畑かん用水は徳島用水路から巾3.00mの取水口で導入され、沈砂池(巾8.0m, 水深1.2m, 長35.0m)を経て、調整池に流入させる。

沈砂池は前述の様に徳島用水路が用排兼用の水路であるために土砂の流入が避けられないので、調整池の入口で沈砂させて、之を排水路から御勅使川に放出することにする。

計画沈砂粒径を0.2mmとすると、流速は0.015m/sとなり、沈砂槽の長さを余裕を見込んで35mとする。又勾配は1/50とし、横勾配を1/10として掃流するものとする。

排砂路は余水路兼用として、径1,200mmのH-pipe 769mの暗渠とし、取水量の全量を以て排砂することにする。調整池は流入量及び使用量を基準にして、休止時間を考慮の上、貯水量を15,200m<sup>3</sup>とした。

### 2-4 バイプラインの計画

#### 2-4-1 配管系統

畑かん区域は南北9km, 東西6kmの広域にわたるため3ブロックに分けて幹線のバイプラインを布設する。

地勢は、地区北西端の調整池が最高地点(標高400m)で、それより東と南へ向かって傾斜した扇状地であって勾配は概ね1/30~1/40であり末端との高低差は130m程である。バイプラインは半閉塞式とした。

先づ起点調整池から南へ主幹線を布設し、之から1号, 2号, 3号, の各幹線バイプラインを、コンターラインに直角に布設し、調圧のために各幹線の中に減圧水槽を設け、末端散文に適当な水圧を保持させるものとする。

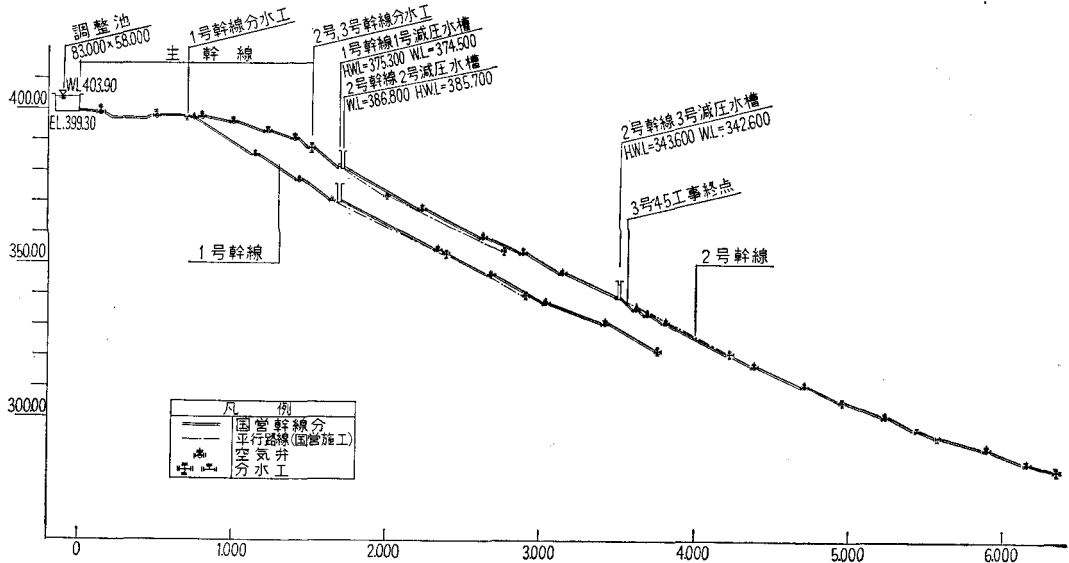


図-2 畑かんパイプライン縦断図 (1号, 2号, 幹線)

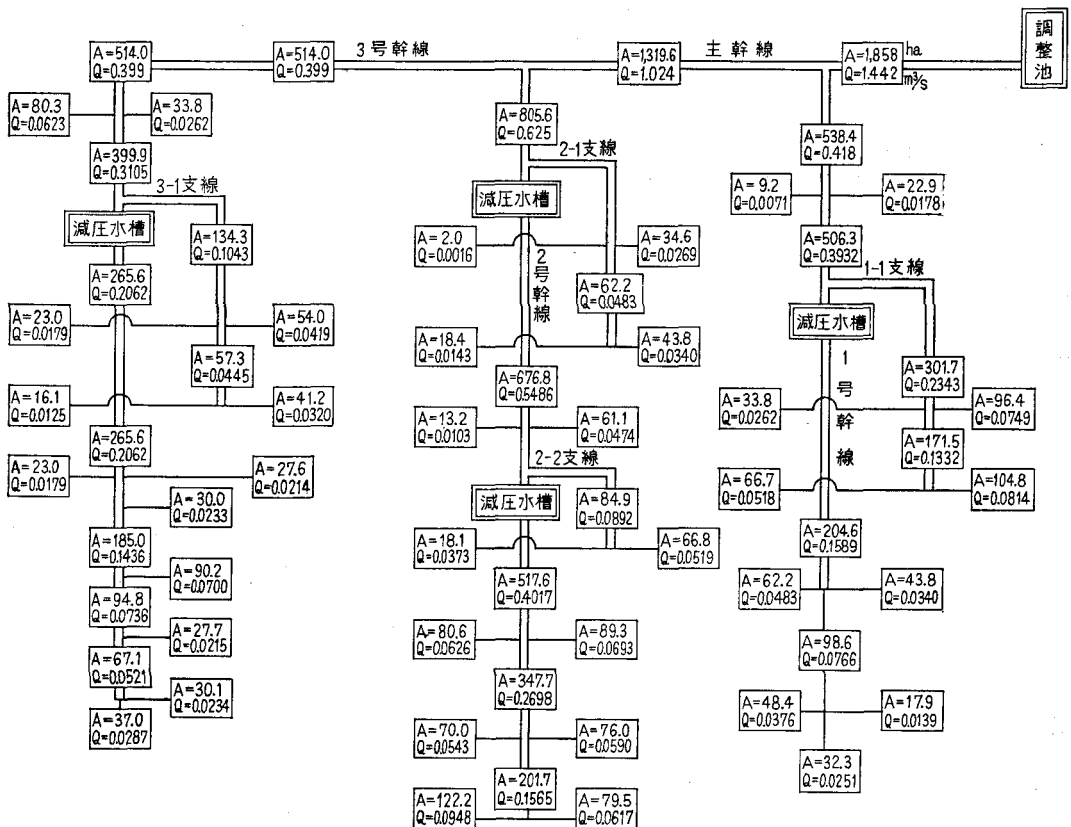


図-3 畑地かんがい計画系統図

2-4-2 計画通水量

最大使用時期の7月21日～8月31日において、1日4交代、18時間40分かんがいの場合を基準とする。

即ち

$$q = \frac{0.025 \times 10,000}{6 \times 18^\circ - 40' \times 3,600 \times 0.8} = 0.000775 \text{ m}^3/\text{s}/\text{ha}$$

水量：25mm  
 間断：6日  
 損失：20%  
 q：1ha当りの単位用水量

但し Q：流量…(m<sup>3</sup>/s)  
 A：管の断面積…(m<sup>2</sup>)  
 V：流速…(m/s)  
 R：動水半径(A/P)…(m)  
 I：動水勾配  
 C：係数  
 P：潤辺長(m)

### 2-4-3 水理計算

幹線、支幹、枝幹線等の水理計算は Kutter の公式を使用。n=0.013 を採用。流速は 1.0m/s~2m/s である。

$$Q = A \cdot V$$

$$V = C \sqrt{R \cdot I}$$

$$C = \frac{23 + \frac{I}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{I}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

計算に当っては流量表を使用した。

### 2-4-4 減圧水槽

調整池とパイプライン末端との高低差は 130m に達するので、各幹線に夫々減圧装置を設けて減圧するのであるが、本地区ではパイロット式自力制御弁（セレナオートバルブ）を使用した。

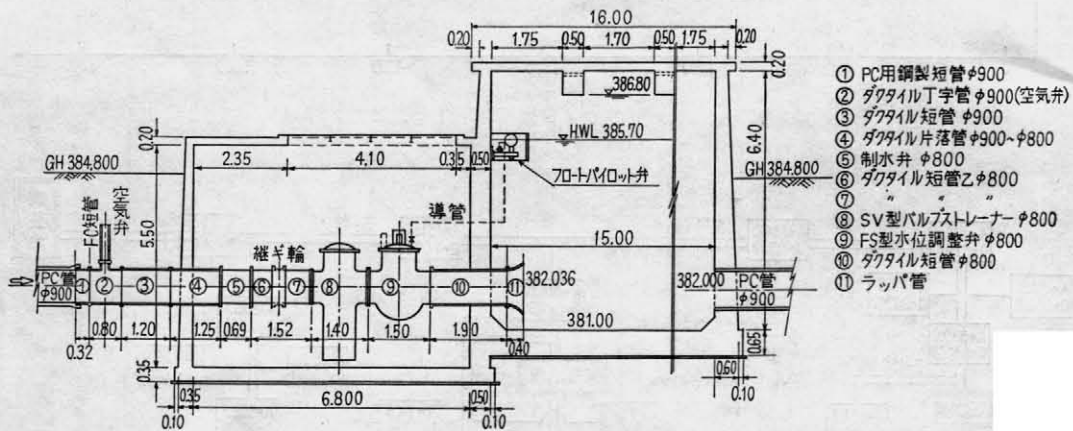


図-4 2号減圧水槽構造図

ここに、2号幹線の減圧水槽を1例としてあげる。

口径：900mm

オートバルブの全閉時間：4分=240秒

Q=0.7482m<sup>3</sup>/s とし、H・W・Lから余裕 1.1m として減圧水槽は、長さ15m、巾12m、高5.4mとする。

$$15 \times 12 \times 1.1 = 198 \text{ m}^3$$

$$\frac{198 \text{ m}^3}{0.7482} = 264 \text{ 秒} > 240 \text{ 秒}$$

なおH・W・Lは末端の所要水圧によって決められる。

### 2-4-5 管種の選定

近年の畑地かんがいは、殆んど全てパイプラインによるが、パイプラインは一旦埋設されると簡単に取り換えられるものではなく、従って内圧、外圧両面から安全性を強く要求されるものであるが、同時に経済的にも妥当なものでなければならない。

本地区においては、種々の条件を考慮して、φ=500mm 以上は遠心力鉄筋コンクリート管B型(R・C)、及びプレストレスコンクリート管(P・C)を採用、又φ=450mm以下は石綿セメント管(A・C)を採用することにした。



写真-1 機械掘削

夫々の基準は次のとおりである。

- 1) R・C・P……静水圧10mまでとして、使用静水圧の2倍の範囲で外圧に対する検討を行う

て、安全率1.5以上となる様にした。基礎は0°支承とした。

- 2) P・C・P……次式により検討選定した。  
使用静水圧+衝撃圧+外圧換算内圧=導  
入内圧。基礎は0°支承とした。
- 3) A・C・P……設計内圧、外圧による合成応力により安全率3以上となる管種を選定した。  
砂基礎を120°とし、管下0.20m厚のサンド  
ベッドを施す。



写真-2 埋戻しランマー輾圧

#### 2-4-6 土被りの決定

地上の作物が桑、果樹であるので、根深を考慮して最少1.5mとした。



写真-3 トラッククレーンによる管布設

#### 2-4-7 附帯構造物

#### 1) 空気弁

管路の高位部に設け、高位部のない場合においても約400mに1ヶ所の割合で水道用双口空気弁を設ける。

#### 2) 制水弁

主幹線より分岐する1~3号幹線への分岐始点、及び各幹線より分岐する国営支線、県営、団体営各分岐点に、堅型バタフライバルブを設ける。

#### 2-5 除塵装置

本地区は前述の様に、畑地かんがい用水を徳島用水路から分水し、調整池に取り入れている。しかし乍らこの水路は延々15kmにわたる開渠であって、釜無川取水口から全線三面コンクリート舗装に改修されるものではあるが、地形的に西側山地は急傾斜面であり、部分的には山腹畑地の間や、住宅の多い村落を通り流れているので、塵芥、雑物、草葉の類も開渠水路の中に混入してくるのである。従って本地区の様に、スプリンクラーかんがいを行うためには、畑地かんがい組織末端の機器（スプリンクラーノズル、電磁弁内の通水孔等）の性能を阻害しない様にすることは最も重要な問題であり、塵芥、雑物その他の浮遊物を完全に除去しなければならない。

そこで、用水路からの取水口と沈砂池の入口に、スクリーン（前者は間隔10cm、後者は間隔5cm）を設けて、更に調整池の南端、パイプラインの主幹線入口の場所に除塵装置を設置することにした。

従来農業用に使用されて来た除塵装置は固定式のものがあるが、この型式のものでは相当の労力を必要とし、且つ非常に小さな流芥まで除去することは出来なかった。従って本地区では、上記かんがい機構の性能の点から種々検討し、又省力化に重点をおいて、電動式ロータリー除塵装置を考案し採用したのである。

構造と性能について略記すれば次の様である。

##### 2-5-1 構造の概要

構造は除塵機（スクリーン本体、スクリーン受け枠、駆動部）、洗滌用ジェット装置、塵芥搬出用コンベアからなる。

運転は電動、手動いずれも切り替え可能である。

##### 1) 除塵機

形式…スクリーン付回転式除塵機

径間×高：3,800mm×7,000mm

設置数：1式（2連）

スクリーン勾配：75°

スクリーン：ステンレス（SUS・27）金網。12メッシュ。

スクリーン回転速度：2.00m/min

駆動方式：電動兼手動（モーター、6P-22kw、全閉外扇屋外形）。

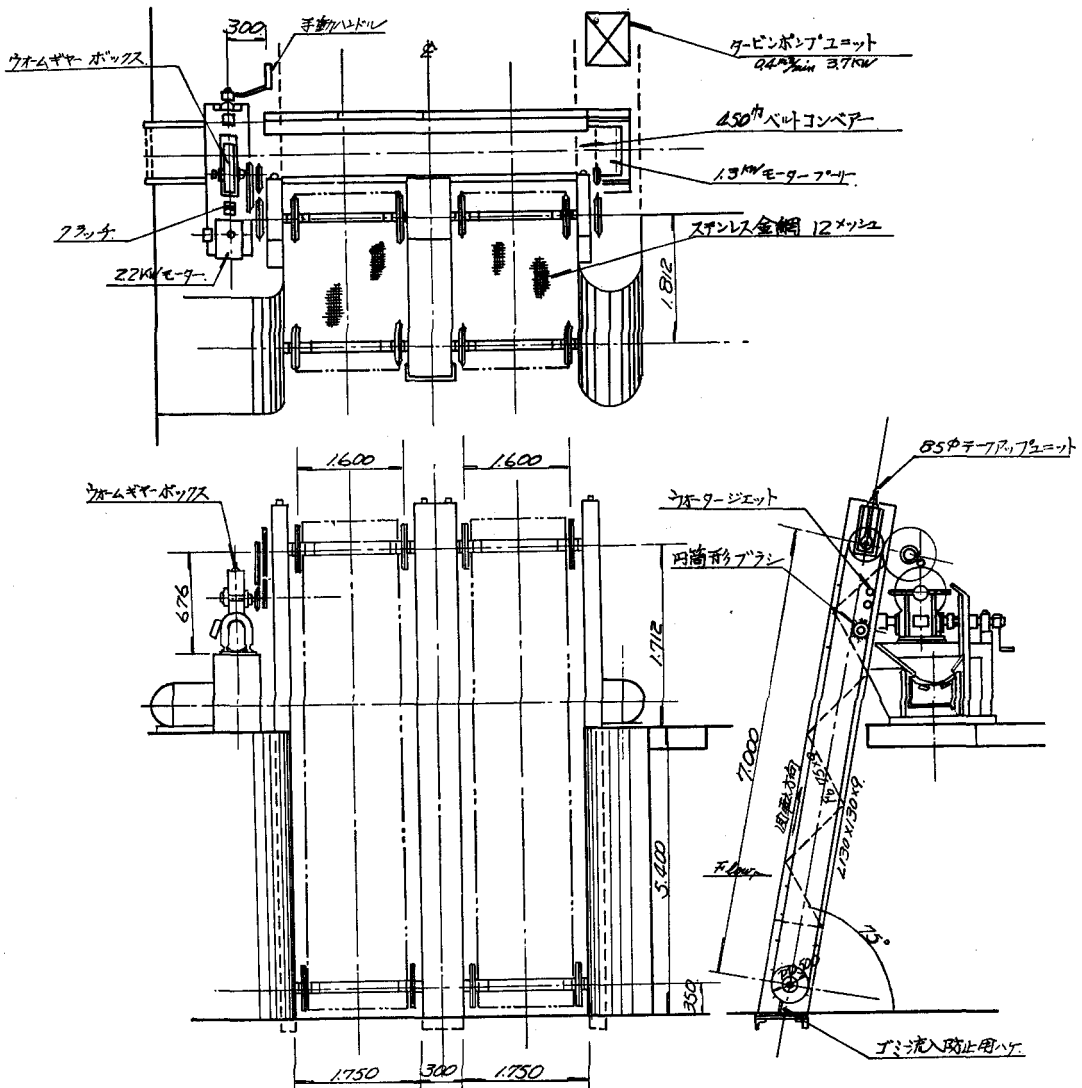


図-5 除塵装置構造図

2) 洗滌用ジェット装置

形式：モーター直結タービンポンプ  
 台数：1台  
 吐出量：0.4m<sup>3</sup>/min  
 電動機：4P-3.7kw, 1,500R・P・M  
 附属品：ジェットパイプ1式, サクションパイプ,  
 バルブ1式, 円筒型ワイヤーブラシ1式。

3) 塵芥搬出用コンベアー装置

形式：ベルトコンベアー (1.5kwブリーモーター  
 付)  
 台数：1台  
 規模：有効長 7,000mm × 巾450mm  
 荷重：20kg/m<sup>2</sup>  
 速度：36m/min

2-5-2 構造の原理

1) 除塵機

回転スクリーンはステンレス金網を主体として構成され、両端はコンベアーチェーンに取付けられ、このチェーンは鎖歯車の回転により駆動されるものである。スクリーン網用コンベアーチェーンの左右の連結及び塵芥のかき上げ用として左右チェーン間に山形鋼を使用した。

戸当り金物は、チェーンのガイド兼用として設置されると共に下部案内鎖歯車の受枠も兼ねる。スクリーン網と戸当りとの左右間隙より塵芥の流入を防ぐため、山形鋼及び水密ゴムを使用した。

駆動装置用電動機は1台とし、スクリーン2連を同時に運転する。

2) 洗滌用ジェット装置

ジェット装置はスクリーン用ピアー上部に設置し、

スクリーンのリターン行程において、圧力水をスクリーン内側より吹きつけ、スクリーンに附着した塵芥を洗い落して下のベルトコンベアーに流下させる。

ジェットパイプは除塵機フレームに固定し、スクリーンの塵芥洗滌に有効なように水の噴出孔を設ける。

### 3) 搬出用コンベアー装置

フレームはパイプ製とし、このフレームにドライブプーリー、ガイドプーリー案内車を取りつけ、ドライブプーリーはモーターで駆動させる。

スクリーンより洗滌されて流し落された塵芥はコンベアーにより下の塵芥集積箱に集積される。

## 3. 自動制御について

### 3-1 畑かん取水工及び調整池関係機器の自動制御について

前述の様に、徳島用水路末端近くに畑かん用水取入口がある。用水路の流量は気象条件及び、上流部水田地帯の水使用状況により、毎日、毎時、刻々と常に変動するものである。又一方、畑かん用水取水地点下流部の水田地区に対しては一定の流量を正確に分水流下させなければならないので、下流側必要水量を流下させた余剰水を調整池に取水するのであるが、殊に夏期の渇水期にこそ可能な限り合理的な分水取入れを行って、畑かんがいの効果をより一層高めるために、調整池取水口の2門の捲揚ゲート（1門は用水路下流への調節水門。1門は取入水門）が円滑に支障なく同時に操作出来るよう自動制御することとし次の装置を設ける。

#### 3-1-1 自動流量制御装置

- 1) あらかじめ下流分水の必要流量を制御盤上に設定すれば自動的に流量を制御し、調節水門及び取水ゲートの開閉度を指令する。
- 2) 開閉の操作を自動的に行うが、いわゆる自動微動調整を非常に細かい精度で行うので、水量の少ない場合において特に無駄を少なくして、取水を効率的に行うことが出来るため、本地区の様な条件の場合適正且つ合理的な水利用が期せられる。不感帯のインターバルを6mm程度に止め、ハンチングを防止するものである。
- 3) 分水量を流量計に積算し、この積算流量計は1年間の総分水量を積算出来るものである。
- 4) 予定流量設定器によって、1回毎の使用全量を予め設定しておけば、此の分量を流し終えると自動的に下流側ゲートを閉鎖して調整池に取入れることが出来る。
- 5) 運転の開始、停止の時間をタイマーにより設定しておけば、予定時間に無人操作を指令し、分水の開始、或いは停止等、上記の操作が進行されるのである。
- 6) 上記自動遠隔操作の他手動操作も切替可能である。
- 7) 不測の原因による事故防止をはかり、水路上流側の

急激な水量増高の際には、余水路から放流する操作を自動的に行う。

#### 3-1-2 調整池関係ゲート遠隔制御装置

調整池まわりの排砂門、調整池取水門、畑かん水門（パイプライン主幹線への流入口）、除塵機等の操作については、自動流量制御装置の操作と同様に、操作室の制御盤で遠隔操作を行うことが出来る。

又機側における手動操作も可能である。

#### 3-1-3 水位検出装置

前記の3-1-1・自動流量制御装置にリレーし下流側分水を調節する水位を検出するために、用水路制水門の下流20mの位置にフロート式水位検出装置を設置する。

### 3-2 畑かんがいの自動制御について

畑かんがいの方法として、現在ではスプリンクラーかんがいが一般に普及して、そのためには圃場に埋設されたパイプラインを通して、適正な効率の散水計画が実現されているが、スプリンクラーの定置化を行うことによって、全体的な配水を自動的にを行い、労力の節減と用水の合理的利用を一層効果的にすることが出来る。

本地区においては末端のスプリンクラーの作動を電磁弁を設けて、自動的に随時自在に遠隔制御する方式を採って、全区域にわたって制御調整することとしている。

此の方式は1,941haの畑かんがいの区域に、11ヶ所のブロック指令所を設置し、指令所において概ね120~200haの範囲の面積のかんがいの支配をさせることとし、之等の指令所から中継所を経て夫々の電磁弁を自動的に操作することにより、全体のかんがいを極めて合理的に、又正確に遠隔操作をすることが出来る。更に各指令所を中央のコントロールセンターで統轄制御する計画である。

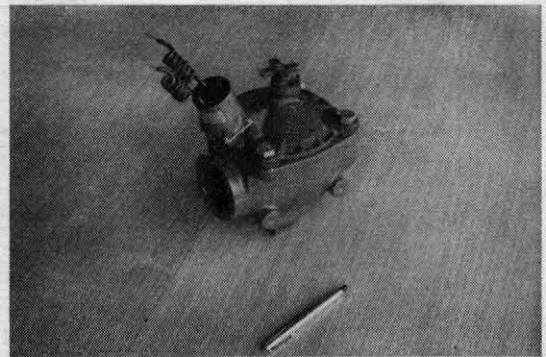
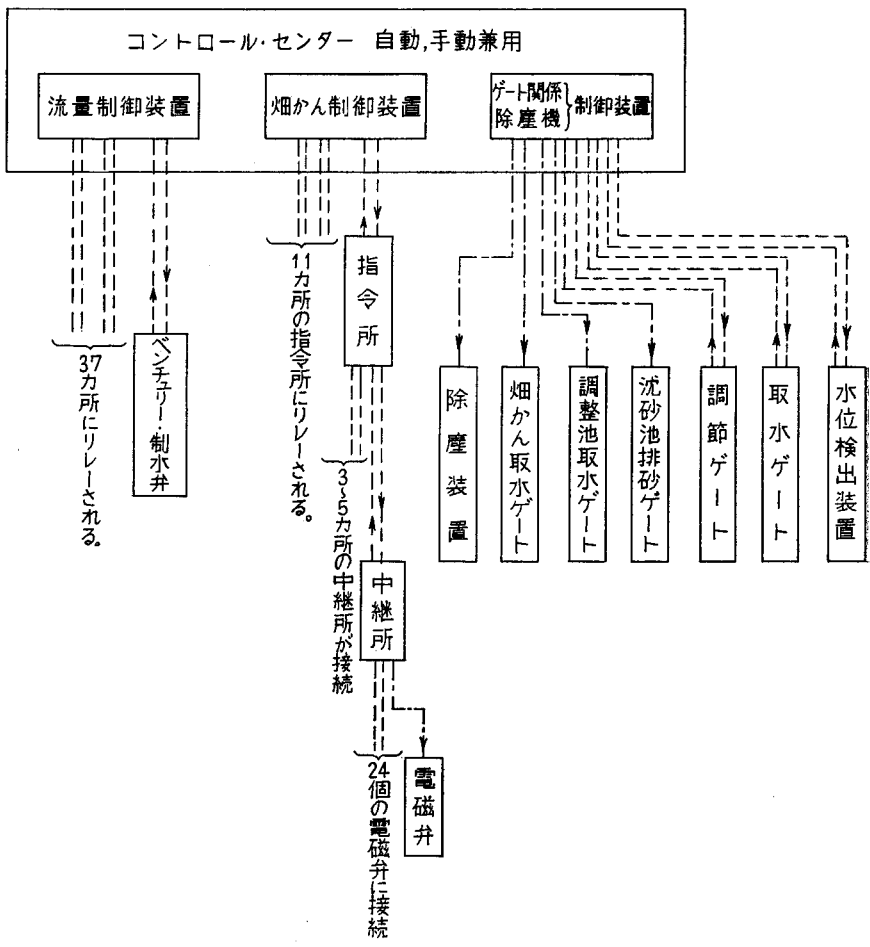


写真-4 電磁弁

#### 3-2-1 自動散水制御装置

電磁弁（遠隔制御用バルブ2.5吋径用）で末端散水ローテーションブロック（本地区では18ha）の自動制御を行うものである。1箇の電磁弁の支配面積は75aで、ス



調整池附近平面図

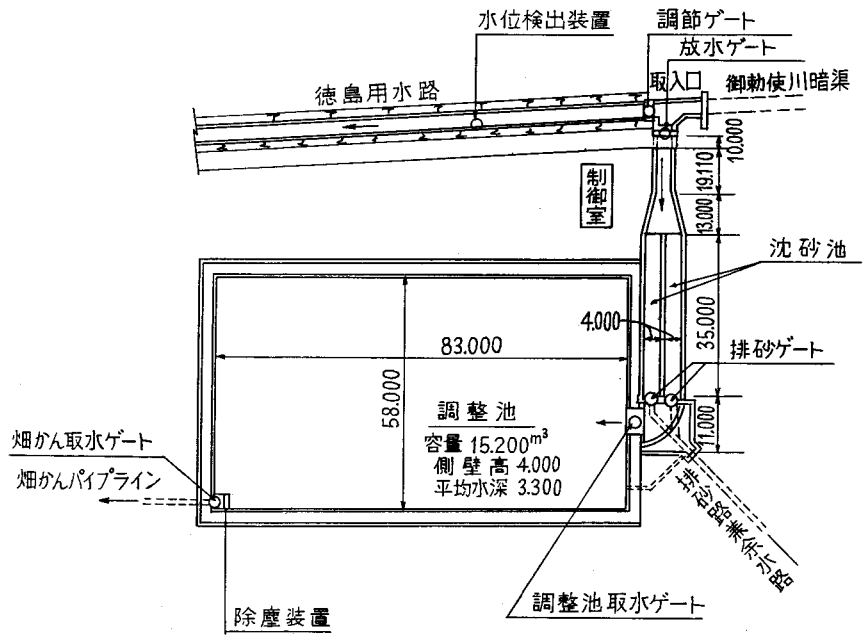


図-6 畑かん関係自動制御模式図



ブリンクラー30箇分を受け持ち、ローテーションブロックには24箇の電磁弁が設置される。(図-7参照)

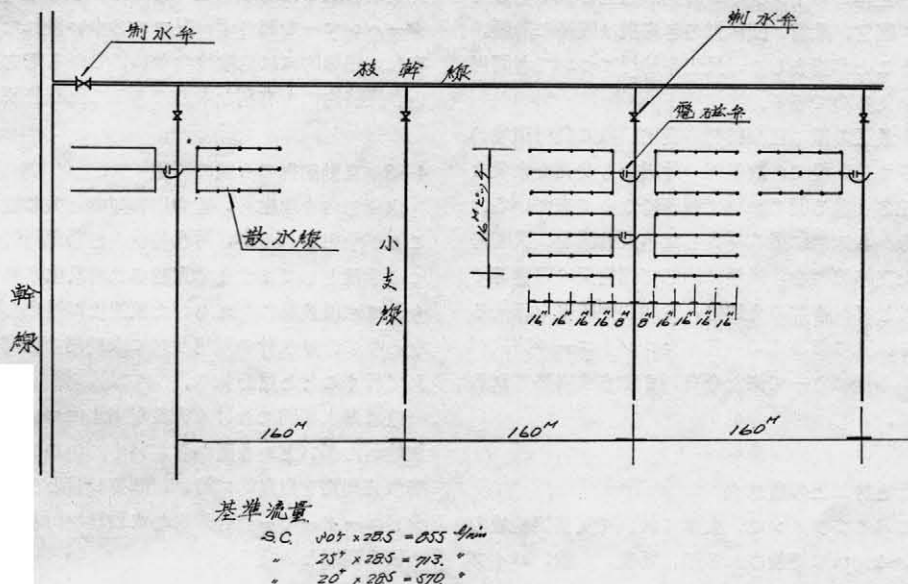


図-7 末端配管模式図

### 3-2-2 指令所における自動制御装置

本地区の畑地かんがい区域1,941haは、桑園と果樹園(桃、ぶどう、りんご、桜桃等)であるが、非常に広域にわたるため、各種作物の用水需要の相異、散水時間の調整、気象的な相異(部分的な降雨状態の相異)、急激な気象変化に対する迅速的確な処置等全支配地域の合理的なかんがい管理が出来るように、全区域を11ブロックに分けて指令所を設け、1指令所の支配面積は120~200haとされる。

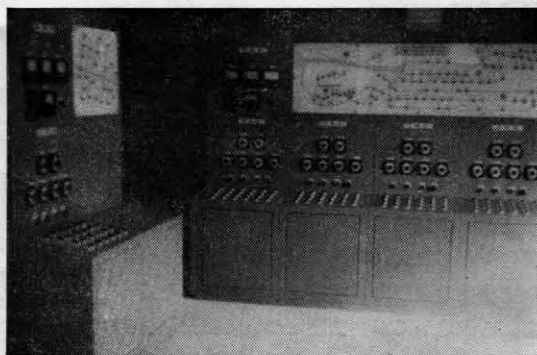


写真-5 指令所の自動制御盤

指令所には、各電磁弁を操作する操作盤が設置され、制御は全てタイマーにより、かんがい開始時刻、休止時刻を予め設定しておけば、自動的に計画的散水が出来るよう電磁弁の遠隔操作が行われるものである。

### 3-3-3 コントロールセンターの制御

畑かん調整池の操作室にコントロールセンターを設置

し、畑地かんがい用水全体の調整を行うこととし、各幹線別の流量制御をも行う計画とする。

#### 1) 流量自動制御

各幹線の分水工37ヶ所に設置されるベンチュリー管及び電動弁により、各分水の流量を調整する。

調節は各分水点に設けられる機器(流量発信器、流量受信器)と制御室の流量調節制御盤で、遠隔操作を行うものとする。

又、用水使用計画については、各指令所と電話連絡で調整する。

#### 2) 流量自動調節装置

- イ) ベンチュリー管……37基
- ロ) 流量伝送器………37基
- ハ) 流量調節計………1式
- ニ) リレーボックス……37基
- ホ) その他計器盤等

## 4. 実施上の留意点と今後の課題

### 4-1 計画と事業施行の留意点

土地改良事業は、事業の性質上計画が樹立されてから完成するまでに、長期間を要するものであるが、最近においては短期間完成を目指し、国営基幹事業は7~8年完成を期待出来るようになって来た。しかし乍ら国営基幹工事に伴う県営、団体営の工事が平行的に完成して行かなければ、究極の目的を達成することが出来ない。

殊に畑地かんがい事業においてはパイプラインによる配水、スプリンクラー散水かんがいの方式が現在では一

般化しているが用水の計画は末端の所要水量から積み上げられて、全体のパイプライン計画が確立されるものであるから、国営、県営、団体営の各事業は同時に計画、設計されることが望ましく、又工事施行についても同様のことがいえるのである。

まして、最近の様に社会情勢の変化、殊に農村環境の変移は目ざましい程で、数年前の計画をも変更を余儀なくされる位あらゆる面において顕著になって来ている。従って水源から末端に至る一貫した事業計画を、又同時に一貫した工事施行を、規模に応じて国営又は県営等で行うようにして、事業の合理化、短期間完成化を考える必要がある。殊に畑かんの一貫したコントロール方式が近代化される様になって来た今日、ますます痛感されることである。

#### 4-2 設計と施工上の留意点

畑かんのパイプラインは、大体において受益畑地域の地下1.5m~2.0mに埋設されるが、掘削、布設、パイプの接合、埋戻し、原形復旧等、何れについても入念の上にも入念に施工しなければならない。例えば掘削工事にしてもパイプ布設基礎は掘り過ぎないことが肝要で、又埋戻し工事についても、ランマー輾圧、ブルドーザー輾圧等機械施工を特に留意して施行する必要がある。完全施工だと思っている箇所に、意外な弱点を発見することがあるものである。

パイプライン工事は、他の開渠工事等に比し、容易である等と思ってはならない。むしろ細心の注意が必要で、往々にして完成後月日が経過してからの通水試験の機会に、予想外の得難い教訓を味わせられることがある。

まして、受益地外の宅地、市街地、水田地区等を埋設通過している場合は、埋設後の洩水箇所の修復は困難が予想されるので、設計施工は特に慎重を期したい。

同時に地上権の設定は全路線に必要なことである。

又計画路線の設定においても、道路下埋設を考える場合は、道路の将来の交通状況等を十分に予見しておく必要がある。最近の交通事情は真に予想以上に激変するので、ややもすると、施工面と経済面とで不測の計画路線の変更を余儀なくされることが生じたりするものである。

更にパイプラインによる畑地かんがいでは雑物、流芥等の流入防止は重要なことであり、畑かん地域が水源から遠く、導水路を必要とする場合には、出来る限り暗渠若しくは管水路にするのが望ましい。本地区では止むを得ず開渠水路から取入るので散水機器の機能を阻害しないように防止措置を講じたものである。

次に電磁弁の採用選定に当っては、計画ローテーショ

ンに適したものを選ばねばならないが、耐久性からは屋外使用に適した防水構造であって、水理的には、ウォーターハンマーを起さず、又ロスのない優れた流量特性を有し、電気的には危険性のない、しかも電力消費の少ない、経済的にも有利なものであることが肝要である。

#### 4-3 自動制御の今後の課題

水利用の合理化も、省力化の傾向と共に進展して行くことが予想されるが、用水施設の自動遠隔制御方式が一つの手段としてますます重視され普及化されて来よう。今後は水田農業にもだんだん装置化が進められることになろうし、量水計の利用と共に水利用の合理化は開発されて行くことと思われる。

殊に渇水期間における貴重な用水については、適正な畑地かんがいという面から、いくつかのブロック毎の土壤水分測定を自動的に行い、制御装置とリレーして、コンピューターで一層合理的な水管理を行う方法の研究も今後の課題といえる。

#### 4-4 圃場整備との関連

釜無川右岸地域は、左岸の甲府周辺の市街化、工場団地計画の地域に対応して、優良農業振興地域ともいふべき畑地帯であるが、圃場整備は未完成である。桑園、果樹園は入り混って、昔乍らに散在して栽培されている状態であって、果樹等の生育年令の差異があつて、相当の困難は予想されるが、老木更新等を考慮し、集団化を含めての区画整理、農道舗装等、圃場条件の整備を行うことは、合理的な水利用の面からのみならず、本来の農業経営の向上の面からも必要なことと思われる。

#### あとがき

本事業は昭和41年度から本工事に着手し、徳島用水路の改修工事と平行して、畑地かんがい工事も調整池の造設から取りかかり、パイプラインについてもその後毎年に伸長し昭和46年度においては、国営、県営の各路線を完了させる予定となり、団体営末端工事も昭和47年度には完成する目途である。従って、国営、県営、団体営の関連をみると比較的順調に進められ来ている。

農業の装置化が叫ばれる現在、その一端とも考えられる畑地かんがい施設について自動制御方式の一つを概略述べたのであるが、今夏一部完了したパイプラインの予備テストを行う予定であつて、その成果を期待しているものである。

日進月歩の科学の発達に伴ってますます進展して行く畑地かんがい事業にたづさわる方々に、何等かの御参考になれば幸に思っている次第である。

# 農地局のプログラム開発とその体制

貝 通 丸 明\*

## 目 次

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. はじめに……………(59)          | 4. 農地局のプログラム開発体制……………(65) |
| 2. 開発されたプログラムの概要……………(59) | 5. プログラム開発の手順……………(66)    |
| 3. 開発されたプログラムの紹介……………(61) | 6. おわりに……………(67)          |

## 1. はじめに

近年の急速な科学の進歩とともに発達してきたコンピュータは、世代を変化させるまでとなり、世間では情報化時代とか脱工業化社会などと呼ばれるようになった。

このコンピュータが、我々の世代に生まれて我々の日常生活また農業土木事業に、新しい何かを見出してくれるのだろうか。また有効に利用するためには、どうすれば良いだろうかと我々は疑問を持っているのではないだろうか。このような時に、世間ではコンピュータの時代を一方では良いと評価し、他方では悪いと評価されながら我々は徐々にその時代へと引き込まれているのではないだろうか。ともかく我々の身辺をみてもわかるように、コンピュータを導入した企業や官庁は、この数年間に急増している。我が国の設置台数をみると、1960年頃から一般用として利用されてから1970年9月末までで5601セット（日本電子計算機KK発表）を数え、世界でもアメリカに継ぐ設置台数（台数からいえば約1/10）を占めているようである。今後もこの増加が続くと、コンピュータが日本の社会の改革の一端を担ってゆくかもしれない。

農業土木部門においても、時代の流れに乗って、コンピュータの利用は急増している。数年前迄の利用は少なく、また利用する人も単なる計算のスピード化のため、複雑な計算からの解放のために利用していたにすぎない。しかし現在の段階では、農業土木試験場の農林研究機関でのコンピュータの共同利用、農地局のコンピュータ（FACOM270-20システム）の設置等によって、農業土木技術者の間にコンピュータへの認識が急速に高まりつつある。また利用者層や業務の利用範囲が広くなり、OR手法、工業積算、情報量の整理・解析などの高度なシステムまでコンピュータによる処理が可能になってきた。このような情勢のもとに、我々農業土木の業務に必要なプログラム開発が、国や地方公共団体の教育・行政および研究機関をはじめ、民間の建設業およびコンサルタントなど広範囲にわたって行なわれている。

ここでは農地局のコンピュータを中心として開発されたプログラムや開発体制などについて述べる。

会員の諸兄に今後のコンピュータ利用に少しでも参考になれば幸いである。

## 2. 開発されたプログラムの概要

農地局のコンピュータが農林省の5階の片隅に、図-1のような狭い床面積に設置され、後述した体制によって稼動を始めてから、二年余を経た現在までに、農業土木に関するプログラム開発は着々と進んでいる。また農地局が行なっているプログラミングの研修を重ねるにつれて、地方へも浸透して利用者も段階的に増している。ここで開発されるプログラムの範囲は幅広く、農業土木試験場の試験研究に関する問題の解析から農地局のコンピュータ業務および地方出先機関の農業基盤整備事業の調査、会計および実施地区などで、現在直面している水収支計算、水文資料の解析・整理、水理計算および構造計算などまで、多くの時間と労力を要するような技術計算が中心となっている。農地局においてプログラムを開発している主な業務は、設計課における標準設計および設計基準の増補改定に伴う種々の計算、積算資料のデータ解析および事務処理としての情報の記録、保存および検索などの業務、他の課における予算資料作成の業務などである。

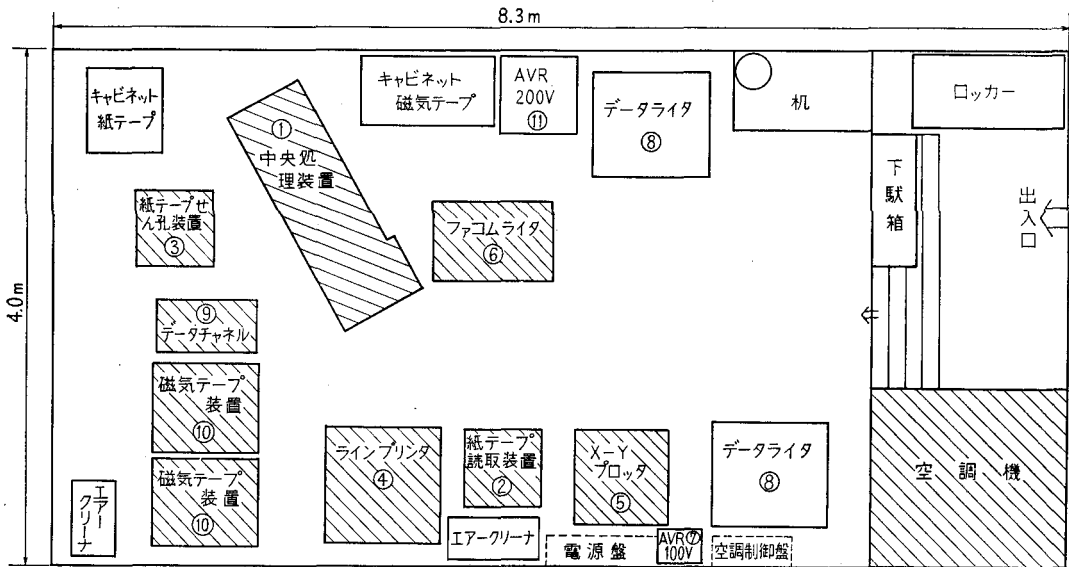
これらのプログラムを技術面からみると、一般に我々が手動計算機または電子卓上計算を使って行なう単純な手計算の延長のようなものから、種々の新しい数理手法を用いて最適解を求める高度の技術まで多種多様のものになる。

これらプログラムを開発しているコンピュータ（FACOM270-20）の組織は表-1に示す機器である。

この組織には、一般に行なっている出力結果を英数字で印刷することの他に、直接図化をさせるX・Yプロット装置が現在接続されている。これは統計解析、水文資料、構造設計などで図表を必要とする業務において、直ぐ正否を判読できるため、この装置を利用したプログラムも多く開発されている。

また45年10月より磁気テープ装置を2台増設（図-1

\* 農地局設計課



図一 農地局電子計算機室装置配置図

表一 農地局に導入されているコンピュータ機器 (FACOM 270-20)

導入台数	機器名	台数	備考
1	中央処理装置	1	主記憶装置 (16kw), 副記憶装置 (131kw), 記憶保護, 浮動小数点演算, ライレプリンタ付加機構を含む
2	紙テープ読取り装置	1	入力用
3	紙テープせん孔装置	1	出力用
4	ラインプリンター装置	1	"
5	X-Yプロッター装置	1	"
6	ファコムライター装置	1	コンソール用
7	自動電圧調整装置	1	ファコムライター用 (100V)
8	データライタ	2	オフライン用 (プログラム・データパンチ用)
9	データチャネル装置	1	磁気テープ用
10	磁気テープ装置	2	
11	自動電圧調整装置	1	磁気テープ (200V)

参照)した。この装置を利用したプログラムも開発されている。なおこの装置を利用すると次のような利点がある。第1は、時々業務のシステム自体が大きいので、大きなプログラムが作成される。しかしコンピュータ自身の容量により処理出来ないこともある。この事態を解決するため、これまではプログラムを分割し、中間入出力媒体を紙テープにより処理していたが、この取扱いに手間がかかる。だが磁気テープを中間入出力媒体として処理すれば、コンピュータ管理、処理がスムーズにできる。第2は、何回も使用する汎用プログラム、水文資料や事務処理のように多量のデータおよび使用頻度の高いデータを処理する際、入力時間、検索時間および記録保存において、紙テープより読み取り速度は速いし、記録密度が高いため、コンピュータを有効に利用出来る。第3は、第2と関連するが、プログラムやデータの記録保

存は、コンパクトになり、また磁気テープの取換えだけで無限になる。しかし欠点として磁化による記録のため磁化を乱されるとダメになるし、磁気テープそのものを見ただけでは記録内容が判読出来ない(紙テープ、カードは物理的な穴の組み合わせなので判読可能)。

ここで昭和44、45年に農地局のコンピュータが処理したプログラム本数を業務別にまとめてみると、表一2のとおりである。この全処理の本数において約90%以上のプログラムが開発されたと思われる。

この表一2の中において、業務別に主な作業を2、3抜粋すると、次のようなものがある。但し、この作業の中には、1本または2本以上のプログラムからなっている。

( )内の数字は開発年度、MTは磁気テープ、X・YはX-Yプロッターを示す。

表一 昭和44, 45年度農地局コンピュータのプログラム処理状況

	年度	年合計	標準設計	積算	設計計算	事務処理
処理したプログラム本数	44	99	31	12	53	3
	45	182	27	14	126	15
処理に要した使用時間割合	44	(1982時間) 100%	21%	15%	60%	4%
	45	(1884時間) 100%	13%	10%	62%	15%

- (1) 標準設計（構造物の標準タイプを構造図まで行なう、また設計基準の公式等のプログラム開発、図表作成）
  - a 鉄筋コンクリートフリューム水路の構造計算（44～45）
  - b 落差工・側セキ余水吐の標準化のための水理計算（45） MT, X・Yを使用
  - c 設計基準（水路工）の土工計算（44～45）
- (2) 積算（工事価格積算システムの資料解析）
  - a 機械施行歩掛調査の分析（44） X・Y使用
  - b 請負工事実態調査の分析（44, 45） X・Y使用
- (3) 設計計算（水文統計、水理・構造計算、OR手法による最適計画のプログラム開発と計算）
  - (i) 水文統計
    - (a) 各地区の水収支計算（吉井川, 吉野川北岸, 矢作統合, 中勢, 東播用水, 安積地区など）（44, 45）
    - (b) 各水系調査事務所における水文資料の解析と整理。（木曽川, 信濃川, 淀川, 利根川など）（44, 45） MT, X・Y使用
    - (c) 試験研究機関のデータ解析（44, 45） MT, X・Y使用
  - (ii) 水理計算
    - (a) 実施地区の背水, 潮止および浸透などの計算（44, 45）, X・Y使用
    - (b) 試験研究機関の水理現象の解析（水路・河川などの不等流, 不定流, ダム・頭首工の水理特性および波など）（44, 45）
  - (iii) 構造計算
    - (a) 干拓堤防, フィルダムの安定計算（44, 45）
    - (b) ボックスおよび門形ラーメンの構造計算（44, 45）
  - (iv) 最適計画
    - (a) 水路の路線選定（44）, X・Y使用
    - (b) 排水計画のシミュレーション（新川, 刈谷田川, 旧迫川, 新津郷などの地区）

(44, 45) X・Y使用

(c) ほ場整備関係の土量計算（44, 45）

(4) 事務処理

(b) 開拓パイロット事業および防災事業の予算資料作成（44, 45）

(b) 電算業務の集計（45）

このように開発されたプログラムの一部は、プログラム作成者の協力により農地局設計課では、毎年「プログラムライブラリー」としてとりまとめ、農業土木技術者のコンピュータ利用をより効率的にしようとしている。現在までに、44年度分28本、45年度分21本をライブラリーとして集録している。このライブラリーは年度毎に印刷製本を行ない、関係機関に配布している。また農業土木試験場においても、研究員の開発したプログラムを「農業土木試験場技報 F（総合）（電子計算研究）」にまとめられている。現在第4号まで発行され、集録されているプログラム本数は35本である。

3. 開発されたプログラムの紹介

上述したように数多く開発されたプログラムの中から、8本のプログラムを簡単に紹介する。このプログラムはプログラミング文法として、FORTRAN文法に従っており、使用機種はFACOM270-20である。

プログラムの紹介は次のような項目でまとめた。

- (a) プログラム名 (b) 作成年月日
- (c) 作成者とその所属先 (d) プログラムの概要説明
- (e) 流水図 (f) プログラムの構成と各構成の行数（行数はカッコにかこまれた数字で示す）
- (g) 掲載されている文献 (h) その他

(1)(a) 吉井川地区水収支計算

(b) 昭和44年5月30日

(c) 中島康夫（中国四国農政局設計課）

(d) 国営かんがい排水事業吉井川地区の利水計画を検討するため、10年間の水田取水量, 畑かん取水量および河川利用可能量を水田かんがい期のみにおいて、日別計算で算定する。データとしては最近10ケ年間における日別の雨量, 流量と地区内のほ場の面積, 減水深, 用水系統区分などである。

(e) 流水図（図一2）

(f) 主プログラム…1本, 副プログラム…4本  
(78) , (44+45+47+22)

(g) 農地局設計課編集「プログラムライブラリー（44年度）」

(h) 1年分の演算時間 約30分

(2)(a) M層N連ボックスラーメン解析

(b) 昭和45年7月16日

(c) 佐藤昭郎（東海農政局濃尾用水第2期農水事務所）

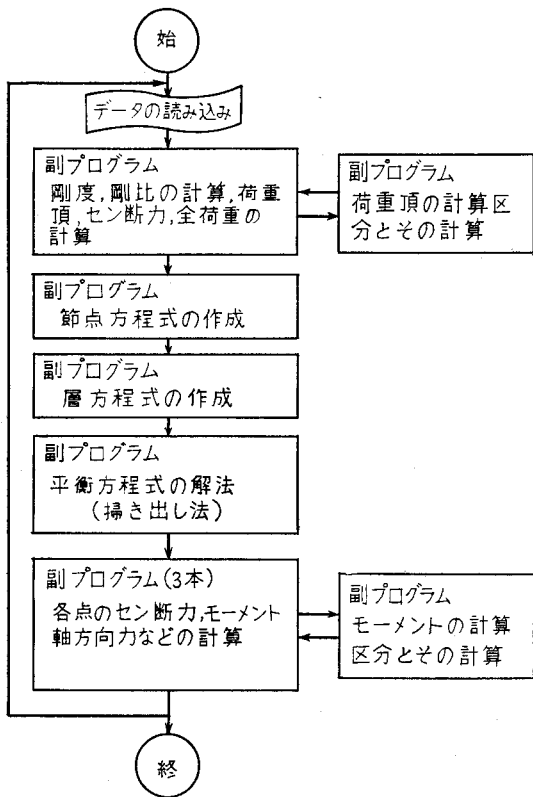


図-2

(d)当地区で施工している不静定ラーメン構造のM層N連ボックスラーメンをたわみ角法を用いて解析するプログラムである。

(e)流水図 (図-3)

(f)主プログラム… 2本, 副プログラム… 9本  
 (98+35) (83+67+84+112+59+45+75+81+59)

(g)農地局設計課編集

「プログラムライブラリー (45年度)」

(h)大きなプログラムとなり, コンピュータの容量の関係上2個の主プログラムに分割している。

磁気テープ装置設置以前なので, 中間媒体は紙テープを使用している。

(3)(a)雨量の整理

(b)昭和45年3月13日

(c)小沢 勇 (東海農政局木曾川水系調査事務所)

(d)ある地区における雨量を, 日別雨量, 月別合計, 日別有効雨量, 月別日最大雨量, 年総雨量, 有効雨量, 降雨日数, 連続最大雨量, 連続かん天日数, その日数と時期, 雨量分布をかんがい期と非かんがい期に分け整理し印刷する。

(e)流れ図 (図-4)

(f)主プログラム… 1本, 副プログラム… 7本

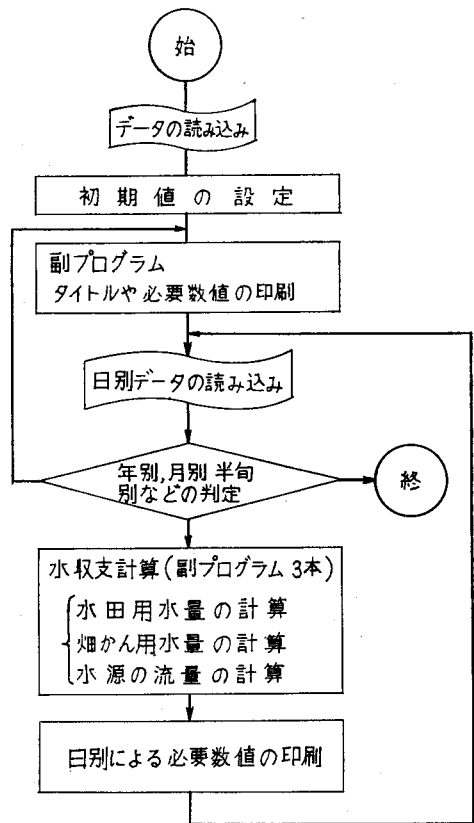


図-3

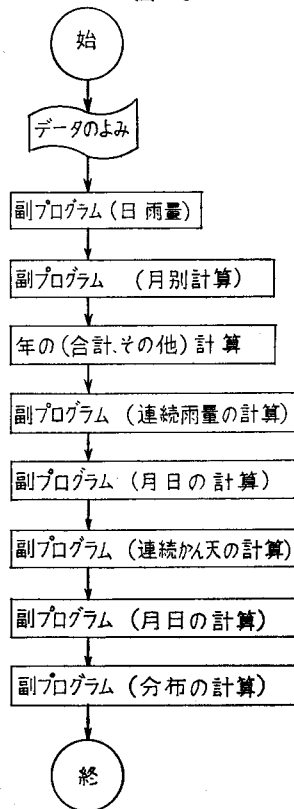


図-4

(136) (44+54+57+58+44+24+ )

(g)農地局設計課編集

「プログラムライブラリー (45年度)」

(h)45年10月から磁気テープ装置が増設になり、データとプログラムは、磁気テープに記録保存を変更している。

これに関連したプログラムを多く開発されている。

(4)(a)開水路網の不定流解析

(b)昭和45年6月

(c)白石英彦 (農業土木試験場水理部)

(d)農業水利における用水・排水の水路はかなり複雑な開水路網を形成することが多い。このような開水路網の不定流の水理を解析している。

基礎式は運動方程式と連続方程式を連立に解いた

(e)流水図 (図-5)

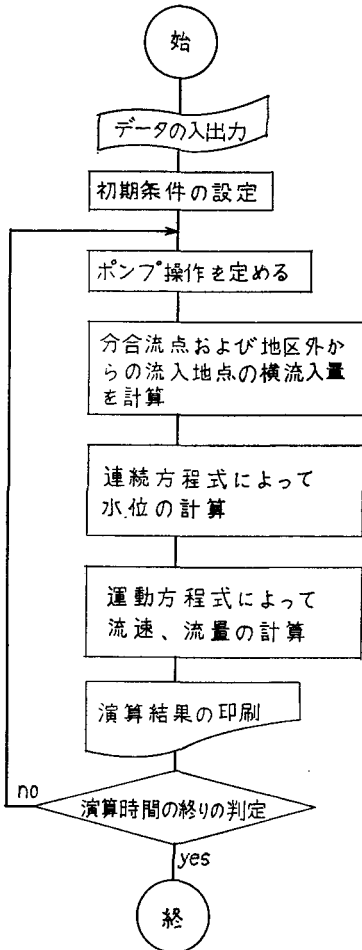


図-5

(f)主プログラム1…1本, 副プログラム…4本

(124) , (34+20+12+25)

(g)農業土木試験場発行「農業土木試験場技報F (総会) 第6号 (電子計算研究第4号)」

(h)開水路の末端にポンプを配置し、流況に応じてシステマチックにポンプ運転させている。

開水路の形状・配置・流入などに自由性がある。

(5)(a)均一型アースダムの安定性の解析

(b)昭和46年1月

(c)川口徳忠 (農業土木試験場造構部)

(d)アースダムの円弧すべりに対する安定性の解析を均一型で台形断面を有するタイプに適用させる。

ここでは、築造された直後の臨界すべり円の位置および最小安全率を求める。最小安全率は逐次近似法 (簡便山登り法) で求めている。

(e)流れ図 (図-6)

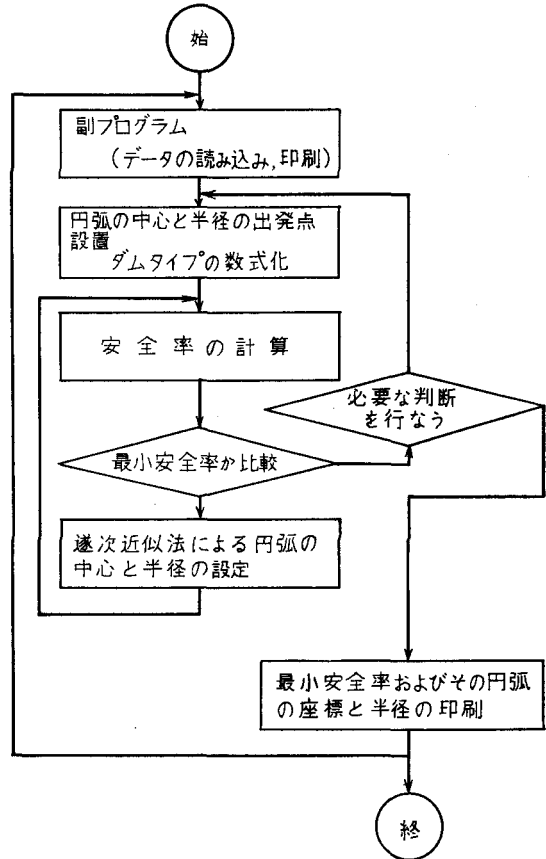


図-6

(f)主プログラム…1本, 副プログラム…5本

(96) , (49+44+56++20+19)

(g)農地局設計課編集

「プログラムライブラリー (昭和45年)」

(h)これに関連したプログラムも数多く開発されている。

(6)(a) 4象限解法による防災ダム洪水調節計算

(b)昭和45年12月7日

(c)中村和也(北陸農政局新川農水事業所)

(前農地局設計課)

(d)防災ダムの設計に際し必要な基礎数値(ダム堤高など)を求めるための資料を得るもので、ダムへの洪水流入量をインプットし、ダムによる洪水調節量、放流量、洪水位を求める。

(e)流れ図(図-7)

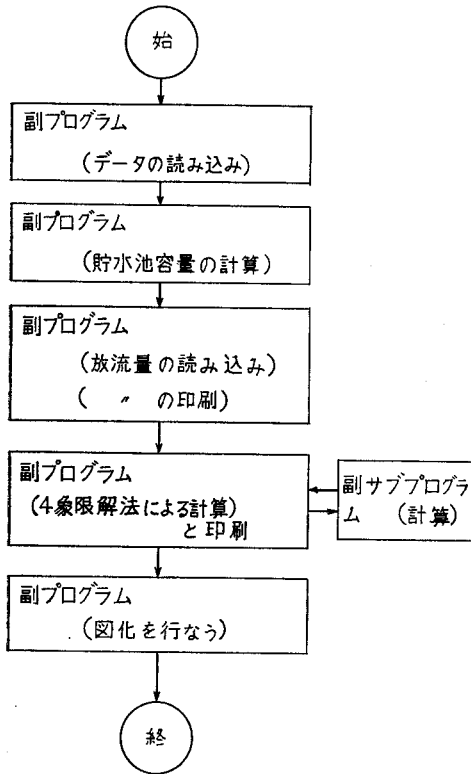


図-7

(f)主プログラム…1本, 副プログラム…6本  
(29) , (16+8+24+31+91+8)

(g)農地局設計課編集

「プログラムライブラリー(45年度)」

(h)ゲートのない防災ダムに適用させる。

Y-Yプロッターも使用しているので、出力結果が図化も行なわれる。

(7)(a)落差工標準設計

(b)昭和45年1月24日

(c)千葉 哲(北陸農政局設計課)

(前農地局設計課)

(d)構造物の標準化作業の一端として行なったものである。これに関して農業土木試験場で水理実験を行ない、その結果を持って水理計算についての標準化のためのプログラムである。

(e)流れ図(図-8)

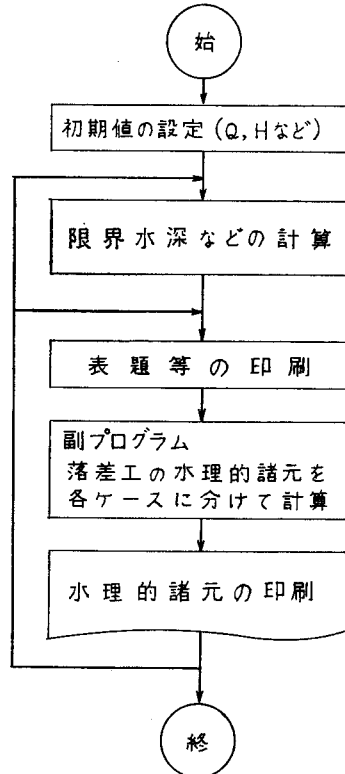


図-8

(f)主プログラム…1本, 副プログラム…1本  
(36) (37)

(g)農地局設計課編集

「プログラムライブラリー(44年度)」

(h)45年度に再計算を行ない、磁気テープ、X-Yプロッターを使用したプログラムを開発している。そして結果を農地局設計課で印刷製本した「水利構造物標準設計」に試案としてまとめられている。

(8)(a)ブーシネスク公式を利用した土圧計算

(b)昭和44年10月

(c)貝通丸明(農地局設計課)

(d)設計基準「水路工」の改定にあたり、開水路の構造計算における車荷重と盛土荷重の過載荷重の取扱いが問題となった。この解決策として土質力学力をかり、ブーシネスク公式を用いて求める土圧のなげに端モーメントの計算を壁高、盛土高、車の位置などについて数多くの条件でくり返し演算を行ない、改定の資料とした。

(e)流れ図(図-9)

(f)主プログラム…2本, サブプログラム…各々2本  
(76+73) (19+6)

(g)農地局設計課編集



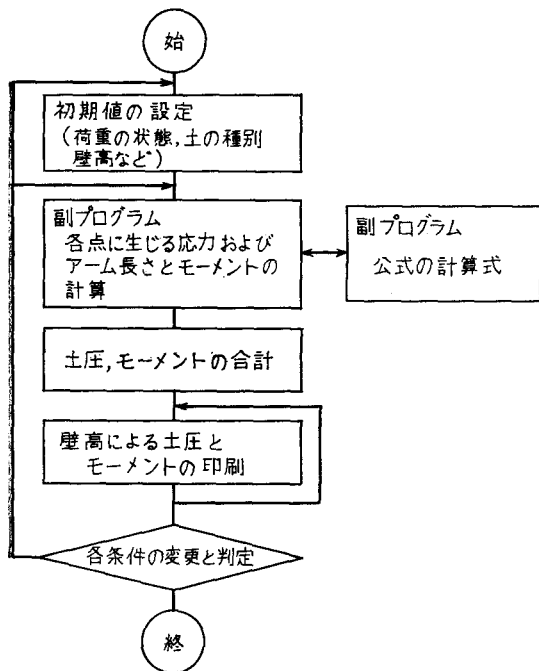


図-9

「プログラムライブラリー (44年度)」

(b)車荷重の場合と盛土荷重の場合の2本のプログラムを作成した。

#### 4. 農地局のプログラム開発体制

農地局のコンピュータを利用して、ある業務のプログラム開発を行なう時、農地局は昭和44年2月の導入時点から今日まで次のような体制を採ってきている。

技術者(国の農地局関係の技術系職員)が、現在担当している業務においてプログラム開発の必要性を認めたら、その人がシステム設計からプログラミング、そして入力媒体の作成を行ない、農地局のFACOM270-20システムのコンピュータにより処理し、何回かのフィードバックを行なって、完全なプログラムを作成することで体制は出発した。そして開発されたプログラムは公開して他の必要となった人が利用出来るようになっている(図-10参照)

この体制の中でも、コンピュータの操作は当初から農地局設計課の担当者が全て行なっているが、プログラム作成者が利用回数を重ねると、自ら操作出来る人も出てきた(処理するための操作は難しくない)。前者のような体制をプログラムオープンオペレートクローズ制、後者の場合をプログラムオープンオペレートオープン制と呼ばれている。現在コンピュータの操作は、前者を主としているが、操作担当者の不足のため後者の併用も行ないながらプログラム開発を進めている。

農地局のコンピュータの運営は次のような要領によっ

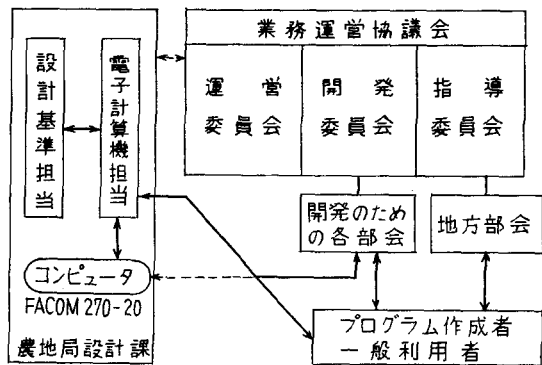


図-10 農地局のプログラム開発体制

て行なわれている。

「電子計算業務運営規程」

「電子計算業務運営協議会運営要領」

「電子計算組織利用規程」

このような体制の結果としては、どうしても汎用性に欠けたプログラム開発が主となっているが、数ヶ所の修正で汎用性のあるプログラムに出来るものも多い。また反面では、農業土木技術を習得した技術者は、プログラムを開発しようとする業務のシステム設計に、自分の知識が十二分に発揮出来るし、出力結果のチェックが容易に出来るため開発の速度が速いという長所を持っている。そのためこの体制によると、プログラム開発の本数は多くなるし、開発される業務の範囲も広がるはずである。この体制を推進するために不備な点としては、プログラミング技術と機械(入力媒体を作成する機械およびコンピュータ)の操作である。しかし入力媒体の作成には一般にキー・パンチャと呼ばれる技術者がいて、大量のパンチャを要する時は外注などで処理出来るし、コンピュータの操作は、体制上オペレートクローズ制で一応解決出来る。

この点を克服するため、農地局では昭和43年より毎年80名程度の国の職員を対象に、プログラミング技術講習会(46年度より研修に変更)を実施している。よって昭和46年4月末までに約300名の農業土木技術者が受講を終え、農地局、各地方農政局、各事業(務)所などに散在し、プログラマとしての能力を併せて持ち、今後のコンピュータを中心とした技術の革新の担い手として活躍されていると思う。

この研修は、7日間の短期間において、一般の問題をプログラミング出来る程度の基礎的な知識の習得を目標としている。内容は表-3に示すとおりである。従ってプログラミングの応用面の力は、プログラマが当面している業務の中で身につけることになる。

前述したプログラムは、彼らが、仕事に直面した業務をコンピュータにより処理するため苦心して作成したプ

表-3 農地局の研修日程

日程	科	目
第1日	電子計算機とプログラミングの概念 FORTRAN文法とその使い方(初級)	
2	"	( " )
	"	( " )
3	"	(中級)
	プログラミング演習	(初級)
4	FORTRAN文法とその使い方(中級) プログラミング演習(中級)	
5	①プログラミング手法 (A班)	②計算機実習 (B班)
6	" (B班)	" (A班)
7	模範解答, 質疑応答など	

プログラムの一部を紹介したものである。

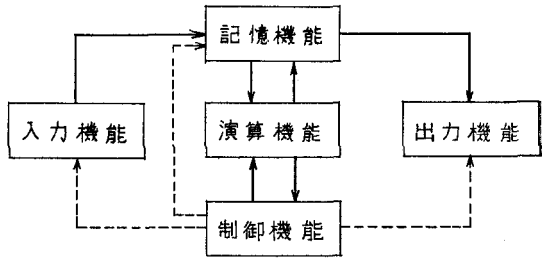
そもそも農地局におけるコンピュータの導入の目的は、近年の増大する土地改良事業量と事業費に対し、従事する職員数のこう着状態に対処するため、コンピュータを利用して、標準的な構造物の作成、設計基準の改定増補に伴う計算等、および技術計算の合理化とスピード化を業務の柱としており、あくまでも技術的な仕事量の緩和である。導入に際しては、入念な調査を行ない、その結論として現時代の技術の進歩に応える技術者の資質の向上と上記の業務を遂行するため、コンピュータの必要性を認めた。またコンピュータの機種選定においても業務と関連させて、技術計算用の中型電子計算機FACOM270-20システムをレンタル制で設置した。

この導入と時期を平行して、建設省や国鉄などにおいて工事積算システムの開発が行なわれた。このシステムを土地改良事業関係にも推進しようとする気運が高まり、現在北陸農政局において、そのシステムの開発に取り組み試験的な段階に入っている。(これに関する記事が本誌に掲載されている)

### 5. プログラム開発の手順

現在、我々がコンピュータを使って計算を処理する場合、まずプログラムを作成しなければならない。このプログラムは処理を行うな作業の手順を定められた数種の文法(規則)に従って行なう。これをプログラミングと一般には呼ばれている。よってコンピュータが十二分に活用されていることは、作業に必要なプログラムが保存されていることは、作業に必要なプログラムが保存されているか開発が盛んに行われているかである。プログラムを開発するためには、それに必要かつ十分なる開発要員が必要になってくる。開発要員とはプログラムを作成する

人(プログラマーと呼ばれる)や作業手順の構成(システム)を設計する人(システムエンジニアまたはシステムプランナーと呼ばれる)などである。これらの人々が作業の大小、難易により、一人あるいは二人以上でプログラム開発を進める。この段階で必要で十分なシステムを作成することは後続の作業がスムーズになる。またコンピュータは入力、出力、判断、記憶、演算という五大機能を持ち高速に処理するが、あくまで機械であることを忘れてはならない。その機能をシステム化したものは、近年の進歩した技術の中に働く人間であり、これを操作するにも人間は必要である。一般にコンピュータを操作する人をオペレータと呼ぶ。



→ 情報の流れ      - - - 制御の方向

図-11 コンピュータの構成と機能

ここにプログラム開発しようとする業務があると、これが開発されるまでの手順は、次のような過程を経て完全なプログラムが出来、一般に利用される。

- ①システム設計……必要な入出力は何か、必要な数式は何か、制限条件はあるか、精度はどれ位欲しいか、コンピュータ自身の条件はどうか(ハードウェア面からの条件)、既成または類似のプログラムはあるか、などを検討して行なう。
- ②流れ図(フロチャート)の作成……(作業の手順を図形を用いて論理的に表わしたもの)。表現の細かさにより、プロセスフロチャート、ゼネラルフロチャート、ディティールフロチャートなどがある。
- ③プログラミングおよびデータの作成……様式の紙に文法に従って書く(コーディングという)。データも同様である。
- ④紙テープ、カード等の入力媒体の作成……使用するコンピュータに合った物理的記号を用いて、紙テープ、カードにパンチしたり、その他の方法を行なう。
- ⑤コンピュータ使用……文法に従ったプログラムを機械がシステム化できるような言葉(機械語)にほん訳→記憶→データ処理→結果を出力。

A 正常でない時は次のようなことを検討する。

- ④ほん訳出来ない時(文法的ミス)……プログラムをチェックする。

①この機械の条件に満足しない時（ハードウェア面の問題）

②データが不十分な時（但し不十分でも処理する時もあるが、結果は誤って出力される）……データのチェックを行なう。

以上の時は、それらの点について修正し、bは①か②、他は③にもどる。

Bデータおよび文法は正常になり、結果に誤りがある

る時は、システム設計または流れ図の誤り（論理上のミス）であるため①か②に戻り再検討する。

⑥プログラム完成……出力結果が正常の時は、一応プログラムは完成である。ここで特殊な条件のデータを入力させて正常であれば、汎用性のプログラムが開発されたことになる。

この流れを図に示すと図-12のようになる。

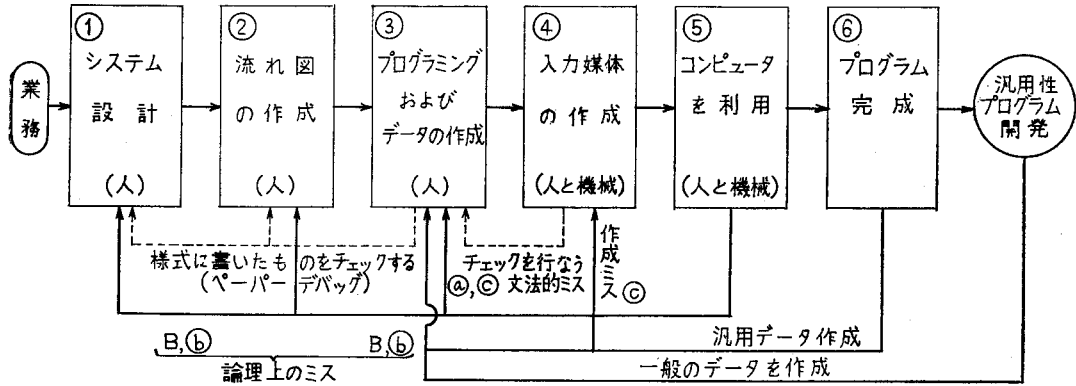


図-12 プログラム開発の手順

このようにプログラムの開発までには、人間とコンピュータの過程を何回となくフィードバックし、日数と労力を要している。開発しようとする業務が大きい程、難しい程日数と労力は増すことになる。

## 6. おわりに

農地局のコンピュータは、この2年間にプログラム開発と開発されたプログラムを利用した処理などに使用されてきたが、稼働率（レンタル契約時間（月200時間×12ヶ月）=2,400時間）に対する利用時間は、年平均80%程度である。まだ利用時間に余裕があるので、今後もプログラム開発や処理に大いに利用してほしいものである。開発体制が出来てから年月は浅く、まだ開発する余地は数多くあると思われる。

プログラム開発において一番重要なシステム設計は、上級の方はキリがなく、コンピュータの機械（ハードウェア）を作動させるシステム、各種の制御システム、技術計算および事務処理システムなど数多くのシステム設

計に技術者が専門的に取り組んでいる。我々の日常生活においてコンピュータ自身にはタッチしないでも、国鉄、銀行などのオンラインリアルタイムシステム、河川の流量コントロールシステム、水道・ガス・電気等の料金計算のシステムなど生活の一部となっている。この外にアメリカの月探検ロケットの制御システム、PPBS、MISなどと次々と目新しいシステムが開発されている現在である。このようなシステム設計には十分な年月と多くの有能な人材を要して完成するものであり、現在の農地局のコンピュータ体制のようなものでは、大きなシステム作成は到底不可能である。大きな業務のシステム開発をするには、プロジェクト編成を行なうとか、今年4月に発足した各地方施工調査事務所においてシステム開発の体制を整備することも検討されなければならない。

最後にプログラム開発をして下さった多くの方々への御協力を心から感謝して本稿をおわります。

# 最適化手法の考え方

## 第 2 回

中 道 宏\* 山 口 保 身\*\*

### 目 次

2.3.2 非線形計画法……………69  
 2.3.3 線形計画法……………74  
 2.4 シミュレーション……………77

2.4.1 シミュレーションとは……………78  
 2.4.2 数理モデル・シミュレーション  
 による水利計画……………79

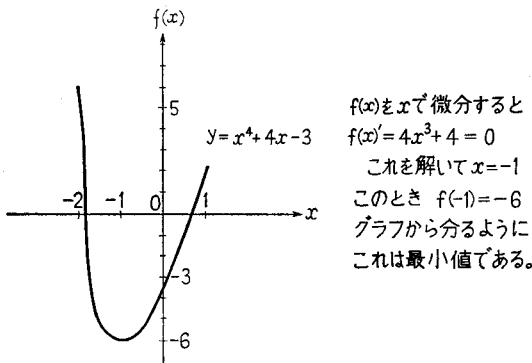
### 2.3.2 非線形計画法 (Non-linear Programming)

中学から高校にかけて微分を習った頃、  
“ $f(x)=x^4+4x-3$  の最小値を求めよ”

のような問題を解いたことを覚えているであろう。この  
ような問題が非線形計画法の出発である。これを数理計  
画法として標式化すれば

$$\hat{C} = \text{Min}\{f(x)\} = \text{Min}\{x^4 + 4x - 3\}$$

となり、目的関数  $f(x)$  はただ一つの決定変数  $x$  のみか  
らなり、しかもどのような拘束も受けていない ( $x$  は一  
 $\infty$  から  $+\infty$  までの値を自由にとり得る)。この最適解(最  
小値)は図11のようにして簡単に知ることができた。こ  
のように簡単に解くことができたのは、



図—11 簡単な非線形計画問題

- (a) 目的関数がただ一つの決定変数を含んでおり、しかも拘束されていない。
- (b) 図11に示す  $y'=0$  の解を容易に求めることができた。
- (c) 目的関数をグラフ表示できた(グラフ表示は決定変数が1または2個の場合しかできない)ので、最小値の存在を確かめることができ、また微分して求めた極値が最小値であることが確認できた。

しかし、実際にわれわれが直面する問題の多くは、拘束された多くの決定変数からなり、目的関数も複雑な関数形を示しているの、最適値を求めることは容易なことではない。

動的計画法や線形計画法と異なり、非線形計画問題に対する統一的な解法は今のところないといつてよいであろう。しかし、いろいろな関数形をもつ目的関数や拘束条件に対して、それぞれ有効な手法が開発されている。また開発された手法については、汎用プログラムが用意されていることが多いので、利用には便利になっている。これらの手法を理解するには、偏微分・ベクトル・行列の知識が必要であるので少々面白くないであろうが、非線形計画問題はわれわれがよく直面する問題であり、非線形計画法もこれからの開発が期待されるので、しばらく辛抱して基本的な考え方を理解していただきたい。

- (1) 決定変数が単数の場合

$$\hat{C} = \text{Min}\{x^4 + 4x - 3\}$$

または、一般形にて

$$\hat{C} = \text{Min}\{f(x)\} \dots \dots \dots (2)$$

のように目的関数が単数の決定変数  $x$  からなり、かつ連続で微分可能な場合、その1次微分  $f'(x)$  が零となる  $x = x^*(f(x^*)) = 0$  が極値(極大または極小値であって、最大または最小値とは限らない)を与える。しかし、これは目的関数が最小となる(目的関数の最小化)の必要条件であって十分条件でない。

いま、目的関数  $f(x)$  の極値を与える  $x = x^*$  周辺で  $f(x)$  をテイラー展開<sup>注)</sup>してみよう。

注) 1変数関数  $f(x)$  のテイラー展開は

$$f(x+h) = f(x) + f'(x) \cdot h + \frac{f''(x)}{2!} h^2 + \dots$$

$$+ \frac{f^{(n-1)}(x)}{(n-1)!} h^{n-1} + \dots$$

多変数関数  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  のテイラー展開は

$$f(x_1+h_1, x_2+h_2, \dots, x_n+h_n)$$

\* 農業土木試験場水理部第一研究室

\*\* 農地局建設部設計課

注) 図, 表, 式, 参考文献の番号は第1回に連続している。

$$\begin{aligned}
&= f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} \cdot h_i \right\} \\
&+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{\partial^2 f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i \partial x_j} \cdot h_i h_j \right\} + \dots \\
&+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \dots \sum_{h=1}^n \left\{ \frac{\partial^{(n)} f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i \partial x_j \dots \partial x_h} \cdot h_i h_j \dots h_h \right\} \\
&+ \dots
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(x^* + \Delta x) &= f(x^*) + f'(x^*) \cdot \Delta x \\
&+ \frac{1}{2} f''(x^*) \cdot (\Delta x)^2 + 0((\Delta x)^3)
\end{aligned}$$

ここに、 $0((\Delta x)^3)$  は  $\Delta x$  の3次以上の項を示すものとする。これらの項は  $\Delta x$  を十分小さくすれば無視でき、また  $f'(x^*)=0$  であるから、

$$f(x^* + \Delta x) = f(x^*) + \frac{1}{2} f''(x^*) \cdot (\Delta x)^2 \quad \dots\dots(28)$$

となる。(28)式から分るように目的関数  $f(x)$  が極値をもつ必要十分条件は

$$f'(x^*)=0, f''(x^*)>0 \quad \text{なら常に}$$

$$f(x^* + \Delta x) > f(x^*)$$

すなわち、 $f(x^*)$  は極小値

$$f'(x^*)=0, f''(x^*)<0 \quad \text{なら常に}$$

$$f(x^* + \Delta x) < f(x^*)$$

すなわち、 $f(x^*)$  は極大値

である。

(2) 決定変数が複数の場合

$$C = \text{Min}\{x_1^3 + x_1^2 x_2 + x_2 x_3^3 + x_4 + 5\}$$

または、一般形にて

$$C = \text{Min}\{f(x_1, x_2, \dots, x_n)\} \quad \dots\dots(30)$$

のように決定変数  $x_1, x_2, \dots, x_n$  からなるような問題にも同じ手続きが必要である。すなわち、(30)式をそれぞれ  $x_1, x_2, \dots, x_n$  で偏微分して零とおくと、目的関数  $f(x)$  を最小化する必要条件

$$\left. \begin{aligned}
\frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_1} &= 0 \\
\frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_2} &= 0 \\
&\vdots \\
\frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_n} &= 0
\end{aligned} \right\} \dots\dots(31)$$

を得る。十分条件は目的関数  $f(x)$  を(31)式を満足する  $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$  の周辺においてテイラー展開すると

$$\begin{aligned}
&f(x_1^* + \Delta x_1, x_2^* + \Delta x_2, \dots, x_n^* + \Delta x_n) \\
&= f(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) \\
&+ \sum_{i=1}^n \left\{ \left( \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} \right)^* \cdot \Delta x_i \right\}^{\text{注)}} \\
&+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left\{ \left( \frac{\partial^2 f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i \partial x_j} \right)^* \cdot \Delta x_i \Delta x_j \right\}^{\text{注)}} \\
&+ 0((\Delta x)^3)
\end{aligned}$$

注)  $\left( \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} \right)^*$ ,  $\left( \frac{\partial^2 f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i \partial x_j} \right)^*$  はそれぞれ  $x_1=x_1^*, x_2=x_2^*, \dots, x_n=x_n^*$  のときの  $\frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i \partial x_j}$ ,  $\frac{\partial^2 f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i \partial x_j}$  の値を示す。

となる。(31)式の関係から上式の右辺第2項は零であり、また  $\Delta x$  を十分小さくとると  $\Delta x$  の3次以上の項は無視できるから、

$$\begin{aligned}
&f(x_1^* + \Delta x_1, x_2^* + \Delta x_2, \dots, x_n^* + \Delta x_n) \\
&= f(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) \\
&+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left\{ \left( \frac{\partial^2 f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i \partial x_j} \right)^* \cdot \Delta x_i \Delta x_j \right\} \\
&\dots\dots\dots(32)
\end{aligned}$$

となり、これから目的関数が  $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$  で最小となる必要条件は前項と同様に考えて

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left\{ \left( \frac{\partial^2 f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i \partial x_j} \right)^* \Delta x_i \Delta x_j \right\} > 0 \quad \dots\dots(33)$$

でなければならない。

(33)式の内容を決定変数  $x_1, x_2, x_3$  からなる場合を例にとり考えてみよう。すなわち、

$$\begin{aligned}
&\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \left\{ \left( \frac{\partial^2 f(x_1, x_2, x_3)}{\partial x_i \partial x_j} \right)^* \cdot \Delta x_i \Delta x_j \right\} \\
&= \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} (\Delta x_1)^2 + \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} (\Delta x_2)^2 + \frac{\partial^2 f}{\partial x_3^2} (\Delta x_3)^2 \\
&+ 2 \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} (\Delta x_1) (\Delta x_2) + 2 \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_3} (\Delta x_2) (\Delta x_3) \\
&+ 2 \frac{\partial^2 f}{\partial x_3 \partial x_1} (\Delta x_3) (\Delta x_1)
\end{aligned}$$

いま、便利のために

$$A = \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2}, \quad B = \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2}, \quad C = \frac{\partial^2 f}{\partial x_3^2}, \quad D = \frac{\partial f}{\partial x_1 \partial x_2},$$

$$G = \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_3}, \quad F = \frac{\partial^2 f}{\partial x_3 \partial x_1}, \quad h = \Delta x_1, \quad k = \Delta x_2,$$

$$l = \Delta x_3$$

とおくと、上式は

$$\begin{aligned}
&\frac{1}{A} \left\{ (Ah + Dk + Fl)^2 \right. \\
&+ (AB - D^2) \left( k + \frac{AG - DF}{AB - D^2} l \right)^2 \\
&+ \frac{A(ABC + 2DFG - AG^2 - BF^2 - CD^2)}{AB - D^2} l^2 \left. \right\} > 0
\end{aligned}$$

となり、これが常に成立するためには、

$$\begin{aligned}
A &> 0 \\
AB - D^2 &> 0 \\
ABC + 2DFG - AG^2 - BF^2 - CD^2 &> 0
\end{aligned}$$

または、

$$\begin{aligned}
|A| &= \left| \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} \right| > 0 \\
\left| \begin{array}{cc} A & D \\ D & B \end{array} \right| &= \left| \begin{array}{cc} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} \end{array} \right| > 0
\end{aligned}$$

$$\begin{vmatrix} A & D & F \\ D & B & G \\ F & G & C \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_3} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_3} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_3} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_3} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_3^2} \end{vmatrix} > 0$$

.....(34)

でなければならない。このことは行列  $\begin{pmatrix} A & D & F \\ D & B & G \\ F & G & C \end{pmatrix}$  の principal minor(注) がすべて正であることを意味している。このような行列は正定 (positive-definite) と呼ばれている。

注) 行列の principal Minor とは、正方行列の対角に 1 次、2 次、……、の正方行列式を作ることによられる。例えば、行列  $\begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 & 4 \\ 2 & 2 & 1 & 5 \\ 3 & 1 & 3 & 0 \\ 4 & 5 & 2 & 2 \end{pmatrix}$  の principal minor

は

$$\begin{vmatrix} 1 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 2 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 2 & 2 & 1 \\ 3 & 1 & 3 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} 1 & 3 & 1 & 4 \\ 2 & 2 & 1 & 5 \\ 3 & 1 & 3 & 0 \\ 4 & 5 & 2 & 2 \end{vmatrix}$$

である。

一般に(33)式が常に成立するためには、次に示す行列が正定でなければならないことが証明されている。

$$H = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \end{vmatrix} \dots\dots\dots(35)$$

この行列が正定であるかどうかは、その principal minor がすべて正であるか、または、行列の固有値がすべて正であるか調べればよい。固有値を求める方法は汎用プログラムが開発されており(24) 便利である。低次の行列の場合にはつぎのようにして簡単に判定できる。

行列  $\begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 \\ 3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  の場合、その固有値  $\lambda$  は

$$\begin{vmatrix} 1-\lambda & 3 & 0 \\ 3 & 1-\lambda & 0 \\ 0 & 0 & 1-\lambda \end{vmatrix} = (1-\lambda)(\lambda-4)(\lambda+2) = 0$$

を解き、固有値  $\lambda=1, 4, -2$  を得る。この場合正定でないことは明らかである。

(3) 傾斜法 (Gradient Method. Steepest Descent Method)

目的関数の最適値を求めるにはいずれにしろ(31)式を解かねばならない。決定変数が単数の場合には、逐次計算法・ニュートン法などの数値計算法(25) により解くこと

ができるが、決定変数が多くなると前回にも少し説明した傾斜法が有効である。

いま、適当に与えた初期値  $x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0$  から計算した目的関数の値  $f^0(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$  が、初期値をそれぞれ  $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$  変化させた場合 ( $x_1^1 = x_1^0 + \Delta x_1, x_2^1 = x_2^0 + \Delta x_2, \dots, x_n^1 = x_n^0 + \Delta x_n$ ) の目的関数の値  $f^1(x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1)$  より小さければ、目的関数は極小化されつつあるといえる。傾斜法とは、このように目的関数を極小化する方向に  $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$  を選び、順次これを繰返すことにより、逐には極小値に至る手法である。

目的関数を初期値  $x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0$  の周辺でテイラー展開し  $\Delta x_i$  の 1 次項までをとると

$$\begin{aligned} f^1(x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1) &= f^0(x_1^0 + \Delta x_1, x_2^0 + \Delta x_2, \dots, x_n^0 + \Delta x_n) \\ &= f^0(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) \\ &\quad + \left\{ \left( \frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^0 \cdot \Delta x_1 + \left( \frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^0 \cdot \Delta x_2 + \dots \right. \\ &\quad \left. + \left( \frac{\partial f}{\partial x_n} \right)^0 \Delta x_n \right\} \end{aligned}$$

となる。

$f^1(x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1) < f^0(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$  なるためには、 $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$  は次のように選ばばよい。

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_1 &= -k' \left( \frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^0 \\ \Delta x_2 &= -k' \left( \frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^0 \\ &\vdots \\ \Delta x_n &= -k' \left( \frac{\partial f}{\partial x_n} \right)^0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(36)$$

ここに  $k'$  は正の定数。

すなわち、

$$\begin{aligned} f^1(x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1) - f^0(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) &= -k' \left\{ \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^0 \right]^2 + \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^0 \right]^2 + \dots \right. \\ &\quad \left. + \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x_n} \right)^0 \right]^2 \right\} < 0 \end{aligned}$$

となるからである。

(36)式を書き変えて一般によく用いられる式にすると

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_1 &= -k \left[ \frac{\left( \frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^0}{|(\nabla y)^0|} \right] \\ \Delta x_2 &= -k \left[ \frac{\left( \frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^0}{|(\nabla y)^0|} \right] \\ &\vdots \\ \Delta x_n &= -k \left[ \frac{\left( \frac{\partial f}{\partial x_n} \right)^0}{|(\nabla y)^0|} \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(37)$$

ここに

$$|(\nabla y)^0| = \sqrt{\left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^0 \right]^2 + \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^0 \right]^2 + \dots + \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x_n} \right)^0 \right]^2}$$

(37)式は極小化するための方向とそれぞれの決定変数を

変化させる割合を示している。(36)式における  $\left(-\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right), -\left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right), \dots, -\left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)\right)$  は傾斜ベクトル (Gradient) と呼ばれ、これが前回図7に示した最大傾斜 (Steepest Descent) の方向を示すので、この手法は一般に傾斜法またはグラディエント法と呼ばれている。(37)式における  $k$  は未知定数であるが、一般に約0.5くらいが採用されている。しかし、極小値に近づいたときにこれから大きくそれないために、収束するにつれて  $k$  の値を少しずつ小さくするのがよい。

(4) 傾斜法の汎用プログラム

前項で説明した傾斜法は古典的な手法である。この手法は次のような改良が加えられてきている。

(a) (37)式における  $k$  の値を大きくすると、極小値に早く近づくことができる。しかし、極値の周辺では逆に振動したり発散したりして、なかなか収束できない。 $k$  の値を小さくするとこの心配は免がれるが、極値になかなか近づかない。したがって、 $k$  を経済的に (計算時間を少なくする) 決める方法——Newton-Raphson 法や最適傾斜法が開発されている。

(b) 拘束条件に制約される問題が多い。(37)式により求めた  $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$  が拘束条件を犯す場合、この値を修正する方法——投影傾斜法が開発されている。Newton-Raphson 法、最適傾斜法、投影傾斜法を纏めたプログラムは有用であり、そのフローチャート、リスティングは例えば参考文献26)および27)にみられる。

(c) 収束が遅い。

これを改良するためにいろいろな方法が考えられている。参考文献28)および29)は拘束条件がない場合には有効であり、プログラム30)も開発されている。

(5) 等号をもつ拘束条件に制約される場合

この問題は(38)式にて表わされる。

$$\begin{aligned} \hat{C} &= \text{Min}\{f(x_1, x_2, \dots, x_n)\} \\ \text{Subject to} & \\ g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ \vdots & \\ g_k(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(38)$$

いま、拘束条件式がすべて線形である場合には、消去法によることができる。これは  $k$  個の拘束条件を  $n$  個の決定変数をもつ目的関数に代入して、 $(n-k)$  個の決定変数をもつ目的関数 (ただし拘束条件はない) に変形するものである。簡単な例で説明しよう。

$$\begin{aligned} \hat{C} &= \text{Min}\{x_1^2 + 2x_2^2 + 3x_3^3\} \\ \text{Subject to} & \\ x_1 + x_2 + x_3 &= 2 \end{aligned}$$

は、拘束条件から  $x_1 = 2 - x_2 - x_3$ 、これを目的関数に代入して、

$$\hat{C} = \text{Min}\{(2 - x_2 - x_3)^2 + 2x_2^2 + 3x_3^3\}$$

$$= \text{Min}\{3x_2^2 + 3x_3^3 + x_3^2 + 2x_2x_3 - 4x_2 - 4x_3 + 4\}$$

となり、(30)式の問題に帰着する。

つぎに、拘束条件式が非線形の場合には、Jacobi法により解くことができるが、この方法は難しいので省略する。

(38)式において目的関数が2次式で、かつ拘束条件が1次式の場合には、ラグランジュの未定係数法が有効である。すなわち、ラグランジュ未定係数 (Lagrange Multipliers)  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$  を導入して

$$\begin{aligned} C^* &= \text{Min}\{f(x_1, x_2, \dots, x_n) - \lambda_1 g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\quad - \lambda_2 g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) - \dots \\ &\quad - \lambda_k g_k(x_1, x_2, \dots, x_n)\} \\ &= \text{Min}\{F(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)\} \quad \dots\dots\dots(39) \end{aligned}$$

$x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$  の  $(n+k)$  個の決定変数からなる新しい目的関数  $F(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)$  を作り、これを極小化する  $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$  を求めれば、これは元の目的関数  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  の極小化する。  $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$  は、

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial F(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)}{\partial x_1} &= 0 \\ \vdots & \\ \frac{\partial F(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)}{\partial x_n} &= 0 \\ \frac{\partial F(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)}{\partial \lambda_1} &= 0 \\ \vdots & \\ \frac{\partial F(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)}{\partial \lambda_k} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(40)$$

(40)式で与えられるが、これは目的関数  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  が2次式、拘束条件  $g_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ) が1次式のときには  $(n+k)$  連線形連立方程式となり容易に解くことができる。

簡単な例を示そう。いま、新規用水  $100 \times 10^6 \text{m}^3$  を確保するため、1回使いの貯水池を3ヶ所 (その有効貯水量を  $x_1, x_2, x_3$  ( $10^6 \text{m}^3$ )), 建設工事費を  $C_1 = 4x_1^2 + 3x_1 + 1$ ,  $C_2 = 3x_2^2 + 4x_2 + 2$ ,  $C_3 = x_3^2 + 20$  ( $10^6$ 円)) 建設する場合、それぞれの最適規模はつぎのようにして求められる。

$$\hat{C} = \text{Min}\{(4x_1^2 + 3x_1 + 1) + (3x_2^2 + 4x_2 + 2) + (x_3^2 + 20)\}$$

$$\begin{aligned} \text{Subject to} & \\ x_1 + x_2 + x_3 &= 100 \end{aligned}$$

ラグランジュの未定係数  $\lambda$  を導入して

$$\begin{aligned} \hat{C}^* &= \text{Min}\{(4x_1^2 + 3x_1 + 1) + (3x_2^2 + 4x_2 + 2) \\ &\quad + (x_3^2 + 20) - \lambda(x_1 + x_2 + x_3 - 100)\} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial C^*}{\partial x_1} &= 8x_1 - \lambda + 3 = 0 \\ \frac{\partial C^*}{\partial x_2} &= 6x_2 - \lambda + 4 = 0 \\ \frac{\partial C^*}{\partial x_3} &= 2x_3 - \lambda = 0 \\ \frac{\partial C^*}{\partial \lambda} &= x_1 + x_2 + x_3 - 100 = 0 \end{aligned} \right\}$$

これは4元線形連立方程式であるから容易に解くことができ、

$$\hat{x}_1=15.58, \quad \hat{x}_2=20.64, \quad \hat{x}_3=63.82$$

を得る。

(6) 極小値と最小値

前項までにおいて検討してきた手法は、極小値 (local minimum) を求めるものであり、最小値 (global minimum) ではない。前回の図7(a)は単数の極小値をもつが、同じく(b)は複数の極小値をもつ。前者の場合には求めた極小値を最小値と見なしてよいが、後者の場合には最小値とは限らない。残念ながら求めた値が最小値であると確認する手段はない。したがって、得られた値が最小値である信頼を高めるには次の方法に依らねばならない。

(a) 組織的抽出法により、最小値のおおよその存在場所を確かめ、その周辺の値を初期値として最適値を求める。

(b) 無作為抽出法により初期値を決定して最適値を求める。これを繰返して信頼度を高める。

(c) (a), (b)の併用。

(7) 凸非線形計画問題

非線形計画問題は一般に

$$\begin{aligned} \hat{C} &= \text{Min}\{f(x_1, x_2, \dots, x_n)\} \\ \text{subject to} & \\ g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq 0 \\ \vdots & \\ g_k(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq 0 \\ x_1 &\geq 0 \\ \vdots & \\ x_n &\geq 0 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(41)$$

(41)式で表わされるが、これに対して統一的な解法は現在のところ見出されていない。しかし、 $f(x_1, x_2, \dots, x_n), g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) (i=1, 2, \dots, k)$ が凸極性で微分可能な場合には、非線形計画の最適値が満足しなければならない基本的な条件——クーン・タッカー (Kuhn-Tucker) の最適基準<sup>31)</sup>が知られている。しかし、われわれが実際に直面する問題には、凸極性を満足しない(極値が複数個存在することができる)し、また凸極性の検討ができないものが多く、クーン・タッカーの最適基準を適用できないものが多いように思われるので、説明は省略する。

(8) 応用例

(a) 円弧すべりの最小安全率の計算

アースダム、干拓堤防などの断面設計を行なう場合、円弧すべりに対する安全性の検討が必要である。安全率SFは円弧の中心座標X, Yおよび半径Rに関係しているので次式で表わされる。

$$SF = f(X, Y, R) \dots\dots\dots(42)$$

SFの最小値を求めるために従来は格子法(X, Y, R

の格子を組み、すべての格子点でのSFを計算する組織的抽出法、これを改良した一元配置の実験計画法<sup>32)</sup>(例えば、X, Yを固定してSFを変化させて極小のSFを求めるが、この場合極小値は単数であると仮定してすべてRについてSFを計算するのではなく、試算により両翼のSFより1小さいSFを求めこれを極小値とする)さらに図12に示すように、初期点の四方における比較点

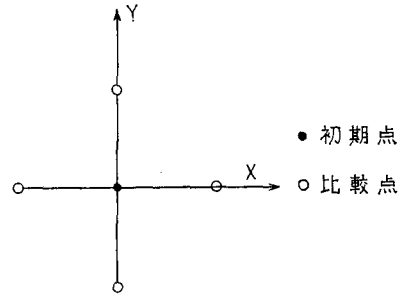


図12 円弧すべりの最小安全率の探索

の最小SF(与えられたX, Yに対して半径Rを変化させた場合のSFの最小値)を求め、この中の最小値を与える格子点をつぎの初期点として計算を順次繰返す方法<sup>33)</sup>などがとられている。この問題を傾斜法で考えてみよう。

SFは(42)式に示すようにX, Y, Rの関数であるが、これを定式化することはできない。したがって、(42)式に示すようにこの偏微分を知ることはできない。しかし、初期値(X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub>, R<sub>0</sub>)に対してSFの値f<sub>0</sub>を求め、さらにX<sub>0</sub>を微小量変化させたときのSFの変化量Δf<sup>0</sup>を求めると、(42)式に示す(∂f/∂X)<sup>0</sup>を知ることができる。同様

にして(∂f/∂X)<sup>0</sup>, (∂f/∂R)<sup>0</sup>を得ると

$$\Delta X = -k \left( \frac{\partial f}{\partial X} \right)^0$$

$$\Delta Y = -k \left( \frac{\partial f}{\partial Y} \right)^0$$

$$\Delta R = -k \left( \frac{\partial f}{\partial R} \right)^0$$

で与えられる。

(b) 最適水源計画

図13に示すように水源(貯水池, 河川, 人工降雨, 井

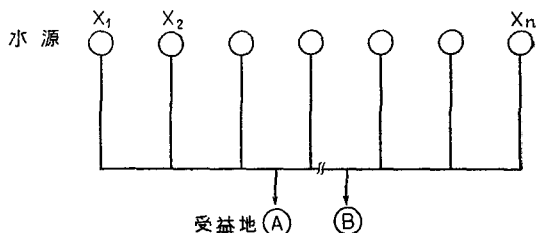


図13 最適水源計画



戸、海水の淡水化、下水の処理など)の開発して、A、B両地区に配水する計画において、それぞれの最適開発規模を全工事費・管理運営費が最小になるように検討する必要がある。この場合水源開発費・導水施設費はそれぞれの開発規模  $X_1, X_2, \dots, X_n$  を変数として表わされるので、 $X_1, X_2, \dots, X_n$  を決定変数とする非線形計画問題として扱い最適計画に達している。34)

(9) 非線形計画法のまとめ

(a) 非線形問題はわれわれが実際によく直面する問題である。例えば有効貯水量  $20 \times 10^6 \text{m}^3$  のダム建設費は有効貯水量  $10 \times 10^6 \text{m}^3$  のダムの建設費の2倍とはならない。しかし、残念ながら非線形計画問題に対する統一的な解法は前述したように現在のところ見いだされていない。したがって、問題に応じた最も有効な方法をその都度捜さねばならない。しかし、開発された手法に対しては一般に汎用プログラムが用意されているので便利である。

(b) 傾斜法は組織的抽出法などから発達してきた古典的な方法である。今後の開発は期待できるが、現在のところは十分に役に立つとは云えない。したがって、複雑な問題は、分解して動的計画法により最適化するか、線形化して線形計画問題として解くなどの方法がとられねばならない。

(c) 傾斜法では目的関数、拘束条件ともに連続で微分可能なことが条件である。微分するためには最適化しようとする問題は定式化されねばならないが、円弧すべりの最小安全率の計算で説明したように定式化されない問題に対しても、連続で微分可能であることが仮定できれば、傾斜法を用いることができる。

(d) 極小値が必ずしも最小値とは限らない。求めた極小値が最小値であると確信するには、相当回数の試算が必要である。しかし、技術者の問題に対する認識がこの試算回数を減少させてくれるであろう。

2.3.3 線形計画法 (Linear Programming)

(1) 基本的な考え方

全面積が  $A \text{ ha}$  である地区で、作物  $1, 2, \dots, n$  をそれぞれ  $X_1, X_2, \dots, X_n \text{ ha}$  づつ作付けする計画がある。この地区の水源には制約があり、期別毎に利用できる水量  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  が定められている。この場合、この地区の純収益額を最大にするような  $X_1, X_2, \dots, X_n$  が決められねばならない。いま、各作物の純収益は  $1 \text{ ha}$  当り  $p_1, p_2, \dots, p_n$ 、また  $i$  作物の  $j$  期別の  $1 \text{ ha}$  当りの必要水量を  $g_{ij}$  とすると、目的関数・拘束条件は標式化されて(43)式で表わされる35)。

$$\begin{aligned} \hat{C} &= \text{Max}\{p_1X_1 + p_2X_2 + \dots + p_nX_n\} \\ \text{subject to} \\ X_1 + X_2 + \dots + X_n &\leq A \\ q_{11}X_1 + q_{21}X_2 + \dots + q_{n1}X_n &\leq Q_1 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(43)$$

$$\begin{aligned} q_{12}X_1 + q_{22}X_2 + \dots + q_{n2}X_n &\leq Q_2 \\ q_{1m}X_1 + q_{2m}X_2 + \dots + q_{nm}X_n &\leq Q_m \end{aligned}$$

拘束条件の第1式は各作物の作付面積の合計は全面積を越えてはならないが、必ずしも全面積に栽培する必要はないことを示している。同じく拘束条件の第2～(m+1)式は各期別の利用可能量の制限を、最後の式は  $X_1, X_2, \dots, X_n$  は非負(正または零)であることを示している。(43)式は  $X_1, X_2, \dots, X_n$  を決定変数とする最適化問題であるが、目的関数・拘束条件ともに決定変数  $X_1, X_2, \dots, X_n$  に関する1次式であるので、このような最適化問題は線形計画法と呼ばれる。(44)式は、その一般形である。

$$\begin{aligned} \hat{C} &= \text{Min}\{C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n\} \\ \text{subject to} \\ a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n &\leq b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n &\leq b_2 \\ \vdots \\ a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n &\leq b_m \\ X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \leq 0 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(44)$$

(44)式を書き替えると

$$\begin{aligned} \hat{C} &= \text{Min}\left\{\sum_{i=1}^n C_i X_i\right\} = \text{Min}\left\{\sum_{i=1}^n f_i(X_i)\right\} \\ \text{subject to} \\ \sum_{i=1}^n a_{ji} X_i &= \sum_{i=1}^n g_j(X_i) \leq b_j (j=1, 2, \dots, m) \\ X_i &\geq 0 (i=1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

となり、動的計画法と類似していることに気付くであろう。すなわち、線形計画法は動的計画法において関係式が1次式となる場合であるが、動的計画法と異なり数多くの拘束条件(または状態変数)を扱うことができる。

(44)式に表わされる線形計画問題に対して統一的な解法がすでに開発されているが、まず簡単な例36)により基本的な考え方を説明しよう。

$$\begin{aligned} \hat{C} &= \text{Min}\{3x_1 + 2x_2\} \\ \text{subject to} \\ x_1 + x_2 &\leq 7 \\ x_1 - x_2 &\leq 4 \\ x_1 + 3x_2 &\geq 6 \\ 2x_1 + x_2 &\geq 4 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(45)$$

のような問題を図式的に考えてみよう。(45)式の拘束条件を満足する決定変数  $x_1, x_2$  の領域<sup>注)</sup>は図14に示されるように6本の直線 ( $x_1 + x_2 = 7, x_1 - x_2 = 4, x_1 + 3x_2 = 6, 2x_1 + x_2 = 4, x_1 = 0, x_2 = 0$ ) に囲まれる凸形の領域である。目的関数はこの範囲にある  $(x_1, x_2)$  のすべての値を

注)  $x_1 + x_2 \leq 7$  を満足する領域は、1次式  $x_1 + x_2 = 7$  で2分される領域の片方である。それは  $x_1, x_2$  に適当な値(例えば  $x_1 = 0, x_2 = 0$ )を与えて  $x_1 + x_2 \leq 7$  を満足すれば、その座標を含む側が満足する領域である。

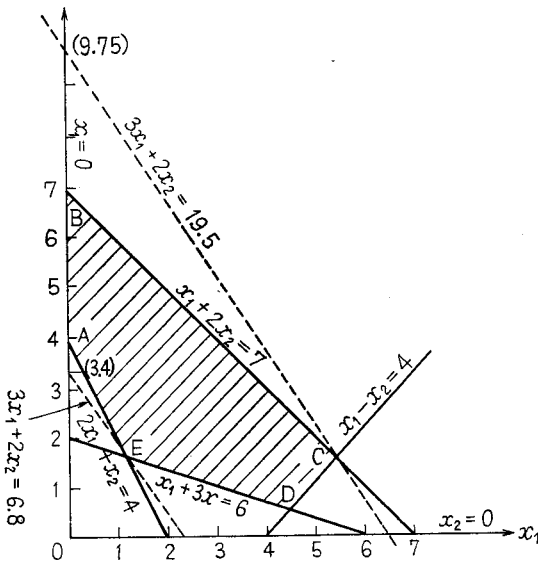


図14 拘束条件を満足する領域

とり得るが、その最小値は直線  $3x_1 + 2x_2 = C$  または  $x_2 = -\frac{3}{2}x_1 + \frac{C}{2}$  における  $C$  の値をいろいろ変えて図 14 上に引くことにより知ることができる。すなわち、 $C$  の値が最大 19.5、最小 6.8 の間で目的関数は拘束条件を満足するような値をとり得、その最小値が(45)式的最適解である。

このような方法を繰り返し試みると、最適解は一般に拘束条件を満足する領域を示す凸多角形の頂点を通る直線で与えられることに気付く。この頂点は端点と呼ばれる。

端点は次のようにして求められる。(45)式の拘束条件の不等号を等号に変えるため、それぞれに非負のスラックス変数  $x_3, x_4, x_5, x_6$  を導入すると、

$$\left. \begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 &= 7 \\ x_1 - x_2 + x_4 &= 4 \\ x_1 + 3x_2 - x_5 &= 6 \\ 2x_1 + x_2 - x_6 &= 4 \\ x_j &\geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, 6) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(46)$$

なる標準形式を得る。(46)式は変数 6 個に対して等式 4 個であるので、その基底解は  ${}_6C_4=15$  である(注)。これらの基底解のうち、(6-4) 個だけが 0 である場合これを非退化、逆の場合を退化と呼ぶ。また、(46)式の 4 元連立方程式が不定となる場合は基底解は存在しない。

さて、(46)式の基底解は 15 点存在するが、図 14 には 5 点

注) 基底解は  $x_1, x_2, \dots, x_6$  の中 (6-4) 個の  $x_j$  を 0 とおき、残りの  $x_j$  は(46)式を解いて得られる。例えば  $x_1=0, x_3=0$  のとき、 $x_2=7, x_4=11, x_5=15, x_6=3$  を得る。基底解の数は決定変数の数 6 から等式の数 4 をとる組み合わせ数  ${}_6C_4=15$  で与えられる。

しか示されていない。これは残りの 10 点はその中に負の値を含むからである。このようにすべての  $x_j$  が非負である基底解が最適化の対象となるもので、これを可能基底解と呼んでいる。(46)式の可能基底解およびそのときの目的関数の値は、

$$\begin{aligned} A &= (0, 4, 3, 8, 6, 0) & C &= 8 \\ B &= (0, 7, 0, 11, 15, 3) & C &= 14 \\ C &= \left(\frac{11}{2}, \frac{3}{2}, 0, 0, 4, \frac{17}{2}\right) & C &= 19.5 \\ D &= \left(\frac{9}{2}, \frac{1}{2}, 2, 0, 0, \frac{11}{2}\right) & C &= 14.5 \\ E &= \left(\frac{6}{5}, \frac{8}{5}, \frac{21}{5}, \frac{22}{5}, 0, 0\right) & C &= 6.8 \end{aligned}$$

となる。この中から最小値を選べば、それが(46)式の解である。

(2) シンプレックス法と汎用プログラム

前項で述べた方法を整理すると

- (a) 非負のスラックス変数を導入して、拘束条件を標準形式にする。
- (b) 標準形式を解いて基底解を求め、その中すべてが非負のものを可能基底解とする。
- (c) 可能基底解から目的関数の値を計算し、その最小値を最適解とする。

となる。この方法では決定変数、拘束条件の数が多い場合には、すべての端点(可能基底解)について検討するのは大変である。しかし、最初の出発となる端点を適当に選び、目的関数がより小さくなる方向に端点を順次さがして行けば、効率良く最適解に到達できることが察せられる。この方法がシンプレックス法(Simplex Method)と呼ばれるもので、線形計画法の統一的な解法である。シンプレックス法の汎用プログラムはいろいろ開発されている(37)ので、その内容を熟知しなくてもそのプログラムの約束に従ってデータを整えれば、目的を達することができる。したがって、ここではシンプレックス法についての説明は省略する。しかし、輸送問題やネットワークの問題のような線形計画の変形問題を理解するためには、シンプレックス法を理解しておかなければならない。

(3) 双対問題 (Dual Problem)

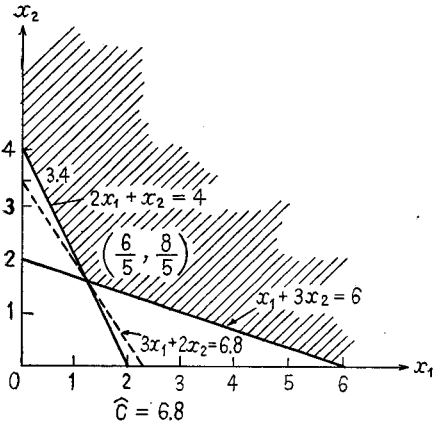
(45)式(最小化)線形計画問題に対して、(47)式に示すような(最大化)線形計画問題を設定することができる。

$$\left. \begin{aligned} \hat{D} &= \text{Max}\{b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_my_m\} \\ \text{subject to} & \\ a_{11}y_1 + a_{21}y_2 + \dots + a_{m1}y_m &\geq C_1 \\ a_{12}y_1 + a_{22}y_2 + \dots + a_{m2}y_m &\geq C_2 \\ &\vdots \\ a_{1n}y_1 + a_{2n}y_2 + \dots + a_{mn}y_m &\geq C_n \\ y_1 &\geq 0, y_2 \geq 0, \dots, y_m \geq 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(47)$$

(47)式を双対問題、これに対して(44)式を主問題、 $y_1, y_2,$

...,  $y_m$  を双対変数と呼ぶ。(44)と(47)式の関係は、それぞれの目的関数の係数と状態変数 ( $b_i \leftrightarrow c_j$ ), 拘束条件式の符号 ( $\leq \leftrightarrow \geq$ ), 最小化と最大化 (Min  $\leftrightarrow$  Max) を交換したものである。このことはつぎの例(38)から容易に理解できるであろう。すなわち,

$$\begin{cases} \hat{C} = \text{Min}\{3x_1 + 2x_2\} \\ \text{subject to} \\ x_1 + 3x_2 \geq 6 \\ 2x_1 + x_2 \geq 4 \\ x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0 \end{cases}$$



の双対問題は,

$$\begin{cases} \hat{D} = \text{Max}\{6y_1 + 4y_2\} \\ \text{subject to} \\ y_1 + 2y_2 \leq 3 \\ 3y_1 + y_2 \leq 2 \\ y_1 \geq 0, \quad y_2 \geq 0 \end{cases}$$

となる。これを図示すると、図15に示すようになり、 $C = \hat{D}$ なることに気付くであろう。すなわち、主問題に最適解が存在して有限であれば、その双対問題の最適解も存在して有限である。しかも、 $\hat{C} = \hat{D}$ である、という

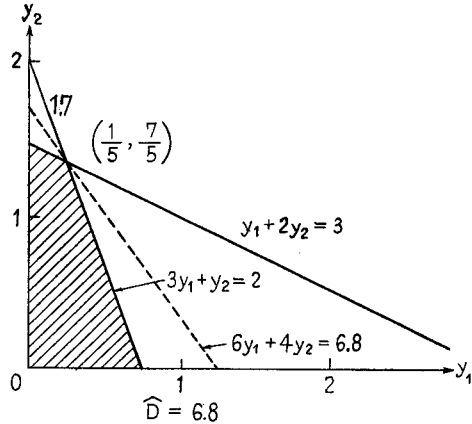


図15 双対問題の図示

双対定理が成立する。いま(44)式的最適解を  $x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0$ , (47)式的最適解を  $y_1^0, y_2^0, \dots, y_m^0$  とすると,

$$\begin{cases} \hat{C} = c_1 x_1^0 + c_2 x_2^0 + \dots + c_n x_n^0 \\ = b_1 y_1^0 + b_2 y_2^0 + \dots + b_m y_m^0 \end{cases} \dots\dots\dots (48)$$

となる。この関係式は、(44)式の拘束条件式の右辺(制約要素または状態変数)がわずかに変化したときに目的関数の値がどのくらい変化するか示している。このことは、計画を制約する条件を変えた場合にそれが計画の目的にどのような影響を及ぼすか示すにほかならない(すなわち、 $y_i^0$  は  $\Delta b_i$  を変化させたときの目的関数の変化率  $\frac{\Delta C}{\Delta b_i}$  を表わす。これは経済学的には各制約要素の限界純収益力を表わすものである)ので、 $y_1^0, y_2^0, \dots, y_m^0$  を限界価格または潜在価格と呼んでいる。(48)式は各制約要素  $b_1, b_2, \dots, b_m$  をそれぞれの限界価格  $y_1^0, y_2^0, \dots, y_m^0$  で評価すれば、最適計画によってあげられる純収益総額はそれぞれの積の和で与えられることを意味している。また、(44)および(47)式から

$$\begin{aligned} D &= \sum_{j=1}^m b_j y_j \geq \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n a_{ji} x_i \right) y_j \\ &= \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m a_{ji} y_j \right) x_i \geq \sum_{i=1}^n c_i x_i = C \end{aligned}$$

となり、最適状態では  $\hat{D} = \hat{C}$  であるからそれぞれの  $j, i$  について

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n a_{ji} x_i^0 < b_j \text{ ならば } y_j^0 = 0 \\ \sum_{i=1}^n a_{ji} x_i^0 > b_j \text{ ならば } y_j^0 = 0 \end{cases} \dots\dots\dots (49)$$

また、

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m a_{ji} y_j^0 > c_i \text{ ならば } x_i^0 = 0 \\ \sum_{j=1}^m a_{ji} y_j^0 = c_i \text{ ならば } x_i^0 \geq 0 \end{cases} \dots\dots\dots (50)$$

が成立する。この意味を(49)式の例を使って説明しよう。

(49)式は、最適計画において残量を生じている利用可能水量の限界価格は零であり、逆に使いきられている利用可能水量の限界価格は正(ときには零)であることを示している。また、(50)式は作物  $i$  を成育させるに必要な水量の合計が、作物  $i$  を栽培して得られる収益より大きいならば作物  $i$  は栽培されず、それが等しいときに栽培されることを示している。

(4) 感応度分析 (Sensitivity Analysis)

(44)式は、 $c_i, b_j, a_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$ ) などの係数をインプットとして与えて最適解  $\hat{C}$  および  $x_i^0$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) を求める問題である。しかし、実際に直面する問題では、 $c_i, b_j, a_{ij}$  は確定量とは限らず、確定値としてとり扱った予測値が変化したり、予測値を確定値として設定することができないため、いくつかの予測値

について検討しておかなければならない場合が少なくない。この場合、目的関数の値の変化を追跡する必要を生じるが、新しい係数で新たに計算をやり直してもよいが、すでに計算した結果を一部修正して新しい結果を得ることができれば経済的である。これが感応度分析と呼ばれるもので、次の状況変化に対して計算法が確立されている<sup>39)</sup>。

- (a)  $b_i$
- (b)  $c_j$
- (c)  $a_{ij}$
- (d) 決定変数の追加
- (e) 拘束条件式の追加

(5) 線形計画法の応用

(a) 共通の要素を産出または消費する個別的な仕事または行動がいくつかあり、その要素の産出には数量的な拘束があって、この制約の枠の中で、いくつかの仕事を組み合わせる目的を達成するには、どのような仕事の組み合わせが最適かという問題において、線形性が仮定でき、各要素は連続であり、かつ個々の仕事が独立な場合、線形計画法が応用できる。

(b) さらに線形計画法はいろいろな工夫が施された変形（または特殊）線形計画法が開発されている。特に、輸送問題・工程管理計画問題などに有効に応用されている。

(c) 非線形計画問題に対しても、曲線の直線近似を行なうことにより線形計画問題として解くことができる。ただし、これは凸極性である場合に限る。

(d) 河川水質保全計画への応用<sup>40)</sup>

河川に沿って10数ヶ所取水が行なわれ、これがまた河川に排水される。河川の水質基準（ここではBOD）は定められているので、これを犯さないように下水を河川に排水する前に浄化する下水処理場の建設が必要である。下水処理場の建設費は下水処理効率に比例する（実際には非線形であるが線形化して）ことは知られている。したがって、河川の各区間で水質基準を犯さないで（拘束条件）、下水処理場の建設費の合計（目的関数）を最小にするように各下水処理場の下水処理効率（決定変数）が決定することが必要であり、これに線形計画法が応用されている。さらに、河川の水量基準を変更した場合に下水処理場の建設費の合計にどのような影響を与えるかを双対問題を設定して検討している。

(e) 農家経営の設計への応用

高知県の野菜作経営の診断に線形計画が応用されている<sup>41)</sup>。経営耕地として水田（その土地生産性により4区分）、畑があり、ここに水稻・麦・半促成キウリ・抑制キウリ・カボチャを作培している。制約要素としては、ピーク時の労働時間・作物の忌地回避があり、資金・機械力は制約となっていない。最適栽培面積は表4に示す

表4 線形計画法による農家経営の設計<sup>18)</sup>

		栽培面積 (10a)					純収益総額 (円)
		水稻	麦	半促成 キウリ	抑制 キウリ	カボ チャ	
水	A	(4.40) 4.40	(0.70) —	(2.80) 2.97	(—) 0.39	(—) 1.04	(670,519) 743,977
	B	(1.70) 1.70	(0.20) —	(—) —	(0.80) 1.02	(—) 0.68	
畑	C	(0.90) 0.90	(—) —	(—) —	(—) —	(—) —	
	D	(0.40) 0.40	(—) —	(—) —	(—) —	(—) —	
畑		—	(0.20) —	(—) —	(0.70) 0.42	(0.40) 0.90	
計		(7.40) 7.40	(1.10) —	(2.80) 2.97	(1.50) 1.83	(0.40) 2.62	

上段( )内は実績、下段は最適値。

ように実績と大巾に異なり、収益額も10数%増大できるという診断を与えている。

(6) 線形計画法のまとめ

(a) 目的関数・拘束条件ともに1次式で表わされねばならないが、実際に直面する問題にはこれを満足しないものが多い。

(b) シンプレックス法という統一的な解法および変形線形計画法などの汎用プログラムが開発されているため、プログラミングが必要でない。

(c) 動的計画法の特殊な形式である。動的計画法に比して多くの拘束条件をとり扱えるが、逆にとり扱える決定変数の数は少ない。

(d) 拘束条件が多くなると計算量が多くなる。このような場合には双対問題を設定して、これから最適値を求める方が計算量は少なくなる。

(e) 最適値のみしか知ることができない。第2、第3の最適値を知る手段はないので、最適解の意味は感応度分析で検討されねばならない。

2.4 シミュレーション (simulation)

インスタント・コーヒーが広く出まわっている。本物のコーヒーよりもインスタント・コーヒーを飲むことの方が多く人もいることだろう。実際、インスタント・コーヒーは本物のコーヒーとそれほど変わらない味や感じを与えてくれる上に、手間がはぶけて経済的でもある。しかし、インスタント・コーヒーがどんなに本物のコーヒーらしくても、インスタントはインスタントにすぎない。このように実際は本物ではないが、本物らしい味や感じを与えてくれるインスタント・コーヒーを、本物のコーヒーのシミュレーションという。simulationを英和辞典で調べると、風、擬態、まね、などの説明がある。実際に使われる意味もこれと同じである。ただ、辞典の説明からなにかよくないことを連想し易いが、シミュレーションは現代社会に欠くことのできない有用な手法になってきている。

この節ではまず、シミュレーションの目的、その手順、シミュレーションの分類、コンピューター・シミュ

レーションなどについて説明する。つぎに、従来の模型実験に替り水理現象を計算機上に再現する数理モデル・シミュレーションを紹介し、これの水利計画への応用について考えてみたい。さらに、シミュレーションは水資源問題に広く利用されて、最適計画・最適管理の有力な手法となっているので、具体例を紹介したい。さいごに、不確定な現象を発生させて、それに対するシステムの様態を検討するモンテ・カルロ法シミュレーションを説明する。

### 2.4.1 シミュレーションとは、

#### (1) シミュレーションの目的

すべての現象には、それを支配する法則があるのではないかという素朴な考えが、現代の科学を礎きあげたといえよう。このような法則をさらに発展させ解明する手段として、理論解を求める方法、実体による実験およびシミュレーションがある。シミュレーションは、前二者に比して、つぎのような場合に有利となる。

- (a) 理論解が困難である。
- (b) 現実の実体によって実験を行なうことが、時間的・経済的・道義的にも許されない。

このような場合、実際の実体の動作(システムの様態)を模型上に再現して検討することがシミュレーションの目的である。

#### (2) シミュレーションの手順

シミュレーションの一般的な手順を図16に示す。これ

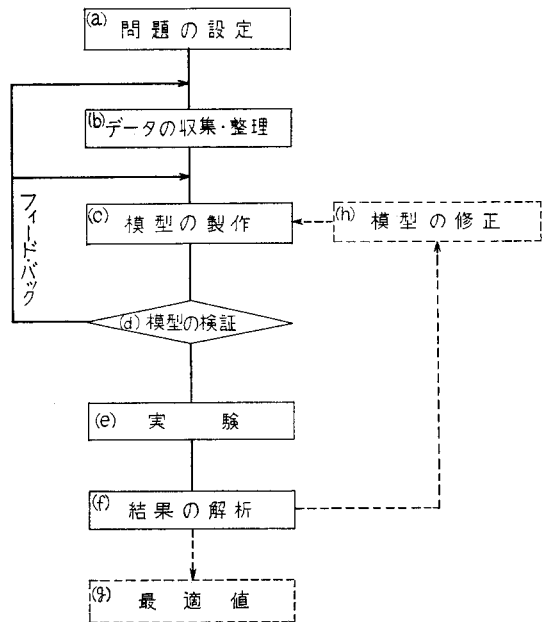


図16 シミュレーションの手順

を低平地の排水計画を数理モデル・シミュレーションにより検討する場合を例にとり説明しよう。

- (a) 湛水被害を軽減して生産性を高めるために、排水

路の改修・排水機の増設を行なう。

- (b) シミュレーションに必要な排水路断面・実測水位記録などの現地定数、および降雨・流出データを収集・整理する。

- (c) 電子計算機のプログラムやインプット・データを準備する。

- (d) 模型が現地の状況を十分再現しているかどうか検討する。再現していない場合にはフィードバックしてデータ・プログラムを再検討する。

- (e) 演算を行なう。

- (f) アウトプットを解析する。

以上までがシミュレーションの手順であるが、シミュレーションから最適化に進む場合には、図において点線で示す項目の実行が必要である。すなわち、

- (g) 排水路の断面や排水機的能力を所期の目的にそうように修正する。

- (h) 前項までを繰返して遂には最適値を得る。

#### (3) シミュレーションの分類

模型の種類および対象となる現象の状況により分類すると図17のようになる。

##### 模型の種類による分類

- (b) 数理モデル・シミュレーション
- (b) 物理モデルシ・ミュレーション
- (c) シミュレータ・シミュレーション

##### 対象とする現象による分類

- (d) 確定的シミュレーション
- 不確定的シミュレーション
  - (e) モンテ・カルロ法シミュレーション
  - (f) ゲーミング・シミュレーション

図17 シミュレーションの分類

- (a) 数理モデル・シミュレーションはシステムの様態を数理的に表現し、これを主として電子計算機上に再現するものである。

- (b) これに対して、水理模型実験のようにモデルが実体である場合を物理モデル・シミュレーションとよぶ。

- (c) シミュレータ・シミュレーションとは、物理モデルの動作を自動、半自動化したもので、アポロ計画のシミュレータのように訓練・教育に使われることが多い。

- (d) 確定的シミュレーションとは、一連の条件から結果が一意的に定まる場合であり、例えば基準年だけについて水収支計算を行なう場合である。

- (e) これに対してできるだけ正確な情報を得るため、将来起るであろう基準年以外の年についても、モンテ・カルロ法によりそのデータを作り出し水収支計算を行なう場合、結果は一意的に定まらない。このようにシミュレーションをモンテ・カルロ法シミュレーションと呼ぶ。

(f) さらに、シミュレーションに決定過程を含むゲーミング・シミュレーションがある。

## 2.4.2 数理モデル・シミュレーションによる水利計画注)

### (1) 数理モデルの特徴

われわれが、例えば河川の流れの様子を知ろうとする場合を考えてみよう。第一に考えることは現地に行って観測することである。しかし、現地観測でわれわれが欲しいデータを十分得られるとは限らない。例えば洪水は現地観測に都合よく発生してくれない。したがって、現地観測に替るものとして現地と全く同じ河川(プロトタイプ)を作り、ここに洪水を発生させてみることを考える。しかし、これが時間的にも空間的にも経済的にも一般に不可能なことは容易に分るであろう。これに替るものとして規模の大きい現地の水理現象をフルード則などで縮尺して模型上に再現する水理模型実験がある。ダム、頭首工、水路、干拓堤防などの水理設計の検討に模型実験が有効に使われていることはいうまでもない。しかし、現象を支配する法則が確立されているものに対しては、模型を実際に作る替りに、現地の状態を電子計算機のソフトウェアの中に組み込む数理モデルがより有用である。これは水理現象を支配する法則を数理的に表わし、さらに現地の地形条件などを加えて現地と同様の(縮尺されない)モデルを電子計算機上に構成し、これに境界条件・初期条件を与えて実験を行なうのである。

この数理モデル・シミュレーションは従来の水理模型実験に比べてつぎのような利点をもっている<sup>43)</sup>。

- (a) 縮尺されない、現地と同じ規模の模型で実験できる。
- (b) 模型の製作・観測にともなう作業が不要となる(すべてを電子計算機がやってくれる)。
- (c) 模型の改造が容易である(プログラムまたはインプット・データを修正すればよい)。
- (d) 短時間に実験を完了することができる。
- (e) 経済的である。

### (2) 不定流数理モデルの構成<sup>42)</sup>

#### (a) 基礎式

不定流の水理現象は、運動方程式と連立方程式に支配される。いま、これを一方向流に関して下流端を原点として表わせば、それぞれ(51)、(52)式で与えられる。

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{g} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{v^2}{2} \right) + s + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{n^2 |v| v}{h^{4/3}} = 0 \quad \dots \dots \dots (51)$$

注) この手法は現在農業土木試験場水利計画班(白石, 中道, 岩崎研究員)で開発されているもので、本稿を纏めるに当り貴重な示きを得た。なお、開発された成果は参考文献<sup>42)</sup>~<sup>48)</sup>に発表されている。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad \dots \dots \dots (52)$$

ここに、 $g$ :重力の加速度、 $v$ :流速、 $s$ :水路底コウ配、 $h$ :水深、 $n$ :粗度係数、 $x$ :距離、 $t$ :時間、 $A$ :通水断面積、 $Q$ :通過流量、 $q$ :単位時間・単位中当りの模流入量である。

#### (b) 基礎式の差分化

(51)、(52)式を連立させて解くためには、演算格子を組んで(51)式を差分化しなければならない。この差分のとり方が解の精度・電子計算機の記憶容量を支配する。差分とは、例えば(51)式の  $\frac{\partial v}{\partial t}$  は流速  $v_1$  が  $\Delta t$  時間後に  $v_2$  に変化した割合を示すものであるから、

$$\frac{\partial v}{\partial t} \approx \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

で表わされる。同様にすべての項を距離  $x$ 、時間  $t$  について差分化して、これを上流から下流へ  $\Delta t$  時間毎に計算して行くことにより、各点の時々刻々の水理現象を再現することができる。

#### (3) 水利計画への応用

##### (a) 流量推定<sup>43)</sup>、<sup>44)</sup>

河川流量や用排水路の流量は水利計画や用排水路管理の基礎資料である。このため、多額の費用をかけて流量測定を行なってきたわけであるが、その精度は悪く、特に潮汐などの背水の影響のあるところでは、水位~流量曲線を作ることさえ不可能であった。これに替るものとして、通水断面(河川の場合100~500m間隔)、河川の場合コントロール、セクションを含まない2点間の水位(その水位差が10cm以上であることが望ましい)を実測して、これを数理モデルの境界条件として与えてシミュレーションを実行すれば、その間を流れる流量を知ることができる。この方法は不等流ばかりでなく、感潮河川などの不定流にも応用され河口における固有流量の計算に使われている。

##### (b) 流況予測<sup>46)</sup>

前述したとおり、数理モデル・シミュレーションにより各点の時々刻々の水理現象が再現できる。このことをさらに発展させると、境界条件の変化を予測することにより、その時に起るであろう水理現象を予測できる。例えば洪水時の排水路の上・下流の境界条件は、降雨~流出の関係または予測時までの上・下流点の水位上昇率から推測できる。この予測の結果によりゲートの開閉、排水機の運転などの施設操作を合理的に行なうことができる。また、この操作後の流況の変化も予測できることはいうまでもない。この手法は新川の排水計画に応用されて、その精度が確認されている。

##### (c) 排水計画

図18はある低平地の排水路のモデルである。このような開水路網の水理現象も数理モデル・シミュレーション

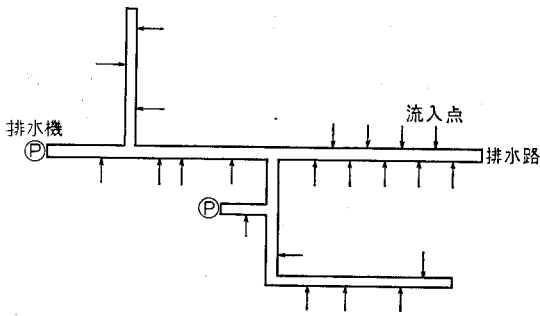


図18 排水路網のモデル

により解明できる<sup>47)</sup>。すなわち、数理モデルに排水路網、ゲート・ポンプなどを組み込んでシミュレーションを実行し、これらの施設をいかに操作するか、また、施設の操作のためには、どの点のどの水位（流況）を情報として得ればよいか、ポレプの見込み運転の効果はあるのかなどの検討ができる。さらに、計画の段階においては排水路網の最適配置、排水機、排水路の最適規模の検討も可能である。

(d) 用水計画

図19はある用水路のモデルである<sup>45)</sup>。このモデルに

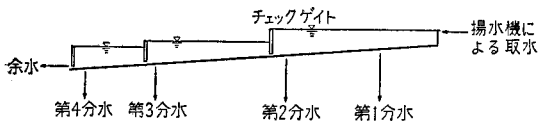


図19 用水路モデル

は、分水位を保つためのチェック・ゲートが3ヶ所、分木工が4ヶ所あり、揚水機により取水され余水は末端で排水路に落ちて、自然排水と一緒に排水機場から地区外に排出されている。したがって、地区内に取水される用水は各分木工の分水水量を満足する範囲で最小にしたい。

しかし、各分木工からの分水水量は定常的ではなく（分水水量が時間とともに変化する）、これを満足するように揚水機を運転することは困難で、用水路末端からの余水をなくすことは不可能に近い。このような複雑な水理現象も数理モデル・シミュレーションで検討できる。これにより、チェック・ゲート水位、分木工容量、水路断面、揚水機容量などが十分か検討できる。さらに、各分木工の分水水量を満足させて、かつ用水路末端からの余水を最小にする揚水ポンプの操作方法を検討することも可能である。

(4) 数理モデル・シミュレーションによる水利計画のまとめ

(a) 数理モデルの有用性については云うまでもないだろう。ただし、これには水理現象に対する理解とかなりのプログラミング能力、それに手近かに使える電子計算機が必要である。参考文献43)~48)の計算はすべて農地

局FACOM270-20で行なわれた。

(b) 数理モデル・シミュレーションは基礎方程式を差分化したモデルを用いているので、その精度は格子間隔 $\Delta x$ および $\Delta t$ のとり方に左右される。粗度係数などの現地定数の与え方も含めて、数理モデルが現地の現象を再現しているか検証しなければならない。

(c) 数理モデル・シミュレーションは最適値探索の有力な手法であるが、これを数理計画法などの最適化手法と有機的に結びつけて、シミュレーションの実行回数を最小化するようにすることが大切である。このためには、シミュレーションのインプット・データと実行結果を確率過程として扱い、その間の応答を知る方法が今後検討されねばならないであろう。

参考文献

- 24) 例えば、農地局電子計算機室 FACOM ライブラリー集
- 25) 例えば、農地局建設部設計課(監修)、電子計算のための数学的手法、農業土木技術連盟 昭和46年(予定)
- 26) McGhee, R. B., Some Parameter-Optimization Techniques, Digital computer User's Handbook pp.4-234-255. McGraw-Hill Book Co., 1967.
- 27) McGhee, R. B., Identification of Nonlinear Dynamic Systems by Regression Analysis Methods, Univ. of South California. 1963.
- 28) Fletcher, R. and M.J.D. Powell. A Rapidly Convergent Descent Method for Minimization, The Computer Journal, Vol.6, No.2. pp.163-168, July. 1963.
- 29) Powell, M.J.D., Minimization of Functions of Several Variables,
- 30) CDC VIM Program E4 NYU MINI.
- 31) 関根泰次,数理計画法, 岩波基礎工学, pp.173-182, 岩波書店, 1968.
- 32) 川口徳忠, 盛土斜面の安定計算法, 農業土木試験場 投報F第4号, pp.57-74, 昭和44年3月,
- 33) 鈴木善博, フィルダムの安定計算プログラム, 北海道開発局農業部門電算検討会, 昭和45年3月.
- 34) Young, G.K. and M. A. Pisano. Nonlinear Programming Applied to Regional Water Resource Planning, Water Resource Research Vol.6, No.1, pp.32-42, Feb. 1970.
- 35) Hall, W. A. and J. A. Dracup, Water Resources Systems Engineering. pp.142-144, McGraw-Hill Book Co., 1970.
- 36) 前出8), pp.12.
- 37) 例えば, 伊倉一孝, Linear Programming by Simplex Method, 東京大学大型計算機セクターライ

ラリー・プログラム第I集，東京大学出版会1967，

38) 前出8) pp.68—69.

39) 前出8) pp.107—125.

40) Revelle, C. S., D. P. Loucks and W. R. Lynn, Liyear Programming Applied to Water Quality Management, Water Resouoers Research. Vol.4, No.1, pp.1—9, Feb. 1968

41) 今村幸生，線形計画法，農林水産試験研究における数理統計学的手法の理論と応用，pp.209—211，農林水産技術会議事務局，昭和46年1月

42) 白石英彦，不定流解析における初期条件および境界条件について，河川・海岸工学における数値計算法，アテネ出版社，昭和46年（予定）。

43) 白石英彦，数理モデルによる河川流のシミュレーション手法，北海道開発局農業部門電算検討会，昭和46年3月。

44) 農業土木試験場水利計画班，信濃川水系河川水収支報告，昭和46年3月。

45) 農業土木試験場水利計画班，新津郷地区用排水シミュレーション，昭和46年3月。

46) 白石英彦，水管理のための流況予測，昭和46年度農業土木学会講演会。

47) 白石英彦，開水路網の不定流解析，昭和46年度農業土木学会講演会。

48) 農業土木試験場水理第4研究室，白根郷・亀田郷地区排水計画に関する報告書，昭和46年3月。

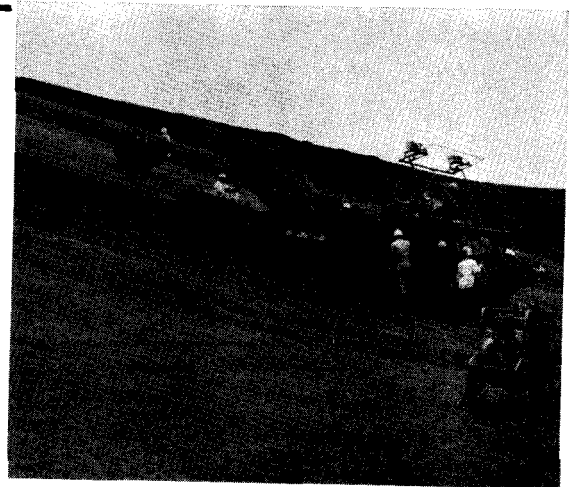
## 堰堤斜面舗装

堤防

水路

道路

その他各種舗装 及び  
ガルフシール工法



設計施行

# 世紀建設株式会社

本社 ⑩105 東京都港区芝公園第14号地25番 TEL 03(434) 3251 代表  
支店 札幌・仙台・東京・新潟・名古屋・大阪・広島・福岡



## PPBS とシステム分析

那 須 丈 士\*

### I はじめに

1965年8月25日、時のアメリカ大統領ジョンソンは、連邦政府の各省庁の長に対して声明を発表し、連邦政府の全省庁に新しい予算編成システムすなわちPPBSを導入することを要請して、つぎのように述べている。

「このプログラム（PPBS導入計画）の目的は簡単である。すなわち、それはできるだけ少ない費用で、すべてのマネジメントの道具を利用することである。

このプログラムの目的は、つぎのことを行なうための新しい方法を発見することである。すなわち、新しい仕事をよりすみやかに、よりよく、より安価に行なうこと；

より正確な情報を通じて、より的確な判断を確保すること；

われわれのもっとなすべき事柄を正確に指摘し、より少なくしかやってはならないことを明らかにすること；

われわれの意思決定の過程を宇宙開発装置のように最新のものにすること；  
がこれである。……

われわれが、『偉大な社会』にすべての国民を近づけるためには、もっと多くのことができるし、また、しなければならない。よい政府は卓越していなければならない。それは費やされる1ドル1ドルをして、十分な価値を發揮させることを要求する。それはわれわれが最新のマネジメントの技術を利用することを要求する。

これがわたしが今日導入しようとする事、すなわち、予算局長官チャールズ・シュルツ氏に率いられるわれわれの最高の専門家たちによって開発されたPPBSである。

もしそれが実施されれば、われわれは、

- ① 国家目標を精密に、かつ継続的に把握し、
- ② これらの目標の中で最も緊急なものを選択し、
- ③ これらの目標を最小の費用で最も有効に達成する代替手段を探求し、
- ④ われわれのプログラムの次年度の費用だけでなく、その後の年度の費用についても知り、

- ⑤ 費やされた1ドル1ドルに対して、それだけの価値を確保するために、われわれのプログラムの成果を測定する

ことができるようになる。……」

このジョンソン大統領の声明によって、PPBSはアメリカ連邦政府の全省庁に導入されることになり、1969～70会計年度では、アメリカ連邦政府予算の90%がこのPPBSに基づいて編成されたということである。またわが国においても、昭和43年4月に経済企画庁にシステム分析調査室を設置して、PPBS導入に本格的に取り組むことになり、農林省においても、昭和45年5月にシステム分析室を官房企画室内に設け、PPBS導入のための準備活動を行なっているのである。

当初大蔵省としては、早ければ昭和46年度予算からでも、防衛予算と公共事業予算を手はじめとして、PPBSを導入する予定をたてていたようである。ところが、これをわが国の予算に現実に導入するための研究を進めていくうちに、そう簡単にことは運びそうもないことがわかってきた。まず費用、効果等の分析に必要なデータが不足しており、かりにデータを集めたとしても、これを分析する要員の数が少ない。アメリカのランド研究所のような要員養成機関や民間の研究開発機関も十分育っていない。またPPBSを本格的に採用するためには、単年度主義を原則とするいまの予算制度を事業別予算制度に改めるなど、財政法の改正が必要になるとみられるということもわかった。したがって、わが国の予算に今すぐPPBSを導入することは不可能であり、当面の目標としては、各種データの収集とその整理を行なうとともに、分析手法の開発と深化を行なう、単にアメリカのPPBSの直輸入ということではなく、わが国独自のPPBSの開発を行なおうということになったようである。いいかえると、PPBSの導入をあきらめたのでは決してなく、ただ導入するための準備期間を、当初考えていたよりも、もう少し長くとることにしたということなのである。

前述したように、わが国の予算編成方式にPPBSを導入するとすれば、まず防衛予算と公共事業予算からであると考えられ、その時は、われわれがたずさわっている農業基盤整備事業も、その適用を免れることはできないと思われる。したがって、われわれ農工土木技術者と

\* かんがい排水課第2係長

しても、PPBSについての研究を始めるとともに、分析要員を養成し、各種のデータを収集、整理して、PPBS導入のための準備にとりかかっても、決して早すぎることはないのではないだろうか。

またPPBSは、予算編成方式の改善ばかりではなく、最近では、その分析的側面を拡張解釈して、公共的意思決定プロセスの改善ということも目指すようになってきた。PPBSの分析の中心はシステム分析といわれるものであるが、この分析手法が開発されたのは1950年代に入ってからであり、現在は、まだその発展途上にあるといってもよいものである。しかし、この分析手法は単にPPBSばかりでなく、現代の複雑で大きな広がりをもつ問題を解決するためにも、十分応用することができるものであり、農業基盤整備事業にとっても無縁のものではないと考えられる。したがって、以下PPBSの概要について、その分析的側面を中心にして述べることにするが、PPBSの原理、歴史、制度等については、「農業土木」第248号（昭和45年8月号）に、川上和夫氏が詳しく紹介されているので、本報文では特にふれなかった点も多い。本報文とお読みいただければ、PPBSについてよく御理解いただけるのではないかとと思われる。

なお、筆者は昨年9月以来、経済企画庁システム分析調査室において、PPBSについての調査、研究に従事しているが、この報文に述べられている認識あるいは発想は、多くの先輩およびシステム分析調査室の同僚の研究成果あるいは考え方を、筆者の限られた能力で、筆者なりにまとめたものであることをおことわりしておきたい。

## II PPBSの基本的な考え方

新しいものに対しては、誤解と偏見はつきものであるといわれているが、PPBSとその目的についても、いくつかの誤解があるようである。PPBSが最初にわが国に紹介された頃は、「PPBSは予算編成のコンピュータ化である」とか、あるいはまた「PPBSは大蔵省の予算査定用の道具である」とかいわれたものである。しかし、現在では、このような誤解をしている人はかなり少なくなったようであるが、それでも、「PPBSを導入すれば、予算編成過程における政治的な取り引き過程は考慮しなくてもよくなる」といった考え方をしている人は少なくないのではないだろうか。たしかに、PPBSは政策目的を明確に設定し、プログラム間の代替案を設定する過程の中に、分析的な接近法をもち込むものにはあるが、これらの目標の設定や、代替案を選択することは、まさに政治的意思決定過程そのものにほかならないのである。したがって、PPBSは政治的意思決定過程にとって代わろうとするものではなく、ただ、もしも

まくゆけば、政治的意思決定過程を変えることができるかもしれないというにすぎないものなのである。いいかえると、プログラムに関する意思決定過程が本来的に政治的な性格を持っている以上、PPBSの性格もまた政治的なものを持たざるを得ないということなのであり、これから解決しなければならない問題の一つは、どうすればPPBSが政治的過程にとって代わることができるかということではなく、どうすれば政治的過程の中にPPBSをはめ込んでいくことができるかということなのである。

PPBSは、政治的過程における意思決定者を助ける一つのシステムであるといってもよいわけで、その基本的認識をなすもの<sup>1)</sup>としては、つぎの四点をあげることができるようである。

その第一は、組織体の究極の目標(goal)とか、当面の目的(objective)とかいったものは無限にあるということである。いいかえると、政府活動を具体的に表現する手段としての予算に対する国民の需要(needs)はほとんど無限であるということである。その第二としては、これらの無限の需要を満たすための資源、つまり予算には限りがあるということである。その第三は、無限の需要に対して有限の資源を配分する場合には、その達成の仕方はただ一つではなく、いろいろの代替案が考えられるのであるが、その場合、最初から一つのやり方を決めてかかるのではなく、まずいろいろの代替案を列挙し、それらを比較検討して、最もよい案をさがし出そうというふう考えるのである。またその第四は、多くの代替案を比較検討する場合、民間企業部門と同じように、市場システムの中で考えるということである。政府活動には、とかく物事を改善することに対する誘因(incentive)が働きにくいということがある。したがって、代替案の費用およびその効果を算出し、効果・費用比率等の基準に従って、その代替案の評価を行ない、常に最善の意思決定を行なうことを目指そうというのである。別の言葉でいえば、PPBSは資源配分に関する意思決定を改善するために、情報を組織的に用いる一つのシステムなのである。

システムについては後で述べることにするが、PPBSが一つのシステムであるということは、PPBSが何らかの目的を持っているものであるということであって、アメリカ連邦政府の前予算局長官であるシュルツ氏によると、PPBSは次の諸目的を達成しようとするものである。<sup>2)</sup>

第一に、PPBSは政府活動の各主要分野における目標と目的を注意深く確認し、検討することを目的とする。PPBSは、政府諸機関が一步退って、それらが実施中のプログラムの基本的なねらいについて、もう一度見直させようとするのである。たとえば、都市と都市をつな

道路を建設するプログラムは、たんに道路を建設するということが目的であってはならないのである。道路は人と財貨を効率的かつ安全に輸送するからこそ有用なのである。そして、いったんこの目的がはっきりすれば、いろいろな交通計画についての代替案を、これらの目的に対する手段として分析することが可能になるであろう。道路プログラムの究極の目標が、コンクリートを何キロメートル敷設することにあると考えられている限り、各種投資の効果の比較は不可能なのである。

ここで注意しなければならないことは、意思決定過程には幾つかの段階があって、どの段階についても、そのひとつ上位の段階と同じ広さの視野を期待することはできないということである。農地局長は農林大臣と同じ広さの目的を持つことはないであろうし、また持つこともできない。農林大臣もまた、総理大臣と同じくらい広い範囲の代替案を取り扱うことはないと思われるのである。意思決定過程の各段階は、それぞれ固有の役割をもち、プログラムの目的を明確に設定しようとするときには、その役割の範囲内で視野を拡大するようにすべきである。意思決定に参加するすべての人に、余りに広い目的を押しつけることは、全体の努力をむだにしようおそれが十分にあるのである。

PPBSの第二の目的は、代替案の評価を行なう場合の基準を設定して、代替案の「産出物」を、その評価基準に照らして分析することである。たとえば、道路プログラムを評価する場合、何キロメートルのコンクリートが敷設されるかを問題にするだけでは十分でなく、より安全な、より混雑の少ない道路交通という基準に照らして、そのプログラムが産み出すもの、すなわち交通時間がどれだけ短縮されるか、また事故がどれ位防止されるかを問題にしなければならないのである。

PPBSの第三の目的は、プログラムの総費用の測定を、一年間だけについてではなく、少なくとも数年先までの期間にわたって行なうことである。この場合、二種類の費用が問題となる。すなわち、その一つはプログラムを実施するために直接必要な費用である。これはダム建設費とか、ポンプ場の改修費等の費用であって、普通のいわゆる費用に相当するものである。そして、もう一つの費用は、間接費用あるいは関連的費用といわれるものであって、そのプログラムを実施することにより、それに附随して必要となる費用である。たとえば、ダムやポンプ場の毎年の維持管理費等の費用であり、ある目的を達成するための代替案を比較する場合には、直接費用ばかりでなく、この間接費用も考慮に入れたすべての費用を基準にして行なわなければならないのである。

このように、PPBSは意思決定者の決定によって必要となるすべての費用を明らかにし、それを意思決定者に知らせることを目的としているのである。

第四のPPBSの目的は、いろいろな代替案を分析して、プログラムの基本的な目的を達成する最も効果的な方法を見つけ出すことと、これらの目的を最小の費用で達成することである。プログラムは、いったん実施に移されると、そのプログラムを実施すること自体が目的であるかのように考えがちになる。PPBSは、各プログラムは目的のための手段であると考え、代替的な、おそらくはより効果的なプログラムがあるかもしれないという前提にたつて、常にいろいろな代替案の効果と効率を検討することを要求する。そしてさらに、プログラムの基本的な目的やその達成度、あるいはその費用についても、定期的に検討を行なうことにしているのである。

PPBSは以上の四つの目的を実現するための一つのシステムである。したがって、PPBSが本当に実用の域に達するためには、予算に関する意思決定過程の各段階において、代替案の開発および分析についての手法がある程度確立する必要があるのである。

### Ⅲ PPBSと公共的意思決定

PPBSの字義通りの意味は、多年度の計画策定と単年度の予算編成とを、プログラム作成を通じて結びつけるということであり、その過程で、各種の分析的情報を用いるというのがその特徴である。しかし、最近のアメリカのPPBSの傾向は、行政管理予算局では Program Planning and Evaluation という名称が用いられていることからわかるように、事前のプログラム分析ばかりでなく、事後的な行政効果の評価にも応用されるようになってきている。つまり、予算が Plan (計画)、Do (実施)、See (統制) というマネジメントの3段階のいずれにも関係することから発展して、PPBSは、一般的な公共的意思決定プロセスに対して、分析的情報を提供することを目指すようになってきたのである。このように、PPBSの考え方を拡張して、公共的意思決定の改善を指向するようになった理由はいろいろ考えられるが、その主なものとしては、つぎの三つをあげることができるであろう。

第一の理由は、公共的意思決定に関係する領域が非常に広いということである。政府活動の中には、意思決定を行なう場合に、予算が重要な要素となる公共事業や社会保障政策のほか、予算以外のものが重要な要素となるもの、たとえば、産業政策や外交政策のようなものがある。しかも、これらの政府活動にとっても分析的情報は不可欠であり、PPBSの考え方は大いに利用価値のあるものなのである。

第二の理由は、PPBSが目指している公共的意思決定の改善には、多くの行政分野が関係していることである。公共的意思決定を行なう場合には、計画、予算、決算、行政管理、情報システム、分析、調整、広報等の分

野が何らかの形で関係しており、これらの分野はまた、PPBSに密接な関係のある分野なのである。したがって、PPBSを発展させることは、とりもなおさず公共的意思決定を改善することにつながってくるのである。

第三の理由は、公共的意思決定には、多くの学問分野が関係することである。経済学、経営学、統計学、心理学等の学問が、それぞれの分野から公共的意思決定について研究しており、PPBSもまた、これらの学問分野と深いつながりを持っているのである。

このように、PPBSは公共的意思決定と深い関係があることから、PPBSの概念を公共的意思決定の改善を目指す方向へ拡張することは、ある意味では必然的なりゆきであるといえるかもしれない。

しかしながら、PPBSが公共的意思決定にまで関係することに批判的な意見もないことはない。たとえば、アメリカの政治学者であるリンドブロムは、PPBSそのものも非現実的であるといつて、つぎのような根拠に基づいて攻撃している。<sup>2)</sup>

第一に、実際の意思決定過程は分析的接近法にはなじまないものであり、PPBSそのものも、現実には適合せず、失敗に終るのである。

第二に、自由な政治社会においては、分析的な接近法によって常に「よい」決定に到達するとは限らない。分析的接近法はあまりにも効率の基準をふりまわす結果、対立する諸価値を調整することによって合意に達するという非常に有効な基準をかえりみなくしてしまう。

第三に、PPBSと結びついている分析的接近法、とくに目的を明確にして計量し、目的と手段とを切りはなし、また、広い範囲の代替案を検討しようとするそのやり方は、社会的ならびに制度的な問題に適用する場合には、実効をあげることはできないし、また望ましいことでもない。

以上のようなリンドブロムの批判の核心は、公共的なプログラムの目標とか、目的を明確に設定するのは非常に困難であるということ、目的と手段とを区別することはほとんど不可能であるということを経験する点である。

たしかに、いろいろの社会的目標とか価値というものは、相互に衝突し合うことがある。たとえば、完全雇用という目標を追求すれば、物価の安定という目標をある程度犠牲にしなければならないし、農産物価格を上げようとするれば、消費者物価引き下げの目的と衝突する。交通事故を減らそうという目標は、高速度交通とか自動車保有台数を伸ばそうという目的と衝突するし、都市交通を効率化しようという目標は、都市の美観を保存しようという価値観と衝突することがあるのである。

社会的な目的とか価値観というものは、互いに衝突し合うばかりでなく、非常に複雑なものであるため、それ

らを明確に設定することはいちじるしく困難である。また、目的とか価値はいくつかの階層(hierarchy)から構成されており、ある段階での目的は、より高次の目的からみれば手段であって、目的と手段は密接にからみ合っているのである。たとえば、物価の安定が公共政策のひとつの目的になるのは、もちろんほかの理由もあるが、それが所得の分配や、企業の将来計画の効率に影響を及ぼすからなのである。

このように、政策決定は非常に多くの価値に影響をおよぼすし、それらの価値は互いに衝突し合うことが多いので、公共的プログラムについての決定は、たとえそれが比較的低い次元の細部問題に関するものであっても、どの価値を選択するか、あるいはどの目的に重点をおくかを選択するのに頭を悩ませることになるのである。

リンドブロムの指摘は、現在の公共的意思決定の一つの側面をかなり正確に描写しているといえる。しかし、意思決定者があるプログラムについての決定を行なう場合に、そのプログラムを直接価値と結びつけて評価することはできない。プログラムを評価するためには、まずそのプログラムのインプットとアウトプットを明らかにして、そのアウトプットを価値に照らして評価するという順序になるのである。もし幼児死亡率を減らすということに高い価値をおくとしても、いろいろな代替案が具体的にどのようにして、どれくらい幼児死亡率を低下させることができるかということがわからなければ、どの代替案を選択するかを決定することはできないのである。

また、政府活動が産業活動や、国民生活の中において占めている役割は、近年非常に高まってきており、政府活動がどのような分野に、どれだけの影響を与えるかを分析することがますます必要となってきた。しかも政府活動は、一般にインプットとアウトプットの間の関係が非常に複雑になってきて、直観や大ざっぱなカン、あるいは過去の経験にたよるやり方では、正確につかめなくなってしまうのである。河川の水質汚濁防止対策を行なおうとする場合は、流域全体を考えて、汚濁物の放流状況や、河川の流量の変化を知り、廃棄物の処理施設を建設するか、あるいは工場を移転させるか等の代替案について、その費用と効果を知らなければ、本当に効果のある水質汚濁対策を実施することはできないのである。

このように、政府活動を充実したものとしようとするほど、その直接的な結果だけを知るためにも、システマ的な分析がますます必要となってきたのである。公害問題や都市問題のように、過去の経験がほとんどないような問題や、直感や過去の経験が役に立たないような問題がつきつきに発生しており、このような問題に対処するためには、インプットとアウトプットの関係

についての何らかの知識がなければ、どうすることもできないのである。

公共的なプログラムにおいては、システムの分析はインプットとアウトプットについての関係を明らかにするばかりでなく、価値を特定の目的に変えるときにも必要となるのである。リンドブロムのいうように、いろいろの価値は互いに衝突するし、目的と手段は密接にからみ合っているが、むしろそれだからこそ、システムの分析が必要となるといえるのである。システムの分析は、目的は変えることのできないものであるとして、これらの目的をもっとも効果的に、あるいは効率的に達成する手段を求めるといだけのものではない。システムの分析が複雑な公共的意思決定過程に大きく貢献する点の一つは、目的と手段の両方について考案し、それぞれの分析結果をお互いに影響させ合って、目的についても変更することを求めるとい点である。

このシステムの分析、PPBSとともに発展しているいわゆる「システム分析」とはどのようなものなのであろうか、またどう分析手法なのであろうか。以下この点について、最近の文献等を参考にして、筆者なりにまとめたことを記すことにしたい。

#### IV システムの意味

今日、システム分析といわれている分析手法は、アメリカのランド研究所において、主として軍事システムの分析を通じて開発されたものである。

しかし、現在では、前にも述べたように、システム分析は、公共的意思決定を行なう場合の、代替案の選択を行なうためのシステムの接近方法であるといえる。このシステムのという言葉は、思いつきとか、物事の部分にとらわれるということではなく、ものごとを総体として系統だてて考えてみるということと、取り扱っている問題が一つの単純な要素からなるのではなく、システムであるということの二つの意味を持っている。したがって、どの代替案を選ぶかということは、どうシステムを選ぶかということであり、それではシステムとは何かということが当然問題になってくる。そこで、まずシステムの意味は何かということについて述べておくことにしたい。

現在、システムという言葉で表現されているものは種々さまざまである。宇宙の銀河系星雲というシステムから、キャバレーの支払いシステムに至るまで、神以外のすべてのものはシステムを構成しており、他と組み合せてシステムという名で呼ばれている。すなわち、存在するもの、させられたものはシステムを構成し、システムという名でよぶことができるのである。<sup>3)</sup>

経済企画庁システム分析調査室長であった一橋大学の宮川公男教授は、システムをまずその生成過程から分類

して、自然的システムと人為的システムに分け、また別に、システムの目的という観点から分類して、目的的系统システムと非目的的系统システムにわけている。<sup>4)</sup> 宮川教授の分類をマトリックス的に表現すると、図-1のようになる。

	目的的系统	非目的的系统
自然的	消化器系	宇宙, 太陽系
人為的	一般的システム	都市, 村落

図-1 システムの分類

宮川式分類によると、普通一般のシステムは人為的的目的的であるといえるが、その他に、都市や村落のように人為的ではあっても、目的的とは必ずしもいえないシステムがあり、一方、自然的システムは、宇宙や太陽系のように、一般的には非目的的ではあるが、胃腸などの消化器系のシステムは、食物を消化するという目的を持っているのであるから、このような自然的目的的系统もまた存在するといえるようである。

以上のように、システムといっても、その本質はいくつかに分類することができるのであるが、われわれが問題とし、物事をシステムとして解くときは、その前提として必ず問題意識があって、何らかの目的を持ってアプローチしている。われわれがシステムとして認識している限りにおいては、やはり全体としてのパフォーマンスを問題としているのであるから、そういう意味では、もうすでに目的的になっているといえる。したがって、われわれの問題としてとりあげるシステムの要件としては、まず第一に、共通の目的を持っていることとしてもさしつかえないのではないかと考えられるのである。

そのほか、システムの特徴として考えられるものとしては、つぎのようなものをあげることができる。まずシステムは、いくつかの部分から構成されているということである。システムは単一の要素からなるものではなく、必ず複数の要素に分解することができ、しかもその要素は、情報、エネルギー、あるいは物質等のフローを通じて、相互に作用しあうという関係に立っているのである。そして、統一的な目的を保持して行くためのフィードバック・システム、またはコントローラ・システムといわれるようなシステムがあって、要素の動きにも、システム全体の動きにも、ある一定の決まったプロセス、またはパターンがあるのである。

ウェブスター大辞典によれば、システムとは、「ある共通の計画に従う、またはある共通の目的に奉仕する多種多様な部分から形成される一つの複合体」であるということになっている。もちろんこの定義でもさしつかえはないのであるが。ここでは、以上述べたシステムの特徴をよりはっきりさせるために、システムを次の三つの

要件を持つものであると定義する。

- (1) それぞれが異なる機能をもった複数の構成要素から成立していること。
- (2) それらの集まりが、全体として共通の目的のために貢献していること。
- (3) これらの構成要素が相互依存的存在であること。

## V システム分析の概念

近年になって、システムの思考方法とか、システム分析とかいうような手法が開発され、さらにこれを発展させるための研究が精力的に行なわれているということは、われわれをとりまく環境自体のシステムが複雑になって、そういう環境の相互依存関係の範囲が広がってきたということであり、また、われわれが関係している組織もだんだん大きくなって、その中で分業とか、生産活動を通じての相互関係が非常に重要となってきたため、組織の動きを一つのシステムとしてとらえることが必要となってきたことである。しかも、多くの場合、統合化して考える範囲を広くすれば、いろいろなメリットが出てくる。つまり、なるべくシステムとしての相互作用の及ぶ範囲を広めることが有利になる場合が多いのである。

このように、広い範囲を対象とし、しかも複雑で不確定要素を持っており、今までの分析手法ではどうしようもないような問題の重要性がますます高まってきており、それに対する分析手法として、システム分析が開発されたのである。しかし、システム分析は、何か固有の分析手順とか、問題の解き方がある、それに当てはめれば、どんな問題でもたちどころに解けてしまえるというような手法では決してないのである。「どういう順序でどのようにやったらうまく行く」などとはいえないものがシステム分析なのであって、ランド研究所のフィッシャー博士は、このことに関してつぎのようにいっている。<sup>5)</sup>

「システム分析は科学ではなく、むしろ芸術(アート)である。それは分析の手法ではなく、調査研究の戦略、あるいは不確定要素のもとでの選択という複雑な問題を考察する方法である。また、システム分析には、それ固有の分析の手法があるわけではなく、状況に応じて、統計、経済、計算機、工学、ゲーミングなどの技法を利用するものである。」

したがって、システム分析について、正確に従うだけでよい一定の規則を見つけ出し、システム分析に共通の概念と原則を決めようとすることは、現在のところでは不可能であるといえるのかもしれない。

しかしながら、アメリカ国防省のシステム分析担当次官補(局長職)として、1969年までペンタゴンで分析作業を行っていたエントーベン博士のいうように<sup>6)</sup>、「シ

ステム分析の技法(アート)は、ちょうど19世紀後半における医薬とほぼ同じ段階にあるようである。つまり、それは平均してようやく害よりは益が多くなった時点である。だから、もしこのことから、システム分析の開発と利用を進めるべきでないといわれわれが判断するならば、それは当時あたかも医薬の使用を見あわせるべきだと結論した場合に劣らぬくらいばかげている」と考えられるのである。

筆者は、システム分析の固有の手法あるいは共通の概念というものが、現在ではまだ存在しないことを十分承知した上で、そのような手法あるいは共通の概念へ近づくための一つの段階として、不確定要素をもち、問題の構造自体が本来不明確であるといった複雑な問題を解決するために、システム分析を行なうにはどのような手法があるか、あるいはどのようにアプローチすればよいかということについて調査し、まとめてみようと思ってみたのである。

話が少し横道にそれたが、システム分析の一つの大きき特徴は、その取り扱う問題の性質上、目的が知られていないか、または変化しようということである。つまり最初にこれが問題であると考えていたことが、調査をし、分析をしてみると、決して本当の問題ではなかったということがわかることが非常に多いのである。システム分析の対象とする問題は、単にいかになすべきかを定めるばかりでなく、何をなすべきかを定めることもむづかしい問題なのであって、何が問題であるかがわかったときには、問題はもう半分は解けてしまったようなものである。

PPBSの生みの親ともいべきヒッチは、つぎのように主張している<sup>7)</sup>。

「目的について学ぶことは、この種の分析のおもな狙いの一つである。われわれは、われわれのモデルやインプットを考察すると同時に、目的を批判的に、そして専門的に考察しなければならない。もちろん、われわれは仮の目的から始めてもよいが、われわれが研究しているシステムと、それに関連したシステムについて学ぶにつれて、目的を修正したり、置き換えたりしなければならない。目的へのフィードバックは、ある場合には、われわれの研究の最も重要な結果であるかもしれない。」

このように、調査し、分析を進めて行く過程で、常にフィードバックを考えるとということから、システム分析のプロセスは、必然的に循環的プロセスをとることになるのである。

## VI システム分析の方法

システム分析を行なう手順について述べる前に、システム分析を行なうための基本的な態度についてふれておきたい<sup>8)</sup>。

まず第一は、「正しい」問題に取り組むことである。分析担当者が払う努力の大半は、問題自体を考えたり、問題の広がりやどれ位が適切であるかを調べたり、目的について検討したり、よい評価基準を探し出そうとしたりすることにあてられなければならないのである。無意味な問題に正確に答えたとしても、それはまさに無意味なことであって、それよりは、正しい問題に不十分に答えた方がはるかに意味があるのである。

第二は、分析はシステムの観点から行なわれなければならないということである。他の部分との相互作用を無視して、問題の一部を切り離すのではなく、調査し、分析する限界を、その問題にとって必要と思われる限り広くとり、どの相互依存関係が重要であるかを見出して、複雑なシステム全体を研究する努力を怠ってはならないのである。

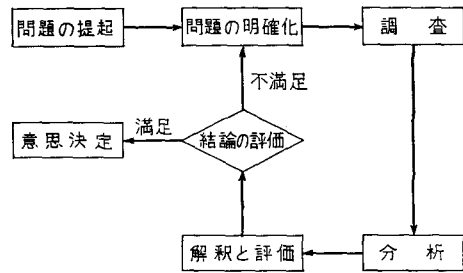
第三は、不確実な要因があることを認識し、それを忘れないことである。それには、不確実な要因が、分析結果にどのような影響を及ぼすかについて、常に感度分析を行なうことが必要である。状況が変わった場合について整理した表を作成し、さまざまな将来の環境の条件について、不確実な要因に関するいろいろな組み合わせの一つ一つについて、それぞれに対応する代替案の有効度と、その費用を示さなければならないのである。

第四は、代替案を改良しなければならないときは直ちに改良するとともに、新しい代替案を考え出す努力をすることである。「一つのいい着想は1000回の計算にまさる」といわれている。分析力、直観力、判断力および過去のかずかずの経験のすべてを結集して、新しい代替案を創出するようにしなければならないのである。

第五は、科学のもつ伝統的な標準に到達するように努めなければならないということである。その標準とは、つぎの三点のことであるといわれている。

- (1) 普遍性。すなわち、他の人がその過程を再現することができ、そしてその過程をたどれば、同一の結果を得ることができること。
- (2) 客観性。すなわち、結論が個性、評判、または既得利益に依存せず、できるならば、数量的かつ実験可能なかたちで表現されること。
- (3) 明示性。すなわち、吟味や批判や反対にさらすことができるような計算、仮定、データおよび判断を用いること。

このような基本的な態度のもとで、システム分析を行なわなければならないのであるが、そのプロセスはどの

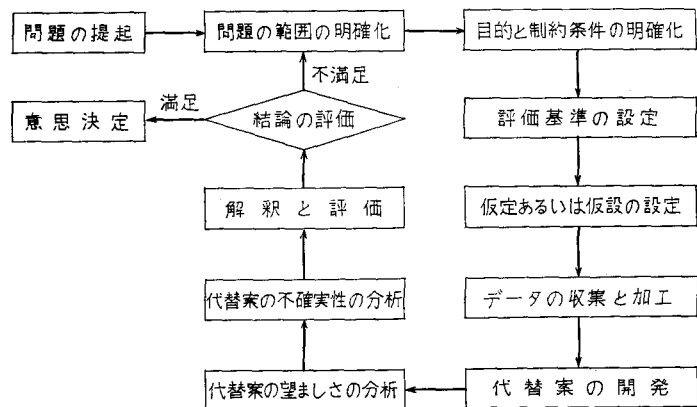


図一2 システム分析プロセス〔1〕

ようなものなのであろうか。

現在、比較的多くの人に支持されていると考えられるプロセスは、図一2に示すようなプロセスである。

図一2では、「問題の提起」から始まって、「結論の評価」に至るまで、一方通行の矢印で示されているが、前にも述べたように、調査をし、分析を行なった後で、もう一度問題の明確化について検討しなおす必要が出てくることは少なくないのである。そういう点で、図一2のプロセスはやや不十分なのであるが、システム分析を行なう場合の考える枠組としては、非常に簡明でわかりやすい形にまとめられていると思われる。そこで、この図一2のプロセスを基本として、これをさらに組かく分け、



図一3 システム分析のプロセス〔2〕

実際の手順に近い形に表わしたものが図一3である。この図一3のプロセスも、矢印は一方通行で示されているが、各段階からは、その前のすべての段階に対してフィードバックされ、常に前の段階をチェックしながら分析を進めて行かなければならないのである。

以下、図一3に従って、システム分析のプロセスを説明することとする。

### 1 問題の範囲の明確化

いままでは何度も述べたように、システム分析が取り扱う問題は非常に範囲が広く、しかも複雑なものである。したがって、問題を提起された場合に、第一にとりかからなければならないことは、「問題は何か」ということである。この問題を明確化することには二つの段階があって、その第一の段階がこの問題の範囲の明確化で

あり、その第二の段階が、つぎの節で述べる目的の明確化である。

公害問題のような複雑な問題になると、それに関係する要素を調べて行くと、どこまで行ってもきりがなくなってしまう。最近特に取り上げられるようになってきたエコロジー的な観点からみると、公害問題は全地球的な観点から考えなければならないということになりそうである。しかし、われわれがシステムとして問題をとらえるときには、そうすることによって、その問題を解決しようと考えているのである。つまり、われわれが対象とするシステムはオペレーショナルでなければならないわけで、そのためには、どうしてもあるところで区切って、システムの境界を定めなければならない。問題の範囲はできるだけ大きくとることが望ましいが、また大きすぎてもよくないということなのである。

しかし、この問題の範囲を明確化することは決して容易なことではない。したがって、最初から完全な範囲を設定しようとは考えないことで、取り込む要因は多すぎないかあるいは少なすぎないかを常にチェックし、必要があれば、ただちに変更するように心がけることが大切である。

## 2 目的と制約条件の明確化

システム分析の中でも、最も重要なプロセスがこの目的の明確化である。問題をシステムとしてとらえるということは、ある意味では、その問題の目的をはっきりさせるということになるのである。しかも、この目的が不変のものではないというところにシステム分析の特徴がある。実際上は、目的は与えられるものではなく、分析の過程の中で作り出されるものであるといってもよいのである。

また、システム分析で取りあげるような複雑な問題においては、必ずしも目的が一つであるとは限らない。しかもその目的の中には、互いに対立するものもあれば、上下の関係にあるものもある。目的を明確化する段階では、目的の数はいくつか、そして見落しはないかということに気をつけるとともに、その目的の間の関係をも分析しておかなければならないのである。

目的を明確化する場合に注意しておかなければならないことは、その目的についての制限条件も、同時にはっきりさせておかなければならないということである。たとえば、都市交通問題において、ただ単に都心の交通の混雑を緩和することを目的とすれば、都心へ入ってくる方向の信号は常に赤にし、都心から出る方向の信号は常に青にしておけば、都心の車の数はどんどん少なくなって、全く混雑しなくなるであろう。しかし、それでは本当の交通混雑を緩和するための対策にならないことは明らかである。この場合の正しい目的の設定の仕方は、都心の車の台数を現状のままにした上で、混雑を緩

和するにはどうすればよいかということになるのである。このように、目的の設定には制限条件がつきものであるから、いかなる条件のもとでの目的であるかということについて、常に検討していかなければならないのである。

## 3 評価基準の設定

問題を分析し、解決する場合、目的を達成するための手段は一つではなく、必ずいくつかあるものである。したがって、どの手段を選択するか、あるいはどのような状態になったら問題が解決したと考えるのかについての基準を定めておかなければならない。前の都心の交通混雑を緩和する問題の場合でいえば、一年間に百万円以内でできる方法であることとか、信号待ち3回以上の状態を混雑しているとみなすとかいうことがそれである。また、農業基盤整備事業の場合では、実際に直轄あるいは補助事業として採択し、実施するためには、便益・費用比率が1以上であることという基準がある。

この評価基準は、取りあげられた問題や目的によっていろいろなものをとることができるが、一般には、農業基盤整備事業で用いられている便益・費用比率とか、便益から費用を差し引いた純便益とかが用いられる場合が多い。しかし、交通混雑緩和問題のように、金額によって表示できないものもあるから、目的や問題の範囲によって、適当な評価基準を選ばなければならない。また、評価基準を選定する過程で、問題の範囲や目的を変える必要が出てくることもある。このように、システム分析を行なう場合は、常に前の段階にフィードバックすることが大切なことなのである。

## 4 仮定あるいは仮設の設定

問題が複雑である場合は、問題の構造や要素間の関係について、その重要度に応じて取捨選択し、問題を単純化して、取り扱いに便利のように加工しなければならないことがある。このような仮定あるいは仮設は、うまく設定されたときには非常に大きな力を発揮するが、場合によっては、問題の本質を変えてしまうようなこともあるのであるから、仮定あるいは仮設の設定には、慎重な配慮を行なわなければならないのである。

## 5 データの収集と加工

問題の分析には、そのためのデータは不可欠であり、必要とあれば、それを適当に加工しなければならない。どれだけよい分析が行なえるかは、どれだけよいデータが集められるか、またどれだけうまく加工できるかにかかっているのである。しかし、データの収集には必然的に時間と費用がかかるものであり、問題の目的やその構造から判断して、どの位のデータで分析を行なうことにするかを決定しなければならないし、実際は、このデータの収集および加工を行なう作業は、これから後のプロセス、たとえば代替の開発とか、代替案の分析を行なう



プロセスからのフィードバックによって、追加したり、変更したりしなければならないことが多い。したがって、この作業は、相当弾力的に考える必要があるであろう。

データの収集を行なう場合に注意しなければならないことは、そのデータの出所をはっきりさせるとともに、信頼性についてもはっきりさせておくことである。何年何月何日に、どこで、誰が、どうしたといったことは必ず記入しておかなければならないし、ネットのデータが加工されたものかについても、はっきりさせておかなければならない。また、確実なデータはどれで、不確実なものはどれかについても、はっきりさせておかなければならないのである。

## 6 代替案の開発

このプロセスは、問題解決のための手段を考えるプロセスである。前にも述べたように、目的を達成するための代替案は一つではなく、いくつもあるものである。今までに開発された代替案ばかりでなく、必要なら新しい代替案を開発することも考えなければならない。

システム分析が対象とする問題では、不確実な要因が入りこむことは避けられない。時間の経過とともに、問題の制限条件が変化し、問題の中の仮定が変わることもあるだろうし、目的自体も変更しなければならなくなることも考えられる。このような変化は、公共事業や国防問題などにおいては特に著しい。しかも、どういふ変化がいつ起るかをおおむね正確に知っておくことは、ほとんど不可能なことである。したがって、代替案を設計するときには、代替案がある範囲内の変化に耐えらるるよう設計しておかなければならない。これらの偶発的な変化に耐えられる代替案が、弾力的とか強いとか、あるいは他の代替案より優れているとかいわれるものなのである。

## 7 代替案についての望ましきの分析

データを収集し、代替案の開発を行なった後では、当然代替案の分析を行なわなければならないが、この分析には二つの種類があって、その一つは代替案の望ましきの分析であり、もう一つは代替案の不確実性の分析である。

代替案の望ましきを分析する場合に、主として用いられる手法はモデルによる分析である。このモデル分析のモデルには、すでに設定された問題の範囲、目的、評価、基準あるいは仮設等をどのように取り入れているか、どのような省略が行なわれたか、集められたデータとしてどのようなものがあるか、代替案はどういうシステムになっているか等、それまでに行なわれた結果が集中的に反映されていなければならないのである。

システム分析におけるモデル作成の指針としては、一般的につぎのような原則があげられている。

- (1) 問題解決に重要な関係のある要因を選び出す。

- (2) これら要因の中から定量化できるものを選び出す。
- (3) 定量化できる要因をいくつかずつまとめて、その数を減らす。
- (4) 要因の間の定量的な関係を確立する。

このようにして作成されたモデルを、いろいろな条件をあてはめて操作し、費用と便益を推計して、すでに定めてある評価基準を用いて、代替案の効率や有効度を検討するのである。

しかし、問題の全体を常に数学モデルのような形のものとして表現できるとは限らない。また、モデル化することはできても、分析的モデルとして扱えない場合もある。ただ、そのような場合でも、シミュレーションとか、類推的手法の使えるようなモデルを作成して、分析するように努めなければならない。

このモデル分析を行なう場合に、特に注意しなければならないことは、過度に単純化して、重要な相互依存関係や要因を落し、現実の問題を説明できないものにしてしまわないようにすること、モデル自体にあまりに興味をそそぎすぎて、肝心の問題の本質を忘れることのないようにすることである。

## 8 代替案についての不確実性の分析

システム分析の特徴の一つは、不確実性を積極的にとりあげようとすることである。したがって、分析を行なう過程で、何が不確実なものであるかを常にはっきりさせておかなければならない。そして、それが分析結果にどのような影響をおよぼすか、また、不確実な要因によって、分析結果が大きく変わる可能性があるかどうかを分析し、意志決定を行なう場合には、これを参考としなければならないのである。

また、これらの不確実性の中には、分析段階で検討できるものと、できないものがある。定量化できる要因についての不確実性はある程度分析できるが、定量化できない要因は、評価することはできても、分析することは困難である。

不確実性を取り扱う視点として、分析結果に対する影響以外に考慮しなければならないことは、つぎの四点である。

- (1) 不確実性の程度はどのくらいか。
- (2) 不確実性を減らす手段として、どのようなものが考えられるか。
- (3) 不確実性を減らすのに、どのくらい費用がかかるか。
- (4) 技術開発が進むにつれて、どのくらい不確実性が減るか。

しかし、これらのいずれの点についても、それぞれ自体が不確実性に左右される問題であり、実際に分析するときには、場合に応じて適当な方法を用いるべきである

う。

## 9 解釈と評価

この段階は、代替案を分析した結果を、評価基準に基づいて評価する段階である。しかし、システム分析の対象となる問題は、必ずしもすべての要因が分析できるものであるとは限らない。したがって、意思決定を行なう場合には、分析による結果と、分析によらない結果を総合的に判断して、最終的には主観に基づいて決定しなければならないのである。

このようにして得られた結論を最終的なものとするかどうかについて、分析担当者は意思決定者とともに検討しなければならない。満足すべきものであれば、それで意思決定が行なわれることになるし、もし不満足な場合は、もう一度問題の範囲の明確化のプロセスに帰って、分析の手順に従って、分析をもう一度やりなおすのである。

この場合、問題の範囲、目的、評価基準、仮定、データ等あらゆるものについて検討することが大切で、不満足な場合は何度でも、もとにもどって分析を続けることがシステム分析の大きな特徴の一つなのである。

## Ⅶ おわりに

最初にも述べたように、PPBSは、簡単に定義すれば、分析をプログラムの決定に関係づけさせるための一つのシステムである、ということができるようである。PPBSは一つの意志決定構造であり、それゆえに、PPBSの中で用いられるシステム分析が、広く公共的意思決定の改善のためにも応用されるようになってきてい

るのである。

現在のシステム分析は、まだ十分にその力を発揮するほどには発展していない。しかし、今後ますます開発し、発展させなければならない分野であって、われわれ農業土木技術者としても、真剣に取り組まなければならない分野の一つではないかと考えるのである。

## 参考文献

- 1) 金子太郎(編)：PPBSの基礎知識，金融財政事情研究会，昭和44年
- 2) チャールズ・シュルツ，大川政三，加藤隆司(共訳)，PPBSと予算の意思決定，日本経営出版会，昭和46年
- 3) 鈴木成裕，システムの時代，ダイヤモンド社，昭和44年
- 4) 宮川公男，システムについて，組織科学，Vol.4，No.4，1970
- 5) 福島康人，システムズ・アナリシス，ダイヤモンド社，昭和45年
- 6) ウィルダフスキー，効率の政治的経済学，宮川公男(訳)，PPBSとシステム分析，日本経済新聞社，昭和44年
- 7) クエード，PPBSのためのシステムズ・アナリシスの手法，宮川公男(訳)，PPBSとシステム分析，日本経済新聞社，昭和44年
- 8) 宮川公男(編著)，PPBSの原理と分析，有斐閣，昭和44年

## 故齊藤美代司遺稿集「黄金の船」購読のお願い

第2次世界大戦の末期から、内地引揚げまでの満洲農地開発公団の一理事としての苦難にみちた体験を物語風に綴ったもので、ソ連の参戦に始まり約一ケ年の半捕虜的生活から、最後に帰還船により博多に上陸するまでの貴重な体験記は、日本人であるわれわれに深い共感を呼びおこすものである。あえて一読をお勧めする次第である。

(田村徳一郎)

体裁 A5判オフセット印刷316頁

頒価 1口 ¥1,000 (送料本会負担)

購読申込先 (〒105) 東京都港区新橋5-34-4 農業土木会館

全国農業土木技術連盟内  
故齊藤美代司遺稿刊行会

会

告

議 題

1. 45年度決算報告の件
2. 46年度予算案承認の件
3. 46年度役員について
4. その他

理事会により承認された決算及び予算(案)は次の通りである。

農業土木技術研究会昭和45年度会計について監査を行ったところ下記のとおり内容を適正であると認めます。

監事 伊藤茂松, 真田光夫

1. 農業土木技術研究会第2回理事会

日 時: 46年6月15日午後5時半於松本楼

出席者: 杉田会長(急用の為欠席) 緒形副会長, 山本, 長(欠席), 岡部, 牧野, 茶谷, 松井, 永田, 高嶺(代理山田), 小川(欠席), 内藤, 伊藤, 真田, 住吉(欠席), 田村の各理事

45年度収支決算書

収 入 の 部

46. 3.31現在

	45年度決算額	45年度予算額	増 減	摘 要
会 費	7,386,951	6,740,000	646,951	
通 常 会 費	6,397,021	6,000,000	397,021	1人 800円
賛 助 会 費	989,930	740,000	249,930	101口の内1社未収
広 告 料	803,000	1,400,000	△ 597,000	1, 2号分
雑 収 入	21,745	10,000	11,745	銀行利息
合 計	8,211,696	8,150,000	61,696	

支 出 の 部

	45年度決算額	45年度予算額	増 減	摘 要
会 誌 発 行 費	2,922,562	4,200,000	△1,277,438	
印 刷 費	2,043,404	2,880,000	△ 836,596	1, 2号分, 3号の内金
原 稿 料	336,700	640,000	△ 303,300	1, 2, 3号分
編 集 費	45,000	120,000	△ 75,000	同 上
運 賃 送 料	497,458	560,000	△ 62,542	同 上
事 業 費	0	380,000	△ 380,000	
研 究 会 賞 金	0	100,000	△ 100,000	
座 談 会, 講 演 会 料	0	200,000	△ 200,000	
資 料	0	80,000	△ 80,000	
会 議 費	168,632	400,000	△ 231,368	理事会1回, 編集会議4回, 幹事会2回
事 務 費	751,067	970,000	△ 218,933	
備 品 費	105,290	80,000	25,290	机, 椅子, 脇机
通 信 費	133,467	100,000	33,467	
旅 交 通 費	32,450	50,000	△ 17,550	
広 告 手 数 料	236,000	420,000	△ 184,000	契約金の3割, 土地改良新聞社支払
振 替 手 数 料	40,510	50,000	△ 9,490	貯金局支払
事 務 室 借 料	135,000	180,000	△ 45,000	{ 4.5.6月分 1ヶ月15,000円 { 7~3月迄 10,000円
光 熱 費	36,490	24,000	12,490	電気, ガス代
消 耗 品 費	23,260	36,000	△ 12,740	
交 際 費	8,600	30,000	△ 21,400	
人 件 費	1,516,802	1,575,000	△ 58,198	職員2名分の俸給及賞与
退 職 積 立 金	97,000	—	97,000	職員2名の1ヶ月分の俸給
社会保けん事務局負担	25,520	—	25,520	
予 備 費	97,350	625,000	△ 527,650	
次 年 度 繰 越 金	2,632,763	—	2,632,763	
合 計	8,211,696	8,150,000	61,696	

46年度収支予算案

収入の部

46. 3.31現在

	46年度予算額	45年度予算額	増 減	摘 要
会 費	7,400,000	6,740,000	660,000	
通常会費	6,400,000	6,000,000	400,000	1人 800円 8,000人
賛助会費	1,000,000	740,000	260,000	1口 10,000円 100口
広告料	1,800,000	1,400,000	400,000	1回 450,000円 4回
雑収入	10,000	10,000	0	銀行利息
45年度分収入	946,000	—	946,000	
通常会費	24,000	—	24,000	30名分
賛助会費	20,000	—	20,000	1社
広告料	902,000	—	902,000	3号残 4号分
前年度繰越金	2,632,763	—	2,632,763	
合 計	12,788,763	8,150,000	4,638,763	

支出の部

	46年度予算額	45年度予算額	増 減	摘 要
会誌発行費	6,040,000	4,200,000	1,840,000	
印刷費	4,160,000	2,880,000	1,280,000	13,000円/頁×80頁×4回
原稿料	640,000	640,000	0	2,000円/頁×80頁×4回
編集費	120,000	120,000	0	2,000円/篇×15篇×4回
運賃送料	1,120,000	560,000	560,000	700,000円×1.6=1,120,000円
事業費	380,000	380,000	0	
研究会賞	100,000	100,000	0	
座談会、講演会	200,000	200,000	0	
資料	80,000	80,000	0	図書購入、フィルムライブラリー
会議費	400,000	400,000	5	理事会、幹事会、編集会議
事務費	1,475,000	970,000	505,000	
備品費	150,000	80,000	70,000	リコピー機 100,000円 その他50,000円
通信費	150,000	100,000	50,000	
旅費交通費	150,000	50,000	100,000	
広告手数料	540,000	420,000	120,000	契約金の3割(土地改良新聞社社)
事務還元費	200,000	—	200,000	20名以上会費の5%(手数料)
振替手数料	50,000	50,000	0	振替貯金手数料(貯金局払)
事務室借料	120,000	180,000	△ 60,000	10,000円×12(月)
光熱費	40,000	24,000	16,000	
消耗品費	25,000	30,000	△ 5,000	
雑費	50,000	30,000	20,000	
人件費	1,619,900	1,575,000	44,900	48,500円×2×(12+4.7)=1,619,900円
退職積立金	97,000	—	97,000	48,500円×2=97,000円
保険料	64,438	—	64,438	職員2名の事業主負担分
45年度分支出	2,170,000	—	2,170,000	
印刷費	1,500,000	—	1,500,000	3号残金, 4号分
原稿料	130,000	—	130,000	4号分
編集費	30,000	—	30,000	同上
広告手数料	280,000	—	280,000	3号, 4号分
運賃送料	230,000	—	230,000	4号分会誌発行費及工賃
予備費	542,425	625,000	△ 82,575	
合 計	12,788,763	8,150,000	4,638,763	

農業土木技術研究会役員

会 長	杉田 栄司	農地局建設部長	参 与	山内 一郎	秋田県耕地課長
副 会 長	緒形 博之	東京大学教授	"	城野 忠雄	山形県耕地課長
理 事	山本 純	農地局設計課長	"	佐藤 英明	福島県耕地課長
"	長 高連	" 技術課長	"	松村 進	茨城県耕地建設課長
"	岡部 三郎	農地開発機械公団監理官	"	横山 新	栃木県土地改良課長
"	牧野 俊衛	関東農政局建設部長	"	小島 洸	群馬県耕地開発課長
"	茶谷 仁	農業土木試験場土地改良部長	"	雨宮 堯郎	埼玉県土地改良課長
"	井上 弘	茨城県農地部長	"	宮地 寛	千葉県耕地課長
"	松井 芳明	水資源開発公団第二工務部長	"	仲田 貞巳	東京都農地課長
"	永田 正董	土地改良建設協会専務理事	"	飯塚 晴信	神奈川県耕地課長
"	高嶺 進	三祐コンサルタンツ取締役	"	丸茂 高男	山梨県耕地課長
"	小川 孝	鹿島建設株式会社技師長	"	国政 義範	長野県耕地第一課長
"	内藤 正	大豊建設株式会社常務取締役	"	山田 卓郎	静岡県県営企画課長
監 事	伊藤 茂松	農業土木事業協会常務理事	"	杉山 英郎	新潟県農地建設課長
"	真田 光夫	日本農業土木コンサルタンツ理事	"	福沢 重信	富山県耕地課長
顧 問	井元 光一	水資源開発公団理事	"	服部 和彦	石川県耕地建設課長
"	小川 泰恵	八郎潟新農村建設事業団理事	"	岡 弘	福井県耕地課長
"	梶木 又三	梶木農政研究所所長	"	井田 宗	岐阜県農地建設課長
"	金子 良	日本大学教授	"	勝又 譲	愛知県耕地課長
"	小林 国司	参議院議員	"	渡辺 靖六	三重県耕地課長
"	桜井 志郎	参議院議員	"	大辻小太郎	滋賀県耕地課長
"	佐々木四郎	水資源開発公団理事	"	中村 吉隆	京都府耕地課長
"	重政 庸徳	参議院議員	"	吉岡 孝信	大阪府耕地課長
"	清野 保	愛知工業大学顧問	"	藤本 理	兵庫県耕地課長
"	高月 豊一	京都大学名誉教授	"	窪田 博	奈良県耕地課長
"	田町 正誉	九州大学名誉教授	"	小川 力也	和歌山県耕地課長
"	中川 一郎	衆議院議員	"	前田 修	鳥取県耕地課長
"	野知 浩之	日本農業土木コンサルタンツ顧問	"	村田 稔尚	島根県耕地課長
"	福田 仁志	東京大学名誉教授	"	村上 澄雄	岡山県耕地課長
"	山崎平八郎	衆議院議員	"	二井岡 広	広島県耕地課長
常任顧問	住吉 勇三	農地局参事官	"	中村 源三	山口県耕地課長
"	田村徳一郎	明治大学教授	"	伊東 久弥	徳島県耕地課長
参 与	山口 重雄	東北農政局設計課長	"	杉平 鉄雄	香川県土地改良課長
"	棚橋 正治	関東農政局設計課長	"	白井 俊昭	愛媛県耕地課長
"	善木 正敏	北陸農政局設計課長	"	弘田 定男	高知県耕地課長
"	藤井 敏	東海農政局設計課長	"	徳重 一義	福岡県耕地課長
"	浅原 辰夫	近畿農政局設計課長	"	相川 稔	佐賀県土地改良第一課長
"	鳥岡 俊輔	中四国農政局設計課長	"	宮本 安一	長崎県耕地課長
"	桑原 昇	九州農政局設計課長	"	広嶋 常次	熊本県耕地第一課長
"	難波 康夫	北海道開発局土地改良課長	"	森田 実	宮崎県耕地課長
"	梶浦 和年	北海道土地改良第一課長	"	森田 克美	大分県耕地課長
"	山下 潔	青森県土地改良第一課長	"	百元 和夫	鹿児島県耕地課長
"	清水 孝純	岩手陽耕地建設課長	幹 事	武田 健策	水資源開発公団第二工務部設計課長
"	小西 良治	宮城陽耕地課長	"	須恵 務	農地局かんがい排水課
			"	高田 徳博	" 開墾建設課
			"	小藤 裕二	" 防災課
			"	中川 稔	" 技術課

幹 事	柴田己千夫	農地局企画調整室	東 京	五洋建設株式会社	1 口
"	棚橋 正治	関東農政局建設部設計課長	大 分	㈱ 後 藤 組	"
"	白滝 山二	農工大学助教授	"	㈱ 佐 藤 組	"
"	前田 芳郎	農地開発機械公団工務課長	東 京	新生興産株式会社	"
"	平井 公雄	近畿圏整備本部	"	新農立建業株式会社	"
"	内藤 克美	水資源公団第一工務部	愛 知	塩 谷 組	"
常任幹事	石川 明	農地局設計課	東 京	世紀建設株式会社	"
"	伊藤禄太郎	農業土木技術連盟事務局長	青 森	田中建設株式会社	"
"	勝俣 昇	農地局設計課	東 京	㈱ 武井工業所	"
編 集 員	岡部 三郎	(幹事会担当理事兼務)	"	㈱ 田原製作所	"
編 集 委 員	幹事及常任幹事		香 川	大成建設㈱高松支店	"
			大 分	高山総合工業株式会社	"
			東 京	中央開発株式会社	"
			"	中国土木株式会社	"
			香 川	㈱チェリーコンサルタンツ	"
			東 京	帝国ヒューム管株式会社	"
			"	東急建設株式会社	"
			秋 田	東邦技術株式会社	"
			東 京	東京索道株式会社	"
			"	(有)東洋測量設計	"
			"	㈱土木測器センター	"
			茨 城	中川ヒューム管工業株式会社	"
			新 潟	新潟コンクリート工業株式会社	"
			東 京	日本舗道株式会社	"
			"	日本技術開発株式会社	"
			"	日本海上工事株式会社	"
			"	日本国土開発株式会社	"
			"	日本プレスコンクリート工業株式会社	"
			"	日本エタニットパイプ株式会社	"
			"	日本マスタービルダーズ株式会社	"
			"	日兼特殊工業株式会社	"
			"	パシフィックコンサルタンツ株式会社	"
			"	羽田コンクリート工業株式会社	"
			福 岡	藤増総合化学研究所	"
			東 京	㈱ 圓井製作所	"
			"	㈱ 丸島水門製作所	"
			石 川	真柄建設株式会社	"
			東 京	水資源開発公団	"
			京 都	山品建設株式会社	"
			愛 知	若鈴コンサルタンツ株式会社	"

賛助会員

(五十音順)

東 京	㈱ 荏原製作所	3 口	香 川	㈱チェリーコンサルタンツ	"
"	㈱ 大 林 組	"	東 京	帝国ヒューム管株式会社	"
"	鹿島建設株式会社	"	"	東急建設株式会社	"
"	㈱ 熊 谷 組	"	秋 田	東邦技術株式会社	"
"	久保田鉄工株式会社	"	東 京	東京索道株式会社	"
"	佐藤工業株式会社	"	"	(有)東洋測量設計	"
愛 知	㈱三祐コンサルタンツインターナショナル	"	"	㈱土木測器センター	"
東 京	大成建設株式会社	"	茨 城	中川ヒューム管工業株式会社	"
"	㈱電業社機械製作所	"	新 潟	新潟コンクリート工業株式会社	"
大 阪	㈱ 西島製作所	"	東 京	日本舗道株式会社	"
東 京	西松建設株式会社	"	"	日本技術開発株式会社	"
"	(財)日本農業土木コンサルタンツ	"	"	日本海上工事株式会社	"
"	㈱ 間 組	"	"	日本国土開発株式会社	"
"	㈱ 日立製作所	"	"	日本プレスコンクリート工業株式会社	"
"	㈱ 青 木 建 設	2 口	"	日本エタニットパイプ株式会社	"
"	株木建設株式会社	"	"	日本マスタービルダーズ株式会社	"
大 阪	㈱ 奥 村 組	"	"	日兼特殊工業株式会社	"
東 京	勝村建設株式会社	"	"	パシフィックコンサルタンツ株式会社	"
大 阪	㈱ 栗本鉄工所	"	"	羽田コンクリート工業株式会社	"
東 京	三幸建設株式会社	"	福 岡	藤増総合化学研究所	"
"	住友建設株式会社	"	東 京	㈱ 圓井製作所	"
"	大豊建設株式会社	"	"	㈱ 丸島水門製作所	"
"	前田建設工業株式会社	"	石 川	真柄建設株式会社	"
山 形	前田製管株式会社	"	東 京	水資源開発公団	"
東 京	旭コンクリート工業株式会社	"	京 都	山品建設株式会社	"
大 分	梅林建設株式会社	"	愛 知	若鈴コンサルタンツ株式会社	"
東 京	技研興業株式会社	"			68社 104口
"	久保田建設株式会社	1 口			

農業土木技術研究会会員数

46.4末現在

地方名	通 常 会 員					賛助会員		地方名	通 常 会 員					賛助会員					
	県	農林省	学校	その他	合計	会社数	口数		県	農林省	学校	その他	合計	会社数	口数				
北海道	331	352	—	94	777	—	—	近畿	滋賀	97	63	1	16	177	—	—			
東	青森 岩手 宮城 秋田 山形 福島	森手	175	36	1	15	227		1	1	京都	24	52	3	18	97	1	1	
		城田	147	52	2	16	217		—	—	大阪	52	24	6	68	150	3	8	
		形島	126	49	—	24	199		—	—	兵庫	96	18	—	17	131	—	—	
		福	205	71	—	44	320		1	1	良	66	31	—	15	112	—	—	
		島	139	43	1	27	210		1	1	山	75	—	—	15	90	—	—	
北	計	175	23	—	17	215	—		—	計	410	188	10	149	757	4	9		
関東	茨城 栃木 群馬 千葉 東京都 神奈川県 山梨 長野 静岡	茨城	13	48	—	21	82		1	1	中国・四国	鳥取	81	17	1	15	114	—	—
		栃木	67	24	—	16	107		1	1		島根	44	31	6	15	96	—	—
		群馬	84	14	—	17	115		—	—		山梨	102	87	4	15	208	—	—
		千葉	99	19	—	30	148	—	—	徳島		—	—	—	1	1	—	—	
		東京都	112	37	—	19	168	—	—	香川		60	—	—	16	76	—	—	
		神奈川県	—	184	13	210	407	47	78	愛媛		29	5	—	15	49	—	—	
		山梨	88	35	—	75	198	—	—	高知		59	80	—	15	154	2	2	
		長野	—	12	—	16	28	—	—	計		42	—	4	24	70	—	—	
		静岡	148	29	—	22	199	—	—	計		24	—	—	17	41	—	—	
		計	166	52	—	15	233	—	—	九州		福岡	89	31	8	33	161	1	1
北陸	新潟 富山 石川 福井	新潟	345	163	1	33	542	1	1	佐賀	98	30	—	24	152	—	—		
		富山	129	16	—	21	166	—	—	長崎	46	11	—	25	82	—	—		
		石川	106	89	—	17	212	1	1	熊本	100	105	—	22	227	—	—		
		福井	113	1	—	17	139	—	—	大分	137	39	—	16	192	4	4		
		計	693	277	1	88	1,059	2	2	宮崎	91	3	3	15	112	—	—		
東海	岐阜 愛知 三重	岐阜	138	30	6	16	190	—	—	鹿児島	154	20	—	15	189	—	—		
		愛知	108	192	1	138	439	3	3	沖縄	10	—	—	—	10	—	—		
		三重	83	61	—	15	159	—	—	計	725	239	11	150	1,125	5	5		
計	329	283	7	169	788	3	3	内地計											
北海道	計								外国	22	—	—	—	22					
									合計	4,695	2,287	61	1,367	8,410	68	104			

編集後記

本誌が新しく生れかわって早やくも2年目を迎えました。本号より表紙の色をかえました。45年度決算は、実質1,500千円の赤字となりました。これは主に会員数の増加によるものであり、今後益々発展するためには本誌の内容を充実させることが第一ですが、会員数を増加させることも非常に大切です。会員の皆様の御協力をお願い致します。

さて、本号は電算機の小特集として編集しました。論説は官房企画室の築林氏にお願いし、電算機の共同利用

について解説して戴きました。電算機を導入する場合参考になると思います。

講座は、前号に引きつづいて、中道、山口両氏の「最適化手法の考え方(2)」を戴せ、さらに、経済企画庁システム分析室におられる那須氏に「PPBSとシステム分析」について解説して戴きました。新しい予算編成システムの一方法として是非御一読下さい。

資料は、事業の計画、積算、管理等の各分野における電算機の利用——方法について、いくつかの例を掲載いたしました。今後、私達の仕事は電算機の導入によって合理化、省力化を推進する必要があります。こうした面で、皆様のお役に立つよう期待しております。

水と土 第5号

昭和46年6月30日発行

農業土木会館内 TEL (436) 1960

振替口座 東京 2891

農業土木技術研究会

TEL (953) 4461 (代表)

一世印刷株式会社

発行所 東京都港区新橋5-34-4

発行人

印刷所

東京都新宿区下落合1-47