

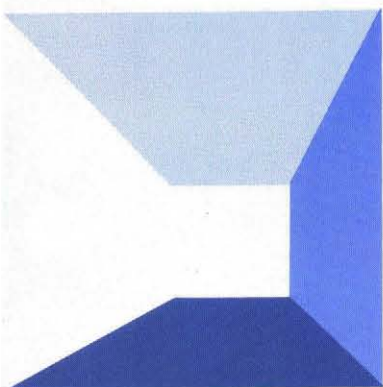
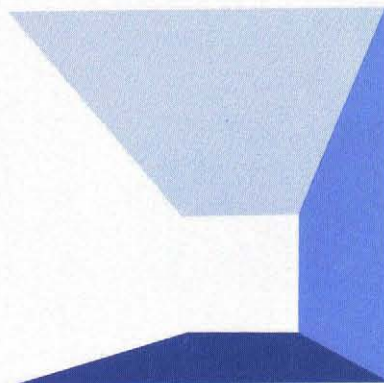
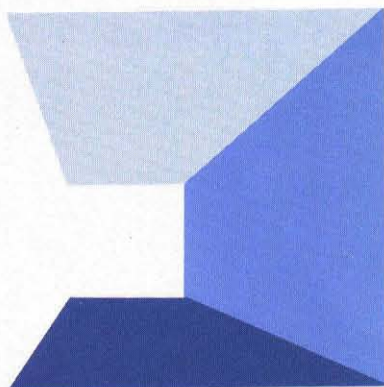
水と土

第 53 号

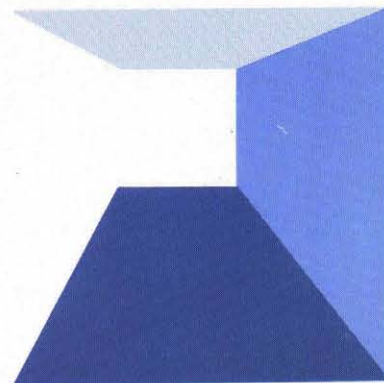
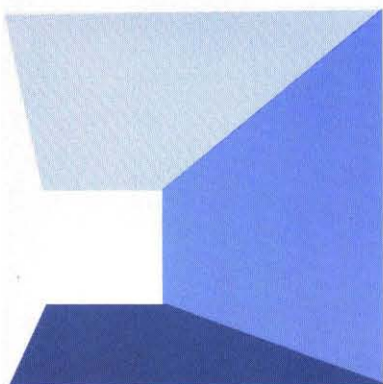
海外農業技術協力特集

昭和58年 6 月号

農業土木技術研究会



Japanese Association for
the Study of Irrigation,
Drainage and Reclamation
Engineering



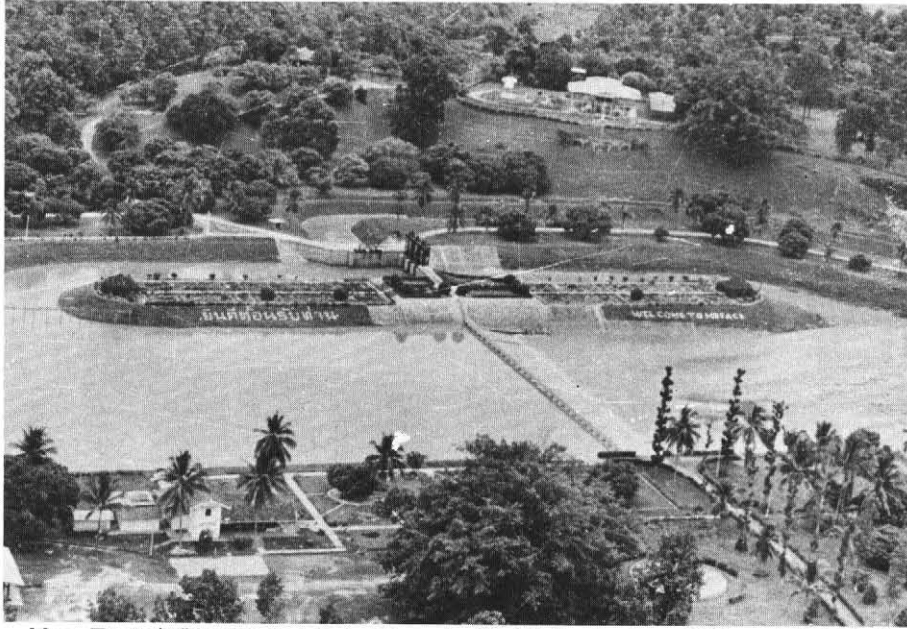
海外農業技術協力特集



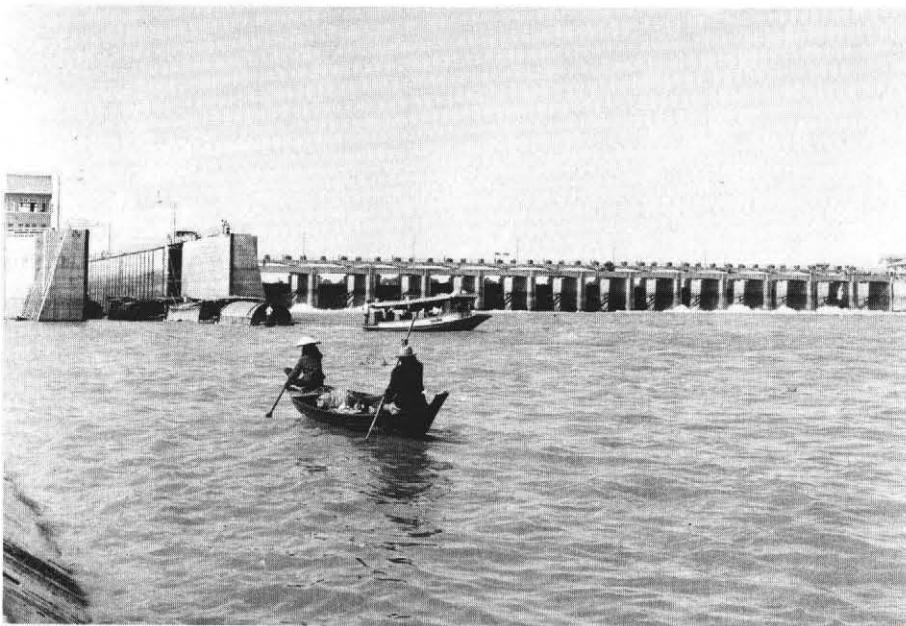
大型農業機械モデル圃場（韓国、東津農地改良組合）



RID 本館（タイ）



Mae Fack事業のSindhukitch Preecha堰（タイ、チェンマイ県） 1936年完成



世紀の大チャオピア事業、Chainat堰（タイ） 支配面積 118万ha

海外農業技術協力特集

グラビア

海外農業技術協力

第12回農業土木技術研究会会賞発表

目次裏

巻頭文

海外農業開発協力はなぜ必要か

池田 実……(1)

報 文

報文内容紹介

……(i)

我が国の海外農業開発技術協力

設計課海外技術班……(2)

海外における用水量算定手法と問題点

真 勢 徹……(18)

かんがい・農業開発事業効果の評価

中 原 通 夫……(42)

韓国における圃場整備の現状と今後の展望

協 阪 銃 三……(51)

東南アジアにおける沿岸農地の開発と沿岸保全

植 田 昌 明……(63)

タイ国王室かんがい局：RID

(その組織と技術)

木 村 克 彦……(72)

中国のフィルダム設計基準及び安定計算について

勝 侯 昇
数 亀 夫……(81)
毛 受 享 政

水系シリーズ

筑後川水系の水資源開発

今 吉 洋 二……(87)

講 座

OAのための例題中心 BASIC 講座(第3回)

丹 治 肇
山 本 徳 司……(97)

会告・編集後記

… (106)

第12回農業土木技術研究会々賞発表（編集委員会）

第12回農業土木技術研究会賞は、第45号～48号に掲載された論文のうちから、任意に全国から抽出された150名の会員のアンケートを基に編集委員会で選考した結果、下記の2点に決定されました。

- フィルダム設計、施工上の留意点について(46号)

——主として築堤材料に関して——

三祐コンサルタンツ㈱技術第1部 富山浩重
同上 西田武三

- 一ツ瀬川農業水利事業(47号)

パイプライン水理解析と畑地かんがい計画について

一ツ瀬川農業水利事業所
(現在 九州農政局地域計画課) 阪野 彰
一ツ瀬川農業水利事業所
(現在 九州農政局土地改良技術事務所) 穴見 春樹
一ツ瀬川農業水利事業所
(現在 九州農政局土地改良技術事務所) 井 敏春

受賞論文の選考にあたって

「フィルダム設計、施工上の留意点について」は、ダムの築堤材料に関する資料を集録・分析し、フィルダムの設計、施工に当たって留意すべき点について報告したものである。

最近のフィルダムの設計及び施工上の重要な検討事項としては堤体の基礎のほか築堤材料の問題があり、ダムサイトの近くにおいて良質なフィル材料の入手が困難な場合が多くなってきたため各種の対策がとられている。

本報文の内容はフィルダム材料の全般にわたり、不透水性材料では最適含水比と施工含水比及びコンタクトクレーの留意点について、半透水性材料ではフィルターの条件、設計数値決定上の注意事項として特に粘着力(C)の考え方、地山地下水位と堤敷ドレーンについて、また透水性材料では耐震設計上からロックフィルダムのゾーニングの留意点について等フィルダムの築堤材料について詳細に記述している。

多くの資料を収集し、材料面から設計、施工上の分析を行い、ダムの技術上の留意点を具体的に示した労作であり、読者から高い評価を得たものといえよう。

「一ツ瀬川農業水利事業パイプライン水理解析と畑地かんがい計画について」は一ツ瀬川地区におけるパイプラインの非定常流水理解析、畑地かんがい方式及び末端計画と加圧ポンプの必要性、施設の管理システムについて検討した結果を紹介したものである。

従来行われてきた水流の解析は、主に定常状態での水理計算であったが、当地区では総延長37kmのパイプラインについて数理モデルを作成し、時間を加味した非定常の水理解析のシミュレーションを行った結果を具体的に分かりやすく説明されている。

また、畑地かんがい計画ではエネルギーの有効利用を図り、建設費、将来の維持管理費を極力少なくするためのかんがい方式の検討を行い、特に加圧機場の設置について末端圧、送水方式、ポンプの自動運転方式を含めて記述している。

更に水管理計画について水配分の合理化、水の有効利用、施設機能の保全、管理経費の節減の観点から検討した基本的事項を報告している。

畑地かんがい計画におけるパイプラインは、導入の日も浅く、技術上未解決の問題点も多いが、本報文は今後益々増加する傾向にある畑地かんがい地区の設計、施工の検討を進めるにあたって大いに役立つ内容といえよう。

今回の受賞論文はかんがいシステムの主要施設ともいうべきダムとパイプラインに関するものとなったが、この他にも「水と土」に相応しく現場技術者の参考となる優秀な論文が多くあった。

今後も農業土木の種々の分野から多くの論文が本誌に投稿されることを期待してやまない。 (文責 斎藤 健)

水と土 第53号 報文内容紹介

<p style="text-align: center;">我が国の海外農業開発技術協力 小林 和行 林田 直樹</p> <p>開発協力の一般理念について、人道的・道義的観点からの援助理念及び南北間の相互依存の援助理念を解説し、農林水産省構造改善局の農業開発技術協力について概要を説明している。</p> <p style="text-align: right;">(水と土 第53号 1983 P. 2)</p>	<p style="text-align: center;">東南アジアにおける沿岸農地の開発と沿岸保全 植田 昌明</p> <p>東南アジアにおける沿岸農地の開発に際しては内陸開発としての対応のみでなく、沿岸保全も重要である。現時点で海と陸との接合部である沿岸地帯の保護、保全、沿岸漁業との共存という開発指標を設定するには、粘土地帯の干潟の特性を事例的に類型化することが重要であることを、2・3の事例にもとづいて報告する。</p> <p style="text-align: right;">(水と土 第53号 1983 P.63)</p>
<p style="text-align: center;">海外における用水量算定手法と問題点 真勢 徹</p> <p>海外におけるかんがい計画の調査案件が増えるにつれて、修正ペンマン法であるとか、リーチング水量であるとか、従来国内ではあまりなじみのなかった技術用語を耳にする機会が多くなったが、その具体的な内容や算定手法は、という事になると、一部の技術者にしか知られていないというのが実情であろう。本稿ではこれらの点について各種の文献情報を中心としながら略述することとする。</p> <p style="text-align: right;">(水と土 第53号 1983 P.18)</p>	<p style="text-align: center;">タイ国王室かんがい局：R I D 木村 克彦</p> <p>タイ王国の基幹産業は農業であり、主食は米である。この農業に対し基盤の基礎となるかんがい施設の整備、水管理を担当しているのがここに紹介する「王室かんがい局」(R I D)である。この組織は国軍に次ぐ大組織で歴史も古く国内での農業基盤整備を着々と進めている。水稲を中心とした外国の農業土木組織の代表の一つとして、その組織と技術を紹介する。</p> <p style="text-align: right;">(水と土 第53号 1983 P.72)</p>
<p style="text-align: center;">かんがい・農業開発事業効果の評価 中原 通夫</p> <p>開発途上国で行なわれるかんがい、農業開発事業の事業効果の評定手法について初歩的な解説を加えている。最近の各種の事業報告書にあらわれた手法、傾向などを紹介し、とくに、内部収益率による経済評価について、簡単な例題により解説している。また、筆者が収集した各種データを組合せ、簡易な内部収益率速算法を提起している。</p> <p style="text-align: right;">(水と土 第53号 1983 P.42)</p>	<p style="text-align: center;">中国のフィルダム設計基準及び安定計算について 勝俣 昇 藪亀 淳夫 毛受 享政</p> <p>1981年よりわが国の技術援助で調査中の中国三江平原農業開発計画に関して、フィルダム設計に関係する中国の設計基準を紹介し、かつ中国基準と日本基準との比較結果を報告する。</p> <p style="text-align: right;">(水と土 第53号 1983 P.81)</p>
<p style="text-align: center;">韓国における圃場整備の現状と今後の展望 協阪 銃三</p> <p>韓国では1982年から第五次5カ年計画で毎年3万haの耕地整理が計画されている。わが国では1979年から4回にわたり耕地整理の専門家を韓国に派遣し技術協力にあたってきたが、ここでは、その技術協力を通じて知り得た韓国における耕地整理事業実施の実態と技術的問題および今後の耕地整理の進め方等について紹介するものである。</p> <p style="text-align: right;">(水と土 第53号 1983 P.51)</p>	

海外農業開発協力はなぜ必要か

池田 実*

昭和56年度の国債残高82兆円、税収不足3兆円、ここ数年間の公共事業予算のゼロシーリング、さらには57年度の人事院勧告の凍結問題、いずれを見ても我国は、いまや財政的に破綻を来たしていると言っても過言ではない。国民のすべてが耐乏生活を強いられているこの時期に、なぜ貴重な国家予算のうちから数千億円をも割いて海外協力を進める必要があるのだろうか。こういった疑問を持つ人は決して少なくはない。

海外協力は、なぜ必要であろうか。地球の緯度からみて、ほとんどが北部に位置する先進諸国と、逆にほとんどが南部熱帯地域に位置する開発途上諸国との経済格差、いわゆる南北問題の解消は、国際社会の最も大きな課題である。1980年の先進国の1人当りのGNP平均は10,660ドルであったのに対し、石油輸出により充分な外貨を得ている一部産油国を除く開発途上国の1人当りGNP平均は、わずか850ドルであった。1970年から80年にかけて、先進国の経済成長率は2.5%であったのに対し開発途上国のそれは2.7%と先進国を上まわったものの、依然として大きな所得格差が存在しているのである。富める国が貧国や飢餓に苦しむ開発途上国の人々を経済協力によって救済することは、人道的見地から見た経済協力の一つの意義づけである。海外協力が、かかる人道的見地から実施されるものであることを敢て否定するものではない。しかし、海外協力は被援助国のためのみのものであろうか。多額の国民の血税を充てる海外協力には、援助国の利益に大いに資する面もあろうか。

今、世界の貿易の実態を見てみよう。開発途上国の輸入総額は1970年で580億ドルであったが、10年後の1980年には、4,740億ドルと約8.2倍に急増している。また世界貿易に占める開発途上国のシェアも、1970年の18.6%から80年には23.7%へと高まっている。開発途上国は、輸出においても輸入においても、世界経済の主要部分を形成するに到っており、もはや開発途上国抜きでは、世界経済を論じることは出来ないのである。先進国の繁栄のためには、開発途上国の繁栄が前提となるのである。このような南北両諸国の依存関係の高まりの中で、先進国は開発途上国に対する経済協力を通じ、開発途上国の経済・社会開発を推進し安定した世界経済の繁栄に資することができるのである。とくに資源が少なく、世界各国から必要な原材料を輸入しこれを加工・輸出することによって、国の経済基盤を培っている資源小国日本にとっては、海外協力により開発途上国の経済発展を図ることは、自からの経済繁栄のためにも極めて重要なことであらうと言える。

ここで、農業協力を焦点を絞って考えてみよう。御案内のとおり、我国の穀物自給率は先進諸国の中で最も低く、1980年でわずか33%である。我国は、これらの穀物を主としてアメリカ、カナダ、豪州等の先進国からの輸入に依存しており、開発途上国よりの輸入量はわずかである。もともと農業協力の目的は、開発途上国の必要とする農産物の増産であり、援助国が協力の結果得られた農産物を輸入することではない。しかしながら、開発途上国の農業の振興は、世界の農産物の需給を緩和し、ひいては我国の農産物の輸入を容易にする効果を持つのである。1972年から73年にかけての世界的食糧危機の際に、日本国民が等しく抱いた暗い気持ちを決して忘れてはならない。

一方、農業振興の開発途上国における位置づけについて考えてみたい。もともと農業は国民の必要とする食糧生産という重大な使命を持つものの、投資が所期の成果を得るまで長期間を要することなどから、他産業に比較し、地味な性格を有している。しかしながら、開発途上国の多くでは農業が国家経済の中心であり、また、国民の大多数は農民でもある。こうした国々においては、経済の発展・民生の向上を図るためには、まず国造りの基礎である農業の振興・農村の開発が肝要であることは明白である。開発途上国においても、かかる認識が高まっており、我国に対しても農業分野における協力要請が年々増大していることはその証左であらう。

政府は、こうした海外経済協力の重要性に鑑み、厳しい財政状況にありながら、政府開発援助いわゆるODAを1980年代前半5ヶ年間に、1970年代後半5ヶ年間の実績の倍以上とするという新中期目標を設定している。こうした海外協力の増加傾向に開発途上国の農業開発重視政策が加味され、農業分野の協力は飛躍的に増大することが予想される。厳しい我国の財政事情を反映した海外協力抑制論に惑わされて、海外協力の力強い歩みを休めるようなことがあってはならない。

* 構造改善局建設部設計課海外土地改良技術官

我が国の海外農業開発技術協力

設計課海外技術班*

目 次

I 我が国の経済協力の現状……………(2)	VI 海外農業開発事業事前調査……………(15)
II 開発調査……………(3)	VII 熱帯農業研究センター……………(16)
III 個別専門家派遣事業……………(11)	VIII 末端かんがい無償資金協力……………(16)
IV プロジェクト方式技術協力……………(13)	K 海外農業開発調査……………(17)
V 研修員の受け入れ……………(15)	

I 我が国の経済協力の現状

1. 開発協力についての一般理念

1954年、日本の経済協力が賠償の形で始められて以来、我が国の政府開発援助は、規模においても、運用に携わる機構人員においても大幅に拡大されて来ているが、開発援助の理念については、現在の所、一元化はされておらず次の2つの考え方が一般的である。その一つは人道的・道義的観点からの援助理念であり、他は、南北間の相互依存関係の中で、開発途上国の自立的経済発展がないと、世界経済全体の発展もないとする相互依存の援助理念である。以下にこの2つの援助理念について述べる。

(1) 人道的・道義的援助理念

広範囲にわたる飢餓は、現代の人類が直面する最も悲惨な問題の1つである。今日の世界の大きな飢餓問題は、聞きなれた干ばつ、洪水等の局地的、一時的な原因によるものではなく、地球的規模にわたる慢性的な栄養不足である。しかもこの問題は、現在も悪化し続けてお

り今後数十年間において、世界の秩序安定のためには、是非とも解決されなければならないものである。

世界の人口は、1800年の10億から更に10億増加するのに130年を要したが、1960年以降人口が10億増加するのにわずか15年を要したに過ぎない。1980年の世界の人口は44億1,500万人であるが、西暦2000年には、17億8,400万人の増加があり61億9,900万人になると予測されている。特に開発途上国における増加が著しく、16億2,200万人と増加の90%強を占めると予想されている。1990年代だけでも、毎年平均して9,400万人の増加が見込まれるが、これはバングラデシュの現在の人口を上回り、7年ごとにもう1つのインドが生まれることを意味する。

開発途上国における食糧農業事情について見ると、表-1に見られるように、アフリカ及び近東では1980—2000年の需要の伸率は、生産の伸率を上回り深刻な立遅れを示している。1人当たりの食糧生産は、1961—65年平均から1980年まで低下又は停滞となっており、また1980年から2000年にかけてもほぼ同様の傾向にある。この結果深刻な栄養不足状態の人口は、1974—76年平均の

表-1 開発途上国の食糧の需要と生産の伸び率のすう勢

	人 口 (%)		需 要 (%)		総 生 産 (%)		1人当り生産(%)	
	1961—65 } 1980	1980—2000	1961—65 } 1979	1980—2000	1961—65 } 1980	1980—2000	1961—65 } 1980	1980—2000
90 か 国	2.6	2.4	3.0	2.9	2.8	2.8	0.2	0.4
ア フ リ カ	2.8	3.0	2.9	3.4	1.8	2.6	-1.0	-0.4
極 東	2.5	2.1	2.8	2.6	2.9	2.7	0.4	0.6
ラテン・アメリカ	2.7	2.6	3.2	3.0	3.0	3.0	0.3	0.4
近 東	2.6	2.6	4.1	3.2	3.0	2.8	0.4	0.2
低 所 得 国	2.4	2.3	2.5	2.7	2.3	2.6	-0.1	0.3
中 位 所 得 国	2.8	2.6	3.7	3.1	3.2	3.0	0.4	0.4

(F A O 2000年の農業)

* 構造改善局

4億3,500万人から、2000年には、5億9,000万人に増加すると予想されている。これらの数字は、開発途上国では今世紀末までは、6人に1人がおよそ人間らしい生活からは程遠い生活条件で生きなければならないことを示唆している。

このような状況を背景とした人道的・道義的援助の考え方の代表例として、1969年世界銀行総裁の要請により作成されたピアソン報告があるが、それは開発援助の目的は格差を減らし、不公平を除くことであり、世界が「もつもの」と「もたざるもの」にますます救い難く分裂して行くことを防ぐことであると指摘している。

(2) 相互依存の援助理念

ピアソン報告が提出されてから10年余の間に開発途上国は、単に先進国の人道的・道義的な配慮に基づく援助に受身で甘んじているだけの存在ではなくなった。1973年のOPECによる石油価格の引き上げ、それに誘惑された先進国のスタグフレーション、1974年の新国際経済秩序宣言、1976—77年の国際経済協力会議、1980年の第2次石油危機等を経て、開発途上国は、世界の経済秩序あるいは構造全体の改革を求める国際政治的な力を持つに至っている。こうして今や石油戦略を推進力とした南の立場の強化は、先進工業国において、様々な意味での南の重要性を改めて認識させる契機となり、南の諸国の所得水準の向上を助けて友好的協力的な関係を構築することが先進工業国自体の生存と繁栄にとって不可欠の条件であり、南北の関係は相互依存関係であるとの認識を強めさせたのである。1980年国連事務総長に提出された「プラント委員会報告」(プラント元西独首相委員長)も、南北関係の再編成は軍備競争抑制と並んで「今世紀の残りの期間、人類が直面する最大の挑戦」と規定し、相互依存の認識の重要性を指摘している。

2. 農業開発協力の重要性

開発途上国では人口の3分の2以上が農民であり、これらの国では農業は国の基幹産業である。農業を振興することによって食糧自給率が上がるだけでなく、農業の振興、農業関連工業の開発等を通じて豊かな農村を築くことにより、深刻な問題となりつつある都市への人口の集中を緩和することができる。また農民の所得が向上することによって、国の経済活動全体の活力が高められ、経済の発展を高めることができることになり、国造りのためには、まず農業の振興、農村の発展が重要であるという認識が高まっている。我が国もこの点を国際協力の重点事項の一つとしていることは、昭和56年の鈴木首相(当時)のASEAN訪問、南北サミット等でも表明されているところである。

農業生産の向上を図るためには、農地の拡大、単位収量の増加及び作付集約度の向上を実現する必要がある

が、このためには優良品種の導入、適切な肥培管理等の新しい営農技術の展開だけでなく、これらの技術が適用され得る農地の基盤整備が必要であり、農地の拡大を図る農用地開発事業、生産性の向上を図るかんがい排水事業、圃場整備事業等が今後ますます重要となるであろう。このため、この種の協力要請は増加を続ける一方であり、構造改善局ではこれに積極的に対応しているが、その仕組みは以下に述べるとおりである。

II 開発調査

開発調査は開発途上国の社会・経済発展に重要な役割を果たす公共の開発計画、例えばかんがい農業開発事業計画等に関し、わが国の資金と技術者を活用して調査団を派遣しコンサルティング協力を行うものである。開発調査の実施については、関係各省による協議及び協力の下に、国際協力事業団*(JICA)が調査団を編成して実施している。かんがい、農地開発の分野については、JICAの農林水産技術課が担当している。

開発調査は、一般的にプロジェクト実施の準備のためのもので、その内容は、(1)プロジェクト・ファイナニング調査、(2)マスタープラン調査、(3)フィージビリティ調査、(4)実施設計調査、(5)アフターケア調査の5種類があるが、ここでは構造改善局サイドで関わりの多い(2)マスタープラン調査、(3)フィージビリティ調査について述べることにする。

1) マスタープラン (M/P) 調査

各種の開発計画の基本計画を策定するための調査で、M/Pの策定は、各種のプロジェクトが総合化し、地域開発的色彩が濃い場合において、開発事業着手の最初の段階として、全体開発計画の方向付けを行うものである。

M/Pの例として、インドネシアにおける南スラウェシ中部水資源総合開発計画、タイにおけるメクロン川流域M/Pなどがあげられる。M/Pは調査対象地区面積が広大となり、南スラウェシの場合80万ha、メクロンの場合50万haを対象としている。M/P実施の後、その調査結果に基づいて開発優先度の高い地区を1万ha～5万ha程度の単位で、M/P調査対象地域の中から選び出し、後述するF/S調査を更に行うという例が多く見られる。ピラかんがい農業開発計画(地区面積11,000ha)、メクロン川流域かんがい農業開発計画(地区面積30,000ha)などのF/Sは、それぞれ南スラウェシ、メクロンのM/Pより見つけ出されたF/Sである。

2) フィージビリティ (F/S) 調査

F/Sは、プロジェクトの可能性、妥当性、投資効果について調査するもので、国内事業でいえば、地区調

* 国際協力事業団～Japan International Cooperation Agency

に相当する。調査の内容は案件毎に異なるのは当然であるが、その一例としてエジプトで実施した「テンスオブラマダン農業開発計画」報告書の内容を表一2に示す。

F/S調査の結果は、相手国政府に対する報告書としてとりまとめられる。相手国政府は、報告書の内容を検討し、事業実施の判断を下す。その結果、事業の実施が決定された場合には、資金調達を行うこととなるが、開発途上国では資金が不足しており、建設工事費等の事業費の資金を海外に求めざるを得ないことが多い。従って開発途上国では、F/S報告書に基づいて資料を作成し、借款額の確定等を行った上で、世銀、アジア開発銀行等の国際金融機関あるいはわが国の海外経済協力基金(OECF)等の先進国援助機関に対し借款の要請を行うこととなる。要請を受けたこうした

表一2 テンスオブラマダン農業開発計画
報告書の内容

- I. 緒論
- II. 背景
 - A. 国家経済
 - B. 農業
 - C. 農業開発と砂漠開発
- III. 事業地域
 - A. 地域及び自然条件
 - B. 気象
 - C. 地質と土壌
 - D. 地域農業の概況
 - E. 州政府による砂漠開発状況
- IV. 一般計画
 - A. 本事業計画の特徴
 - B. 地積と土地利用計画
 - C. かんがいの必要性
 - D. かんがい計画と施設計画
 - E. 営農計画
- V. 事業の実施計画
 - A. 事業実施機関
 - B. 実施工程
 - C. 運転管理費
 - D. コンサルティングサービス
 - E. 事業費の総額
- VI. 経済評価と財務分析
 - A. 経済評価
 - 1. 概論
 - 2. 投資効率
 - 3. 内部収益率(IRR)
 - 4. 内部収益率の弾力性
 - 5. その他の社会的経済的効用
 - B. 財務分析
- VII. 提言

機関は、F/S報告書をもとに事業審査を行い、妥当と認められた場合に融資を行うこととなる。

このようにF/S調査は、開発途上国の農業開発を進める上で重要な役割を果たすものであり、JICAが行っている開発調査の中で最も多く実施されている。

開発調査はほとんどの場合、JICAが民間コンサルタンツ会社を活用して実施している。調査の進め方、内容等に関するコンサルタンツの指導は、農林水産省等の技術者から構成される「作業監理委員会」が行っており、また、調査内容等に関する相手国政府との打合せについても作業監理委員会が係っている(作業監理委員会については後述)。

次に、昭和57年3月に調査が終了したフィリピンの「マビニ地区農業開発計画」というF/S調査を例にして、開発調査実施の手順を具体的に説明する。

フィリピン政府が、在フィリピン日本大使館を通じて調査の実施を要請してきたのは昭和54年8月である。内部での政策的判断を経て外務省は、農水省に対して協力の意向の打診を行い、その回答を得てJICAに対し「事前調査団」の派遣の指示を行った。JICAは昭和56年1月農水省に対し、事前調査団員の推薦依頼を行い、構造改善局長は経済局を通じて団長として内山則夫氏(当時本省設計課専門官)、ダム構造物の調査団員として石戸谷実氏(当時東北局山王海農水所長)、かんがいの調査団員として岡本芳郎氏(当時本省設計課補佐)他、農業経済、栽培の二分野の専門家、計5名を推薦した。これら5名の調査団員にJICAの調整員1名を加えた事前調査団が、フィリピンに18日間派遣され、事業対象地区の現地調査と相手国政府の意向確認等の打合せを行い、あわせてS/W協議(調査実施細則: Scope of Works)を了して帰国した。

S/W協議というのは、JICAが調査を実施する際に、相手国政府と官ベースで協議を行い、本格調査の内容、日本からの持込み機材に対する免税措置等相手国政府の果たすべき義務、本格調査団の派遣、相手国政府からの研修員の受入れ等日本政府の果たすべき義務を定めた合意文書を作成する事を云い、本件では調査団長内山氏とフィリピン国家かんがい庁次官補が署名した。S/W協議は事前調査の報告に基づいて日本国内関係各省で協議を行った後、改めて官ベースの調査団を派遣して行うことが建前となっているが、マビニ地区の場合は本格調査の早期実施が求められていることから、事前調査とS/W協議をあわせて一つの調査団で行ったものである。

S/W協議の内容を踏まえて、JICAではプロポーザル方式による一般競争入札を行い、コンサルタンツを選定し、業務実施契約を締結して実施することとなる。コンサルタンツが相手国で調査を行う場合、その身分は

JICAに所属し、相手国との交渉もJICAの名において行うこととなる。従ってパスポートについても一般旅券ではなく公用旅券を所持して調査を行う。

コンサルの選定と併行して作業監視委員会の編成が行われ、経済局を通じてJICAからの委員の推薦依頼を受けた構改局では、委員長として内山則夫（当時本省整備課室長）、かんがい排水担当逸見宏道（当時本省防災課補佐）、ダム構造担当堀井健次（当時本省開発課補佐）の三氏の他、農業、農業経済担当の委員二名を推薦した。構改局が作業監視委員を推薦する場合、本省専門官、補佐、農政局補佐、専門官、事業所所長クラスから選考する例が多い。しかし、中国の三江平原では構改局中川次長が総括を担当されているように案件によっては本省幹部が対応する例もある。

作業監視委員会は、JICAが開発調査の業務をコンサルタンツ等に業務実施契約により一括実施させる場合に、その調査実施に伴って技術的判断を要する事項を諮問するために、該当するプロジェクト毎に設置するJICA内部の諮問機関である。委員会は、JICAが諮問する調査実施の技術上の具体的方針および方法、ならびにこれに基づきコンサルタンツが実施する調査業務の問題点についての指導、助言を行うなど技術的事項に関する審議を行うものである。また、現地において、コンサルタンツが実施した調査の経過報告の審議、およびJICAの委嘱により相手国に派遣され、相手国政府関係機関と調査実施に関する折衝（「現地作業監視」という）を行う。現地作業監視はコンサルタンツの本格調査実施中、3～4回行われるのが通例であり、調査の進捗に伴いその内容に応じて担当分野の委員が相手国に1～2週間派遣される。

要するに委員会は、自ら調査を実施するものではなく、コンサルタンツの実施する調査をJICAからの諮問に基づき監視する立場にたつものである。

昭和56年9月、コンサルタンツの技術者15名で構成されたマビニ地区F/S調査団は、作業監視委員の内山、堀井の二氏とともにフィリピンへ出発した。F/S調査団は、「総括」として農水省OBの内山嘉美氏、その他、「かんがい排水計画」「ダム計画」「水文・治水」「営農・土壌」「経済評価」「物理探査」等13分野を担当する15名であっ

た。作業監視委員が相手国政府と調査実施計画（Plan of Operation）打合せを終えて帰国した後、F/S調査団は現地で本格調査にとりかかり、12月まで現地に滞在した。その後、日本での国内作業を終え、昭和57年3月報告書（英文、和文）を作成し、JICA及びフィリピン政府に提出した。

F/S調査団（即ち、コンサル）は、本格調査の業務を実施する各段階に応じて各種の報告書をJICAと相手国政府に提出するが、その中で重要なものを説明する。

(1)プランオブオペレーションは調査開始時に相手国政府に対して調査の具体的な内容、方法、スケジュールを説明するものでマビニ地区の場合9月に提出、(2)インテリムレポートは現地調査の終了時点等に、調査の進捗、実績、今後の解析方針、計画を確認するための報告書でマビニ地区の場合12月に提出、(3)ドラフトファイナル・レポートはF/S調査団の最終報告（案）として相手国に提出し、相手国側からのコメントを受け、相手国側の意向を取り入れるためのたたき台としての報告書でマビニの場合2月に提出、(4)ファイナル・レポートは最終報告書として、JICA総裁が日本国政府の名において相手国に提出するもので、マビニ地区の場合3月に提出した。このうち、(1)～(3)については作業監視委員会も相手国に出かけ、相手国との打合せに立会している。

JICAが本格的に業務を開始した昭和50年度以降、開発調査案件は、表一3に示すように急増し、昭和50年から55年までの6年間で約3倍に増加している。この中で、農林水産案件も順調に増加し、全体件数の20～30%の割合を保ち、かんがい案件は農林水産案件の過半を占め、開発調査全体の約17%となっている。JICAが発足した49年から56年までに構造改善局が関係していた案件数は合計63件あり（表一4参照）、今年度を実施される案件は31件程度と予想される。そのうち代表的な案件を表一5に示す。

かんがい案件の地域的分布をみると、アジアがその大宗を占め、次いでアフリカとなっている。中近東では、農林水産案件のほとんど総てが（14/15）かんがい案件であり、この地域でのかんがいの重要性がうかがえる。中南米における農林水産案件に占めるかんがいの比率は低いが、その数は順調に増加している。（表一6参照）

表一3 開発調査事業一覧

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	備 考
① 全体件数	60	91	133	190	195	163	
② 農林水産案件数	8	24	29	43	53	57	
全上% ②/①	13	26	22	23	27	35	
③ かんがい案件数	5	13	19	28	30	27	
全上% ③/①	8	14	14	15	15	17	

表-4 開 発 調 査（農業基盤整備関係）案件一覧

国 名	案 件 名	調 査 期 間（年 度）								
		49	50	51	52	53	54	55	56	57以降
インド ネシア	フィラレム地区カンガイ計画	地形図	F/S							
〃	リアムカナンカンガイ計画				事前および地形図	F/S				
〃	コメリン川上流域農業開発計画					事前	地形図	F/S	F/S	
〃	ランケメ地区カンガイ計画						事前	F/S		
〃	カスラッシュン水資源開発計画	事前		地形図	地形図	M/P	M/P			
〃	ウォノギリ多目的ダム計画	F/S	F/S							
〃	ウォノギリ多目的ダム計画 関連カンガイおよび河川改修計画		F/S	F/S						
〃	ウラル河総合河川改修計画		事前	M/P						
〃	ウラル河治水およびカンガイ排水計画				F/S	F/S				
〃	ピラかんがい開発計画							事前	F/S	
〃	ジュオベラン川治水計画							F/S	F/S	
〃	サンレゴ農業開発計画								事前	F/S
〃	北バンテン農業開発計画								事前	F/S
フィリピン	カガヤン農業総合開発計画		事前およびF/S							
〃	ボホール農業総合開発計画 (ワビダハクマサラン地区)			事前	F/S					
〃	イロコスノルテカンガイ開発計画				事前	F/S (Phase I)	F/S (Phase II)	F/S (Phase III)		
〃	マツノ川カンガイ計画						事前		F/S	F/S
〃	バンバンガデルタ・カンダバ湿地開発計画						事前	F/S		
〃	アル・コガス開発計画							事前 F/S	F/S	
〃	マビニ農業開発計画							事前	F/S	F/S
〃	コタバト流域開発計画								M/P	
〃	かんがい水管理計画								事前	F/S
タ イ	チャオピア川西岸地区カンガイ農業開発計画			事前およびF/S	F/S					
〃	メクロン川流域農業開発計画				事前およびF/P	M/P	M/P			
〃	カンバンセンカンガイ農業開発計画					F/S	F/S			
〃	メワンカンガイ農業開発計画					事前	F/S	F/S		
〃	ベチャプリカンガイ農業開発計画						事前	F/S	F/S	
〃	東部水資源開発計画							F/S	F/S	
〃	バサック河流域農業開発計画							事前	Pre F/S	
〃	ケンコイ・バンモ農業開発計画							事前	F/S	
ビ ル マ	イラワジ川流域農業総合開発計画				事前およびM/P	M/P	M/P			
〃	南ナウインカンガイ計画					F/S	F/S			

事業内容				備考
目的	受益面積 (ha)	主要作物	主要構造物	
カンガイ	22,000	稲, 大豆, コーヒー, 飼料作物緑肥	ダム, 水路	S. 54.3 Phase I について 円借款の融資契約
カンガイ	60,000	稲	頭首工, 水路	S. 56.7 末端カンガイ無償 供与
カンガイ, 発電	100,000	稲	ダム, 頭首工, 水路, 発電所	
カンガイ	20,000	稲	水路	
カンガイ, 治水, 発電, 内 水面漁業のマスタープラン	250,000	稲	ダム, 水路, 発電所	カンガイは9プロジェクト
カンガイ, 発電, 治水	23,000	稲, サトウキビ	ダム, 頭首工, 水路, 堤防	S. 52.8円借款の融資契約
カンガイ, 河川改修	23,000	稲, サトウキビ	頭首工, 水路, 堤防	S. 54.2円借款の融資契約
治水, カンガイ, 排水のマ スタープラン	18,500	稲	ダム, 堤防, 水路	
治水, カンガイ, 排水	18,500	稲	堤防, 取水工, 水路	S. 54.3円借款の融資契約 (E/Sのみ)
カンガイ	10,900	稲	水路	
カンガイ, 排水	30,000	稲	水路	
カンガイ, 排水, 農村電化	13,200	稲	揚水機場, 水路, 農道, 配電線施設	S. 52.4円借款の融資契約
カンガイ, 排水, ホ場整備	5,320		ダム, 調整池, 発電所, 水路	S. 56.20円借款融資契約
カンガイ, 発電	21,500	稲	ダム, 頭首工, 水路, 発電所	S. 55.6.20円借 末端カンガイ無償供与
カンガイ, 発電, 治水	17,000	稲	ダム, 水路, 発電所	
カンガイ, 排水, 治水, 発電	80,000	稲	ダム, 発電所, 水路	
アルコール燃料の開発	3,000	キャッサバ	水路, ホ場開発	
カンガイ	10,000	稲	ダム, 水路	
カンガイ, 治水	220,000	稲	ダム, 堤防, 水路	
カンガイ				
カンガイ, 排水, ホ場整備	12,300	稲, ソ菜, 柑橘	揚水機場, 水路, 農道, 輪中堤	S. 54.6円借款の融資契約 (E/Sのみ)
農業開発のマスタープラン	(500,000)	—	—	
カンガイ, 排水, ホ場整備	30,000	稲, カンショ	水路, 農道	
カンガイ, ホ場整備	20,000	稲, ビーナッツ, ニンニク	水路, 農道	
カンガイ, 排水, ホ場整備	50,000	稲, ソ菜	水路, 防潮水門	
カンガイ, 工業用水, 上水	12,000	稲	ダム, 水路	
カンガイ	60,000	稲	ダム, 水路	
カンガイ	14,000	稲	ポンプ, 水路	
農村漁業のマスタープラン	(2,800,000)	—	—	
カンガイ, 発電	(40,000)	稲, 豆類	ダム, 頭首工, 水路, 発電所	S. 55.8.28 末端カンガイ無償

表-4のつづき

国名	案 件 名	調 査 期 間 (年 度)									
		49	50	51	52	53	54	55	56	57以降	
ビ ル マ	ミマカ川(オカンダム)農業開発							F/S	F/S		
マレーシア	トレンガス沼沢地農業開発計画				事前	M/PおよびF/S	M/P				
〃	サバ州東部水資源総合開発計画						事前	Pre F/S			
スリランカ	インギニミチアカンガイ計画			事前	F/S						
〃	モラガハカンダ農業開発計画					事前およびF/S	F/S				
〃	マハベリ河開発計画システムC							F/S			
韓 国	西南海岸干拓農地開発計画			事前	Pre F/S						
〃	水資源開発計画				事前	Pre F/S	Pre F/S				
エジプト	南部ホサイニアバレー農業開発計画						事前	F/S			
〃	北部ホサイニア農業開発計画								事前	F/S	
〃	テンス・オブラマダン農業開発								事前	F/S	
タンザニア	ローアモン農業開発計画					事前	地形図およびF/S	F/S			
〃	キリマンジャロ農業用水利用計画								事前	F/S	
パキスタン	バットフィーダー水路拡張計画								事前	F/S	
イエーメン	ハッジャ州農村総合開発計画			事前	地形図	M/P	M/P				
ギニア	カンカン農業開発計画			事前		地形図	F/S				
ナイジェリア	農業開発計画			事前およびF/S							
スーダン	ガサバ地区稲作開発計画			事前	F/S	補完	補完				
ホンジュラス	チョルテカ農業開発計画			事前	F/S						
ボリビア	チャバレー土地利用図作成					事前	土地利用図				
マ リ	農業開発計画					予備	事前	F/S	F/S		
ドミニカ	アダリボ稲作開発計画						事前	F/S			
エクアドル	コスタ地区農業開発計画						事前	地形図	F/S	F/S	
パラグアイ	イボア湖周辺農業開発計画						事前	地形図	F/S		
ヨルダン	ワディアラブダムカンガイ計画		事前	F/S							
パングラデシュ	N-N地区カンガイ計画			事前	F/S						
イ ラ ク	カハラ稲作農業計画				事前	F/S	F/S				
シュラレオーネ	ロンベ・スワンプ稲作開発計画							事前	F/S	F/S	
アラブ首長国連邦	マジ・シマール水資源開発						事前	F/S			
中 国	三江平原開発計画							事前	実施	実施	
オーマン	ワジジジ農業開発計画							事前	地形図	F/S	

事業内容				備考
目的	受益面積 (ha)	主要作物	主要構造物	
カンガイ	31,000	稲	ダム, 水路	
排水および農林漁業開発の マスタープラン	(34,000)	稲, 桑, 牧草, ソ菜	水路	F/S地区は2,800ha
治水, カンガイ, 排水	1,700,000	稲, オイルパーム, ココア, ココナツ	ダム, 水路	
カンガイ, 農地造成	2,600	稲, 大豆, 唐辛子	ダム, 水路	S.53.8円借の融資契約
カンガイ, 農用地造成, 発電	62,200	稲, サトウキビ	ダム, 調整池, 水路, 発電所	
カンガイ	—	稲	水路	S.56.7.1円借プレンジ
干拓	597,500	稲, 麦類	堤防, 揚水機場, 水路	
水資源開発(農業, 上工水)	—	—	ダム	
カンガイ, 農地造成	30,000	稲	水路	
カンガイ, 排水, 農地造成	3,000	メイズ, 豆類, 稲	揚水機場, 水路	S.56.3円借プレンジ
農村開発のマスタープラン	(800,000)	—		
カンガイ	5,000	稲	揚水機場, 水路	
カンガイ, 農地造成	2,100	稲	水路, ライスミル	
カンガイ, 排水	15,600	稲	揚水機場, 水路, 輪中堤	
カンガイ, 排水, 発電	12,400	サトウキビ, トウ モロコシ, ソルガ ム, 水稻, 豆類	ダム, 頭首工, 水路	
土地利用図	(2,000,000)	—	—	
カンガイ, リハビリテーシ ョン	4,000	稲, ソ菜	水路改修	
排水, 農地造成	20,000	稲	水路	
	18,000	大豆, トウモロコ シ, コーリヤン		
排水, 農地造成	40,000	稲, トウモロコシ	排水路	
カンガイ, 排水	4,750	野菜, 牧草, 柑橘, 小麦	ダム, 水路	S.52.6円借款の融資契約
カンガイ, 排水	23,000	稲, ジュート	揚水機場, 水路, 堤防	S.56.9末端カンガイ無償 E/N予定
カンガイ, 排水	(8,000)	稲	水路	
カンガイ, 排水	1,200	稲	水路	
カンガイ, 生活用水, 治水		稲	ダム, 水路	
カンガイ, 排水, 開田	40,000	稲, 豆, 小麦	ダム, 水路, 道路	
カンガイ, 農地造成	1,700	稲	ダム, 井戸	

表一5 57年度実施の開発調査の例

●インドネシア

種別	案 件 名	事 業 概 要
F/S	サンレゴ灌漑開発 (調査年度 昭和56年～57年)	南スラウェシ中部のサンレゴ川およびウエナエ川流域の約10,000haの計画地域に灌漑施設の 신설および改良, 栽培面積の拡大, 単収量の引上げを行い, 米を中心とする食糧生産の増大, 地区内農家の所得水準の向上等を図る。本計画は1977年2月より80年3月まで実施された南部スラウェシ水資源総合開発マスタープランの中の1つである。

●中 国

種別	案 件 名	事 業 概 要
F/S	三江平原農業開発計画事前調査 (調査年度 昭和55年～57年)	中国は約10億人の人口を有し, その食糧自給は大きな懸案となっている。この具体的施策として東北地方黒龍江省三江平原の開発が計画されている。三江平原は黒龍江, 松花江, 烏蘇里江の3大河川に囲まれた地帯であり, その面積は約1,000万km ² である。プロジェクトの概要は, 灌漑面積約4万ha, 用水路115km, 貯水池容量4.4億m ³ の農業総合開発計画である。55年度は9月, 10月の2回にわたり事前調査団を派遣し, 同案件が相手国の要請に合致し, かつ技術的観点から妥当であることを確認した。

●タンザニア

種別	案 件 名	事 業 概 要
F/S	ムコマジバレイ農業用水開発 計画実施調査 (調査年度 昭和56年～57年)	キリマンジャロ州総合開発計画の一環であるムコマジバレイ地域 6,000haを対象とし, 農業用水路の整備, 開発及び既存ダムの嵩上げにより新規農耕地の開発, 灌漑用水の安定確保及び域内の洪水調節を計り以て農業生産の安定と増産に資する。

表一6 地域別農林水産案件開発調査一覧

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	計	%	備 考
ア ジ ア	6 (3)	11 (7)	18 (13)	24 (18)	27 (17)	26 (16)	112 (74) 件数	52 (60)	()はかんがい案件 で内数
中 近 東	1 (1)	2 (2)	3 (3)	2 (2)	4 (4)	3 (2)	15 (14)	7 (11)	
ア フ リ カ	1 (1)	3 (3)	3 (2)	8 (6)	10 (6)	12 (5)	37 (23)	17 (19)	
中 南 米	—	4 (1)	2 (1)	6 (2)	9 (3)	12 (4)	33 (11)	15 (9)	
大 洋 州	—	4 (—)	3 (—)	3 (—)	3 (—)	4 (—)	17 (—)	8 (—)	
計	8 (5)	24 (13)	29 (19)	43 (28)	53 (30)	57 (27)	214 (122)	100 (100)	

先に述べたように, 開発調査の報告書に基づき, 事業化が図られるわけであるが, 昭和55年度までの集計によると表一7に示したように, 昭和55年度までに49件のF/S調査が行われ, 約半数の25件が完了, うち12件が海外経済協力基金(OECF)による融資(円借)が認め

られ, 実施に移されている。その12件のうち, 10件がアジア地域であり, アジア地域の円借に結びつく率も60%強と高くなっている。

開発調査に伴う政府職員の海外派遣もここ数年の間に急増しており, 表一8に示すように構造改善局関係でも

表一七 かんがい案件、F/S調査及び円借供与率一覧

	① 全体 F/S		② 進行中 F/S		③ 完了 F/S		④ 同左円借		④/③ %	備 考
	地区		地区		地区		地区			
ア ジ ア	30		14		16		10		63	1980年度末までの集計。 マスタープラン等を含めたかんがい案件数は65地区
中 近 東	5		2		3		1		33	
ア フ リ カ	10		5		5		1		20	
中 南 米	4		3		1		—		—	
計	49		24		25		12		48	$\frac{49}{65} \div 75\%$

表一八 短期専門家派遣数の推移

年 度	開 発 調 査					プロジェクト協力					その他	合計	備 考
	事前	S/W	作監	その他	計	事前	R/D エバ	巡回	その他	計			
昭和53年度	20	16	23	36	95		1	6	5	12	3	110	
54	36	10	27	20	93	1	6	5		12	10	115	
55	56	19	31	7	113		5	15	9	29	15	157	
56	37	15	69	12	133		5	10	7	22	19	174	
57	21	14	40	8	83		4	5	1	10	5	98	(57.12.31日現在)

注 短期派遣とは1年に満たない派遣をいい、長期派遣とは1年を越える派遣をいう。

昭和56年度に133名派遣されており、57年度は更に前年度を上回った。(数字は現在集計中)

なお、開発調査の重要な目的の一つとして、調査に関連して相手国の技術者を我が国に招いて実地指導を兼ねた研修を行うことがある。それを研修員の受入れと称しているが日本国内の土地改良事業の現場を視察したり、コンサルタントの国内作業に参加したりすることにより、技術移転が行われることを期待している。このことについては研修員の受け入れの項で触れることとする。

Ⅲ 個別専門家派遣事業

昨年、構造改善局から海外へ長期間派遣される農業土木技術者の数が増加しており、読者の知人の中にも現在、派遣中の方が一人や二人はいるのではないだろうか。海外技術班では毎年12月になると、本省幹部の方々にお願ひして直筆のクリスマスカードを用意し、海外におられる専門家の方一人一人に送り届けているが、57年の冬に用意したカードの枚数は64枚にものぼった。

この中にはFAOの筒井氏のように日本国内の組織の籍から完全に脱けられ、国際機関等のプロパーとして活躍中の方を対象としたものと、農水省等に2年後、あるいは3年後に復帰することを前提として派遣されている人を対象としたものがあるが、そのほとんどは後者である。後者には、JICA派遣専門家、大使館、国際機関、熱帯農業研究センター、海外長期研修(留学)などがある。表一九に派遣者数の推移を示す。年内において交代

した場合、新旧2名として数えているため、表一九の数字は現在派遣中の64というポストの数よりかなり大きくなるが、最終的な57年度の数字は73名となると思われる。現在派遣中の専門家64名の派遣国を表一十に示す。

長期派遣する場合、3つのルートが考えられる。即ち、①JICA個別派遣、②JICAプロジェクト方式技術協力、③その他、である。②プロジェクト方式については、後述することとし、ここでは①JICA個別派遣について述べることにしたい。

個別派遣とは、コロンプラン等に基づいてJICAを通じて行われるものであり、我が国政府に対する相手国政府の要請に応じて専門家を派遣し、主として相手国政府、政府関係機関等で、農業開発プロジェクト等の企画、立案、助言、指導を行うものである。

表一九 海外派遣技術者数(構造改善局推薦)の推移

年 度	50	51	52	53	54	55	56	57
長期派遣	36	44	51	54	61	60	75	73
個別派遣	30	36	34	31	37	33	52	43
プロジェクト方式技術協力	5	8	16	21	22	25	22	29
熱 研	1		1	2	2	2	1	1

注 1. 長期派遣の派遣者数は、年度毎に新規、継続の派遣者数の合計をとったものである。

2. 個別派遣にはJICAによる個別派遣の他、大使館、国際機関留学が含まれている。

表一〇 長期派遣専門家の国別人数
(58年1月1日現在)

国名	個別	プロ協	熱研	計
東南アジア	30	15	1	46
インドネシア	9	8	—	17
タイ	8	3	—	11
フィリピン	7	1	—	8
スリランカ	3	—	—	3
マレーシア	2	3	1	6
ビルマ	1	—	—	1
中近東アフリカ	1	1	—	2
エジプト	1	—	—	1
タンザニア	—	1	—	1
中南米	4	7	—	11
ブラジル	—	2	—	2
ホンジュラス	—	2	—	2
ジャマイカ	1	—	—	1
パラグアイ	1	3	—	4
ドミニカ	1	—	—	1
チリ	1	—	—	1
欧米	5	—	—	5
アメリカ	4	—	—	4
イタリア	1	—	—	1
合計	40	23	1	64

コロンボプランとは、主として南及び南東アジア地域の諸国の経済社会開発を促進し、その生活水準を向上せしめることを目的とし、昭和25年1月に発足した協力機構である。コロンボプランは、この地域のインドネシア、タイ、マレーシア、スリランカ等の域内21カ国と日本、米国等の域外6カ国の27加盟国が相互の協議及び協力を通じ加盟各国独特の開発計画または開発援助計画の実施を促進することを目的とする機構であって援助国、被援助国がはっきりしている二国間協力を対象としており、コロンボプラン自体が国連のような多角的な援助実施機関として活動するものではない。わが国は、昭和29年に加盟し、これによりわが国の国際協力が本格的に始まり、現在までコロンボプラン諸国に対し、研修員の受入れ、専門家の派遣、機材供与等を行ってきている。コロンボプランの他、同種のものとして、中近東アフリカ計画、中南米計画などがあり、それぞれの域内各国に対する二国間協力のベースとなっている。

次にコロンボプラン専門家の具体的な活動内容を現在、派遣中のある専門家からの手紙の要約を引用することによって紹介する。

*Agriculture Development Consultants Association 後述の説明参照

**ADB: Asian Development Bank

***ESCAP: Economic and Social Commission for Asia and the Pacific

『小職の業務は次の四点である。

1. Tプロジェクトの Evaluation
 2. 小規模かんがいプロジェクトの実地指導
 3. 第3国のコンサルにより調査が実施されている案件の調査内容の審査
 4. A研究所での基礎調査指導
- 更に上記に関連して「かんがい計画基準の編纂」も業務の一部として重要である。以下各項目毎の進捗状況問題点等を列記する。

1. Tプロジェクト

K市の北西約60km、西海岸に沿った2万haの水田用水源のうち、SWAMPに1億4千万トンの賦存量ありとして世銀借款により実施した本事業は、前報告書で示した理由により利用できず、慢性的な用水不足を招いている。本計画を実施したD省幹部と融資を行った世銀に対する思惑から、正面切って指摘する者がいなかった。先日、たまたま、D省本省と出先との合同会議の席上求められて、小職の意見を述べたところ、採用され、調査の実施が決定された。それに関連してD省幹部から小職に対し、JICAから次の援助が得たいとの依頼があったので報告する。

- (1) 沼沢地開発の短期専門家、調査団の派遣
- (2) 水文資料測定機具等の供与

2. 小規模かんがいプロジェクトの実地指導

日本農水省構造改善局で編纂中の計画基準用水編のうち、適用出来るものについて現在、英文翻訳中である。この業務と併行して実際の計画地区をとりあげ、マニュアルの具体的指針とすべきと考え、D省に2〜3の候補地区を選定させた。これを(財)海外農業開発コンサルタンツ協会*(ADCAアデカ)のプロファイ事業につなぎ、調査を実施した。

3. 第3国コンサルの調査の審査

今期は、R地区におけるオーストラリアのコンサルタントによる調査の審査を行った。

4. A研究所の基礎指導

前期に引き続き、水田減水深測定法につき指導を行った。成果品を持って相談に来たが、その進歩は著しいものがあった。

最近の任国の情勢は、中央政府の政策により、「日本に学ぶ」のスローガンが掲げられ、日本に対する熱いまなざしが、いよいよ激しくなっている。日本人として、信頼されるのは嬉しいが甚だ面映ゆい。また、続々と日本に勉強に行った人々がガッカリして戻るような事がないように祈っている。こちらに滞在する日本人も一層自覚を強いられる所である。』

その他のルートによる派遣専門家としては、FAO、アジア開発銀行(ADB)**、国連アジア太平洋経済社会委員会(ESCAP)***等の国際機関に対するものがあ

り、現在8名の専門家が活躍中である。

JICAを通ずる派遣のように政府ベースで専門家を派遣する場合、その専門家が国家公務員であれば派遣法*の適用を受ける。派遣法は海外派遣専門家の確保を図る目的で昭和45年に制定され、海外に派遣される国家公務員の身分の保有と、処遇が定められている。派遣職員は、JICAの在勤基本手当等派遣先での生活に必要な手当の他に、国家公務員という身分に基づく俸給、扶養手当、調整手当、住居手当及び期末手当のそれぞれ百分の百以内（通常70%を基本とし、大使館員との差に応じ、10%きざみで100%まで増額される。）の支給を受けることになる。国家公務員以外の場合、JICAを通ずる派遣であれば、所属先補填という制度により、国内俸に相当する金額がJICAから所属先に支払われる。

Ⅳ プロジェクト方式技術協力

「プロジェクト方式技術協力」は調査を中心とする開

発調査とは異なり、農業開発、農業研究、畜産開発等についてその普及効果を期待してパイロットないしモデル事業を実施しようとするものであり、①専門家派遣、②機材供与、③研修員受入れをパッケージとして実施する点に特色がある。これを担当しているのは、JICAの農業開発協力部である。農業開発協力部で、農業土木分野と関係のあるものは、現在9件あり、表-11に示す。

日本政府がJICAを実施機関として行っている技術協力の形態は、研修員の受け入れ、専門家の派遣、機材の供与の3つを基本としている。しかし、この3つの技術協力は、従前はそれぞれ独立の事業として概して相互の関連のないままに行われていた。そこで、これら3つの事業をあわせ、技術協力計画の立案から実施まで、一貫して計画的に総合的な技術協力を行うことを目的として、昭和42年に「プロジェクト方式技術協力」という形態が生まれた。

プロジェクト方式技術協力（以下「プロ協」と略称）

表-11 かんがい分野プロジェクト方式技術協力一覧

国名	プロジェクト名	計画概要	協力期間
ネパール	ジャナカプール県農業開発 (ジャナカプール県)	ジャナカプール県における 農業開発及び普及	R/D 1971. 11~1984. 11
インドネシア	かんがい排水 施工技術センター (ジャカルタ)	食糧増産のためのかんがい排水技術、 施工管理技術水準の向上を図るための 訓練及び指導	R/D 1981. 4~1986. 3
	農業開発のための リモートセンシング技術 (ジャカルタ)	外領農業開発適地調査のための リモートセンシング技術指導	R/D 1980. 4~1985. 3
タイ	かんがい農業開発 (中央平原)	タイ中央平野のかんがい農業開発 推進のためのパイロット農場の 設置及び技術訓練、普及	R/D 1977. 4~1985. 3
フィリピン	カガヤン農業開発 (ルソン島北部)	農業パイロットセンターの設置及び 農業改良技術の開発、普及による カガヤン地域の農業開発	R/D 1976. 2~1984. 3
マレーシア	水管理訓練計画 (ケランタン州コタバル市郊外)	水田を中心とする末端水管理技術 の訓練	R/D 1977. 9~1984. 9
タンザニア	キリマンジャロ農業開発 (キリマンジャロ州)	キリマンジャロ農業開発センターを 設立し、パイロット農場の基盤 整備等による近代営農技術の展示、 普及	R/D 1978. 9~1986. 3
パラグアイ	農業開発協力 (パラグアイ南部)	地域農業試験センターの強化及び 農業機械化センターの設置、訓練	R/D 1979. 3~1984. 3
ブラジル	リベイラ河流域農業開発 (サンパウロ西南150km)	リベイラ河流域におけるボーデル 方式による農業技術の開発及び稲 作等の実用試験並に普及	R/D 1975. 3~1984. 6

* 派遣法～正式には国際機関等に派遣される一般職の国家公務員の処遇等に関する法律と云う。

では、特定分野における相手国の開発計画等への協力を通じ相手国の技術者等に対して技術の移転を図ることを目的としている。特定分野とは、農業、林業、医療、人口家族計画等および関連の研究協力などである。

具体的実施方法としては、相手国にある特定の場所（農業試験場または研究所、特定の農業開発地区など）を拠点として、数カ年にわたって計画的かつ総合的な技術協力を行うものである。このため、わが国から各種チームの派遣、専門家の派遣、機材の供与と対象国からの研修員の受け入れを有機的に組み合わせた協力を行うものである。相手国はプロジェクトの拠点となる土地、建物、施設などの提供、わが国の派遣する専門家のカウンターパートの提供、および運営費等のローカル・コストを負担する建前をもって、相互に合意した技術協力プロジェクトを実施するものである。ここで建前と云ったのは、建物、モデル圃場などの施設の整備を、プロ協とは別制度の無償資金協力（後述）によって前もって行う例が多いからである。

プロ協では数カ年にわたって特定の拠点を対象として、人的にも金銭的にもかなりの規模の技術協力を展開する関係上、個々のプロジェクトに関して、実施機関（わが国はJICA、相手国は特定の政府機関または単に政府関係機関）の間の討議議事録（R/D）*が結ばれる。

現在実施されているプロ協としては、海外技術協力センター事業、保健医療事業、農林業協力事業、産業開発協力事業の4事業があるが、農業土木に関係の深いものは農林業協力事業である。

農林業協力事業は、昭和42年度に農業協力事業としてスタートし、昭和52年度から改組されたものである。稲作、畑作、養蚕などの各分野における人材の養成、技術水準の向上を図るとともに、開発途上国の農林水産業分野の自立的発展の基盤造りに対して協力している。具体的には、①訓練センターやモデル的な普及農場の設置に対する協力、②技術の改良普及事業への協力、③かんがい等生産基盤整備に対する協力、④上記各項の個別の協力（①～③）を総合した地域農業開発に対する協力、⑤農業教育および試験研究に対する協力、などがある。

プロ協の典型的な例として、現在マレーシアで実施中の「水管理訓練計画」を挙げて以下に説明する。

マレーシア政府は大規模かんがいプロジェクトを実施しているが、基幹水利施設の建設のみで末端水利施設の整備が遅れている。そのため、圃場段階の水管理技術者を養成する目的でマレーシア国内で開発の歴史は古いものの、なかなか近代化を図れないでいるケランタン州に水管理訓練センターを設置することとし、昭和52年にわが国に技術協力を要請してきた。

同計画は、稲の増収を図るための2期作栽培の普及に

必要な末端のかんがい排水施設の整備と水管理技術者の育成を目的に、次の事業を実施するものである。

- ① トレーニングセンター及びそれに付属する展示圃場（4.6ha）を設置して水管理基礎技術の確立と水管理技術者の養成研修等を行う。
- ② パイロットファーム（20ha×4ヶ所）を設置して水管理技術を農民層へ普及するための指導と助言等を行う。パイロットファームは水路密度等の整備水準を高いものから低いものまで水管理の効果を比較しやすいように配慮されている。

当初同計画は、日本の協力期間を5年間とし協力期間終了後はマレーシア独自に運営していくということでスタートした。日本からは農業土木の分野から、リーダーとして元農士試験長故出口勝美氏の他、かんがい、水管理の専門家として2名が派遣された。しかし、他のプロ協と同じように、本計画においても相手国側の国内事情から、当初の思惑通りには行かず、訓練計画実施のためのもとなる研修センターの建物の一部が完成し、まがりなりにも研修が行えるようになったのは5年の協力期間のうちの4ヶ年を経過した後であった。プロジェクトの評価調査団が先般、日本から派遣され、2年間の延長が決定されている。現在矢野リーダーとかんがい、水管理、栽培の専門家が、現地人スタッフと一緒に作ったカリキュラムに基づいて、初級、中級、上級研修を実施している。例えば、かんがいについては「マレーシアにおけるかんがいの開発」、「マレーシアにおけるかんがい計画」、「かんがい設計」、「かんがい計画における排水計画」などと云った内容の講義が、マレーシア全土から選抜された国の職員に対して行われている（マレーシアでは、日本の土地改良区職員の行っている水路管理の段階まで国の職員が担当している）。講師はマレーシア側のスタッフが行うことを原則としているが、日本人専門家も教壇に立つことがあるそうである。その他、日本人専門家は、工事のおくれているパイロットファームの計画設計施工に助言、指導を行っている。筆者が計画打合せ調査団の一員として、56年3月に同プロジェクトを訪ねた時に、かんがいの専門家として派遣されていた今井専門家がマレーシアではまだ行われていない交換分合をパイロットファームの1つで実施するのだと、本省排水かんがい局の局長に対し、その必要性を熱心に説いていた姿が印象に残っている。

プロ協では、従来多かれ少なかれ、前述のマレーシアの水管理センターのように、センターを作りモデル圃場を設置して日本人専門家の手によって日本式の耕作を行い、高い収穫を上げることにより手本を示すとともに、周辺の農民の土地に整備水準の高い農場を設置して現地農民自らが日本式の栽培を行えるようにするという形式を採っていた。例えば、インドネシアのランポン農開、

* 討議議事録=Record of Discussion

ネパールのジャナカプール農開, タンザニアのキリマンジャロ農開などは皆その類のものである。しかし, このようなやり方と異なる新種のプロ協が最近インドネシアで始められている。「かんがい排水施工技術センター計画」と「農業開発リモートセンシング計画」であるが, そのうち特に前者は, 日本国内の土地改良技術事務所を拡充し, 施設や機械を充実することを目的としたものである。かんがい分野の技術協力について合理化が期待されていることから, 今後こうしたタイプの協力が他の国にも広がっていくものと推察される。

最後にプロ協に関わる専門家派遣について述べる。

長期の派遣者数の推移を表一9に示す。短期では事前調査, 実施協議(R/D協議), 実施設計, 計画打合せ, 巡回指導, エバリエーションなどの内容で派遣されるが, 派遣者数を表一10に示す。なお個別派遣専門家の項で述べた専門家に対する身分, 待遇等については, プロ協専門家に対しても適応される。

V 研修員の受け入れ

開発途上国の農業開発を進める上で, 途上国の技術者の育成は, 国際協力の分野の中で重要な要素の一つとなっており, わが国では開発途上国の技術者をわが国へ招いてわが国の技術を実地に研修させる制度を設けている。

構造改善局では研修員の受け入れを従来から積極的に進めている。これら受け入れ研修のほとんどはJICAを通ずるものであるが, その他にもFAO, アジア開発銀行, 世銀等のプログラムによるものなど様々あり, しかもその数が増加しつつある。

JICAを通ずる受け入れ研修には, 前述の開発調査, プロ協に係る個別案件毎の受け入れ研修と, 一定のカリキュラムに従った授業方式による集団研修がある。

構造改善局が関係している集団研修には, 「農地水資源開発コース」と「かんがい排水コース」がある。「農地水資源開発コース」は, 構造改善局が直接実施しているもので, 開発途上国の中堅技術者を対象としており, 期間は10週間で「日本の土地改良事業」「世界のかんがい」等の講義の他現地研修により日本の農業基盤整備事業の内容, 実施方法等について理解を深めさせることを配慮している。「かんがい排水コース」は初級技術者を対象に10カ月間, 基礎的知識を身につけさせることを目的としており, 筑波のJICA筑波国際農業研修センターで実施している。

最近, 開発調査, プロ協に係る個別研修員の数が増加しており, 各農政局, 事業所の受け入れに限界が来ていることから, 56年度から個別研修員をある程度まとめて受け入れることを行っており, 58年度には春と秋に二回実施したいと考えている。

表一12 構造改善局関係研修員受入れ実績一覧

年 度	51	52	53	54	55	56	57
個 別	20	27	42	35	33	60	79
農地水資源コース	18	17	13	20	17	16	19
かんがい排水コース	11	12	11	11	14	12	12
計	49	56	66	66	64	88	110

但し57年度は12月31日まで

表一12に研修員の受け入れ実績を示す。

研修員の受け入れは, 日本のシンパを作るというだけでなく, 我が国の専門家をバックアップするという意味においても重要である。日本を研修員自身の眼で見ることによって, 帰国後日本人専門家に対する接し方が, がらりと変わることは, 専門家からよく指摘されることである。すなわち, 当初訳の分らない国から来た言葉もうまく喋れない男の云う事には耳を貸さなかったであろうが, その男の来た国へ行き, 自分のやっている事業と同じ事業がその国でうまく行われていることを自分の眼で見た時, 専門家に対する評価はがらりと変わるのである。

外国で見聞したことは印象が深いものである。各農政局, 各事業所, 各職場はそれぞれ自分の業務で多忙だと思いますが, 外国からの研修員が行った時にはこれまでと同様にできるだけ彼らが有意義な研修を修められるよう紙面を借りて御協力をお願いしたい。

VI 海外農業開発事業事前調査

開発調査は, 相手国側が開発構想を整えた後に正式に外交ルートを通じて要請することが前提となっている。しかし, 開発途上国においては, 開発構想づくりに対応するだけの資金や人材が不足しているために, 正式要請をすることができず, 優良なプロジェクトが埋もれている場合が応々に見られる。

このため, これら優良な案件については, 特に正式要請がなくても相手国におけるプロジェクトの発掘を支援できる体制を確保することが必要である。構造改善局では, 海外の農業開発事業に係るコンサルタンツ企業で構成された団体である(社)海外農業開発コンサルタンツ協会を助成し, 開発途上国が, わが国に対して農業開発に関する開発調査の要請を行うよう, 現地調査を行いプロジェクトの構想を固めることを目的とする事業を行っている。表一13にこの事業に対する補助金額の推移を

表一13 海外農業開発事業事前調査費
補助金予算額の推移 単位:千円

年度	52	53	54	55	56	57	58
予算額	20,650	25,013	33,943	32,246	32,246	32,246	39,790

示す。

その結果、今年度実施中の JICA の開発調査 31 件のうち 14 件 (45%) が本事業による案件であるという効果を得ている。

Ⅶ 熱帯農業研究センター

熱帯農業研究センター (以下「熱研」と略す) の設置目的は、「熱帯又は亜熱帯に属する地域における農林畜産業に関する技術上の試験研究及び調査並びにこれらに関する内外の資料の収集、整理及び提供を行う (農林水産省設置法第 22 条の 5)」こととされており、大別して次の 3 つの試験研究業務を行っている。

- ① 熱帯及び亜熱帯において、わが国が進める農林業の技術協力に必要な技術の開発に関する試験研究
- ② わが国の農林業の研究領域の拡大と研究水準の向上に役立つ技術上の試験研究
- ③ 熱帯及び亜熱帯における農林業並びに農林業技術に関する情報の収集、整理及び提供

熱研の特徴としては、農林水産省付属の 30 試験研究機関の 1 つでありながら、熱帯、亜熱帯での海外技術研究 (水産を除く) を主任務とすることである。

熱研は本部を筑波学園都市におき、現在定員 100 名 (内研究職 67 名) で業務を行っている。

熱研の研究課題の 1 つとして、マレーシア・ムダかんがい地区における「二期作水田基盤整備と水管理」があり、農業土木からのアプローチが行われている。即ち、ムダかんがい地区において、10 万 ha の二期作水田を対象とした水田基盤整備について、モデル地区における用排水路 (水路密度 30m/ha 及び 70m/ha) の設計・施工ならびに農道造成に関する調査・研究を実施している。また、基盤整備前後の水利用の解析から合理的な水管理方法を研究し、初期かんがいロス の節減、かんがい水の反復利用の必要性等を明らかにしている。

マレーシアの他、既に終了した農業土木関係の研究課題にスリランカにおける農業用水量の研究がある。

Ⅷ 末端かんがい無償資金協力

無償資金協力とは、開発途上国からの援助要請に基づき、返済義務を課さないで援助対象となる計画の実施に必要な資機材及び役務を購入するための資金を供与する形態の援助であり、政府開発援助の一部に含まれる。

わが国の無償資金協力は、予算科目別にみれば経済開発等援助費と食糧増産等援助費に分類される。前者は「一般無償援助」「水産関係援助」「災害関係援助」「文化関係援助」からなり、後者は「食糧増産援助」「食糧援助」からなる。

「末端かんがい無償」は、このうちの「一般無償援助」に属し、技術協力と関連も深いことから JICA が調査

を実施している。

本事業は、優良な農業開発地域に村落単位の水管理のできる面積規模 (1,000ha 程度) の地区を設定し、河川等の水源を利用する取水施設、用排水路等の工事を行うこととし、その工事費を無償で供与することを内容とする。但し、農民あるいは開発途上国政府自身で施工可能な最末端の小土水路はローカル工事として被援助国側の負担で実施させるものとし、この工事に必要な施工機械は最少限援助対象とする。工事実施については、日本の建設業者が行うことが条件となっており、被援助国は日本からの無償資金を業者に支払うこととなる。

本事業は昭和 55 年から始められているが、その背景には次のような事があった。近年、先進国、国際金融機関の援助合戦の中で、かんがい計画も数多くとり上げられ、ダム、頭首工、幹線かんがい用水路の建設が盛んである。このまま進んだら近い将来、20~30% と推定されているかんがい率も日本のレベルに近づき、米作農民は雨期、乾期とも適正なかんがい用水の供給を受け、安定した営農を享受でき、国家は安定した生産を礎に経済開発を推進できるであろうとさえ思われる。

しかし、実態はこれと程遠く、用水源を確保するためのダムや頭首工、幹線水路は完成しているが、末端は場の水路や水を配分する施設は殆んど見当らず、受益地域でも末端は依然として旧態のままであることが多い。

この原因としては二つあると考えている。

一つは、大規模かんがい計画を外国の借款援助で実施する場合、外貨ポーションと内貨ポーションに分けて計算され、外国からの融資は外貨ポーション分、内貨ポーション分は開発途上国自身の予算手当となるが、ダム等の主要構造物に外貨ポーションの比率が高くなり、末端部分については、開発途上国自身の財源に頼る部分が多くなる。従って、資金手当が約束されている外貨部分は事業の進捗が計れても、内貨部分に多く頼る部分は遅々として進まない。

もう一つは、もっと根本的なことであるが、開発途上国は従来、天水農業に頼っている。日本の場合は古くから、水田を造成する場合は用水の確保が絶対条件であったのに比べ、開発途上国では一部の特例を除き、雨に頼った稲作である。その原因にはいろいろなものが考えられるが最も大きな要因としては、気候に恵まれた開発途上国の農村地帯では、色々な食用植物が自生していること、端的に言えば、米がなければバナナを食べればよいのであり、特に基盤整備を実施する必要がなかったという恵まれた自然条件であろう。しかし現在の急激な人口増加は、そうしたパラダイスに安住していることを許さないのである。

従って、かんがいを実施し、安定した営農を達成することが急務であるのだが、こういう地域に末端のかんが

い施設網を作り、集団として水管理しろと云っても無理な話である。こうすれば生産があがり安定すると話に聞いても、実施する術がなく、更に金もかかる。見たこともない施設やそれを運用するための水管理を金を出してまで農民にやれというのは無理なことであろう。

このような現状を打破するため、一般無償援助の制度を活用して、農民が実際に水管理し、通常の農家ができる規模の基盤整備を行うことを目的として生まれたのがこの「末端かんがい無償」という制度である。

昭和55年度にフィリピンの「イロコスノルテ地区」、ビルマの「南ナウィン地区」、56年度にインドネシアの「リアムカナン地区」、バングラディッシュの「N-Nかんがい地区」を実施し、57年度はスリランカの「マハヴェリ河開発計画システムC地区」の実施が正式決定している。今後の事業成果が期待されるところである。

K 海外農業開発調査

開発途上国に対する経済協力の一環として、コンサルタンツでは対応できないような大規模で複雑なプロジェクトに対応するために農用地開発公団が海外業務を行う

ことが必要となり、昭和57年5月の法律改正を経て同年10月より同公団に海外事業室が設置され、業務が開始された。

公団の海外業務は大きく二つに分けられるが、その一つは国際協力事業団から受託する開発調査業務で、57年度は、パラグアイ国「ヤシレタダム隣接地域農業総合開発計画」のマスタープラン作成のための調査を実施した。二つ目は構造改善局の補助金によって行う、農業開発プロジェクトに係る情報の充実化を図る業務で、①農業開発事業計画作成に必要とされる気象、水文、土壌、土質等の情報を体系づけ、一貫した管理体制のもとで情報の整理・分類を可能とする情報システムの確立を図る事業と②海外における農業開発のために必要な、農業開発に関する基礎的な資料を、特定のテーマについて収集する事業とから成っている。57年度は基礎データ収集を、インドネシア、マレーシア、パラグアイ（チャコ地方）について実施した。

初年度の業務を終え、その成果が高く評価されている現在、今後の業務の拡大と発展が各方面から期待されているところである。



農業土木事業調査設計

※ 農業開発事業に関する調査・計画・設計並びに施工管理
海外開発事業に対する農業土木技術のコンサルティング
業務、一般土木事業の調査・計画・設計業務

株式会社 日本農業土木コンサルタンツ

代表取締役社長 岡 本 勇
常務取締役 西 岡 公

本 社 東京都港区新橋5丁目34番4号 農業土木会館4階
TEL 03 (434) 3831~3
仙台事務所 仙台市本町2丁目13番10号 菊田屋ビル3階
TEL 0222 (63) 7595~6
札幌連絡所 札幌市西区手稲金山33-100
TEL 011 (684) 0581

海外における用水量算定手法と問題点

真 勢 徹*

目 次

I カンガイの現状.....(18)	IV 問題点.....(37)
II 用水量算定手法.....(22)	V おわりに.....(41)
III 各種用水量の算定手順.....(24)	

I カンガイの現状

1. カンガイの役割

農業生産をあげるためには、施肥その他の改良農法が先か、あるいはカン排整備が先かはよく議論される所であるが、ADBの資料では

- (a) 稲の収量は水のコントロールなしには1.0t/haをほとんど越えることができない
- (b) 適切な水管理によって、たとえ施肥が不十分であっても収量を2.5 t/ha まであげることが可能
- (c) 水管理と施肥等が良好に組み合わせられれば、収量を3.5 t/ha まであげることが可能
- (d) これ以上の収量を得るためには、土地制度等社会的要因の整備が必要

とされている。

米の単収とカンガイ整備率の間の高い相関関係は、よく知られたところであり、例えば、ラオス：1.3t/ha（整備率10%）、タイ：1.8t/ha（整備率37%）、台湾4.5 t/ha（整備率89%）等（いずれも1974～76）となっている。

カンガイ整備にともなう著しい単収増にはカンガイと相乗的に作用する施肥の多用や、改良品種の導入も当然関与しているものと考えられるが、いずれにせよ、カンガイの整備なしにこれらが先行することはありえない。

これらの関係を示す資料として、インドにおける米と小麦の例を図1-1に掲げる。

また、牧草に対するカンガイ効果を図1-2に示す。図中、緯度の高い北方地域ほど水分感度が高く、カンガイ効果が顕著なことがわかる。

以上より、筒井（FAO）らは1990年を目標とする世界のカンガイ開発を次のように算定している。

新規開発	2,200万ha
現況施設改良	4,500万ha
排水整備	7,800万ha
水資源開発	4,400億m ³

* 国際協力事業団農業水産計画調査部農林水産技術課

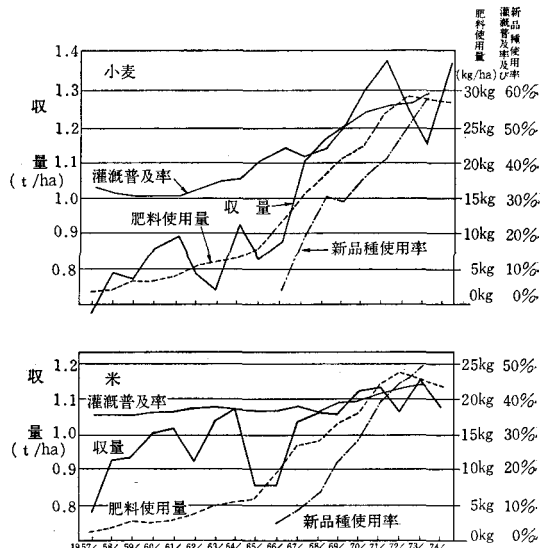


図1-1 インドにおける「緑の革命」(米と小麦の比較)

必要投資額 980億米ドル

この目標値を地域別に示したものが表1-1である。これによると、今後ともアジア地域のカンガイ開発が中心を占める中で、アフリカ東北部および中東のシエアが高まるものと予想されている。

2. カンガイ方式の分類

水田カンガイについては、わが国と大きく異なるところはないので、ここでは、主として乾燥地域でのカンガイ方式について分類し概説する。(ただし、熱帯地域の水田カンガイについて若干記述すると、熱帯に多く見られる掛流しカンガイの効用がある。これらの地域では、単に基盤整備の不備から掛流しが多用されるのではなく、水田貯留方式による高温障害が大きいことが一因となっているので、不用意に貯留方式を導入することのないよう留意すべきである。)

(1) 水盤カンガイ

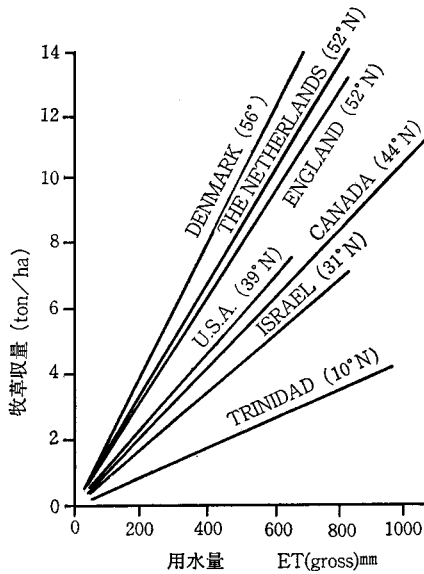


図1—2 牧草に対するカンガイ効果

中近東に多く見られる従来からのカンガイ法で、小規模な菜園等を対象にケイハンで囲み間断的にタン水貯留して浸透させる方式である。構造上、大規模栽培に適さ

ないほか、土水路、ケイハンからの漏水ロスが大きく、また地下水位の上昇をうながして water logging の原因ともなっている。

(2) うね間カンガイ

近代的な地表カンガイ方式の中では、もっとも多用されている方式である。比較的平坦な地形で整地土工量が少なく、土壌の浸入能（インタークレート）が小さく、根群域土層が厚く、区画が大きい等々の条件が備わっている場合には、カンガイ効率が高いが、そうでない場合には上流端付近での浸透損失が大きい。

事例として、ソ連のウズベクでは棉を対象に、うね長80~100m、うね間隔50~60cmとし、1うねおきに1回80~100mm（800~1000m³/ha）の水量を供給し、1作期のカンガイ回数は開花前2回、開花から成熟期の間、4~5回程度のカンガイを行っている。

なお、一般に各うね間に交互にカンガイすることでカンガイ水量を減ずる効果はほとんどなく、例えば作物による地表被覆率60%以下の場合や、カンガイによる湿地地面積が30%以下の場合でわずかに5%減程度とされている。

(3) ボーダーカンガイ（またはコルゲーションカンガイ）

表1—1 カンガイ改良目標、1975~1990年

地 域	1975年現況カンガイ支配面積	部分改良事業			全面改良事業			合 計	
		面積	単 位	投資額	面積	単 位	投資額	面積	投資額
	(1000ha)	(1000ha)	(米ドル/ha)	(百万米ドル)	(1000ha)	(米ドル/ha)	(百万米ドル)	(1000ha)	(百万米ドル)
アフリカ（東北部を除く）									
サハラ北部	740	148	400	59	74	900	67	222	126
サハラ南部	1870	374	400	150	187	900	168	561	318
小 計	2610	522		209	261		235	783	444
中 南 米									
中米およびメキシコ	4000	800	300	240	800	800	640	1600	880
カリブ海諸国	810	162	300	49	162	800	130	324	179
南 米	6939	1387	200	277	1387	600	770	2774	1047
小 計	11749	2349		566	2349		1540	4698	2106
中 近 東									
アフリカ東北部	4740	1422	500	711	948	900	853	2370	1564
中 東	12365	4946	500	2473	2473	900	2226	7419	4699
小 計	17105	6368		3184	3421		3079	9789	6263
ア ジ ア									
アジア南部	49666	14900	300	4470	9933	700	6953	24833	11423
東南アジアおよび極東	10856	2714	300	814	2171	700	1519	4885	2333
小 計	60522	17614		5284	12104		8472	29718	13756
開 発 途 上 国 計	91986	26853		9243	18135		12556	44988	22569

うね間法と同じ方式であるが、地形により等高線沿いにうねをもうける。塩類集積のおきやすい地区では、うね間法よりも秀れているとされる。また作物により、うね間法とボーダー法の使い分けをすることがあるが、例えば、カリフォルニアでは、棉、レタス等にうね間法を、小麦やアルファルファにはボーダー法を採用している。

(4) ドリップ（点滴）カンガイ

地表定置または地中埋設のプラスチックパイプにとりつけた点滴ノズルを通じて、連続的に少量のカンガイ水を根群域にのみ供給する方式で、カンガイ効率が高く、また連続給水のため塩害が起りにくい。適用作物としては、落葉果樹、砂糖キビ、バナナ、野菜類がある。

ドリップカンガイは、その方式上、作物が圃場の全面積を被覆しているようなケースでは節水効果がないが、例えば被覆率30%の若い果樹で、蒸発量の大きい砂地において、カン水量を60%減じたとする例もある。

(5) スプリンクラーカンガイ

一般に土層が浅く整地土工量が大い地区や、インタークレートの大きい土壤に適するが、例えば風速5m以上では、散逸ロスが15%にも及ぶことから、強風地域には不適とされている。

乾燥地域では根群域が深いことから、わが国のカンガイに比して1回あたりのカン水量が多く間断日数が長い。また、カンガイ水の塩分濃度が高い場合には、特にカンキツ類に葉焼け現象を生じることがあるので、このような場合は小型低角度の樹下式スプリンクラーを採用する。

スプリンクラーカンガイは、浸透ロスが小さいので、カンガイ効率が良いが、反面リーチング効果が小さく、したがってリーチングのため定期的に十分な水量を与え

る必要がある。

(6) 地中カンガイ

カンガイ水、土壤あるいは地下水のいずれに起因するかを問わず、地表またはその付近に塩類が集積しやすい。また不透水層と排水の両方を必要とする矛盾もあるため、塩類集積地では採用できない。

3. カンガイ用水量の実態

カンガイ用水量の実態は、地理、気象、作目、営農等非常に多岐にわたる条件によって様々であり、これらの諸条件の組合せによって用水量を理論的に算定する手法については、後述するが、ここでは、各国の作目毎のカンガイ用水量の例を紹介する。

まず水稻作の用水量について各国での事例を示すと表1-2のごとくである。これらの数値は各地区の必要水量を比較的正しく把握していると考えられるが、中原によれば、東南アジアおよびインド、パングラデシュ等では、つい最近まで例えば“1 l/sec/ha”の如き用水量が常用されていたきらいがあり、必然的に用水不足を来たす例が多かった。中原が便宜的な目安として各国の最近における計画採用値を l/sec/ha 表示で調べた結果は、図1-3のとおりであり平均値1.55 l/sec/ha となっている。これらの地域の気象条件を考慮し、わが国で一般にいわれている2 l/sec/ha 等と比較すると、なお過小な計画値であるように思われる。

次に畑作物に対する用水量の事例として、表1-3にインドにおけるデータを示す。また、フランスやアメリカでは、畑作物全般に対する用水量として、0.6~0.8 l/sec/ha が目安となっている。この他に、フランスのデュランス地方での肥培カンガイでは1.0~1.25 l/sec/ha、ニース地方の花では0.2 l/sec/ha の値が採用されてお

表1-2 水田用水量の事例

国名	Project名	雨期/乾期の別	シロカキ用水量 (mm)	垂直浸透 (mm/day)	蒸発散 ET (mm/day)	作付日数(日) (シロカキ除く)	全用水量 (mm) (シロカキ含む)
マレーシア	—	乾	190	1	5.9	142	1344
“	—	雨	150	1	4.6	132	976
スリランカ	(乾燥地帯標準値)	乾	170	7	6.5	130	1910
“	“	雨	170	7	3.3	120	1545
インドネシア	タジム	乾	180	7.7	4.8	—	1146
“	“	雨	180	8.5	4.0	—	1084
ラオス	タゴン	乾	150	11.4	9.6	—	1779
カンボジア	チニット河	雨	100	12.7	5.7	—	1520
“	サンポール	雨	150	9.4	6.6	—	1130
インド	ダンダカラニア	乾	150	7.6	—	—	1126
トリシダード	ナリバ	乾	200	9.0	3.9	—	1085
“	“	雨	200	8.5	3.4	—	1038
インドネシア	シルボン	乾	268	8.1		120	1240
“	“	雨	237	5.0		120	837

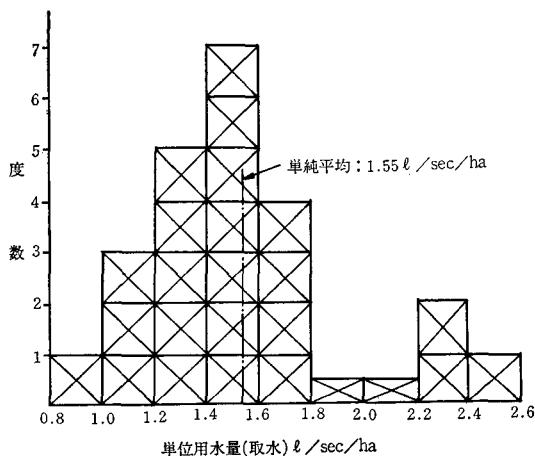


図1-3 単位用水量の事例

表1-3 畑作用水量 (Hyderabad における作物別用水量)

作物	生育日数	用水量 m ³ /ha	
		総合計	1日当り
ワタ	202	10,700	53
スイトウ	98	10,600	109
ジャガイモ	88	6,800	76
トウモロコシ	100	4,550	46
コムギ	88	3,750	43
エンバク	88	3,700	41
オオムギ	88	3,600	41
エンドウ	88	3,000	35

り、またイタリアの牧草では0.9~2.0l/sec/ha、等の数値がある。

また、パリ周辺を1.0とした場合、地中海沿岸では1.33倍、北アフリカでは2.0倍とする目安値等もある。

4. カンガイプロジェクトの規模

現在、世界中で事業が実施あるいは計画されているカンガイプロジェクトの規模については、文字どおり千差万別ではあるが、中原によれば、主として資金源の面からある程度の規模分類ができるようである。また、国際協力事業団がこれまでに実施したカンガイ開発調査の実績等をあわせて示すと表1-4のごとくである。

表1-4 カンガイプロジェクトの規模

資金源等	最小	単平均純値	最大
二国間供与	ha	ADBの ¹ / ₁₀ ha	ha
A D B 資金	1000末	11,000	70,000
世銀資金	20,000~30,000	A D Bの10倍	400,000
J I C A開発調査	1,300	18,400	248,000

なお、中原は、カンガイプロジェクトの総支配面積 (Gross) と純受益面積 (Net) の比率について調査した結果、Net の Gross に対する比がほぼ55%から90%以上に分布し、平均値はほぼ75%であると報告し、一般的な傾向として、小規模で開発の進んだプロジェクト程、この比率が高く(80%~90%以上)また大規模で開発の進んでいないプロジェクトでは低い(60%代ないし55%程度)点を指摘している。

5. 末端用水路の実態

カンガイ用水路の呼称については一定の基準があるわけではないが、一般に

幹線用水路	Main Canal
2次水路	Secondary Canal
3次水路	Tertiary Canal
圃場内水路	On-farm Ditch

の呼称が用いられることが多い。それぞれの呼称に対する水量規模も国により異なるが、例えばオランダのコンサルタント NEDECO がタイ国の Northern Chao Phya で用いた分類では、幹線用水路10m³/s 以上、2次水路3~10m³/s、3次水路1~3m³/s、圃場内水路1m³/s 未満となっている。

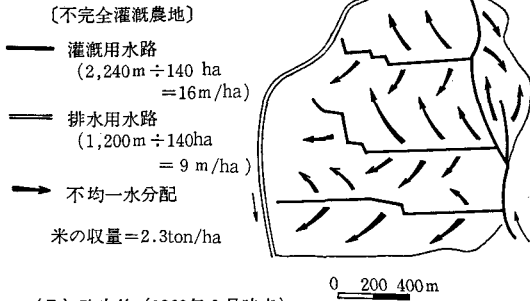
これらの各用水路のうち、末端用水路は、圃場内水路のみか、あるいは3次水路を含むかも、案件により議論の分れるところであるが、参考までに各国における水路密度の事例を表1-5に示す。

これらは、いずれも比較的整備の進んだ例であるが、ADB資料によれば、東南アジアの水稲作地帯における末端水路密度の実態は14~15m/ha から30m/ha 程度とされており、圃場整備の完備した日本等での密度100~120m/ha に比して著しく低い値を示している。ADBが東南アジアの圃場区画の小さい水田を対象にもうけた

表1-5 水路密度の事例

地区名	インドネシア			マレーシア	タイ			スリランカ
	ナタール	アジジャヤ	カラエンダ	ムダ	サバヤ	チャナスル	ノンワイ	デワフワ
末端水路密度	4次用排兼用 86/ha	同左 45m/ha	同左 195m/ha	2次用水路 10m/ha	62.8m/ha	32.4m/ha	55.1m/ha	幹線以外 36.8m/ha

(A) 改良前 (1968年4月時点)



(B) 改良後 (1969年6月時点)

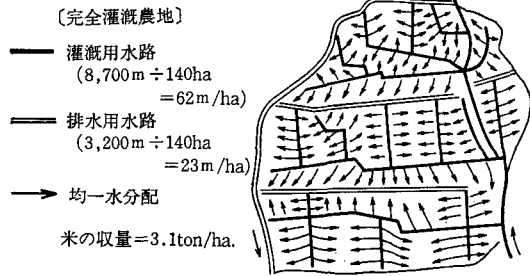


図1-4 フィリピン, アンガット・パイロット計画

展示地区では60m/haを採用しているが、これらが、今後の末端水路整備, したがって良好な水管理の一応の目安となろう。

図1-4に末端改良の事例を示す。

II 用水量算定手法

1. 各種用水量の定義

カンガイ用水量の算定にあたり, 「用水量」という用語には各種の使い方ががあるので, ここでは各種用水量を次のように定義付けることとする。

作物要水量 (consumptive use)

植物体乾物重量1grを生産するに要する水の量 (grまたはcc)であって, 以下に述べる用水量算定手順には直接関与しないが, 要水量は作柄に応じて増減し, また作期が長い程大きくなるので, 間接的な関わりをもつ。

換言すれば, 要水量は, 植物体とその作期全体を通じて蒸発散させる全水量を乾物単位重量当りで表示した植物生理的消費水量である。表2-1に水稻の要水量, 表2-2および2-3に各々温暖地方と乾燥地方の畑作の要水量を事例として掲げる。

作物用水量 (crop water requirement)

表2-1 水稻の要水量

— 乾物増加量および蒸散量は1ポットあたり—

	品 種	作 期	移植—成熟 日 数(X)	同 左 期 間 乾物増加量	蒸 散 量	要水量(Y)
松 島 ・ マ レ ー シ ア	Pebifun	Off (1960)	96日	273g	123,598g	453
	〃 Radin	main (1960)	87	139	55,751	401
	China 4	〃	121	201	122,760	611
	Seraup 50	〃	154	206	157,814	766
村 上 ・ セ イ ロ ン	Pachchaiperumal 2462	Maha (1964~65)	79日	49.7g	15,120g	305
	Murunga 307	〃	79	55.5	17,320	312
	H-4	〃	105	80.5	27,071	336
	Murungakayan 302	〃	103	79.7	27,183	341
	Podiwee-a 8	〃	135	98.7	43,002	435
	Ptb-16	〃	136	107.9	47,506	440
セ イ ロ ン	Pachchaiperumal 2462	Yala (1965)	79	49.5	22,080	445
	Murunga 307	〃	81	48.2	18,338	380
	H-4	〃	116	84.4	38,188	452
	Murungakayan 302	〃	121	79.8	39,030	490
	Remadja	〃	128	89.0	48,295	530
	Sigadis	〃	128	87.0	49,600	570

表 2-2 畑作物の要水量 (温帯)

ド イ ツ		フ ラ ン ス	
作 物 名	要水量	作 物 名	要水量
小 麦	399	とうもろこし	216
ラ イ 麦	353	カ ラ ス 麦	250
カ ラ ス 麦	402	菜 種	263
そ ら 豆	283	牧 草	438
菜 種	329		
え ん ど う	290		
赤 つ め 草	330		

表 2-3 Briggs (colorado U. S. A における) による作物別要水量

作 物	要水量	作 物	要水量
アルファルファ	1068	オ オ ム ギ	539
カ ボ チ ャ	834	コ ム ギ	507
エ ン ド ウ	800	ジ ャ ガ イ モ	448
ラ イ	724	ナ タ ネ	441
スイートクロバー	709	テ ン サ イ	377
ワ タ	646	トウモロコシ	369
エ ン バ ク	614	モ ロ コ シ	306
ソ バ	578	ア ワ	275

通常、一般畑作物の場合 ET_{crop} (蒸発散量, evapotranspiration) で表示される水量で、主として気象因子と作期等から算定され、mm/日あるいは m^3 /月等であらわされる。

水稲作の場合は、この ET_{crop} の他に地下浸透量を加算されたものが作物用水量となる。また期別計算のうち、シロカキ用水量については別途に算定されることになる。

純用水量 (Net duty of water)

前述の作物用水量から圃場での降雨その他利用可能水量を差引いた水量で作物用水量同様、mm/日あるいはmm/月等で表示される。

圃場での利用可能水量の大半は降水量であるが、その他に毛管上昇による地下水からの供給量および作付初期における土中残留水分等がある。

なお、水田における還元水の反復利用は、便宜的に、地区用水量に組み入れることとする。

地区用水量 (Gross duty of water または Project irrigation requirement)

純用水量にカンガイ効率を乗じて求められる水量である。この場合、水田では、反復利用量を加味した形でカンガイ効率を考慮する必要がある。

また、乾燥地の特に畑作物等の場合、リーチング水量を見込む必要があるが、これは乾燥地の農地で高い蒸発散の結果土中に集積した塩類およびカンガイ水により搬

入された塩類を根群域土層から洗いながすために必要な水量である。詳しくは後述するが、例えば作物用水量 $ET=1065mm/作$ の棉の場合、240mm/作のリーチング水量をみるみないで、作柄が25%違ってくると、長年月の間には、塩類集積により作柄が急速に低下し、ついには、耕作を放棄する等が一例である。

2. 作物用水量決定の諸手法

作物用水量 ET_{crop} を決定するには実際の圃場条件下で実測するのがのぞましいが、多くの開発途上国では種々の制約要因のため、これによりがたい場合が多いことから、主として気象観測データにもとずいて作物用水量を決定するいくつかの手法が世界的に用いられている。

以下にその代表的な手法として、4例を概説するが、いずれの手法でも基本的な考え方は、次式で表わされる。

$$ET_{crop} = Kc \cdot ET_0 \dots\dots\dots (2 \cdot 1) \text{ 式}$$

ここに ET_{crop} : 作物用水量 (mm/日), (m^3 /月) 等

Kc : 作物係数で、作物により、また生育時期等により異なる

ET_0 : 基準蒸発散量 (mm/日, m^3 /月等)

で、「水供給が十分であることによって活発に生育し完全に地表面を被覆した8~15cmの均一な高さの牧草からなる広い圃場で得られる蒸発散量」と定義される。

ここで、 Kc は、どの手法にも共通の値が適用されるので、各手法による ET_{crop} の差異は、 ET_0 の算定手法の違いによって生じる。

(1) 修正ペンマン法 (Modified Penman Method)

1948年イギリスで開発された手法で、気温、日射量等に着目した手法である。

$$ET_0 = C \cdot [W \cdot Rn + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)] \dots\dots\dots (2 \cdot 2) \text{ 式}$$

ここに C : 昼間と夜間の風速の違い、その他諸要素を考慮した補正係数

W : 標高と平均気温から決まる定数

Rn : 熱放射を水分蒸発量 (mm/月) に換算した値

$f(u)$: 風速 u の関数

$ea-ed$: 平均気温における飽和蒸気圧と通風乾湿計による当該日の蒸気圧の飽差 (mbar)

(2) ブラニークリドル法 (Blaney-Criddle Method)

1950年、米国西部の乾燥地帯に適するよう開発された手法で次式で、気温に主眼をおいた手法である。

$$ET_0 = C [p(0.46T + 8)] \dots\dots\dots (2 \cdot 3) \text{ 式}$$

ここに C : 相対湿度、日照時間、昼間風速から得られる補正係数

P : 緯度別、月別による昼時間率

T : 日平均気温

(3) 日射量法 (Radiation Method)

1957年 Makkink により開発された手法である。

$$ET_0 = C(W \cdot Rs) \dots\dots\dots (2 \cdot 4) \text{ 式}$$

ここに C : 平均温度と昼間風速による補正係数

W : 気温と標高に応じた重力係数

Rs : 日射量を水分蒸発量 (mm/日) に換算した値

(4) 計器蒸発量法 (Pan Evaporation Method)

蒸発散を実測する方法で、通常、アメリカクラスAパンと呼ばれる直径121cm、深さ25.5cm のものを用い次式を適用する。

$$ET_0 = Kp \cdot Epan \dots\dots\dots (2 \cdot 5) \text{ 式}$$

ここに Kp : 相対湿度、風速、植生等による補正係数

Epan : 蒸発散量の実測値

その他にも、Thornthwaite 法、Jensen & Haise 法、Turc 法、Hargreaves 法等があるが、上記の修正ペンマン法等4手法は、FAOが推奨している手法である。

これら4手法の精度について、一般に気象条件の年変動を考慮した場合、熱帯多湿地帯で10%程度、円陸性気候地帯で25%未満の誤差を想定する必要があるが、FAOによれば、修正ペンマン法の精度がもっとも良く、夏期では±10%の誤差、蒸発量の小さい条件下では20%未満の誤差とされている。次いで精度のよいのは、計器蒸発量法で誤差率15%程度(ただしパンの設置位置が適正であれば)、また3番目には好条件下の日射量法で夏期に20%未満の誤差率といわれ、プラニークリドル法は1ヶ月以上の気象データ入手可能な場合のみ適用すべきとされている。

インドネシアのカンピリ地区における水稻の蒸発散量算定例では、修正ペンマン法 4.7~8.0mm/日
日射量法 4.5~7.8mm/日
プラニークリドル法 3.8~6.8mm/日
となっており、これに水稻の期別作物係数 Kc を乗じたものが ETcrop であり、これに地下浸透量を加算して作物用水量が得られる。

Ⅲ 各種用水量の算定手順

1. 前提条件

前提条件のとおり、気象データにもとずいて作物用水量を

求める手法が世界的に一般化しており、この作物用水量から降雨等を減じて純用水量が、さらに純用水量にリーチング用水を加味しカンガイ効率を乗ずることによって地区用水量が得られるが、これを式で表わすと次のようになる。

$$V_i = \frac{10}{E_p} \sum_i \left[\frac{I_n \cdot A}{1 - LR} \right]_i \dots\dots\dots (3 \cdot 1) \text{ 式}$$

ここに Vi : 地区用水量で期別 (m³/月等)あるいは1作当り、年間等で算定

Ep : カンガイ効率

In : 当該作物の当該作期の純用水量 (mm/月)

A : カンガイ面積 (ha)

LR : リーチング必要率

施設規模は上式により期別に算定した Vi のうち最大値 Vmax により決定される。

以下に、基準蒸発散量 ET0 をもっとも精度がよいとされる修正ペンマン法により求め、順次各種用水量を算定していく手順を、FAO資料("Crop Water Requirement" ——No24, 1977) の図表等を中心に具体的に述べることにする。

なお算定の過程でしばしば用いられる気象要素について、そのランク付けを次のとおり定義するものとする。

平均気温	$T_{mean} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$
	>30℃ 暑気
	<15℃ 寒冷

作物係数に対する最小相対湿度 RHmin	通常、日中14~16時の最小値をとる。
	>70% 湿潤
	<20% 乾燥

風速	
< 2 m/s または <175km/日	微風(感じる程度)
2~5 " または175~425 "	弱風(小枝がゆれる)
5~8 " または425~700 "	強風(ほこりがたつ)
> 8 " または>700 "	暴風(水面が波立つ)

日射=10日間中の曇天日数	
> 5 日	日射低
2~5 "	" 中
< 2 日	" 高

表 3-1 ea の 決 定

Temperature °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ea mbar	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	14.0	15.0	16.1	17.0	18.2	19.4	20.6	22.0
Temperature °C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
ea mbar	23.4	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9

表3-2 ed の 決 定

乾 球 T°C	乾湿差 T°C 標高0-1000m											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
40	73.8	64.9	56.8	49.2	42.2	35.8	29.8	24.3	19.2	14.4	10.1	6.0
38	66.3	58.1	50.5	43.6	37.1	31.1	25.6	20.5	15.8	11.4	7.3	
36	59.4	51.9	44.9	38.4	32.5	26.9	21.8	17.1	12.7	8.6	4.9	
34	53.2	46.2	39.8	33.8	28.3	23.2	18.4	14.0	10.0	6.2		
32	47.5	41.1	35.1	29.6	24.5	19.8	15.4	11.3	7.5	4.0		
30	42.4	36.5	30.9	25.8	21.1	16.7	12.6	8.8	5.3			
28	37.8	32.3	27.2	22.4	18.0	14.0	10.2	6.7	3.4			
26	33.6	28.5	23.8	19.4	15.3	11.5	8.0	4.7	1.6			
24	29.8	25.1	20.7	16.6	12.8	9.3	6.0	2.9				
22	26.4	22.0	18.0	14.2	10.6	7.4	4.3	1.4				
20	23.4	19.3	15.5	12.0	8.7	5.6	2.7					
18	20.6	16.8	13.3	10.0	6.9	4.1	1.4					
16	18.2	14.6	11.4	8.3	5.4	2.7						
14	16.0	12.7	9.6	6.7	4.0	1.5						
12	14.0	10.9	8.1	5.3	2.8							
10	12.3	9.4	6.7	4.1	1.7							
8	10.7	8.0	5.5	3.1	0.8							
6	9.3	6.8	4.4	2.1								
4	8.1	5.7	3.4	1.6								
2	7.1	4.8	2.8	0.8								
0	6.1	4.0	2.0									

乾 球 T°C	乾湿差 T°C 標高1000-2000m											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
40	73.8	65.2	57.1	49.8	43.0	41.8	31.0	25.6	20.7	16.2	12.0	8.1
38	66.3	58.2	50.9	44.1	37.9	36.7	26.8	21.8	17.3	13.2	9.2	5.7
36	59.4	52.1	45.2	39.0	33.3	32.1	23.0	18.4	14.3	10.4	6.8	3.5
34	53.2	46.4	40.1	34.4	29.1	24.1	19.6	15.4	11.5	8.0	4.6	1.5
32	47.5	41.3	35.5	30.2	25.3	20.7	16.6	12.6	9.1	5.8	2.6	
30	42.4	36.7	31.3	26.4	21.9	17.7	13.8	10.2	6.9	3.8	0.9	
28	37.8	32.5	27.5	23.0	18.9	14.9	11.4	8.0	4.9	2.1		
26	33.6	28.7	24.1	20.0	16.1	12.5	9.2	6.0	3.2	0.5		
24	29.8	25.3	21.1	17.2	13.9	10.3	7.2	4.3	1.6			
22	26.4	22.3	18.3	14.3	11.5	8.3	5.5	2.7	0.2			
20	23.4	19.5	15.9	12.6	9.5	6.6	3.9	1.3				
18	20.6	17.1	13.7	10.6	7.8	5.0	2.5	0.1				
16	18.2	14.9	11.7	8.9	6.2	3.6	1.3					
14	16.0	12.9	10.0	7.3	4.8	2.4	0.3					
12	14.0	11.2	8.4	5.9	3.6	1.4						
10	12.3	9.6	7.0	4.7	2.6	0.4						
8	10.7	8.2	5.8	3.7	1.6							
6	9.3	7.0	4.8	1.8	0.7							
4	8.1	6.0	3.8	1.0								
2	7.1	5.0	2.9									
0	6.1	4.1	2.1									

2. 基準蒸発散量 ET_0 (修正ペンマン法による)

$$ET_0 = C[W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)] \dots \text{前掲}$$

(1) 飽差 $(ea - ed)$

平均気温 T_{mean} 時における飽和蒸気圧 ea を表 3-1 から、また通風乾湿計による現在の蒸気圧 ed を表 3-2 から読み、その差を算定する。

計算例

標高 0 m, T_{max} 35℃, T_{min} 22℃, 乾球示度 24℃, 湿球示度 20℃ の場合;

$$T_{mean} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} = 28.5℃$$

28.5℃ に対する ea は表 3-1 より 38.9 mbar

乾球示度 24℃, 乾湿差 $24 - 20 = 4℃$ に対する ed は表 3-2 より 20.7 mbar

$$\therefore ea - ed = 38.9 - 20.7 = 18.2 \text{ mbar}$$

(2) 風速 n の関数 $f(u)$

日風速 (km/日) に応じた $f(u)$ 値を表 3-3 から読み、地表面からの観測高に応じて表 3-4 で補正する。

計算例

地表面 3 m で観測した風速が 250 km/日の場合;

表 4-3 より $f(u) = 0.94$

表 4-3 より補正係数 0.93 $\therefore 0.94 \times 0.93 = 0.87$

(3) 標高と平均気温の定数 (W)

表 3-5 から読みとる

計算例

標高 0 m, T_{max} 35℃, T_{min} 22℃ の場合;

$T_{mean} = 28.5℃$ に対する W 値は表 3-5 より 0.77

(4) 熱放射量 (R_n)

熱放射量 R_n は、大気圏外における太陽熱放射量 R_a (表 4-6) をベースにし、地上に到達する熱放射量 R_{ns} (表 3-7) から長波逆放射量 R_{nl} (表 3-8, 9, 10) を減じた値として求められる。この場合、緯度と季節に応じた各地の日照時間 N (表 3-11) と実際の日照時間 n との比率が加味される。 R_n の単位は蒸発量 (mm/日) に換算する。

表 3-3 $f(u)$ の 決 定

Wind km/day	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	—	.30	.32	.35	.38	.41	.43	.46	.49	.51
100	.54	.57	.59	.62	.65	.67	.70	.73	.76	.78
200	.81	.84	.86	.89*	.92	.94	.97	1.00	1.03	1.05
300	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19	1.21	1.24	1.27	1.30	1.32
400	1.35	1.38	1.40	1.43	1.46	1.49	1.51	1.54	1.57	1.59
500	1.62	1.65	1.67	1.70	1.73	1.76	1.78	1.81	1.84	1.90
600	1.89	1.92	1.94	1.97	2.00	2.02	2.05	2.08	2.11	2.15
700	2.16	2.19	2.21	2.24	2.27	2.29	2.32	2.35	2.38	2.40
800	2.43	2.46	2.48	2.51	2.54	2.56	2.59	2.62	2.64	2.65
900	2.70									

表 3-4 $f(u)$ の 補 正

地表面からの観測高 (m)	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
補 正 係 数	1.35	1.15	1.06	1.00	0.93	0.88	0.85	0.83

表 3-5 W の 決 定

Temperature. °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
標高 m																				
0	0.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77*	.78	.80	.82	.83	.84	.85
500	.44	.48	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.67	.70	.72	.74	.76	.78	.79	.81	.82	.84	.85	.86
1000	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.80	.82	.83	.85	.86	.87
2000	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88
3000	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88	.89
4000	.54	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.89	.90	.90

表 3-6 Ra の 決 定

緯度	北 半 球											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
50°	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48	4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7
46	4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7
42	5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2
40	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
38	6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1
36	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6
34	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32	8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8
30	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8*	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8
26	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7
22	10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
18	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
16	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
4	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
緯度	南 半 球											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
50°	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
34	17.8	16.1	12.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

表3-7 換算率の決定

n/N	0.0	.05	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.0
$(1-\alpha)(0.25 + 0.50n/N)$	0.19	.21	.22	.24	.26	.28	.30	.32	.34	.36	.37	.39	.41	.43	.45	.47	.49*	.51	.52	.54	.56

表3-8 f(T) の決定

T°C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$f(T) = \alpha TK^4$	11.0	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3*	16.7	17.2	17.7	18.1

表3-9 f(ed) の決定

ed mbar	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$f(ed) = 0.34 - 0.044\sqrt{ed}$	0.23	.22	.20	.19	.18	.16	.15	.14	.13*	.12	.12	.11	.10	.09	.08	.08	.07	.06

表3-10 f(n/N) の決定

n/N f(n/N) =	0	.05	.1	.15	.2	.25	.3	.35	.4	.45	.5	.55	.6	.65	.7	.75	.8	.85	.9	.95	1.0
$0.1 + 0.9n/N$	0.10	.15	.19	.24	.28	.33	.37	.42	.46	.51	.55	.60	.64	.69	.73	.78	.82*	.87	.91	.96	1.0

表3-11 N の決定

北半球	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
南半球	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June
緯度50°	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9*	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

計算例

カイロ（北緯30度，標高95m）7月の平均気温 T_{mean} 28.5°C，実際の蒸気圧 ed 20.7mbar，平均日照時間 n 11.5hr/日の場合；

R_a は表3-6より16.8mm/日， N は表3-11より13.9hrだから $\frac{n}{N} = 0.83$ 。 R_{ns} は表3-7より $0.5R_a = 8.4$ mm/日。また R_{ni} は表3-8，9，10より $16.4 \times 0.13 \times 0.85 = 1.8$ mm/日

$\therefore R_{nn} = R_s - R_{ni} = 8.4 - 1.8 = 6.6$ mm/日

(5) 補正係数 (C)

太陽熱放射量 R_a が地上に到達した際，地表の植生等によって逆放射される短波の熱量を減じた値が前掲 R_{ns} となるが，減ずる前の値 R_s は，次式より計算される。

$R_s = (0.25 + 0.5n/N)R_a \dots \dots \dots (3 \cdot 2)$ 式

補正係数 C は，この R_s の他に，日最高相対湿度 RH_{max} ，昼間風速および昼・夜間風速比率の組合せを考慮した補正係数で表3-12に示される。

計算例

カイロ，7月に RH_{max} 80%，昼間風速 $U_{day} = 3.2$ m/s，夜間 $U_{night} = 2.1$ m/s の場合：

$$(3.2) \text{ 式より } R_s = \left(0.25 + 0.5 \times \frac{11.5}{13.9}\right) \times 16.8$$

$$= 11.2 \text{ mm/日, } \frac{U_{day}}{U_{night}} = \frac{3.2}{2.1} = 1.5$$

∴表3-12により $C = 1.01$

(6) 基準蒸発散量 (ET_0)

上記(1)~(5)の各要素を用いて求められる

計算例

カイロ, 7月で $W = 0.77$, $R_n = 6.6$, $f(u) = 0.87$,
 $ea - ed = 18.2$, $C = 1.01$ の場合;

$$ET_0 = 1.01 [0.77 \times 6.6 + (1 - 0.77) \times 0.87 \times 18.2] \\ = 8.8 \text{ mm/日}$$

各気象要素の日平均値と前掲各表よりカイロにおける
 月別基準蒸発散量を求めると表3-13のとおりである。

表3-12 C の 決 定

R_s mm/day U_{day} m/sec	$RH_{max} = 30\%$				$RH_{max} = 60\%$				$RH_{max} = 90\%$			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
$U_{day}/U_{night} = 4.0$												
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.79	.84	.92	.97	.92	1.00	1.11	1.19	.99	1.10	1.27	1.32
6	.68	.77	.87	.93	.85	.96	1.11	1.19	.94	1.10	1.26	1.33
9	.55	.65	.78	.90	.76	.88	1.02	1.14	.88	1.01	1.16	1.27
$U_{day}/U_{night} = 3.0$												
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.76	.81	.88	.94	.87	.96	1.06	1.12	.94	1.04	1.18	1.28
6	.61	.68	.81	.88	.77	.88	1.02	1.10	.86	1.01	1.15	1.22
9	.46	.56	.72	.82	.67	.79	.88	1.05	.78	.92	1.06	1.18
$U_{day}/U_{night} = 2.0$												
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.69	.76	.85	.92	.83	.91	.99*	1.05*	.89	.98	1.10*	1.14*
6	.53	.61	.74	.84	.70	.80	.94	1.02	.79	.92	1.05	1.12
9	.37	.48	.65	.76	.59	.70	.84	.95	.71	.81	.96	1.06
$U_{day}/U_{night} = 1.0$												
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.64	.71	.82	.89	.78	.86	.94*	.99*	.85	.92	1.01*	1.05*
6	.43	.53	.68	.79	.62	.70	.84	.93	.72	.82	.95	1.00
9	.27	.41	.59	.70	.50	.60	.75	.87	.62	.72	.87	.96

表-13 カイロにおける月別 ET_0

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_{mean} °C	14	15	17.5	21	25.5	27.5	28.5	28.5	26	24	20	15.5
RH_{mean}	65	65	63	50	45	50	55	57	60	64	68	68
n hours	7.4	8.0	8.9	9.7	10.8	11.4	11.5	11.1	10.4	9.6	8.6	7.5
U km/day	173	181	207	207	232	251	232	181	164	190	164	155
R_s mm/day	4.9	6.4	8.5	9.8	10.8	11.3	11.3	10.4	9.1	7.1	5.4	4.5
RH_{max} % (est)	95	95	95	70	65	70	75	80	80	90	95	95
U_{day} m/sec(ect)	2.5	2.5	3.0	3.0	3.3	3.5	3.3	2.5	2.3	2.5	2.3	2.3
c	0.9	0.95	1.02	1.0	1.0	1.0	1.01	1.01	1.01	0.95	0.93	0.93
ET_0 mm/day	2.7	3.8	5.0	7.0	8.9	9.4	8.8	7.6	6.1	4.8	3.2	2.3
mm/month	84	106	154	210	276	282	273	236	183	149	96	71

表3-14 農業気象地域差による基礎用水量 (ET_0 , mm/day) の変化

地 域	<10°C 20°C >30°C		
	(寒冷)	(温和)	(暑気)
熱 帯			
湿 潤 地	3~4	4~5	5~6
半 湿 潤 地	3~5	5~6	8~7
や や 乾 燥 地	4~5	6~7	8~9
乾 燥 地	4~5	7~8	9~10
亜 熱 帯(夏降雨型)			
湿 潤 地	3~4	4~5	5~6
半 湿 潤 地	3~5	5~6	6~7
や や 乾 燥 地	4~5	6~7	7~8
乾 燥 地	4~5	7~8	10~11
温 暖 地 帯			
温 潤-半 湿 潤 地	2~3	3~4	5~7
や や 乾 燥-乾 燥 地	3~4	5~6	8~9

この表でわかるとおり、修正ペンマン法により ET_0 を求めるために実測を要する気象要素は

- 平均気温 T_{mean} (°C)
- 平均相対湿度 RH_{mean} (%)
- 平均日照時間 n (hrs)
- 平均風速 u (km/日)
- 平均最大相対湿度 RH_{max} (%)
- 平均昼間風速 U_{day} (m/s)

であり、これらはいずれも通常の気象観測施設で容易に得られるデータである。

なお、修正ペンマン法により試算された基準蒸発散量の地球上各地域における概略の傾向を表3-14に示す。

3. 作物係数 K_c

前述のとおり作物係数 K_c の値は、修正ペンマン法その他の諸手法に共通した値が用いられる。 K_c 値は作物の種類、作付時期、生育段階等に応じて変化し、特に作物の生育初期には、発芽に対する必要量および地表面蒸発が大きいことから慎重に検討する必要がある。

(1) 一般畑作物の K_c

通常、作期を作付直後、生育前期、生育後期、収穫前の4期に区分し期毎に異なる K_c を用いる。

作付直後の K_c は、この時期の ET_0 と図3-1から求める。例えば、作付直後の ET_0 が8.4mm/日で7日間断のカンガイの場合、 $K_c=0.35$ となる。

次に生育後期(作物による地表面被覆率70~80%以上以降、葉が黄ばむまで)および収穫前の K_c を各々表3-15から読みとる。なお表3-15には湿度および風速が関係している。

次に、表3-16より作物毎に4期間の各々の日数を読みとり、以上を図3-2に示すごとく図化する。

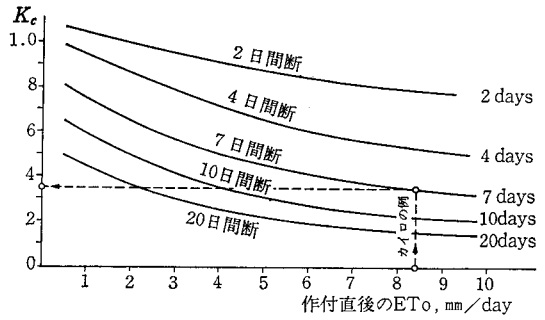


図3-1 作付直後の K_c

表3-15 一般畑作物の K_c (第3, 第4期)

作物名	作期	湿度 $RH_{min} > 70\%$		湿度 $RH_{min} > 20\%$	
		月速 0~5m/s	5~8m/s	0~5m/s	5~8m/s
棉	3rd	1.05	1.15	1.2	1.25
	4th	0.65	0.65	0.65	0.7
メロン	3	0.95	0.95	1.0	1.05
	4	0.65	0.65	0.75	0.75
ピーナツ	3	0.95	1.0	1.05	1.1
	4	0.55	0.55	0.6	0.6
馬れい薯	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	0.7	0.7	0.75	0.75
ソルガム	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	0.5	0.5	0.55	0.55
大豆	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	0.45	0.45	0.45	0.45
甜菜	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	0.9	0.95	1.0	1.0
トマト	3	1.05	1.1	1.2	1.25
	4	0.6	0.6	0.65	0.65
小麦	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	0.25	0.25	0.2	0.2

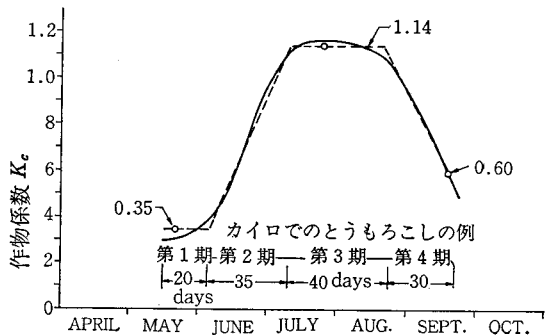


図3-2 期別 K_c 算定のための基本グラフ (例)

表3-16 期別所要日数

作物名	地域等	作付期	作期毎の日数				延日数
			第1期	第2期	第3期	第4期	
麦類	中央インド	11月	15日	25日	50日	30日	120日
	韓国	11	20	25	60	30	135
	東アフリカ高地	7	15	30	65	40	150
ピーナッツ	西アフリカ	乾期	25	35	45	25	130
とうもろこし	東アフリカ高地	春秋	30	50	60	40	180
	温帯砂漠	春秋	25	40	45	30	140
	ナイジェリア	6	20	35	40	30	125
	インド	10					
	スペイン南部	4	30	40	50	30	150
棉	エジプト	3					
	アラビア南部	9	30	50	60	55	195
	テキサス	春	30	50	55	45	180
馬れいしょ	温帯砂漠	年間	25	30	30	20	105
	半乾燥地	初夏	25	30	45	30	130
	ヨーロッパ中央	春	30	35	50	30	145
甜菜	レバノン海岸部	11	45	75	80	30	230
	ウルクァイ	初夏	25	35	50	50	160
	ウルクァイ	初春	30	45	60	45	180
ひまわり	地中海沿岸	春	25	35	45	25	130
	カルフォルニア	初夏	20	35	45	25	125
トマト	温帯砂漠	年間	30	40	40	25	135
	地中海沿岸	春	30	40	45	30	145

この図によって、必要な月別あるいは旬別等の K_c を求めることができる。

(2) 牧草の K_c

牧草の K_c は表3-17に示すごとく、湿度、風速と作期によって区分される。ここに刈取直後の K_c 値は土壌が乾燥している場合の値であるので、土壌が湿潤な場合はこの K_c 値を約30%増す必要がある。

(3) 水稲、陸稲の K_c

水稲、陸稲の K_c は表3-18に示すとおりで、世界各地の気象条件と作期により区分される。なお、陸稲の生育初期には、表に示す K_c 値を15~20%減ずるものとする。

4. 作物用水量 ET_{crop}

前述のとおり作物用水量 $ET_{crop} = K_c \cdot ET_0$ で求められるが、例えばタイの水稲、畑作、地中海地方での畑作に例をとると表3-19のような結果がでている。

実際に作物用水量を算定する場合、これまでに述べた諸要素の他にもいくつかの変動要因が考えられる。

まず第1に気象条件そのものの年変動があり、このため例えば熱帯多湿地では10%程度、内陸性気候地帯では

表3-17 牧草の K_c

	時 期	アルファ アルファ	かほん 科牧草	豆 科 牧 草	放牧地 青草
多 湿	中間期	0.85	0.8	1.0	0.95
	刈取直前	1.05	1.05	1.05	1.05
微風~弱風	〃 直後	0.5	0.6	0.55	0.55
	中間期	0.95	0.9	1.05	1.0
乾 燥	刈取直前	1.15	1.1	1.15	1.1
	〃 直後	0.4	0.55	0.55	0.5
強 風	中間期	1.05	1.0	1.1	1.05
	刈取直前	1.25	1.15	1.2	1.15
	〃 直後	0.3	0.5	0.55	0.5

25%程度、 ET_{crop} の年誤差が予想される。したがって ET_{crop} の決定にあたっては、10年以上の気象データを基にするのが理想的で、75~80%確率値あるいは4~5年確率値を用いるのが通例である。あるいは次の2条件をともに満すことで基準値を定めるケースもある。

① いかなる年にも必要量の50%を下まわらないこと

表 3-18 水稲, 陸稲の K_e

	移 植	刈 取	第1~ 第2日目	中 間 期	ラスト4週間
東南アジア雨期 微風~弱風	June-July	Nov-Dec	1.1	1.05	.95
強風			1.15	1.1	1.0
乾 期 微風~弱風	Dec-Jan	mid-May	1.1	1.25	1.0
強風			1.15	1.35	1.05
オーストラリア北部雨期 微風~弱風	Dec-Jan	Apr-May	1.1	1.05	.95
強風			1.15	1.1	1.0
オーストラリア南部乾期 微風~弱風	Oct	March	1.1	1.25	1.0
強風			1.15	1.35	1.05
南米多湿地雨期 微風~弱風	Nov-Dec	Apr-May	1.1	1.05	.95
強風			1.15	1.1	1.0
スペイン・南フランス・イタリア 乾期 微風~弱風	May-June	Sept-Oct	1.1	1.2	.95
強風			1.15	1.3	1.0
アメリカ合衆国多湿夏期(南部) 微風~弱風	May	Sept-Oct	1.1	1.1	.95
強風			1.15	1.15	1.0
乾燥夏期 微風~弱風	early-May	early-Oct	1.1	1.25	1.0
強風			1.15	1.35	1.05

表 3-19 ET_{crop} の事例

(単位 mm/月)

作物名	地域	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
水 稲	タイ国 中央平野	146	157	217	216	171	147	143	130	114	133	132	130	—
一般畑作	〃	96	104	143	144	115	99	93	87	78	90	90	87	—
とうもろこし	地中海 地方	—	—	—	120	150	240	240	—	—	—	—	—	mm/年 750
馬れいしょ	〃	—	—	45	120	120	120	120	120	—	—	—	—	645
ト マ ト	〃	—	—	90	100	120	180	180	180	—	—	—	—	850
さとう大根	〃	—	—	150	150	180	180	180	—	—	—	—	—	840

② 25年間トータルとして1作あたり必要量の150%以上の不足を生じないこと

いま1つ ET_{crop} に大きな影響を与えるものとして高すぎる地下水位があり、土壤毎に地下水位が次の目安よ

り高い場合には、 ET_{crop} の値を修正する必要があるとされる。

砂質土：根群域-20cm

粘質土：根群域-40cm

ローム：根群域-80cm

なお、水稻の場合は、 ET_{crop} +地下浸透量で作物用水量が決定されることは前述のとおりである。

5. 純用水量 I_n

純用水量 I_n は、次式で表わされる。

$$I_n = ET_{crop} - (P_e + G_e + W_b) \dots\dots(3 \cdot 3) \text{ 式}$$

ここに P_e ：降雨その他降水量

G_e ：毛管上昇による地下水からの供給量

W_b ：作付初期の土中残留水分

(1) 降雨等 (P_e)

降雨量とその有効率については種々の検討結果があるが、例えばメコン委員会では、メコン河流域のデータシミュレーションから図3-3を提唱している。

またFAOによれば、作物による地表面被覆率が低くかつ地表面が乾燥している場合、8mm/日以下は無効、25~30mm/日で有効率60%を一般的指標としている。降雨の有効率は当然 ET_{crop} の値によって期別によって異なるが、この点に着目して、USDA では表3-20をまとめた。表の下段に示す補正値は根群域の制限土層有効水分量如何で同一雨量でも有効率が異なることから、有効水分量75mmを標準として補正するための率である。

例えば降雨量100mm/月、 ET_{crop} 150mm/月、土層有効水分量175mmの場合、 $74\text{mm} \times 1.07 = 79\text{mm}$ すなわち有効率は79%となる。

また降雨量の確率値として通常1/4または1/5確率が採用されるが、特に発芽期等重要な作期には1/10確率が用いられることもある。

(2) 地下水からの供給 (G_e)

根群域からの地下水深度と土壌分類が供給量 G_e の決定因子となり、当該地区での土壌および土壌水分調査が不可欠であるが、一つの目安としてFAOは、図3-4を示している。

(3) 初期の土中残留水分 (W_b)

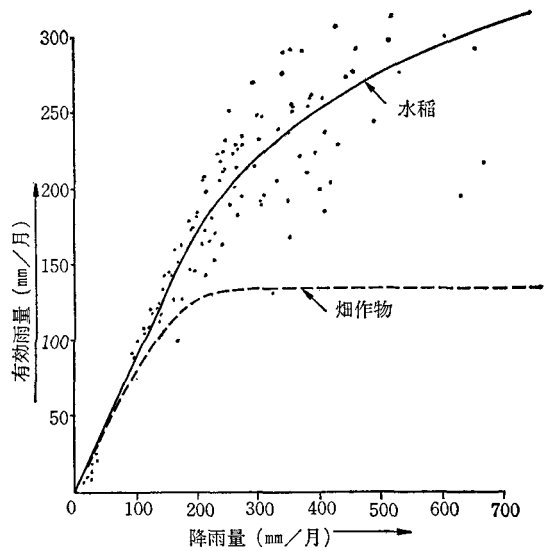


図3-3 有効雨量 (メコン委員会)

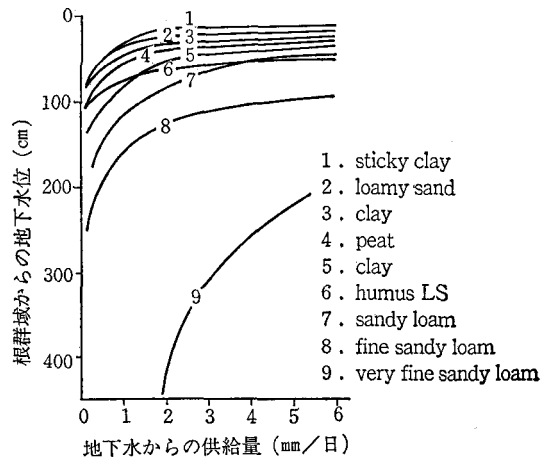


図3-4 地下水からの供給 G_e

表3-20 ET_{crop} に応じた有効雨量

(有効雨量 mm/月)

月雨量 mm	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	137.5	150	162.5	175	187.5	200	
ET_{crop} mm/月	25	8	16	24	32	39	46	56	62	69	73	80	87	94	100	116	120
	50	8	17	25	32	39	46	56	62	69	76	85	92	98	107	116	120
	75	9	18	27	34	41	48	56	62	69	76	85	92	98	107	116	120
	100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100	116	120	133
	125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	127	133
	150	10	21	31	39	49	57	66	74*	81	89	97	104	112	119	127	133
	175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
	200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
	225	12	25	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
	250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167
有効水分量(mm)	20	25	37.5	50	62.5	75	100	125	150	175	200						
補正値	.73	.77	.86	.93	.97	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07*	1.08						

洪水や冬期間の積雪等で土壌水分が土層有効水分量を保留している場合、これは1回分のカンガイ水量に見合うことから、全カンガイ水量から減ずることができる。ただし、毛管上昇による地表面蒸発と地下浸透のため10%~60%が無効となるため、通常カンガイ水量の計算上 W_0 は無視するのが安全である。

6. リーチング (Leaching)

(1) 水質

リーチングは、土中の塩類集積を洗い流すことが目的であるから、リーチング水の水質は、土中塩分、作物の種類および作柄と相互に関連しあい一概に規定されるものではない。しかし用水の塩類濃度が高い場合にはリーチングはむしろ逆効果になるのは当然である。

リーチング用水のみならず、一般にカンガイ用水の水質を判定するには、いくつかの指標があるが、簡便な目安として塩類濃度を PPM のみで表示したものが表3-21である。

水質のより正確な指標として用いられる電気伝導度 EC (単位 mmhos/cm ミリモーまたは $\mu\text{mhos/cm}$ マイクロモー) と Na^+ 障害を判定するための SAR 値 (Sodium Adsorption Ratio—単位 me/l) を組み合わせた判定図として図3-5がある。図中、Cは電気伝導度、Sは Na^+ 障害を表わしそれぞれ数値の高い程、水質不良を意味する。すなわち C1-S1 ほどの土壌、作物にも適用可能な水質であり、C5-S5 は、極めて透水性の高い土壌でごく特殊な耐塩性作物にしか適用できない水質である。

(2) 水量 (率)

よく排水の効いた砂壤土~植壤土で降雨の少ない場合、リーチング水量率として次式が用いられる。

スプリンクラーを含む地表カンガイに対して

$$LR = \frac{EC_w}{(5EC_e - EC_w) \cdot L_e} \dots\dots\dots (3.4) \text{ 式}$$

ドリップおよび特にヒン度の高いスプリンクラーカンガイに対して

$$LR = \frac{EC_w}{2Max EC_e \cdot L_e} \dots\dots\dots (3.5) \text{ 式}$$

ここに EC_w : カンガイ水の電気伝導度 (mmhos/cm)

表3-21 塩類濃度と適用作物

濃 度	適用作物と条件
600ppm以下	ほとんどの種類の作物に使用可能
500~1500ppm	リーチングと排水が適当に行われれば特に敏感な作物を除き使用可能
1000~2000ppm	頻度の高いカンガイが行われれば耐塩性が中程度の作物に使用可能
3000~5000ppm	高い耐塩性作物のみに使用

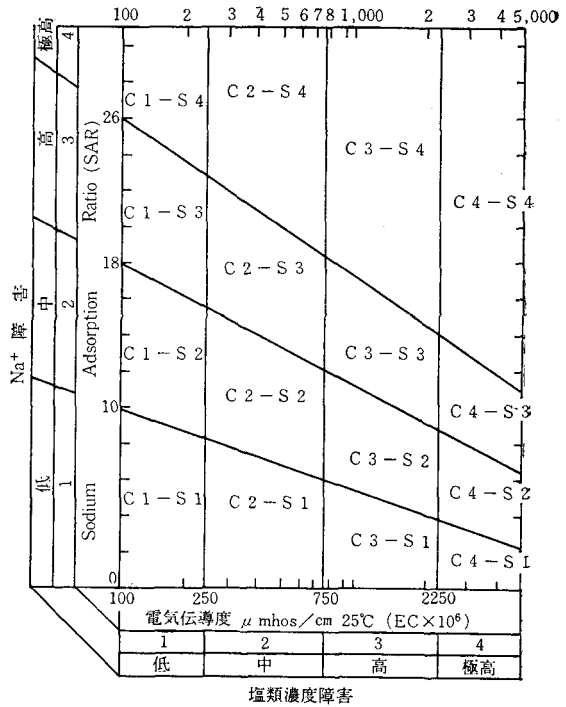


図3-5 カンガイ水の種類 (EC値と SAR値)

EC_e : 根群域土壌の飽和抽出液の電気伝導度 (mmhos/cm)

$Max EC_e$: 同上最大許容値 (mmhos/cm)

L_e : リーチング効率

作物別および作柄別の EC_e , EC_w および $Max EC_e$ を表3-22に示す。いずれの作物も発芽~幼苗期には耐塩性がもっとも低いので、表中、麦類に対しては、この時期の $EC_e < 4 \sim 5$ mmhos/cm, また甜菜に対しては、同様に $EC_e < 3$ mmhos/cm としなければならない。

次に、リーチング効率 L_e は土性によって大きく異なる。例えば、透水性のよい砂質土に対しては100%近い効率が期待できるのに対して、膨張収縮の大きい重粘土では30%程度の効率である。したがって L_e の決定のためには実際の圃場での計測が不可欠である。

計算例

地表カンガイによる棉, $EC_w = 7$ mmhos/cm, $L_e = 0.7$, カンガイ水塩分による予想減収率10%の場合;

$$LR = \frac{7}{5 \times 9.6 - 7} \times \frac{1}{0.7} = 0.24$$

なお、リーチングは利用可能水量、目標収量、経済比較等からその回数とタイミングを決定するが、通常カンガイ施設規模へのはねかえりを避けるため、ピーク水量 V_{max} をはずして行うよう検討される。

7. カンガイ効率 E

カンガイ効率は、地区の形状や施設状況、水管理体制等多くの因子から決るが、各地区に与えられた条件は、

表 3-22 カンガイ水の塩分による作物収量の予想減収率（普通の地表カンガイの場合）

作物	0 %		10 %		25 %		50 %		Max EC _e
	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	
普通作物									
大麦(Ho rdeum vulgare)	8.0	5.3	10.0	6.7	13.0	8.7	18.0	12.0	28.0
棉(Gossypium hirsutum)	7.7	5.1	9.6	6.4	13.0	8.4	17.0	12.0	27.0
ていさい((Beta vulgaris)	7.0	4.7	8.7	5.8	11.0	7.5	15.0	10.0	24.0
小麦(Triticum aestivum)	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.4	13.0	8.7	20.0
べにばな(Garthamus tinctorius)	5.3	3.5	6.2	4.1	7.6	5.0	9.9	6.6	14.5
大豆(Glycine max)	5.0	3.3	5.5	3.7	6.2	4.2	7.5	5.0	10.0
ソルガム(Sorghum bicolor)	4.0	2.7	5.1	3.4	7.2	4.8	11.0	7.2	18.0
らっかせい(Arachis hypogaea)	3.2	2.1	3.5	2.4	4.1	2.7	4.9	3.3	6.5
水稲(Oryza sativa)	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	11.5
Sesbania(Sesbania macrocarpa)	2.3	1.5	3.7	2.5	5.9	3.9	9.4	6.3	16.5
とうもろこし(Zea mays)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
亜麻(Linum usitatissimum)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
果実類									
なつめやし(Phoenix dactylifera)	4.0	2.7	6.8	4.5	10.9	7.3	17.9	12.0	32.0
いちじく(Ficus carica)	}	1.8	3.8	2.6	5.5	3.7	8.4	5.6	14.0
オリーブ(Olea europaea)									
ざくろ(Punica granatum)									
グレープフルーツ(Citrus pardisi)									
オレンジ(Citrus sinensis)	1.7	1.1	2.3	1.6	3.2	2.2	4.8	3.2	8.0
レモン(Citrus limonea)	1.7	1.1	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2	8.0
リンゴ(Pyrus malus)	}	1.0	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2	8.0
西洋なし(Pyrus communis)									
くるみ(Juglans regia)									
もも(Prunus persica)									
もも(Prunus persica)	1.7	1.0	2.2	1.4	2.9	1.9	4.1	2.7	6.5
野菜類									
ふだんそう(Beta vulgaris)	4.0	2.7	5.1	3.4	6.8	4.5	9.6	6.4	15.0
ブロッコリ(Brassica italica)	2.8	1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5	13.5
トマト(Licopersicon esculentum)	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0	12.5
キュウリ(Cucumis sativus)	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10.0
マスクメロン(Cucumis melo)	2.2	1.5	3.6	2.4	5.7	3.8	9.1	6.1	16.0
ほうれんそう(Spinacia oleracea)	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7	15.0
キャベツ(Brassica oleracea)	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6	12.0
ばれいしょ(Solanum tuberosum)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
スイートコーン(Zea mays)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
さつまいも(Ipomea batatas)	1.5	1.0	2.4	1.6	3.8	2.5	6.0	4.0	10.5
とうがらし(Capsicum frutescens)	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4	8.5
レタス(Lactuca sativa)	1.3	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	5.2	3.4	9.0
はつかだいこん(Raphanus sativas)	1.2	0.8	2.0	1.3	3.1	2.1	5.0	3.4	9.0
たまねぎ(Allium cepa)	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9	7.5
にんじん(Daucus carota)	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.1	8.0
いんげん(Phaseolus vulgaris)	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.5
飼料作物									
トールホートグラス (Agropyron elongatum)	7.5	5.0	9.0	6.6	13.3	9.0	19.4	13.0	31.5
ホートグラス (Agropyron elongatum)	7.5	5.0	9.0	6.0	11.0	7.4	15.0	9.8	22.0
パーミュエダグラス (Cynodon doctylon)	6.9	4.6	8.5	5.7	10.8	7.2	14.7	9.8	22.5
大麦(Hordeum vulgare)	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.3	13.0	8.7	20.0

文字どおり千差万別でありカンガイ効率したがって反復利用を含むロス率について汎用的な決定手法はないのが現状である。

ここでは、ロス率を一応以下のとおり区分し、各国で用いられている値、諸式、実例等を列記するととどめる。

$$E_p = E_c \cdot E_b \cdot E_a \text{ または } E_d \cdot E_a \text{ または } E_c \cdot E_f$$

.....(3.6) 式

ここに E_p : 地区カンガイ効率

E_c : 送水効率で水源から地区起点に到るまでの水路効率

- E_b : 地区内幹線水路効率
- E_a : 適用効率で圃場内でのカンガイむらや地下浸透を考慮した効率
- E_d : 上記の $E_c \times E_b$ で配水効率
- E_f : 上記の $E_b \times E_a$ で圃場効率

以上の分類に対し、各国際機関が採用している指標をまとめると表3-23のごとくなる。

木村によれば、世銀はカンガイ地区の事業化にあたり $E_p \geq 45\%$ を目安とし、40%以下の場合、水価を考慮しつつライニングを検討する。また大規模な地区では、 E_c を60%以上に採ることは難しく、 E_a は80%程度を目

安としている。なお世銀の $E_p \geq 45\%$ は、極めて低効率のよう考えられがちだが、実際には、例えば $E_c=85\%$ 、 $E_b=70\%$ 、 $E_a=80\%$ で計算すると $E_p=0.85 \times 0.7 \times 0.8 \div 0.48$ となり、途上国の大規模プロジェクトでライニングと経済性を比較した場合、 $E_p \geq 45\%$ は容易に得られがたい目標であることを木村は指摘している。

E_a あるいは土水路の浸透ロスを算定する式は多く提唱されているが、以下にその代表的な数例を示す。

Moritz 式

$$S = 0.062 C \sqrt{\frac{Q}{V}} \dots \dots \dots (3 \cdot 6) \text{ 式}$$

表 3-23 カンガイ効率 E

項 目	機 関 名	USDA	US(SCS)	ICID/ILRI
送水効率 E_c				
・常時一定量通水				0.9
・3000~7000haの地区で、70~300haのブロックに対し、良好なローテーションかんがい				0.8
・10000ha以上の大地区または1000ha以下の小地区にあって、余り良好でない管理下で				0.7
・所定の計画に応じたカンガイ				0.65
・その都度必要に応じたカンガイ				
地区内水路効率 E_b				
・20ha以上のブロックで土水路				0.8
・ " " ライニング or パイプ				0.9
・20ha未満のブロックで土水路				0.7
・ " " ライニング or パイプ				0.8
配水効率 ($E_d = E_c, E_b$)				
・ローテーションかんがいで管理良好				0.65
・ " " 普通				0.55
・ " " 不十分				0.40
・ " " 不良				0.30
適用効率 E_a				
・light soil に対する畦間カンガイ	0.55			
・medium soil	0.70			
・heavy soil	0.60			
・ボーダーかんがい		0.60~0.75		0.53
・水盤かんがい		0.60~0.80		0.58
・コンターディッチかんがい		0.50~0.55		
・畦間かんがい		0.55~0.70		0.57
・コルゲイションかんがい		0.50~0.70		
・地下かんがい		0.80 以下		
・高温乾燥地のスプリンクラーかんがい		0.60		
・温暖地の " "		0.70		0.67
・低温多湿地の " "		0.80		
・水稻				0.32

表 3—24 単位損失量 (m³/日/km)

粘土ロームに硬土パンがセメントされたもの	0.06
粘土, 粘土ローム	0.08
砂質ローム	0.12
火山灰土	0.13
多少砂を含む火山灰土	0.19
砂と火山灰, 粘土の混ったもの	0.23
レキ質砂土	0.32
砂土, レキ質土	0.42

ここに S: 浸透損失量 (m³/s/km)
 Q: 水路の平均流量 (m³/s)
 V: 平均流速 (m/s)
 C: 単位損失量 (m³/日/km) で各地の実測に
 より表 3—24 で与えられる。

Darlot 式

$$S = \frac{S_p}{86.4R \cdot V} \times 100 \dots\dots\dots(3.7) \text{ 式}$$

ここに S: 1 kmあたり水路ロス (%)
 S_p: 土水路内壁面からの浸透 (m³/m²/24hr)
 R: 径深 (m)
 V: 平均流速 (m/s)

Kovstiaikov 式

$$S = s \frac{Q \cdot L}{100} \dots\dots\dots(3.8) \text{ 式}$$

ここに S: 浸透損失総量 (m³/s)
 Q: 流量 (m³/s)
 L: 水路延長 (km)
 s: 経験則として, $s = \frac{A}{Q^m}$ で表わされ, 常数
 A, m は表 3—25 で与えられる。

表 3—25 係数 A および m に関する数値

係 数	水 路 の 浸 透 性		
	浸透少ない	中 間	浸透大きい
A	0.70	1.90	3.40
m	0.30	0.40	0.50

なお前掲, 表 3—23中, 水稻に対する E_a=0.32と異常に低い値となっているのは, 地下浸透量をロスとして E_aの中に組み入れたためと推定されることと, 今一つ, 水田の反復利用を考慮していないためと考えられる。

水田の反復利用については, CB (critical block) 法がある。これは, 普通期, 無降雨期間, 一斉タン水時という条件下で, 地区水田をその内では用水の反復利用が不可能とみなせるような最小単位ブロックに分割し, 上下流各ブロック間の流入流出を地区全体の水収支として捉えることで反復利用量を決定する手法であり, 単位ブ

ロックでの消費水量を次式から計算する。

$$c = E + (D - E) \times (1 - r) \dots\dots\dots(3.9) \text{ 式}$$

ここに c: 単位ブロックでの消費水量
 E: 単位ブロックでの蒸発散量
 D: 単位ブロックへの流入量
 r: 想定還元率

詳しくは, 農業土木ハンドブック等を参照されたい。

8. 地区用水量 V_i

地区用水量 V_i は, これまでに述べた諸要素を用い前掲の (3.1) 式を算定することによって求められる。

計算例

地区面積150ha, 作付率200%で次のような作物その他条件の場合の年間所要地区用水量;

ファクター 作物名	作付 面積 (ha)	ET _{crop} (mm/作)	P _e (mm)	G _e (mm)	W _b (mm)	LR	E _p
とうもろこし	90	840	20	—	—	0.44	0.4
クローバー	90	400	150	90	—	0.22	0.4
棉	60	1,065	160	—	—	0.24	0.4
小 麦	60	375	240	90	—	0.25	0.4

$$V = \frac{10}{0.4} \left[\frac{840-20}{1-0.44} \times 90 + \frac{400-150-90}{1-0.22} \times 90 + \frac{1,065-160}{1-0.24} \times 60 + \frac{375-240-90}{1-0.25} \times 60 \right]$$

$$= 5.4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$$

同様の計算により, 期別 (m³/月等) V_i を求めることができ, 施設規模は V_{max} より決定する。

IV 問 題 点

1. 現行手法の問題点

以上述べたとおり現在国際的に一般化している用水量算定手法は, 主として気象データをベースとしつつ, これに作物条件, 土壌条件等を加味して決定する手法で, ほぼルール化されている感がある。

しかし, この手法の出発点というべき基礎蒸発散量 ET₀。そのものが II・2 に述べた如く本来きわめて厳密な条件下で得られる理論値であるにもかかわらず, 現実の圃場条件は必ずしもこのような条件を具備していないことから, その適用に当っては, 周辺条件の慎重な検討が不可欠である。その顕著な例として, 例えば東南アジアの水稻作にみられるように, 相隣接する水田で, 一方がようやく登熟期をむかえようとしている時, 他方では既に次期作のシロカキにかかっているような場合, これまでに述べた手法の総て (ET₀, K_e, P_e, 等) に著しい誤差を生じることが避けがたいであろう。この点について, 内山, 中原らは各々, 農業土木学会誌 vol. 51 ならびに「東南アジア開発途上国における農業基盤整備事業の実態」で指摘しており, また筆者も1978年インドネ

シア・コメリン川上流域農業開発計画の事前調査に参加して同様の経験をもった。詳しくは上記文献ならびに報告書を参照されたい。

しかし、ここで問題点として述べたいのは、実は、作物用水量 ET_{crop} 算定上の問題点ではなく、その後算定される地区用水量決定のための手法であり、具体的には有効雨量、反復利用、ロス率等の決め方である。

なぜならば、 ET_{crop} については、算定のための前提条件に多少の異動があったとしても、それによって生ずる誤差は前述のとおり数10%のオーダーであること、また途上国においても農業試験場、気象観測所等のデータ蓄積と研究は比較的進んでおりその意味で ET_{crop} 決定のためには実証的データあるいは手段があるのに対して、カンガイ効率等の決定にあたっては、殆どデータ蓄積らしきものがなく、カンガイ地区毎の背景条件が全く違うことから、結果として算定された地区用水量に数100%オーダーの誤差を生ずることさえあるからである。

はなはだしい例として、スリランカ南部のウダワラウエ地区では、当初水稲作 8,200ha、畑作物 19,500ha 計 27,700ha のカンガイを目標に、ダム新設、農地造成等が行われたが、当初予定の43%にあたる12,000ha のカンガイのみで用水不足を来した。この原因は ET_{crop} の誤差によるものではなく、地区の比較的急コウ配 (1/100~1/200) な地形条件のため有効雨量率が小さく、逆にロス率が予想外に大きくなったためと考えられる。

前掲図 3-3 および表 3-20 は降雨量に対する有効量を示したものであるが、この図表には、有効雨量をうけ入れるべき圃場の条件が入っていないため、この図表から有効雨量したがって地区用水量を算定したとすれば、上記ウダワラウエ地区のごとき用水不足を生じる地区ができることも考えられる。

さらに、月当り降雨量が同じであっても、雨量の強度によって有効率が異なる問題がある。

反復利用に関して、CB法を紹介したが、この利用に

あたっては一斉タン水その他の前提条件があるため、東南アジアのさみだれ耕作に対してはこの方法は適用できない。また表 3-23 は一般畑作を中心にとめられたカンガイ効率表であるため水稲作に対する反復利用を考慮した値となっていない。

カンガイ効率したがってロス率に関し、Moritz 式 (3.6式) および Kovstakov 式 (3.8式) に $L=50\text{km}$, $Q=20\text{m}^3/\text{s}$, $V=1.0\text{m}/\text{s}$, $C=0.08$ (即ち難透水), $A=0.7$ (同左), $m=0.3$ (同左) の条件を与えて計算すると、ロス量は各々 $2.86\text{m}^3/\text{s}$ および $1.11\text{m}^3/\text{s}$ となり両者の間には大きなへだたりを生ずる。このことよりこれらの式の適用にあたっては十分な検討を要することが分る。

以上を要約すると、カンガイ用水量の算定にあたり、 ET_{crop} についても種々の問題があるが、今後の農業土木的検討課題として最も重要と考えられるのは、地区用水量 V 決定のため、有効雨量、反復利用、各種ロスを如何に正確かつ簡便に求めるか、その手法の確立であると考えられる。

2. 試案——地形常数法による地区用水量の決定

清水および筆者は、1974~75年にかけて、スリランカの Dry Zone にある 8 地区のカンガイプロジェクトにおいて、作付面積、水利使用状況等をききとり、これにもとずいて、前節で述べた有効雨量、反復利用、ロス率等を簡便に算定する手法を検討した。

この地域での水稲作に必要な作物用水量は表 4-1 に示すとおり、雨期作で $1,506\text{mm}/\text{作}$ 、乾期作で $1,935\text{mm}/\text{作}$ で、この値は品種および作柄が同じであれば地域全体で殆ど変わらない。

したがって各地区とも、この ET_{crop} をベースに地区面積にみあう水源水量が確保されるべきであるが、調査結果を図 4-1 に要約すると、ラージャンガナ地区では、雨期・乾期の 2 作を行ってなお水源量に余裕がある (すなわち水源の割りに地区面積が小さい) のに対し、

表 4-1 スリランカ Dry Zone の水稲作

期 間	内 容	雨 期 作	乾 期 作
圃 場 準 備	耕起, こね返し		
	均平, あぜ塗り	25日分 6.7"	25日分 7.1"
	等に要する水量		
播種~活着	蒸 発 散 量	$0.13'' \times 20\text{日} = 2.6''$	$0.26'' \times 20\text{日} = 5.7''$
移 植~刈 取	蒸 発 量	$0.13'' \times 100\text{日} \times 0.54 = 7.0''$	$0.26'' \times 100\text{日} \times 0.54 = 15.1''$
	蒸 散 量	$340 \times 70 \text{ブツシェル}/\text{AC} \quad 9.4''$	$450 \times 70 \text{ブツシェル}/\text{AC} \quad 12.4''$
播種~刈取	地 下 浸 透	$0.28 \times 120\text{日} = 33.6''$	$0.28'' \times 130\text{日} = 36.4''$
計		$59.3'' = 4.9 \text{ FT}$	$76.2'' = 6.4 \text{ FT}$

表4-2 地区別用水実態(通年)

項 目	単 位	デワフワ 地区	ラージャン ガナ地区	バダビヤ 地区	ミネリヤ 地区	エラヘラ 地区	ガルオヤ 地区	ウダワラ ウェ地区	マハカナダ ラム地区
1) カンガイ面積	A	2340	17400	14300	15000	7500	121000	30000	6000
2) 2営農型態	—	1 期 作	2 期 作	2 期 作	2 期 作	2 期 作	2 期 作	2 期 作	2 期 作
3) 水田換算面積	AC	2340	14900	14300	15000	7500	116000	25000	6000
4) カンガイ手段	—	ダム1ヶ	ダム2ヶ	ダム1ヶ	ダム1ヶ 補給水路	頭首工1ヶ 溪流	ダム21ヶ	ダム2ヶ	ダム1ヶ
5) ダム集水域の延面積	Sq・Mls	26	357	208	96.6	—	685	519	126
6) ダムの延貯水容量	1000 AC・FT	8.8	87	81	110	—	1050	232	34
7) ダムの延満水面積	AC	750	6000	6900	4500	—	38400	11300	1500
8) 標準渇水年雨量	Ins	52.5	43.8	54.6	55.5	55.5	67.6	45.7	44.2
9) ダムへの流入量	1000 AC・FT	16.0	183.5	133.2	62.9	—	543.3	278.3	65.3
10) 貯水面蒸発量	1000 AC・FT	1.2	9.5	10.9	7.1	—	60.7	7.9	2.4
11) 有効流入量	1000 AC・FT	14.8	1740	122.3	55.8	—	482.6	260.4	62.9
12) ▼他流域からの流入量	1000 AC・FT	—	34.2	—	89.9	100.4	—	—	—
13) 総有効流入量	1000 AC・FT	14.8	208.2	122.3	145.7	100.4	482.6	260.4	62.9
14) 単位面積当り水源依存量	FT/AC	6.3	14.0	8.6	9.7	13.4	4.2	10.4	10.5
15) 地形常数	—	0.42	0.45	0.55	0.57	0.43	0.75	0.45	0.52
16) 反復利用率	%	11	18	24	28	17	67	25	17
17) 反復利用総量	1000 AC・FT	1.6	37.5	29.4	63.4	17.1	323.3	65.1	10.7
18) 用水ロス率	%	40	37	31	29	39	22	37	32
19) 用水ロス総量	1000 AC・FT	5.9	77.0	37.9	65.7	45.3	106.2	96.3	20.1
20) 田面有効雨量	Ins	11.0	14.1	21.45	22.6	16.7	36.2	14.7	16.4
21) 田面有効雨量総量	1000 AC・FT	2.1	20.4	25.6	28.3	10.4	365.0	36.8	8.2
22) ▼田面利用可能水量	1000 AC・FT	12.6	189.1	139.4	171.7	82.6	1064.7	266.0	61.7
23) 単位面積当り田面利用可能水量	FT/AC	5.4	12.7	9.7	11.4	11.0	9.2	10.6	10.3

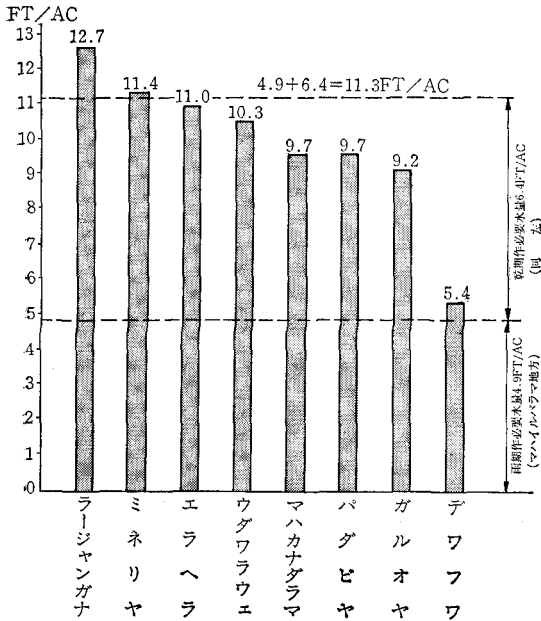


図4-1 単位面積当り地区用水量の比較

デワフワ地区では、かろうじて雨期1作のみが可能な水源量しかない。

このような顕著な差異を生ずる原因は、主として各地区の地形条件にあると考えられる。すなわち、受益地区が急峻であれば、降雨の有効率、用水の反復利用率とも減少し、ロス率は増大するのに対し、地区が平坦であればその逆の現象を生ずるのであろうことが予想される。

したがって、地区の地形条件を詳細に検討すれば、これらの現象を定量的に把握することが可能となるかも知れないが、この目的のためには、膨大な量の測量調査を要することとなる。

そこで筆者らが着目したのは、各地区の平面形状であり、平面形状から地区全体の地形コウ配等を推定する方法はないかという点である。

図4-2にその基本的な概念を示すと図中 y は地区の用水路および排水路にそった辺の単位長さであって各々等高線に沿っているものとする。 x および $10x$ は、この y に直角方向の(A)(B)両地区長とする。

いま(A)(B)両地区の地形コウ配 m が同じだとすれば各々の用排水路間の標高差 h と H の間には $H=10h$ の関係が成り立つ。このことは、もし $h=10m$ なら $H=100m$ であり、逆に $H=10m$ なら $h=1m$ であることを意味する。

しかし、急な一定コウ配で標高差100mの長大な地区斜面では田面の侵食被害が多である等、通常このような用排水路の配置、したがって地区の設定はしないと考えられるし、逆に用排水路の標高差が僅か1mというよ

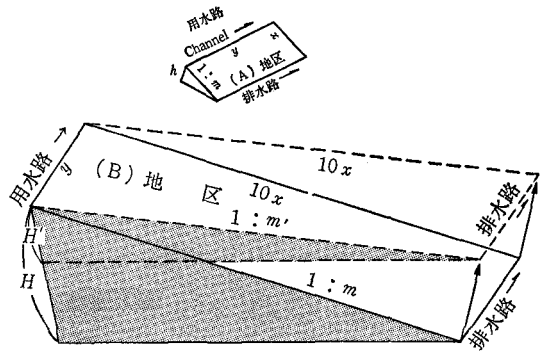


図4-2 地区平面形状が地区勾配等に遠因することを示す模式図

うな地区設定も水管理上現実的ではない。

このことから、(A)(B)両地区の $h:H$ は、その斜面長 $x:10x$ ほど大きくはないと考えられ、したがって、 $H < 10h$ の推定がなされる。すなわち、(B)地区の地形コウ配は(A)地区よりも緩コウ配であるという推論である。

以上からいえることは、用排水路に平行な地区辺長と直角な地区辺長の比は、単に地区の平面形状を表わすだけでなく、地区のコウ配をもあらわすのではないかという結論であり、この基本概念にもとづいて、

$$\text{地形常数} = \sqrt{\frac{\text{用排水路に直角な地区辺長}}{\text{用排水路に平行な地区辺長}}}$$

と定義付けた常数により各地区の検討を行った。

各地区の地形常数を同一縮尺で算定した事例を図4-3に示す。

上記の各地区地形常数およびデワフワ地区等の実測値を用い、田面有効雨量その他を次式で算定した。

$$\text{田面有効雨量} = 0.714 \times \text{地形常数} \times \text{標準渇水年雨量}$$

$$\text{反復利用率}(\%) = 19.3 \times \text{地形常数}$$

$$\times \sqrt{\text{用排水路に直角な辺長(マイル)}}$$

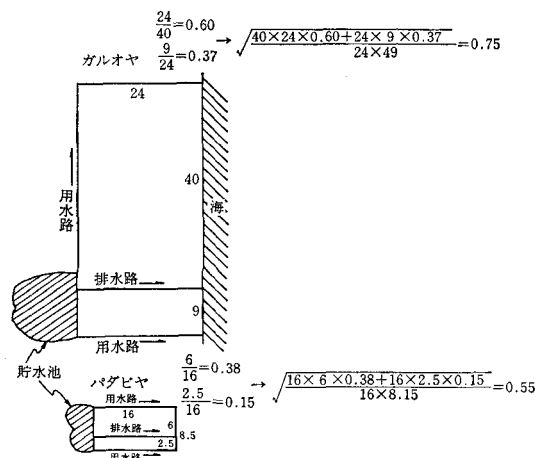


図4-3 地形常数の計算例

$$\text{ロス率(\%)} = \frac{16.8}{\text{地形常数}}$$

各地区の用水実態を上記により算定した結果を表4-2に示す。

以上は、地形条件に左右されることの多い地区用水量を最小限のデータ（例えば5万分の1図に示された地区平面形状）から求めるための簡便手法であり、今後検討すべき点が多いが、1試案として掲げたものである。

V おわりに

海外における用水量算定手法と問題点について述べた。第1章で述べた如く、食糧増産あるいは農業開発に果すカンガイ整備の役割はきわめて大きく、しかも今後のカンガイ開発の動向として、北東アフリカや中近東におけるカンガイ事業のウエイトが高まることが予想されている。これらの地域は、いわゆる乾燥地域であって、そこで適用されるカンガイ手法は、アジアモンスーンの水稲作を中心に開発された我国のカンガイ手法と大きく異なる。いわば、日本農業土木技術者になじみのうすい地域であり技術である。

にもかかわらず、これらの地域から我国に対するカンガイ開発の要請は年々増加しつつあり、筆者が所属する職場でも例えば、パキスタン、オマーン、イエメン、ジョルダン、エジプト、スーダン、アルジェリア等中近東、北東アフリカ諸国のカンガイ開発調査を完了ないしは実施中である。

また一般に高温多雨と考えられがちな東南アジア、南アジアにおいても、塩害等乾燥地農業におけると同様の問題が多く見られる。

このような状況を踏まえ、本稿では、FAOや世銀が採用している用水量算定手法を各種文献から紹介するとともに、その具体的な算定手順ならびに問題点について記述した。今後、海外各地でカンガイ計画の立案や事業実施にあたる多くの技術者にとって多少とも参考になればと願っている。

なお、紙数の関係で本稿ではふれることのできなかつ

た課題に、カンガイ事業の経済性検討の問題がある。この課題の中には、例えば水価と施設投資との関係、新規開発と既存改良の経済比較、維持管理（Operation and Maintenance）の効率性、さらには施設の耐用性等きわめて多くの重要な検討事項が含まれるが、これらについては、次の機会にゆずることとしたい。

【引用文献】

- 1) 清水真幸：熱帯半乾燥地帯におけるカンガイ計画と水管理の実態について、農土誌49(3), P23~29(1981)
- 2) 木村隆重：国際協力におけるカンガイ計画技術、農土誌48(1), P25~31, P50~52(1980)
- 3) 筒井暉・太田信介：開発途上国のカンガイ開発、農土誌48(1), P33~38(1980)
- 4) 鈴木光剛・豊田勝：熱帯における水田灌漑排水の合理的あり方、農土誌51(1), P27~31(1983)
- 5) 内山嘉美：東南アジアの灌漑事業と問題点、農土誌51(1) P45~49(1983)
- 6) 中原通夫：東南アジア開発途上国における農業基盤整備事業の実態(1981)
- 7) 日米欧委員会日本委員会編：南アジア・東南アジアにおける米の生産倍增計画(1978)
- 8) 長谷山嵩産編：アジアの食糧需給と国際協力、アジア経済研究所(1977)
- 9) (社)農業土木学会・海外農業開発研究委員会編：海外農業開発の手引(資料), (1978)
- 10) 農業土木学会編：農業土木ハンドブック改訂四版, (1980)
- 11) 国際協力事業団：乾燥地農業開発に関する基礎調査(第2次)報告書(1977)
- 12) 海外技術協力事業団・農業土木学会：熱帯地方における水田用水量について, (1971)
- 13) 構造改善局設計課監修：海外農業基盤整備の実態, タイ編, (1977)
- 14) 国際協力事業団：インドネシアコメリン川上流域農業開発計画事業調査報告書(1979)
- 15) 真勢徹：海外技術協力を終えて(1976)
- 16) FAO：“Crop Water Requirements” Irrigation and Drainage Paper 24(1977)
- 17) Charles Ollier・Maurice Porée：“Bibliothèque De L'Institut De Topométrie Irrigation” (1981)

かんがい・農業開発事業効果の評価

中原 通 夫*

目 次

はしがき……………(42)	4. 内部収益率の計算(その2—概算)……………(48)
1. 何故, 事業効果の評価が必要か……………(42)	5. 感度分析……………(50)
2. 事業効果評定の方法……………(43)	6. 経済分析結果の利用—事業の採否……………(50)
3. 内部収益率の計算法(その1)……………(44)	あとがき……………(50)

はしがき

筆者はさきに農業土木学会誌〔第46巻10号(昭和53年10月), 47巻2号(同54年2月), 47巻7号(同年7月)]の紙面を借りて, 東南アジア開発途上国でのかんがい・農業開発事業計画の基礎諸元について一連の報告をした。海外, とくにわが国とかかわり合いの深い東南アジア地域で, かんがい・農業開発の業務に従う場合, その地域での開発事業の現況, 計画の実態について十分承知し, 対象としている事業の位置づけを知っておくことが重要と考えたからである。前後3編にわたったが, 対象が広範なだけに, 必ずしも十分意を尽くし得なかった面もなしとしない。以下, 表題の部門に限って, 補足, 充実を試みることにする。

筆者, もとより農業土木技術者であって, 農業経済, 事業経済(project economy)の専門家ではない。このため, 以下述べるところは経済学的には厳密を欠き, 時に実用のあまりに理論をわい曲している面もないかと恐れる。しかし, 普通, 小人数で, 短期間に, 相当規模の事業計画をまとめなければならぬ場合, 農業土木技術の専門にのみ埋没して過ごすことは許されない。とくに計画取りまとめに従事する技術者は, 農学的な面, 経済的な面, 制度の面など, 事業計画の策定, 事業実施について必要な知識をもち, 問題を処理する能力を備えていなければならない。そして, 一般的に言って, 農業土木技術者の知識, 経験, 能力はこの種の業務を行なうに適していると考えられる。このような背景から, 以下, 経済非専門家の経済論議を展開する。

なお, 先述, 先行の開発指標提示の後も, 極めて徐々にではあるが, 筆者は同種資料の収集を続けてきた。以下の展開では, この過程で収集した開発資料もできるだけ織込んでいくつもりである。しかし, この報文に組込まれた資料のかなりの部分は先行の報告と重複するところもある。御宥恕いただきたい。一連の資料収集過程の

* 農業土木試験場 水工部

第2段階の報告と受取っていただければ幸いである。

1. 何故, 事業効果の評価が必要か

言わずもがなの論議との誇りを受けるかも知れないが開発事業評価, 審査の必要性について簡単に考えてみよう。必要が方法を規定することがあるからである。

近時, 開発途上の各国でさかんに推進されているかんがい・農業開発事業の多くは二国間ないし多国間の資金協力によって実施されている。事業実施機関は政府機関ないし公的企業体であり, 資金の借入人は当該国政府ないし政府保証を受けた公社, 公団であるのが普通である。このような仕組の中で, 厳しい評価, 審査が何故に必要であろうか。筆者自身, この種業務に従事し始めて早いある時期に若干, いらぬおせっかいをしているのではないかと疑問を持った記憶がある。国の責任での借入れであり, 国相互ないし国と国際機関との信頼, 貸借関係であるだけに…。

わが国でのかんがい排水等農業基盤整備事業では, 地元, 受益者の負担があるにせよ, 多額の公的な資金が投入されている。開発途上国においても同様である。受益者, 関係機関の資金基盤が弱いだけに, 開発のための公的資金の比重は大きい。このため, 対象事業が当該国での優先的な投資に適うものであることを立証しておく必要があり, このために事業効果の評価が行なわれる。わが国での事業効果の評定の必要理由と基本的に異なることはない。ただ異なるところは, その評価が, 主にコンサルタントないし資金供与側の手で行なわれることが多い点である。

ところで, 開発途上国で実施される比較的規模の大きな開発事業の多くは二国間, 多国間等の外部資金を融資の形で導入して進められるが, その融資される資金も公的な起源のものであることが多い。このため, 資金供与側としても, 資金が受入国の優先度の高い事業, 価値ある開発事業に適切に当てられることを確認しておくことが必要であり, 資金供与側での内部処理のためにも, 事

業効果の評価、確認が必要である。加えて、資金協力によって実施する事業は、外部資金のみによって完成できるものではなく、相当量の国内資金の投入が必要である。受入国に不用、不急の支出をさせないためにも、事業効果の評価が必要とされる。

事業効果評定の第3の必要は事業受益者の側から励起される。かんがい・農業開発事業には多額の公費が投入されるが、同時に、相当額の私的資金等も直接的に、間接的に投下される。開発事業の効果は、受益者から見て、その投資を償うに足るものでなければならない。加えて、富の配分、均等化について、指導者、為政者の間に関心がたかまっている。計画の策定に当っては、これらの要請に応ずるためにも、その視点での事業効果の評定が必要である。

2. 事業効果評定の方法

事業効果評定の必要は、前述のように大別して3つの局面から生じている。このため、それぞれの必要に応じた、厳密には、異った評価方法が採られるべきものであろう。しかし、普通には、資金手当ての段階で資金供与側が、事業審査の重要な一環として行なう事業効果の評価、経済分析が、事業関係者、機関の判断の拠りどころとして使われている。現在、いろいろな機関で使われている事業効果の評価方法について概説すれば以下のとおりである。なお、かんがい・農業開発事業評価に主に使用されているのは、手法がほぼ定型化している経済評価（後述のように2つの局面がある。）であって、いろいろな別種の評価手法が提案され、報告書類にも現われているが、なお定着には至っていないように見受けられる。

a 国民経済の立場からの評価

かんがい・農業開発事業には国家資金など多額な公的資金が投入されるが、その実施決定に当っては、国の立場で、その事業がそれだけの投資に値するか、国内類似事業の中で優先的採択の価値あるものか否か検定しなければならない。この経済面での検討は、二国間、多国間を問わず、国際的な協力資金を使用する場合、内部収益率（(economic) internal rate of return, I. R. R. ときには E. I. R. R. と略称。）を計算して行なわれる。割引率が定まっている資金を使う国内事業のような場合、その割引率を使って投資効率、便益・費用比率（benefit cost ratio, B/C ratio とも略称。）を求めて検定する場合もあるが、国際協力の資金による場合には一般的ではない。（時に、事業の効果を B/C ratio により表わしている例もあるが、この場合、割引率は10%を採っているものと見て、多くの場合、あやまりはない。）国際協力による開発事業では、投入される資金の利率も異なり、後者の方法は一般的な対比の尺度としてなじまないためかと思われる。内部収益率の定義、計算例などにつ

いての詳細は次節に述べるとおりである。

b 私経済的な立場での検討

かんがい・農業開発事業には多額の公的資金が投入されるが、同時に相当額の私的資金も投入される。末端圃場施設（圃場用、排水路、農道など）ならびに新しい農業環境下で新しい農業を営むに必要な資・機材などの調達、整備に必要な資金である。このため、かんがい・農業開発事業の計画樹立に当っては、事業の妥当性について、私経済的な面からも検討が必要である。普通、開発の基幹的な部分は国もしくはその他の公的資金で施行されるが、末端部分の施行は受益者の資金もしくは役務提供に委ねられることが多く、また、いったん公的資金で施工する部分についても、補助金などによる差引きはあるにせよ、将来、返済を求められる制度となっている場合もあり、受益者の私的経済に深く関係する。

この面での検討は、私企業での投資事業の計画に当って行なわれる財務収益率（financial rate of return, F. (I.) R. R.）による検討に相当するもので、国内の農業基盤整備諸事業では、普通、1)年間増加所得額の中で年間償還額の割合を示す所得償還係数、2)年間増加所得額を事業費で除した事業費・所得比率などの指標が判断の基礎に使用されている。しかし、農業基盤整備事業等の施行体系、補助・融資制度などが、国ごとに異なり、未整備な開発途上国での開発事業では、このような私的経済面での事業妥当性検討方法は、そのままでは一般的な判断基礎には使い難い。このような事情から、私経済的な面での開発事業の有意性の検討は、普通、標準農家収支（typical farm budget）を計算、表示して判断の用に充てる。ここに、「標準」とは単一を意味せず、場合によっては、1つの開発事業に対して、いくつかの収支表が準備される。計算、表示方法（例）は、農業土木学会誌、47巻7号に紹介したとおりである。

c その他の事業効果評定方法

近年（と言っても10年近く前からのことであるが）、かんがい・農業開発等の事業効果は、経済面に主点をおいた内部収益率等による評価のみでは不十分とする意見が広まってきた。かんがい・農業開発事業は経済的な面だけでなく、農村地域、個々の農民の生活に大きな変革、効果をもたらすからである。以下、近年の報告書等に現れた、経済面以外の評価手法について略述する。事業計画の策定、効果の評価に当って、場合によっては、これらの面で検討を求められることが予想される。ただし、以下紹介する評価手法は、完全に定着しきったとはなお認め難く、以下述べるところは項目の紹介程度に留まっていることを御容赦いただきたい。

i) 開発事業による雇用機会（employment opportunity）の創出は、近年、為政者、経済計画担当部局の関心を集めており、各種計画書で、この面について何

らかの記述、数値を掲げているものが多い。数値を示す場合、工事中ならびに事業完成後に区分し、増加雇用機会の量を入・日 (man-day)、入・年 (man-year) などの表現で示している。工事中は全期間を一括上記の表現で示し、事業完成後は年当りの量で表示しているのが通例である。

増加雇用機会の計算方法はなお一定の方法に定着していないかに見える。収集した数値が、同種の事業間でもかなり幅広く変動しているからである。しかし、変動幅の大きい、数少ない資料からではあるが、1創設雇用機会当りの必要投資額は、かんがい・農業開発では、工業案件などよりかなり少ないように見受けられる。

ii) 為政者、経済計画者などの第2の関心事は所得配分 (income distribution) の問題であり、低層部がより多く便益の配分を与えられる証明を求められることがある。しかし、そのような配分はほとんど不可能であり、配分改善の比率 (可処分所得の伸び率) ないし文章での説明に止められている場合が多い。このような状態からも、所得配分についての分析法、表現法などは、なお定着するに至っていないかと認められる。

iii) 社会指標 (仮称, social indicator) と言う評価指標が取入れられた例も見られる。社会指標とは、人々の生活状態の観点から、(投資にとまらぬ) 社会的な変化をあらわす一連の指標値である。既存の方法が生産とか収入のみに関連しているのに比し、生活面での影響を主対象としている。現地資料と多元の経験方程式を計算機により疑似解析 (simulation) を行なうて、各種の指標値を得る。計算結果は事業計画の策定、評価などに使われる。しかし、この方法も研究、試用開始以来日が浅く、例数もなお少ない。研究の深化と実用への体系化、定着化が期待される。

iv) 社会収益率 (仮称, social rate of return) と称する指標が、最近、いくつかの事業評価に使われている。また、社会費用・便益分析 (social cost-benefit analysis) と称する分析も見られる。それぞれの定義、計算法、両者の関係など、筆者が参照した報告書等ではなお詳細不明確な点が多いため、ここには名称を紹介するにとどめる。

以上、開発事業効果の、経済以外の面での評価方法について概述した。これらの方法は、手法、提示方法などでなお定着していないものも多いが、かんがい・農業開発事業の効果評価に当っては、将来より広く導入されるものと思われる。よりよい事業の策定、選定のために、それぞれ研究の必要があろう。

3. 内部収益率の計算法 (その1)

3・1 定義

二国間、多国間の資金協力による開発事業の国民経済的な立場からの評価には内部収益率が多用されているが、この指標は、便益 (benefit) の流れ (flow) の現在価値 (present value) と費用 (cost) の流れの現在価値をちょうど等しくさせる割引率 (discount rate)、もしくは純現在価値 (NPVと略称) をゼロにする割引率と定義できる。別言すれば、純便益の流れの現在価値を資本費用に等しくさせる利子率とも言える。さらに約言すれば、「費用・便益比を1とする割引率」とも言えよう。

3・2 内部収益率の計算法

内部収益率は前項に述べたように定義されるが、その計算は費用・便益比計算のように直截的なものではなく、普通、いくつかの割引率を想定して試算、内挿によって算定する。(最近では、内部収益率計算のプログラムが開発され、利用されている。)

理解を容易にするために、簡単な例題を示し、項目ごとに解説を加えよう。

〔事業計画—想定概要〕

(純) 受益面積: 10,000ha, ha当り開発事業費: 2,000 \$/ha, ha当り年間(純) 増加便益: 450 \$/ha, とすれば、(総) 開発事業費: 2,000万\$, 年間総増加便益: 450 \$。

事業費は5年間に支出されるものとし、初年度目: 150万\$, 以下、300万\$, 550万\$, 600万\$, 400万\$と支出 (disburse) されるものとする。

便益は着工5年目から発生し、毎年(総便益の) 20%ずつ増加し、5年目(着工9年目)で計画の便益を発生し、以降、事業存続期間 (project life) 中、同水準の便益をもたらすものとする。

3・3 計算法解説

内部収益率による開発事業効果の評定方法、内部収益率の計算法は、他の評価方法と比べてかなり定型化しているように見える。しかし、その計算手法にしても、詳細に見ると、担当者によってかなりの差があり、ある部分(例えば、価格のとり方——シャドウプライス (shadow price) の見方——など)では、経済学者間でもなお論議が煮つまっていない問題があるとされる。本稿では、高度、複雑な論議は捨て、実用的、標準的な場合について述べる。(表-1)は想定の実業について、普通の報告書に現れている標準的な様式にならって作成した内部収益率計算表である。(なお、この表では説明の便のために、⑤、⑦欄に割引き係数(割引き係数については(解説-4) aを参照)を示したが、これらの欄は、普通、計算表には示されない。)

例題に示した事業の想定根拠(開発事業計画の策定に当って参考となるものと思われる。)ならびに(表-1)による内部収益率計算の各段について解説を試みれば以下のとおりである。

表一 内部収益率計算表（例）

前提：受益面積=10,000ha, 単価=2,000 \$/ha, 投資額=20,000千\$
 単位増加便益=450 \$/ha, 総増加便益=4,500千\$/yr
 便益5年目から各年20%増加発生, 以降5年間直線増加

① 年次	② 投資額 (注1)	③ 便 益 (注2)	④ 計	割引率 (15%)		割引率 (16%)	
				⑤ 係 数 (注3)	⑥ 割引額	⑦ 係 数 (注3)	⑧ 割引額
1	1,500		- 1,500	0.8696	- 1,304	0.8621	- 1,293
2	3,000		- 3,000	7561	- 2,268	7432	- 2,230
3	5,500		- 5,500	6575	- 3,616	6407	- 3,524
4	6,000		- 6,000	5718	- 3,431	5523	- 3,314
5	4,000	900	- 3,100	0.4972	- 1,541	0.4761	- 1,476
6		1,800	1,800	4323	778	4104	739
7		2,700	2,700	3759	1,015	3538	955
8		3,600	3,600	3269	1,177	3050	1,098
9		4,500	4,500	2843	1,279	2630	1,184
10		〃	〃	0.2472	1,112	0.2267	1,020
11		〃	〃	2149	967	1954	879
12		〃	〃	1869	841	1685	758
13		〃	〃	1625	731	1452	653
14		〃	〃	1413	636	1252	563
15		〃	〃	0.1229	553	0.1079	486
16		〃	〃	1069	481	0.0930	419
17		〃	〃	0.0929	418	0.0802	361
18		〃	〃	0.0808	364	0.0691	311
19		〃	〃	0.0703	316	0.0596	268
20		〃	〃	0.0611	275	0.0514	231
21		〃	〃	0.0531	239	0.0443	199
22		〃	〃	0.0462	208	0.0382	172
23		〃	〃	0.0402	181	0.0329	148
24		〃	〃	0.0349	157	0.0284	128
25		〃	〃	0.0304	137	0.0245	110
26		〃	〃	0.0264	119	0.0211	95
27		〃	〃	0.0230	104	0.0182	82
28		〃	〃	0.0200	90	0.0157	71
29		〃	〃	0.0174	78	0.0135	61
30		〃	〃	0.0151	68	0.0116	52
	20,000				164		- 794

注1：(解説一1) 参照

$$\frac{164}{(164+794)}=0.17$$

注2：(解説一2) 参照

注3：(解説一3) a. 参照

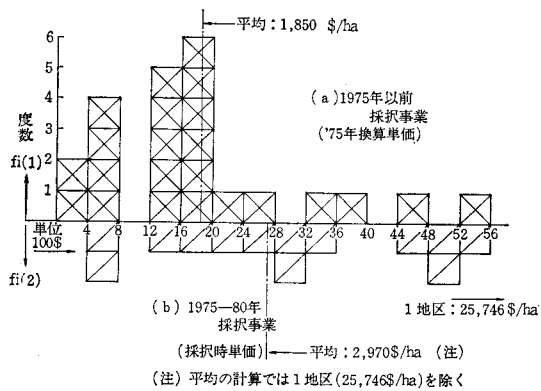
$$EIRR \div 15.17 \div 15.2 (\%)$$

(解説一1) 開発事業費 (development cost)

a. ha当り開発事業費

かんがい・農業開発のための事業費は事業の性格、条件、開発の程度、規模などによって大きく変動する。開発効率の比較にしばしば利用されるha当り事業費でとらえても、開発事業費には大きな変動幅がある。かんがい・農業開発事業の事例について、手元にあるha当り開発事業費を度数柱状図で示せば(図一1)のとおりであ

る。同図中、上段の価格は世界銀行で作成した物価上昇率を使って1975年米ドル実勢単価に換算しているが、下段の事業(1976-80年採択)については換算係数未入手のため換算は行っていない。例数少なく、変動幅も大きい傾向を読みとるに過ぎないが、'75年から'80年にかけて相当の(名目)開発事業費の増嵩があったと認められる。(なお、図、下段に示した事業は国際機関の融資によるものであり、アジア、中・南米、アフリカなど



図一 かんがい農業開発, ha当り事業費

に分散している。ただし、近年、事業の構成がだんだん複雑になる傾向があり、直接的なかんがい・農業開発以外の要素が含まれ、受益面積すらも概数になっている場合もある。

想定開発事業のha当り開発事業費(投資額)(後述)として2,000 \$/haは主に、図、上段の平均値を目安に設定した。'75年以降の物価上昇による増嵩、次に述べる経済分析(economic analysis)に当たっての除外事項(費用)などの加除を含み、現地時点で常識的な値と判断したものである。

b. 開発事業費と投資額

開発事業実施のための資金調達の対象となる開発事業費と経済評価(内部収益率の計算)に使う投資額は一般的に同一ではない。前者は、計画された一定の事業を完成させるための費用であり、後者は計画の経済上の便益を生むに必要な費用と約言されよう。開発事業費積算の基礎となる計画事業内容と便益発生間の乖離が、開発事業費と投資額の差を生ずる原因である。すなわち、開発途上の多くの国々では、かんがい・農業開発事業の基幹施設は公共事業として政府機関によって施工されるが、末端圃場施設は受益者による掘削、建設に委ねられている例が多い。この場合、普通、末端施設の建設費は開発事業費に含まれていない。(国内の予算手当、外部からの借款の対象と、多くの場合、ならないからである。)ところが、事業効果、便益の面では、末端まで施設は整備されるものとして、増加便益が推算されている。したがって、このような場合には、(経済)投資額の算出に当たっては、計画の開発事業費に末端施設整備のための費用を加えなければ、便益に対応した費用とはならない。また、場合によっては、事業費中に直接、経済的な便益を生じない事業要素のための費用が含まれていることがある。農村保健、【飲用水、(一般)教育に対するものなどである。これらは経済分析(投資額の計算)に当たって、開発事業費から差引くのが普通である。

施工様式によっては(わが国での官貸請負のような場合)、事業費中に施工機械等の購入費が別掲積算されている場合も多い。この機械は、工事完了時、普通、若干の残存価値(residual value)を残している。この残存価値は投資額には入らず、投資額の計算に当たっては、残存価値相当分だけ事業費から差引かなければならない。すなわち、【開発事業費と投資額の乖離は、(施工様式にもよるが)投入機械量と工期の影響も受ける。

以上述べてきたように、開発事業費から投資額を推算するには増加要素と減額要素があり、表面的な事業費のみとらえて投資額を予測することはできない。各要素の取捨、選別は主に経済専門家の判断、検討の問題である。しかし、既往の計画、解析例について、筆者が収集した事例から平均的には、計画開発事業費の約90%が投資額として事業の経済評価に使われている。この【比率は、個別には、100%以上から70%代まで分散している。この変動は上述のような理由によっていることはもちろんである。

c. 予備費の取扱い

石油危機以降、物価の爆発的な上昇に対処するため、多額の予備費が計上されるようになった。従来、予備費は計画、設計の精度によって10~20%が見込まれる程度であったが、石油危機以後では25~40%の水準(時には50%を超えて見込んだ例もある。)になった時期がある。そして、予備費は1)物理的予備費(physical contingencies)と2)物価(上昇に対する)予備費(price contingencies)に分割されるに至った。前者は従来の方式で、不測の事業費増嵩に対して見込み、後者は時々の物価上昇率を推定、支出計画と組合せて推算している。

内部収益率計算のための投資額には前者のみが含まれ、後者は含まれない。(一般的に、'75年以前の事業でも、物価予備費は事実上入っていたが、当時はこれを分離、除去せず、一括、予備費として事業費、投資額にくり込み、内部収益率を計算する方法が行なわれていた。)

d. 支出計画(disbursement schedule)

事業着工後、年度別の事業費支出計画の作成は経済分析上不可欠である。このため技術者は資・機材の調達から施工の手順、支払い手続まで知り、適切な事業費(年度別)支出計画(投資計画)を作成しなければならない。調達、施工の形態によって支出には遅延があり、調達手続のため実支出はとかく遅れがちであるので、この計画の作成には十分な検討が必要である。

想定事業の支出計画((表一)②欄に現われる。)は、詳細を捨象し、施工期間5年(通常この程度の期間がとられる。過度に長くなると事業を2期、3期に分割する。)として、うしろ山型に仮定した。

(なお、経済分析に使用する投資額の積算について、労賃の見方、国内産サービス、資・機材の価格の見方な

どについて論議があり、解析例によっては必要な調整を行なっているものもある。）

e. 維持管理費・更新費等の取扱い

開発事業によって施設を建設すると、その施設の運転、維持管理費 (operation and maintenance cost, O & M cost と略称) を要し、施設によっては一定期間ごとに更新 (replace) しなければならない。

これらの費用の取扱いは、分析担当者によってかなり異っている。(表一) ②欄に費用として計上している場合もあれば、②欄と③欄の間に別立ての欄を設けている場合もある。さらには、便益の計上に当って、これらの面で必要な経費を差し引いて計上している例もある。本例の場合、単純化のために計算を省略し、ほぼ第3の方法によっているものと理解されたい。

(なお、O & M cost について、自然かんがい (gravity irrigation) の場合、約20 \$/ha ('75年実勢値)、揚水かんがい (pump irrigation) の場合、65 \$/haとする計画経験値がある。しかし、筆者はこれらの数値は見積り過少であると感じている。)

事業費中に見込んだ施工機械等の残存価値がある場合は投資額の計算に当って前述のようにこれを差引かなければならない。この取扱いも担当者によって差がある。本例では、施工期間5年で残存価値は小さく②欄末尾の数字はこれを差引いたものと解されたい。

(表一) ②欄の一連の数字は、以上述べたような背景で設定されており、実際の事業の処理に当ってはそれぞれ述べたような問題点を含んでいる。個々の事象の処理に当って、さらに一段の理解と検討を期待する。

(解説一) 2) 便益 (benefits)

a. 便益の計算

(表一) ③欄の便益とは、事業によってもたらされる年間増加純便益である (もちろん、直接的なもので、計量化、金銭評価できるもの)。この評定作業は、おもに農学、経済専門家の分担業務であるが、とくに事業計画取りまとめに当る技術者は、これに参画し、協力、集約できる知識、視点が必要であろう。比較的単純な東南アジアに多い水稻栽培を主とするかんがい・農業開発事業の場合の年間直接純便益は、

$$(\text{もみもしくは米のha当り(年)増収量}) \times (\text{もみ/米の ton 当り国際価格}) \times (\text{純受益面積}) \times (\text{収益率}) + (\text{米作以外の農業による増加収益})$$

によって、(他にいろいろな計算方法はあるが、) 概算される。ここに、上記の概算に係る2~3の指標値ならびに計算の基礎を示せば以下のとおりである。

i) もみもしくは米のha当り増収量：東南アジアの水稻収量は、現在、平均 (もみ) 2.3ton/ha程度であり、事業によって、これが雨期4.3ton/ha、乾期4.5ton/ha程度になると計画されているのが平均的

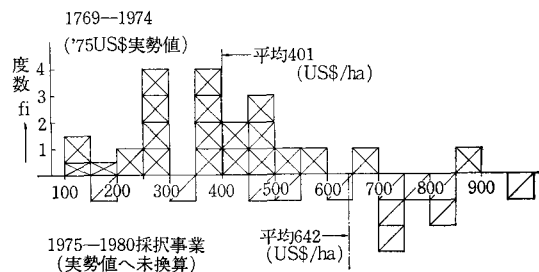
ある。受益全域が水稻単作から同2期作に転換されると想定した場合、年間増収量は (もみ) 6.5ton/ha程度となる。ただし、作付率は現況110~120%であり、これが計画では195% (平均) とされている点も配慮し、分析に反映させなければならない。

ii) もみ/米の ton 当り国際価格：東南アジア地域では、普通、Bangkok F. O. B. (freight on board, 船積み) 価格を基礎に、国境価格に転換のため、輸送費等を加除して決める。Bangkok F. O. B. 価格は時々変化するので、これに代えて世界銀行が行なった長期予測値もしばしば使われている。

iii) 収益率：(この用語は経済学的に厳密な定義のものではないが、) ここには、純便益の粗収入に対する比と定義する。上述の便益概算法に使用する観点から、既存報告書の例を見ると、70%代 (下半) から60%代 (下半) の計画例が多い。厳密な経済分析では営農の詳細を検討、分析して算出されるべきものであるが、概算の段階では (余裕を含み) 60%程度と見込んで大過ないものと認められる。ちなみに、わが国の水稻耕作の場合、作付増による場合40%、収量増による場合75%とする指標がある。

iv) 米以外の農業による増加収益：増加収益計算の考え方は米の場合とほぼ同様である。ただし、価格は作物の種類により国際価格を採る場合と現地市場価格を基礎とする場合がある。

以上、事業便益の計算にはいろいろな手法、段階があり、個々の経済分析に当っては精緻な解析が必要であるが、計算の集約、検討の段階では、ha当り便益 (額) を (非常に粗い指標値ではあるが、) 1つの (検査) 指標とすることも考えられる。この観点で、手元にある資料 ('70年頃から'80年の間に採択) について、ha当りの便益額を概算し、図化すれば (図一) のとおりである。図、上段の柱状図は既述の農業土木学会誌に所載のもので、'75年米ドル実勢値に換算、図示したものである。同図、下段柱状図の基礎数値は主に各種報告書の内部収益率計算表によった。事業様態の幅広いちがいに加えて、O&M費取扱い等に不同があり、十分な正確、厳密さは



図一 かんがい農業開発、ha当り純便益(年当り)

保てなかったが、大勢を知るにはなお有用であろう。(下段部分の数値は特定年の実勢価値への換算は行なっていない。)

図から、'75年以降採択の事業について、便益の面でも、それ以前採択の事業に比べて、額面上の数値でかなりの動きがあったことが認められる。想定事業の(年間増加純)便益、ha当り450\$は、主に(図-2)上段の数字を基に、下段に示されている最近の動向を加味して設定した。

b. 便益の発生

便益の発生は投資から若干のおくれがある。このおくれは事業の種類、性格によって差があり、計画の(全)便益が発生するのは事業完成の数年後以降である。(表-1)③欄は便益の流れ(benefit flow/stream)と言われるが、この欄の最初の部分は、便益が逐次増大する過程を例示するため、想定のように便益が毎年動く形としている。本例では事業着手9年目以降便益は一定となっている。しかし、実際では、毎年若干変動する便益を掲げている例も見られる。主に、更新ないし大修理などを見込んでのことである。(この種の出費は費用の流れ(cost flow/stream)の側に見るのがより当を得ていると思われるが…)。

便益発生が遅速は内部収益率にかなり影響するので注意を要する。効果発生が早ければ早いほど、高い内部収益率が得られる。計画、施工に配慮を要する。

(解説-3) 差引き費用・便益

(表-1)④欄がこれに当る。本例では単純に②③欄の計であるが、場合によっては、先述のように、他の費用が欄を分けて示され、加除にかかわることがある。

(解説-4) 割引(discount)計算

a. 割引計算

n年後の費用ないし便益(X)の現在価値(V_p)は、割引率をrとすれば

$$V_p = \frac{1}{(1+r)^n} \cdot X$$

で求められ、この計算を割引計算と言う。ここに、右辺第1項は割引係数(discount factor)として、普通、複利表に与えられている。割引率15%、16%についてはそれぞれ(表-1)⑤、⑦欄に掲げたとおりである。割引計算では、④欄の値に対応する年次ごとに試算のため想定した割引率に対する割引係数を乗じ、各年次の差引き費用・便益の現在価値を計算する。結果はそれぞれ⑥、⑧欄に入れる。

以上の計算を、年次ごとに、事業命数(project life, 後述)の全期間について、試算割引率別に計算(⑥、⑧欄)し、(たてに)集計する。⑥、⑧欄、下端ワケ外の数字である。本例では、試算割引率15%に対して正の値を得、16%に対しては負の値を得ている。この値が正の

場合、内部収益率が試算割引率より高い側に、負の場合は低い側にある。

c. 事業の命数

構造物、施設にはそれぞれ寿命があり、耐用年数がある。開発事業の場合、適切な維持管理が行なわれれば、特定の部分を除き、施設は半永久的に使用に耐えるが、それぞれ一定の命数を設定して、その期間について経済分析を行なう。

経済分析に使用される期間(事業の命数)は、実例では、20~60年にわたっている。事業の性格などによって差がつけられているように認められるが、長短の基準は厳格なものではない。一般的に、改修(rehabilitation)、圃場施設整備(on-farm development)とかポンプ等の機器を主とする場合は相対的に短かく(20年程度)、ダム、長大な堤防などが含まれる場合(50年程度)採られる傾向がある。頭首工、水路から成立つような場合、ほぼこの間に入るとして支障はない。

以上のような背景にもとづいて、例示の内部収益率の計算では30年の期間を採っている。

(解説-5) 内部収益率

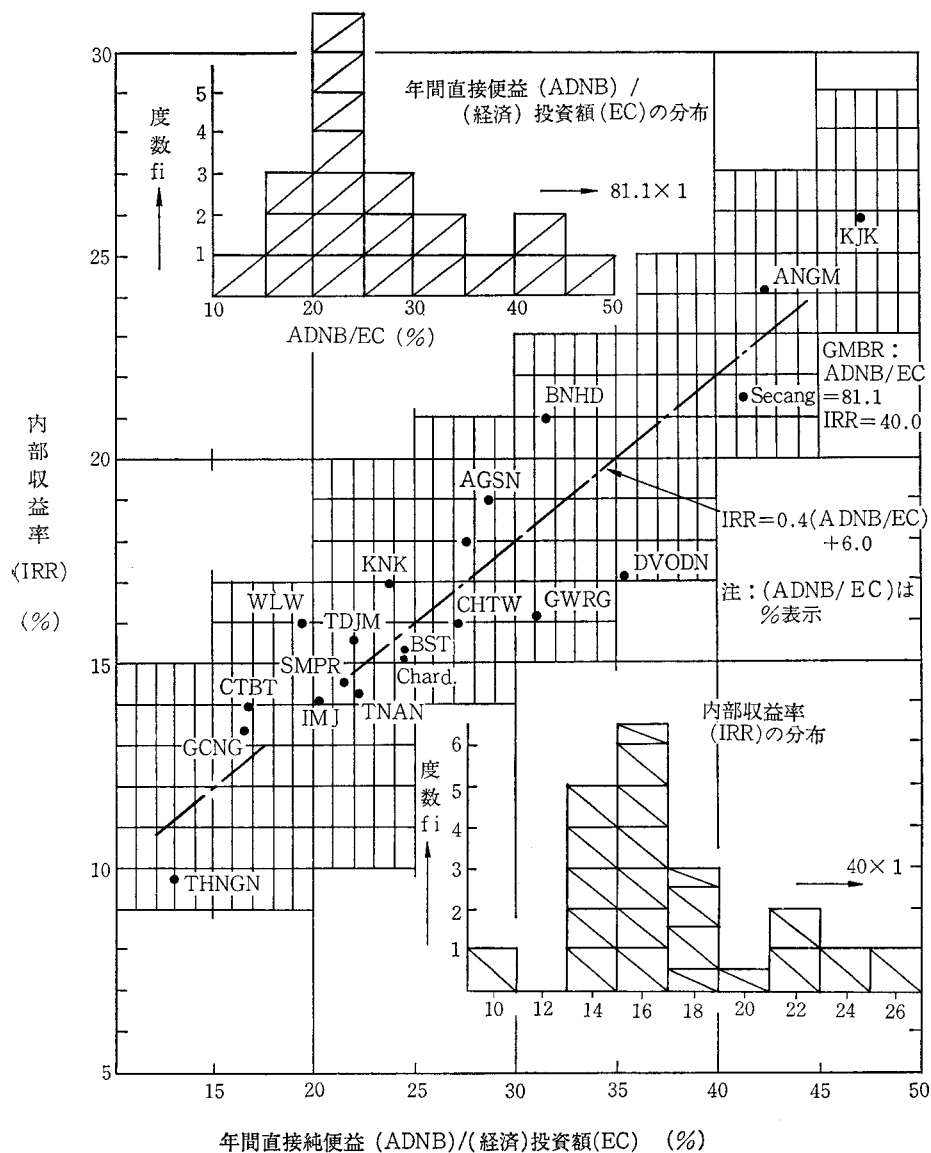
(表-1)⑥、⑧欄、下端段外のような2つの数値を得ると、割引(済)額をゼロとする割引率は内挿計算によって求める。同表下段欄外に示したとおりである。

(ここに使った直線内挿法は、この計算には厳密に正しい方法ではないが、内部収益率の計算自体、理工学計算におけるほど厳密なものではなく、直線内挿で十分と認められる。内部収益率の表示も、最大で(%表示)小数1桁、場合によっては%でとどめられている。)

4. 内部収益率の計算(その2—概算)

前節で述べた内部収益率の計算には試算を含み、そのためには割引率を仮定してかからなければならない。したがって、試算のための割引率仮定の巧拙が計算の労力、遅速に大きく関係する。的確に試算割引率を仮定すれば、普通、1対の割引計算で内部収益率を求めることができるが、かなりな幸運ないし熟練を要する。事業計画の他の諸元から、内部収益(の近似値)を手早く知ることができれば、経済分析その他の作業に極めて有用である。この目的のための、内部収益率速算(概算法)を示せば以下のとおりである。

ところで、経済的に成立つ(feasibleもしくはviable)な事業では、前項までに述べた年間増加純便益と投資額の比は一定水準以上の値になるものと推定される。その分布を、'75年までに採択された開発融資事業について示せば、(図-3)左上の挿入図のとおりである。ここに、同じ事業の内部収益率計算結果の分布を、同様に柱状図の形で示せば(図-3)右下の挿入図のようなものが得られた。この2つの挿入図で示された分布はかなり似通



図一 年間直接純便益 (ADNB) と内部収益率 (IRR)

った形状をしており、年間増加純便益の投資額に対する比と内部収益率の間には、かなり密接な関係があるように読取られる。この観察に基づいて、事業ごとにこれら両者の数値を対応させてプロットすれば、(図一3) 主部のとおりである。経済分析各段の細部手法に相違があるため、プロットした各点はなお分散しているが、左下から右上に分布している。この関係は必ずしも直線関係とは断定できず、試料数が少なくかつ分散しているが、最小二乗法により回帰式を求めれば、次のとおりである。

$$IRR = 0.414(ADNB/EC) + 5.807$$

$$\approx 0.4(ADNB/EC) + 6 \dots\dots\dots(1)$$

ここに、IRR：内部収益率、(%)

$$(ADNB/EC) : \frac{\text{年間直接増加純収益}}{\text{投資額}}, (\%)$$

より最近 ('76~'80年) の採択事業についての (概略) 値を投入してみると、上式(1)はいくらか高めの値を与えているきらいもないではないが、開発事業計画の予備的段階で入手できる資料の精度、要求される判定精度などを考えれば、式(1)は概算的ながら、事業効果の評定に有効な判定指標を与えるものと認められる。ただし、原資料の範囲ならびに直線式として処理していることから、本略算式の使用範囲は、内部収益率10%以上、ほぼ25%以下に限定するのが適当と思われる。

式(1)の関係を得て、筆者はかなりの多くの開発事業例について、この関係を内部収益率の概算に使用して見

た。この関係はかんがい・農業開発事業の例から求めたものであるが、関係式は、事業の分野 (sector) を超えて、ほぼ満足すべき結果 (内部収益率で±1.5%, まれに±2%の誤差) を得た。(このことは 図中各点の回帰直線からの隔りからも推察される。) 試算準備段階の概算には使用に耐えると判断する所以である。(実は、想定事業の内部収益率計算では試算割引率を式(1)の関係から15%付近と見当をつけて、(表一)の計算をはじめている。)

5. 感度分析

かんがい・農業開発にとどまらず、開発事業が計画通りに完了することはかなり稀なことである。工期に遅速が出たり、事業費の増嵩がある。また、生産物価格の変動も予想される。事業効果評定の指標である内部収益率も、これら諸要素の変動にともなって変化する。このため、開発事業の効果評定に当っては感度分析 (sensitivity analysis) を求められることが多い。

感度分析を行なう条件は、1)事業費が増嵩した場合 (10%程度)。2)工事期間が延びた場合 (1~2年)。3)便益が (生産物価格下落などで) 下った場合 (10%程度)。4)上記3条件の2つないし3つが重複した場合などである。計算方法は基本的に (表一) の計算と同じで、感度分析条件に応じた各欄の数値を、1)~4)の条件に沿って変えて、試算をくり返し、その条件に対する内部収益率を求める。計算のケースが多だけに、感度分析はやや煩雑な作業である。

ここに、(図一)に掲げ、式(1)で示される関係は感度分析にも使うことができる。事業費 (投資額) が上っても、便益が下っても、(ADNB)/(EC)の値は下り (図上では左へ移り)、内部収益率も下る。(式(1)から投資額10%増または便益10%減によって、内部収益率は約4%変化すると言えよう。)ただし、(図一), 式(1)の関係は工期の変動にともなう内部収益率の動きを推定することはできない。

6. 経済分析結果の利用——事業の採否

事業の採否を規定する第1の要因は技術的可能性である。実施主体 (executing agency) の技術力、要員、事業体制、制度等々をも含んだ、広義の技術的可能性が

検討され、必要に応じて各所の手直し (外部からの導入) も必要であろう。

事業採否の第2の局面は、調達可能な資金量を含む、財政、経済的な妥当性で、資金調達面を除き、経済面等の判断資料として内部収益率、標準農家収支などが使われる。しかし、これらの指標が採否決定のすべてではない。どの機関にも「内部収益率何%以上は採択」とする固定した基準はない。内部収益率等は経済的妥当性判断の重要な指標であり、一般には、内部収益率が15%を大きく下まわると経済面では採否に論議を生じ、10%を下まわると採択を見送られる場合が多いが、内部収益率が10%を割込んでも採択された例も散見される。計算した内部収益率を、導入した資金の利子率、事業当該国での卓越した利子率、類似他事業の効率などとの関連で、判断資料としている場合もあり、その国での投資機会などに関連させて、事業採否判定の基礎としている例も見られる。以前よりは影がいくらか薄くなっているくらい無しとしない経済評価であるが、内部収益率による判定は、なお事業評価の主部をなしている。適切な分析に基づき、本稿2, Cでも述べたような最近の経済面以外の効果についての関心のたかまりをも加味し、適正な事業計画の策定と効果の評定、判断が今後益々必要とされよう。

あとがき

以上、かなり馳けあしながら、非経済屋の事業経済論議を続けてきた。専門外の分野であり、馳けあしの故もあって、意を尽くせず、厳密を欠く点多々あったことをお詫びする。しかし、非専門家が体験的に学習した部分が多だけに、実面的な面では何がしかのお役にたてるものと思っている。論ずるところのそれぞれについて、乏しいながら資料も持っているつもりである。不分明のケ所については、機を得て御質問でもいただければ幸いです。

わが国の海外協力はますます増加の傾向にあり、その中で農業開発協力は1つの重点とされている。このためには優良な事業の発掘、策定が不可欠である。以上述べてきたところが、この線での読者の御活動に小さな踏み台にでもなればと願うものである。

韓国における圃場整備の現状と今後の展望

協 阪 銃 三*

目	次
1. はじめに.....(51)	4. 耕地整理事業の実施状況.....(54)
2. 韓国の農業の現状.....(51)	5. 耕地整理に対する技術協力.....(57)
3. 農業基盤整備の実施状況.....(52)	6. 今後の耕地整理の進展について.....(60)

1. はじめに

韓国においてはわが国の圃場整備事業にあたる耕地整理事業（わが国でも昭和36年以前は耕地整理又は区画整理と称していた）が最近農業施策の重点の一つとして年間1.5～2.5万haが実施されている。1982年から始まった第五次5カ年計画ではさらに毎年3万ha程度の整備が計画されている。韓国では米生産の増大を計ることが農政の大目標であり、耕地整理も米収量、作付面積の増加を当面の主な目的に掲げているため、耕地整理の本来的な効果である農業機械の導入による省力化および汎用耕地化などについてはほとんど考慮されていないため、それらの技術的配慮・経験がもう一步不足している観がある。わが国では1979年から4回にわたり耕地整理の専門家を韓国に派遣し、技術協力を進めてきている。ここではそれら技術協力を通じて知り得た韓国における耕地整理の現状と、今後の耕地整理の進め方、技術協力、交流のあり方などについて述べることにする。

2. 韓国の農業の現状

韓国は、ほぼ北緯33度～39度、東経124度～131度に位置し、国土総面積は9,896万平方キロメートルで朝鮮半

島の南半分および周辺の島々から成っている。総人口は3,745万人（1980年現在）で1960年からの年増加率は約2.6%である。

韓国政府は、1962年以来五次にわたる経済開発5カ年計画を実施しており、本年は1982～1986年の第五次5カ年計画の2年目にあたる。国民総生産額は1980年は35兆^{ウォン}（国民1人当たり919千^{ウォン}**）であり、経済成長率は実質5～10%（第三次計画10.1%、第四次計画5.6%）と高い実績を示し、第五次計画でも平均7.6%と高い成長を予測している。しかし、農業部門（農業、林業および漁業）がGNPに占める割合は1980年現在約17%とわが国のそれに比べてまだ高いといえるが、1961年当時約40%を占めていたことから見るとその割合は急激に低下してきており、さらに第五次5カ年計画においても伸び率は2.6%と見込まれ、目標年である1986年には14.8%に下がってしまうことになる。また、農家人口の全人口に占める割合は1965年の55%から最近40%を割り農家人口は年々3%以上の低下を続けている。

土地条件を見ると国土の70%以上が山岳地帯で耕地は約22%と狭小である。農地面積は1980年現在約2,196千haで、うち水田が1,307千ha（59%）、畑地は889千ha（41%）であり農家1戸当りの所有面積はわが国とほぼ

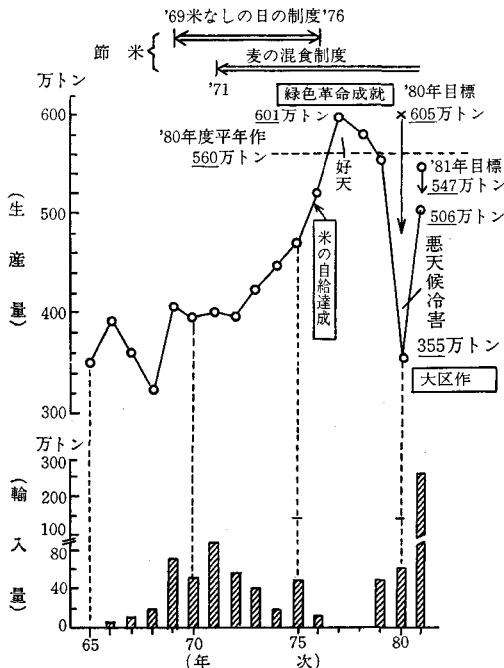
表-1 各5個年計画の計画と実績比較

	1次計画 (1962～66)		2次計画 (1967～71)		3次計画 (1972～76)		4次計画 (1977～81)		5次計画 (1982～86)
	計画	実績	計画	実績	計画	実績	計画	実績	(2) 計画
経済成長率（年平均、%）(1)									
国民総生産	7.1	7.8	7.0	9.7	8.6	10.1	9.2	5.6	7.6
農林水産業	5.7	5.6	5.0	1.5	4.5	6.2	4.0	-0.8	2.6
鉱工業	14.8	14.3	10.7	20.0	13.0	18.0	14.2	9.2	10.8
社会間接資本およびサービス	4.4	8.4	6.6	12.6	8.5	8.4	7.6	6.0	7.3

*前 構造改善局建設部整備課（現 石川県農林水産部耕地建設課）
**Wと円の換算は変動しているが1円が3W弱である。

同じ約1haである。これら農地は干拓、農用地造成等の事業により勢力的にその拡大が図られているが、都市化、高速道路、工業用地等の用地のため農地転用も年々10～15千haと大きく、農地面積は微減傾向にある。しかし、水田面積は米の生産増大の目的から逆に少しずつではあるが増加しており、その分だけ水田への地目転換も含め畑の面積減が目立っている。

農地に作付される作物は、水稻、裸麦、大麦などの食糧作物が大半を占め、他に蔬菜、特用作物、果樹が畑地に作付けされている。水田の表作は水稻のみでわが国で水田利用再編対策などにより見られる水田の転作、田畑輪換は零であるといえる。しかし、耕地の利用率は現在125%とわが国に比べ高く、韓国政府では自給率の向上のため耕地整理の実施により麦を主とする裏作物の大規模な導入を計ることに力を入れている。水稻の反収は1979年453kg(全収量600万ton)と高い実績を残した。これは好天にめぐまれたことと高反収の統一品種の導入が積極的に行われたこと、基盤整備事業の実施により水利安全田の整備が全国的に進み水稻作が安定してきたことが理由であるといわれている。しかし翌年1980年には干ばつ等が原因して収量355万tonと前年比約60%と大凶作に見まわれ、海外から1980年に80万ton、1981年に約200万tonの輸入をするという不安定さを示し、政府は現在も国民に麦の混食を義務付けている。米の1人当り消費は国民の米指向が強く従来国内生産でまかなえず、毎年の消費量が国内生産量に大きく左右されている



資料：坪井八十二「韓国の食料・農業に対する日本の協力」

図一 韓国の米の生産動向

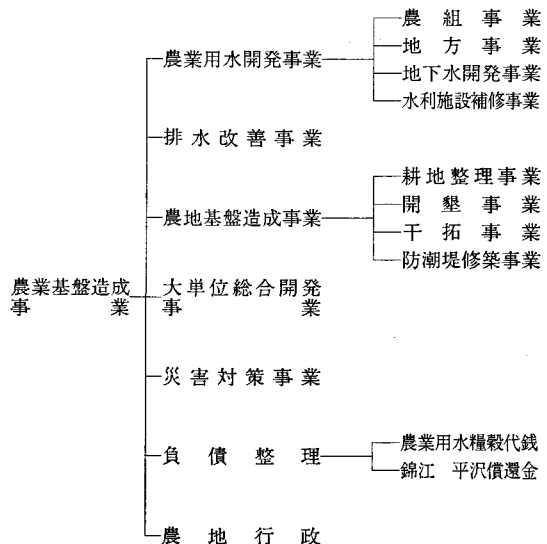
が、現在約130kg程度であるといえる。米の生産者価格は国際価格の2.5～3.0倍で政府は米の管理のため1981年では約1,700億W(糧穀管理全体で約3,000億W)の欠損額を出しており、主要穀類について、耕地整理など基盤整備の実施により安価に安定供給することが望まれている。

3. 農業基盤整備の実施状況

韓国における農業基盤整備事業は1960年まで一般的に水利事業と呼ばれ、水利不安全田(かんがい用水が不安定で常時干ばつを受け易い水田)を水利安全田とするためのかんがい排水事業が中心であった。1961年12月に土地改良法が制定されてからは名称も土地改良事業に変わり、かんがい排水、開墾、干拓、耕地整理、災害復旧と広範囲に実施されるようになった。

農業基盤整備事業は農水産部(日本の農林水産省から林野庁を除いた機構)農地局(従来、農地開発局と農地管理局の2局であったが、1981年11月に機構改革により農地局に統合された)が統括し、大規模プロジェクトを担当する特定地域開発課、耕地整理および干拓、農用地開発を担当する造成課、補助のかんがい排水、災害対策、地下水開発を担当する水利課、改良課および管理、指導を担当する地政課の5課がある。

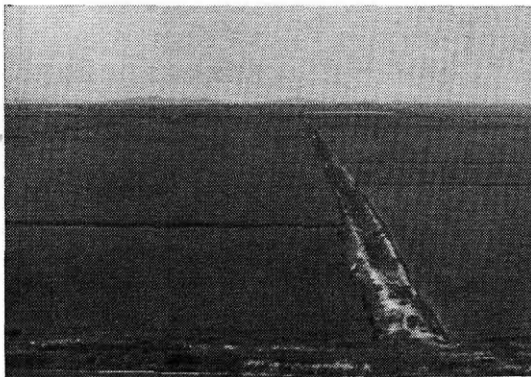
わが国の国営事業に相当する大単位総合開発事業は1970年に政府関係機関として創立された農業振興公社(ADC: Agricultural Development Corporation)が一括実施している。農業振興公社は1982年までに錦江地区(12,148ha)、平澤地区(18,419ha)、梁山江第1地区(34,500ha)、慶州地区(1,140ha)、界火島干拓地区(2,500ha)の5地区を完了させ、現在挿橋川地区など8地区を



図二 農地局農業基盤造成事業の構成

表一2 農業開発公社事業地区と耕地整理

	地区名	事業区域	受益面積	総事業費	受益面積のうち 耕地整理面積	工 期
1	錦 江	全北道益山郡, 沃溝郡, 忠南道論山郡, 扶餘郡, 公州郡	12, 148 ha	百万W 17, 149	6, 549 ha	1970~1976
2	平 澤	京畿道平沢郡, 華城郡, 忠南道牙山郡, 天原郡	18, 419	38, 000	6, 173	1970~1976
3	榮 山 江 (1)	光州市, 全南道光山郡, 潭陽郡, 長城郡, 羅州郡, 咸平郡, 靈岩郡	34, 500	81, 318	10, 325	1972~1979
4	慶 州	慶北道慶州市, 月城郡	1, 140	4, 917	346	1975~1977
5	界 火 島	全北道扶安郡	2, 500	12, 522	—	1974~1979
6	插 橋 川	忠南道禮山郡, 牙山郡, 唐津郡, 洪城郡	27, 600	139, 000	10, 235	1975~1983
7	臨 津	京畿道坡州郡, 高陽郡	8, 166	41, 806	4, 502	1975~1982
8	昌 寧	慶南道昌寧郡, 慶北道達城郡,	2, 543	20, 035	1, 105	1976~1981
9	榮 山 江 (2)	全南道木浦市, 羅州市, 務安郡, 靈岩郡, 咸平郡	20, 700	126, 000	3, 200	1978~1986
10	美 湖 川	忠北道陰城郡, 鎮川郡, 槐山郡, 京畿道安城郡	12, 665	83, 000	4, 600	1977~1983
11	南 江	慶南道晋州市, 晋陽郡, 宜寧郡, 咸安郡, 固城郡	12, 156	83, 619	4, 892	1977~1981
12	論 山	忠南道論山郡, 公州郡, 全北道益山郡	10, 800	40, 015	5, 840	1978~1982
13	洛 東 江	慶北道龜尾市, 安東市, 醴泉郡, 義城郡, 軍威郡, 金陵郡, 安東郡	4, 488	26, 700	1, 853	1978~1981
14	大 湖	忠南道瑞山郡, 唐津郡	7, 700	127, 000	1, 140	1980~1985



写真一1 大単位干拓地(界火江地区)の耕地整理

実施している。農業開発公社による実施の特色は予算および技術者等を集中的に投入し、1地区3~5年の短期間に工事を完了させ、また、末端用排水路および耕地整理まで一括施工し事業効果を早期発現させていること、および干拓、開墾が多いことなどで、農業振興公社は事業のみを集中的に実施する機能的な組織といえる。

耕地整理事業は農地改良組合又は郡、市が事業主体となり(わが国の団体営事業に相当する)主に農地改良組合連合会が調査、設計、施工監理を行っている。

農業基盤整備事業費は年々20%程度の伸びを示し、1978年度で予算は約1,500億Wとなっている。基盤整備は

大きくは①農業用水開発事業、②排水改善事業、③農地基盤造成事業、④大単位総合開発事業、⑤災害対策事業等に区分されている。耕地整理事業の予算は、農地基盤造成事業の中に含まれ、1978年度は約183億Wで予算全体の約12%を占めている。ちなみにわが国の圃場整備事業予算は昭和57年度約1,572億円で農業基盤整備費の約17%となっている。その他の事業として大単位総合開発事業予算が約34%、農業用水開発事業が約45%とこれら両事業で基盤整備予算の大半を占めているが、事業のウエイトは今後徐々にではあるが耕地整理事業などの面的事業へ移っていくことが予想される。

わが国の土地改良区に相当する農地改良組合は全国で103団体があり、農業水利施設の管理、耕地整理事業および小規模土地改良事業、営農指導を行っている。なお、農地改良組合を全国的に統括する組織として1978年特殊法人である農地改良組合連合会が設立されている。

韓国の農村では農村整備、近代化事業であるセマウル運動が広範囲に実施され、農地における耕地整理もその一翼を担っているといえる。セマウル運動は1970年4月故朴大統領が提唱されたもので、内務部が所管し、農家住宅、村民会館、共同作業所、上水施設、電化、集落道路、小河川等の居住環境の改善、主穀増産、農家所得の増大および農家教育などを目的としている。

4. 耕地整理事業の実施状況

韓国で今まで実施された耕地整理面積は10アール程度の小区画や完全に用排分離のなされていないものも含めて約38万ha、全水田面積の29%である。韓国で耕地整理事業の開始されたのは古く、1945年以前に既に約43千haが整備されている。しかし、戦後約20年間は、一時の混乱の時代もあり、また、経済力も低い状態にあったこと等により土地改良は地下水開発等による農業用水を確保し、水利不安全田の解消にウエイトがおかれ、耕地整理のような食糧増産に対する効果が他の事業に比べ小さい事業は二の次にされていた。このため、1946年から1965年の20年間に耕地整理はわずか約11千haが実施されたにすぎない。

1966年以降は一部耕地整理に対して補助の道が開かれたこともあり、急激に実施面積が増大し、毎年15~25千haが整備されてきている。年間43千haを実施した1975年に見られるように年により整備面積に大きな差があるのは、農業振興公社の大規模プロジェクトの整備が短期間に集中して行われたためである。最近数年、事業予算が相当伸びているにもかかわらず整備面積が15千ha以下に低下しているのは、道路、水路および排水路などの整備水準が従来よりアップ（まだわが国の圃場整備の整備水準よりは相当低いが）し反当事業費が急激に高くなってきたためである。

現在までの整備面積率は前述のように全水田の約29%であるが地域別には全羅北道内の整備率が36.1%と一番高く、次いで京畿道33.8%、慶州北道が31.8%と平地が多い管内の整備率が高く、逆に江原道15.6%、忠清北道が20.6%と中山間が多い道庁の整備率が一般に低いといえる。

耕地整理に対する補助は1964年以前は何もなく、水利組合が自力で実施していたが、1965年から農民の農閑期就労対策事業として地方自治体が自発的に耕地整理に助成実施するようになった。さらに、1972年以降は国の支援事業となり、営農の機械化を前提とした区画形状、用

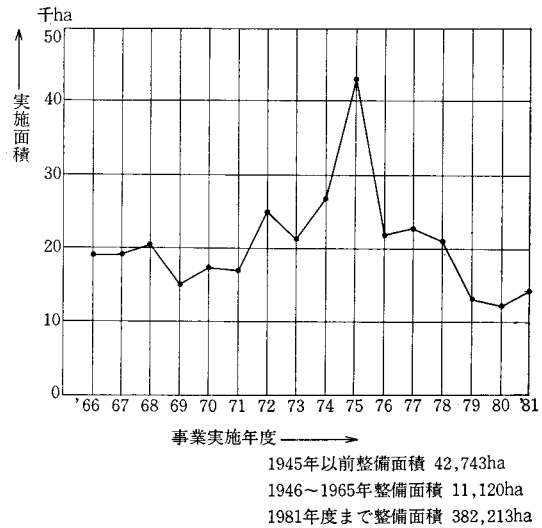


図-3 年次別耕地整理実施面積

排水系統の整備に国からの補助金が出されるようになった。

現在、耕地整理事業は農地改良組合又は郡が事業主体となって実施され、採択基準は一般に1団地50ha以上を原則としており、補助金は国が50%、地方費として道が18%、郡が12%と80%が補助され、地元農家の負担は20%である。（わが国の圃場整備事業は通常国が45%、県営事業では県が27.5%団体営事業では約15%の補助がなされ、地元負担は27.5%~40%程度である。）地元農家の負担は従来、一部農家の役務によるものもあったが、原則として現金による一括支払であったため、農家に相当な負担となっており事業実施も負担能力（現金支払能力）のある地域に限定される傾向にあった。農家の一時的負担を解消し、耕地整理を広く実施するため1981年には農業協同組合から補助残を借り受ける融資の道が開かれた。融資条件は農家負担額の2/3以内で、3年償還、利率10%と、わが国の農林漁業金融公庫による融資条件（団体営事業の場合、利率5.5%、25年間償還うち10年

表-3 耕地整理事業採択基準および補助率

事 項	採 択 基 準	事業主体	補 助 率	目的及び趣旨
耕地整理事業	<p>一般的には1団地50ha以上を原則とする。</p> <p>ただし下記の場合、基本条件として10ha以上とする。</p> <p>高速関連地域 都市近郊地域 観光地地域 敵可視地域</p>	郡守又は農地改良組合長	<p>国 50%</p> <p>（大統領令第4項5条による）</p> <p>その他は法的根拠がなく地方財政の与件により決定する。一般的には</p> <p>地方費 30%</p> <p>（道 18%） （郡 12%）</p> <p>地 元 20%</p>	不規則な畦畔の整理と道路の開設整備、区画整理及び用排水組織の整備と所有権の交換分合を通じて農地の集団化を目的とする。

据置)に比較して良いとは必ずしもいえないが、経済基盤が低く、特に現金収入の少ない農民の経済状態からは、この融資の道が開かれたことは意義が高く、今後耕地整理の実施要望は一段と強くなることが予想できる。

耕地整理事業の調査、計画、設計および工事監理など技術面は農地改良組合に加入していない農地については郡建設課耕地整理係が道庁農地課の指導を受けて行っており、農地改良組合の農地は主に農地改良組合連合会(わが国の全国土地改良事業団体連合会と都道府県土地改良事業団体連合会とを合わせたような組織)が農地改良組合から委託を受け実施している。農地改良組合は組織強化のため一郡一組合を原則とし、現在全国で103組合に組織化され、関係面積は約45万haである。大規模な組合としては全羅北道の東津農地改良組合(面積48,842ha、職員数309人)、全羅南道の榮山江農地改良組合(面積35,492ha、職員数303人)など10,000ha以上の組合が9組合、平均で約4,500haとわが国の土地改良区の規模に比べて非常に大きな組織といえる。組合長は地元の推薦により規模に応じ農水長官又は道知事が任命する制度となっている。

農地改良組合連合会は戦前の水利組合協議会の流れをくむもので数回の改正が行われ、現在の組織は農村近代化促進法(1970年1月制定)をもとに、1978年政府関特殊法人となり、農地改良組合の指導育成、耕地整理事業の調査、設計、施工監理および換地指導などの業務を主にしている。農地改良組合連合会の本部はソウル市にあり、組織は2部(管理部、事業部)、8課、8道支部で、職員は349人である。耕地整理事業は事業部の調査課、設計課、開発課および支部事業課が担当している。

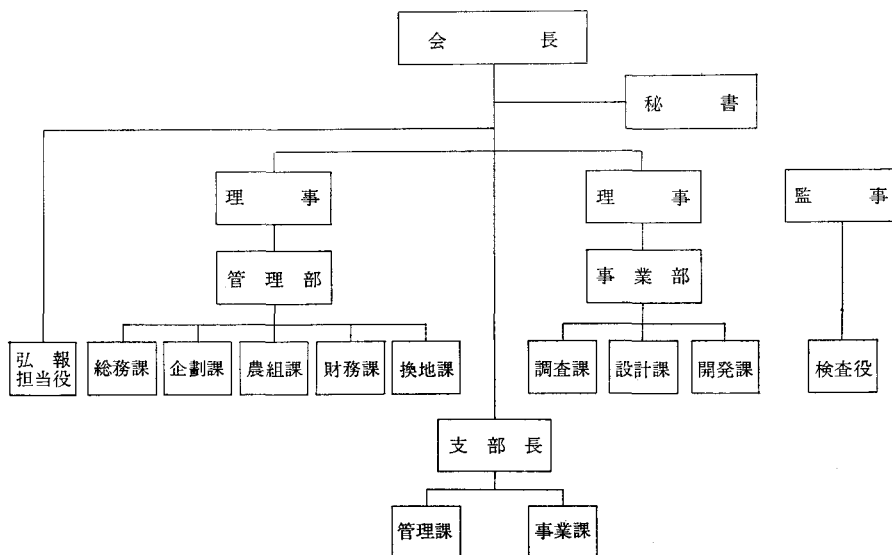
耕地整理は郡および農地改良組合による団体営事業の

他に農業振興公社で実施され、大単位総合開発地区14地区で60,760haが耕地整理の受益面積となっている。農業振興公社による耕地整理の実施はダム、基幹水路、干拓等の工事工程にあわせ、2~3年の短期間で施工される。主要な地区として榮山江第1地区10,300ha、挿橋川地区10,235ha、錦江地区6,549haなどがあり、農業振興公社実施地区面積の約45%が耕地整理受益となっている。

農地改良組合による耕地整理事業の計画から換地までの標準的な工程は図一5に示すように約4年間で、1年目は候補地区の選定、基本計画の策定を行い、2年目は前半で実施設計、水稻収穫後に工事に着手し、3年目の田植前に工事を完了させる。3年目の後半と4年目は換地を行っている。事業実施の同意はわが国と同じ2/3以上となっている。

整備の水準は最近相当アップされたが、未だ低く、極力単価を下げ実施面積を多くする方針がとられている。標準区画は40アールと大型機械の稼働可能な設計であるが農道幅が狭く、暗渠排水等の排水改良がないなど実質的な機械導入への配慮は少ないといえる。これは経済的な理由も大きいですが、トラクター、コンバイン、田植機など効率的な水田営農に不可欠な農業機械が未だほとんど導入されていない、耕地整理済の圃場での実際の稼働実績がなく、計画でも10アール当り労働時間は整備前の179時間から整備後163時間とわずか16時間の省力化が見込まれているだけで、わが国の約120時間から約40時間への省力化に比べ極端に低く耕地整理の効果が十分に発揮されていないことも大きな原因であると考えている。

1978年現在全国に導入されている農業機械は、耕耘機195千台(11戸に1台)、防除機236千台と小型農業機械は相当入っているが、田植機はわずか500台、収穫機4千台



図一4 農地改良組合連合会組織図

区 分	1 年 目				2 年 目				3 年 目				4 年 目											
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
候 補 地 区 選 定	■																							
基 本 調 査		■	■	■																				
実 施 設 計					■	■	■	■																
事 業 施 行 認 可													■											
施 工													■	■	■	■	■							
工 事 着 工 前 業 務							■	■	■	■														
仮 換 地 指 定 業 務																■	■							
工 事 完 了 業 務 (確 定 測 量)																						■	■	■
本 換 地 業 務																								■

(参考) 日本の圃場整備事業工期 (基本調査、実施設計を除く)

団体営事業 標準3年 実態約6年

都道府県事業 // 5年 // 約10年

図一 5 耕地整理事業実施標準工程

と極端に少なく人力中心の農作業が営まれているといえる。今後の農業機械の導入計画としては、政府が1979年7月に発表した農業機械長期供給計画があり、計画によれば、1986年までに総額2兆4千億Wの資金を支援し、216万台の各種農業機械を導入することとなっている。216万台の内訳は、耕耘機54万5千台、田植機15万2千台、バインダ24万5千台などであるが、トラクター、コンバインなどの中、大型農業機械の導入計画はなく、今後耕地整理の実施と歩調を合わせ、早急な農業機械の導入が望まれる。

耕地整理事業の実施事例として1981年～1982年に工事

が行われた忠清北道管内の閑溪地区の概要を次に示す。

地区位置、忠清北道清原郡加徳面閑溪里

受益面積 (現況) 146.75ha

水田94.47ha畑28.23haその他24.05ha

事業費 690,148千W (10アール当り470千W)

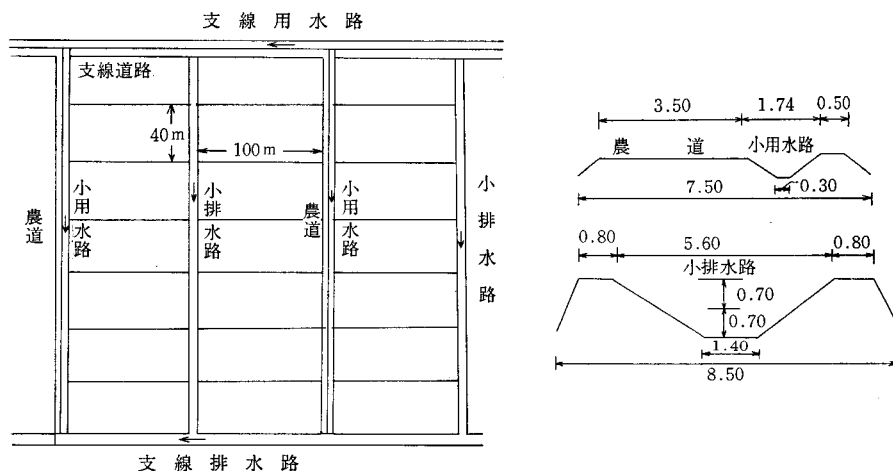
標準区画 40アール (100m×40m)

減歩率 7.4%

工期 1981年10月～1982年5月

基幹工事 別途水利事業で実施 (事業費 392 百万 W)

今後の要耕地整理面積は1979年に実施された耕地整理



図一 6 閑溪地区標準区画

表一四 耕地整理の年次計画

(面積：千ha)

区 分	1982	1983	1984	1985	1986	計
第五次5ヶ年計画	(6) 22	(8) 28	(7) 32	(4) 32	(5) 35	(30) 149
拡大開発計画	(2) 18	(4) 34	(4) 35	(5) 36	(5) 37	(20) 160
国家予算(予定)	百万W 28,463	60,898	62,923	62,923	64,554	279,761

(注) ()は農業開発公社実施予定面積で内数 2,800億W。

実態調査をもとに1団地50ha以上の水田(現在のところ韓国では畑地の耕地整理の予定はない)約324千haであるとされている。この面積を傾斜区別に見ると勾配1/500以下の平坦地約121千ha、1/500~1/100の緩傾斜地約156千ha、傾斜地38千ha、1/50以上の勾配をもつ山間地は約9千haで、平坦地の水田整備に重点が置かれている。

当面の耕地整理の実施計画として、1982年から始まった第五次5ヶ年計画および1980年に農水産部農地局が作成した耕地整理拡大開発計画がある。第五次5ヶ年計画では耕地整理事業は5年間で149千ha、事業費、約2,800億Wが見込まれ、毎年平均約3万haを実施する計画である。

5. 耕地整理に対する技術協力

わが国の韓国に対する農業基盤整備事業に関する技術協力ならびに資金協力は今まで農業用水の緊急確保のための地下水開発、大規模干拓、水系水資源開発計画など韓国における時々の重点事業にあわせて行われてきた。

最近、韓国ではセマウル運動とも関連し耕地整理に大きなウェイトがかけられるようになってきた。韓国においては前述のように耕地整理は戦前から既にその実績を持ってはいるが、農業機械の導入を前提とした整備技術は経験も少なく、資金協力問題ともあわせ、水田における圃場整備の先進国であるわが国への協力が要請されたものである。技術協力は1979年から1982年まで既に4回、延16名の専門家が短期派遣(10日~60日)され、韓国の耕地整理技術向上に相当な効果をあげている。ここでは過去4回の技術協力の内容を記すこととした。

韓国からわが国への耕地整理に関する協力要請は、1978年9月に開催された日韓閣僚会議の農林水産大臣と韓国農水部長官との個別会談において、農水部長官から提案された。農水部長官の要請の内容は、「韓国では1979~81年の3年間に8.2万haの耕地整理を計画しており、この総費用の80%に当たる26,900万ドルのOECF資金の借入を要請する」というもので、故中川農林水産大臣は「技術協力については今後とも協力していきたいが、具体的協力については検討して返事したい。」と回答した。

この要請を受け事務段階で調整が行われ、1979年6月から耕地整理専門家が派遣され、両国間の技術協力が始まった。

(1) 1979年技術協力

6月13日から8月12日までの61日間、中道宏氏(現、構造改善局設計課農業土木専門官)をリーダーとする4名の専門家(総括、設計・施工、計画、経済効果)が派遣された。同年の技術協力方針は次の3項目であった。

- ① 韓国における農業及び耕地整理の現況を把握し、耕地整理事業の緊要性を確認する。
- ② 耕地整理事業の技術基準について意見交換を行うとともに、日本の技術基準を紹介する。
- ③ 今後耕地整理事業を推進するうえでの課題について検討する。

上記のとおり、1979年の技術協力は、初年目であったため、日本の圃場整備の技術紹介、意見交換、韓国における実施状況の把握などが中心となり、本格的な技術協力は次年以降として、次のような今後の課題を提案した。

- ① 整備の現況、整備可能面積等を事前に調査し、全国的な妥当性の調査、優先順位の決定のためのマスタープランを作成する必要がある。
- ② 耕地整理の実施にあたって配慮する必要がある事項水田の汎用化対策、耕地の再整理、傾斜地における整備、広域的な農道整備、集落整備を含む環境整備。
- ③ 開発優先度が高く、また、モデルとなる地区等についてフィージビリティスタディを実施する。この適地としては大規模地区及び特殊地区がある。
- ④ 耕地整理事業に関する諸基準の基準化、標準化を推進し、計画、設計、施工の省力化を図り、成果の迅速性、正確さ、均一化を期することが肝要である。

(2) 1980年技術協力

6月20日から7月17日までの28日間5名(リーダー、中道宏氏)の専門家(総括、圃場整備、用排水計画、農業経済、営農計画)が派遣された。同年の技術協力としては主に耕地整理の長期計画の作成、整備水準の決定およびモデル地区での技術検討を行った。

長期計画としては次のとおり、耕地整理実施済も含め

表—5 整備水準

項目	専門家提案		韓国側意見		設定
			農地改良組合連合会	農水産部造成課	
1. 整備水準					
(1) 用水路	1. ライニング	50%	現在実施することは事業費の面から難しい。将来目標	OK	50%
(2) 排水路	2. 用排分離	100%	50% OK	OK	100%
	1. ライニング	20%	法止め防止として土質条件を判断して決定する。	将来目標としてはもっと実施するのが望ましいと考える。	
	2. 排水深	1.0~1.2m	20% OK	20% OK	20%
	3. 小排水	0.5~0.6m	OK	OK	1.0~1.2m
(3) 道路	その他				0.6~1.2m
	1. 巾員 幹線	7.0~8.0m	OK	OK	7.0~8.0m
	支線	5.0~6.0m	OK	OK	5.0~6.0m
	耕作道	4.0m	OK	OK	4.0m
	2. 密度	120m/ha	OK	OK	120m/ha
	3. 舗装 幹線	100%	OK	OK	100%(20cm)
	(砂利) 支線	100%	OK	OK	100%(15cm)
	耕作	100%	OK	OK	100%(10cm)
	計	100%	現実的には難しい。将来の機械化営農対応100%OK		
	2. 要再整備面積	1. 現行基準の場合 61,958ha		農水産部と調整	OK
	2. 新基準の場合 目標整備水準を設定したのち算定する。				61,958ha
3. 汎用化対象面積	1. 汎用化の必要性の判断				
	(1) 汎用化対象 20%	OK		OK	20%
	(2) 暗渠の必要性とその目標			試験的に実施しており必要である。	

全体延整備面積を約1,374千haとし、その事業費を61,960億Wうち汎用化耕地は20%の262千haを実施する計画を策定した。整備水準については、農水産部、農地改良組合連合会担当者の意向も反映し表—5のとおり設定した。さらに、最近耕地整理が完了した馬山地区をモデル地区として表—5の技術基準の適用を行うとともに同年の実施計画地区である芝制地区について概略計画を作成した。なお、今後の課題として専門家から提案された事項は次の3点である。

- ① 全体構想を樹立するため大規模でかつ代表的な地区を選定して、開発調査を実施する必要がある。
- ② 事業実施地区の優先順位を策定する必要がある。
- ③ 構造改善から見た耕地整理事業の位置付けが必要である。

表—6 圃場内事業量の全体構想

項目		面積	単価	事業費
		ha	千W/ha	億W
現水行整備基準	実施済	(368,694)	—	—
	'80年秋以降残	(943,306)	(2,490)	(23,488)
	再整備	61,958	1,979	1,226
目水標整備基準	実施済	—	—	—
	'80年秋以降残	943,306	5,229	49,325
	再整備	368,694	2,739	10,099
汎用化(暗渠排水)		(262,000)	500	1,310
合計		1,373,958	—	61,960

(3) 1981年技術協力

前年の技術協力で提案された開発調査方式による技術協力が韓国より行われたが、日本政府の内部事情などもあり、1981年も従来と同じ専門家の短期派遣方式による技術協力が行われた。期間は10月20日から11月20日までの32日間で、協販をリーダーとした5名の専門家(総括、圃場整備、施設設計、農業経済、土壌・営農)による技術協力が行われた。専門家の構成は同年の要請内容を考え、総括担当のみ農林水産省の技術者で他はすべて、県で直接圃場整備の実施や、土地改良事業計画を担当している技術者からなり、実務、実戦的な技術協力が可能なよう配慮して人選された。

同年の技術協力は韓国側が当初開発調査方式を望んでいたこともあり、具体的地区による調査、設計をすることが中心となった。農水産部および農地改良組合連合会が準備した地区は、平野部、中山間部、山間部を代表する次の3地区で、農地改良組合連合会が既に作成している計画書を日本の整備水準、技術により修正し、日本と韓国の耕地整理内容を比較することであった。

① 窺岩地区(忠清南道, 平野部)

区域面積 1,144ha (水田899ha, 畑地118ha, その他127ha)

主要工事 耕地整理982.43ha, 農道44.2km, 用水路62.8km, 排水路54.8km

総事業費 5,023,740千W

② 功城地区(慶尚北道, 中山間部)

区域面積 413ha (水田326ha, 畑地54ha, その他33ha)

総事業費 3,507,779千W

③ 徳谷地区(慶尚北道, 山間部)

区域面積 103ha (水田71ha, 畑地21ha, その他12ha)

総事業費 610,237千W

窺岩地区について計画、設計を比較したところ事業費は韓国案では10アール当り511千Wであったものが日本の水準で積算すると、約2.6倍の1,275千Wとなった。事業費の増大の原因は、道路幅および密度、排水路の深さ、用水路、排水路のライニング、道路舗装、暗渠排水等である。韓国の経済状態および農家の負担能力から見て、現時点で日本の水準により耕地整理を実施することは不可能であるので、将来再整備などの手戻りを起さない範囲での段階的整備を考え、現況で実施可能な10アール当り、581千W(1.1倍)程度の方式を提案した。経済効果算定についても韓国で現在採用されている未換算による便益費用比率方式と比較し、わが国の妥当投資額事業費比率方式により算定した。投資効果は営農労力節減効果が大きく約3倍となり、事業費の2.6倍を十分カバーできる結果を得た。

3地区における比較の他、同年は設計の基準化の具体的手法、経済効果算定の具体的方法等について技術協力

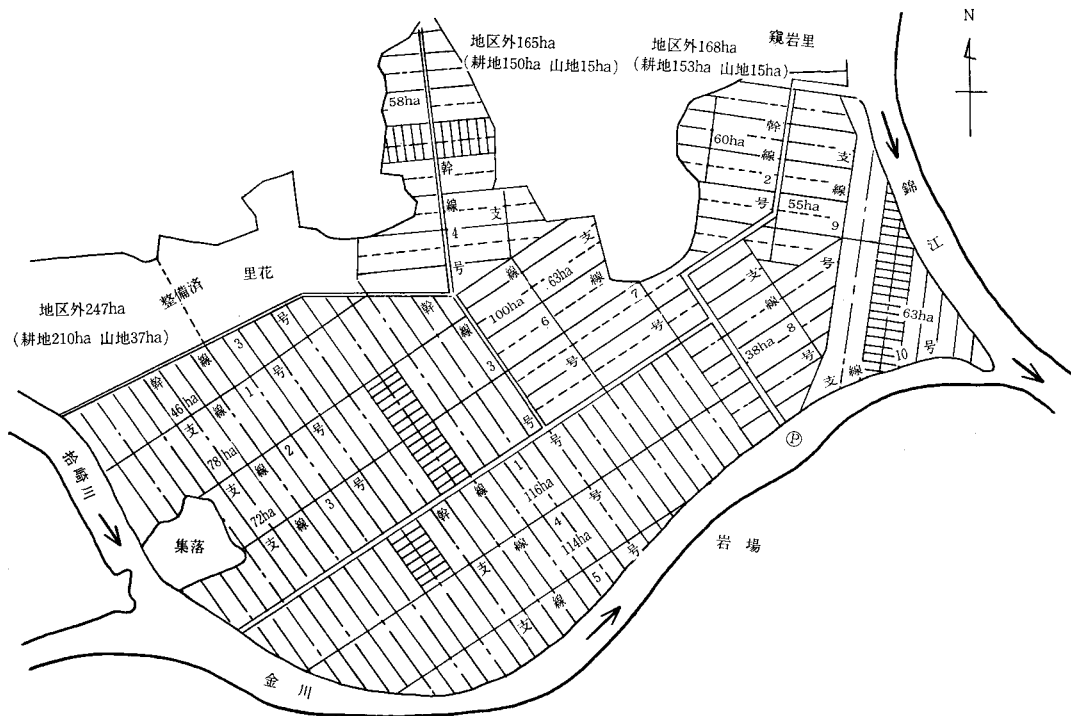


図-7 窺岩地区排水路計画図

を行った。

(4) 1982年技術協力

同年は諸般の事情から派遣期間が8月25日から9月5日までの12日間と短かく、また、専門家も2名(平井公雄氏および脇阪)に制限されたため、技術協力は、前3回の協力の総まとめと、今後の技術協力および技術交流の進め方等が中心となった。なお、同年にはわが国の耕地整理、暗渠排水技術等を調査するため、農水産部耕地整理担当課長他2名の1ヶ月間の滞在があるなど、従来から行われている農地改良組合長クラスによる圃場整備事業視察に加えて、行政技術者レベルの技術交流が活発化され始めた。また、専門家として派遣された構造改善局平井整備課長は技術協力の合同に、たまたま開催されていた韓国農工学会25周年記念大会に特に要請され「圃場整備事業の技術問題」というテーマで特別講演を行い、学会出席者から高い評価を受けたことも同年の技術協力の中で特記するべき事からであるといえる。

表一7 耕地整理実施の効果比較

項	目	整備前	整備後	増 減
1 戸 当 り 筆 数	筆	5.66	3.42	△2.24
1 筆 当 り 面 積	a	17.65	29.26	11.61
10アール当り米収量	kg	405	486	81 (増収率 20%)
“ 麦 ”	kg	223	234	11 (“ 5%)
10アール当り 投下労働力	時間	179	163	16
水田裏作率	%	33.5	55.8	22.3
(参考日本の事例)				
1 筆 当 り 面 積	a	12.3	26.8	14.5 30 (増収率 6.7%)
10アール当り米収量	kg	450	480	
10アール当り 投下労働力	時間	124	37	87
水田裏作率	%	8	26	18

6. 今後の耕地整理の進展について

第五次5ヶ年計画などにより耕地整理は今後3万ha以上毎年実施されることになり、わが国と同じく耕地整理事業は最も重要な施策となる。現在韓国で実施されている耕地整理の水準は国全体の経済力や農村を取りまく諸環境に加えて、技術的に未経験であることおよび耕地整理の第一目的となる農業機械の導入による省力化と汎用耕地化の必要性が認識されていないことに原因してまだ、十分とはいえない段階であるといえる。つまり、耕地整理はわが国の圃場整備事業が創設された約20年前と

ほぼ等しい技術水準程度と見られる。わが国のこの20年間の経験と実績等により培われた技術水準を参考として、再整備や追加工事等の手戻りが生じないよう先を見通した耕地整理の実施が望まれる。ここで、韓国において今後耕地整理を積極的に推進するために留意する必要がある事項を述べることにする。

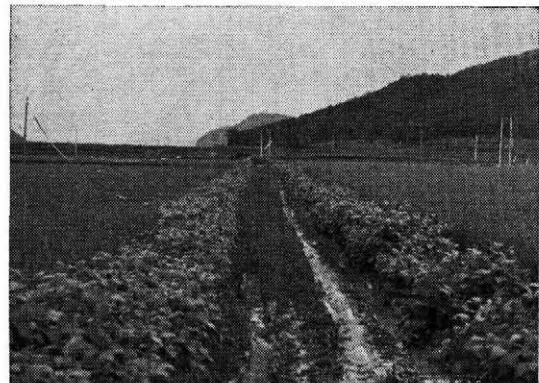
(1) わが国で現在実施されている圃場整備から見た韓国の耕地整理事業に対する調査、計画、設計および工事実施上の相違点および改正を必要とすることが望まれる点

① 耕地整理の整備水準について

韓国の耕地整理とわが国の圃場整備の整備水準には次のような差が見られる。

- 農道は密度が小さく、また幅員も狭いため大型農業機械の稼動には十分といえない。
- 用水路は土水路が主で、また、コンクリート2次製品の使用実績はない。
- 用水路のパイプライン化および装置化はほとんどなされていない。
- 農業機械の稼動のためにも必要な乾田化、および汎用耕地化をするには排水路の深さが浅く、また、排水路幅も狭い。排水路のライニングはない。
- 暗渠排水の実績はない。
- 整地において表上扱は行われていない。
- 農道はほとんど舗装されていない。

現在の韓国における耕地整理に対する国家予算、農家の負担能力、農業機械の導入状況、稲作を中心とする営農の実態、農村における農業外への余剰労働力の消化の可能性等から判断してただちに耕地整理を現在の日本の水準までアップすることは困難であり、また得策ではない。しかし、耕地整理は効果が長年月にわたって期待されるべきもので、相当先の農村の社会、経済環境を見通した計画、設計を立てて工事を実施する必要があり、将来大きな手戻が生じるようなものは現段階で整備し、その他を段階的に整備するという2面性を持って耕地整理を



写真一2 耕地整理済の農道

進めることが良策である。この考え方により整備水準を区分して見ると、

- a. 現時点で設計に含めないと将来大きな手戻が生じるか又は再整備の問題が発生するもの
農道の密度、農道の幅員、排水路用地の確保、
- b. 現時点で極力設計に含めることが望ましいもの、
用水路のライニング（50%程度）、排水路のライニング（20%程度）、農道の砂利舗装、
- c. 将来、国の財政、農家の負担能力ができた時点で必要に応じて整備するもの
用水路、排水路のライニング、パイプライン、暗渠排水、

わが国において過去（昭和45年以前）に実施した圃場整備において農業機械の導入や汎用化に適さないため、補完的整備を実施した地区も多く、韓国においても、わが国のこのような実態をも把握して、早急に適切な整備水準を確立することが望まれる。

② 計画、調査体制の強化と設計の基準化について

韓国では耕地整理の計画、調査の期間が実施設計も含めて約1年間と非常に短かく、内容も工事と直接関係する部分に重点がおかれているといえる。耕地整理は地域の営農条件、自然条件、社会条件等を十分把握し、長期的、広域的な視点に立って計画を検討することが必要であり、工事でも水と土を採取する面的な工事を中心となるため、気象、土壌、地下水、河川流量、水田減水深などの工事の基礎データが適確に把握された上で工事にかかることが望まれる。また、農家の貴重な私有財産である農地の移動（換地）、農家の負担も伴うことから関係農家全員の事業実施に対する意向も把握しておかなければならない。このため、計画、調査はきめ細かく行うことが基本条件となる。耕地整理の計画、調査について、営農計画、土地利用計画、土壌調査、経済効果調査など内容の拡充を計るとともに計画期間も2年程度とすることが望まれる。また、第五次5カ年計画では年間3万haの整備が計画され、従来の2～3倍の事業量を毎年消化する必要が生じるため、設計業務の合理化は必須条件と考えられる。設計の基準化および電子計算機を利用した設計、積算を早期に導入することが重要となる。

③ 経済効果の算定について

耕地整理事業の経済効果の算定は地区の着工優先順位を判断することを重点に米換算方式が採用されているが、耕地整理は、①農家の経営に直接結び付く事業であり、②大型農業機械など将来の営農を想定して計画を立てることになり、また、③農業外の道路、河川との共同施工の問題（アロケーション）が生じること、④耕地整理の効果が米の増産効果より大型農業機械営農による労力節減が高くなっていくこと、⑤米増産目的から畑作物も含めた営農へと転換される可能性もあることなどを考

える時経済効果の算定方法は農家の営農実態により合致する妥当投資額事業費比率方式を採用することが望まれる。

④ 工事期間について

わが国の圃場整備事業は農家の実施要望が非常に強いことにより、極力多くの地域で事業に着手することが必要であること、整地工事実施後土の安定を確認し、必要に応じ補完工事が実施できるようにしていること、および換地に時間をかけ受益農家の合意を得ること等の理由で、団体営事業でも5～6年の工期をかけている。しかし、同一圃場に関しては面工事が1年、水路ライニング、農道舗装、排水路ライニング、暗渠排水などの工事が翌年度の営農、栽培に支障のない時期に実施されるのが通常である。特に、事業期間内に不等沈下、湧水等の障害が発生した場合は事業費で補完工事を行い、農家の換地および工事に対する不満の解消に努めている。韓国では、稲の刈取が終わった10月頃から工事を開始し、翌年の植付時期までにすべての工事を完了するという方式が採用されている。この韓国の方式は一地区に集中して短期間に効果を上げるといふ大きなメリットもあるが、予算上は2年度（韓国の予算年度は1月から12月までである）にまたがっていることもあり、わが国と同じように整地に1年、その他の付帯工事および土の安定確認に1年と2年以上の工期を取ることにより、最近農家でも問題になりつつある換地等への不満解消も可能であると考えられる。

⑤ コンクリート2次製品の検討について

韓国では今後大面積を短期間に施工することが要請され、また整備水準の向上により水路のライニング率等が高くなることが予想される。工事施工労力の節減、施工のスピードアップ、工事仕上りの均一化、施工精度の向上等を計るため、小用水路、排水路柵渠、落差工等の小構造物などを現場打設のコンクリートから既成のコンクリート2次製品に切り換えることを検討することが必要である。

⑥ 中山間の耕地整理

現在耕地整理は地形勾配1/100以下の平坦地のみで実施されているが、今後は1/100以上の中山間農地を事業の対象とすることが必要となる。傾斜地では畦畔が大きくなり、用排水、農道等の配置設計および施工も細心の注意と経験が要求される。これら中山間の耕地整理技術の確立が急がれる。

(2) 営農条件の今後の進展について

韓国における現在の水稻営農は耕耘機、バインダ等の小型機械が一部で使用されているが、大部分は畜力、人力を主とする栽培が行われている。耕地整理が実施されても相変わらずの多労力による営農が多く行われ、耕地整理の効果を半減させている実態が見られる。しかし、わが国で1965年頃から急激に農業機械が導入され、農村環

境に変化が大きく生じたという経過から見て、韓国も同じ傾向をたどるものと考えられる。

韓国における今後の農村地域における農業を取りまく情勢は現在の経済成長のスピード、わが国における農村の実態等の状況から推定して次のような傾向が強くなってくるといえる。

- ① 農村の若年労働力の都市への流出
- ② 農村労働力の老齢化および婦人化
- ③ 農村における農業外雇用機会の増大と兼業化の進展
- ④ 道路、下水道等農村の環境整備の必要性の増大
- ⑤ 農家の農地における労働環境の改善の必要性の増大
- ⑥ 米の生産拡大に加えて、さらに収益性の高い畑作物の導入

この傾向をふまえて、農家、農村を健全で活力あるものとするとともに、農家所得の確保および国内の食料を安定的に生産、供給するために全国的に耕地整理を実施し、田植機、トラクター、コンバイン等の農業機械を積極的に導入し、大幅な労力節減と労働環境の改善が不可欠である。また、米の生産拡大に加えて、国民の食生活、嗜好の変化により米以外の作物の需要が増大し、農家は収益性の高い作物の栽培への指向を示すことになる。

(3) 今後における技術協力

1982年の日韓農林水産技術協力委員会においても農業土木分野で共同研究事業の中の一つに地下暗渠排水に関する研究、農地基盤造成事業に対する制度改善研究が取り上げられ、また、1979年から耕地整理専門家が4回派遣されるなど、隣国として日韓両国で今後益々耕地整理の技術協力と交流が濃密になることが予想される。わが



写真—3 技術協力

国においては今後継続的な技術協力に加えて、従来から要請されている耕地整理のモデル地区設置等に対する経済協力の実現についてさらに検討を進めなければならないと考える。なお、耕地整理と一体的に実施されることが望まれる農村環境整備に対する技術協力および研修生の受け入れなども必要であるといえる。

【引用文献】

1. 大韓民国耕地整理調査報告書 1979年
2. " 1980年
3. " 1982年
4. 耕地整理事業現況説明資料 1981年
5. 韓国の食料・農業問題、日本農民新聞、(小倉武一)
6. 日本耕地整理専門家技術協力現況 1982, 8, 25
7. 農組概況1982年 農地改良組合連合会
8. A D C 1980年2月

東南アジアにおける沿岸農地の開発と沿岸保全

植 田 昌 明*

目 次

1. はじめ……………(63)	1) KRIAN IRRIGATION AREA ……(64)
2. 沿岸低平地と沿岸漁業……………(63)	2) SARAWAK NONOK AREA ……(66)
3. 沿岸農地の開発が沿岸環境破壊を もたらした事例……………(64)	4. 沿岸保全指標とは何か……………(70)
	5. まとめ……………(70)

1. はじめに

東南アジアにおける沿岸農地（低平地）の開発に対しては、内陸開発としての農業生産力の向上を対象とする計画、設計、施工例等の考察が、これまで多く行われている。

現在までに開発された事業効果と今後の事業への期待度を考えると、これらの内陸開発としての対応には、いま一つ、海と陸との接合部である沿岸地帯の保護、保全、沿岸漁業との共存という開発指標の設定が重要であることを、2、3の事例にもとづいて報告したい。

この報告を通じて、筆者は我々の現有する低平地の開発技術は単なる農地開発としての技術に止めず、沿岸開発、沿岸整備の一環として試行する視点に立つ必要があること。このためには、いま、一度低平地を見直し、計画の時点でどの様な調査検討及び評価を行う事が望ましいかを提起したく思う。

しかし、本文ではこの具体的な計画論の組み立てにはほど遠い一事例を通じての基本的な指針の提示に止まった事をお断わりしておきたい。

東南アジアの沿岸を大別すると、三つの形になるといわれる。一つは、小島の海岸で東インドネシア、フィリピン、太平洋の小島の海岸である。二つは、リーフ海岸で島の背後地はココナツが作られる海岸である。三つは、低湿地 (Swamp lands) と河口の感潮地帯 (Estuaries Waters) の海岸で一〜二が砂浜、三は粘土の海岸である。

また、沿岸漁業にも a) 企業的な沿岸漁業と b) 小規模なボートを使って職人的に行う漁業に大別される。

さて、東南アジアの上記の沿岸のうち、農地開発を行って、直ちに農業に使える場所は、上記のうち、三の粘土地帯の低平地という事になる。

とはいっても、低平地は別名で **Marginal Soils** (生産力低劣地、不毛地) ともいわれ、詳細にこれを分ける

と土壌形態はさらに5形態位になるとの事である。このうちには、海成粘土、泥炭地、酸性土壌等々があり、すべてが農業適地になるとは限らない様である。しかし、少なくとも農地開発の対象となるのは、上記のうち、三の粘土地帯である。

また、漁業形態にしても、農地の影響を強く受ける範囲のもの農地開発と連鎖している事であるから、b) を念頭において報告する。一方、粘土の沿岸地帯はマングローブ林で覆われているので、沿岸保全とは直接的にはマングローブ林が養生、再生又は保護される干潟の工学的な場を作ることを意味することになる。

2. 沿岸低平地と沿岸漁業

低平地の開発は沿岸漁業にどのような影響を与えるか、その影響を開発の進行中、完成の直後、完成後数十年間に亘る長期に現われるもの、などに分けて予測 (Predict) し得るならば、それは最善の事である。しかし、環境の中にはこの種の予測が非常に困難なものもある。海岸が波で侵食されたりするもの。沿岸漁業のように生態系 (Ecologic System) が長期に亘って徐々に影響を受けるものなどはその事例である。

この様な事象に対しても、我々は開発との関係を実用的に解決しなければならない。従って、対応の仕方としては、Predict 以前の問題となり、実態の識別、確認という意味での Identify が非常に重要となってくる。

実践に直結する中で、事象の Identify をもとに、影響の原因に溯って考察し、その因って来た原点を追求する姿勢が大切である。

この様な意味から、沿岸漁業を支えている現況における水産環境を取らえるならば、我々の技術が指向すべき自然の状態及び改変された後の状態を具体的に念頭に設定して、設計、調査の対象とすることができる。

さて、粘土地帯での沿岸漁業を支えている沿岸環境の重要なものには、**Brackish Water Pond** という場がある。これは、マングローブ林の中にあり、池の大きさは

* 農業土士試験場水工部

1/3～(5～6) ha 程度のものである。深さも数m以内である。この池を Brackish Water というのは、陸からの淡水と海からの塩水が適当な比率で混合されている水たまりの水質によっている。ついでながら、Brackish とはちょっと塩気のあること、まずい事である。塩分濃度は淡水よりも大きく、1.8%(塩素量1g/l) 以上30.63%(17g/l) 以下であって、海水よりもあまい水との事である。水の色は必ずしも黒味がかかっていないが、茶色から灰色など、様々なものがあるようである。この水たまりは、自然の海岸営力で作られ、マングローブの根によってミオ筋の様に保持されている。

写真一は筆者が直接、踏査したものの一例である。池の周辺には、軟弱地盤の所であるにもかかわらず、マングローブの根によって地盤が保持されているので容易に人が近づける。なお、Brackish Water Pond の地域は別名で汽水域ともいわれる。

Brackish Water Pond の多くの事例は、Java の北岸に主にみられる¹⁾。Jakarta の西の Serang から、Bali 海峡の Banyuwangi などにある。Madure の西海岸にもある。

当地のものは、さらに、2つの代表的なタイプの池に分けられる。その1つは Shore-Strip として、即ち、前浜部に細長く形を多少変えながらある。幅は数百 yards (1 yard=0.914m) から時には1～2 miles (1 mile=1604m) にもなる。このタイプは Jakarta 付近及び中央 Java にある。

他の1つのものは、Shore-Strip よりも、もう少し大きい。Pond の深さももっと深い。East Java の Brantas 河の Delta と Solo に主としてある。池は、中央及び西 Java のものより大きい。また、岸辺はマングローブ林で覆われている。

小エビや稚魚は主として、これらの池で育てられる。池は特別に人工的な手を加えて海水交流をしたり、形を保持する由ではない。

これらの池が、どの程度の小エビを生産するかは、ま



写真一 Brackish Water Pond とマングローブの根

だ定説がない。

地元の情報によると、250～300kg/ha/year とともに300～500kg/ha/year ともいわれる。最高の条件では600～800kg/ha/year のようである。

エビ (Shrimp) は態変をする。卵からかえって、ちょうどボウフラの様に自泳力のない段階のものを Post-Larval Shrimp という。この段階では Brackish Water Pond にエビが運ばれる為には、潮汐によって運ばせる以外にない。このとき、池への水の流入、流出は池の周辺のごくどこからでも行われる必要がある。即ち、水の動きは面的に均一に行われる事が好ましく、水路を掘って特定の所からかんがい排水を流す様に単純に流すものでは困るとの事である。つまり、干潟は低平な勾配を有しながら、ほぼ一様な流れを広域的に有する様な機能が要求される由である。

この様な場合は短い距離区間では発生させ得ない。従って、マングローブ林が水産学的に機能を維持するためには、流れを乱流状態で充分に発生させ得る一定程度の距離が必要なようである。

3. 沿岸農地の開発が沿岸環境破壊をもたらした事例

沿岸農地開発の影響が数十年間に亘る長期に現われた事例として、海岸侵食を例に報告する。

Fig-1 は筆者が直接に訪れたマレーシアの沿岸の開発地区である²⁾。このうち、代表的な2地区の事例を報告する。

1) KRIAN IRRIGATION AREA

この地区は Fig-1 において、③で示される Bagan-serai の付近の沿岸地域である。Butter Worth から南方約40マイル (64km) 地点にあり、クリヤンかんがい排水地区と呼ばれている。背後地の水田は約3万 Acres (1万2000ha) である。

Fig-2 の低平地の最末端には図示のように海岸線に沿って全域にわたって盛土堤防 (Coastal Bund) が作られた。これは沿岸地帯に海水の侵入 (Intrusion) を防止して、まず、既耕地の高度利用をはかること、ついで、低平地の新規開発をねらったものである。

最末端の堤防線には排水樋門も構築された。

問題の発生は、この地区の一部、SG. BHARU と SG. BURONG で Fig-2 の⑤の地区から発生し、やがて全域に及んだ。

問題地区を拡大して示せば Fig-3 の通りである。この地区の1924年の海岸線は図中の点線で示される所であった。

この海岸線に対して、1930年の始め頃に400～500mのマングローブ林を残して、図中の実線のように築堤を行った。前浜の等高線に沿って、築堤した由である。排水



Fig-1 研究対象地区と課題の分布

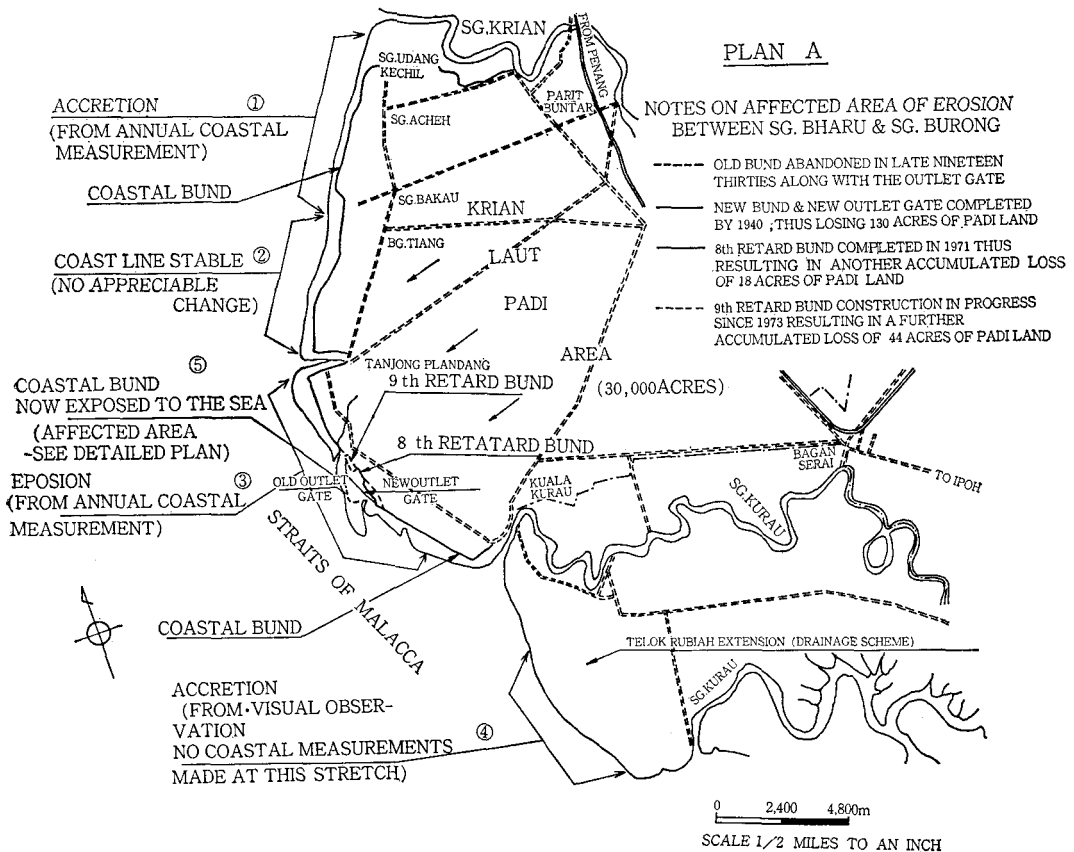


Fig-2 KRIAN IRRIGATION AREA

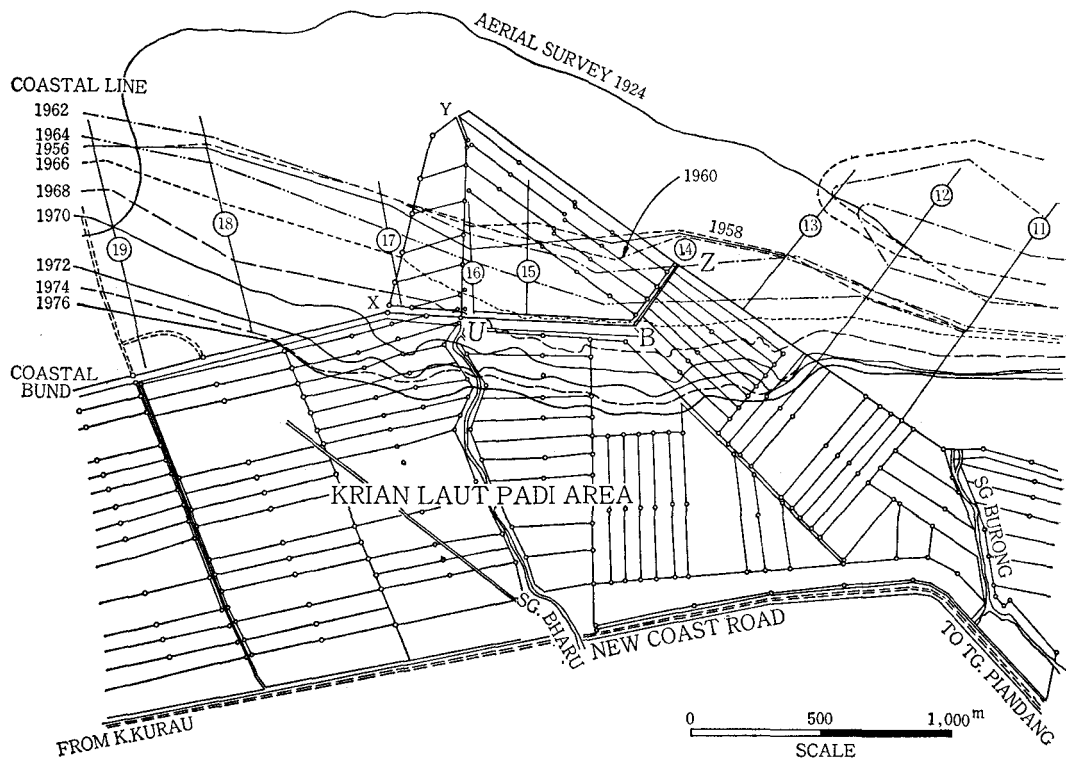


Fig-3 KRIAN LAUT PADI AREA の拡大図

樋門はY地点に構築した所、築堤後約10年を経て、海岸侵食がはげしく発生した。

前浜のマングローブ林は消失し、Y点の排水樋門も海中に無くなってしまった。この間に失った水田は、130 Acres (1 Acres=0.405ha, 約50ha,)である。失った土地を単純に面積だけで取らえるか、永年にわたる耕地整理の成果として資本蓄積が累積している土地と見るかによってその立場は様々である。筑波の農業土木試験場の全敷地はほぼこの失った土地に相当するが、日本ならば、ここまで放置する事は絶対に許されなからう。

1961年には、新しい堤防線として、X, U, B, Zの線に築堤がなされた。この築堤線は海岸線に突出したのではなく、むしろ少し背後地側に退った形とした。この堤防線は1930年の築堤線から数えれば、第8回目の後退位置である。というのは、当地の対策として、海岸侵食が起きれば、その都度、汀線の後退に対応させて、築堤線を退けて来た由である。

所が、この築堤線も安全ではなく、1974年には、図示のようにこの地帯が逆に凹形に入り込む様にして侵食されてしまった。この時第11回目の Coastal Bund も失った。

新しく作った排水樋門はU地点であったが、これは、1969年に海中に再び没し、消失した。

背後地は海水の侵入が起き、水田の機能が全域にわた

って低下した。

1924年から1974年にかけての海岸線の後退は最大で1.3kmになる。

1974年以降からは問題がさらに深刻になって来た。背後地の中に学校があること、海岸道路が約1.0kmほど背後地にあることなどのため、このまま海岸侵食が続けば、公共施設の保全が出来なくなるためである。

当時の海岸侵食が何によって起きたのか、その因果関係はわからない。また、当地の海岸変形が農地開発 (Impaction) に起因するものかどうか学問的には不明である。

海岸変形と Impaction との関係を模索する意味で、参考になる資料としては、Fig-2 に図示した隣接地区の干潟発達の状態の対応がある。Fig-2 に示すように、粘土地帯の海岸変形は必ずしも海岸侵食だけではない。

Accretion (自然増加, 前進)する所 (Fig-2 の①, ④) と Stable (変化の起きない平衡, 安定地帯, Fig-2 の②) 地帯がある。

従って、場所によっては逆に排水樋門の前面に海成粘土が堆積し、中小の排水樋門は門扉の開閉等が不能になる場所が発生している実情である。

2) SARAWAK NONOK AREA

この地区はボルネオ島にある。Fig-1 で⑨番で示さ

れる所である。

SARAWK の KUCHING から東側約 3 km の所に、当開発地の中心地である Moyan Nonok がある事から、NONOK 地区と呼んでいる。

開発は Fig-4 に示されるように西側の Batang Samarahan と東側の Batang Sodong 間に挟まれている全面積約 14,000ha の所である。

開発は 1970 年頃から本格的に始まったが、地区が広い事から、全地区を同時に開発するのではなく、西側から Phase-1, 2, 3, 4 に分割して行っている。

Stage 1 では Phase-1 地区、6,000Acres (2430ha) が計画より早く完成している。Stage II は Phase-2 の開発で目下、急速に進展している。主なる仕事は地区内の土水路の掘削と盛土堤の構築である。1974 年には計画の 50% が完了している。防潮水門の構築は現在、完了している。

1979 年には Phase-2 の地区内の開発もほぼ完了し、Phase-1, 2 の両地区から安定した農業収入が得られている所である。

Phase-3 の開発も、基幹水路の掘削を中心として、

現在、急速に進行中である。Phase-4 は開発がまだ、ほとんど進展していない。

Fig-5 は Phase-2 の開発状況を示したものである。各 Phase の分割は地区内の自然河川による流域分割を単位としている。Phase-2 は、S, Moyan と S. Nonok でかこまれた流域である。

流域の最上流端は丘陵部、ジャングルになるが、この境界には承水路を設けて低平地と分離している。

さて、問題となる低平地の開発方式はつぎの通りである。

この地区においては、まず、沿岸域に自然のマングローブ林を 500~800m ほど残して海水の侵入を防止する Coastal Bund が作られている。写真-2 に示すような盛土堤である。左側が海側で、写真の上端部がマングローブ林である。この堤防は内陸部にも連なっている。要するに Phase-2 の周囲を全域に渡って築堤し地区を輪中化するものである。

つぎに、河口と上流端には、防潮水門(写真-3)を作り海水の侵入防止と地区内の排水調節を行う。地区内の道路網はまだ完備されていないので交通や農産物の運搬

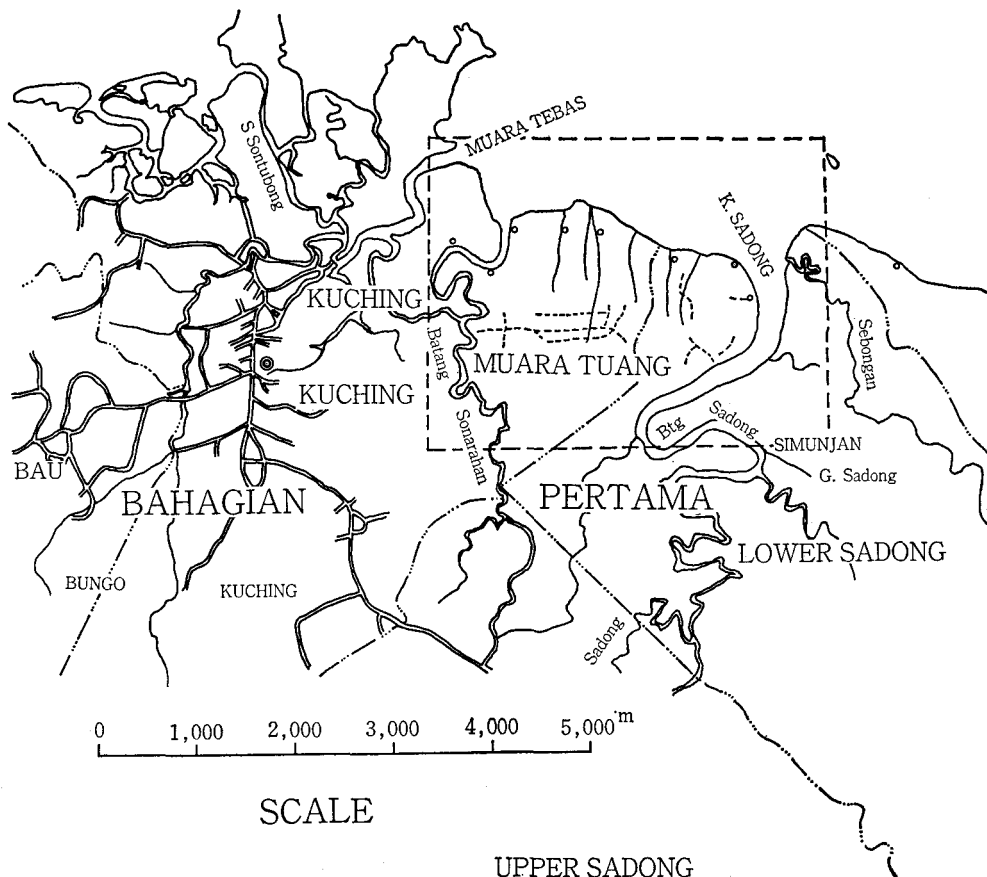
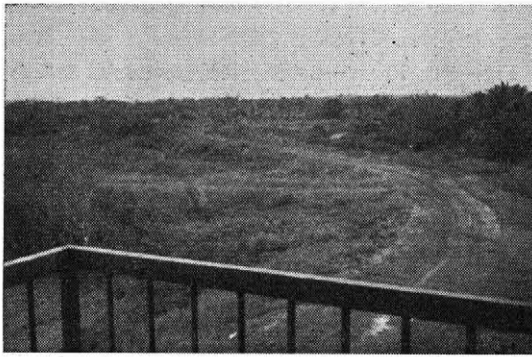


Fig-4 NONOK Coastal Area Drainage Scheme の位置図



写真—2 Coastal Bund



写真—3 Tidal Irrigation 地帯に設けられている Gate と Navigation

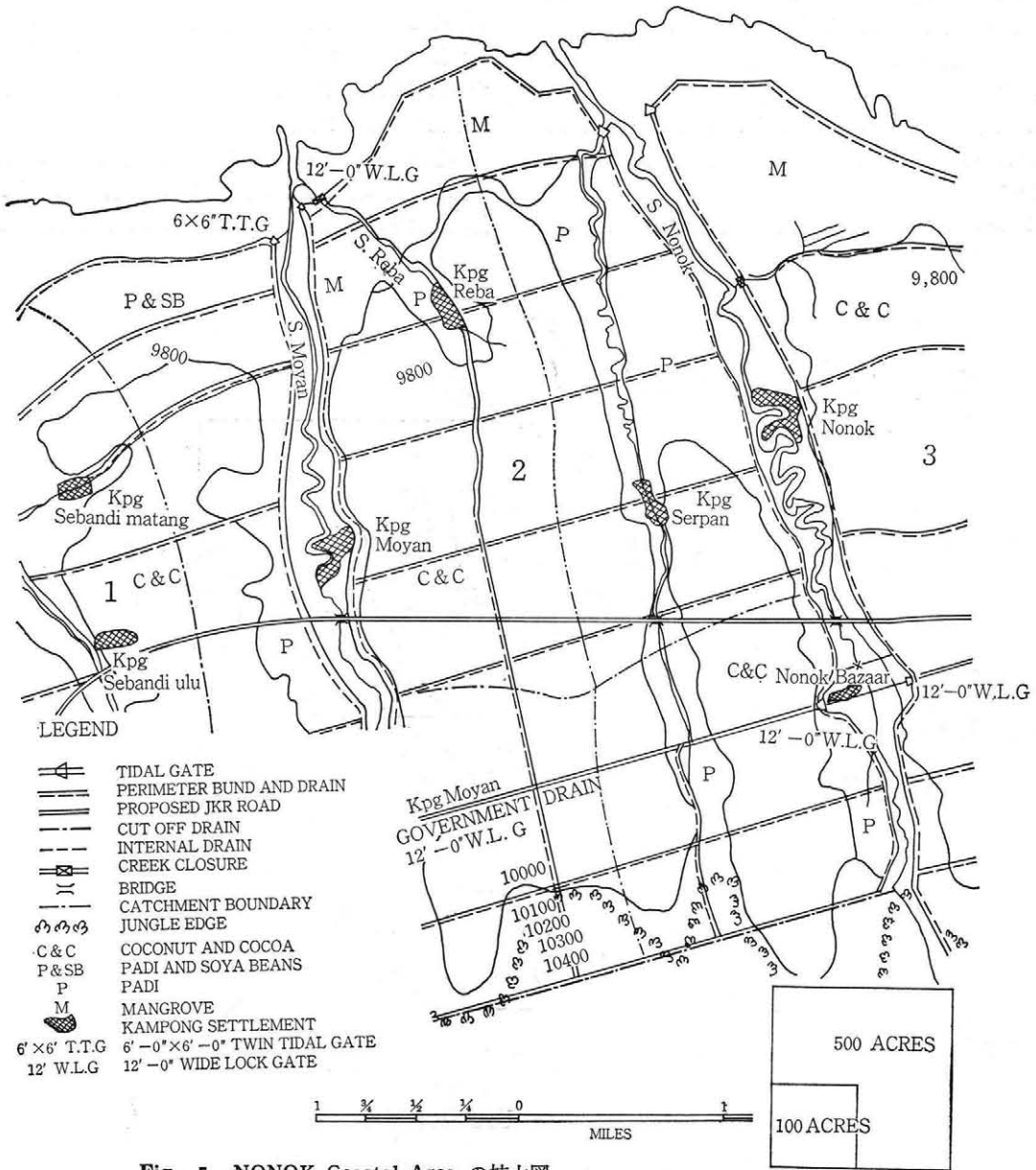


Fig-5 NONOK Coastal Area の拡大図

は写真にみられるように Navigation (河川、運河の内陸交通) によっている。幹線水路には小水路が通じている。従って村落内にも Navigation Cannal があり、写真一4に示すような状態である。

開発地区内の対象作物の分布は Fig-5 に示す通りである。ココナッツ、ココア、水稻及び豆類、バナナ等である。土地は非常に Fertile (肥よく) で海水の侵入さえ防止すれば直ちに上記の Cash Crops が栽培可能との事である。

当地の農地開発に対する沿岸地形の変化を示せば Fig-6 のようになる。これは、1947年と1975年の航空写真から海岸線の変化を図示したものである。この図は、1977年にコロンボラン・エキスパートとして当地に居た小森保数氏が作ったものであるが、筆者も現地踏査の結果からこの図がほぼ正しい事を確認している。

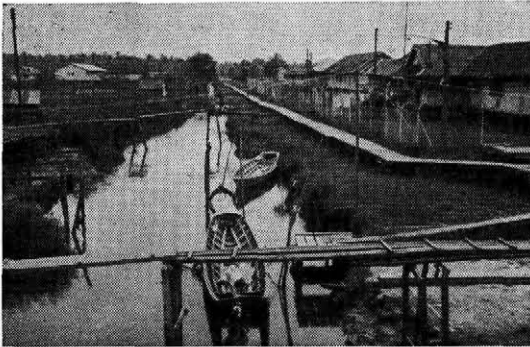
当地の現地踏査の結果から沿岸地形の変化を要約するとつぎの通りである。

海岸線の変化は30年間に Nonok の東部では平均的に 200~300m 後退している。一方、西部の Batang Samarahan 右岸では逆に顕著な前進がみられる。前進地帯で特徴的な事は Sandy Silt の土質が混在していることである。これは、粘土地帯の他の干潟、即ち Fig-1 の ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥等が Accretion 時に必ずしも Silt の堆積が先行しない事とは大いに異なっている。

この大きな理由は干潟の構造的なちがいによるものと思われる。当地の干潟は外海と直接に連なるのではなく、1/3,000よりゆるい勾配の平坦地が約2.5km に渡って広がったのちに外洋に接しているといわれる。従って、外洋では通常5~6mもある波高は、この干潟で消波されて Coastal Bund に作用している。

現地住民の話によると、海岸侵食は低平地の開発とはほぼ同時に起きているとのことである。

海岸侵食を放置しておくと、干潟部のマングローブ林は壊滅する。盛土堤も破壊される。写真一5は類似地区



写真一4 村落内における Navigation



写真一5 海岸侵食を受けた Coastal Bund

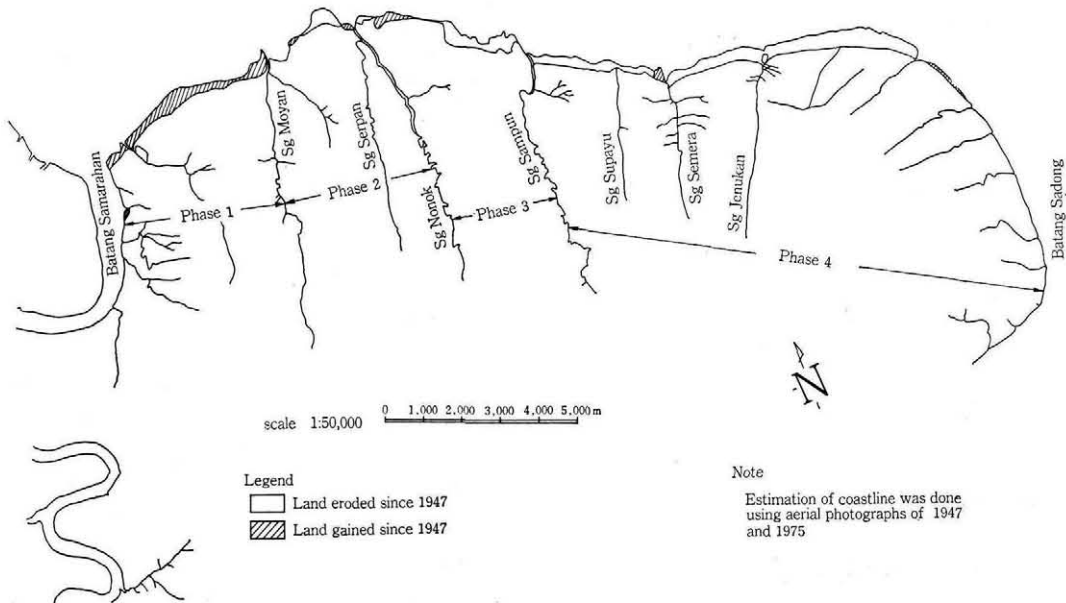


Fig-6 COASTAL EROSION OF NONOK AREA

の一例を示したものである。一度破堤が起きると、背後地で開発された水路が逆に海水の導入水路となり被災をより大きなものにさせる。

4. 沿岸保全指標とは何か

これまで得られた事例から、農地開発に際して、必要な沿岸保全指標とは何かを少し別の視点から眺めてみよう。

Fig-7に示すように、我々が沿岸農地の開発という一連のImpactionの系列(Circuit I)により低平地の開発を行うと、この中には他の系列と競合する部分が生じることは周知の通りである。

これを例えば、エビの生態系(Circuit II)と結びつけて考えるならば、つぎのようになる。

エビはIの所で述べた干潟の環境で稚エビとなって底棲生活に入る。この汽水域は外洋、沖合いの海と連なったCircuitで構成されているので、青年エビ、親エビとなれば、ここに場所を移す。従って、エビ類の資源がかん養されるためには、このような恒常的な海洋構造による資源補給機構を確立しておくことが重要である。Circuit I、IIの交差点が1点であるからと、これを無視し、沿岸農地の開発後の処理事項とするならば、我々は、Circuit II全体を失うことになる。

沿岸農地の開発を急ぐあまりに、沿岸域に強固な護岸堤を構築し、限られた背後地を海水の侵入から防止しても、未施工の隣接地域が侵食されたり、海側の干潟が破壊されては沿岸域の高度利用は計られない。これを避けるためには、つぎの様な干潟の自然営力を念頭におくことが大切である。

マングローブ林による環境保全機能としての第1は、緑の景観を与える景観機能がある。つぎに、その根域は広範囲に渡るすぐれた組織を有して、海水浄化の機能を果たす。マングローブは種がまかれると、1週間位で根を生やす。1ヶ月後には根は土中に30cm位に達する。また、根の組織は水平的に広がる特性があり、鉛直方向の根はこの水平方向の根から表面に向かって生える。これらの根は2~3年後には、高さ2m前後のApi-Apiを支えるほど粘土を拘束する力を有している。これらの特性から、潮の干満時には、この根により生じる渦動流等によって、海水浄化機能を与える。

また、潮間帯で起きる毎日の露出と浸水のくり返すは、根によって、湿度、温度、塩分、酸素、波浪等の調節がなされ、これらに対して、抵抗性の発生した生物のみを生息させる。即ち、生物生育機能を有している。

干潟の有する漁業生産的利用機能としては先きに示したBrackish Water Pondに代表される基礎的な生産の場として、魚介、藻類等の生産の場としての機能を有している。潮間帯域を持つ、産卵の場、幼稚仔の生育の場としての機能は大きい。

一方、背後農地を高度利用するには、建設工事(Impactions)は避け難い手段である。これにより地域に必要な防災機能を与える事が特に必要である。

従って、必要な整備指標とは、防災機能と漁業生産機能、景観機能等で表示した他の水準等が同じ水準で組み込まれたものである。

この作成はケーススタディを積み重ねることにより行う事が出来る。諸種の事例は、潮汐事象と潮間帯の構造を主体とする発生事象の頻度解析により簡単に確率化でき、類型化される。これにより、工学的な設計指標に具体的に反映できるものと思われる³⁾⁴⁾。

5. まとめ

東南アジアの粘土地帯の沿岸整備計画は、工学的な知見に乏しい。しかし、背後地を農地として、開発していくためには、避けて通れない課題である。沿岸農地の開発をかんがい排水の事業を遂行するという観点のみからみれば、その調査、計画、設計、維持、管理に関するハードな諸基準のほとんどが、現在、我々の有する技術で大局的には対処できるものと思われる。

しかし、沿岸農地の開発を、いつまでも、かんがい排水事業の遂行を優先させた中で考える事が許されるかどうかについては、ここに示した事例は、多くの疑問を与える。なお、本文で紹介した事例は、実態の中の一例であり、類似の現象は他にも多くみられている。

沿岸地域の開発指標として、沿岸地域の効果や機能保持をかんがい排水と同じ水準で扱うかどうかは、人々の選択の問題である。

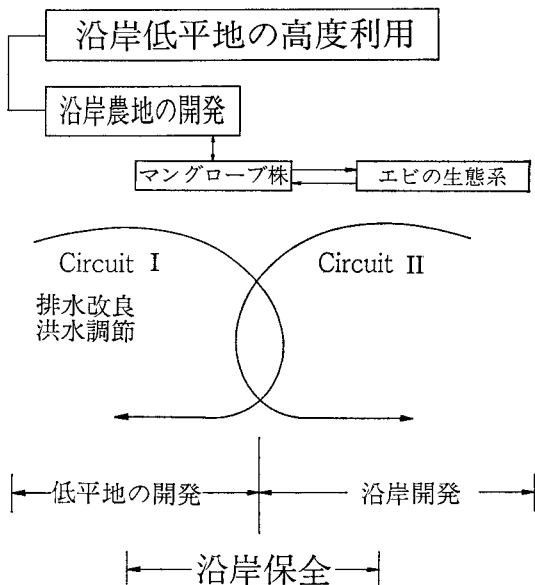


Fig-7 沿岸保全指標，関連要因の概念図

沿岸農地の開発は多様化する沿岸地域の高度利用をはかる事業の一環である事を考えると、新たな開発指標の作成が望まれるものである。

しかし、これには、なお多くの実態調査により、具体的に進める必要がある。この調査は、Circuit の多様性や現象の一過性からみて、開発と同時に並行的に進める事が、必須の要件である。

これらの問題解決の仕方として、背後農地の開発の事後処理として、取り扱えばよいとか、砂浜にみられる沿岸事象として処理できると考える方々には、このような手法によって、大きな人災を招いた事例が参考文献に示してあるので参照されたい⁵⁾⁶⁾。

【参考文献】

- 1) Aquaculture and Sea Fisheries, The Village Economy in Coastal Java,
W.L. Collier and H. Hadikoesworo,
The Agricultural Development Council, Inc.,
1977
- 2) マレーシアの農地海岸侵食の研究,
- 3) A Manual for Protection of Agricultural Coastal Lands in Malaysia,
Masaaki UEDA,
JARQ, Vol, 14, No. 3, 1980
- 4) 海岸地域における農地保全,
植田昌明・桜井滋朗,
熱帯農研集報, No. 29, 1975
- 5) Case Study of Sea Dyke Design Works for Protection of Agricultural Land at West Coast in West Malaysia,
Masaaki UEDA,
農土試技報 B38号, 1976
- 6) Some case Histories on Sea Dyke for Protection of Agricultural Land at West Coast in West Malaysia,
Masaaki UEDA,
農土試技報, B46号, 1979

土と水と緑と太陽を考える

農村計画の総合コンサルタント

測量・調査・企画・設計

農村環境整備・地域開発・ほ場整備・畑地かんがい・農道・水路・
頭首工・用排水機場・土質調査・地形測量・家屋立木調査・農業
集落排水処理施設・建築設計監理



建設コンサルタント

北居設計株式会社

本社：滋賀県蒲生郡安土町下豊浦

TEL. 074846-2336(代)

姫路事務所：姫路市西夢前台 2-49

TEL. 0792(67)-0456(代)

営業所：大阪・岡山・徳島・広島・米子・大津・長浜

タイ国王室かんがい局:RID

(その組織と技術)

木村克彦*

目 次

1. クローム・チョンラパターン……………(72)	4. RIDの歴史……………(75)
2. タイ国、農業、土と水……………(72)	5. RIDの組織……………(77)
3. かんがい農業の現況と問題点……………(73)	6. RIDの技術……………(78)

1. クローム・チョンラパターン (Krom Cholapratharn)

タイの人々にとって、これほど安らぎを覚えることは他にない、「田には米、水に魚」これはタイの古くからの諺で、タイの社会経済をこれほど要約することばもほかにない。タイの国民も国家も米で生計し、水に親しみ魚で潤いを得る。タイ国の生業は稲作農業であり、国民の90%が農林水産業に関係し、国家財政もこれに大きく依存する。

言うまでもなくかんがい(安定した水の供給)は作物の収量増大に支配的な効果をもち、その国の農業発展度を表す第一のインフラストラクチャーであるが、タイ国では国家そのものの安定、発展に決定的な役割を果たすもので、ここでは誰れしも疑う余地はない。

タイの人々が親しむ“クローム・チョンラパターン”はこの職員は“RID”とも名のり海外にも名声が高い。RID (Royal Irrigation Department) を“王室かんがい局”と私達は呼ぶ。

タイ国政府機関でこの Royal を冠するものはかんがい局のほかには林野局と測地局がある。RIDの職員数は約8万人で国軍に次ぐ大組織であるが、これはもちろん大事業をかかえ且つ多くは直営である事のほか、機構が中央集中的であり、基幹水利施設はすべて直轄管理である事などに起因する。つまり日本式に言えば都道府県のかんがい排水事業と土地改良区をまる抱えにしていることとなる。

現チャクリ王朝は昨年丁度200年を迎えた。この王朝の歴史はメナム・チャオピア(メナム川)デルタ開発の歴史であり、RIDもまたチュラロンコン王(ラマ五世王)により創設されたその前身“水路局”以来、王室のもとに深く係りあって、農民と共に発展して今日に至った。国王は民をこよなく慈しみ、民は国王さまを敬愛す

る。これは国民の日常生活の中に現れる。毎日のニュースや週間ハイライトでは、主な公的行事や地域住民の拝謁などテレビの主役は国王さま一家である。民心に対するいつくしみのお応えでしょうが、まさに劇務である。タイの主要なかんがいダムには国王さまはじめ家族の御名前が冠かされている。国王さまはかんがい事業に御造詣が深く、20年前からは国王さま自から地形図と現地行幸調査も踏え創始(アイディア提示)される小規模なかんがい事業があるが、その提案数は何と1,500地区を越している。クローム・チョンラパターンはかんがい排水事業の実施機関であるが、名実ともに王室かんがい局なるゆえんはここにもある。

2. タイ国・農業・土と水

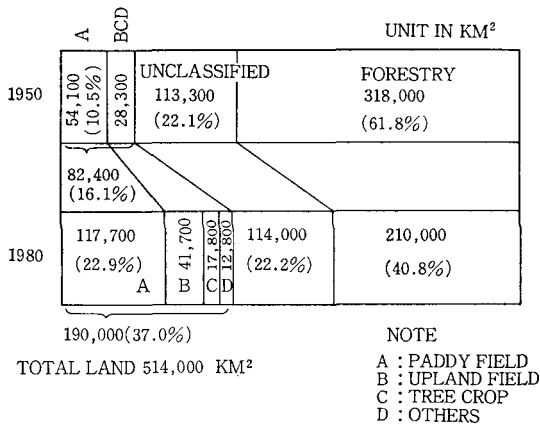
タイ国で米は国民の主食であり、第1位の農産物且つ輸出品目である。稲作がタイ国の経済および文化と深く係っていると言う意味でも、タイ国においてはとても重要な位置を占めている。

タイの米穀生産目標の設定では、かんがいは降雨依存地の収量を2倍にし、施肥はそのかんがい地の収量をさらに50%増大させるとしている。もちろん農業の各 Input は相乗結合されて産出効果をみるもので、1投入要素だけを厳密に分離して分析することは難しいが、他のアジア諸国の実例をみてもかんがいは天水田地の収量を2倍にする効果を示している。

タイの国土面積は51.4万km²と日本の1.4倍であり農地面積は1,900万haで日本の570万haの約3.3倍、農家1戸当りにしても約4.3haとアジアでは大きい。また水田面積は1,180万ha(1980年)となっているが、米の土地生産性は低位で、1982年は287万トンと第1位の米輸出国でありながら、平均反収は1.7t/ha(もみ重量)となっている。

第2次大戦後マラリヤによる死亡の減少により人口は年増加率3%を越えて爆発的に増加したが、政府の督励

* RID



図一 LAND UTILIZATION OF THAILAND
 SOURCE : AGRICULTURAL STATISTICS OF THAILAND (1980)

のもと農民によって外延的に、人口増加を上まわって、農地拡大が行われ農業生産を支えて来たのがタイ農業の近年である。図一1を見ていただきたい。その結果森林面積は激減し、国土及び天然資源保全の面で多くの問題を惹起した。

土地の他に農業生産のもう一つの決定的要素である水資源について述べてみよう。タイの平均年降水量は約1,350mmで南部及び辺境に多く中央及び東北タイに少い。気候は亜熱帯サバンナ地帯が多く旺盛な蒸発散により河川流出は少く、平均年総流出量は1,000億m³と言われている。これは流出率にして15%弱である。流出水の利用には色々に限られるが、わが国の4,700億m³と単純に比較しても非常に少い事が分る。タイ国の降水量は少い。またタイの農業開発の最大制約要因が水であり、広大な水田に対し現在のかんがい地面積の比率はわずかに20%である事等からして農業用水の将来需要は非常に大きい。耕地面積当りの年平均河川流出高をわが国と対比してみよう。わが国の82千m³/haに対しタイ国は6千m³/haと極めてきびしいものである。

1982年度*に始まる第五次国家経済社会開発5ヶ年計画では、開発上の問題点として過去20年の間にタイ国の経済は著しい発展を遂げ6倍の成長を果したとするも、都市バンコックと地方農村との経済格差はさらに不均衡を来し、農村に絶対的貧困を発生させたとしている。また農業基盤の面からは、かんがい地においてのみ開発の便益を享受し、貧困は非かんがい地に分布していると指摘している。これまでの農業開発は事業の経済性と効果を優先するがあまり、東北タイなど開発のポテンシャルの小さい地方はないがしろとなり、チャオピア平原に

*タイの会計年度は10月に始まり9月に終る。

**排水、開拓事業も含み、かんがい事業のみでは約220万ha水田かんがい率約20%となる。

***約9,000億円を外貨及びビインフレ補正含まず。

多い優良プロジェクトには、基幹水利施設の完備に追って、圃場整備を行うなど第2第3の改良と投資が集中し、結果として地域格差の拡大を助長したとしている。すなわちこの5ヶ年計画の冒頭に謳われるように、これまでの開発は国全体としての経済成長に重点がおかれて来たが、今後はこの歪の是正が課題となり経済構造の調整と開発の質が問われるようになった。

ここにかんがい事業の果す役割は更に重要となり、事業の優先目的の中に貧困撲滅が加わった。また水資源開発は民心の安定、共産ゲリラ活動防止の特効薬としての多くの実証も得ている。この種の事業には足の早さが重要で、第四次5ヶ年計画以来、東北タイを中心に政府は単年度完成の小規模水資源開発事業を鳴り物入りで全国的に展開している。この事業に関与する官庁は11に及ぶが、R I Dは小規模かんがい計画(SSIP)としてその過半を占めて実施中で、スタートから1982年度までの過去4ヶ年間に約2,000地区を完工した。

5ヶ年計画の農業・協同組合省版は、土と水に関しては、天然資源の悪化としてとりあげている。過去において人口増加と経済成長が共に高率であった結果、天然資源の開発利用が過度に達した。即ち森林が無計画に伐開されて農地化が進んだ結果、森林資源の荒廃、水資源涵養機能の劣化、土壌の流亡等の問題を惹起した。その原因としてベトナム戦時の米軍による東北・北部タイに延びる軍事・産業道路の開発が輸送経費の低減に大きく寄与し、メイズとキャッサバの栽培が国際競争力を得て農地の乱開発に拍車をかけたものと言われている。

この結果、図一1にもどるが、総農用地(牧草地、休かん地を含む)面積は1,900万haと国土面積の37.0%を占めるに至った。水田面積は1,177万haでそのかんがい地**(R I D事業受益)面積は288万haと事業面積率は24%にすぎない。

従って、農業生産性向上の成否は天水耕作地の土地利用効率いかんによって左右されるわけで、この効率を増進するために、土地利用の計画化、土壌保全、土地所有などに関する対策が必要となっている。森林については国土面積の40%に維持する事を目標としている。1974年の林野局の調査では38.4%に減少したと報告しているが現在では更に減っている。絶対完全という状態にある林地は僅か25%にすぎないと見られている。この対策としては林地の改廃が、主として住民の侵入による耕地化と無計画な木材生産によるもので単に再造林事業では解決出来ず、土地のない農民の問題と森林管理を同時に解決する事が必要となっている。

3. かんがい農業の現況と問題点

かんがい農業開発が公共事業として開始されて約70年になるが、これまでに少なくとも800億バーツ***以上が

表-1 タイ国主要ダム一覧表

(貯水量1億 m^3 以上)

番号	ダム名称	目的	河川名	流域面積	ダム				洪水量	貯水池			発電容量	完成年次	建設主体
					タイプ	高	堤長	体積		総水量	貯水量	有効貯水量			
				km ²		m	m	千 m^3	m ³ /s	MCM	MCM	km ²	MW		
1	BHUMIBOL	I P F	PING	26,386	A	154	486	970	6,000	13,462	8,600	300	420	1,964	R I D
2	SIRIKIT	I P F	NAN	13,130	E	114	800	9,800	3,250	9,000	8,800	260	375	1,972	R I D
3	CHULABHORN	P	PHROM	545	R	70	700	1,640	1,000	188	165	12	40	1,972	R I D
4	KANG KRACHAN	I P F	PETCH-BURI	2,200	E	58	760	3,425	1,380	710	640	50	19	1,966	R I D
5	LAM PHRA PHLOENG	I F	LAM PHRA PHLOENG	807	E	49	673	1,377	1,530	320	145	19		1,970	R I D
6	KIU LOM	I P F	MAE WANG	2,700	C	42	135	40	2,900	112	106	16		1,972	R I D
7	PRANBURI	I F	PRANBURI	2,029	E	42	1,500	3,990	1,760	650	375	47		1,977	R I D
8	SIRINDHORN	I P F	LAM DOM NOI	2,097	R	42	940	585	1,000	1,550	900	292	24	1,971	NEA
9	LAM TAKHONG	I F	LAM TAKHONG	1,430	E	40	527	853	2,130	310	290	44		1,969	R I D
10	NAM PUNG	I P	NAM PUNG	297	R	40	1,720	730	300	150	122	20	6	1,965	NEA
11	LAM PAO	I F	LAM PAO	5,960	E	33	7,800	4,270	950	2,450	1,260	380		1,968	R I D
12	UBOL RATANA	I P F	UBOL RATANA	11,980	R	32	800	575	2,500	2,550	1,920	410	25	1,965	NEA
13	NAM UN	I F	NAM UN	1,100	E	30	3,300	2,626	850	520	475	85		1,974	R I D
14	SIRINAGARIND	I P F	QUAE YAI	10,880	R	140	610	12,300	2,420	17,745	7,470	419	720	1,982	EGAT
15	PATTANI	I P F	PATTANI	2,080	R	85	422	2,900	4,500	1,360	1,100	51	60	1,982	EGAT
16	KRASIO	I F	KRASIC	1,200	E	33	4,250	9,000	260	240	200	48		1,981	R I D
計										51,326	32,568				

出所：宮崎 健, JICA 専門家

(注) NEA：：国家エネルギー庁, EGAT：タイ発電公社

投資されて来た。また毎年農業協同組合省予算の約60%がかんがい局に配分され、16の大ダム（貯水容量1億 m^3 以上）が完成し、その合計貯水容量は513億 m^3 に及んでいる。1980年には約256万haの農地がかんがいされうち200万haが雨季に、64~80万haが乾季に作付されている。このかんがい農地の1%のみが圃場整備され、52%は水路組織が完備し、28%は幹線水路のみであり、残りの19%は全く配水路がない。従ってかんがい効率は低く、所期の計画目標を達成するには末端水利施設の整備のほかに農民の組織的参加を踏えた水管理が今後の課題となっている。

かんがい農業への投資はこれまでその重点がチャオピア川流域の中央平原に集中し、水稻雨季作に併せ増加した乾季作によって輸出米の主産地となっている。この中央平原はかんがい組織が良好な結果、反収が大きく伸び、改良されていない他地域の3倍も高くなった。他方東北タイでは肥料優良種子等の不足から、かんがい施設

があるにもかかわらず乾季作が普及していない地区もある。

大規模な貯水池建設の適地は少なくなった。北部のYom及びWang川流域、中央平原でのPasak川流域、Chantaburi地域及びBang Pakong川流域、西部のMae Klong川流域並びに南部のTapi-Pumbuang川流域に多くのポテンシャルの高いダム予定地がある。これら予定地は、用地取得が困難となっており、時には立退き問題が起るため、大規模な貯水池計画はより慎重な調査が必要となった。この傾向は事業を中・小規模へと移行させる要因の1つともなっている。

政府はかんがい組織の修復や、水配分などのいわゆる水管理責任を負っているが、予算上の制約から管理は充分と言えない。かんがい効率を高め、予算を節減する目的で、1981年から政府はChao Phya Basinプロジェクトにおいて、1974年制定圃場整備法の施行による、水利費の徴収を開始した。圃場整備未了地区での水利費徴収は法制度不備につき施行不可能であるが、目下農業協同組合省は現行かんがい事業法の見直しを行っており、RIDによる受益農民からの水利費徴収を計ろうとしている。

昨今水資源は益々重要となり、多目的に利用されはじめた反面、利水者間に競争をもたらすようになった。1980年のChao Phya Basinプロジェクトにおける乾季作付面積は平年作の48万haに対し11.2万haと激減した。これはその年の降水と水資源の異常減少に起因するものであるが、発電にも悪影響をもたらした。

この事態において、かんがいと発電間の利害競争を軽減させるため、政府は水資源の適正配分を図るための委員会を発足させた。

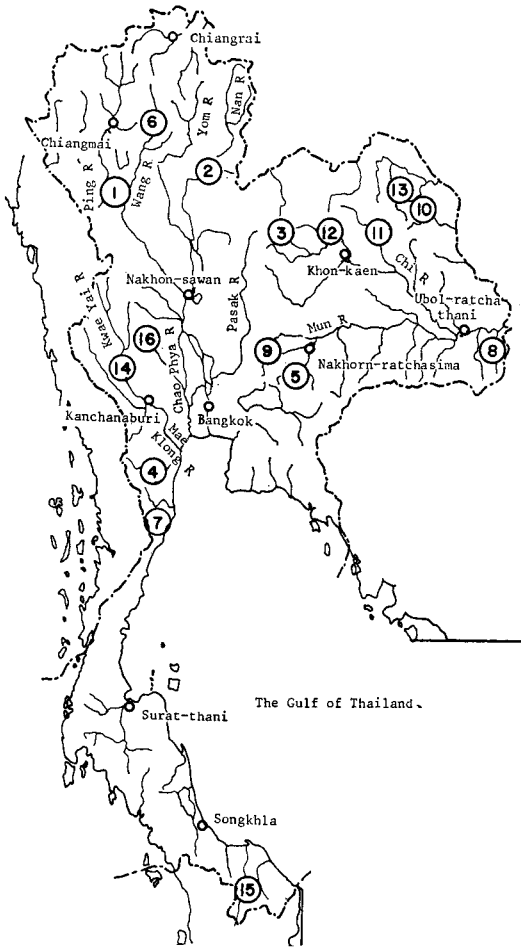
RIDの1983年度予算は総額86.5億バーツでその内訳は次のとおりである。

	百万バーツ
1) 一般行政経費（調査設計を含む）	2,206
2) 施設管理運営費（かんがい施設等）	1,253
3) 修復改良費（ " ）	254
4) かんがい農業開発費（圃場整備等）	690
5) 大規模かんがい事業費（15地区）	2,208
6) 中規模かんがい事業費（47地区）	788
7) 小規模かんがい事業費	1,247
計	8,646

また外貨分は1982年度については総額13.6億バーツ相当額で、世銀、日本(OECF)、西独、米国、英国、ADBが醸出国となっている。

4. RIDの歴史

天水農業は不安定で生産性は低い。タイでは早ばつ年や雨季の到来の大きく遅れる年はしばしば多大の被害



○の数字は表一に対応する

図一 Main River System and Location of Large Dam in Thailand

を受ける。農民はもとより国家経済にも甚大な悪影響を与える。

天候不順による干ばつ被害を回避するための初鋤の儀式は遠くスコタイ時代(1230~1440年)に初まると伝えられ、北部タイではムアン・ファイ* と呼ばれるかんがいシステムが700年前のこの時代にはすでにあったと言われている。このかんがいシステムは山麓の比較的勾配のある地形を巧みに活かした堰と水路によるもので、その技術は現在でも通用し、チェンマイ県下だけでも約2,000のムアン・ファイがあるとされ、その支配面積は、小は10haから大は200haに及ぶと言う。

タイの穀倉地帯であるチャオピア平原開発の歴史は明らかにされていないが、このデルタでは水の自然すなわち水位のおだやかな季節的変動に適応して稲作が行われたと考えられる。アユタヤ王朝期(1350~1766年)には農民が協同して建設した、稲作やあるいは舟運のための堰や水路が現存し今日なお実用に供されている。アユタヤ王朝にとって外国貿易のためチャオピア川を経て海に至る水上交通は極めて重要であった。この水上交通改良事業として河道の湾曲部のショート・カットや戦略交通路としての運河の開削が当時すでに行われている。

首都がトンブリに、つづいて現在のチャクリ王朝となってバンコクに遷都(1782年)されるや、市域の水路網は急速に整備されていった。またバンコクから他域を結ぶ運河も徐々に開削されていった。

ラマ四世統治下の1855年、チャクリ王朝は英国とのボーリング条約を契機として、次々と西欧諸国との通商を始めた。この西欧への門戸開放のもっとも大きいインパクトはチャオピア河下流デルタが商品的米生産地域として大きく発展してゆく契機を与えられた事である。すなわち近隣諸国が西欧の植民地となり、Cash Crop のモノカルチャーを強いられるところへ米を輸出すると言う大きな市場が与えられることとなった。

その後も下流デルタでは舟運を主とする水路開削が進んだが、1870年頃からはこの下流デルタに農民達の入植が盛んとなりこの広大な湿原は稲作地帯へと徐々に変貌をはじめた。今日のかんがい事業の原型は1888年バンコクの北にあるランシット湿原に始まった民営事業にあったと言えよう。ラマ五世(チュラロンコン王)からSiam Canals, Land & Irrigation Company に下賜された40年間の利権に基づくもので、水路、閘門及び調整扉門建設からなるランシット湿原24万haの稲作地開発事業がそれである。

この私企業による利権かんがい事業は、その後RIDの前身である水路局創設の先駆けとなった。

*Muang (水路) Fai (堰)

**バーツ (Baht) はタイの通貨の単位で現在1ドル22.9バーツ。

***英文名では1914年から現在の Royal Irrigation Department と呼ばれて来た。

1899年11月、ときの農業大臣であり最高位貴族である Mon Chao Thevet wongseviwat はランシット平原を視察し公共事業としてのかんがい事業の必要性を痛感し、ラマ五世王にランシット平原における稲作農業改良計画策定と、そのための外人かんがい技師の登用につき提言をおこなった。国王の認下のもとオランダ人かんがい技師 Van Der Heide が蘭領ジャワより招聘され、チャオピア中央平原全体のかんがい計画策定が下命された。

1902年、ラマ五世王の御下命のもと農業省に舟運及びかんがいのための水路の建設と維持を行う水路局が設置され、Heide が初代局長に就任した。Heide は綿密な調査のもと、かの有名なハイデのチャオピアデルタ開発の大構想を打出した。この事業費は5,050万バーツ**と往時では巨額の金で、タイの政府は当時の財政事情から不可能としてこの計画を塩漬にしてしまった。1911年から1914年にかけて干ばつがあいついだ。行政的に放置出来ず政府は1914年、英領インドから Thomas Ward を招き新たなかんがい計画を策定した。Ward は先の Heide の計画を技術的には評価しつつ財政的見地から、Heide の全体計画との有機的な整合性を持たせて、段階的な開発計画に改め以後のチャオピアデルタ開発のかんがい事業の路線をひいた。

この間、行政機構の面で紆余曲折があった。即ち1912年水路局は農業省から土木省に交通局として移管された。この土木省は後に今日の交通通信省となっている。しかしかんがい行政の重要性に変わりはなく、行政機能は農業省に、その建設工事と維持管理は土木省さん下の交通局に委託されたかたちであった。その後の干ばつとWard の招聘を機に政府は、水利開発事業の果すべき役割がより重要且つ多岐にわたるようになった事から1914年11月30日農業省にかんがい局*** (Krom Chodnam) を設置した。これは水資源開発総局とも言うべき機構に、前身の水路局から拡大されたものであり、1927年からタイ語による名称も Krom Chodnam (分水局) から Krom Cholaprathan (かんがい局) と実態に即したものに改められ今に至っている。

このクローム・チョンラパターンのもつ機能は①水資源開発、②かんがい、③排水、④農地開拓、⑤洪水防御、⑥水力発電、⑦水路交通に広がった。1929年政府は、ラマ一世王を記念して、チャオピア川にバンコクとトンブリをつなぐ Boudayodfa 橋の建設を計画した。往時RIDはこの橋梁の近く Pagklongtalat 棧橋の所にあったが立退いて、現在の Samsen の地に移転した。

1947年、RIDは世銀借款による大チャオピアかんがい事業の着工(1950)に先がけ組織の拡充により手狭となった Samsen から測量部、機械部及び関係附属施設を、バンコクの Samsen より北約17kw の Nonthaburi

県 Pakret の地に集中移設した。

5. RIDの組織

RIDの組織の巨大さは国軍に次ぐと述べたが、所属する農業協同組合省の10局中では抜群で予算で60%強、職員数も過半を占めている。1969年水力発電部門がNEA（国家エネルギー庁）さん下のEGAT（タイ発電公社）に所管換となったが、1975年の王室令に基づくRID要綱はその所掌任務として、次のように規定している。

- 水資源開発マスタープランの策定
- 地形、水文、水路測量、土壌地質及び経済調査
- 開発可能性調査の実施
- かんがい排水水路システム、頭首工、ダム及びポンプシステムの設計及び建設
- 交通車輛・船舶、通信機器を含む（建設）機械の管理
- かんがい排水施設の維持管理

またこの王室令では、上記任務遂行のため22部と12のかんがい地方事務所を定めている。（図-3参照）

RIDは1963年から12年間農業省を離れて国家開発省（現在は廃止）のもとにあったが、この1975年再び農業協同組合省に復帰している。

第2次世界大戦当時、RIDの組織は、秘書室、会計、測量、計画、建設、機械、王室かんがい及び一般かんがいの8部であったが、1952年には世銀借款による大チャオピア事業の開始とあいまって、用度管財、水力、道路

・河川、車輛及び医務の各部を加えて計13部となっている。さらに1959年、世界的にも有数の規模をほこる巨大アーチ：プミポンダムの着工（1958年）時には、用地と人事の2部が加えられ、1975年の大改組まで至った。

この組織の特色は、地方行政の単位である県の数73と多く零細である反面、河川水系は広大で多県に亘ることもあってか、一部の例外*を除いてかんがい事業はすべてRIDの所管でありいわゆる県営事業はない。これら完成施設の維持管理もRIDで直接行われている。つまり極度の中央集中型である。もう一つの特色は、自己完結型と言うべきか、関連民間業界が育っていない故に、直営事業、建設機械の官有、建設資材の製造から技術者の育成等まで手がけていることである。この事は巨大組織となるゆえんでもある。例えば人事部はIrrigation Schoolと呼ばれる専門学校を所管し毎年約70名の技術者を育成しRIDを中心に供給しているし、測量部での航空写真図化、工作部ではゲート、ポンプ類の製造まで行っている。これらは枚挙にいとまがない。RID病院には産科があり、附属小学校に中学校、マーケットにゴルフ場、寺院には墓地までとフルコースである。さらに加えるなら病院経営のため看護婦の養成まで自前で行っている。

RIDを事業制度の面から見てみよう。これは事業費の規模で大、中、小に区分されている。大規模事業は2億バーツ以上、中規模は2億バーツ以下400万バーツまで（ほぼ受益面積10万 Rai** 以下でダム貯水量は1億 m³以下）小規模かんがい事業は400万バーツ以下で単年

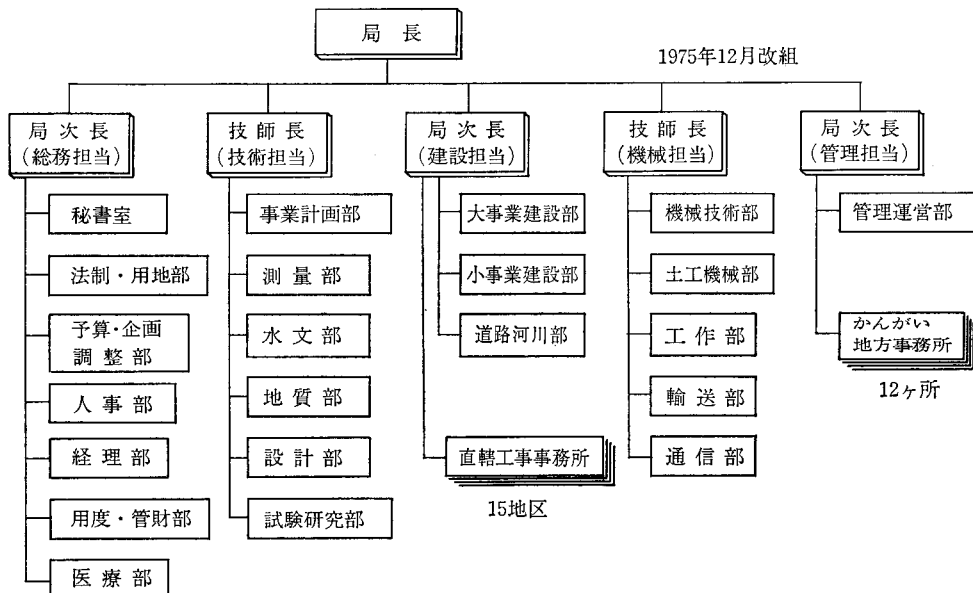


図-3 RIDの組織図

*内務省及び国家エネルギー庁による小規模なものがある。

**タイの面積単位で 0.16ha

度施工完了となっている。第四次5ヶ年計画以来、足の早い中小規模事業が重視され、これまで開発から取り残されて来た東北タイなどに優先されている事は先に述べたところである。RIDの事業に関連する法規としては、国家かんがい法(1942)、圃場整備法(1974)、The Dikes and Ditches Act(1962)、農地改革法(1975)、不動産収用法(1954)等がある。

RIDの職員数をひと口に8万と述べたがその内容は、身分と所属部門別に大別すると表一2のとおりである。職員の格付は職階の他に給与の等級で分けられる。1から11迄のグレードがあり省次官クラスが最高の11、局長が10、局次長、技師長が9、部長が8、地方事務所長及び主要課長が7、一般課長が6となっている。一般に国家公務員のための資格試験は総理府の公務員委員会(CSC)で行われその資格は2ヶ年有効である。新大卒はグレード3の受験資格があり、3から5迄のグレードの間、つまり課長職になる迄の間、グレード毎に2年勤続すれば上位グレードへのCSCによる特昇試験を受ける事が出来る。定期昇給のみで新大卒が課長レベルのグレード6となるには17年を要するところ最短6年と言う事の可能性もあるが、空きポストが無ければ待ちとなり2年たって失格する事もある。このCSCの特昇制度の他に勤務評定による上位号俸への特昇もある。枠は10%程度である。

RIDの1983年度の管理行政に関する行動計画(Plan of Action)では、人事・組織について、過去10年、ことに近年大卒技術者の入省が減少し、加えて若年技術者の転職率が高まって来ているとしている。これは若年層にとって、民間企業の給与と付加給付が明らかによいと言う事に起因するもので、RIDは目下この打開策を求めているが、当面の策として通常は必要とされるCSCの試験を省略し直接RIDが新卒を採用している。1982年度初めの170名に達する大卒技術職の欠員はこれによってある程度は補われたが、資質の問題等もあり抜本的な

解決をみていない。

次に若年及び中堅技術者の研修強化の実施をあげている。これには各種の方策があり、①RID正規職員として2年以上の勤続者に海外又は国内の大学に留学派遣、②中堅職員を対象に一般行政あるいは専門技術についての研修 ③海外からの技術協力の一環として国内あるいは相手国における実務研修 ④高級職員の国際会議や国際セミナーへの積極的派遣をうたっている。ちなみに1982年度の研修実績は、海外派遣110名うち日本の協力に係るもの(JICA及びOECF)36名、中国、西独、オランダ、ユーゴスラビア、インド、エジプト、フランス等へ計20名、国際金融機関に係るもの13名、RIDの独自の予算によるもの41名となっている。

6. RIDの技術

タイには農業土木と言った1つの確立された技術分野は見当たらない。この技術分野をカバーするには、Civil Engineer, Irrigation Engineer, Mechanical Engineer, Hydrologist及びAgricultural Engineerを動員しなければならない。ここではAgricultural Engineerは営農機械に係るものであり、またIrrigation Engineeringについては我々の農業土木から、Civil Engineering, Mechanical Engineering, Hydrology, Agronomy等を優先控除して残ったもので、我々の概念から、かなりせまくなっている。RIDの歴史は古く、この国の土木技術及び事業の先導的役割を果して来たが、これを支えた技術分野はCivil Engineeringが中心であった。タイ国の最高学府であるチュラロンコン大学の工学部、土木科は1931年に設立され最も伝統のあるものであるが、Irrigation Engineeringについては新しく1958年カセサート大学に設立されたものが唯一であり今日に至っているものである。

RIDは、かんがい事業の進展から、かんがいと言う新しい分野の技術者を必要とし、1938年附属機関として

表一2 RID各部門別職員構成

区 分	正 規				雇	臨 時	計
	大 卒	短・高	中・小	小 計			
高級管理職	4	2	—	6	—	—	6
総務関係部	108	480	196	784	1,358	676	2,818
調査設計	344	535	41	920	2,180	2,033	5,133
建設	270	944	68	1,282	5,628	18,799	25,709
機械	37	437	15	489	5,186	5,574	11,249
管理運営	163	426	36	625	1,683	2,662	4,970
地方事務所	126	936	119	1,181	14,970	11,883	28,034
計	1,052	3,760	475	5,287	31,005	41,627	77,919

出所：RID Organization and Administration Study (1979)

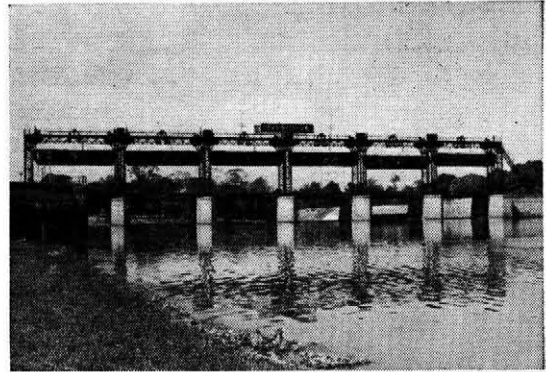
Irrigation School を開設した。当初は2年間の専修校であったが1956年 Pakret の地に移設後3年間の専門学校となり、1958年にはカセサート大学の農学部へ Irrigation Engineering Course となって移管された。当初は40名程度の定数が現在では就職事情から10数名に減っている。R I D の Irrigation School は、1958年の大学への昇格移管後はなかったが、かんがい事業の管理運営部門を中心として中堅技術者の育成確保の必要性が再認識され、Irrigation School は1963年に R I D に再開された。タイ国の学制はほぼ日本と同じであるが、この Irrigation School は高校卒業者が対象で3年半の専門教育を受けるもので、毎年約70名の Technician を輩出のうち大半は R I D に採用されている。

この R I D の Irrigation School はじめ、大学のかんがい事業に関する専門技術のほとんどは英語の文献に拠っている。従って技術力の大前提は語学力となる。

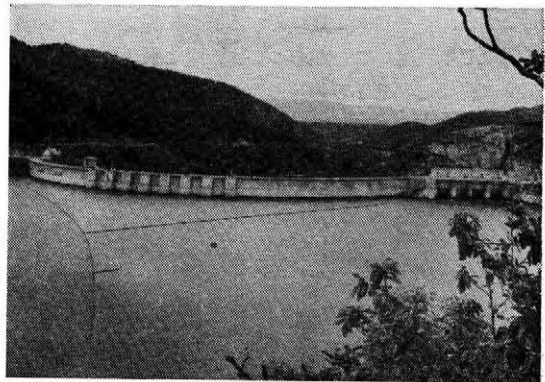
R I D はかんがい事業に関しその行政機関であると同時に建設主体でもある。R I D の創生期には初代局長のオランダ人 Heide や、イギリス人技師 Ward など多くの外国人を招聘して来たが、その技術は必ずしも外国製ではなく、むしろタイへの適正技術であったのではなからうか。彼等の前任地ジャワ島あるいはインドでの、彼等の先輩がそこで技術の開発を営々と行って来た経験がタイにもたらされ生かされた事であろう。

その後の事業成果が、これを如実に実証するもので、1924年完成のパスック川下流のラマ六世堰や1936年の Mae Fack 事業など多くの事業に秀れた技術を見る事が出来る。

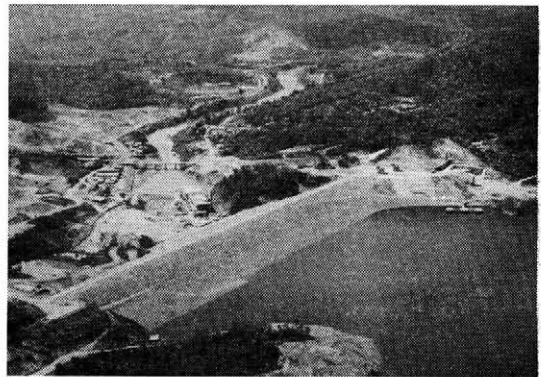
第2次世界大戦後の世界的食糧危機は、1855年のボーリング条件とともに、タイ米の増産需要をもたらした。1950年の世銀借款1,500万ドルによって大チャオピアかんがい事業が始まった。このかんがい支配面積は、チャオピア川の古いデルタと新しいデルタの全域をカバーし、18県、約118万haに及ぶものである。1957年にこの要めとも言うべきチャイナート取水堰が完工すると、そこでつちかわれた建設技術と重機械は、チャオピア川支流のピン川のフミボンダムに投入された。R I D はこの水資源開発の多目的事業に果敢にチャレンジした。規模の大きさ、マスコンクリート、アーチダム、タイ国初めての水力発電、長距離高圧送電等、総てが初めてでとてもなく巨大であった。これはまさに、タイ国における水資源開発の開花期とも言うべく、この世界的にも有数のこのダムの実現にも増して、ここで培われた技術力等波及効果は計り知れないものがある。ダム完成後電力部門の運営に R I D は Yanhee 電力公社を設立した。これは今日の EGAT (タイ発電公社) の前身である。巨大コンクリートダムのセメント需要はタイのセメント業界を確乎たるものに強化した。



写真一 タイ国初の近代のかんがい事業のラマ六世堰、1924年完成



写真二 国王陛下の御名前を冠く BHUMIBOL (プミボン) DAM 総貯水量 136 億^m



写真三 タイ国屈指の大ダム、SIRIKIT DAM で女王陛下の御名前を冠する 総貯水量 90億^m

表一はタイの主要ダムの一覧表である。プミボン・ダムはまさに巨大土木時代の先駆けとなり以降20年の間に総計500億トンの貯水池を次々に用意した。この側面に海外コンサルタンツの働きのあった事は否めない。しかしこれは R I D の技術力を否定するものでなく、外資導入の仕組と的確なる技術者の不足から来るものである。

またかんがい事業は巨大土木工事のみで成功を期する事は出来ない。先にも述べたように当面は貧困撲滅など社会的不均衡の是正策が優先されているが、いずれ近いうちに経済性も併せ考慮するバランスのとれた農業開発が重要となろう。そのときに具えての、末端かんがい施設や圃場整備など、経済性と生産性を高める事業手法の開発確立が必要となっている。

プミポンダムに始まる数々の技術経験はRID技術者集団に自信と言う最大の資産を与えたが、この自信は必ずや次の課題を着実に解決するものであろう。

あとがき

はじめは、出来れば技術面でもっと掘り下げて、個々の基礎技術の紹介と考察を加える事も考えてみた。しかしながら、タイのRIDに対するわが国協力は日が浅く、なじみも薄いことからついあれもこれもと総花的な紹介に終始し“RID物語り”となってしまいました。筆者の勉強不足の至すところでもあります。そこで大いに学び引用させていただいたのが、「タイ国一ひとつの稲作社会」の第3部第1章です。紙面をお借りして海

田能宏氏にお断りお礼申し上げます。

おわりに、タイと日本の相互理解が益々高められ私達の経験がタイ国発展の一助になる事を祈りながら筆をおさめさせていただきます。

【参考引用文献】

- 1) Agricultural Statistics of Thailand (1980)
- 2) タイの米：AICAF (1980)
- 3) The Fifth National Economic & Social Development Plan (1982~1986)
- 4) The Fifth Agricultural Development Plan (1982~1986)
- 5) Irrigation Development during the Chakri Dynasty (1982)
- 6) タイ国一ひとつの稲作社会—：東南アジア研究センター (1975)
- 7) RID Organization and Administration study (1979)
- 8) Plan of Action, RID (1982)

総合建設業 建設大臣(特57)第2420号



佐藤工業株式会社

取締役社長 山 本 卓

本 社	福島市泉字清水内 3	(〒960) ☎(0245) 57-1166(代)
郡山支店	郡山市桑野 2丁目36-7	(〒963) ☎(0249) 22-1166
いわき支店	いわき市小名浜字中原16-1	(〒971) ☎(0246) 53-3410
相双支店	相馬市中村字砂子田78-1	(〒976) ☎(02443) 6-1166
仙台支店	仙台市中央二丁目11-23(太田ビル)	(〒980) ☎(0222) 27-2494
千葉支店	千葉市登戸町 1-14	(〒260) ☎(0472) 47-2308
会津営業所	会津若松市追手町 3-30	(〒965) ☎(0242) 28-3067
青森営業所	青森市本町 2-1-5 (シティパレス本町1006号室)	(〒030) ☎(0177) 22-5316

中国のフィルダム設計基準および安定計算について

勝 俣 昇* 藪 亀 淳 夫**
毛 受 享 政***

目 次

1. はじめに.....(81)	(1) 設計烈度.....(83)
2. 等級分類基準.....(81)	(2) 計算原則.....(84)
(1) 事業及びダム施設分級.....(81)	(3) 地震慣性力.....(84)
(2) 洪水に関する基準.....(82)	(4) 動水圧.....(85)
(3) 堤体余裕高.....(83)	(5) フィルダムの安定計算.....(85)
(4) 滑動に対する安全率.....(83)	
3. 耐震設計基準.....(83)	4. おわりに.....(86)

1. はじめに

現在の中国においては、農業をベースとして国防、工業、科学・技術の四つの近代化が進められている。また、1982年10月の第5期全国人民代表大会において、1981年よりの新5カ年計画が発表され、三江平原などの農業開発が重点地区として進められることとなっている。わが国においても、すでに、1981年より技術協力として三江平原竜頭橋モデル区の農業開発計画調査を実施している。この計画は、約5万ヘクタールについて、かんがい、防災、発電、養魚の目的で約4.7億立方メートルのフィルダムを建設する計画を主体としている。

ダム計画調査は、1982年の第三次調査において、三地点の比較案の選定、ダムタイプの検討を経て予備設計段階に入った。これらの作業は、日中合作として、両国技術者により進められているものであるが、設計は中国の基準及び国情を考慮して、日本の最新技術により実施す

る方針が確認されている。すでに、中国においては、設計基準類が相当程度高いレベルで整備され、実用化されている。わが国の基準と異なるところが多く、これをダム設計に適用した結果を踏まえ、紹介を試みたい。

2. 等級分類基準

「水利水電組工程等級画分及設計標準」には、水利・発電等の水資源の総合利用施設の分級及び設計標準が規定され、ダム施設に関する設計基準も示されている。この標準書は1978年9月に水利電力部が試行の形で通知しているもので、その主たる規程はつぎのとおりとなっている。

(1) 事業及びダム施設分級

ダム施設は一つの水利建築物である。これを包括する水資源総合開発事業は貯水池規模、防災対象地区の社会的重要度や面積、灌漑計画面積、発電容量等の各種要因から表一のように事業の等別を行っている。

表一 事業の分等指標

事業等別	事業規模	分 等 指 標				
		総貯水量 (億m ³)	洪水防災		設計灌漑面積 (万ムー)	水力発電容量 (万kw)
			保護対象 都市町村、工鉱業区	保護農業面積 (万ムー)		
一	大(1)型	>10	特別重要都市・工鉱業区	>500	>150	>75
二	大(2)型	10~1	重要都市・工鉱業区	500~100	150~50	75~25
三	中 型	1~0.1	中等都市・工鉱業区	100~30	50~5	25~2.5
四	小(1)型	0.1~0.01	一般町村・工鉱業区	<30	5~0.5	2.5~0.05
五	小(2)型	0.01~0.001			<0.5	<0.05

注) 1 ムー=0.0667ha (1ha=15ムー)

*三江平原竜頭橋典型区農業開発調査団副団長 ADCA 顧問
** 同 上 団員名工建設顧問
*** 同 上 団員日本技研 KK 技術審査室

表一 2 水利事業建築物の分級

事業等別	永久性建築物級別		臨時性建築物級別
	主要建築物	準主要建築物	
一	1	3	4
二	2	3	4
三	3	4	5
四	4	5	5
五	5	5	5

- 注 1) 主要建築物；損なわれた場合下流への被害や工事への重大な影響を与える有要な建築物，例えば堤体，洪水吐等
 2) 準主要建築物；損なわれた場合下流への被害なく，また工事への影響が大きなく復修可能な建築物，例えば橋梁，護岸工等
 3) 臨時性建築物；主要工事の施工中に使用する建築物（仮メ切り等）

表一 3

ダムの原級		1	2	3	4
堤高 (m)	フィルダム	90	70	50	30
	コンクリートダム	130	100	70	40

事業内の建築物に対しては，その事業の等別，建築物の重要性に応じて表一 2 のように分級されている。ここで分級された等級が，例えばダム施設に関しては，後記する洪水確率年，許容安全率，余裕高等の各種基準値の決定にすべて関係している。

分類された等級は画一的なものではなく，建築物の技術的難易度，堤体の規模，破損時の社会的な影響等を勘案して級の格上げや格下げが可能である手法を採用している。この場合，級の変動に伴ってすべての基準値が同様に変動するとは限らず，一部の基準値はすえおきであることもある。例えば，堤高が表一 3 の値を超えるダム施設では 1 級の格上げはできるが，この場合洪水に関する基準は格上げができない。

(2) 洪水に関する基準

(a) 永久性建築物に対する洪水基準

永久性建築物の設計に用いる洪水基準は，正常運用（設計洪水時）と非常運用（チェック洪水）に分類して洪水の確率年を定めている。

正常運用時の洪水確率年は表一 4 に示すごとく，建築物級別で規定している。

非常運用時として，もしも事故が発生した場合下流に大災害をもたらす大型貯水池，重要な中型貯水池及び特別に重要な小型貯水池に対してフィルダムを採用するためには，可能最大洪水を用いるとしている。ただしコンクリートダムでは事業の重要性や地質条件等を勘案し

て，フィルダムに較べて洪水が低減できる。また，下流への大災害の恐れのない貯水池では，表一 5 に示す洪水確率年を下限值として規定している。

貯水池の設計洪水水位や非常時洪水水位は，一般に前記の確率の洪水に対して貯水池の貯留効果を考慮したダムの出し入れ計算を行い，その時の貯留最高水位を採っている。また，洪水吐の設計流量は，貯水池最大流入量ではなく，貯留後の最大放流量を採用している。（これは非常用洪水吐を義務づけているためと解される）

(b) 臨時性建築物に対する洪水基準

主要施設を工事するために設ける臨時的な水工建築物の設計に用いる洪水標準は，保護対象施設の構造，導流方式，工期の長短，河川の水文特性等の各種要因を検討し，表一 6 に規定する確率年を採用するとしている。

また，堤体の施工期の洪水基準は，仮締切堤等により，一次的に貯留される水量によって，表一 7 の範囲か

表一 4 永久性水工建築物正常運用時洪水基準

建築物級別	1	2	3	4	5
洪水確率年	2000 ~500	500 ~100	100~50	50~30	30~20

表一 5 下流への大災害の恐れのない事業の永久性水工建築物非常運用時洪水基準下限値

	建築物級別				
	1	2	3	4	5
	洪水確率年				
フィルダム	10000	2000	1000	500	300
コンクリートダム	5000	1000	500	300	200

表一 6 臨時性水工建築物洪水基準

建築物種類	建築物級別			
	2	3	4	5
	洪水確率年			
土石建築物	>50	50~30	30~20	20~10
コンクリート	>20	20~10	10~5	5~3

表一 7 堤体施工期洪水規準

ダムタイプ	貯留容量 (億 m ³)		
	>1.0	1.0~0.1	<0.1
	洪水確率年		
フィルダム	>100	100~50	50~20
コンクリートダム	>50	50~20	20~10

ら選定するとしている。ただし下流への影響度によっては、適当に基準値の昇降ができる。

(3) 堤体余裕高

堤体の頂部は、正常運用時水位（設計洪水水位）及び非常運用時水位に波浪計算高を加算し、これに余裕高を与えて定めている。この余裕高は堤体の級別、型式、水位運用状況に応じて、表一8に示す下限値を規定している。ただし、ここで示されている余裕高はわが国で言う非越流部（不透水部）についてのもではなく、堤頂部に対するものである。

なお、波浪高の計算については本基準に示されていないが、ここでは龍頭橋モデル区で使用した中国公式による斜面はいり風波高を参考のために示しておく。

$$h_B = 3.2K(2h)\tan\alpha$$

ここに h_B ：波浪はいり高 (m)

K ：係数、間知石張で $K=0.77$

$\tan\alpha$ ：斜面勾配

$2h$ ：全波高 (m)

$$2h = 0.0208W^{5/4} \cdot D^{1/8} \text{ (実測例, 浅狭)}$$

$$2h = 0.0206W^{4/3} \cdot D^{1/3} \text{ (実測例, 深大)}$$

W ：風速 (m/sec)

D ：対岸距離 (m)

遮水部の頂部は不透水ゾーンの型式によって、正常運用時水位に表一9に示す範囲の余裕高を与えている。これによって求めた頂部は非常運用時水位を下廻ってはならないとしている。

厳寒地区のフィルダムでは遮水ゾーンの保護（凍上、凍結対策）層を設けるとしている。その保護厚についての基準は成文化されていないが、冬期に -40° 程度まで気温の低下する黒龍江省では、堤頂部及び下流斜面で2 m、貯水池の影響を受ける上流斜面では3 mの保護厚が必要とされている。

表一8 堤頂の余裕高

ダムタイプ、 運用状況		ダムの級別			
		1	2	3	4.5
		余裕高 (m)			
フィルダム	正常	1.5	1.0	0.7	0.5
	非常	0.7	0.5	0.4	0.3
コンクリートダム	正常	0.7	0.5	0.4	0.3
	非常	0.5	0.4	0.3	0.2

表一9 遮水ゾーンの余裕高

遮水ゾーンのタイプ	余裕高 (m)
傾斜型	0.8 ~ 0.6
中心型	0.6 ~ 0.3

表一10 フィルダムの滑動安全率

荷重組合せ		ダムの級別			
		1	2	3	4.5
		安全率			
基本組合せ		1.30	1.25	1.20	1.15
特殊組合せ	I	1.20	1.15	1.10	1.05
	II	1.10	1.05	1.05	1.00

(4) 滑動に対する安全率

フィルダムの滑動に対する安全性では、ダムの級別によって表一10に示される限界安全率を規定している。

表中の基本組合せとはわが国で言う常時に相当するものと考えられる。また特殊組合せIは、地震遭遇時あるいは非常洪水水位を下流斜面に運用する場合や非常洪水水位からの水位急降下を上流斜面に運用する場合であり、特殊組合せIIは、I以外の状況時としている。

ここに規定された安全率はダムの級別によるものであり、事業の重要性からみた建築物級別に関連していない。この点は次に記す耐震設計基準に示されている。

3. 耐震設計基準

ダムを含む水利建築物の耐震設計基準として「水工建築物抗震設計規範」が1978年12月に試行の形で水利電力部から通知されている。この基準も前記の工程等級区分及設計標準と同じく、水資源の総合利用施設の設計に適用する。

この耐震設計基準は各水工建築物の基礎として耐震上注意しなければならない事項や具体的な地震外力の取り方及び安定計算の方法等が記載されている。

(1) 設計烈度

中国では地震の強さを烈度で表示している。

烈度には基本烈度と設計烈度がある。

基本烈度は国家地震局の専門家が、地区の踏査を行って、地震歴史、地質、断層の分布状況、地形、貯水池の規模等各種要因を総合的に判断し、決定通知される。

設計烈度は、一般に地区の基本烈度に準じるが、建築物の重要性や検討ケース（例えば、施工期間の耐震検討）によって、基本烈度と異なる設計烈度を採用することもできる。

耐震基準は、水工建築物級別が1～3級、設計烈度が7～9度（度が大きい程地震力大）に適用し、この場合、耐震的な構造、地盤処理の他に耐震計算（ダムでは地震外力を取り入れた滑動安定計算、コンクリートダムの内部応力計算）を行うことを規定している。ただし、1、2級の水工建築物では動的な解析と試験研究によって耐震性をチェックし、あわせて地震加速度計の設置及び観測

を行うべしとしている。また設計烈度が9度を超える建築物では専門的な研究を行って対処するとしている。なお、設計烈度が6度あるいは建築物級別が4, 5級の水利建築物では、耐震計算を行わずとも、耐震的な構造措置でもよいとしている。

(2) 計算原則

耐震計算に際しての地震外力としては、地震慣性力、動土圧及び動水圧がある。

地震慣性力は静力学的に計算するいわゆる震度法であり、通常は水平方向のみを考慮している。しかし、設計烈度が8, 9度で1, 2級の水利建築物の場合は、アーチダムを除いて、水平方向の他に鉛直方向の地震慣性力を同時に考慮している。

フィルダムでの地震外力は、地震慣性力のみを考慮している。この場合の滑動に対する安定計算の対象安全率は、水利建築物としての級別に関連させ、表-11に規定した値を下廻ってはならない。この時、

- (a) ダムの貯水位は通常の満水位を対象とする他、上流斜面について最も不利な水位を選びだし、安定計算を行う。
- (b) 水位急降下時には安全率が1.0を下廻らないことを条件としている。

表-11 フィルダム(耐震)安定計算安全率

建築物級別	安全率
1	1.10
2, 3	1.05

(3) 地震慣性力

フィルダムの水平方向地震慣性力は、下式に準じている。

$$P_i = K_H \cdot C_Z \cdot a_i \cdot W_i \dots\dots\dots(1)$$

ここに P_i : 質点 i に作用する水平方向地震慣性力
 K_H : 水平方向地震係数、地盤面の水平最大加速度の統計的平均値で、重力加速度との比率で与える、表-12より設計烈度に対比して選択する

C_Z : 総合影響係数、1/4を取る

a_i : 地震加速度分布係数、表-13より堤高と対比して選択する

W_i : 質点 i の重量

また、鉛直方向の地震慣性力 P_i' は以下のとおりである。

$$P_i' = 0.5 \cdot k_V \cdot C_Z \cdot a_i \cdot W_i \dots\dots\dots(2)$$

ここに k_V : 鉛直方向地震係数、 $k_V = \frac{2}{3} \cdot K_H$

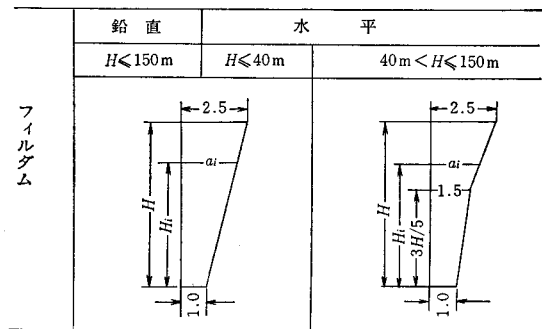
とする

$$\therefore P_i' = \frac{1}{3} \cdot K_H \cdot C_Z \cdot a_i \cdot W_i \dots\dots\dots(3)$$

表-12 水平方向地震係数 K_H

設計烈度	7	8	9
K_H	0.1	0.2	0.4

表-13 地震加速度分布係数 a_i



フィルダムの地震時の挙動は、動的解析や観測から、堤頂部付近で強く振れることは知られており、このダム特性を、中国基準に取り入れているところに特徴がある。

なお、コンクリート重力式ダムでの水平方向地震慣性力の計算は下式によっている。

$$Q_0 = K_H \cdot C_Z \cdot F \cdot W \dots\dots\dots(4)$$

ここに Q_0 : 水平総地震慣性力

F : 地震慣性力係数、表-14より採用

W : 総重量

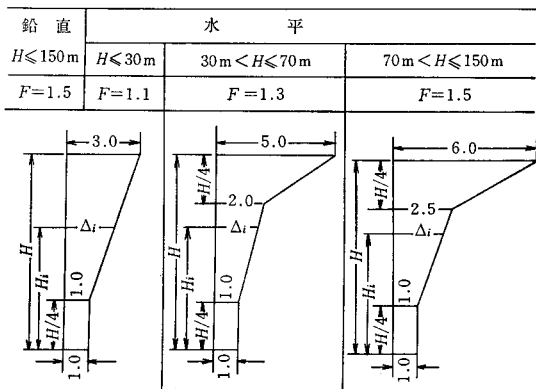
また任意の点 i での水平方向慣性力 P_i は下式に準じている。

$$P_i = \frac{W_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot A_i} \cdot Q_0 \dots\dots\dots(5)$$

ここに A_i : 地震慣性力分布係数、表-14より採用

n : 計算質点総数

表-14 コンクリート重力式ダム地震慣性力係数 F 及地震慣性力分布係数 A_i



鉛直方向の地震慣性力はフィルダムの場合と同様に、水平方向の1/3を採用している。

(4) 動水圧

フィルダムの安定計算では地震外力としての動水圧は必要としないが、ここでは参考の為に重力ダムでは考慮される動水圧を示しておく。

$$\bar{P}_y = K_H \cdot C_Z \cdot f_y \cdot \gamma_0 \cdot H_0 \dots\dots\dots(6)$$

ここに \bar{P}_y : ダム直立面の水深 y での動水圧

$K_H \cdot C_Z$: (1)式に同じ

f_y : 水深 y での動水圧分布係数, 表-15より採用

γ_0 : 水の単位体積重量

H_0 : 水深

また単位幅当りの総動水圧(合力) \bar{P}_0 は下式に表わされている。

$$\bar{P}_0 = 0.65 \cdot K_H \cdot C_Z \cdot \gamma_0 \cdot H_0^2 \dots\dots\dots(7)$$

この合力の作用位置は、水面から $0.54 \cdot H_0$ である。また水深 y 以浅の単位幅当りの動水圧合力 \bar{P}_y は図-1より求まる。

ダム上流面が傾斜している場合は $\phi/90^\circ$ の低減係数を乗じる。この時 ϕ は上流面が水平となす角度である。

表-15 水深 y での動水圧分布係数 f_y

y/H_0	f_y	y/H_0	f_y
0	0	0.6	0.76
0.1	0.43	0.7	0.75
0.2	0.58	0.8	0.71
0.3	0.68	0.9	0.68
0.4	0.74	1.0	0.67
0.5	0.76		

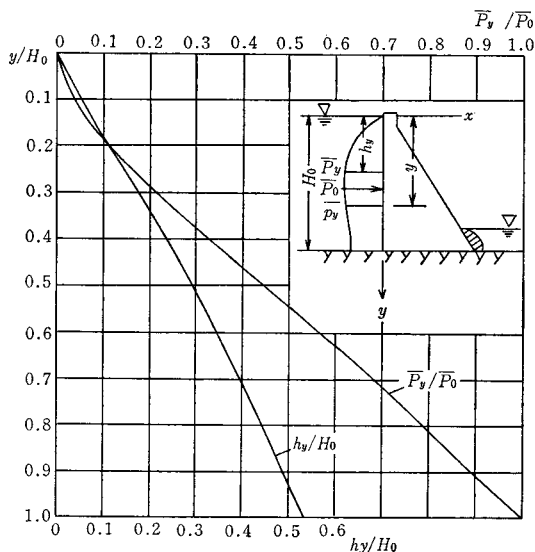


図-1 水深 y 以浅動水圧合力及び作用位置

(5) フィルダムの安定計算

(a) 円形すべり

1, 2級ダムの地震時の安定計算は下式により安全率 K を求めるとしている。

$$K = \frac{\Sigma [c \cdot b \cdot \sec \phi + (W_1 + W_2 \pm Q') \cdot \cos \phi - Q \cdot \sin \phi - (U_w - \gamma_0 \cdot Z) \cdot b \cdot \sec \phi] \cdot \tan \phi}{\Sigma [(W_1 + W_2 \pm Q') \cdot \sin \phi + M_c / r]} \dots\dots\dots(8)$$

ここに r : 円弧半径

b : 滑動体スライス幅

ϕ : スライス底面の中間点における接線と水平線とのなす角度

Z : 堤外の水のスライス底面中点での高さ

γ_0 : 水の単位体積重量

U_w : スライス底面中点における間隙水圧, 流線網より求める

W_1 : スライスの水面以上の重量

W_2 : スライスの水面以下の水中重量

Q : スライスの重心に作用する水平方向地震慣性力

Q' : スライスの重心に作用する鉛直方向地震慣性力, 向上(-)又は下向(+)の作用方向は安定計算上不利な方を取る

M_c : 水平方向地震慣性力 Q のモーメント

c, ϕ : 地震作用下の土体の粘着力及び摩擦角

また, 3~5級のダムでは(8)式での間隙水圧計算を省略して簡略化した下記の計算式でもよいとしている。

$$K = \frac{\Sigma [c \cdot b \cdot \sec \phi + (W_3 + W_4 \pm Q') \cdot \cos \phi - Q \cdot \sin \phi] \cdot \tan \phi}{\Sigma [(W_1 + W_2 \pm Q') \cdot \sin \phi + M_c / r]} \dots\dots\dots(9)$$

ここに W_3 : スライスの浸潤線以上の重量

W_4 : スライスの浸潤線以下の水中重量

わが国の農水省設計基準(以下「日本基準」と略す)に示される円形すべりの安定計算式と比較した場合, 地震力の扱い方を除いてほぼ(9)式と同じである。しかし中国基準では, 前記した様に, 地盤面から高い位置程地震慣性力が割増されること, 鉛直方向地震慣性力を取り入れる場合もあること及び水平方向の地震慣性力が重心位置に作用させてあること(日本基準では水平方向地震慣性をすべり面上の位置に働かせている)等に日本基準と大きな手法の差がある。

龍頭橋モデル区のダムについては, (8)式による中国基準と日本基準の両者について安定計算を行った。この時の設計数値を表-16に, 地震慣性力の大きさを表-17に, また満水位での両基準での安全率を図-2に示す。

日本基準での地震慣性力は中国式での堤頂部に相当するものを採った結果, 両者の安全率はほぼ同様であったが日本基準による方が小さめに表われた。特に円弧が小さくなる場合は安全率の差が広がる。これは日本基準の

WL=124.20m

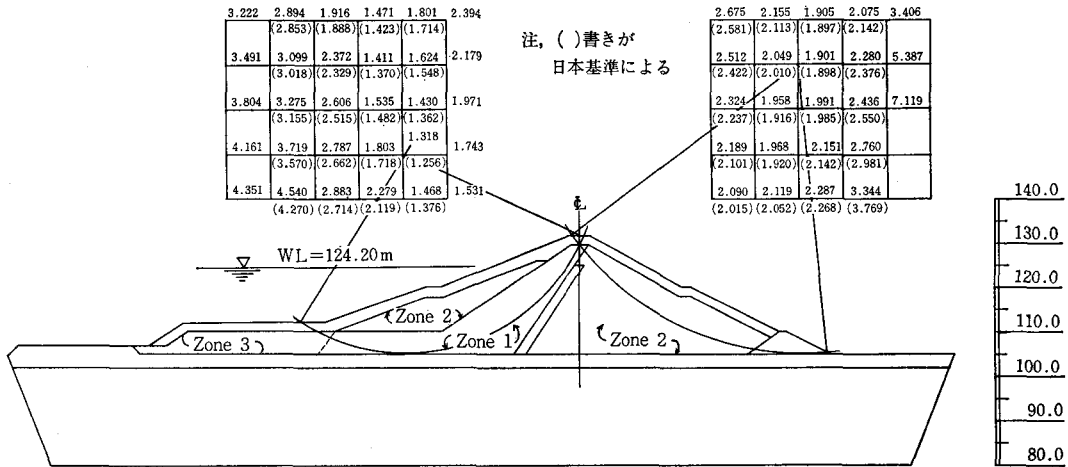


図-2 安定計算安全率図

表-16 設計数値

項 目	Zone 1	Zone 2	Zone 3
湿潤重量 t/m ³	2.05	2.06	1.94
水中重量 t/m ³	1.11	1.16	0.94
粘着力 C' (t/m ²)	2.5	2.7	1.8
マサツ角 φ' (t/m ²)	18.0	36.0	12.0

注) Zone 区分は図-2 参照

表-17 地震慣性力

	中国基準	日本基準
水平方向	$P_i = K_H \cdot C_z \cdot a_i \cdot W_i$ $= 0.1 \times 0.25 (1.0 \sim 2.5) \cdot W_i$ $\therefore P_i = 0.025 \cdot W_i$ (地盤面) $P_i = 0.0625 \cdot W_i$ (堤頂)	$P_i = 0.0625 \cdot W_i$ (一定)
鉛直方向	$P_i' = 1/3 \cdot P_i$ $\therefore P_i' = 0.0 W_i$ (地盤面) $P_i' = 0.0 W_i$ (堤頂)	$P_i' = 0$

計算方法では水平地震慣性力の作用位置をすべり面上に評価することの影響である。なお中国式での鉛直方向地震慣性力は上向がより小さな安全率を与えていた。

(b) 表面すべり

砂・砂礫あるいはロックの乾燥斜面の安全率計算は下式に基づいている。

$$K = \frac{m - K_H \cdot C_z \cdot a_i \pm m \cdot K_H \cdot C_z \cdot a_i}{1 + m \cdot K_H \cdot C_z \cdot a_i \pm \frac{1}{3} \cdot K_H \cdot C_z \cdot a_i} \times \tan \phi$$

ここに m : 斜面勾配 $\frac{d_1}{m}$

φ : 砂・砂礫等の内部摩擦角又は安息角

(c) 剪断強度指標

地震作用下の剪断強度は原則として動的試験機によるものとするが、その試験設備がない場合には以下の静的剪断強度指標を参照してもよいとしている。

① よく締る粘性土

飽和圧密非排水三軸強度を採用する。この時全応力強度(R)と有効応力強度(R')を比較して以下の取扱いをする。

i) $R < R'$ の場合, $(R + R') / 2$ を採用

ii) $R > R'$ の場合, R' を採用

もし直接剪断強度を用いる場合は、飽和圧密急速剪断強度とする。

② 密実な砂・砂礫は圧密急速直接剪断強度指標に0.70~0.80を乗じる。

4. おわりに

以上中国の設計基準とその適用結果について紹介したが、日本基準との比較や基準値の背景説明の詳細検討は、なお不十分である。また、その他の中国基準との整合性についても触れていない。中国におけるダム技術は、一部研究者がしばしば世界的技術レベルの研究結果を発表することと並行して、基準類も詳細規程を検討していることが伺える。しかし、ダム設計・施工の実情は科学・技術の近代化が求められている段階であり、わが国におけるダム建設の全面的な設計基準の実用性とは異なるところが大きい。今後の技術協力の中で、技術移転は大きな課題であり、日中友好のため、日本のダム技術者の力を借りたいと念じている。

筑後川水系の水資源開発

今 吉 洋 二*

目 次

1. 概 要……………(87)	(1) 農 業……………(90)
(1) 河川及び流域の概要……………(87)	(2) 農業水利……………(90)
(2) 社会経済状況……………(87)	4. 水資源開発及び水利調整……………(90)
2. 沿 革……………(88)	(1) 水資源開発計画……………(90)
(1) 沿 革……………(88)	(2) 水資源開発事業……………(92)
(2) 主な利水事業……………(88)	(3) 水資源開発等に伴う水利調整……………(93)
(3) 主な治水事業……………(89)	(4) 渇水調整……………(95)
3. 農業及び農業水利……………(90)	(5) 水資源開発の見通しと問題……………(96)

1. 概 要

筑後川は阿蘇山及び九重山にその源を発し、日田盆地、夜明峡谷を抜け、筑紫平野を曲流蛇行しながら有明海に注ぐ九州第一の河川である。延長は143km、流域面積は2,860km²（内耕地面積640km²）で、熊本、大分、福岡、佐賀の4県にまたがっており、古来より流域に潤いを与えてきた。一方、筑後川は板東太郎（利根川）、四国三郎（吉野川）と並び筑紫次郎として知られており、「母なる川」と「暴れ川」の両面を有しているため、先人は利水及び治水に意を注いできた。

近年筑後川も流域内のみならず流域外の用水需要が高まり、有数の水需給の逼迫した水系となり、水資源の開発及び利用に様々な課題を抱えることとなった。

(1) 河川及び流域の概要

筑後川の流域は、河川勾配、地形、地質などにより夜明（大分と福岡の県境）より上流の上流域、夜明から瀬ノ下（久留米市）までの中流域、瀬ノ下より下流の下流域に区分される。

① 上流域

阿蘇外輪山に発する大山川と、九重山に発する玖珠川が日田盆地で合流して三隈川となり、夜明に至って筑後川と呼ばれるようになる。流域は、阿蘇、九重などの火山噴出物に覆われ、山地、高原及び盆地が発達している。上流域は云うまでもなく筑後川の水源地であり、特に大山川流域は降水量も多く（約3,000mm/年）、林相の極めて良好な地域である。

上流域では流路の途中が盆地ではさまれるため、上流で供給された砂礫の殆どが各盆地で堆積し、中下流域に流下する量は少ない。

② 中流域

夜明を抜けた筑後川は、右岸の佐田川、小石原川、宝満川、左岸の隈、上川、巨瀬川などの小支川を合流しながら瀬ノ下に至る。中流域は上流域からの運搬土砂量が少いため、扇状地は僅かな面積で、平野は殆どが沖積地帯で一部に洪積地帯が見受けられる。

また筑後川は既に平野形成作用を終り浸蝕期に入っており、周辺の地盤高に対して河床高は低い。

③ 下流域

瀬ノ下を過ぎて筑後川は右岸の田手川、城原川、佐賀江川、左岸の山の井川、花宗川などの小支川を加え、河口近くで早津江川を分流して有明海に至っている。瀬ノ下地点まで筑後川は有明海の干満の影響を受けており、大潮時には大川市付近では干満による水位差は約3.5mにも及んでいる。

この地域の平野は筑後川の沖積作用或いは有明海の干潟発達に伴う自然陸化及び干拓により形成された低平地帯である。この有明海沿岸部における干潟の発達には著しいものがあり、干潟地盤の上昇は年平均数cmを示し、沖合への進展も顕著である。

(2) 社会経済状況

流域内の人口は約100万人程度で、10万人以上の都市は久留米市及び佐賀市のみであるが、中下流域には中小の市町村が群立している。

流域内の産業は農業の占める割合が大きく、散在する各都市も農業を基盤とするものが多い。上流域では農業に加え、林業及び林産加工業が盛んであり、中流域では農業と工業が、そして下流域では農業と水産業が基幹産業であり、特に有明海沿岸におけるノリ養殖業は全国一の生産量を誇っている。

*筑後川水系農業水利調査事務所

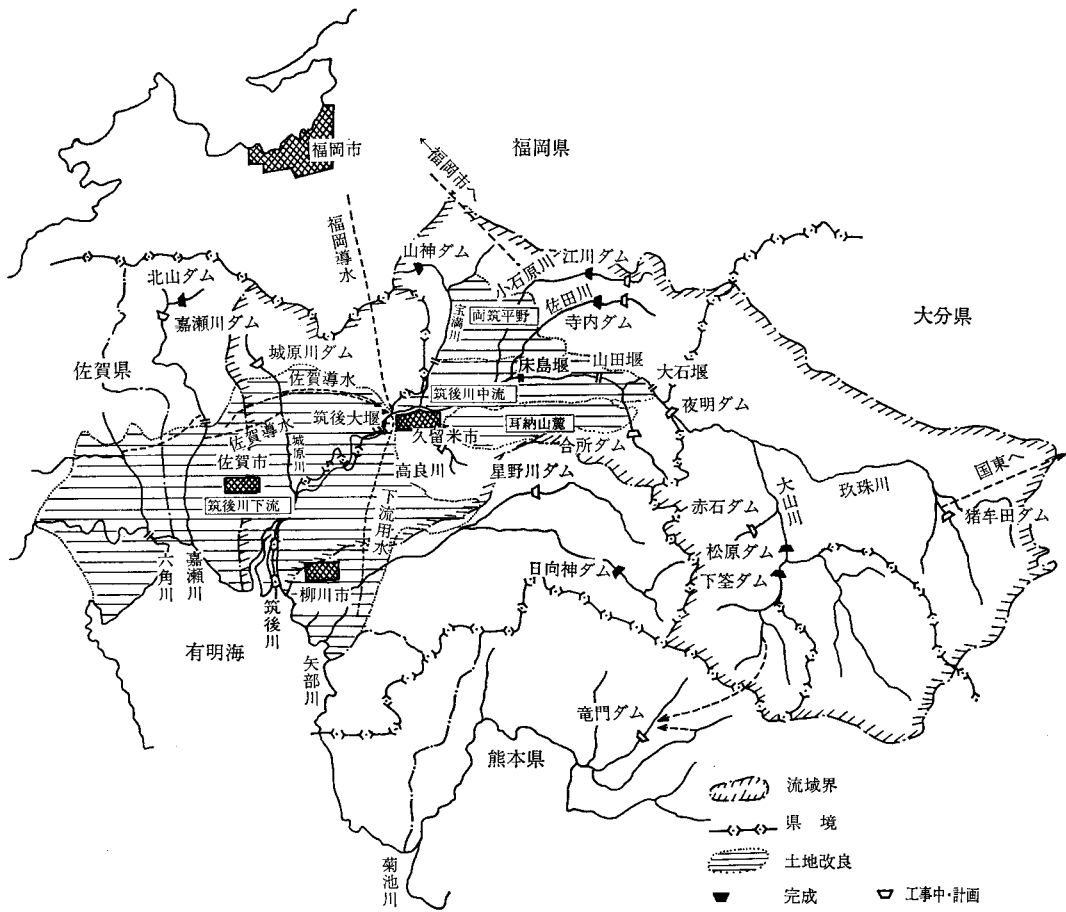
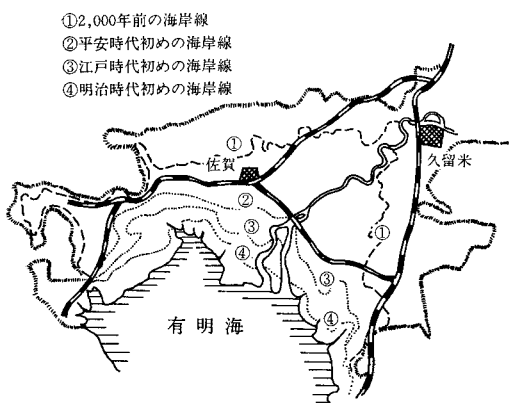


図-1 概要図



昭和43年筑後川水系調査書(経企庁)より作成

図-2 筑紫平野の生成

2. 沿革

(1) 沿革

本地域を含む北部九州は日本でも最も早くから文化の開けた地域の一つであり、既に弥生時代前期末から中期

にかけて北部九州と中国との間には積極的な交流がなされていた。楽浪郡との通交や中小の原始国家の存在は「漢書」及び「後漢書」に見られるとおりである。

本地域の歴史は筑後川或いは有明海との闘いと征服の歴史である。古文書によれば既に正応元年(1288年)に佐賀市東南の南里、米納津間で干拓が行われたとされている。戦乱の世を終え、江戸時代に入って治水、利水及び新田開発は大いに進んだ。筑後藩主田中吉政は筑後川、矢部川の分水工事や用水路工事を積極的に行った。田中氏の改易後成立した有馬久留米藩、立花柳川藩及び隣国鍋島佐賀藩も治水、利水に努めた。筑後川本川の新川開削、堤防工事及び四堰の建設並びに有明海の干拓等により中下流域の新田開発は大いに進み、ここに日本有数の穀倉地帯がつくり上げられた。

(2) 主な利水事業

筑後川における利水開発の先鞭は正保4年(1647年)に支川宝満川に築造された稲吉堰である。中流域は河床が低く、豊かな本川の水を利用するには上流に川を横切る大きな堰を築き、延々と長い用水路を引くといった大

土木技術を要するが、稲吉堰は本川の利水開発に光明をもたらすものであった。そして袋野、大石長野、山田、床島といった用水路・堰が建設され、中流四堰地帯が形成された。

① 袋野用水

有馬生葉郡の大庄屋田代弥三左衛門重栄とその子重仍が藩庁に請願し、許可を得て実施したもので、寛文13年(1673年)に完成した。

堰は長さ64間、幅59間の石堰で、本川を締切る堰としては最初のものであり、用水路は長さ約1,000間のトンネルを有している。

袋野堰は夜明ダムの完成(昭和29年)により水没し、約600m下流(夜明ダムの上流400~500m)に取水口を設置して、現在ここから取水している。

② 大石・長野用水

有馬藩生葉郡の5庄屋らの請願により藩営事業として丹羽頼母の指揮の下、寛文4年(1664年)1月~3月に実施された。工事は筑後川に取水水門を設け長さ7,400間(13.5km)の用水路を開削し、途中支川隈上川と平面交差し長野堰により隈上川の水も取り込むようにした。

その後大石水門と長野水門の拡大及び用水路の拡幅、延長により新たに約1,000町歩の水田を受益に加えた。

その後も配水の請願が引き続いて出されるため、延宝2年(1674年)に本川を締め切る大石堰が築造され、大石水門への流入量は大いに増大した。大石堰は長さ219間の石堰であったが、昭和28年の洪水で流去し、現在のコンクリート固定堰に修復された。なお現在約2,300haの水田をかんがいしている。

③ 山田堀川用水

寛文4年(1664年)に竣工したとされるが、工事の実施者等は不明である。当時の堰は本川を斜めに半分ばかり締め切った仮堰程度のものであったが、古賀百工が山田堰を対岸まで延長する計画を黒田藩庁に請願し、寛政2年(1790年)に藩営事業により山田堰は完全な堰に出来上がった。堰は打流し81間5分、幅94間3分、使用石材総量は約23万m³と推定される。山田堰は昭和55年の洪水で被災し、翌56年コンクリート混り石堰として修復された。現在のかんがい面積は約700haである。

④ 床島用水

これは筑後川の北方三井郡内4ヶ村の庄屋らの請願を受け、有馬藩営事業として正徳2年(1712年)に着手し、同4年に完成したものである。床島堰付近は川幅が広く、流量も多いため、難工事であり、また、この地点が筑前、筑後の境界付近であったため、かなりの苦労があった。工事は恵利堰を筑後川に設け、導水のため床島用水路を開き大堰(江戸)に分水用の水門を造った。また、床島用水路が途中佐田川と平面交差する地点に佐田

堰を造り、佐田川の水を導水して水量を増した。なお、床島用水路の途中に土砂吐として百間堰を設けた。

その後周辺の村からの配水希望が相次ぎ、水量が不足してきたので船通しを下流の中洲に移動して、せき上げ水位を確保し増量を図った。これにより当時新古田約1,400町歩が潤ったとされており、現在までの改修により約2,200haが受益している。

これら恵利堰、百間堰及び佐田堰を総称して床島堰と呼んでいるが、恵利堰は昭和39年の災害に遭い、半固定、半可動堰に改築され、百間堰も石積みかゲートに、佐田堰は佐田川を潜るサイフォンに改築されている。

(3) 主な治水事業

筑紫次郎の名の通り、筑後川は古来より暴れ川であった。史実に残る最古の洪水は大同元年(806年)で、「太宰府内で水旱、悪疫、田園荒廢のため、筑後の国一ヶ年田租を免ぜられる」とある。

しかし治水工事が本格的になったのは江戸時代以降であり、度重なる洪水で荒地のままになっていた土地を開田するため及び村落や農地を守るため堤防、水刴、荒籠などの工事が各藩で競って行われた。

① 瀬ノ下新川

慶長6年(1601年)筑後藩主田中吉政が命じて行わせたもので、瀬ノ下地点でショートカットを行い、久留米城下を洪水から守り舟運の便を図ったが、捷水路工事としての規模は明治以降の工事の規模にも劣らないものである。

② 千栗堤及び安武堤

千栗堤は寛永年間(1624~43年)に佐賀藩成富兵庫茂安が築造したもので、完成まで12年の歳月を要した。堤防は高さ4間、天端幅2間、堤敷幅30間、延長3里であり、二重にしてその間は100間もあり、これを洪水の遊水池とし、水勢を弱めて本堤の安全を図る当時としては極めて巧妙な設計となっている。

安武堤は千栗堤とほぼ同時期(寛永3~18年、1626~1641年)に、有馬藩により築造されたもので、高さ4間、天端幅3間、堤敷幅30間、延長1里の規模であり、その後寛保元年(1741年)に延長約13町が補築された。

③ 明治以降の治水工事

記録によれば天正元年(1573年)から明治22年(1889年)に至る316年の間に183回もの洪水があった。明治に入ってから大洪水が続き、特に明治22年、大正10年、昭和28年の洪水による被害は甚大であった。

明治22年7月の洪水は、「其の幅5里、長さ10里以上に奔流せり」(佐賀新聞)と述べられ、田畑の荒廢3,450町歩冠水19,100町歩に及んだ。

大正10年6月の洪水は、上流地域で山津波を起こすなど、流域全域に災害をもたらし、被害面積は33,200町歩に及んだ。

昭和28年6月の洪水は西日本一帯に大災害を起し、福岡県では有史以来の大水害であった。この洪水により上流に治水ダムを設け洪水調節を行うことが計画されることとなり、下笠ダム及び松原ダムが築造されることとなった。(両ダムで約1億m³の洪水調節容量を有する。)

3. 農業及び農業水利

(1) 農業

筑後川の流域面積 2860km² に対し、農用地面積は640km² と約22%を占め、特に下流域では農用地面積率は約50%にも及んでいる。

表一 耕地概況 (昭和50年現在) (ha)

地域	流域 (km ²)	耕地 面積	内 訳			
			水田	畑	樹園地	その他
上流域	1,440	10,276	6,678	1,238	1,377	983
中流域	875	27,694	21,813	2,569	3,257	55
下流域	545	26,237	22,332	1,478	2,383	44
計	2,860	64,207	50,823	5,285	7,017	1,082

① 上流域

本地域の8割は林野で占められ、農用地面積は8%程度である。盆地では水稻栽培が主であるが、ナン栽培と野菜栽培も盛んになってきている。山地部、高原部では肉用牛の飼育とシイタケ栽培が盛んであり、近年これらへの特化の傾向が強まっている。

② 中流域

気候温暖で農業生産に適しており、水稻、麦、落葉果樹、施設野菜、植木が盛んである。平野部は肥沃な水田地帯で、施設野菜との複合経営も多い。山麓丘陵地帯は右岸側がカキ、ナン、左岸の耳納山麓地域がカキ、ブドウの濃密生産団地となっている。

また、久留米市、田主丸町を中心とする地域は、ツツジ、ツバキを始めとする花木及び植木の全国有数の産地となっている。

③ 下流域

下流域は典型的なクリーク地帯で、水稻作を中心とする我が国固有の穀倉地帯である。また、裏作として麦の栽培が盛んであり、佐賀県側ではビール麦の、福岡県側では小麦のそれぞれ全国的な産地となっている。

その他佐賀県ではタマネギ、イチゴ、水田酪農が、福岡県ではイ草の栽培が盛んであり、特にイ草については熊本県に次ぐ生産量を誇っている。

(注) 六角川、嘉瀬川、矢部川流域も含めると約4,500万m³である。

(2) 農業水利

筑後川水系の農業水利は山間部の小規模な取水形態は別としても、中流域と下流域で大きく様相を異にしている。中流域はいわゆる四堰に代表される井堰掛りであり、下流域は有明海の干満を利用して行われる淡水取水とクリークによるかんがい代表される。

① 上流域

上流域はかんがい施設は小規模であり、また発電との共用水路によるかんがいも多い。取水は殆どが素掘りや石積みの水路を通してであり、漏水等により河川に還元される量も多い。

② 中流域

中流域の水田用水は殆どが、井堰によって本川及び支川から取水され、一部が揚水機によっている。

本川沿いについては四堰により中流域のみならず筑後川水系の中で最も用水の安定した地域となっている。これら四堰の最大取水量の合計は約60m³/sと多いが、その殆どが低位部の排水路を経て河川に還元され、還元率は70~90%に及んでいる。

右岸両筑平野のかんがい施設は従来は支川での小規模な井堰が多かったが、現在は水資源開発公団事業によりダムが建設されるとともに、頭首工も統合されている。

左岸耳納山麓地域の高位部は溪流の井堰掛りと溜池掛りであり、低位部は袋野堰、大石堰の還元水を集める巨瀬川での井堰掛りと揚水掛りが主であり、ともに用水として不安定なものとなっている。

③ 下流域

下流域の主水源である筑後川の淡水は有明海の干満を利用して取水され、クリークに引き込まれて利用される。淡水を水源とする農用地は約17,000haにも及んでおり、また、揚水機、樋門、樋管等淡水取水施設の数は約200を数える。淡水の利用は逆潮利用によって上流または表層に押し上げられた河川水を取水するものであり、その取水管理の苦労には大きいものがある。

クリークは干潟に出来た滞筋の跡であり、利用される形態により、貯水池としての「貯水堀」と用排水路としての「流れ堀」がある。低平地帯に網の目状に分散したこれらクリークは約3,500万m³(注)の貯水容量を有し、総面積は約2,400haと水田面積の10%以上にも及んでいる。クリークにより不規則に分断された耕地は、農業の近代化、機械化に大きな支障を及ぼしている。

4. 水資源開発及び水利調整

(1) 水資源開発計画

① 筑後川の水資源及び利用

筑後川の瀬ノ下地点(2,315km²)での年平均総流量は約35億m³(流出高約1,500mm)、平水量は62m³/s、濁水量は30m³/s(1.3m³/s/100km²)であり、それぞれ

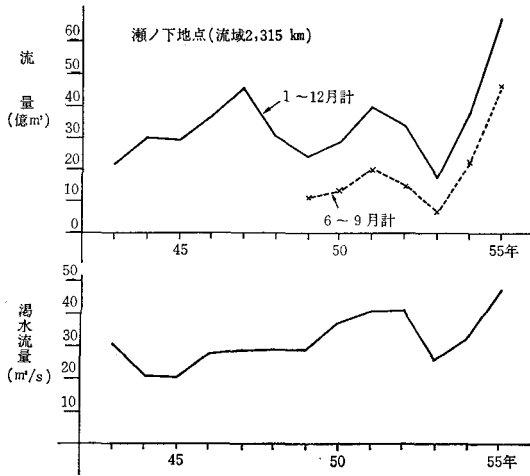


図-3 流況図

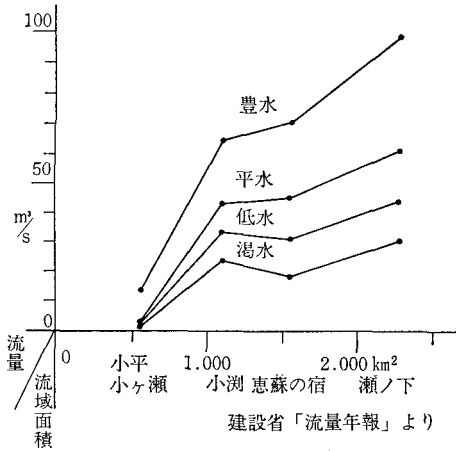


図-4 河川流況(平均)

年による変動が大きい。

筑後川は全国の他の河川に比べ、年流出高、濁水比流量は決して少いとは言えず、むしろ平均以上であると言える。しかし、九州一の河川と言えども、流域面積は3,000km²に満たず、中下流域では水田面積率が高いた

め河川水は高度に利用され、限界に近い。また上流域も殆どの落差及び河川水を発電が利用し、しかも水路式発電が多いため、水源地である上流域の河川流量は通常は少ない。

一方筑後川水系は流域のみならず、福岡市、北九州市等域外都市用水の重要な水源地として期待されており、水需給の逼迫がますます高じるものと思われる。

② 水系指定

昭和30年代以降生産性向上と農業近代化をめざし農業用水の安定化のための農業水利事業が課題となりつつあったが、一方第二、三次産業の急速な発展、都市への人口集中に伴い水需要が高まり、特に福岡市、北九州市などの域外からの水資源開発の要請が高まった。

この開発推進の母体となったのが、北部九州水資源開発協議会(北水協)で、九州農政局、福岡通産局、九州地方建設局、福岡、佐賀、大分、熊本の各県及び九州・山口経済連合会(九経連)で構成され、昭和38年10月に発足した。

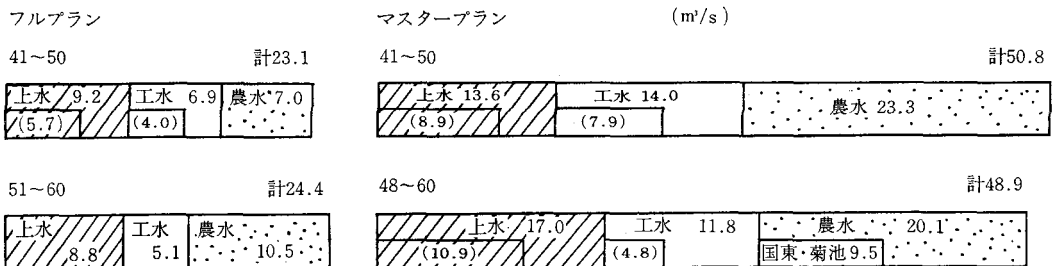
昭和39年10月、筑後川は水資源開発促進法(昭和36年法律第217号)に基づく水資源開発水系として、利根川、淀川に次ぎ指定され、次いで昭和41年2月に水資源開発基本計画が閣議決定された。

筑後川水系の水資源開発の特徴は、利根川水系等の水系の開発に比べ、水系指定まで利水ダム(発電を除く)の建設が無かったこと、域外需要(特に福岡市、北九州市の都市用水需要)が多いこと、農業用水需要量の割合が大ききこと、である。こうした需要パターンはマスタープラン(この中の筑後川依存分)及び全部変更となったフルプランでも変化はない。

③ 水資源開発基本計画(フルプラン)

この基本計画は昭和50年を目標とし、新規需要量23.1m³/s(年間約6億m³)に対して供給量は3.5m³(両筑平野用水事業)のみであり、残りについては今後順次具体化するとした。また、国東、菊池台地の水需給は速やかに調査して必要な措置を取るとした。

④ 北部九州水資源開発構想(マスタープラン)



()内はいずれも 福岡市及び北九州等

図-5 水 需 要

表-2 筑後川の水利用

(m³/s)

地 域	農 業 用 水			上 水		工 水		発 電 用 水		
	ヶ 所	面 積	取水量	ヶ 所	取水量	ヶ 所	取水量	ヶ 所	常 時	最 大
上 流 域	493	4,090 ^{ha}	118.6	10	3.1	9	2.8	20	135.0	435.0
中 流 域	671	17,800	83.5					—	—	—
下 流 域	483	16,530	148.6					—	—	—
計	1,647	38,420	350.7	10	3.1	9	2.8	20	135.0	435.0

一方、北水協では北部九州の増大する水需要に対処するため、昭和44年6月筑後川及び関連河川の水資源開発の指針となるべき北部九州水資源開発構想を策定した。策定に当たっては、(i)既得水利の尊重、(ii)流域への優先配慮、(iii)水源地域の開発の促進、(iv)水産業特にノリ漁業への配慮を基本とし、昭和41年から昭和50年までの新規需要量 50.8m³/s の内筑後川に約 35m³/s 依存するという事情を色濃く反映した。

⑤ 第二次マスタープラン

第一次マスタープランで予定した筑後川上流ダム群(約1.2億m³)の断念等開発目標の達成が大幅に遅れ、開発量の見直しが必要となるとともに、需要量についても見直しが必要であり、改訂時期に来ていることもあり、昭和51年11月に第二次マスタープランが策定された。

この第二次マスタープランの策定及び運用に当たっての基本原則は、第一次マスタープランの原則に加え、治水対策の優先、不特定用水の確保とされた。

このプランによる昭和48年から60年までの新規水需要量は 48.9m³/s となり、また、供給量は 46.3m³/s (内筑後川依存量は 21.2m³/s) となり、筑後川依存度を軽くしている。

⑥ 水資源開発基本計画の全部変更

水資源開発基本計画は昭和41年の決定後、昭和45年12月及び昭和49年7月に一部変更が行われている。これは昭和50年を目標年としていたので、マスタープランと同時期に改訂される必要があったが、改訂のための客観情勢が整わないまま50年代にずれ込み、特に瀬ノ下地点での流量問題、佐賀導水事業の取扱いなどにより大幅に遅れ、最終的に全部変更が閣議決定されたのは昭和56年1月であった。

これは昭和60年を目標年次とするもので、昭和51年から60年までの新規水需要量を 24.4m³/s とし、供給は 6.8m³/s については今後具体化を図るとなっている。

フルプランでは水資源開発及び利用の合理化に関する重要事項として、(i)関連水系を含めた水資源開発及び利用の促進、流域の将来需要への配慮、(ii)水源地域の開発整備、(iii)治水対策の配慮、適正な流況の保持、下

表-3 フルプラン (56.2)

(m³/s)

区 分	項 目	都 市 用 水			農 水	計
		上 水	工 水	小 計		
需 要	福 岡	6.23	2.94	9.17	1.61	10.78
	佐 賀	1.74	1.43	3.17	0.67	3.84
	大 分	0.79	0.09	0.88	3.50	4.38
	熊 本	0.04	0.63	0.67	4.69	5.36
	計	8.80	5.09	13.89	10.47	24.36
供 給	寺 内 ダ ム	3.65	—	3.65	—	3.65
	筑 後 大 堰	—	—	0.35	—	0.35
	福 岡 導 水	—	—	—	—	—
	耳 納 山 麓	0.41	—	0.41	0.99	1.40
	筑 後 川 下 流	—	—	—	0.67	0.67
	下 流 用 水	—	—	—		
	竜 門 ダ ム	—	1.16	1.16	4.59	5.75
	猪 牟 田 ダ ム	—	—	—	—	3.65
給	松 原 ・ 下 釜 再 開 発	0.10	—	0.10	—	0.10
	佐 賀 導 水	—	—	1.80	—	1.80
	城 原 川 ダ ム	—	—			
	山 神 ダ ム	0.23	—	0.23	—	0.23
	計					17.6
	未 定					6.8

流既得水利、ノリ漁業への配慮、(iv)循環利用、再処理水利用、既存水利の有効適切利用、を本文に記述し、筑後川に於ける水資源開発の特徴を浮き彫りにしている。

(2) 水資源開発事業

① 農業水利事業

筑後川水系の農業水利事業の第1号は昭和42年度に着工した中流域右岸の両筑平野用水地区である。次いで中流域左岸の耳納山麓地区、下流域の筑後川下流地区、中流域本川沿いの筑後川中流地区と進み、また、流域外利用として、菊池川に流域変更して行く菊池台地地区及び国東半島に通水して行く国東用水地区の事業が実施若しくは全体実施設計に入っている。

(i) 両筑平野用水事業

昭和42年に水資源開発公団事業として着工、49年度に完了した農業用水、上水、工水を供給する多目的事業である。主な水源施設は江川ダム、女男石頭首工で、両筑平野の農地 5,900ha に農水を補給するとともに、福岡市に上水を、甘木市に上水を供給している。また、寺内ダムと相まって福岡県及び佐賀県等に上水を供給する。

(ii) 耳納山麓土地改良事業

昭和47年度に着工した総合かんがい排水事業であり、また、上水の確保も行う。主な水源施設は夜明頭首工と合所ダムで、用水不足に悩む耳納山麓の農地4,600ha に農水を補給するとともに、福岡市、久留米市等に上水を供給する。

(iii) 筑後川下流農業水利事業

筑後・佐賀平野及び白石平野の用水安定を図るため昭和50年に着工した事業で、受益面積は 55,000ha と我国最大であり、また、関係市町村数は40にも及び、土地改良法の手続きは市町村特別申請事業として行われている。

この事業は瀬ノ下地点で合口を行って淡水取水の合理化、安定化を図るとともに、新たに建設される嘉瀬川ダム(畑瀬ダム)に水源転換を行って白石平野の地盤沈下を防止するなど用排水系統の再編成を目的としている。

なお、導水路については水資源開発公団営とし、幹線用排水路は国営事業として実施されている。

(iv) 筑後川中流農業水利事業

昭和56年度に着工した事業で、中流域本川沿いの大石、山田、床島等の受益地 6,400ha の用排水路の改修を行い、水利用の合理化と安定化を図るものである。

(v) 菊池台地農業水利事業

昭和54年度に着工した事業で、筑後川から流域変更して貯水する竜門ダム(多目的ダム)を水源として、菊池川沿岸の農地 4,700ha に用水を補給し、安定化を図る。

(vi) 国東用水農業水利事業

昭和48年度から全体実施設計を実施中の事業で、玖珠川に築造される猪牟田ダム(多目的ダム)を水源として国東半島の農地 11,500ha に用水を補給し、安定化を図るものである。

② 都市用水事業

(i) 寺内ダム建設事業

昭和45年度着工し、53年度完了した事業で、洪水調節を行うとともに、江川ダムとの综合利用により両筑平野の農水並びに福岡県及び佐賀県等の上水を確保する。

(ii) 筑後大堰建設事業

昭和54年度着工した事業で塩害防止、洪水調節、合口による取水の安定化を図るとともに、新規都市用水の確保を図るもので、58年度完了予定である。

(iii) 竜門ダム建設事業

菊池川水系における洪水調節を図るとともに、筑後川

水系から分水し、これと菊池川水系の流水と相まって、菊池台地及び玉名平野の農地に農業用水を、福岡県及び熊本県の工業用水を確保するものである。

(iv) 猪牟田ダム建設事業

洪水調節及び流水の正常な機能の維持と増進を図るとともに、国東半島の農業用水と大分県の都市用水を確保するものであり、現在実施計画調査中である。

(v) 佐賀導水事業

筑後川、城原川及び嘉瀬川間を導水路で結び、内水排除を行うとともに、城原川に建設される城原川ダムと相まって新規都市用水の開発を図る流況調整河川工事であり、利水開発及び路線計画において筑後川下流農業水利事業と調整が必要である。

(3) 水資源開発等に伴う水利調整

従来農業利用が中心であり、かつ、域内利用に限られていた筑後川の水利用も水資源開発が進むにつれ、水利調整の必要が生じてきた。

まず夜明ダムの建設により農業と上流開発の調整の必要性が生じ、次いで両筑平野用水事業において農業用水と域外都市用水の調整が、そして筑後大堰、水資源開発基本計画等をめぐり既得水利に加え水産業と新規との調整の必要が生じてきた。

① 中流四堰と夜明ダム建設

夜明ダムは大石堰の約 4 km 上流に位置し、その建設は水没する袋野堰、直下流の大石堰を始め山田堰、床島堰の取水に大きな影響を与えるものであった。このため昭和27年12月26日、九州電力と大石、久喜宮(ポンプ)、山田、床島関係土地改良区(以下「四堰」という)は福岡県を加え夜明ダム水利調整委員会を設置する協定書を取り交わした。

この協定書では、九電はかんがい期間中は原則として水量調整を行わず自然流量を放流するが、委員会の承諾を得て水量の調整をすることが出来るとされた。

昭和37年にこの委員会は解散したが、従来委員会で処理していた問題は今後四堰と九電で協議して円滑妥当に処理することとなった。

なお、四堰間の調整組織として、昭和29年10月22日四堰水利調整委員会が設置され、親睦と調整を図っている。

② 両筑平野農業水利事業と福岡市上水

両筑平野用水事業の江川ダムの容量は半分以上が上水であり、また、その大部分を域外の福岡市上水が占めている。これは域外利用の第1号で、福岡市の上水確保は急務であったが、農業優先、流域優先の原則から昭和42年3月に福岡市江川取水工事対策協議会委員長と両筑平野かんがい施設期成会委員長の間で、異常かんばつのため農業用水に不足を生じたときは、農業用水を優先するものとし、関係機関と協議のうえ処置する、とした覚

書を締結している。

③ 筑後川下流農業水利事業と筑後大堰建設事業

建設省は河川管理施設としていた筑後川本川の農業用取水堰（上鶴堰）が昭和40年に災害を受けたため、災害復旧事業と併せて新規利水事業を含めた取水堰を新設することとし、昭和42年度予算要求で実施計画調査費を要求した。一方農林省も昭和35年からの筑後川の調査において従来の不安定な淡水取水を切り換えるための合口堰を検討していたため、農林省と建設省の間で事業主体をめぐって論議が続けられ、昭和45年12月27日に河川局長と農地局長の間で、堰本体の主務大臣は建設大臣とし、取水施設は農林大臣（関係大臣）として実質的に共管するという覚書が交わされた。

④ 水資源開発と基準流量

筑後川水系の水資源開発については、かねてより下流既得水利及び水産業、特にノリ漁業への影響が問題とされていた。

中流域の既得水利に対しては、第一次マスタープランでの開発水量の算定条件として、夜明地点ではかんがい期 $37\text{m}^3/\text{s}$ 、非かんがい期 $20\text{m}^3/\text{s}$ が示されていたが、下流の基準点たる瀬ノ下地点では明示されていず、 $40\text{m}^3/\text{s}$ を仮の値としていた。

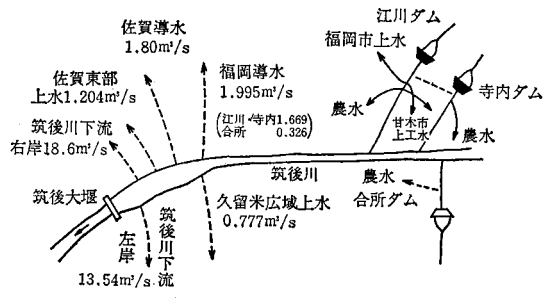
下流既得農水については、将来の淡水取水の合口完了までの期間に於ける適正な取水の確保の必要性から瀬ノ下地点 $55\text{m}^3/\text{s}$ が関係土地改良区などから強く要望された。

水産業に対する影響については、昭和43年10月に水産庁が、昭和51年3月に国土庁が結果を報告されており、両報告ともノリ期（10月～3月）における筑後川の流量とノリ生産に相関があるとし、瀬ノ下地点の流量が $40\text{m}^3/\text{s}$ を下回れば生産に影響があるとし、また $50\sim 60\text{m}^3/\text{s}$ 程度が最適であるとしている。

このため水資源開発基本計画の一部変更（筑後大堰、福岡導水の追加）或いは江川ダム、寺内ダムの管理方針の協議等に際し、これらの立場からの強い意見が出されたが、基準流量については持ち越し（暫定）となった。特に筑後大堰建設事業は、瀬ノ下流量と最も関わりを有しているため着工が大幅に延期となった。また53年1月国土庁が原案を示したフルプランの全部変更も宙に浮いた形となった。

その後も関係者の粘り強い折衝は続けられ、昭和55年12月「筑後大堰建設事業に関する基本協定書」が国会議員を立合人として、福岡・佐賀県の知事、両県の漁連会長、九州地建局長等の間で調印され、漸く決着を見るに至った。内容は(i)ノリ期における新規利水の貯留及び取水は、筑後大堰直下地点流量が $40\text{m}^3/\text{s}$ 以下のときは行わない(ii)ノリ期における操作運用による流量は、瀬

(注) $2\text{m}^3/\text{s}$ のうち約 $0.3\text{m}^3/\text{s}$ は合所ダム開発分である。



図一 筑後大堰貯水区域からの取水

ノ下地点月平均 $45\text{m}^3/\text{s}$ （但し既に水資源開発基本計画に計上されている $4\text{m}^3/\text{s}$ を含む）とする等である。

また、この基本協定書と同日付けをもって九州地建局長及び福岡・佐賀・熊本・大分の4県知事の間で「筑後川水系における水資源開発計画の計画基準は瀬の下地点流量 $40\text{m}^3/\text{s}$ とする」ことが確認された。

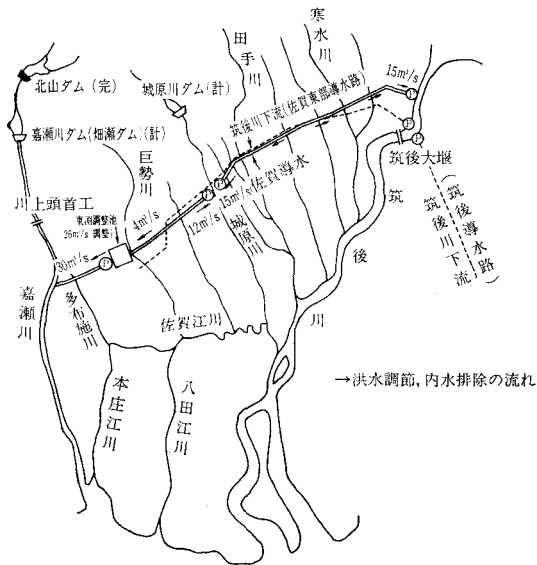
この基準流量は筑後川水系の全ての水資源開発事業に対するものであり、既に完成した江川ダム及び寺内ダム並びに実施中の合所ダムも貯水、取水に当たり遵守すべき条件であり、竜門ダムへの分水についても同様である。

なお、江川ダム及び寺内ダムの総合利用により開発される $3.65\text{m}^3/\text{s}$ の新規都市用水のうち約 $2\text{m}^3/\text{s}$ (注)を瀬ノ下付近で取水し、福岡市及びその周辺地域に導水する福岡導水事業については、有明海水産振興に関する資金を抛出させることとされ、その措置の内容が定まらない間は取水をしないこととされ、現在漁連、関係者間で金額について交渉中である。

⑤ 筑後川下流土地改良事業と佐賀導水事業

昭和47年の河川法の一部改正により制度化された流況調整河川工事（事業）は流況の異なる河川間を水路で結び、洪水調節を行うとともに、利水をも目的とするもので、改正に先立ち農林省と建設省の間で折衝が行われ、昭和47年2月17日に交わされた農地局長と河川局長の覚書に、以下のことが明記された。

- (i) 流況調整河川工事は農業の目的を含まないものに限る。
 - (ii) 流況調整河川工事にかかる工事実施及び操作規則の制定については建設大臣はすべて農林大臣に協議する。
 - (iii) 関係河川の既得水利権を侵害しないこと、当該工事着手時点において予定されている土地改良事業にかかる水利権申請又は水利権協議水量について十分配慮する趣旨とすることを了解する。
 - (iv) 流況調整河川工事にかかる流水占用の許可にあたっては農林大臣に協議する。(以下略)
- 佐賀導水事業はこの流況調整河川工事の一つで、筑後



図一七 佐賀導水事業

川、城原川及び嘉瀬川とを連絡する延長 24km の水路を建設し洪水調節と佐賀市周辺の内水排除を図るとともに、筑後川、城原川、嘉瀬川からの取水及び城原川ダムの貯水による $1.8\text{m}^3/\text{s}$ の用水供給を目的としている。この事業は建設省が昭和48年度の新規実調地区として予算要求をし、先行する筑後川下流土地改良事業（47年から全計）の計画及び路線との競合が懸念されること等から農林省と建設省の間で折衝が行われたが、計画内容が詰まっていないこともあって新規実調は見送られた。

しかし農林省としても佐賀市周辺の内水排除の必要性は認識しており、また昭和48年12月の本省間打合せにおいて建設省から治水を主体として城原川、嘉瀬川間の実調を進めたい、農水計画には異論は無い旨の意見が出され、取り敢えず昭和49年度から治水を主体とした実調を開始することで本省間の了解が出来、昭和49年度から実調を行っている。（その後全区間を対象とし、昭和54年度から着工予算を計上している。）

一方、この事業については昭和47年に地建より簡単な説明があったのみで具体的な説明がなされないまま推移したが、筑後川水資源開発基本計画（フルプラン）の全部改訂の素案作成にあたり佐賀導水事業及び城原川ダム建設事業の取り扱いが問題となり、農林省は昭和52年9月に佐賀導水事業について意見を出した。その後同年11月に地建より農政局に対し佐賀導水事業特に利水の具体的な計画内容の説明があり、また併せて嘉瀬川ダムの計画も明らかになり、農政局としてこれらについて詳細な検討を進めた。

地建の呈示した計画内容城原川掛りの必要水量、嘉瀬川ダムの農水容量、筑後川からの取水順位等、特に利水

計画において筑後川下流土地改良事業と調整を図るべき事項が多く、また路線計画が筑後川下流土地改良事業の佐賀東部導水路（水公団施行）とほぼ同一路線を予定し、地元県、市町村は施工の一本化若しくは併設を希望していることからこの面での調整も必要であった。

このため昭和54年1月に文書照会を行った他、数回にわたって地建と打合せを行い、城原川掛りの農水については下流事業の計画に準拠することとなり、また路線・構造についても歩み寄りが見られるが、未だ不明確な点もあり、現在も農政局と地建の間で調整中である。

（4） 渇水調整

筑後川流域を始め北部九州はしばしば渇水及び干ばつに見舞われてきた。最近でも昭和42年、47年に続き53年は異常な長期間を記録し、57年の渇水も記憶に新しいところである。

① 河川管理者による渇水調整の動き

周知のように、建設省は昭和49年に「渇水が予想される河川」について原則として水系毎に常設の渇水調整協議会を設立するよう各地方建設局に通達した。

渇水調整協議会には各利水者を参加させて予め水利使用の調整の時期及び方法、河川における水利使用の実態、合理的な水利用の方策等について協議しておくこととしている。また、必要な場合には地方建設局は渇水調整案の提示その他の助言を行うものとされている。

これは異常渇水時における各利水者相互間の調整というルールを越え、河川管理者が積極的に利水調整を行おうとしたもので、農林省としても問題があるとして建設省に照会文書を出したが回答が無かったものである。

このため九州農政局は、九地建から提示された常設の協議会の設立には同意せず今日に至っている。

② 昭和53年の渇水

昭和52年秋から続いた少雨傾向は翌53年春になっても好転せず、福岡市が給水制限に入り、ついに5月29日福岡市は水利権を有しない寺内ダム（当時試験湛水中）の緊急放流を九地建に要請した。九地建は北水協の幹事会で放流の提案を行い、水公団が放流を6月1日から開始した。（10日の降雨により中止）

しかしその後も状況は好転せず、中下流域では6月中旬に予定されるシロカキ用水の確保が極めて困難であるとして、福岡県及び佐賀県が九地建に対し下笠・松原ダムの緊急放流を要請した。九地建は6月7日農政局を含む関係機関を招集し、放流を提案し決定の運びとなった。これ以後も8月、9月の緊急放流が行われたが、これらは中流四堰の協力なくしては実効が上らないものであり、調整に当たった県農林部の努力により、水不足に悩む四堰も協力するところとなり、特に大石や床島は取水中止して下流域まで計画通りの流下が実現した。

また一方江川、寺内ダムについても、福岡市の状況が

好転しないばかりでなく、両筑平野農水も用水不足による被害が目立ち始め、江川、寺内ダムの第三次緊急放流が農業に対してなされた。これら上水及び両筑農水への放流は、まだ受益の発生していない佐賀、鳥栖などの新規都市用水を充てるもので、これらの利水者との調整が行われた。これらの放流量の計は江川、寺内ダムが約700万 m^3 、下笠・松原ダムが約1,300万 m^3 に上っており、この時寺内ダムは死水まで利用されている。

これらダムの放流に関しては、九地建を始めとする関係機関及び関係土地改良区の調整努力と協力が大きい訳であったが、53年の経験を踏まえ、九地建から常設の渇水調整協議会（仮称）を設けるよう提案があった。しかし今回の一連の会議は、利水者の要請により九地建が招集しこの方式で何ら支障が無かったこと、異常渇水に対処するため臨時に設置したもので恒常的なものは問題がある等の理由で、常設には至らなかった。

③ 昭和57年の渇水

昭和57年は5月までは順調に降雨があったが、6月13日の梅雨入り宣言後降雨が殆どなく、6月下旬から渇水状態を呈してきた。本地域は6月中下旬が田植え期にあたり、田植えに支障が生じ、一方福岡市を中心とする都市用水もダム貯水率が急激に低下してきた。6月の降雨量は福岡、佐賀とも観測史上最少雨記録を更新し、長期予報においても今後降雨は余り期待出来ないと発表された。

7月2日に福岡、佐賀両県から塩分濃度が上昇し取水が困難となっている下流地域のため下笠・松原ダムの緊急放流を行うよう九地建に陳情が出され、7月3日九地建は農政局、通産局、4県、水公団を招集し「渇水調整連絡会（仮称）」を開いた。この連絡会の性格・運営については会議の席上議論され、九地建から私案の形で恒常的な渇水調整協議会の設置が出されたが、結局53年の渇水時と同様、臨時の連絡会ということに決定した。

緊急放流については、(i)九電の同意、(ii)中流四堰の協力取得、(iii)寺内ダム不特定70万 m^3 の放流についての両筑土地改良区の同意取得を必要とし、(ii)、(iii)について福岡県農林部の努力で調整がつき、7月8日放流が開始された。

一方福岡市、北九州市も7月10日給水制限に入り、事態は深刻化する一方であったが、7月10日、11日の大雨で一変し、その後も降雨が降り続いたため、渇水調整連絡会は解散した。

53年、57年と引き続いて渇水調整は県から九地建への要請という形で始まったが、調整は各利水者間、特に農

業関係者のウエイトが高い訳であり、この様な点からも農水サイドの水利用の調整或いは連絡組織が望まれる。

(5) 水資源開発の見通しと問題

昭和56年1月に閣議決定された筑後川のフルプランでは、昭和51年度から60年度までの需要と供給の見通しの差約6.8 m^3/s については上流ダム群の開発を推進することとしている。この6.8 m^3/s は殆どが福岡市を中心とする域外都市用水であり、その水量の大きさから中下流域の既得水利への影響が大きいと思われる。なお58年度予算要求において大山川支流赤石川に洪水及び上水を目的とする約20,000千 m^3 規模のダムの実施計画調査が要求されている。

また、昭和53年11月に建設省が発表した広域利水調査第三次報告書によると、昭和51年度から65年度における北部九州の新規河川必要量は9.35億 m^3 、供給量は7.13億 m^3 であり約2.2億 m^3 （約7.0 m^3/s ）の水が不足であるとして、筑後川を中心とした水資源開発を更に進める必要があるとしている。特に昭和53年から54年にかけての渇水を契機として、水備蓄のための経年貯留ダム構想が強く出されて調査が進められ、昭和58年度予算要求で新規実施計画調査地区として高良川ダム（筑後川水系高良川）及び五ヶ山ダム（那珂川）の2地区を要求し、江川ダム及び寺内ダムのそれぞれ上流における調査は継続要求とした。これは渇水のための備蓄という趣旨からは問題無いように思われるが、大容量であること、経年貯留の運用が不明確なことから中下流域の農業用水取水に重大な影響を与えることが懸念される。

ところで、本水系におけるダム貯水・取水等については今後瀬ノ下或いは大堰地点40 m^3/s を考慮した操作が必要となってくるため、これを捕えて建設省による渇水調整を含めた利水管理が行われる恐れがあり、農林側としては、既得水利権の保護と域内農水の優先取水を守るため慎重に対処していくことが必要になると思われる。

終わりに、水は限られた貴重な資源であり、何人の独占も許されないが、古来より水を利用するために先人の払った労苦、功績及び農業の果たす函養の役割などを尊重しての水資源開発及び水利調整が必要である。本文はこうした考えの参考とするべく筑後川水系の沿革と水資源開発及び水利調整について概要を示したものであり、刊行物、諸先輩の報文等を参考にして客観と正確を期したつもりであるが、筆者の経験不足と浅学非才のため万全を期し得なかった点が多々あると思われる。御容赦願いたい。

OA のための例題中心 BASIC 講座 (第3回)

関数を使った実用的手法と
タンクモデルの流出解析

丹 治 肇* 山 本 徳 司**

目 次

I 基本問題.....(97)	II 応用問題.....(104)
-----------------	-------------------

I 基本問題

前2回の基本問題はシャープMZ-80Cを中心にしていました。今回はNECのPC-9801を使ってみます。なお、プログラムはMZ-80Cと出来るだけ互換性をもたせてあります。また、PC-8001, PC-8801とも互換性があります。PCシリーズではCR(キャリッジリターン)は[↵]キーを使用します。

1) 基本問題9 ダイレクト・モード

第1回目の講座の基本例題1-dでマニング公式により、次の様にして流速を求めました。

```

10 PRINT"マニング" コウキ*
20 PRINT"V=1/N*R^(2/3)*I^(1/2)*"
30 INPUT"N=";N
40 PRINT"N=";N
50 INPUT"R=";R
60 PRINT"R=";R
70 INPUT"I=";I
80 PRINT"I=";I
90 V=1/N*R^(2/3)*I^(1/2)
100 PRINT"V=";V
110 END

```

このプログラムをみて、パソコンにより計算をすることは電卓と比べてなんと面倒なことかと思われたかたも多いでしょう。このプログラムのうち、10, 20, 40, 60, 80行はプログラムの実行結果を見易くするための、ディスプレイ上への表示なので、計算の結果を問題にするのではなくても良いものです。しかし、これらの行を除いてもプログラムは全部で6行もあります。これでは、せっかくパソコンを使っても電卓で計算するのに比べて不便といわねばなりません。

ここに、パソコンを使ってもたった1行のプログラムで上と同じ結果を得る方法があります。これが**ダイレクト・モード**と呼ばれるものです。たとえば、基本例題1-dの様に、 $N=0.015$, $R=0.12$, $I=0.01$ の場合の

流速Vは次の様にして求めることができます。

PRINT 1/0.015*0.12^(2/3)*0.01^(1/2)

1.62192

ここで、PRINT...以下の下線はキーボードから入力し最後に[↵](CR)キーを押す約束でした。またMZ系では/でなく↑を用いました。さて、この1行を入力すると上に示した様に次の行に計算結果が表示されます。PRINTの後3に数字や/, *といった記号がならんでいますね。これは $V=1/N*R^{2/3}*I^{1/2}$ 、即ちマニングの公式の右辺に対応します。V=をとった右辺の変数N, R, Iに今述べた値を入れたものです。ダイレクト・モードと呼ばれるのは、この様に変数N, R, Iなどを使わずに直接(ダイレクト)に数値を扱うためです。PRINTと打つのが面倒くさいというものぐさな人は次の様にPRINTと打つ代わりに?で代用させることができます。

? 1/0.015*0.12^(2/3)*0.01^(1/2)

1.6292

ダイレクト・モードを使えば、上の様な公式の計算の他に電卓でよく行なう様に単純な計算もできます。たとえば、233, 456, 789の和は次の様にして求められます。

? 233+456+789

1478

〔練習9〕

ダイレクト・モードで1から10までの整数の総和を求めて下さい。

2) 基本問題10 組み込み関数 その1

第1回目の本講座で $I^{1/2}$ は $I^{(1/2)}$ でなくともSQR(I)でも良いと申し上げました。SQRはルートの意味で、電卓でいえば√キーにあたります。この様な電卓の関数キーに相当するものに**組み込み関数**があります。ここでは、例として、三角形のひとつの頂角とそれ

*農業土木試験場 水利部
**同上 水工部

をかこむ2辺の長さが判っている場合の三角形の面積を求めてみましょう。

良く知られている様に、頂角を θ (ラジアン), これをかこむ2辺の長さを a , b としたとき, 三角形の面積 S は次式で求められます。

$$S = \frac{1}{2} a b \sin \theta$$

ここでは θ の単位はラジアンでしたが, θ を度単位にとると次式のようになります。

$$S = \frac{1}{2} a b \sin \left(\frac{\pi \cdot \theta}{180} \right)$$

この1行をBASICにしてみます。

$$S=1/2*A*B*SIN(PI*TH/180)$$

基本BASICでは変数名は英数字を使います。 π は使えませんし, θ もだめです。ただし, MZ-80のBASICは電卓と同じように π が使えます。この場合は π は一種の定数関数で上のPIのところ π と書けば, とくに $\pi=3.1415$ とせずに済みます。PC系では $S=\dots$ の前に $PI=3.1415$ とおいてやらねばなりません。

組み込み関数は必ず変数や式を()でくくって使います。即ち, $\sin x$ はSINXではなく, SIN(X)とします。上の例では $PI*TH/180$ をかこんでいる()がこれにあたります。組み込み関数はSIN(X)の様に単にひとつの変数に対して用いることができるだけでなく, SIN(PI*TH/180)のように式(変数, 定数を演算記号*, /などで結んだもの)に対して用いることができます。

ここで上記の表現を用いた標準的なプログラムを示しておきます。

```
10 REM SANKAKUKEI NO MENSEKI
20 INPUT "A=" ; A
30 INPUT "B=" ; B
40 INPUT "THETA=" ; TH
50 PI=3.1415
60 S=1/2*A*B*SIN(PI*TH/180)
70 PRINT "S=" ; S
80 END
```

縦3m, 横4mの直角形($\theta=90^\circ$)の面積を求めてみます。

```
RUN
A=? 3
B=? 4
TH=? 90
S=6
```

面積は $3 \times 4 \div 2 = 6$ (m²)ですから, 答は合っています。

基本BASICが用意している組み込み関数には上記SINを入れて次の11個があります。ABS, ATN, COS, EXP, INT, LOG, RND, SGN, SIN, SQR, TANです。このうち, ATN($\tan^{-1} x$), COS(cos x), EXP(e^x), LQG(log_e x), SIN(sin x), SQR(\sqrt{x}), TAN(tan x)については電卓

と同じなので, 説明するまでもないでしょう。この他のものについて, 簡単な説明と例をあげます。

• ABS(X) 絶対値

例, ABS(Y) Y=-3.0のとき 値は3.0

• INT(X) 整数化 Xを超えない最大の整数

例 INT(X) X=3.5のとき 値は3

INT(X) X=-2.5のとき 値は-3

注意; FORTRANのINTでは $X=-2.5$ のときの値は2となります。BASICでもPC系の場合はFIX(X)が使い, FIXを使うとFORTRANのINT(X)と同じ様にFIX(-2.5)=-2となります。

• RND(X) 乱数を0以上1未満で発生させます。

例 RND(X)ただし $X=1$ など

• SGN(X) Xの符号を表わします。正なら+1, 負なら-1, ゼロなら0の値をとります。

〔練習10〕

x軸上にある2点X1, X2の距離YはBASICではどのように与えられるか示しなさい。

3) 基本問題11 組み込み関数 その2

“有効貯水量8,000m³のファームポンドがあります。これから毎秒2.0m³/秒の水を使用したとき, 何時間何分何秒たったなら, このファームポンドが空になるでしょうか。”

8,000m³を2.0m³/秒ですから, 筆算ではまず次の様にして秒を求めます。

$$8,000 \div 2 = 4,000 \text{ 秒}$$

次いで4,000秒が何分かを求めます。

$$4,000 \div 60 = 66 \text{ 分余り } 40 \text{ 秒}$$

最後に66分が何時間何分かを考えます。

$$66 \div 60 = 1 \text{ 時間余り } 6 \text{ 分}$$

以上をまとめると最終的な答は1時間6分40秒です。

今行った筆算は次の手順に整理できます。

① 貯水容量÷毎秒使用水量により, ファームポンドが何秒後に空になるかを求める。

② ①で求めた秒が何分何秒にあたるか調べる。

③ ②で求めた分が何時間何分にあたるか調べる。

④ ②と③を合せて, 何時間何分何秒かを求める。

今度は, この手順を参考にして変数を使ったBASICの式を組みたててみましょう。

貯水容量をQ(m³), 毎秒使用水量P(m³/秒)とすると①で求める秒S1は次式で与えられます。

$$S1 = Q/P$$

S1秒が何分何秒かを調べるには60で割ります。ここではS1秒はM2分S2秒だったとしましょう。M2=S1/60としたいところですがこれではダメです。たとえばS1=5,000秒とすると次のようになります。

$$5,000/60 = 83.333\cdots$$

筆算の場合には余りとして計上されていた部分が、この様に単純に割り算をすると、小数点以下の値になってしまいます。余りを出すためには商×割る数を割られる数から引いてやります。まず、商をINTで求めます。

$$M2 = \text{INT}(S1/60)$$

分に計上されなかった余り時間(秒)S2は次式です。

$$S2 = S1 - M2 * 60$$

同様のことを時間と分に対しても行います。今求めたM2分がH3時間M3分であるとする、H3, M3は次式で求められます。

$$H3 = \text{INT}(M2/60)$$

$$M3 = M2 - H3 * 60$$

以上を整理して、最終的にはH3時M3分S2秒が答えとなります。

以上で見たようにプログラムが作れる様に細かく分解された計算手順のことを**アルゴリズム**といいます。アルゴリズムを求めることがプログラム作成の前段としては不可欠な作業です。アルゴリズムを求めるためには、この例でみましたように、具体的な数字を使って、筆算等の計算を行ってみて、それまであまり意識せずに使っていた計算の手順を解き明かしてみるのが有効です。

貯水容量Q(m³)と毎秒使用水量P(m³/秒)をREAD文で読み込ませ、ファームポンドが空になる時分秒を求めるプログラムは次のようになります。

```
10 REM FARM POND NO MONDAI
20 READ Q,P
30 S1=Q/P
40 M2=INT(S1/60)
50 S2=S1-M2*60
60 H3=INT(M2/60)
70 M3=M2-H3*60
80 PRINT H3;"時";M3;"分";S2;"秒"
90 END
100 DATA 8000.0,2.0
```

実行しますと画面上に次の様に結果が出ます。

```
1 時 6 分 40 秒
```

このプログラムの問題点はS1秒が整数でないとき16.33...秒といった様な小数点以下の端数が出ることでこのときの結果は非常に見にくいものになってしまいます。ここでは、与えられた問題の性質上、小数点以下が問題とされる様な精度ではないと考えて、単純に秒の小数点以下は切り捨ててしましましょう。また、S1, M2はそれぞれ30行、40行で一度値を求められたら、直後に計算の途中で使われるだけで、80行の計算の最終結果には姿をみせてきていません。この様なものを使い捨て変数といいます。使い捨て変数はその変数を使い終わった後で出てくる別の変数名で代用することができます。また、そうするとメモリー容量の節約にもなります。たとえば今のプログラムではS1はS2を求めるのに使った後ではもうプログラム上に現われませんし、M2もM3を求めた

後では現われていません。そこでS1をS2で、M2をM3で代用すると上のプログラムは次のようになります。

```
10 REM FARM POND NO MONDAI
20 READ Q,P
30 S2=Q/P
40 M3=INT(S2/60)
50 S2=S2-M3*60
60 H3=INT(M3/60)
70 M3=M3-H3*60
80 PRINT H3;"時";M3;"分";S2;"秒"
90 END
100 DATA 8000.0,2.0
```

〔練習11〕

INPUT文で小数点以下1ケタの値をもつ正の実数Xを入力して、小数点以下を切捨てた結果を画面上にPRINT文で表現させるプログラムを作りなさい。

4) 基本問題12 利用者定義関数

“三角形の土地があります。この土地を簡単のために水平であると考えてよいことにしましょう。基準点をもとにこの三角形の頂点の座標をE2.0N3.0といった様に表わします。ここにE2.0は東へ2.0m, N3.0は北へ3.0mといったところに頂点がある意味です。三角形の3つの頂点P1, P2, P3はこの様にして表わすとE2.0N3.0, E10.0N5.0, E3.0N8.0と書けます。この3頂点でかこまれた三角形の面積を求めましょう。”

原点(0,0)と(x1, y1), (x2, y2)の3点でできている三角形の面積Sは次式で求められます。

$$S = \frac{1}{2} (x_1 \cdot y_2 - x_2 \cdot y_1)$$

この公式を使うために P1を原点としたときのP2, P3の相対座標を求めることにします。基準点に与えられた点を原点として北の方向をy軸, 東の方向をx軸にとったとき, P1, P2, P3の座標が(X1, Y1), (X2, Y2), (X3, Y3)と表現できるとします。m単位でいえば X1=2.0, Y1=3.0, X2=10.0, Y2=5.0, X3=3.0, Y3=8.0です。x1, y1, x2, y2を相対座標とみなすと相対座標と絶対座標のあいだには次の対応関係が成立しています。

$$\begin{aligned} x_1 &\leftrightarrow X2 - X1 & y_1 &\leftrightarrow Y2 - Y1 \\ x_2 &\leftrightarrow X3 - X1 & y_2 &\leftrightarrow Y3 - Y1 \end{aligned}$$

BASICでは小文字と小添字は使えませんのでx1, y1という書き方はできません。x1→X1と書くと、もとのX1と混乱してしまいますので、ここでは名前をx1, x2をS1, S2と、y1, y2をT1, T2とするとプログ

```
10 REM SANKAKUKEI NO MENSEKI SONO2
20 DEF FNS=1/2*(S1*T2-S2*T1)
30 READ X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3
40 S1=X2-X1
50 S2=X3-X1
60 T1=Y2-Y1
70 T2=Y3-Y1
80 PRINT FNS
90 END
100 DATA 2.0,3.0,10.0,5.0,3.0,8.0
```

ラムは次の様に書くことができます。(MZ-80のユーザーは以下の部分を読みとばして、6)基本問題12と13の補足へとすすんで下さい。)

実行すると次の様に表示されます。

19

このプログラムでは20行目が**利用者定義関数**とよばれるものです。プログラムの20行はこの関数を定義しています。プログラム上の処理が80行に達したとき、コンピュータはFNSの値を求めようとして、20行の定義にさかのぼって関数の値を計算します。基本BASICでは関数はFN fの形で表わされfはA~Zの英字1文字です。(PC-8801では40文字までOKです。)DEF FNSをDEF文といいます。

[練習12]

台形断面水路の通水面積Aは水深をy, 底幅b, 側法勾配mを使うと次式の様に表わされます。

$$A = by + my^2$$

変数名をA, Y, B, Mとし、面積Aを求める関数FNAを定めるDEF文を書いて下さい。

5) 基本問題13 利用者定義関数 仮引き数付

練習12の様に水深を変数名Yで与えると、変数名Hで読み込まれた水深の値を使って、通水断面面積Aを求めるには、DEF文のYをHにかえて、 $B*H + M*H*H$ とするか、FNAの値をPRINTしたりする前にY=Hという行を入れて変数名のおきかえをしなければなりません。しかし、次に示す様に**仮引き数付利用者定義関数**を用いればこういった面倒なことをせずに済みます。

```
10 REM DAIKEI SUIRO NO TSUUSUI MENSEKI
20 DEF FNA(Y)=B*Y+M*Y*Y
30 READ B,M,H
40 PRINT FNA(H)
50 END
60 DATA 1.0,0.5,1.0
```

実行結果は次の様になります。

1.5

仮引き数付利用者定義関数は20行目で定義されています。**仮引き数**というのは20行の左辺の()の中にある文字Yのことです。これが仮引き数とよばれているのは、DEF文にあらわれて、関数値を求めるときの定義域をあらわせる様に左辺の()の中と右辺で同じ変数名を使えば、変数名は何でも良いからです。たとえばYをHに変えると、プログラム全体は次の様になります。

```
10 REM DAIKEI SUIRO NO TSUUSUI MENSEKI
20 DEF FNA(H)=B*H+M*H*H
30 READ B,M,H
40 PRINT FNA(H)
50 END
60 DATA 1.0,0.5,1.0
```

修正はカーソルを20行目に動かすか、20行目全体を打ちなおして、もう一度RUNにより実行してみてください

い。

実行結果は次の様になります。

1.5

全く同じ結果ですね。大切なのはDEF文の=の左辺と右辺とで変数名が一致していることです。次の2つはダメです。

```
20 DEF FNA(Y)=B*H+M*H*H
```

```
20 DEF FNA(H)=B*Y+M*Y*Y
```

次の2つはOKです。

```
20 DEF FNA(X)=B*X+M*X*X
```

```
20 DEF FNA(N)=B*N+M*N*N
```

この様に仮引き数付利用者定義関数はDEF FNO(Δ)= Δ *...といった様な形をしていて、 Δ は右辺と左辺と同じであれば何でも良いのです。こうすると、変数名がY→Hといった様に新しく変更になるたびに利用者定義関数を定義しなおす必要がなく便利です。

注意； Δ は何でも良いのですが、もちろん、DEF文の右辺に既にある変数名B, Mは使えません。これ以外でしたら、次の様にプログラム中にある変数名を使うこともできます。

```
10 REM DAIKEI SUIRO NO TSUUSUI MENSEKI
20 DEF FNA(S)=B*S+M*S*S
30 READ B,M,H
35 S=B*H
40 PRINT FNA(H),S
50 END
60 DATA 1.0,0.5,1.0
```

[練習13]

球の体積は $4/3\pi r^3$ で与えられます。 $\pi=3.1416$ として球の体積を求める仮引き数付利用者定義関数を与えるDEF文を書いて下さい。

6) 基本問題12と13の補足

PCユーザーは次の基本問題へすすんで下さい。

MZ-80の場合には利用者定義関数には必ず仮引き数とよばれるものがついています。そこで、この仮引き数付利用者定義関数について述べます。まず、MZ-80用のプログラムは以下の様になります。ここでは x_1 をS1ではなくSとおいています。

```
10 REM SNKAKUKEI NO MENSEKI SONO2
20 DEF FNA(S)=1/2*(S*T2-S2*T1)
30 READ X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3
40 S=X2-X1
50 S2=X3-X1
60 T1=Y2-Y1
70 T2=Y3-Y1
80 PRINT FNA(S)
90 END
100 DATA 2.0,3.0,10.0,5.0,3.0,8.0
```

実行すると結果は次の様になります。

19

このプログラムでは20行が利用者定義関数を定義しています。20行目の変数Sを仮引き数といいます。仮引

き数を作る変数名は原則として1文字の英字です。また関数名はここではAを使ってFNAとしています。関数名はFN○のようにつけ、○のところに使うのも英字1文字です。計算は実行がプログラムの80行に達したときにFNA(S)の値を求めようとして、DEF FNA(S)…と書かれた20行目が参照されてFNA(S)の値が求まります。このSはDEFの=の右辺と左辺で同じ変数名が使われていれば何でもかまいません。たとえば20行目を次の様に書いてもOKです。(プログラムの他は全く同じ。)

```
20 DEF FNA(V)=1/2*(V*T2-S2*T1)
```

また、DEF文の中で使われる仮引き数はSの様に1文字でなければいけません。PRINT文のあとではFNA(S1)の様に()の中に2文字以上の長さの変数名を使うことができます。たとえば、次の様にプログラムを書きかえることができます。

```
10 REM SNKAKUKEI NO MENSEKI SONO2
20 DEF FNA(S)=1/2*(S*T2-S2*T1)
30 READ X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3
40 S1=X2-X1
50 S2=X3-X1
60 T1=Y2-Y1
70 T2=Y3-Y1
80 PRINT FNA(S1)
90 END
100 DATA 2.0,3.0,10.0,5.0,3.0,8.0
```

```
10 REM BOGRAPH
20 READ N
30 FOR NN=1 TO N
40 READ M$,L
50 LL=INT(L/10)+1
60 PRINT M$;L;TAB(11);
70 IF L=0 THEN 110
80 FOR MM=1 TO LL
90 PRINT"*";
100 NEXT MM
110 PRINT
120 NEXT NN
130 END
140 DATA 8
150 DATA "HOKKAI",192,"TOHOKU",582,"KANTOO",588
160 DATA "HOKURI",348,"TOKAI",114,"KINKI",291
170 DATA "CHUSHI",325,"KYUSHU",344
```

実行結果は次のようになります。

```
HOKKAI 192 *****
TOHOKU 582 *****
KANTOO 588 *****
HOKURI 348 *****
TOKAI 114 *****
KINKI 291 *****
CHUSHI 325 *****
KYUSHU 344 *****
```

このプログラムの中で今まで全く習ってない文としてTAB文が初登場しました。60行でTAB(11)とあるのがこれです。TABは()の中の数字の整数文字目からPRINTをはじめることを示します。TAB(11)で11

こうしてみるとS1だけ特別扱いするのは不公平に思われます。特にS1の様な引き数を気にしないで利用する方法はないでしょうか。残念ながらMZ-80ではこの様な仮引き数の付いていない利用者定義関数は許されていません。しかし、このために次のようなダミーの引数Xを導入すればよいのです。

```
10 REM SNKAKUKEI NO MENSEKI SONO2
20 DEF FNA(X)=1/2*(S1*T2-S2*T1)
30 READ X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3
40 S1=X2-X1
50 S2=X3-X1
60 T1=Y2-Y1
70 T2=Y3-Y1
80 PRINT FNA(X)
90 END
100 DATA 2.0,3.0,10.0,5.0,3.0,8.0
```

基本BASICでは、利用者定義関数に仮引き数付と仮引き数なしをもうけているので今後は仮引き数なしもMZ系で使える様になると思います。MZ-80ユーザーも基本問題12, 13をここで読んでおいて下さい。

7) 基本問題14 棒グラフ TAB文

“水と土51号によりますと県関係の農業土木技術研究会会員数はブロック別に、北海道192, 東北582, 関東588, 北陸348, 東海114, 近畿291, 中四国325, 九州344人です。10人単位を*ひとつとして切り上げて、棒グラフを作りましょう。”

プログラムは次のようになります。

文字目の次にPRINT文の開始が移り, “;”により引き続いて 即ち, 12文字目の位置から“*”のPRINTを行います。“*”は90行でPRINTされますが90_PRINT “*”;とある終わりの“;”で“*”をあいだをあ

実行結果は次の様になります。

```
588
582
348
344
325
291
192
114
```

プログラムは30行で並べ換えるデータの個数Nを読み込んでいます。ここでは配列を11個切っており、Nの数に11個以下であることが必要です。Nが12個以上の時には20行のDIM文を修正しなければなりません。より汎用のプログラムが欲しい人は10行と20行を次の様に変更して使って下さい。

```
10 READ N
20 DIM K(N-1)
```

こうすればいちいちDIMを作りかえる必要がありません。40~60行は並べ換えを要するデータの組を読み込んでいます。70行で最後の1個を除いて、1番目からN-1番目まで比較にかかります。このK(I)に対して比較されるのはK(J)です。Jは既にとりあげた1番目の次のKの値から最後の1個までを順ぐりに比較していきます。90行で実際に比較を行ない大小判定をします。I番目の方のKの値が大きいときには130行にとんで、もうひとつ大きいIの値へと計算を移します。I番目の方がJ番目よりも小さいときにはI番目とJ番目の入れ換えを行います。入れ換えは100行、110行、120行の3行を費して行ないます。

プログラムを追うのを止めて、大ざっぱにいいかえると、N個のうち、ひとつをとり出して、まず残りのN-1個と比較します。このときの比較回数はN-1回です。比較すると同時に、とり出したひとつが最大になるように比較したときに相手の方が大きかったら入れかえをすれば、このとり出したひとつは必ず最大のものとなります。そこでまず最大のものをのぞいて、残りのN-1個から、1個を選んで、同様にそれ以外のN-2個と比較と入れ換えをすれば、N-1個の中の最大(即ち全体の2番目)のものが求まります。次いで残りのN-2個に対して、これを繰り返していけばよいはずですが。

さて、ここで例を挙げて復習しておきますが、A=30, B=40のとき、AとBの値を入れ換えるのは次のプログラムではダメです。

```
10 A=30
20 B=40
30 A=B
40 B=A
```

なぜかといいますと、これでは30行目でAにBの値(40)が入ります。即ち、30行目が実行された後ではAの値は既に40になっている訳です。したがって、40行目に達し

たとき、BにはAの値が入れますが、このときAの値は既に30ではなく40になってしまっており、40行目ではBの値はやはり40のままにとどまってしまう。要点は、変数が=の左辺に書かれたときに古い値は消えてなくなってしまうところにあります。ですから、A=Bと書けばAの値が、B=Aと書けばBの値がこの時点で失われてしまうのです。このため、どおしたらよいのでしょうか。

```
30 A=Bの値
40 B=Aの値
```

この2行が本当は実行したかったことなのです。ところが30行が実行されると変数Aの中のものからのAの値は失われてしまうので、40行目のAの値は変数Aを使うことはできません。しかし、A以外の変数の中にAの値をしまっておけばよいのです。この変数は一時的に使うもので使い捨て変数であり、変数名はA、Bでなければ何もかまいません。今;AXを使うと次の様に書けます。

```
25 AX=A
30 A=B
40 B=AX
```

この25、30、40行がソーティングのプログラムでは、100行、110行、120行に対応しています。ソーティングのプログラムはこのあと繰り返しをしめくくるNEXT文が続き、150~170行で並べ換えた結果を表示します。

[練習15]

A=2, B=3, C=4のとき、Aの値をBに、Bの値をCに、Cの値をAに入れ換えを行なうプログラムを作りたい。このとき、使い捨て変数は2個必要でしょうか。それとも、2変数A, Bの場合と同じ様に1個で良いのでしょうか。

((補足説明))

今、長々と使い捨て変数を使わないと変数Aと変数Bの値の入れ換えは出来ないと申し上げましたが、PC-8801の場合、SWAP文を使えば直接値の入れ換えが出来ます。

```
10 REM SORT
20 DIM K(10)
30 READ N
40 FOR NN=0 TO N-1
50 READ K(NN)
60 NEXT NN
70 FOR I=0 TO N-2
80 FOR J=I+1 TO N-1
90 IF K(I)>K(J) THEN 130
100 SWAP K(I),K(J)
130 NEXT J
140 NEXT I
150 FOR NN=0 TO N-1
160 PRINT K(NN)
170 NEXT NN
180 END
190 DATA 8,192,582,588,348
200 DATA 114,291,325,344
```

[110, 120](マニュアル参照のこと)

またMZ-80のDISK-BASICにもSWAP文がありますが、これはファイルとRAMのプログラムの入れ換えをするもので全く意味が異なります。

9) 周辺機器等について

この講座では基本例題はJIS-BASIC(基本BASIC)をベースに基本的な文法と例題を中心に話をすすめてきました。また、パソコンの最小構成を対象に話をしてきました。今回は本講座も第3回目ということもあって、入門的なところから一歩踏み込んで、実用的な例題を取りあげてみました。実用的という方向を押し進めていくとどうしても周辺機器がほしくなってきます。まずはプリンターとフロッピー・ディスクといったところ。とくにプリンターは、プログラムが長くなったときでも修正が画面上よりもずっと容易にできますし、計算結果を他の人に見せるときにも使えます。

今まで、キャラクター・ディスプレイ(TV)上に出ている出力をプリンターにするにはプログラムを次の様に変更するだけで十分です。

```
PRINT→LPRINT (PC-8801の場合)
```

```
PRINT→PRINT/P (MZ-80Cの場合)
```

プリンターが手元にある場合には、この点を変更して、実用的なものとして使って下さい。フロッピー・ディスクはずいぶん面倒なのでこうしたふうには申し上げられません。

基本BASICに話を限定すれば今回までに80~90%は話をしてしまいました。しかし、実用性を考えると、プリンターとフロッピー・ディスクはどうしてもマスターする必要があるので、今回は、この2つにふれたいと思います。また、この講座を企画したときはMZ-80BとPC-8001が代表的機種でしたが、最近ではPC-9801, PC-8001II, FM-7, FM-11, MZ-3500といった新しい機種にとって代わりつつあります。全てが取扱える状況にはないのですが、順次こうした新しい機種も対象にしたいと考えなおしているところです。

II 応用問題

タンクモデルの流出解析

農業土木技術者のための電算標準例題集、課題41タンクモデルによる降雨流出のBASIC版です。変数名はRが日降雨、Eが蒸発散、QQ, Q1, Q2, Q3が推定流量(QQ=Q1+Q2+Q3)で、計算はひと月分行ないます。詳細は標準例題集を参照して下さい。

このプログラムはタンクの数と接続が個別であり、このままでは汎用プログラムとはなりません。そこで、利用するときには、入出力等をいづれ修正するだろうということを考えて、データはファイルを使わずにDATA文で与えてあります。このプログラムは原プログラム

にない特長として、新たにディスプレイ上にグラフを描かせるサブルーチンを導入しています。このサブルーチンは汎用性の高いものなので、重回帰手法や他の方法での流出予測にもほとんどそのまま転用できます。ただし、日降雨が最大150mmと想定して、WINDOWをかけていますので、日降雨がこれより大きいと画面上に描かれません。また、機種はPC-9801を用いているのでカラーでも高解像度(640×400)を使っています。PC-8801で使用する場合にはSCREENとVIEWを変更する必要があります。

応用例題も講座当初は、演算時間が短く対話処理中心のものを扱う予定でしたが昨今の状況をみていますと、この面のプログラム作成はかなり進んでいます。たとえば、標準例題集、課題20, 25などは技術事務所などで対話型プログラムを既に作っています。そこで、今更屋上屋を架することもないだろうということでタンクモデルを取り上げました。処理時間も計算しながら画面を描かせるると2分程度かかります。PC-8801では倍くらいはかかるでしょうか。

練習の解答

[練習9]

```
?_1+2+3+4+5+6+7+8+9+10
```

を実行します。結果は(10+1)×10/2=55になるはずで

す。

[練習10]

```
ABS(X1-X2) または ABS(X2-X1)
```

[練習11]

```
10 INPUT "X=";X
30 Y=INT(X)
40 PRINT Y
50 END
```

あるいは正の数であるというところまで考慮すると次のようになります。

```
10 INPUT "X=";X
20 IF X<=0 THEN 10
30 Y=INT(X)
40 PRINT Y
50 END
```

[練習12]

```
DEF FNA=B*Y+M*Y*Y
```

または

```
DEF FNA=B*Y+M*Y^2
```

[練習13]

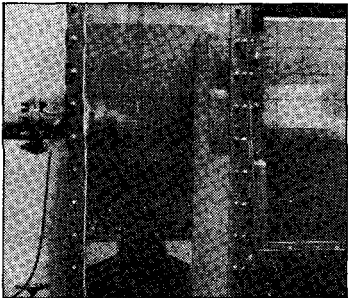
```
DEF FNV(R)=4/3*PIE*R^3
```

〔練習14〕




〔練習15〕

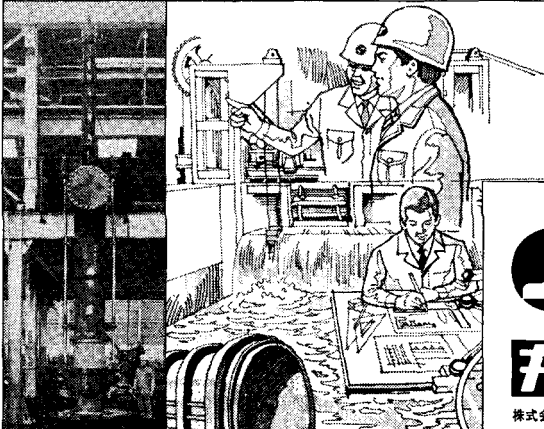
1 個



スリーフバルブの
水理実験と
実機組立




ジェット
フローゲートの
水理実験と
実機組立



確かな技術の追求

— 丸島製品に水理実験の裏打ち —

昭和33年、水理研究所を本社工場内に設立して以来、時代のニーズを先取りした独創的研究と実証的実験で、ひたすら、技術力開発を進めています。



ゲートとバルブの
リーディングメーカー

丸島水門

株式会社 丸島水門製作所

本社 大阪市生野区鶴橋1-6-15
〒544 TEL. (06)716-8001

東京支店 東京都中央区日本橋室町4-6(坂田ビル)
〒103 TEL. (03)242-1972

福岡営業所 福岡市博多区博多駅前1-10-5(第2備成ビル)
〒812 TEL. (092)472-5336

仙台営業所 仙台市1番町1-12-2(星光堂ビル)
〒980 TEL. (0222)66-5497

札幌営業所 札幌市中央区南1条西6丁目(第2三谷ビル)
〒060 TEL. (011)221-7003

奈良工場 奈良県大和郡山市丹後庄町300
〒639-11 TEL. (07435)9-2121

農業土木技術研究会役員名簿(昭和58年5月31日)

会 長	須藤良太郎	構造改善局建設部長
副 会 長	白井 清恒	東京大学教授
理 事	内藤 克美	構造改善局設計課長
〃	国廣 安彦	構造改善局水利課長
〃	末松 雄祐	構造改善局首席農業土木専門官
〃	村山 昶	関東農政局建設部長
〃	中原 通夫	農業土木試験場水工部長
〃	八木 直樹	北海道開発庁農林水産課長
〃	嘉藤章太郎	水資源開発公団第二工務部長
〃	松井 芳明	(社)農業土木事業協会専務理事
〃	牧野 俊衛	(社)土地改良建設協会専務理事
〃	渡辺 滋勝	㈱三祐コンサルタンツ専務取締役
〃	久徳 茂雄	西松建設㈱専務取締役
〃	内藤 正	大豊建設㈱副社長
〃	藤井 敏	(財)日本農業土木総合研究所常務理事
監 事	那須 丈士	関東農政局建設部設計課長
〃	岡本 勇	㈱日本農業土木コンサルタンツ代表取締役社長
常任顧問	中川 稔	構造改善局次長
〃	福沢 達一	全国農業土木技術連盟委員長
顧 問	山崎平八郎	衆議院議員
〃	梶木 又三	参議院議員
〃	岡部 三郎	〃
〃	小林 国司	〃
〃	福田 仁志	東京大学名誉教授
〃	佐々木四郎	(社)海外農業開発コンサルタンツ協会々長
〃	高月 豊一	京都大学名誉教授
〃	緒形 博之	新潟大学教授
〃	永田 正董	土地改良政治連盟耕隆会々長
参 与	秋山 光	北海道開発局農業設計課長
〃	森本 茂俊	東北農政局設計課長
〃	那須 丈士	関東農政局設計課長
〃	坂本 貞	北陸農政局設計課長
〃	遠藤 紀寛	東海農政局設計課長
〃	黒沢 正敬	近畿農政局設計課長
〃	宮本 和美	中国四国農政局設計課長
〃	古屋 修	九州農政局設計課長
〃	近藤 純男	沖縄総合事務局土地改良課長
〃	黄木 勝	北海道農業水利課長
〃	大橋 欣治	青森県土地改良第一課長
〃	熊谷 昌八	岩手県農地整備課長
〃	萩原 宗作	宮城県耕地課長

参 与	能登屋 享	秋田県農業水利課長
〃	丹野 義助	山形県耕地第一課長
〃	滝沢 豊	福島県農地建設課長
〃	川田 弘二	茨城県農地建設課長
〃	佐藤 春夫	栃木県土木改良課長
〃	久保田栄繁	群馬県耕地建設課長
〃	水村 武彦	埼玉県耕地課長
〃	鈴木 茂也	千葉県耕地第一課長
〃	繁沢 健夫	東京都農地課長
〃	岩田 修三	神奈川県農地整備課長
〃	藤森一十三	山梨県耕地課長
〃	戸津茂兵衛	長野県土地改良課長
〃	中村 秀雄	静岡県農地企画課長
〃	宮本 宏	新潟県農地建設課長
〃	森田 清三	富山県耕地課長
〃	脇坂 銃三	石川県耕地建設課長
〃	黒川 義孝	福井県耕地課長
〃	西尾 仁志	岐阜県農地計画課長
〃	鳥山 博	愛知県耕地課長
〃	岡田 和彦	三重県耕地第一課長
〃	岩本 荘太	滋賀県耕地指導課長
〃	木下 武文	京都府耕地課長
〃	藤田 敏雄	大阪府耕地課長
〃	石川洋太郎	兵庫県農地整備課長
〃	藤田 達美	奈良県耕地課長
〃	大内 章	和歌山県耕地課長
〃	河本 義永	鳥取県耕地課長
〃	大畑 温憲	島根県耕地第一課長
〃	佐守 達四	岡山県耕地課長
〃	久保 泰三	広島県耕地課長
〃	稲毛 真	山口県耕地課長
〃	岡本 芳郎	徳島県耕地課長
〃	平井 忠志	香川県土地改良課長
〃	大野 芳夫	愛媛県耕地課長
〃	尾崎 昭	高知県耕地課長
〃	小金丸重生	福岡県農地計画課長
〃	野方 良輔	佐賀県土地改良課長
〃	本村不二男	長崎県耕地課長
〃	菊岡 保人	熊本県耕地第一課長
〃	川野 宏平	大分県耕地課長
〃	坂上 富夫	宮崎県耕地課長
〃	安楽 寅男	鹿児島県農地整備課長
〃	中山 繁男	沖縄県耕地課長
支 部 長	秋山 光	北海道開発局農業設計課長
〃	森本 茂俊	東北農政局設計課長
〃	那須 丈士	関東農政局設計課長
〃	坂本 貞	北陸農政局設計課長
〃	遠藤 紀寛	東海農政局設計課長

支部長 黒沢 正敬 近畿農政局設計課長
 // 宮本 和美 中国四国農政局設計課長
 // 古屋 修 九州農政局設計課長
 // 近藤 純男 沖繩総合事務局土地改良課長
 常任幹事 末松 雄祐 構造改善局首席農業土木専門官
 編集委員 梅崎 哲哉 構造改善局事業計画課課長補佐
 常任幹事 風間 彰 // 設計課課長補佐
 編集委員 一川 保夫 // 整備課課長補佐
 // 斉藤 健 // 設計課農業土木専門官
 常任幹事 野村 利秋 全国農業土木技術連盟事務局長
 幹事 手代木 八郎 構造改善局地域計画課係長
 編集委員 // 内山 直治 // 資源課係長
 // 岩村 和平 // 事業計画課係長
 // 相沢 恒徳 // 設計課係長
 // 高橋 昭昌 // 水利課係長
 // 小林 和行 // //
 // 矢沢 滝治 構造改善局整備課係長
 // 丸山 和彦 // 開発課係長
 // 酒井 憲明 // //
 // 半田 仁 // 防災課係長
 // 滝沢 弘文 関東農政局設計課農業土木専門官
 // 吉野 秀雄 農業土木試験場施設水理第二研究室
 // 清野 修 国土庁計画調整局調整課専門調査官
 // 辰巳 隆一 水資源開発公団第二工務部副参事
 // 大山 弘 農用地開発公団工務課課長補佐
 // 小松 康人 (財)日本農業土木総合研究所主任研究員

賛助会員

㈱ 荏原製作所 3口
 ㈱ 大林組 //
 ㈱ 熊谷組 //
 佐藤工業 ㈱ //
 ㈱三祐コンサルタンツ //
 大成建設 ㈱ //
 玉野総合コンサルタント ㈱ //
 ㈱電業社機械製作所 //
 ㈱西島製作所 //
 西松建設 ㈱ //
 日本技研 ㈱ //
 ㈱日本水工コンサルタント //
 ㈱日本農業土木コンサルタンツ //
 (財)日本農業土木総合研究所 //
 ㈱ 間 組 //
 ㈱ 日立製作所 //

(16社)

㈱青木建設 2口
 安藤工業 ㈱ //
 ㈱奥村組 //
 勝村建設 ㈱ //
 株木建設 ㈱ //
 ㈱栗本鉄工所 //
 三幸建設工業 ㈱ //
 住友建設 ㈱ //
 大豊建設 ㈱ //
 ㈱竹中土木 //
 田中建設 ㈱ //
 前田建設工業 ㈱ //
 三井建設 ㈱ //

(13社)

I N A新土木研究所 1口
 アイサワ工業 ㈱ //
 青葉工業 ㈱ //
 旭コンクリート工業 ㈱ //
 旭測量設計 ㈱ //
 伊藤工業 ㈱ //
 茨城県調査測量設計研究所 //
 上田建設 ㈱ //
 梅林建設 ㈱ //
 エスケー札興産業 ㈱ //
 ㈱大本組 //
 神奈川県農業土木建設協会 //
 金光建設 ㈱ //
 技研興業 ㈱ //
 ㈱木下組 //
 岐阜県土木用ブロック工業組合 //
 久保田建設 ㈱ //
 久保田鉄工 ㈱(大阪) //
 久保田鉄工 ㈱(東京) //
 京葉重機開発 ㈱ //
 ㈱古賀組 //
 ㈱古郡工務所 //
 ㈱後藤組 //
 小林建設工業 ㈱ //
 五洋建設 ㈱ //
 佐藤企業 ㈱ //
 ㈱佐藤組 //
 佐藤興業 ㈱ //
 ㈱塩谷組 //
 (社)静岡県畑地かんがい事業協会 //
 昭栄建設 ㈱ //
 新光コンサルタント ㈱ //
 新日本コンクリート ㈱ //
 ㈱新システム企画研究所 //

須崎工業株式会社	1口	福本鉄工株式会社	1口
世紀東急工業株式会社	〃	株式会社婦中興業	〃
第一測工株式会社	〃	株式会社豊蔵組	〃
大成建設株式会社高松支店	〃	ボノリス物産株式会社	〃
大和設備工事株式会社	〃	北海道土地改良事業団体連合会	〃
高橋建設株式会社	〃	(財)北海道農業近代化コンサルタント	〃
高弥建設株式会社	〃	堀内建設株式会社	〃
株式会社田原製作所	〃	前田製管株式会社	〃
中国四国農政局土地改良技術事務所	〃	前沢工業株式会社	〃
株式会社チェリーコンサルタンツ	〃	真柄建設株式会社	〃
中央開発株式会社	〃	株式会社舛ノ内組	〃
東急建設株式会社	〃	株式会社マルイ	〃
東邦技術株式会社	〃	丸伊工業株式会社	〃
東洋測量設計株式会社	〃	丸か建設株式会社	〃
株式会社土木測器センター	〃	株式会社丸島水門製作所	〃
中川ヒューム管工業株式会社	〃	丸誠重工業株式会社東京営業所	〃
日兼特殊工業株式会社	〃	水資源開発公団	〃
日本エタニットパイプ株式会社	〃	水資源開発公団奈良俣ダム建設所	〃
日本技術開発株式会社	〃	宮本建設株式会社	〃
日本国土開発株式会社	〃	山崎ヒューム管株式会社	〃
日本大学生産工学部図書館	〃	(社)山梨県土地改良建設協会峡中支部	〃
日本プレスコンクリート工業株式会社	〃	菱和建设株式会社	〃
日本舗道株式会社	〃	菱和建设株式会社山形営業所	〃
農業試験場農地利用部	〃	若鈴コンサルタンツ株式会社	〃
農林建設株式会社	〃		(86社)
八田工業株式会社	〃		(アイウエオ順)
福井県土地改良事業団体連合会	〃	計 115社	160口
福岡県農林建設企業体 岩崎建設株式会社	〃		

地方名	通 常 会 員							地方名	通 常 会 員						
	県	農水省	公団等	学校	団 体 会 社 等	外国	合計		県	農水省	公団等	学校	団 体 会 社 等	外国	合計
北海道	181	228	8	9				近畿	滋賀	37	8	4	1		
東 北	青森 岩手 宮城 秋田 山形 福島	76	58	—	3			京都	52	60	—	8			
		90	25	7	6			大阪	38	—	2	4			
		59	79	—	5			兵庫	43	22	—	4			
		136	29	—	1			奈良	62	22	—	—			
		80	23	—	3			和歌山	51	12	—	—			
92	51	10	—			小計	283	124	6	17					
小計	533	265	17	18			中 国	鳥取	23	10	—	3			
関 東	茨城 群馬 埼玉 千葉 東京 神奈川 山梨 長野 静岡	110	52	20	3			島根	25	28	—	7			
		82	28	2	6			岡山	57	59	—	4			
		40	6	4	1			広島	53	8	—	—			
		58	14	15	2			山口	40	2	—	1			
		80	19	12	1			徳島	35	16	1	—			
		5	204	32	7			香川	29	—	2	5			
		29	—	1	2			愛媛	35	12	—	4			
		7	10	—	—			高 知	25	—	—	1			
		61	5	2	4			小計	322	135	3	25			
		97	26	—	—			九 州	福 佐	29	2	27	7		
小計	569	364	88	26			長 崎	38	15	—	2				
北 陸	新潟 富山 石川 福井	158	54	—	2			熊 本	18	3	—	—			
		72	9	—	1			大 分	77	42	3	—			
		38	69	1	3			宮 崎	50	4	2	—			
		71	11	—	—			鹿 児 島	49	17	—	3			
小計	339	143	1	6			沖 縄	65	4	—	—				
東 海	岐阜 愛知 三重	31	8	2	4			小計	327	123	32	14			
		47	78	33	1			総 計	2,668	1,493	199	122	1,114	24	5,620
		36	25	9	2			賛助会員総計	115社		口数 160口				
小計	114	111	44	7											

編 集 後 記

63——これは現在、海外に公的に長期派遣(1年以上)されている農業土木技術者の数である。169——これは57年度1年間に構改局から推薦されて海外に短期派遣された国、県の技術者(農業土木主体だが農学、農業経済等を含む)の数である。そして23——これは現在、東京で海外関係業務に従事している国の農業土木技術者のポストの数である。

農業土木技術者にとって、「海外」はもう、特殊な職場でも何でもない時代になっている。

しかし、「海外」という言葉を耳にすると、「俺には関係ないヨ。」とソッポを向いてしまう人はまだまだ大勢いる。そんな人でも、一度海外に派遣されてみると、「また行きたい」と設計課に陳情するようになるケースが多い。その理由は、彼が技術屋としての単純な「喜び」を

再発見したからなのだと推定している。国内での日常の業務では社会があまりにも多様化し、複雑化してしまっているために「物を創る喜び」が不明確になっている。

海外で活躍するためには、風俗、言葉、習慣の違い等の障害を越えなければならない。しかし、それは外から思われている程、困難な障害ではないと思っている。何故ならば外国人を100%理解することは不可能であっても、50%理解することは容易だし、それで十分であるからである。

そんな心配をするよりは、農業土木技術者としての技術をしっかり身につけている事の方が重要である。百聞は一見に如ず。どんな雄弁な演説よりは、技術を見せることの方が相手を納得させられるのである。何故ならば相手も技術屋であるのだから。

(小林 和行)

水 と 土 第 53 号

昭和58年6月30日発行

発行所 〒105 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内

農業土木技術研究会
TEL (436) 1960 振替口座 東京 8-2891

印刷所 〒161 東京都新宿区下落合2-6-22

一世印刷株式会社
TEL (952) 5651 (代表)

投 稿 規 定

- 1 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること
東京都港区新橋5-34-3 農業土木会館内、農業土木技術研究会
- 2 「投稿票」
 - ① 表 題
 - ② 本文枚数、図枚数、表枚数、写真枚数
 - ③ 氏名、勤務先、職名
 - ④ 連絡先(TEL)
 - ⑤ 別刷希望数
- 3 1回の原稿の長さは原則として図、写真、表を含め研究会原稿用紙(300字)65枚までとする。
- 4 原稿はなるべく当会規定の原稿規定用紙を用い(請求次第送付)、漢字は当用漢字、仮名づかいは現代仮名づかいを使用、術語は学会編、農業土木標準用語事典に準じられたい。数字はアラビア数字(3単位ごとに、を入れる)を使用のこと
- 5 写真、図表はヨコ7cm×タテ5cm大を300字分として計算し、それぞれ本文中のそう入個所を欄外に指定し、写真、図、表は別に添付する。(原稿中に入れない)
- 6 原図の大きさは特に制限はないが、B4判ぐらいまでが好ましい。原図はトレーサーが判断に迷わないよう、はっきりしていて、まぎらわしいところは注記をされたい。
写真は白黒を原則とする。
- 7 文字は明確に書き、とくに数式や記号などのうち、大文字と小文字、ローマ字とギリシャ文字、下ツキ、上ツキ、などで区別のまぎらわしいものは鉛筆で注記しておくこと、
たとえば
C, K, O, P, S, U, V, W, X, Z の大文字と小文字
O(オー)と0(ゼロ) a(エー)と α (アルファ)
r(アール)と γ (ガンマー) k(ケイ)と κ (カッパ)
w(ダブルユー)と ω (オメガ) x(エックス)と χ (カイ)
1(イチ)とl(エル) g(ジー)とq(キュー)
E(イー)と ϵ (イプシロン) v(ブイ)と υ (ウプシロン)
など
- 8 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと
数字は一マスに二つまでとすること
- 9 数表とそれをグラフにしたものとの併載はさけ、どちらかにすること
- 10 本文中に引用した文献は番号を付し、末尾に文献名、引用ページなどを記載すること
- 11 投稿の採否、掲載順は編集委員会に一任すること
- 12 掲載の分は稿料を呈す。
- 13 別刷は、実費を著者が負担する。