

マレーシア国

タンジョンカラン灌漑計画  
実施調査

主報告書

昭和62年6月

国際協力事業団



JICA LIBRARY



1038859[3]



マレーシア国

タンジョンカラン灌漑計画  
実施調査

主報告書

昭和62年6月

国際協力事業団

## 英文報告書一覽表

### MAIN TEXT

### ANNEXES

- Annex A Hydrology and Water Resources
- Annex B Agriculture and Agro-economy
- Annex C Water Demand and Water Balance
- Annex D Characteristics of Flow in Concrete Conduit
- Annex E Institutional Framework and Improvement Schemes in PBLs Area
- Annex F Manual for Operation and Maintenance of Tanjong Karang Irrigation Project

國際協力事業団		
受入 月日	'87. 9. 28	113
登録 No.	16723	83.3
		AFT

## 序 文

日本政府は、マレーシア政府の要請に基づき、タンジョンカラシム灌漑計画実施調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施し、昭和61年6月から10ヵ月にわたり日本工営株式会社入江邦男氏を団長とする調査団を現地には派遣した。

ここに提出された最終報告書は、調査団がマレーシア政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクトサイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て完成されたものである。

本報告書が本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ひいては、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願う次第である。

最後に、本件調査に御協力と御支持をいただいた関係者各位に対し深い感謝の意を表すものである。

昭和62年6月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔



## 伝 達 状

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔 殿

タンジョンカランかんがい計画実施調査の最終報告書を提出いたします。

マレーシア政府は、今後同国の稲作を既存の8大規模かんがい地区に集約し、生産費の安い米の増産を優先する政策を実行に移しました。これらの地区で、かんがい施設の整備が完了したタンジョンカランかんがい地区においては、水管理に関する諸問題が生活性向上の妨げとなっています。

ここに提出する報告には、水管理に関する諸問題の実態把握とその原因究明の成果、マレーシア政府の要望にそった最小の投資額で直ちに実施可能なかんがい施設改善計画案、所期の機能を発揮させるためのかんがい施設維持管理計画案とその実行に必要な組織の運営体制強化計画案を記述いたしております。

本報告書を提出するに当たり、全調査期間にわたり、多大な御支援を賜わった貴事業団、作業監理委員会、外務省、農林水産省、在マレーシア日本大使館の諸賢、ならびにマレーシア政府諸機関の関係者各位に対し、心から感謝の意を表するものであります。

本調査の成果が、マレーシアにおける今後のかんがい施設有効利用に、また、ひいては同国の発展のために、少なからず活用されるならば、これに優る光栄はないと存じる次第であります。

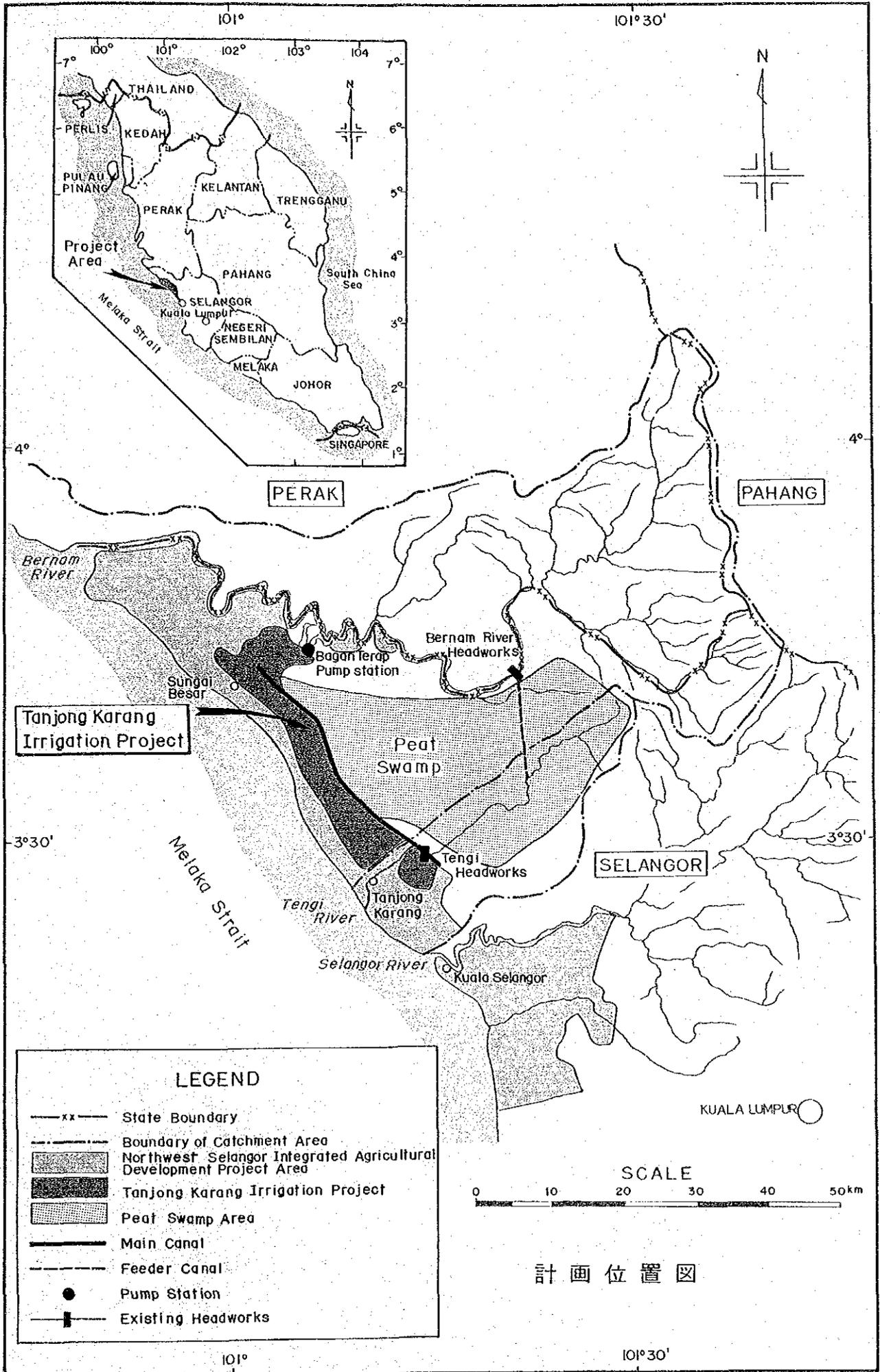
昭和62年6月

マレーシア国

タンジョンカランかんがい計画実施調査

団 長 入 江 邦 男

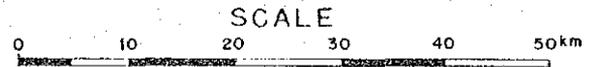




Tanjong Karang Irrigation Project

LEGEND

- xx — State Boundary
- - - - - Boundary of Catchment Area
- ▨ Northwest Selangor Integrated Agricultural Development Project Area
- ▩ Tanjong Karang Irrigation Project
- ▨ Peat Swamp Area
- Main Canal
- - - - - Feeder Canal
- Pump Station
- Existing Headworks



計画位置図



## タンジョンカラんかんがい計画実施調査

### 要 約

1. 国際協力事業団は、「タンジョンカラんかんがい計画実施調査」を、マレーシア政府が設立した技術委員会の協力のもとに実施した。調査の眼目は、計画地区の適切な水管理に関連する諸問題点の実態を把握し、水管理組織の改善を第一義に、必要最小限の費用で水管理に係る問題を解決する方法を確立することにおかれた。本地区の灌漑施設整備には、これまで十分な投資がなされており、多額の費用を要する施設改善計画は極力差し控えることとした。

2. 計画地区の水源に関する主な問題点は、ベルナム川の流量が減少したこととタンジョンカラん湿地が水源としてほとんど機能していないことである。1970年代半ばから顕著になった流域雨量減少の影響をうけ、ベルナム川の流量も近年大幅に低下している。流域内の降雨量は1961年から1973年までの13年間には年平均1,820mmであったものが、1974年から1983年までの10年間では年平均1,500mmとなり、19%も少なくなっている。

計画地区に隣接するタンジョンカラん湿地の機能について種々の観測及び検討を行った。その結果、次のような事実が判明した。すなわち、乾期には、地下水位が地表より30cm以下に下がり、その間の降雨は泥炭土層に保持されて地下水位まで浸透しない。雨期には、豪雨があれば地下水位は地表に達し、地表を水が流れるようになる。雨が降らぬ日が続くと、地下水位は1日平均11mmずつ低下し、その後に雨が降ると、地下水位は降雨量の3倍の割合で上昇する。この現象は、1日当たり11mmの地下水位減少量が3.7mmの水深に相当し、湿地林蒸発散量にはほぼ等しいことを意味している。したがって、泥炭土層からの浸出水量は雨期でも非常に限られたものとなり、タンジョンカラん湿地が計画地区の水源として機能する役割は極めて小さい。

3. 計画地区の現況初生産量は、北西セラノゴール地域総合農業開発計画（PBL S）の目標水準にまだ到達していない。計画目標の水稲完全二期作、年間収量ヘクタール当たり9.1トンに対し、過去5年間の作付率は1.77、年間収量ヘクタール当たり6.3トンにとどまっている。主な原因は、作付の遅れ、計画地区の上流部に分布している酸性有機質

土壌の低位生産性、灌漑用水供給が不安定な計画地区下流部で普及している慣行移植栽培法の低収量である。

4. 計画地区の水稲栽培方法がP B L S当初の計画からみると大きく変わり、既存の灌漑施設の改良が種々必要となってきた。近年特に直播栽培が普及し、しらかき期のピーク用水量を増加させる原因となっている。しかし、既存三次水路の設計流量は移植栽培のしらかき期ピーク用水量を前提として決定されており、近年増加したピーク用水量を満足することができない。直播栽培普及に伴って、田面を均平にする必要性が高まってきた。セランゴール州政府農業局は、水田圃場改良事業による田面均平の実施を推奨しているが、事業に着手したばかりなので、実際に補助金の交付をうけて圃場を改良した例は少ない。
5. 今回の調査で明らかにした基幹施設の構造的欠陥は、以下のとおりである。
  - ア. ベルナム頭首工の取入れ口がスクリーンの前面に堆積した塵芥物でふさがれている。
  - イ. 頭首工の現行計画取水水位9.45mmでは、設計流量毎秒28.3トンが取水できず、毎秒26.5トンにとどまる。
  - ウ. 幹線水路の現況通水能力がすべての区間で不足している。設計流量に対し、54%から69%程度の通水能力しかない。
  - エ. 幹線水路からの漏水が甚だしい。漏水総量は毎秒7.9トンに達し、現行設計流量の28%に相当する。
  - オ. バガンテラップ揚水機場は、ポンプ効率が設計値の70%にとどまり、機能低下が著しい。
  - カ. 幹線水路に設置された水位制御施設が、用水の流れを阻害している。
  - キ. 幹線水路下流区間と支線水路の一部区間の現況護岸高が計画高より15cmから50cm低く、幹線水路の計画水位を維持するには高さが十分でない。
6. 既存の三次水路に敷設されたコンクリート水路の流量特性把握のため現地試行操作と水理シミュレーション解析を行い、三次水路の構造的欠陥を以下のように明らかにした。
  - ア. 分水工のスクリーンが撤去され、また足場が付設されていないため、水草や塵芥が

大量に三次水路へ流れ込むのを防ぐことができない。

- イ、コンクリート水路の通水能力では、しろかき時のピーク用水量に対応できない。
- ウ、コンクリート水路の継ぎ目から漏水が認められる。
- エ、各圃場への分水パイプが所定の位置に取付けられていないものもあり、三次水路から各圃場への均等配水の妨げとなっている。
- オ、灌漑期間終了後も、コンクリート水路内に水が残り、水路の清掃作業を困難にしている。また、水路のチェックゲートのほとんどが取り外されていたり、損傷をうけており、正しく作動しないものが少なからずある。チェックゲート間の駆板も大部分が紛失している。
- カ、旧排水路に水位調節施設が設置されていないため、排水路の水位調節を困難にしている。
- キ、計画地区の圃場の半数には、既存道路からの進入路が設けられていない。このため、農業機械がひとつの圃場から隣接圃場へ移動する時に、畦畔を壊す。

7. 水管理組織上の問題点を列挙すると、次のようになる。

- ア、上級管理職員の定数、格付が十分であるとはいえない。
- イ、計画地区の灌漑施設全般にわたる水管理を統括すべき上級管理職員が専任されていない。このため、日常の運営・維持管理業務の実施に当たり、統括・調整が十分に行われているとはいえない。
- ウ、D I Dタンジョンカラン及びスンガイブッサー各事務所配属の農業土木専門官は、いずれもP B L S地域の灌漑部門と排水部門の両方を管轄している。このため、どちらの部門の業務にも専念できない。
- エ、灌漑地区全域の通常の水管理業務は首席灌漑管理官が行うことになっているが、人事・財務に係る権限はもっていない。
- オ、首席灌漑管理官と上記2名の農業土木専門官それぞれの職務権限範囲には、明確な区分がない。
- カ、計画地区では、2名の次席灌漑管理官とその直属灌漑職員がそれぞれ4灌漑区ずつ水管理業務を分担することになっている。しかし、現在1名が欠員となっており、首席灌漑管理官が兼務している。このため、灌漑地区全般の管理業務実施が後手に回り

がちである。

- キ、基幹施設の運用・維持管理は、ベルナム頭首工を除き、各灌漑区担当の灌漑管理官の任務となっているが、これらの職員間で業務調整が十分に行われていない。
- ク、三次水路の水管理は、灌漑管理官の経験に依存して行われているが、ここでも全体的な調整と統括が十分ではない。
- ケ、基幹施設の運用・維持管理に重点がおかれ、現行の職員定数では三次水路担当者が不足するため、維持管理が不十分になる。

8. 基幹施設の現況水管理上の問題点を整理すると以下ようになる。

- ア、計画地区で深刻な干ばつ状態が生じて、ベルナム頭首工の土砂吐用水門から最低毎秒 6.2トンが下流へ放流されている。
- イ、ベルナム頭首工の取り入れ口は、河川流量を最大限に取水するため、ほぼ常時水門が開けられている。このため、ベルナム頭首工とティンギ川を結ぶティンギ導水路への土砂の流入が甚だしく、堆砂問題を引き起こしている。
- ウ、幹線水路の水位変動による背水効果がティンギ頭首工を経てティンギ川上流まで到達しているため、上流の導水路の水位と下流の幹線水路の水位は無関係に変動する。したがって、導水路及び幹線水路での流量観測は実用上あまり意味がない。
- エ、幹線水路の水位は個々の区間で個別に変動するので、計画水位の維持ができない。

9. 配水路網の現況水管理上の問題点を整理すると以下ようになる。

- ア、しろかき期を除く灌漑期間中は1日12時間通水を行うことになっているが、これは実際的でなく、事実上実施されていない。
- イ、分水工の取水量調整には長時間を要し、正確な流量制御が難しい。
- ウ、チェックゲートが水槽内に溜まった土砂のため規定どおりに下げられず、コンクリート水路の上流水位が過剰に堰上げられる。このため、上流側圃場への分水量は下流側に比べ40%も多くなる。
- エ、チェックゲートを撤去すると、上流側圃場への分水量は下流側圃場の約半分になる。
- オ、コンクリート水路の底に堆積した土砂や塵芥の影響で、現況通水能力はさらに小さくなっている。

10. 計画地区の農業は、今後、最小の労力と生産費で最大の生産をあげ得る経済合理性が要求され、そのためには、水稻の灌漑二期作の完全実施が欠かせぬ手段となる。

水稻栽培に不適な酸性有機質土壌が分布している水田のうち、450ヘクタールを新たに樹園地として地目転換し、灌漑対象地区から除外することとした。計画地区総面積は、拡張地区を含め20,400ヘクタールとする。このうち、灌漑面積は18,980ヘクタールで、作目別内訳は水稻18,320ヘクタール、野菜660ヘクタールとなる。残り1,420ヘクタールは樹園地、村落、水路・道路敷に振り当てる。

省力化と生産費節減の利点に着目し、直播栽培を全面的に導入する。乾期作には乾田直播栽培法を、雨期作には湿田直播栽培法を導入する。

計画地区の気象水文条件と農作業条件、具体的には水源河川流量の有効利用、月別降雨量の分布状況、耕種法、水稻生育期間、収穫時期、害虫の発生時期を考慮して作付計画を策定した。

11. 灌漑計画は、作付計画との整合性を考慮の上、策定した。計画地区を三つの灌漑地区に分け、各灌漑地区の個々の農作業実施に要する期間並びに各灌漑地区間の作期のずれをそれぞれ30日と設定した。第1灌漑地区の用水供給開始時期を乾期作2月21日、雨期作8月11日に固定した。第2灌漑地区では1ヶ月後、第3灌漑地区では60日後に用水供給を開始する。収穫の25日前に灌漑用水の供給を停止する。

直播栽培の導入により、しろかき期の用水量は従来よりも増加する。コンクリート水路の現況通水能力では、この用水量を補給できない。水路を拡幅する代りに、輪番灌漑方式を導入して、これに対応する。各三次水路掛りの灌漑面積を既存の地区内横断道路で3等分する。しろかき用水の供給は上流側ローテーションブロックから順次10日間ずつずらして開始し、30日間で終了する。通常灌漑期間中も24時間通水とする。しろかき期間中はサイフォンの使用を認めることとする。

12. ベルナム川に水源を依存する水需要は、計画地区の灌漑用水と、地元向けの水道・工業用水がある。灌漑対象作目は水稻と野菜とし、三次水路の灌漑効率を稲作の場合75%、畑作の場合52%と設定した。幹線水路の灌漑効率は、水管理方法の改善効果を見込んで90%とした。上工水は将来の需要増を見込んで日量27,300m<sup>3</sup>と見積もった。ピーク時の

設計流量は毎秒30.6トンとなり、これをベルナム頭首工から取水する。

13. 水収支解析は、土地利用計画、作付計画、水管理計画を与件として行った。ベルナム頭首工の土砂吐用水門から下流への放流量が、各与件のうちで水収支に最も大きく影響しており、三つの比較案を想定して水収支解析を実施した。また、乾期の水収支が灌漑計画を左右するため、タンジョンカラン湿地からの流出は無視した。ベルナム川の流域雨量と流量の最近の減少傾向を考慮し、1975年から1984年までの10年間を解析対象期間とした。灌漑用水供給の信頼度を80%、すなわち5年に1回渇水の発生を想定した。
14. 水収支解析の結果を踏まえ、現行灌漑計画として、実現性と経済性の最も高い代替案を策定した。計画地区全域の灌漑用水全量をベルナム頭首工で取水し、バガンテラップ揚水機場は水不足時にのみ使用することとした。これに伴い、バガンテラップ揚水機場掛りの水田1,520ヘクタールを幹線水路掛りに変更する。
15. 既存施設の構造的欠陥を、提案した水利用計画に合致させるように改善するため、以下の施設改善計画を策定した。
  - (1) ベルナム頭首工
    - ア. ラジアルゲート天端高の変更
    - イ. 取水用水門操作の電動化
    - ウ. スクリーンの付替え及び足場の建設
  - (2) 幹線水路
    - ア. 水路断面の拡幅
    - イ. 水位制御施設の新設
    - ウ. 既設水位制御施設の改修
    - エ. 漏水箇所の止水
  - (3) 支線水路
    - ア. 支線水路 d-d ラインの新設
    - イ. 支線水路 c-c ライン天端の嵩上げ

(4) 三次水路

ア. コンクリート水路の敷設（サワセンバダン灌漑区，スンガイニッパ灌漑区，パンチャンベディナ拡張地区）

イ. 分水工スクリーンの設置

ウ. チェックゲート及び堰板の改修

エ. 分水パイプの改修

(5) 排水路

ア. 排水調節水門の設置

イ. 橋梁の建設

(6) 農道の建設

(7) 通信網の別設

16. 水管理計画の策定に当たり，灌漑計画の遵守，維持管理の重要性，ベルナム川河川流量の有効利用，水不足時に取るべき対策，監視対象項目を基本方針とした。

幹線水路に新設する水位制御施設に自動開閉水門を設け，幹線水路上流側の計画水位を自動的に維持する。ベルナム頭首工の操作はパンチャンベディナ灌漑区の支線水路 c-c ラインの水位が計画水位となるように操作する。ベルナム頭首工の土砂吐用水門は，常時解放しておくが，水不足時には下流への放流量が毎秒1.5トンとなるように操作する。

三次水路の通水能力に対応するため，しろかき灌漑期に輪番灌漑を導入し，かつサイフォンの使用を認める。通常灌漑期には，24時間連続通水を行い，チェックゲートと堰板を所定の高さに調整し，三次水路の水位を計画水位に維持し，各圃場への均等配水を確保する。

17. 現行組織構造上及び職員間の職務配分上の問題点を是正することを目的とし，水管理組織の改善計画を策定した。灌漑部門担当の統括責任者として上級職農業土木専門官1名，新設する基幹施設維持管理室担当の普通職農業土木専門官1名，灌漑区担当の灌漑管理官2名をそれぞれ増員し，現在欠員の次席灌漑管理官1名を補充する。排水部門での増員を含め，P B L S 地域へ配属される D I D の上級管理職の定員は現行の6名から

12名に増枠する。基幹施設維持管理室には、ベルナム頭首工、ティンギ導水路、幹線水路、水位制御施設、余水吐の運用、維持管理業務を集中させるとともに幹線水路の計画水位維持のために水位観測とそれに基づく水位制御業務も担当させる。灌漑部門担当統括責任者は、配下の基幹施設維持管理室担当の農業土木専門官、全灌漑区担当の農業土木専門官、首席灌漑管理官の4名は、全灌漑職員を統括し、適切な業務遂行の責務を負う。

18. 基幹施設及び配水路網それぞれにつき観測計画を策定した。前者は基幹施設維持管理室が実施、後者は各灌漑区担当の灌漑管理官が実施する。

水管理に係る問題へ迅速に対応し、適切な圃場水管理を推進するため、各三次水路での水利用状況の断続観測が欠かせない。三次水路の水位は各灌漑区ごとに灌漑管理官が観測、記録することとする。灌漑計画を遵守するために、水管理に関連する農作業の進捗状況を調査し、水管理に係る問題が発生している場所を的確に把握することが大切である。農作業については、その進捗状況を毎週調査することとする。

19. 現在D I Dが計画地区で実施中の水管理普及パイロット事業を活用し、三次水路から各圃場への均等かつ十分な灌漑用水補給を目的とし、水管理手法確立試行実験を行う。調査研究の目標は次のとおりである。

ア. 適切な水管理の阻害要因の摘出

イ. 施設の構造上の欠陥の把握

ウ. 緊急に必要な改善作業の把握

エ. しろかき期及び通常期灌漑実施に当たっての施設操作保守作業方法の確定

オ. 確立した水管理手法の普及手段の検討

調査研究成果は計画地区の灌漑担当職員全員に周知させる。施設の構造上の欠陥はその都度P B L S事業所が是正する。三次水路の清掃作業には受益農民の参加を働きかける。

20. 提案した水管理計画を実現するために、1987年から3年以内に、以下の対策を適切に実施することが肝要である。

- ア. 施設改善計画
- イ. 施設維持管理用機材の調達
- ウ. 組織・制度の改善
- エ. 専用通信網の新設
- オ. 三次水路の水管理手法確立のための試行実験実施
- カ. 水管理手法の普及
- キ. 訓練計画
- ク. フォローアッププログラム

21. 提案した施設改善計画に要する事業費は2,700万マレイシアドルである。その内訳は施設改善費として2,500万マレイシアドル、維持管理用機材調達費として200万マレイシアドルとなる。年間の維持管理経費はD I D職員の給与を除き250万マレイシアドルである。

22. 事業の直接効果は水稲生産量の増加である。完全二期作の達成により、作付率は現況の1.77が2.0となる。ヘクタール当たり収量は雨期作が4.4トン、乾期作が4.7トンに増加する。計画地区の産米量は現況の99,600トンから167,000トンに増加する。本計画の実施により、マレイシアの穀倉地帯のひとつである計画地区の米生産を安定した高い水準に保つことが可能となり、ひいては国の目標食糧自給率維持に大きく寄与する。



# 目 次

	頁
要 約 .....	S - 1
第1章 序 言 .....	1
1.1 はじめに .....	1
1.2 調査範囲 .....	1
1.3 調査工程 .....	1
1.4 謝 辞 .....	2
第2章 背 景 .....	3
2.1 農業政策 .....	3
2.2 計画の経緯 .....	3
2.3 計画の必要性 .....	4
第3章 計画地区の現状 .....	5
3.1 自然条件 .....	5
3.1.1 位置及び地形 .....	5
3.1.2 気 候 .....	5
3.1.3 水 源 .....	6
3.1.4 ベルナム頭首工地点における洪水流量 .....	7
3.1.5 水 質 .....	7
3.1.6 土 壌 .....	9
3.1.7 土地利用 .....	9
3.2 既存施設 .....	10
3.2.1 灌漑施設 .....	10
3.2.2 排水施設 .....	11
3.2.3 農 道 .....	12
3.3 水管理の現況 .....	12
3.3.1 灌漑計画 .....	12

3.3.2	基幹施設の運用	13
3.3.3	配水路網の運用	15
3.3.4	排水路網の運用	16
3.4	施設の維持管理	16
3.4.1	維持管理の現況	16
3.4.2	維持管理費	18
3.4.3	維持管理用機械	18
3.4.4	通信網	19
3.5	農業及び農業経済	19
3.5.1	社会的背景	19
3.5.2	水稲栽培	20
3.5.3	作物収支	23
3.5.4	農家経済	24
3.6	農業振興組織・制度	25
3.6.1	組織の概要	25
3.6.2	水稲耕作地域における農業普及活動	26
3.6.3	農民組合	27
3.7	水管理組織	29
3.7.1	D I D運営・維持管理要員	29
3.7.2	灌漑用水の供給手順	31
第4章	適切な水管理に関連する諸問題	32
4.1	水源	32
4.1.1	ベトナム川流出量の減少	32
4.1.2	タンジニョカラシ湿地の機能	32
4.2	水稲生産	35
4.2.1	水稲の低生産性	35
4.2.2	栽培方法の変化	35
4.2.3	農作業の機械化	36

4.3	施設の構造上の欠陥	36
4.3.1	ベルナム頭首工	36
4.3.2	幹線水路	37
4.3.3	バガンテラップ揚水機場	39
4.3.4	三次水路	40
4.3.5	排水網	43
4.3.6	農道	44
4.4	水管理	44
4.4.1	ベルナム頭首工	44
4.4.2	導水路及びティンギ川	46
4.4.3	幹線水路	48
4.4.4	三次水路	49
4.4.5	水管理規準書	52
4.4.6	組織・制度上の問題点	54
第5章	計画	58
5.1	農業開発計画	58
5.1.1	土地利用計画	58
5.1.2	耕種計画	58
5.1.3	作付計画	61
5.2	灌漑計画及び用水量	62
5.2.1	灌漑計画	62
5.2.2	純灌漑用水量	63
5.2.3	灌漑用水量	65
5.2.4	上・工業用水	66
5.2.5	将来の水需要	67
5.3	水収支解析	67
5.3.1	方法	67
5.3.2	計算結果	69

5.4	施設改修計画	70
5.4.1	ベルナム頭首工	70
5.4.2	幹線水路	71
5.4.3	幹線水路の延長	75
5.4.4	三次水路網	77
5.4.5	排水施設	78
5.4.6	農道	79
5.5	水管理計画	79
5.5.1	水管理計画の基本方針	79
5.5.2	基幹施設の操作	80
5.5.3	三次水路網の操作	81
5.5.4	基幹施設の観測計画	82
5.5.5	三次水路網の観測計画	84
5.5.6	水不足時に取るべき対策	85
5.6	水管理行動計画	86
5.6.1	運営・維持管理組織の強化	86
5.6.2	水管理の普及	91
5.6.3	訓練計画	96
第6章	実施計画	97
6.1	施設改善計画	97
6.2	維持管理用建設機械の購入	98
6.3	組織・制度の改善	98
6.4	観測システムの確立	99
6.5	水管理普及パイロット事業の実施	99
6.6	水管理技術の普及	100
6.7	訓練計画	100
6.8	フォローアップ・プログラム	101

第7章 費用及び便益 .....	103
7.1 事業費 .....	103
7.2 事業便益 .....	103
7.2.1 水稲生産量の増加 .....	103
7.2.2 水稲栽培の生産性の向上 .....	104
7.2.3 農家経済の向上 .....	104

APPENDIX A SCOPE OF WORK FOR THE STUDY

APPENDIX B THE STUDY ORGANIZATION

## 添付表一覧表

1. 水質分析成績
2. バガンテラップ地点における電気伝導度測定値
3. 浮遊土砂量分析成績
4. 計画地区土地利用現況
5. 末端排水位調節水門の仕様
6. 分土工管理現況
7. P B L S 地域灌漑排水施設維持管理経費
8. 計画地区直接栽培法普及状況
9. 計画地区水稲収量の推移
10. 計画地区第一期作水稲栽培の収支分析
11. 計画地区第二期作水稲栽培の収支分析
12. セランゴール州農業局農業普及担当職員配置現況
13. セランゴール州 D I D 灌漑部門組織及び職員配置現況
14. 降雨時のタンジョンカラン湿地帯地下水位変動状況
15. 無降雨時のタンジョンカラン湿地帯地下水位低下状況
16. 計画地区における農業機械所要台数現況
17. 漏水量測定成績
18. 三次水路チェックゲート管理現況
19. 三次水路チェックゲート閉門時の天端高及び水路低高
20. 導水路起点とティンギ頭首工上流地点の流量記録対比
21. ティンギ頭首工上流地点の推定流量
22. 将来土地利用計画
23. 乾田直接栽培の計画耕種法
24. 湿田直接栽培の計画耕種法
25. 農業生産資材及び労働力所要見積
26. 計画灌漑面積
27. 状・工水需要現況と予測

28. 幹線水路流量変化と水位変動の対比
29. 水管理改善計画実施工程
30. 水管理改善計画事業費
31. 水管理改善計画運営・維持管理経費
32. 乾期作水稲栽培の収支分析
33. 雨期作水稲栽培の収支分析
34. 農家経営収支分析

## 添付図一覧表

1. 計画地区位置図
2. 月別降雨量分布図
3. ベルナム川流域等雨量線図
4. 計画地区気象状況
5. SKC橋測水所とベルナム頭首工地点の流量対比
6. 年濁水流量の発生確率
7. バガンテラップ揚水機場地点における河川水位と電気伝導度測定値の対比
8. バガンテラップ揚水機場地点とベルナム頭首工間の河川水電気伝導度測定値
9. SKC橋測水所地点における流量と浮遊土砂量の対比
10. 計画地区土壌図
11. 計画地区現況土地利用図
12. 既存灌漑施設位置図
13. 三次水路標準配置図
14. 分水工基準構造図
15. 三次水路水位調査施設基準構造図
16. 計画地区排水路網現況図
17. 現行灌漑地区位置図
18. ベルナム頭首工操作実績
19. 幹線水路日水位変動記録
20. ハジドラニ排水路水位記録
21. 現行灌漑計画と作付実績の対比
22. DIDクアラセランゴール地方事務所組織図
23. ベルナム川流域における降雨量と流出量の経年変化
24. スマトラ島トバ湖への純流入量経年変化
25. タンジョンカラン湿地における降雨量と地下水位観測記録
26. タンジョンカラン湿地浸出水とベルナム川河川水の混合比率とpH測定値の対比
27. ベルナム頭首工上流測水位と取水量の対比

28. ティンギ頭首工直下流地点における幹線水路の水位と流量の対比
29. 幹線水路通水能力現況
30. 幹線水路漏水箇所位置図
31. バガンテラップ揚水機場ポンプ効率
32. 分水パイプ放流量測定記録
33. 分水パイプ取付位置測定記録
34. 常習湛水地区位置図
35. P B L S 完成前と完成後の農道標準配置図
36. ティンギ導水路及びティンギ川縦断図
37. ティンギ導水路及びティンギ川の流況モデル
38. ティンギ導水路及びティンギ川の流量特性
39. 1985年の幹線水路水位記録
40. 三次水路 T A P B 2 a における設計流量通水時の流量特性
41. 三次水路 T A P B 2 a における設計流量半量時の流量通水時特性
42. 栽培方式別圃場内水管理法
43. 計画作付体系
44. 灌漑計画
45. ローテーションブロック位置図
46. 幹線水路用水配分計画図
47. 計画用水量系統図
48. ベルナム頭首工施設改善計画
49. 幹線水路標準横断図
50. 幹線水路計画縦断図
51. 幹線水路流量変化と水位変動の対比
52. 新設幹線水路計画水位制御施設構造図
53. 幹線水路既設水位制御施設改善計画図
54. 計画地区内既存給水網
55. 幹線水路延長代替案路線図
56. 幹線水路延長路線標準断面及び計画縦断図

57. 分水工改修計画図
58. 三次水路水位調節施設改善計画図
59. 既存排水施設改修計画図
60. 増設農道位置図
61. 増設農道標準配置及び断面図
62. ベルナム頭首工上流側水位と導水路起点水位の相関関係図
63. 無線施設設置計画図
64. 計画地区灌漑部門現行組織図
65. 計画地区灌漑部門改善組織図

# 第1章 序 言

## 1.1 はじめに

本報告書は、マレーシア国、タンジョンカラン灌漑計画地区の適切な水管理に関連する諸問題を明らかにし、本地区を安定した米の生産基地として発展させるための解決策を検討し、その結果を取りまとめたものである。

## 1.2 調査の範囲

マレーシア政府の要請に基づき、国際協力事業団は、1986年3月に事前調査団を派遣し、「タンジョンカランかんがい計画実施調査」に係る実施協定書を総理府経済企画庁（EPU）との間に締結した。本実施調査の目的は、上記協定書に述べられているとおり、適切な水管理に関連する諸問題を整理・分析し、組織・制度も勘案した経済的かつ実施可能な解決案を策定することにある。

実施協定書は APPENDIX A として巻末に添付した。

## 1.3 調査の工程

国際協力事業団は、入江邦男を団長とする調査団を1986年6月初めから現地に派遣し、本格調査を開始するとともに、作業管理委員会を発足させ、調査の円滑な実施を期した。マレーシア政府は、農業省排水灌漑局（DID）クアラセランゴール地方事務所の Tan Jiak Kim 所長を主任カウンターパートに任命し、さらに Cheong Chup Lim 排水灌漑局次長を議長とする技術委員会を発足させ、調査実施の協力体制を整えた。本実施調査に係った日本・マレーシア両国の委員会の委員及び調査団の専門家を APPENDIX B に掲載した。

実施調査は二段階に分け、第一次調査を1986年6月から10月まで、これに引続き第二次調査を1986年11月から1987年3月まで行った。

第一次調査開始に当たって、作業工程計画をインセプションレポートとして取りまとめ、マレーシア政府へ提出した。その内容につき、DID及びEPUと協議し、双方合意に達した。これを踏まえて3ヶ月間にわたる第一次現地調査を実施した。現地調査終了とともにプログレスレポートを作成・提出し、引き続き国内解析作業を行った。第一次調査の結

果を取りまとめたプレフィージビリティレポートを作成し、1986年10月にマレーシア政府に提出した。

プレフィージビリティレポートで提案された水源問題解決のための比較案につき、マレーシア政府と協議し、その結果を基に第二次調査の実施方針を決定した。1986年11月初めより2ヶ月半にわたり第二次現地調査を行い、資料の補足及び整理を実施した。これらの結果を踏まえ、適切な水管理に関する諸問題の解決策の概要をインテリムレポートに取りまとめ、1987年1月にマレーシア政府へ提出し、第二次現地調査を終了した。その後、1987年3月まで国内解析作業を行い、問題解決策を具体化し、その実施方法を検討した。これらの成果をドラフト・ファイナル・レポートとして取りまとめ、マレーシア政府に提出した。1987年3月中旬、現地において開催されたEPU、DID、作業監理委員会、調査団の合同会議で、ドラフト・ファイナル・レポートの内容を検討した。調査団は、マレーシア政府のコメントを踏まえて最終報告書を作成し、1987年6月国際協力事業団に提出した。

本最終報告書は、英文主報告書、英文付属報告書、和文報告書よりなる。

#### 1.4 謝 辞

調査団は、本実施調査を行うに当たり、マレーシア政府関係諸機関の政策と見解に留意し、斉合性をとることを特に重要視した。調査期間全般にわたり、資料・情報の提供、会議への参加と助言、その他の便宜供与を通じ、調査実施に多大な貢献を果たしたマレーシア連邦政府及びセラナゴール州政府の関係者各位に対し、調査団の深甚なる謝意をここに記す。

また、外務省、農林水産省、在マレーシア日本大使館、国際協力事業団マレーシア事務所より頂いた本実施調査に対する有益な助言、御支援、御協力に対し厚く御礼申し上げる次第である。本実施調査の成果は、両国政府関係者、諸官及び調査団が一丸となって真の協力を遂げた結果生まれたものである。この協力の成果が本計画の実施、ひいてはクアンジョラン地区の住民の生活水準向上に寄与することを念願する。

## 第2章 背景

### 2.1 農業政策

マレーシア政府は、1984年国家農業政策大綱を公表した。大綱は、国内の土地・水資源を有効に利用し、農業生産性を高めて農業部門の再活性化を促し、国の経済成長に一層貢献することを目標としている。マレーシア国民の主食である米の自給率を、西暦2000年において80%ないし85%に保つため、米の増産を図り、これに必要な灌漑排水施設の整備水準向上、高収量品種の普及、栽培技術の改良推進を重点対策に掲げている。

第5次5ヶ年計画（1986-90年）において、マレーシア政府は経済事情の変化に対応し、補助金制度を含む米作への政策介入の合理化を決定した。また、経済性の高い米の産出量を増大するため、灌漑排水基幹施設の整備が完了あるいは進行中の8地区の大規模米作地帯に将来の米作を集約することとした。ムダ、クムブ、北西セラシゴール、クリアン・スンガイマニク、ペラ、ケマシン・セマラク、プライの8地区合計約218,000ヘクタールからの産米量は、現在の国内需要量の55%ないし60%に相当している。

このような背景から、これら8大穀倉地帯において、灌漑施設を増強かつ効率的に利用し、水管理の合理化を推進するために、要員の確保と技術力の向上がD I Dの急務となっている。

### 2.2 計画の経緯

D I Dは1936年タンジョンカララン地区の開発に着手し、原生林の開墾、ティンギ頭首工及び延長40kmの幹線水路建設を実施した。さらに、米の二期作を実現するため、1957年ベルナム川に頭首工を新設し、これとティンギ川を結ぶ延長15kmの導水路を泥炭湿地に開さくした。1962年には、地区末端の水不足解消を目的とし、ベルナム川下流にバガンテラップ揚水機場を建設した。続いて1964年には、ベルナム頭首工の改築工事を完了した。

これら一連の施設の運用開始後、さまざまな欠陥が顕在化した。幹線水路では、特定区間で通水容量の不足を生じ、末端水路では、その間隔が大きいかつ2,400 mもの田越し灌漑を行うため、湛水に時間がかかり過ぎて田植の遅延を生じ、圃場では、随所に凹地があつて、必要以上の田面水深や用水及び肥料の無効利用を生じていた。その結果、水稻の栽培期間が長引き、地区内の大部分が年一作にとどまっていた。

このような事態は、経常予算に計上された施設維持管理経費で実施するその場しのぎ的工事では一向に改善できず、政府はタンジョンカラン地区における米の二期作を安定化することを目的とし、世界銀行から借款を得て北西セランゴール地域総合農業開発計画事業（P B L S）の実施に踏み切った。この事業は1978年に着手し、1985年に完成した。P B L Sの完成に伴い、末端灌漑水路密度が増大し、圃場一筆ごとに末端水路と直結した水口が整備された。これを踏まえ、米二期作実施のために、年間灌漑計画を固定化することが決められた。

### 2.3 計画の必要性

P B L Sの完成後も、用水の適正な配分が実現できず、地区全体で水不足が頻発している。作付の遅延も慢性化し、P B L Sの目標収量を達成できず、最近では減収傾向が生じてきた。D I Dはタンジョンカラン地区の適切な水管理に関連する諸問題を明らかにし、その早急な解決策の樹立を迫られている。これらの問題点を解明し、解決策を策定するために、日本・マレーシア両国政府はタンジョンカラン灌漑計画実施調査を行うことに合意した。

## 第3章 計画地区の現状

### 3.1 自然条件

#### 3.1.1 位置及び地形

計画地区は、セランゴール州北西部の海岸地帯にひろがる幅約5km、長さ約40km、広さ約20,000ヘクタールの低平地である。その地形勾配は1:2,000から1:6,000、海岸に向ってわずかに傾斜している。計画地区の水源は、セランゴール州とペラ州の境界を北西に流れているベルナム川である。計画地区は、クアラセランゴール及びサバベルナムの両郡にまたがり、さらに8つの灌漑区に細分されている。図1に示すように、これらの灌漑区は幹線水路に平行して位置し、その名称は上流側よりサワセンバダン、スンガイブロン、セキンチャン、スンガイレマン、パッシールパンジャン、スンガイニッパ、パンチャンベディナ、バガンテラップとなっている。

タンジョンカラシ湿地帯は幹線水路東側にひろがり、ベルナム川が北端を形成している。ティンギ川がこの湿地帯を南に貫流している。地形はところどころ小さな起伏があるが、全体的に約1:2,000の極く緩い勾配で東側に傾斜している。湿地帯は大部分が原生林で、総面積は720平方キロあり、そのうち250平方キロが幹線水路の、230平方キロが導水路及びティンギ川の、残り240平方キロがベルナム川の各流域に含まれている。

#### 3.1.2 気 候

##### (1) 降雨量

計画地区は熱帯湿潤気候帯に属し、年2回の雨期がある。年平均降雨量は、計画地区では1,800mmであるが、後背山地に入るにしたがい増加し、ベルナム川最上流域では、3,000mmとなる。

5月から9月にかけてインド洋からの南西モンスーン、10月から4月にかけて南シナ海からの北東モンスーンの影響を受ける。降雨の最盛期は4月から5月と10月から11月の2回、最乾期は2月から3月と6月から7月のそれぞれ2回ずつある。図2の月別降雨量分布にも明らかなように、1月から8月にかけて雨の降り方が極めて不安定であり、この期間の稲作には補給灌漑が欠かせない。

1961年から1983年までの23年間の雨量記録を基に等雨量線図を作成し、D I Dが1950

年から1975年までの26年間の雨量記録を基に作成した等雨量線図と比較した。その結果は図3に示してあるが、近年になって雨量は年間約200mm減少している。

(2) その他の気象要因

平均気温は28℃と年中ほぼ一定しており、日気温較差は約8℃である。年平均相対湿度は77%である。日平均日照時間は、6.2時間、年平均風速は毎秒1mで、年間を通して弱い。また、蒸発散量は年間約1,850mmである。図4に示すように、計画地区の気象条件には、稲作に悪影響を与えるものはない。

3.1.3 水 源

灌漑用水の水源はベルナム川であり、河口より約130km上流のベルナム頭首工と、河口より62km上流のバガンテラップ揚水機場から取水している。流域面積は、頭首工地点において1,260平方キロ、揚水機場地点において、1,960平方キロである。

(1) ベルナム頭首工地点の流出量

信頼性の高い流量資料として、ベルナム頭首工より17km上流地点のSKC橋測水所の流量観測記録を用いた。頭首工及びSKC橋両測水所地点の流量の相関を吟味した結果は図5に示すとおりである。ベルナム頭首工地点の利用可能水量はSKC橋地点の流量を1.1倍して求めた。頭首工地点における過去10年間の月平均流量は以下のとおりである。

(トン/秒)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
33.4	30.5	33.8	46.3	49.6	37.6	32.7
8月	9月	10月	11月	12月	年平均	
26.3	42.1	60.8	72.7	61.4	43.9	

この表で明らかなように、流量は年2回変動し、5月と11月に最大、2月と8月に最小となる。

年濁水流量の発生頻度を1961年から1984年までの24年間の記録を用いて検討した。その結果は図6に示してあるが、概要は以下のとおりである。

再帰年 (年)	可能濁水流量 (トン/秒)
2	24
5	16
10	12
20	11
30	9

## (2) 残流域よりの流出量

1986年9月、バガンテラップ揚水機場から12km上流地点において、右岸側からベルナム川に合流する支流の流入量を2回実測した。この実測結果を基に、ベルナム頭首工とバガンテラップ揚水場間の流域700km<sup>2</sup>からの基底流出量を毎秒約2.0トンと算定した。

### 3.1.4 ベルナム頭首工地点における洪水流量

S K C橋測水所地点における確率洪水流量を流量資料とガンベルの式を用いて算出し、これをクリーガーの式を用いてベルナム頭首工地点における確率洪水流量に換算した。その結果は以下のとおりである。

確率年 (年)	確率洪水量 (トン/秒)
20	560
50	720
100	800

### 3.1.5 水 質

幹線水路、排水路及びタンジョンカラン湿地から試料を採水し、D I Dアンパン試験場で水質試験を行った。試験の結果は表1に示すとおりである。

#### (1) p H値

試験結果によれば、幹線水路及び排水路の水のp H値は5.8から6.3、湿地の水のp H値は3.8である。後者のような極強酸性水は水稻の生育に悪影響を与えるが、計画地区

では灌漑用水として直接水田に供給されることはなく、ベルナム頭首工からの導水で稀釈されており、灌漑用水として利用することには支障ないと判断される。

## (2) 電気伝導度

パンチャンベディナ灌漑区の幹線水路及び排水路から採水した試料の電気伝導度測定値は、それぞれ35マイクロモー及び205マイクロモーであった。一方、ベルナム川での測定結果は、バガンテラップ揚水機場地点から上流にいくほど減少しており、河口より112km地点では64マイクロモーであった。揚水機場地点では、海水遡上の影響を受けており、図7に示すように干潮時の実測値は1,000マイクロモー、満潮時の実測値は3,000マイクロモーを示した。図8には、バガンテラップ揚水機場とベルナム頭首工間における河川水の電気伝導度測定値を示してある。

ベルナム頭首工からの放流水の影響を知るため、1986年の乾期の間、バガンテラップ揚水機場地点で電気伝導度の継続観測を実施した。その結果は表2に示すとおりであるが、ベルナム頭首工の土砂吐用水門を締めたところ、揚水機場地点の電気伝導度測定値は2,200マイクロモーから4,000マイクロモーへ上昇した。したがって、ベルナム川下流の水質維持の見地に立てば、ベルナム頭首工の土砂吐用水門を完全に閉鎖することは好ましくない。

通常、灌漑用水の電気伝導度は、2,000マイクロモー以下であれば水稻の生育に害を及ぼさないが、3,400マイクロモー程度になると25%程度の減収被害を生ずることが知られている。バガンテラップ揚水機場地点における河川水の電気伝導度は平常2,000マイクロモー以下にとどまっているが、最乾期の満潮時にはこの水準を越えることがある。この時期に、バガンテラップ揚水機場から取水すると、水稻の生育に障害をきたすものと判断される。

## (3) 浮遊土砂量

S K C 橋測水所地点における河川流量と浮遊土砂量の関係は、図9に示すとおり流量の増加に比例して浮遊土砂量も増加する。流量が毎秒20トンの時、浮遊土砂量は120ppmであるが、流量が毎秒30トンになると、浮遊土砂量は220ppmに増える。ベルナム頭首工から導水路への過剰な土砂の流入を防止するには、灌漑用水需要量に見合った取水操作

を行う必要がある。

バガンテラップ場水機場地点で採水した試料を分析したところ、表3に示すように、河川水中の浮遊土砂量の増減は潮の干満に著しい影響を受けており、干潮時には1,100ppmの濃度が、満潮時には5,000ppmに増加した。

### 3.1.6 土 壌

計画地区の土壌は鈹質土壌と有機質土壌に区分される。前者は海岸沿いの海成沖積層及びペルナム河沿いの河成沖積層に分布している。後者は鈹質土壌とタンジョンカラン湿地帯の泥炭土壌との中間的な性質をもつ土壌である。この有機質土壌には、汽水沈澱物を母材とする腐植に富んだ褐色埴土と泥炭土壌に由来する黒泥土が含まれる。計画地区内の土壌分布状況は図10に示すとおりである。

鈹質土壌はかなり重粘な沖積土壌であり、水稻栽培に適している。黒泥土は強酸性で、栄養分に乏しい。土壌改良をせずに水稻を栽培すると、ヘクタール当たりの初収量は1.5ないし1.6トン程度にとどまるが、石灰投入などの土壌改良を行えば、収量は確実に倍増する。黒泥土の分布状況及び面積はスンガイブロン灌漑区950ヘクタール、セキンチャン灌漑区327ヘクタール、スンガイレマン灌漑区646ヘクタール、パッシールバンジャン灌漑区90ヘクタール、合計2,013ヘクタールとなっており、これは計画地区総面積の約10%に相当する。

### 3.1.7 土地利用

計画地区の総面積19,857ヘクタールのうち、610ヘクタールは住居及び学校、教会、水路、道路などの非農用地となっている。農用地は19,247ヘクタールあり、そのうち、水稻作付面積が17,150ヘクタール、野菜栽培面積が760ヘクタール、永年作物栽培面積が460ヘクタールを占め、そのほかに517ヘクタールが休耕地となっている。以上の土地利用現況を表4及び図11に示した。

野菜栽培は通常黒泥土の改良手段のひとつとして行われており、続けて4作ないし5作畑地状態で作物を栽培すると、土壌が乾燥し、未熟な有機物の分解が促進される。この状態で石灰や微量要素入り肥料を施用すると著しい土壌改良効果が得られる。計画地区に分布している黒泥土の土地利用状況は、既耕地が1,535ヘクタールで、そのうち、水稻栽培

に 745ヘクタール、野菜栽培に330ヘクタール、永年作物栽培に460ヘクタールが利用されている。また、休閑地は478ヘクタールである。

### 3.2 既存施設

#### 3.2.1 灌漑施設

計画地区の既存灌漑施設は、基幹施設であるベルナム頭首工、ティンギ導水路、幹線水路、バガンテラップ揚水機場と、末端配水路網よりなる。バガンテラップ揚水機場は、地区の最末端1,520ヘクタールを灌漑するために設置されている。各施設の位置は図12に示すとおりである。

##### (1) 基幹施設

ベルナム頭首工はベルナム川を横切る堰長30mの可動堰で、幅 9.1mのラジアルゲート3門、土砂吐用水門1門及び取水用水門6門が設置されている。計画取水位は9.4m、計画最大取水量は毎秒28.3トンである。土砂吐用水門は常時開けられており、毎秒最低6.2トンが下流に放流されている。

ティンギ導水路は延長14.5kmで、ベルナム頭首工で取水された灌漑用水は、本導水路を経て、ティンギ川を約24.5km流下し、ティンギ頭首工に至り、ここから幹線水路に入る。D I Dは、蒸気浚渫船を使用して、導水路及びティンギ川の拡幅改修工事を1986年8月に完了し、現設計流量毎秒28.3トンを流下させる能力を確保している。

幹線水路は、延長 3.3kmの南幹線水路と延長34.6kmの北幹線水路からなり、総延長は37.9kmとなる。

ティンギ頭首工で幹線水路の計画水位を確保することにより、計画地区全域の灌漑を可能にしている。余水吐はティンギ頭首工とハジドラニ地点に設けられている。前者からは毎秒72トンをティンギ川に、後者からは毎秒35トンをハジドラニ排水路に放水することが可能である。しかし、幹線水路の現通水能力は設計流量より小さく、またサワセンバダン灌漑区からスンガイニッパ灌漑区の間で、幹線水路から漏水している個所が33ヶ所ある。

バガンテラップ揚水機場は、ベルナム川河口より63km上流に位置している。灌漑対象面積は、当初2,800ヘクタールであったが、P B L Sの完成後は、バガンテラップ灌漑

区の灌漑面積を1,200ヘクタールに縮小し、その代替としてスンガイパンジャン地区の水田320ヘクタールを新たに加えて1,520ヘクタールとなった。揚水機場には吐出し量毎秒93.6トン、実揚程4.6mの斜流ポンプ3台が据えられているが、ポンプが老朽化し、実際の揚水量は計画揚水量の80%程度にとどまっている。

## (2) 配水路網

配水路網は、幹線水路から直角に400m間隔で設けられた三次水路よりなる。三次水路の標準配置を図13に示した。サワセンパダン、パンチャンベディナ及びバガンテラップ灌漑区では、幹線水路と三次水路が直結されておらず、両者の間に支線水路が設けられている。三次水路の大部分にコンクリート水路が使われているが、サワセンパダン灌漑区の6本の三次水路にはコンクリートライニング水路、同灌漑区の三次水路残り6本とスンガイニッパ灌漑区の三次水路のすべてには強化ポリエステル（GRP）水路が用いられている。GRP水路は強度が不十分で漏水が多く、しかも農民が簡単に穴を開けて盗水できるため、各三次水路の下流に用水を十分に供給することが難しくなっている。このため、コンクリート水路で置き換えることを計画している。

三次水路は400m間隔で合計140本あり、このうち129本には定水頭分水工が、残り11本には越流堰分水工が設けられている。各分水工は灌漑計画に対応して所定の用水量を分水できるように設計されている。定水頭分水工と越流堰分水工の構造を図14に示した。

圃場一筆の標準面積は1.2ヘクタールである。毎秒2.83litの灌漑用水を、三次水路の天端から30.5cm、計画水位から20.3cm下の位置に開けられた分水パイプから、圃場一筆ごとに供給できるように計画されている。三次水路が1.6kmごとに地区横断道路と直交する地点に水位調整施設が設置されている。標準構造を図15に示した。

この調整施設のチェックゲートと水路内の堰板で、三次水路の水位を調整するように設計されている。

## 3.2.2 排水施設

計画地区の排水網は、各圃場の圃場内排水溝及び排水パイプ、三次排水路、幹線排水路で構成されている。三次排水路で集められた水は、幹線排水路を経て地区末端の承水路に排水される。承水路には防潮水門が設けられており、ここからマラッカ海峡へ自然排水さ

れる。計画地区の現況排水路網を図16に示した。

各圃場には、畦畔沿いに底幅30cm、深さ45cmの圃場内排水溝を設け、末端には口径150mmの塩化ビニール管を埋設して、余剰水を三次水路に排水している。PBL Sの完成に伴って、三次排水路の間隔は400mとなり、各圃場が排水路に直結した。その結果、5年確率降雨量を72時間で排水できるようになった。三次排水路の末端及び地区内横断道路との交差点には排水位調節ゲートが設けられている。これらの調節ゲートで排水路内の水位を調節し、用水の無効放流をおさえている。余剰水は、幹線排水路末端の調節水門から承水路へ排水される。末端排水位調節水門の仕様を表5に取りまとめた。

### 3.2.3 農道

計画地区の上端には、幹線水路沿いに幅5mの管理道路が設けられ、下端はクンジョンカランとスンガイブサルを結ぶ幹線道路によって区切られている。両者を結ぶ、幅6mのアスファルト道路が1.6km間隔に建設されている。また、アスファルト道路と交互に、幅員3mのラテライト舗装の道路が設けられている。PBL Sによってアスファルト道路とラテライト道路の間に幅員1.8mの農道が新設され、三次水路と平行する計画地区内縦断道路の間隔は400mとなった。

上記の地区内縦断道路を相互に結ぶため、幅員3m、ラテライト舗装の地区内横断農道が1.6km間隔で、幹線水路と同一方向に建設されている。灌漑区によって3本ないし4本の横断農道があり、幹線水路側が4号もしくは3号横断農道、幹線道路側が1号横断農道と呼ばれている。

## 3.3 水管理の現況

### 3.3.1 灌漑計画

計画地区の灌漑総面積は18,270ヘクタールであり、このうち17,070ヘクタールが幹線水路掛り、1,200ヘクタールがバガンテラップ揚水機場掛りとなっている。

現行のD I D水管理規準では、計画地区は3灌漑地区に分けられている。各灌漑地区には次のように灌漑区が配分されている。各灌漑地区の位置は図17に示すとおりである。

灌漑地区	灌漑区	灌漑面積 (ヘクタール)
第1地区	サワセンバダン	2,310
	スンガイブロン	3,122
	セキンチャン	1,778
	(小計)	(7,210)
第2地区	スンガイレマン	1,765
	パッシールパンジャン	1,484
	スンガイニッパ	1,938
	(小計)	(5,187)
第3地区	パンチャンベディナ	3,260
	バガンテラップ	1,413
	(小計)	(4,673)
バガンテラップ 揚水機場	バガンテラップ	1,200

計画地区の作付開始時期は同一でなく、各灌漑地区間に20日間のずれを設定してある。しろかき期間はいずれの灌漑地区も20日間を見込んである。しろかき用水供給は第一灌漑地区から始まり、計画地区全体は60日間で終了する。各灌漑地区ともしろかき用水供給終了後、通常灌漑に移行し、その期間は120日間を想定している。通常灌漑終了後田面水を落水し、収穫作業実施に備えて圃場を乾燥させる。各三次水路起点の分水工を調節し、しろかき灌漑期及び通常灌漑期の設計流量を確保し、水田の湛水深を10cmないし15cmに保つこととしている。

所定の灌漑計画にしたがって灌漑用水を供給することが定められているが、実際には農民の作付が遅れがちである。度重なる作期の遅れで、セキンチャン灌漑区を除いて、過去10年間に数回作付機会を逸している。このため、現在では計画地区の水稲作付計画委員会が、灌漑区ごとに灌漑計画を決定しているのが現状である。この作期の遅れが、計画地区における適切な水管理実現を妨げる原因となっている。

### 3.3.2 基幹施設の運用

#### (1) ベルナム頭首工

ベルナム頭首工には、前述したように3種類の水門が設置されている。これらの操作は灌漑管理官の指示を受け、ベルナム頭首工駐在の主任灌漑技師が担当している。

ラジアルゲートは、計画取水位を確保するために平常はほとんどの期間閉められてお

り、余剰流量は下流へ越流放水している。ラジアルゲートは雨期にベルナム川の水位が上昇した場合や計画地区内に洪水発生のおそれが生じた場合に限って開けられる。取水用水門は、設計流量毎秒28.3トンを取水するため、6門全部が常に全開されている。

取水用水門の前面に土砂が堆積することを防ぐため、土砂吐用水門から下流に毎秒6.2トンが常時放流されており、これまでこの水門が閉められたことは無い。しかし、河川流量が毎秒14トン以下に減少した時は、このような堆砂を起こす危険性は極めて小さくなるものと想定し、1986年8月に土砂吐水門を一時閉じた。

図18に、1985年6月から1986年5月までのベルナム頭首工の水門操作実績を示した。ラジアルゲートは、頭首工水位が10.0mに達した時に開けられており、上記期間の開門日数は89日であった。また、ラジアルゲートを開いている間は、取水用水門を全部あるいは部分的に閉じるが、同期間中に水門操作を行った日数は54日、全閉したのは2日である。

## (2) 幹線水路

現行のD I D水管理規準によれば、幹線水路の計画水位は以下のように定められている。

構 造 物	計画水位 (m)
ティンギ頭首工地点	4.3
ハジドラニ余水吐地点	3.7

上記各地点で計画水位を維持するためには、各分水工から三次水路への取水を調節することが極めて重要である。灌漑計画に基づき、各三次水路ごとに取水量、取水時期、取水期間を決定してあるが、作付作業の遅延に起因して、水管理規準どおりの灌漑計画を守ることは非常に難しい。計画地区の水稲作付計画委員会では、その都度灌漑計画を手直して対処しているが、下流側の灌漑区の取水がどうしても不利になりがちである。このことと、幹線水路の通水能力不足及び漏水とがあいまって、下流側のスンガイニッパ、パンチャンベディナ、バガンテラップの3灌漑区では、慢性的な水不足をきたしている。

図19には、1985年6月から1986年5月までの1年間の幹線水路の日水位変動と、ティ

ンギ頭首工及び余水吐水門の操作状況を示した。水位の変動は顕著で、7月から9月までの乾期には計画水位付近にあり、それ以外の期間は計画水位を常に超えていた。余水吐の水門はティンギ頭首工の水位が4.4mを超えると開かれるが、幹線水路の水位を計画水位に維持するため頻繁に操作されている。

### (3) バガンテラップ揚水機場

バガンテラップ揚水機場はベルナム川の感潮区間にあるために、取入れ水路先端の水門を上げ潮時に開いて取入れ水路に真水を導水し、満潮時に水門を閉じる。日に2回、この操作を繰返すが、揚水機の運転時間は潮位の変動に左右され、大潮時で22時間、小潮時で8時間平均16時間となっている。

### 3.3.3 配水路網の運用

各三次水路の所定水量の取水は、分水工で水位を調節しながら行うが、流量調節の実行は、事実上極めて難しい。三次水路の水位を計画水位に保つための分水工操作は、灌漑管理官及び灌漑技師が担当している。

聴取り調査の結果によれば、幹線水路の水位がしばしば変動するため、三次水路の水位を定められたとおりに維持するには、分水工の水門操作をかなりの頻度で恒常的に行う必要のあることが明らかになった。

計画地区内の全分水工の管理現況を調査した結果は表6のとおりである。管理状態はおおむね良好であるが、セキンチャン灌漑区を中心に、野菜を栽培している農民が、水稻の作期と野菜の作期とが一致しない場合、灌漑用水供給停止期間中にしばしば分水工を破壊している。畑作に対する灌漑計画を別途に行う必要がある。

三次水路の水位調節用チェックゲート及び堰板は300m間隔で設置されているが、壊されたり取り除かれたりし、十分に機能していない。

直播栽培が普及したため、多くの農民がしろかき期間中にサイフォンを利用して必要水量を短時日の間に確保している。D I Dは現在サイフォンの利用を法的に禁止しているが、三次水路の流量がしろかき期の灌漑用水量を下回っており、今後も灌漑用水量の増加が見込まれることから、サイフォンの有効利用を考慮する必要がある。

### 3.3.4 排水路網の運用

三次排水路内の水位は、地区内横断農道交差部及び排水路末端に設けられた水門を操作し、過剰放水を生じないように調節されている。灌漑期間中は、三次排水路の水位を田面水位とほぼ同じに保ち、耕区からの過剰排水を防止するとともに、必要に応じて堰上げ灌漑用の水源として利用できるようにしてある。通常、上記水門は閉じたままにしておき、越流排水を行っている。多雨時及び収穫作業開始前には、水門を開け排水路の水位を下げ、田面水の排水を促進する処置をとっている。

D I Dの現行水管理規準によれば、主要地点で排水路の水位を測定することが定められている。ハジドラニ排水路の水位記録を整理し図20に取りまとめた。この記録から、次の点が明らかになった。

- ア. しろかき期灌漑時には排水路末端水門を閉め、排水路内にできる限り排水を貯留する。
- イ. 田植え時には水門を開き、排水路内の水位を下げ、田植作業の利便を図る。
- ウ. 田植え後は水門を再び閉め、排水路内の水位を田面より約10cm低く保つ。
- エ. 多雨時には水門をその都度開くが、操作実施までに約1日の遅れがあり、低地では部分的に浸水を生ずる。
- オ. 通常灌漑期には排水路内の水位がかなり変動している。
- カ. 収穫開始約1ヶ月前に水門を開き、田面水を落水する。

各圃場の田面水位を調節するために、圃場内排水溝末端には、地下45cmの深さに口径15cmの塩化ビニール管を埋設してある。排水パイプを厚板で閉じるようD I Dは指導しているが、農民は草を詰めたり、手近かにあるものを利用している。

## 3.4 施設の維持管理

### 3.4.1 維持管理の現況

各構造物の維持管理に関する作業規定が無く、必要に応じてその都度対処している。維持管理は以下のように行われている。

#### (1) ベルナム頭首工

頭首工の維持管理は2名の技手が担当し、主な作業はゴミの除去、機械油の抽入、ベ

ルナム川の水位測定である。塗装は年1回行う。

ラジアルゲートの鉄索の取替えは4年ないし5年に1回行う。ゴムシールは、漏水が多くなると取り替えるが、1986年に交替したゴムシールは10年間使用した。水門及びスクリーンは設置以来1回も取り替えたことが無い。これらの特種作業はD I Dタンジョンカラン事務所が行う。

導水路及びベルナム川の浚渫作業にバケット容量0.4m<sup>3</sup>のドラグラインを使用している。ベルナム川については頭首工上流300m区間、導水路については頭首工下流2km区間で浚渫作業を反復実施するが、1回の作業には約4ヶ月を要する。

水路法面、頭首工周辺の草刈作業は、D I Dの労務員5名が動力草刈機と鎌を併用して行っている。

## (2) 導水路及びティンギ川

D I Dは、1984年度に導水路の頭首工下流2km地点から9km地点まで延長7kmの改修工事を実施した。また1984年から1986年まで3年間にわたり、P B L Sの直営工事としてティンギ川の浚渫を初めて行った。この作業には旧式の蒸気浚渫船を使用した。

## (3) 幹線水路

幹線水路の護岸の草刈は、年3回定期的に外注作業で行っている。右岸側はタンジョンカラン湿地で管理用道路が無いので、やむを得ず手作業で実施している。水路の浚渫作業は、1979年から1983年にかけて直営工事で実施して以来、定期的な作業は行っていない。

幹線水路護岸の天端の補修工事は、D I Dが定期的に行っている。舗装材料のラテライトはD I Dの土取り場から搬入している。幹線水路には現在5ヶ所の橋梁があるが、この橋の上流側に、伐採された材木が引っかかり、幹線水路の通水を阻害している。ティンギ頭首工及び余水吐の維持管理はベルナム頭首工と同様に実施している。

## (4) 配水路網

D I Dの職員が、毎作期の灌漑用水供給開始前に三次水路を清掃し、日常の維持管理補修作業も担当している。しかし、農民が雑草を水路に投げ入れるため、水路清掃作業

量が過大となり、三次水路構造物の管理状態は良好とはいえない。したがって、維持管理作業の一部は農民に移管する必要がある。

#### (5) 排水路

排水路の維持管理作業は、年4回地元民に請負方式で発注している。これに要する経費は、セラングール州政府支出行為担当官が現状に即して単価を算出して決定する。したがって請負作業はほぼD I Dの指示どおりに実施されている。年間支出額は約50万マレイシアドルである。排水路の浚渫は3年ないし4年に1回、請負方式で実施している。

#### (6) 農道

農道の舗装補修は通常請負方式で実施しており、その頻度は3年に1回程度である。橋梁の補修は、損傷を受けた時に行われている。

### 3.4.2 維持管理費

計画地区の年間施設維持管理経費は、1985年度までセラングール州政府が全額負担してきたが、1986年度からは、その一部が連邦政府の予算で手当されることになった。当面、連邦政府はP B L S事業所の存続期間中、この一部負担行為を続けることとしている。

計上経費はP B L S地域全体の灌漑排水施設維持管理に要する金額であり、灌漑部門の所要経費だけを分離抽出できぬが、D I D職員の人件費を除いた物件費の概要は表7に示すとおりである。

サワセンパダン及びスンガイニッパ灌漑区におけるのGRP水路の補修経費が、維持管理費の約18%にのぼるが、コンクリート水路に置き換えられる1989年以降は不要になるものと考えられる。

### 3.4.3 維持管理用機械

D I Dの所有している維持管理用機械は次表のとおりである。蒸気浚渫船を除き、P B L S全域で使用しており、D I Dタンジョンカラン事務所にその管理を一元化している。計画地区の灌漑施設専用の維持管理機械として、次表の不足台数を補充する必要がある。

種 類	所有台数	不足台数
トラクター	15	—
ローダー	3	—
グレーダー	3	—
バックホーローダー	3	2
ダンプトラック	6	—
パワーショベル	6	2
ドラグライン	11	—
ドレヅジャー	1	1
ロードローラー	2	—
ボート	3	—
水草刈取機	—	2

上記機械の保守修繕作業は、D I Dタンジョンカラン修理工場で実施している。機械のオーバーホールはD I Dイポー修理工場へ委託している。

#### 3.4.4 通信網

クアラセランゴール、タンジョンカラン、スンガイブサールの各D I D事務所及びベルナム頭首工は超短波無線電話装置が備えられている。これは元来洪水監視警報システムの一環として整備されたもので、計画地区の灌漑施設維持管理の日常業務には十分に機能していない。一般電話もうまく利用されてなく、緊急の場合には、自動車で直接情報の伝達を行っているのが現状である。

### 3.5 農業及び農業経済

#### 3.5.1 社会的背景

##### (1) 人口及び農家戸数

P B L S地域内には19,500世帯の農家が存在し、このうち14,500世帯は水稻栽培農家である。P B L S事務所の行った聞き取り調査によると、1世帯当たりの平均家族数は6人である。水稻栽培農家の人口は87,000人であり、このうち15歳以下が38%、60歳以上が8%を占める。1世帯当たりの労働力人口は平均3.2人であり、このうち約60%が50歳以上であるのに対し、30歳以下はわずか5%である。このように、計画地区内の自家労働力は高齢化しつつある。

## (2) 土地所有形態及び所有規模

計画地区内には、その土地所有形態からみて、自作農、自小作農、小作農、地主の4種類の水稲栽培農家が存在している。自作農は全体の68%、自小作農は12%、小作農は18%、地主は2%を占めている。農地の所有規模は0.6ヘクタールから2.4ヘクタールで、水稲栽培農家の約83%は入植当時と同じ規模の1.2ヘクタールを所有している。

### 3.5.2 水稲栽培

#### (1) 現行作付計画

P B L S 事業所は水稲二期作を前提とした作付計画を策定している。これによれば、乾期作は2月1日、雨期作は8月1日に始まり、両作期とも計画地区全域の農作業実施期間として201日を見込んでいる。このうち、40日間は作期のずれ、つまりひとつの農作業を地区全域で実施するのに要する期間と規定している。P B L S の実施によって計画地区の灌漑・排水施設が拡充されたが、上述の作付計画は完全には実現されていない。

現状は、P B L S 事業所が主宰する水稲作付計画委員会が、前作の作付状況やベルナム川の取水可能水量の状況を勘案し、さらに、農民の意向も反映して、各灌漑区ごとに毎作期の作付計画を修正する作業を続けている。図21に示した過去の作付実績をみても、サワセンパダン及びセキンチャン灌漑区以外の6灌漑区においては、1983年から1984年の4年間に作付を1作ないし2作逸している。このように作期がみだれているため、6月末までに栽培を開始した場合を第一期作、7月初め以降のものを第二期作と称している。

#### (2) 水稲栽培技術の現状

計画地区内には慣行移植栽培と新しく導入された直播栽培の2種類の栽培方法が普及している。慣行移植栽培では移植を2回行う。最初は播種後7～10日目に稚苗を仮苗代から本苗代に移植し、次いで播種後40日目にクク・カンピンと呼ばれる棒を用いて本田に幼苗を移植する。

直播栽培は、1979年セキンチャン灌漑区に初めて導入され、1982年ごろから他の灌漑区にも普及している。1986年の第一期作の実績では、全作付面積の約35%を占めている。直播栽培による過去の作付動向は表8に示すとおりで、バンチャンベディナ及びバ

ガンテラップ灌漑区を除き、他の灌漑区では多くの農民が直播栽培の経験を持っている。計画地区内においては、下記の三つの直播栽培方法が普及している。

ア、乾田直播—機械まき

トラクターに装着したシードドリルを用い、畑状態の圃場に播種する方法である。播種は灌漑開始5日ないし10日前に行っている。この栽培方法では、種子を均一かつ確実に発芽させるため、十分な砕土及び均平作業と計画どおりの灌漑用水供給開始が不可欠となる。

イ、乾田直播—手まき

この方法では、播種を上記のシードドリルを使わずに手でまく方法であり、均平度の良くない圃場に適している。播種作業は上記同様に灌漑開始5日ないし10日前に行う。

ウ、湿田直播（落水直播）

湿田直播は、しろかき後いったん田面水を排水路に落とし、圃場を湿田状態にした上で、あらかじめ催芽処理が行った種子を手でまく方法である。この栽培方法は乾田直播よりも正確な水管理が必要となる。

計画地区で実施されている農作業のうち、耕起、砕土、しろかき及び収穫作業は既に機械化され、いずれの機械作業も請負方式で行われている。整地作業は、通常耕起及びしろかき、あるいは耕起及び砕土作業の組合せで、20馬力ないし80馬力のトラクターにロータベクターを装着して行っている。収穫作業には32馬力ないし220馬力のコンバインを使用している。現在、州政府農業局は、計画地区の一部地域で水田圃場改良事業を適用し、圃場整備事業を推進しているが、これは、畦畔に沿って耕区内に排水溝を作り、排水を容易にして重機械の稼働効率を高めるために実施している。収穫後の稲わらはスラッシャーで細断し、圃場内で焼却処分している。

計画地区内の水稻栽培品種は、大部分がMR1、MR10、MR52、MR71、MR73及びMR77などの改良品種である。ヘクタール当たりの播種量は移植栽培で20kg、直播栽培で80kgである。各作期に要する播種量全量の約60%は前作の収穫物から選んだ種籾、残り40%は検定済み種子で、農業局が農家に直接あるいは農民組合を通して配布している。

肥料と農薬の配布も地区農民組合の手を経ている。政府は肥料の一部を無料で配布

し、毎作ヘクタール当たり尿素 100kgと複合肥料 200kg、窒素成分量で80kg相当を支給している。補助肥料以外の施肥は、全額農民負担となる。農薬も通常農家の負担となる。直播栽培の普及に伴って雑草防除の必要性が高まっている。計画地区内で特に問題となっている雑草はイネ科のイヌビエとタイヌビエである。除草剤の使用は経費がかかるため、最近では直播栽培と移植栽培を組み合わせ、雑草の発生を抑制する傾向がみられる。農業局では農薬を多量に使用しない雑草防除方法として、播種前の整地作業を十分行うよう指導している。

虫害では、1970年代後半よりトビイロウンカの被害が顕著になった。最初の被害は1977年にスガイレマン灌漑区、1978年にスガイブロン灌漑区で記録されている。トビイロウンカ発生の原因は、農薬の過剰使用により水田生態系のバランスがくずされたためと考えられている。セキンチャン灌漑区を中心に、従来から大量の農薬が使用されてきたため、これら3灌漑区がトビイロウンカの発生源となっている。6月下旬から7月上旬にかけて、トビイロウンカの発生と出穂期が重なると、大きな被害が発生している。農業局はこの防除対策として、計画地区全域の約10%を対象に、トビイロウンカの発生予察調査を行っており、もしトビイロウンカの発生が認められた場合には殺虫剤を無料で配布している。1986年には17.5万マレイシアドルがこの経費として支出された。トビイロウンカの被害は現在のところさほど深刻な問題となっていない。

### (3) 水稲の生産

計画地区における1981年から5年間の水稲平均作付面積は、下表に示すように、第一期作約15,500ヘクタール、第二期作約16,400ヘクタールで、年間作付率は1.77となる。

作 期	作 付 面 積 (ヘクタール)	単 位 収 量 (トン/ヘクタール)	生 産 量 (トン)
第 一 期 作	15,460	2.89	44,680
第 二 期 作	16,400	3.35	54,950
合 計	31,860		99,630
作付可能面積 <sup>(1)</sup>	18,027		
作 付 率 <sup>(2)</sup>	1.77		

注 (1) 休耕地 517ヘクタールを含む。  
(2) 合計作付面積/作付可能面積

計画地区全体及び各灌漑区の過去5ヶ年における単位収量の推移を表9に示した。計画地区の水稲収量は不安定であり、最近では減少傾向がみうけられる。過去5年間のヘクタール当たり平均収量は第一期作2.89トン、第二期作3.35トンとなっている。これらの収量はP B L Sの当面の目標である第一期作ヘクタール当たり3.7トン、第二期作3.8トンを下回っている。計画地区全体の年間初生産量は過去5ヶ年平均で99,630トンである。

#### (4) 加工及び流通

P B L S地域内には精米所が4ヶ所あり、計画地区内で生産された初はすべてこの精米所で乾燥・精米されている。精米所の一日当たり最大稼働時間は20時間、乾燥及び精米の処理能力はそれぞれ日量1,940トン及び410トンである。これらの精米所は国营食糧公団が運営している。

食糧公団は米の流通、備蓄及び輸入を専管している。計画地区内で収穫された初は、圃場で乾燥を行わず、直ちに公認の集荷業者を通して公団に引き渡される。公認の集荷業者は通常農民組合か民間業者である。少量ではあるが、農民自身が収穫初を集荷業者を通さずに直接公団に持ち込む場合もある。公団の精米所で加工された精米は、仲買人を經由して市場に出回る。一部は政府の食糧備蓄用に引き渡される。

初の買上げ価格は政府が管理しており、1986年の精米所取り引き価格は、乾燥初100kg当たり、長粒種が66.15マレイシアドル、中粒種が62.84マレイシアドルである。この価格には、政府の助成金が含まれており、その額は長粒種、中粒種ともに100kg当たり16.54マレイシアドルである。市場の価格決定は実需に委ねているが、政府は備蓄米を運用し、この市場価格を間接的に調整している。

#### 3.5.3 作物収支

計画地区における水稲生産費、粗収益及び純収益を明らかにするため、P B L S事業所の聞き取り調査の結果を参考にして、作物収支分析を行った。分析の結果は表10及び11に取りまとめてあるが、その要約は以下のとおりである。

項 目	1980	1981	1982	1983	1984	1985	平 均
第一期作 (ヘクタール当たりマレイシアドル)							
生産費 <sup>(1)</sup>	-	1,283	1,286	1,117	1,249	1,192	1,225
粗収益	-	1,539	2,094	1,261	1,570	1,306	1,554
純収益	-	256	808	144	321	114	329
第二期作 (ヘクタール当たりマレイシアドル)							
生産費 <sup>(1)</sup>	1,361	1,366	1,246	1,230	1,210	-	1,283
粗収益	2,170	2,469	1,720	1,598	1,576	-	1,907
純収益	809	1,103	474	368	366	-	624
米の生産費 (トン当たりマレイシアドル)							
第一期作	-	850	624	901	811	931	823
第二期作	639	562	737	783	781	-	700
平 均							762

注 (1) 種子, 農薬, 肥料, 雇用・自家労働力, 機械等の費用を含む。

水稻栽培で得られるヘクタール当たりの純収益は, 過去5ヶ年間の平均で, 第一期作が329マレイシアドル, 第二期作が624マレイシアドルとなり, これはそれぞれの粗収益の33%及び21%に相当する。純収益の推移をみると, 過去5ヶ年の間に実質的な増加は認められない。米のトン当たり生産費は過去5ヶ年平均で762マレイシアドルであり, 1985年の米の輸入価格実績トン当たり608マレイシアドルを上回っている。

#### 3.5.4 農家経済

農家の経営状態を把握するため, 経営面積 1.2ヘクタールの代表的農家を対象に, 1984年と1985年の資料を用い経営収支分析を行った。分析の結果の要約は以下に示すとおりである。

(単位：マレイシアドル)

項 目	セキンチャンを除く7灌漑区	セキンチャン灌漑区
A. 総収入	4,600	8,637
1) 農業収入	3,755	5,940
- 水稲	2,963	4,111
- その他 <sup>(1)</sup>	792	1,829
2) 農外収入	845	2,697
B. 総支出		
1) 生産費	1,589	2,192
2) 地代	1,007	1,975
3) 水代・土地税	17	17
C. 生計費及び純余剰		
1) 自作農 <sup>(2)</sup>	2,994	6,428
2) 小作農 <sup>(3)</sup>	2,004	4,470

(注) (1) 水稲以外の作物収入及び賃耕収入等の作物以外からの収入を含む。

(2) (A) - (B. 1) - (B. 3)

(3) (A) - (B. 1) - (B. 2)

セキンチャンを除く7灌漑区の農家総収入は1戸当たり4,600マレイシアドルであり、これはマレー半島の農村地帯における1984年の1戸当たり総収入の中央値(7,150マレイシアドル)よりも低い。総収入に占める水稲栽培からの収入はセキンチャン灌漑区で48%、他の灌漑区で64%である。農外収入は計画地区外で働いている家族からの送金、農業以外の職業からの収入などを含む。

### 3.6. 農業振興組織・制度

#### 3.6.1 組織の概要

計画地区においては、P B L S実施に伴い確立された諸組織間の役割分担・相互関係が存続しており、農業振興の調整・統合もその枠内で行われている。調整・統合はP B L S事業所が中心となり、さまざまな段階で設立された委員会を通じて行われている。これらの委員会には、D I D、農業局、農民組合統括機構、マレイシア農業銀行、国立マレイシア農業試験場タンジョンカラン試験地から代表が出席する。

D I Dの主要責務は灌漑施設・排水施設の建設・運営・維持管理であり、農業局は農業普及活動を行なう。農民組合統括機構は農民組合育成のための唯一の政府機関、農業銀行は農民融資を専業とする政府機関である。国立農業試験場は、計画地区内で水稲栽培の試験研究を行うほか、水稲種子の原種の増殖を担当している。

P B L Sの事業実施を円滑に行うために、指導委員会、実施委員会、郡調整・計画・連

絡委員会 (DICPLC)、地区調整・計画・連絡委員会 (AICPLC)、技術・社会諮問委員会が設立されている。

指導委員会はP B L Sにおける政策実施方針の最高決定機関であり、連邦政府農業省次官及びセラシエ州政府事務次官が共同で議長を務める。P B L S事業所長は実施委員会及びその分科会である水稲作付計画委員会を主宰する。DICPLCの議長はP B L S事業所次長が務め、AICPLCにはP B L S事業所より2名の調整官が議長として選任されている。技術・社会諮問委員会は特定地域における諸機関の統合促進をはかるために設立されている。

### 3.6.2 水稲耕作地域における農業普及活動

農業普及活動はセラシエ州農業局職員が担当している。クアラセラシエ及びサバベルナム両郡における農業普及活動の責任者は首席農務官である。P B L S地域は3地区に分割されている。各地区はさらに農業普及区に細分され、それぞれに1名ずつ農業技師が農業普及員として配置されている。上記の3地区と灌漑区及び農業普及区との関係は以下のようなになる。

P B L S 地区	農業普及区 (稲作関連地区のみ)
クアラセラシエ北部	サワセンバダン I, II, III
	スンガイブロン I, II, III, IV
サバベルナム南部	セキンチャン I, II
	スンガイレマン I, II
	パッシールパンジャン I, II
	スンガイニッパ I, II, III
サバベルナム中部	パンチャンベディナ I, II, III, IV
	バガンテラップ I, II, III, IV

上記3地区において、地区ごとの農業普及員の普及活動を調整・管理するため、各地区には1名の次席農務官が配置されている。普及担当職員は、通常の場合、P B L Sにより設立された農業開発センターあるいは農業開発センター支所に駐在している。表12に農業普及担当職員の配置状況及び駐在場所の所在地を整理してある。

農業普及活動に対して、連邦政府農業省農業局職員の技術的支援体制があるほか、州政府農業局からは財務的支援策がとられている。各首席農務官の下には、次席農務官1名及

び農業技師数名が「開発」担当として配置され、各地区の農務官にも農業技師が1名ないし2名同様の目的で配属されている。これら「開発」担当職員は、水田圃場改良事業の補助金支出業務を行っている。

農業局の普及活動の目的は、先端農業技術に関して農民を指導・訓練すること、及び体系的な作物生産及び栽培管理技術を本地域に導入することにある。当初は、農業普及担当の農業技師が2週間に1度同一の農民グループを訪問し、時間の余裕がある場合には、駐在地で普及員の訓練に参加する「訓練・訪問法」を採用していた。その後、この方法の見直しが行われ、1983年以降は「グループ営農へのアプローチ」が農業普及活動の手法となっている。

### 3.6.3 農民組合

1973年に制定された農民組合法（法令 109号）及び農民組合統括機構法（同 110号）の規定により、いかなる農民組合も農民組合統括機構に登録しなければならない。機構に登録しない限り、農民組合は自己の事業を開始あるいは継続することはできない。このような法的根拠により、農民組合は地区単位、州単位、全国単位で組織されている。その特徴は、機構の指導下に、農民によって設立された事業主体という点である。

P B L S 地域全域では5地区農民組合が設立されており、うち3組合は計画地区内に所在している。各地区農民組合と灌漑区の関係は、次のとおりである。

クンジョンカラン 地区農民組合	サワセンバダン灌漑区 スンガイブロン灌漑区
パッシールパンジャン 地区農民組合	セキンチャン灌漑区、 スンガイレマン灌漑区 パッシールパンジャン灌漑区 スンガイニッパ灌漑区
サバベルナム 地区農民組合	パンチャンベディナ灌漑区 バガンテラップ灌漑区

これらの地区農民組合においては、事業方針に若干の創意は認められるが、組織構造及び事業内容はほぼ同一である。

地区農民組合の構成員は、単位農協に属する個別農民及び農業関連事業共同組合に大別される。1986年7月末現在における上記3地区農民組合の構成状況は以下のとおりである。

地区農民組合	加盟農民数	単位農協数	協同組合数
タンジョンカラン	3,100	22	10
パッシールバンジャン	1,906	18	12
サバベルナム	2,047	32	12

加盟農民は、年1回開催される単位農協総会へ出席し、総代議員を選出する。代議員会において毎年10名程度の理事を選出する。理事会は、地区農民組合の経営陣のとるべき事業方針・財政措置を決定する権限を有する。

地区農民組合の経営陣は、(総)支配人1名及び各部門長で構成されている。経営陣はすべて農民組合統括機構より派遣された政府職員であり、通常の場合8名ないし10名を数える。このほかに、各地区農民組合ごとに専従職員および労務者が雇用されている。

事業内容を部門別にまとめると、以下のようになる。

#### 組織部門

加盟農民の登録、単位農協の指導

#### 融資部門

農業生産資材供与の形をとる資金貸付(財源は構成員出資金及び事業利益金)

融資限度額: 1,000マレイシアドル

利率: タンジョンカラン地区の農民組合の場合1作期につき6%

サバベルナム地区農民組合の場合1作期につき8%

(パッシールバンジャン地区農民組合では貸付業務は実施していない)

#### 農業関連事業部門

農業生産資材の販売(構成員価格は市価の約5%割引)

ミルク・砂糖・米・小麦粉・食用油の卸売(タンジョンカラン農民組合のみ)

消費資材小売販売(サバベルナム農民組合のみ), トラック運送業

#### 特別事業計画部門

水稲ミニ・エステート, 野菜ミニ・エステート, 油椰子育苗場, 政府補助肥料の配布

以上の事業活動を別にすれば、地区農民組合の下部構成単位の活動内容は不活発といえる。単位農協の役割は、地区農民組合を経由した農業生産資材の共同購入か、協同組合に対する初販売かのどちらかに限定されるし、農業関連事業協同組合は食糧公団から初購入

代理人の指定を受けた場合に限って、日常業務が活性化する。

### 3.7. 水管理組織

#### 3.7.1 DID運営・維持管理要員

P B L Sのすべての施設の建設工事は、連邦政府D I Dにより、連邦政府資金を充当して実施されている。完工後、施設は州政府D I Dに移管され、運営及び維持・管理は州政府D I Dの責任で行われる。灌漑施設の権限移管は、通常の場合2作期にまたがる瑕疵担保責任期間終了後に行われている。1986年2作期終了時点での灌漑施設の権限移管状況は、次のとおりである。

移 管 状 況	灌 漑 区 施 設
権限移管済み	サワセンパダ、スンガイブロン、セキンチャン、スンガイレマン、パッションパンジャン、スンガイニッパ
権限移管未了	パンチャンベディナ、バガンテラップ

パンチャンベディナ、バガンテラップ両灌漑区においても、灌漑施設の運用は、セランゴール州政府D I Dにより、公式の権限移管に先立って開始されている。

セランゴール州政府D I Dは本所をシャー・アラムにおき、局長が総括責任者を務めている。P B L S地域全体を統括する地方事務所はクアラセランゴールにあり次席農業土木専門官が所長に任命されている。このほかに、タンジョンカラン及びスンガイブサルにD I D事務所がおかれ、それぞれ農業土木専門官を所長に任命している。これら2名の所長はP B L S地域の灌漑地区のみならず排水地区の管理も担当する。図22にクアラ・セランゴール地方事務所傘下の組織の概要を示した。末端の労務員を含めると、職員総数は600名以上にのぼる。

灌漑部門では、タンジョンカランD I D事務所に駐在する首席灌漑管理官が最高責任者となり、所長の次席農業土木専門官に直属している。しかしながら、タンジョンカラン及びスンガイブサルD I D事務所長は、維持管理業務支援、灌漑職員の管理も含む行政管理面の権限を有している。クアラセランゴール地方事務所長は、灌漑用水管理における政策決定の任に当たるが、決定事項の実施は首席灌漑管理官が担当する。水源からの水配分も首席灌漑管理官に委任されている。

上記職員 600名のうち、灌漑職員は 150名近くを占めている。計画地区の 8 灌漑区は、サワセンバダンよりスンガイレマン灌漑区までと、パッサールパンジャンよりバガンテラップ灌漑区までの 2 群に分け、上流部をタンジョンカラNDID事務所長、下流部をスンガイブサールDID事務所長がそれぞれ管理する。職制上、各所長の農業土木専門官を次席灌漑管理官が補佐することになっているが、適材にめぐまれず、現在スンガイブサールDID事務所にのみ次席灌漑管理官が配属されている。このため、首席灌漑管理官は空席の次席灌漑管理官の職務を兼任し、上流部の 4 灌漑区を管理している。

各灌漑区には、灌漑管理官 1 名、技師 2 名ないし 4 名、技手 6 名以上が配置されている。灌漑施設の操作は、技手が灌漑技師の指示の下に行う。灌漑技師は指示を出す場合に、灌漑管理官の判断を仰ぐ。施設管理補修作業を外注する場合、灌漑技師が契約請負作業を監督する。

灌漑職員としては、このほかに、次のような要員が配置されている。

#### ベルナム頭首工

主任灌漑技師 1 名、技師 2 名、機械工 1 名、機械保守工 1 名、

運転手 2 名、労務員 3 名 (首席灌漑管理官に直属)

#### 水管理普及パイロット事業 (スンガイブサール灌漑区三次水路 T A S B 4)

農業土木専門官 1 名、灌漑管理官 1 名、灌漑技師 1 名、

技手 1 名、労務員 2 名 (次席農業土木専門官に直属)

#### バガンテラップ揚水機場

機械工 2 名、機械保守工 2 名 (バガンテラップ灌漑区灌漑管理官に直属)

#### 支線水路 (a-a 及び b-b ライン)

技手 2 名 (パンチャンベディナ灌漑区灌漑管理官に直属)

#### ティンギ頭首工及び余水吐

機械工 2 名 (サワセンバダン灌漑区灌漑管理官に直属)

#### ハジドラニ余水吐

機械工 1 名 (パンチャンベディナ灌漑区灌漑管理官に直属)

灌漑職員の配置状況及び組織構造を整理し、表13及び図22に示した。

### 3.7.2 灌漑用水の供給手順

灌漑計画は、水稲作付計画委員会を招集して決定する。委員の構成は実施委員会とほぼ同一で、P B L S 事業所長が議長を務める。D I D 灌漑部門からは、首席灌漑管理官と次席灌漑管理官が参加する。この際、首席灌漑管理官は灌漑計画の原案を作成の上、持参する。

水稲作付計画委員会で決定された日程を公表後、D I D 灌漑職員は、1か月間をかけて灌漑施設の現況確認及び修理作業を集中的に行う。

また、上述の作業を優先させながら、次の会合へも出席する。

ア、D I D 内部会合

イ、D I C P L C 会合

ウ、A I C P L C 会合

エ、地区内農民指導者との会合

D I D 灌漑職員は各灌漑区において、灌漑施設の操作を単独で行う。灌漑用水供給に先立ち、灌漑管理官は幹線用水路の水位が十分であることを確認しなければならない。水位が計画水位以下の場合、灌漑管理官は首席または次席灌漑管理官に報告し、その指示を仰ぐ。水位が十分ならば、灌漑技師に指示し、技手に分木工の水門操作を指令させることになる。用水供給開始後、灌漑技師は各三次水路を視察し、水位を確認する。灌漑管理官は、灌漑技師及び技手の報告に基づき、重点的視察を行う。三次水路の水位が十分でない場合、首席または次席灌漑管理官と相談の上、灌漑管理官は灌漑技師に指示し、技手に分木工水門を操作させる。灌漑計画に基づき、灌漑用水供給機関の最終段階において、灌漑管理官は灌漑技師に指令し、技手に期日どおりに分木工水門を閉鎖させる。その後、灌漑管理官はすべての分木工閉鎖を確認し、灌漑技師に指示して、技手に排水調節水門を開かせる。首席及び次席灌漑管理官は、それぞれの管轄地域全般の水供給状況を監理する。

## 第4章 適切な水管理に関連する諸問題

### 4.1 水 源

#### 4.1.1 ベルナム川流出量の減少

##### (1) 流域雨量

ベルナム川流域にある3ヶ所の雨量観測所の資料を使用して近年の降雨量及び流出量の変化を吟味した。図23に示すとおり平均年降雨量は、1970年代の半ばより明らかに減少してきている。1974年から83年にわたる10年間の平均年降雨量は2,350mmとなり、それ以前の10年間の平均年降雨量2,900mmに比べ、年間550mm、19%も雨量が減少した。

##### (2) ベルナム川の流出量

5ヶ年平均流出量の変化を図23に示したが、流域流出量も近年減少し、その傾向は雨量の減少傾向と類似している。1974年から83年にわたる10年間の平均年流出量は1,150mmとなり、それ以前の10年間の平均年流出量1,820mmに比べ、年間670mm、37%も流出が減少した。

ベルナム川流域内の流出量減少の原因が、流域雨量の減少にあることは明らかであり、この現象は、ベルナム川流域だけではなく、図24に示したように北スマトラの諸河川でも顕著にみられる。

#### 4.1.2 タンジョンカラン湿地の機能

これまでタンジョンカラン湿地には貯留効果があるとされ、ベルナム川の流量が減少した時、湿地に貯留されている1億4,800万トンの水が、計画地区の水源として寄与し、水不足解消に重要な役割を果たすとされてきた。このような湿地機能を明らかにするために各種の調査を実施した。その結果、湿地からの乾季流出量は非常に少なく、水源としての機能をもたぬことが判明した。

##### (1) 降雨量と地下水位の関係

タンジョンカラン湿地内部に水文観測計器を設置するために、原生林を抜開し、幹線水路から直角に延長1kmの観測用道路を建設した。水位観測計3基、標尺2本、自記雨

量計1基を設置し、降雨量及び地下水位を連続的に観測した。観測結果は図25に示すとおりである。

幹線水路の水位と湿地の地下水位との間には、何らの相関関係もみられず、地下水位は雨の影響により変動するが、幹線水路の水位は水路への水の出入りによって変動する。地下水位は常に幹線水路の水位より高く、幹線水路から水が湿地に浸透する可能性は無い。

降雨と地下水位の関係を検討したところ、乾季には地下水位は地表より約30cm以下にあって、ほぼ一定しており、降雨の影響を受けない。9月以降になると、降雨後1時間内外で地下水位は急速に上昇する。観測期間中に地下水は2回地表に到達した。20mm以上の降雨があった時の地下水位の変化を表14に示してある。地下水位の上昇幅は降雨量の約3倍に当たる。この現象から、乾季には雨は泥炭土壌の空隙に保留され、地下水位まで到達せぬが、雨季の初期に空隙が徐々に雨で満たされた後、強い降雨があると地下水位は急に上昇し、降雨の強さによっては、地下水位が地表に到達し、表面流出が始まることが明らかになった。

表15に示すとおり、無降雨日が続くと地下水位は日平均11mmの割合で低下していく。地下水位の上昇幅は降雨量の約3倍に相当するので、日平均11mmの地下水位減少量の水深に換算すると3.7mmとなる。これは湿地からの蒸発散量とほぼ等しい値となる。このことから、湿地の泥炭土層からの浸出量は年間を通じて無視し得るほど小さいものと推定できる。

## (2) 灌漑用水のpH値

湿地内の水のpH値は乾季を通じて3.7に一定していた。幹線水路では、下流にいくにしたがって次のようにpH値が小さくなり、酸性となる。

採取場所	pH値
ベルナム頭首工	6.7
ティンギ頭首工	6.3
幹線水路の中間点	6.0
既存水位制御施設上流点	5.9

これは、ベルナム頭首工で取水した河川水が幹線水路内で、湿地からの極酸性浸出水と混ざるためである。湿地からの浸出水量を推定するために、ベルナム頭首工で採水し

た水と、湿地内で採水した水を種々の比率で混合し、そのpH値を測定した。混合率とpH値の関係は図26に要約するとおりである。この関係を基に、ベルナム頭首工とテンギ頭首工の間ではベルナム頭首工での取水量の5.5%に相当する浸出量があるものと推定した。また、テンギ頭首工と既存水位制御施設の間では浸出量が2.7%から7.9%に相当するものと概算した。これから、ベルナム頭首工での取水量の約11%に相当する水量が、乾季に湿地から幹線水路へ浸出しているものと推定できる。

### (3) 湿地内にある既存排水路の流量観測

タンジョンカラン湿地内にある既存の材木積み出し用道路沿いの排水路で、流量を測定した。観測地点での排水路は幅2.5m、深さ1.5m、延長12kmである。湿地からの最小流出量を知るために、無降雨日が連続する期間を選んで数回流量観測を行った。実測最小流出量は毎秒0.025トン、この実測値を比流量に換算すると1平方キロ当たり毎秒2.1litとなる。このことから、湿地からの流出量は乾季には非常に少ないものと推定できる。湿地内に水路を建設し、泥炭土壤に保留されている水を抽出利用するとしても、毎秒1トンの水量を得るには、476kmの水路を建設しなければならない。

### (4) 湿地からの浸出量の推定

泥炭土壤の透水係数を知るために、タンジョンカラン湿地内の8ヶ所で透水試験を実施した。各地点でハンドオーガーを用いて穴を掘り、地下水を汲み上げ、その回復時間を測定した。その結果、泥炭土壤の透水係数は毎秒 $12 \times 10^{-3}$ cmから $12 \times 10^{-4}$ cmの範囲にあり、平均毎秒 $2.5 \times 10^{-3}$ cmであることが判明した。乾季における湿地からの推計流出量は、下記のとおり毎秒合計131litとなる。

幹線用水路沿いからの浸出量	毎秒281lit
ティンギ川沿いからの浸出量	60
既存排水路からの浸出量	43
合 計	131

## 4.2 水稲生産

### 4.2.1 水稲の低生産性

計画地区の水稲の生産量はP B L Sの最終目標に比べ、依然として低い水準にある。この低生産性の原因は、栽培の面からみて、低作付率及び低収量の2点が考えられる。

P B L Sでは水稲の完全二期作を推進してきたが、作付の遅れが慢性化しているため、目標を達成できていない。1983年から1986年にかけても、サワセンバダン及びセキンチャンを除く他の6灌漑区において、1作ないし2作の作付機会を逸している。現在の作付率は1.77にとどまっており、P B L Sの生産目標達成に必要な作付面積の確保ができていない。

計画地区の過去5ヶ年のヘクタール当たり平均収量は第一期作2.89トン、第二期作3.35トンである。P B L S事業所では、事業進捗状況を踏まえて、最近ヘクタール当たり目標収量を当初の雨期作4.4トン、乾期作4.7トンから第一期作3.7トン、第二期作3.8トンに下方修正した。このように収量が低い理由は幾つかあるが、そのひとつは、スンガイブロン、スンガレマン、パッシールパンジャン各灌漑区に分布している酸性有機質土壌の低位生産性が考えられる。これらの灌漑区では、これまで土壌改良対策を実施していない。

もうひとつの理由としては、現在計画地区の65%で行われている慣行移植栽培法が考えられる。計画地区の灌漑用水供給が不安定で、部分的に水不足を生ずるため、農家には水不足に備えて圃場の水深を深く保つ習慣がある。水深を深くとった圃場での栽培方法は、上記の慣行移植栽培が適しており、現在に至るもこの方法が続けられている。播種後40日目に本田移植を行う際、苗丈は50cm以上に伸びており、水深の深い圃場に移植するには好都合であるが、その反面40日苗は既に初期分けつが始まっている。この時期の移植は分けつ基数の低下をまねき、ひいては減収につながる。

### 4.2.2 栽培方法の変化

計画地区で直播栽培が普及するに伴い、水需用の発生形態が大きく変わってきている。直播栽培は均一な発芽の確保及び雑草防除のため、しろかき用水の供給を移植栽培に比べ短期間に行う必要が生じ、これがピーク時の水需要を増加させている。現在の三次水路は移植栽培を前提に設計されており、農民が所定の灌漑計画に基づいて直播方式で作付を一斉に開始すると、三次水路の通水能力が不足することになる。P B L Sの水稲作付計画委員

会が決定した作付計画が農民に守られない原因のひとつに、直播栽培普及に伴う水需要形態の変化に既存配水路網の機能が対応できぬことが考えられる。

直播栽培の実施には、移植栽培に比べ圃場の均平度向上が不可欠となる。均平度の悪い圃場では均一かつ確実な発芽が望めず、収量が低下するため、州政府農業局では水田圃場改良事業を導入し、農民負担経費を一部補助して、圃場整備を推進中である。直播栽培の普及のために、この事業の一層の促進が必要である。

#### 4.2.3 農作業の機械化

水稻の作付が遅れるもうひとつの原因として、農業機械の台数不足が考えられる。現在、計画地区内の農家1戸当たりの労働力は統計上3.2人であるが、1970年代後半より、農家の青年層が就労・就学のためクアラルンプール、クラン及びペタリン・ジャヤなどの近郊都市に流出しており、実際の労働力はこれ以下となっている。この流出によって農業従事者の高齢化が進行し、その60%が50歳以上となっている。これに伴って計画地区の稲作栽培管理作業の機械化が進んだ。さらに、地区内での季節労働力の雇用が困難になり、労賃も高騰したことから、この傾向は一層強まってきた。現在では整地及び収穫作業のほとんどが機械化されており、稼働中の農業機械台数はトラクター113台、ハーベスター65台、ロータリ113台、スラッシャー52台に達している。しかし、P.B.L.Sの作付計画どおりに農作業を行うと、表16に示すごとく、計画地区全体の所要機械台数はトラクター190台、コンバイン67台、ロータリ143台及びスラッシャー53台となり、トラクターとロータリが不足することになる。P.B.L.Sの作付計画が達成できない原因のひとつに、耕起しろかき作業実施時の農業機械台数の不足が考えられる。

#### 4.3 施設の構造上の欠陥

##### 4.3.1 ベルナム頭首工

D.I.D水管理規準によれば、ベルナム頭首工上流側の水位を9.45mに維持すれば、設計流量毎秒28.3トンを導水路に分水可能としている。しかし現実には、上流側水位を計画水位に維持しても設計流量が取水できないという状況が長い間続いてきた。設計流量を計画どおりに取水できない理由を明らかにするために、D.I.Dは1982年に水理模型実験を行った。その結果、毎秒28.3トンを導水路に分水するために必要なベルナム川の最小流量は毎

秒37トンで、この時の必要水位は9.63mであることが判明した。導水路への分水量の測定は、D I Dが頭首工下流部において毎週実施している。分水量とベルナム川上流水位の相関関係を図27に示してある。取水施設の流下状況を把握し、分水量が設計流量に達しない理由を解明するため、頭首工水門の試行開閉操作を行った。ラジアルゲート3門を全開し、取水用水門6門を閉鎖したところ、頭首工上流側の水位が低下するにつれ、スクリーンの前に付着している無数のごみと木片が露出した。河川水はこの付着物を完全越流して取水水門へ流入しており、ごみと木片を除去しスクリーンを取りはずすと、取水施設への流れは激変し、設計流量以上の水が取水用水門から流入した。

図27に示すように、スクリーンを取りはずして行なった分水量の測定結果から、水位と分水量の間には高い相関があることが判明した。頭首工上流側の水位が現計画水位9.45mであれば、分水量は毎秒26.5トンとなる。5.3節で説明する修正設計流量毎秒30.6トンで分水するために必要な水位は9.6mとなる。

#### 4.3.2 幹線水路

##### (1) 幹線水路通水能力の不足

幹線水路の通水能力が不足しており、ベルナム頭首工の取水施設で十分な用水量を取水しても、必要な用水を計画地区下流まで送水できない。ティンギ頭首工の直下流の幹線水路における水位と流量の対比を図28に示した。水路断面は背水に影響されているため、水位と流量の間には明確な相関関係がみられないが、幹線水路の最大通水能力はおむね毎秒14トンと判断される。

幹線水路の現況通水能力は背水計算によって概定した。この計算のために、極く最近実施された横断測量の成果を使用した。またマニング公式の粗度係数は0.03を採用した。幹線水路のティンギ頭首工から既存のパンチャンベディナ水位制御施設までの区間の現況通水能力を計算した結果を下表及び図29に示した。

区 間	現況通水能力 (A) (トン/秒)	設 計 流 量 (B) (トン/秒)	比 率 (A/B) (%)
上流区間 (ティンギ頭首工～TASB13)	15.0	27.6	54
(三次水路TASB13～TASL10)	14.0	23.0	61
中流区間 (三次水路TASL10～TAPP12)	12.6	18.3	69
下流区間 (三次水路TAPP12～TASN18)	8.8	16.4	54

幹線水路の現況通水能力はすべての区間で不十分であり、設計流量の54%から69%にとどまっている。

### (2) 幹線水路からの漏水

幹線水路からの漏水は、現在使用されていない旧施設地点で特に顕著であった。漏水は周知の事実であったが、無視できる程度のもので判断され、そのままにしておかれてきた。

図30に示すように、顕著な漏水箇所はサワセンパダン灌漑区とスンガイニッパ灌漑区の間33ヶ所ある。各漏水箇所の直下流で流量測定を行った。測定結果は表17に示してある。漏水の総量は毎秒7.9トンとなり、計画地区の現行設計流量の28%に相当する。この漏水量には、流量測定時の幹線水路水位が低下していたため、構造物からの越流量が含まれていない。

幹線水路護岸には、4インチパイプが4ヶ所、暗渠が1ヶ所に埋設されており、幹線水路から排水路に常時分水している。この分水は排水路沿い住民の生活用水として使われており、社会的問題を起すことも考えられるので、簡単にこの分水を止めることができない。

### (3) 水位制御施設

パンチャンベディナ水位制御施設は幹線水路の流れを阻害している。固定堰の上に設けられた水門で水位を制御している。水位制御施設下流の現行設計流量は毎秒8.8トン、水位制御施設の許容損失水頭は0.02mに設定されている。しかし、水門を全開しても、流量が約毎秒3.7トンになると損失水頭は0.02mを越えてしまうため、設計流量の通水は事実上不可能である。これは水位制御施設の敷高が設計流量に比べて高過ぎ、水位制

御施設の損失水頭が過大になるためである。

#### (4) 水路護岸高の不足

幹線水路の既存の水位制御施設より下流区間の現況護岸高は計画高より約15cmから50cm低い。二次水路c-cラインの片側の護岸はアスファルト舗装道路となっており、十分堅固であるが、反対側の護岸は計画水位を維持するだけの高さをもっていない。水位が計画水位近くに上昇すると、5ヶ所で溢水が生ずる。計画水位から60cmの余裕高が確保できよう護岸の天端を高めする必要がある。

#### 4.3.3 バガンテラップ揚水機場

バガンテラップ揚水機場の現況灌漑面積は、バガンテラップ灌漑区1,200ヘクタール及びスンガイ・パンジャン地区320ヘクタールである。これに必要な最大水量は毎秒3.55トンである。既存のポンプ及びディーゼルエンジンは1964年以来23年間運転されており、耐用年数を既に過ぎている。部品を調達するのが困難であり、ディーゼルエンジン3台のうちの1台は約1年間修理のために取りはずされたままである。ポンプ効率は図31に示したように設計時の70%まで低下している。揚水機場からの送水量は、2台のポンプを最大限に運転しても、毎秒約2.5トンである。

河川水中の浮遊土砂量は、満潮時には約3,500ppmから5,000ppmに達し、干潮時においても1,100ppmある。シルトが取入れ水路及び用水路にすぐ堆積するので、浚渫作業を頻繁に行う必要がある。取入れ水路の浚渫はドラクライン2台で、用水路は掘削機1台で実施している。浚渫費用が高み、1985年には用水路浚渫経費だけで年間5万マレイシアドルを支出した。

潮位が高くベルナム川の流量が非常に小さくなった場合に、取入れ水路に海水が侵入する。ベルナム頭首工の土砂吐用水門が閉められ、下流への放流がない場合に、海水の侵入が著しくなる。スンガイブサル市街地の生活用水も、セラングール州水道局がバガンテラップ揚水機場の取入れ水路から揚水している。したがって、海水の侵入に対しては灌漑用水ばかりでなく生活用水に対しても特別の配慮を払う必要がある。

#### 4.3.4 三次水路

三次水路にはコンクリート水路が採用されており、関連する構造物は分土工、チェックゲート、堰板及び分水パイプである。これらの構造上の欠陥を要約すると下記のとおりとなる。

##### (1) コンクリート水路

コンクリート水路の現状を把握するために、各灌漑区より2本の三次水路を選定し、水路の天端高、分水パイプの位置などを測量し、設計値と比較した。この結果、ほとんどの三次水路は設計どおりに施工されていることが判明したが、パッシールパンジャン灌漑区のコンクリート水路は不等沈下によりかなり傾いており、左右側壁の天端高に最大5cmの差異が認められた。

各灌漑区とも、コンクリート水路の継ぎ目から漏水が認められ、漏水箇所数は平均して1km当たり2ヶ所ある。漏水量は分水パイプからの流出量を上回り、多量の水が浪費されている。

水路の底には土砂やごみが多量に溜まっている。一度ごみが水路に投げ込まれると、下流まで運ばれて堆積し、水路内の流れに大きな悪影響を及ぼしている。水路の敷高は断面の変化点で高くなっているため、水路への水供給を停めても、水路底は完全に水を排除できないので、水路の清掃作業は非常に困難である。

直播栽培の普及に伴い、しろかき期のピーク用水量が増えている。しろかき期の粗用水量は280mmであるが、雑草の成育を押さえるために、できるだけ速くしろかき用水を補給する必要がある。最大限10日間以内に補給する必要があるため、1日当たりの補給量は28mm、ヘクタール当たり毎秒3.24litとなる。既存のコンクリート水路は移植栽培を前提に設計されており、補給量は1日当たり20.1mm、ヘクタール当たり毎秒2.33litである。したがって、既存のコンクリート水路では、直播栽培の普及により増加したピーク用水量を通水することができない。

各三次水路の灌漑対象圃場全部でしろかき作業を一斉に開始し、10日間で終了させるには、既存のコンクリート水路の通水能力を1.4倍に増やさなければならない。既存水路を最大限に有効利用するためには、輪灌漑方法を導入する必要がある。また、分水パイプの通水能力も不足するので、しろかき期にはサイフォンの使用が不可欠となる。

## (2) 分水工

図14に示すように、既存の分水工には2種類のスクリーンが当初取付けられていた。しかし、大量の水草がスクリーンに付着し、取水が困難になったので、1984年から85年にかけて、分水工に垂直に取付けられていたスクリーンはすべて取り外された。その結果、取水量は増加したが、同時にコンクリート水路へ水草やごみが顕著に流入するようになった。また、分水工の前面には建設時に仮置きした土砂が未だに放置されているため、取水能力を低下させる原因となっている。

三次水路の起点で流量が計測できるように水位標識が設置されていたが、現在約16%の水位標識は判読できない状態にある。分水工に設置されている2種類の水門をD I Dの操作規準に基づいて操作した結果、幹線水路と三次水路の双方の水位が頻繁に変動するため、正確な流量制御が困難であることが判明した。もし、双方の水位の変動が少なければ取水量を測定することは可能であると思われるが、その流量調整には長時間を要する。現地で調査した結果では、1回の流量調整に約2時間を要し、正確に取水量を制御するには2回ないし3回の調整作業が必要である。そのため1本の三次水路の取水量を調整するのに1日を要することになり、実用的であるといえない。

## (3) チェックゲート

チェックゲートの天端高が高くて、水路内の水位を適当な位置に調節できないことが判明したので、計画地区内のすべてのチェックゲートについて実態調査を行った。調査結果は、表18に示すとおりであるが、合計199のチェックゲートのうち、51のチェックゲートはすでに取り外されており、7ヶ所ではチェックゲートが損傷を受けてその機能を発揮できない状況にある。残りの141のチェックゲートについてさらに詳しい調査を実施した。チェックゲートの位置をできるだけ下げて、その天端高と水路底高を測定した。表19に示すとおり、水槽内に溜まっているごみのために、101のチェックゲートは設計どおり下げることができない。このようなチェックゲートでは、上流側の水位が過剰に堰上げられるために、下流への通水量は設計流量を下回ることになる。このため、チェックゲートの多くが農民により壊されたり、D I Dにより取り外されている。

現在、水槽の容量の半分以上がシルトやごみで埋めつくされている。ごみの種類は水草、藁、バナナやマンゴーの木の葉、肥料や農薬の袋、バケツなどである。一度農民が

ごみを投げ入れると、D I D職員が取り除かない限り、そのまま放置されている。

(4) 堰板

堰板はほとんど無くなっており、コンクリートフリーム末端にある堰板だけが残っている。チェックゲート間の距離が1.6kmと長いので、水位を制御するために堰板の使用は必要である。このため堰板の位置、高さについて各三次水路ごとに調査を行う必要がある。

(5) 分水パイプ

分水パイプからの放流量は、各圃場への分水量を左右するので、15個の分水パイプを任意に選んで、放流量をそれぞれ測定した。測定結果は図32に要約してあるが、各分水パイプの流量係数は下記のとおりとなる。

灌 溉 区	三次水路名	流 量 係 数
パンチャンベディナ	TAPB 1a	0.84
	TAPB 1a	0.87
スングレマン	TASL 1	0.77
	TASL 1	0.81
	TASL 2	0.74
	TASL 2	0.79
	TASL 5R	0.76
スングイブロン	TASB 1	0.73
セキンチャン	TAS 1	0.84
	TAS 1	0.83
	TAS 2	0.75
	TAS 2	0.81
パッシールパンジャン	TAPP 7	0.82
	TAPP 8	0.84
	TAPP 12	0.75

分水パイプの流量係数は最小の0.73から最大の0.87まで大きく変動しており、平均流量係数は0.80となる。この理由については、パイプの内側に付着した水垢、パイプ入り口の形状、パイプの歪み、流量測定の実誤差などいろいろ考えられるが、明確な理由は明らかでない。

流量係数を0.8と仮定して、通常期の灌漑用水量毎秒1.07litを放流するための水深を

計算すると、必要となる水深は1.9cmとなる。

いろいろな水深下で、分水パイプからの放流量を下記のとおり計算した。75%以上の灌漑効率を確保するためには、各分水パイプでの水深を3.8cm以下に保つ必要がある。

水深 (cm)	分水パイプからの放流量 (lit/秒)
2.5	1.2
3.8	1.5
5.1	1.8
6.4	2.0
7.6	2.2

分水パイプの位置は放流量に直接影響するので、三次水路11本を選び、すべての分水パイプ1,750個についてその位置を測定した。測定結果は、図33に示すとおりである。

設計上、分水パイプの位置は三次水路天端より30.5cmと決められている。94%の分水パイプはその上下2.5cm以内にあるが、残り6%については設計値との差異が顕著である。

このような分水パイプは位置を修正する必要がある。

#### 4.3.5 排水網

計画地区内の排水問題はバガンテラップ灌漑区に限定されている。常習湛水地区は支線水路c-cライン、1号地区内横断農道、三次水路TABT3及びTABT11に囲まれた地区中央の低地で、面積は530ヘクタールあり、位置を図34に示した。雨水は支線水路c-cラインに沿った幹線排水路に排水され、最後はスンガイブサール防潮堰に達する。バガンテラップ灌漑区では排水路からの堰上げ灌漑が行われており、旧排水路には排水路水位調節水門が設置されていないので、幹線排水路の排水路水位調節水門が使われている。したがって、幹線排水路は作付期間中は満水状態に保たれ、大降雨後に水門を開ける必要が生じても、その後の水不足を懸念して、めったに水門を開けない。このため低地に局部的な湛水被害が発生する。いったん強雨があると、この低地から排水路水位調節水門までの距離が長く排水に長時間を要するため、湛水は約0.6mの深さでほぼ1週間継続する。

幹線排水路と道路の交叉するところには、暗渠か橋のどちらかがある。暗渠は排水路の断面に比べて寸法が小さく、通水断面が不足しており、地区内からの余剰水の円滑な排水を阻害している。幹線排水路には、このような暗渠が7ヶ所ある。

既存の排水路水位調節水門のうち、図16に示すNo28, 29, 30の3ヶ所の水門がよく機能

していない。No.28と29の水門の下流には低地がある。いずれの水門からでも、下流への放流が低地に悪影響を与えるため、周辺住民が勝手に排水することは許されていない。No.30水門の場合は、下流排水路の400m区間がまだ建設されていない。このため、パンチャンベデナ地区北部付近からの排水を難しくしている。

#### 4.3.6 農道

P B L Sの完成によって、農道の間隔は400mになった。P B L Sの完成前後の農道標準配置を図35に示してある。しかし、計画地区内の圃場の約半数はまだ既存農道から直接出入りができない。しかも新設された農道の幅員は1.8mしかないため、大型農業機械は通行できない。農道の必要性の増加に伴い、D I Dは農道の現況幅員を2.4mへ拡幅する工事を手始めに、既存農道網の改良に着手した。

### 4.4 水管理

#### 4.4.1 ベルナム頭首工

ベルナム頭首工は適正に管理され、すべての水門及び関連施設はよく機能している。水管理上の主要な問題は、土砂吐用水門から下流への連続放流と取水用水門の操作の2点である。

##### (1) 土砂吐用水門から下流への連続放流

土砂吐用水門はこれまで一度も閉められたことがなく、取水用水門の前の土砂堆積を防止するため、年間を通して毎秒最小6.2トンの水を下流に放水している。もし、この放流を止め、水不足時に灌漑用水として使用できるならば、この水は計画地区の新たな水源とみなすことができる。

1956年に建設された当初の頭首工は、幅30m、堰頂標高7.6mの固定堰と、標高6.7mの敷高でベルナム川から導水路へ分水できる6連暗渠の取水施設からなっていた。堰の上流水叩き標高は5.5m、下流水叩き標高は5.2mであった。ところが、この頭首工の運用を開始した時、分水が全くできず、堰は常に水没していた。最初の作付期間後、取水施設から導水路に多量の土砂が流入し、1961年までに、堰の上下流河床はそれぞれ5.5m及び5.2mから7.3mに上昇した。この土砂堆積は頭首工の上下流区間に拡大していった。しかし、取水ができぬ理由と土砂堆積の原因は不明のままであった。

取水施設への土砂流入防止と、設計流量毎秒28.3トンの取水を確保する方法を見出すために、D I Dは1964年に水理模型実験を行った。取水施設付近の堆積土砂を堰下流へ吐き出させるいろいろな方法を試みたが、有効な方法は見つからなかった。しかし、取水施設の敷高と河川の計画水位を上げることが他の方法よりいくらかよいことがわかった。最終的には、下記の解決方法が提案された。

ア、可動堰に改めてラジアルゲート3門を設置し、河川計画水位を12.5mに高める。

イ、取水施設の敷高を上げ、その軸線を河川の中心線に平行する。

ウ、河川寄りの取水暗渠の直壁に0.9m角の3連開口部を均等に配置する。暗渠の下流側終点は堰の下流側に開口させる。

また、吐出し口の間隔と寸法を調整し、取水施設取入れ口付近で堰下流方向へ常時放流すると、取り入れ口からの土砂の引き込み量はさらに減少することが認められた。吐出し口の寸法と数を変えて実験を行い、そこで得られた最も適正な形状と配置がベルナム頭首工改築時に採用された。乾季における土砂吐からの定量放流量は毎秒6.2トンとなった。それ以来、土砂吐用水門は全開したまま、毎秒最小6.2トンを常時下流へ放流している。

取水施設付近の土砂堆積についてさらに検討するため、D I Dは水理模型実験を1982年に再び行った。実験では、河川流量を毎秒14.2、28.3及び34.0トンに設定した3ケースにつき、導水路の堆砂量と土砂吐から下流へ流出した土砂量を検討した。水理模型実験の結果は下記のとおりである。

河川流量 (トン/秒)	沈澱物 (ppm)		割 合 (導水路 : 土砂吐)
	導 水 路	土 砂 吐	
14.2	*	*	
28.3	72	665	1 : 9.3
34.0	359	799	1 : 2.2

注 \* ; 微量

河川流量が毎秒14.2トン以下の時は流入土砂量は無視できる範囲にあり、また河川流量が毎秒28.3トンの場合には、浮遊土砂のほとんどは土砂吐から下流に放流可能であることが明らかである。

図9に示すように、S K C橋測水所地点では河川流量が毎秒20トン以下の時は浮遊土砂量も120ppm以下である。ベルナム頭首工地点における浮遊土砂量は、1986年の低水時

で123 ppmである。これから、毎秒約20トン以下の低流量時には、ベルナム頭首工の土砂吐用水門を閉めても、土砂の堆積は生じないと判断できる。

これらの事実から、ベルナム川の流量が毎秒20トン以下になった時には土砂吐用水門を閉め、毎秒6.2トンの放流量を灌漑用新規水源として利用できることが判明した。もし計画地区の灌漑必要量がベルナム頭首工での取水量を上回った時には、土砂吐用水門を閉めることを提案する。もし仮りにこの操作によって取水施設前の土砂堆積が顕著になっても、土砂吐用水門と可動堰を定期的に関けることにより、下流への土砂放流は可能である。しかしながら、放流量を止めることによって下流域への悪影響が起らないようにすることが必要である。

#### (2) 取水用水門の操作

取水施設の6門の水門は、ベルナム川の流量を全量取水するため常時全開の状態におかれ、計画地区内に洪水の恐れが生じた場合にのみ閉められる。この操作規準は、降雨量や分水量が必要灌漑用水量を越えた場合には、余剰水がタンジョンカラン湿地に貯留され、逆に、降雨量や分水量が渇水期に不十分な時には、不足する用水量は湿地からの流出にたよるものという仮定に基づいている。

しかし、乾季における湿地からの利用可能水量は極めて少なく、計画地区の水源としては無視すべきということが明白となった。したがって、ベルナム頭首工からの取水は計画地区の必要灌漑用水量に合わせて行い、過剰取水は導水路の土砂堆積を少なくするために実施してはならない。

#### 4.4.2 導水路及びティンギ川

基幹施設の通水状況を監視するため、D I Dは主要地点で毎週流量観測を行っている。導水路とティンギ川のほとんどの区間はタンジョンカラン湿地内を流れているので、流量は下流で増加するものと考えられている。しかし、過去の流量観測記録によれば、下流の流量がいつも上流より多いとはいえない。実際に1986年の乾季にティンギ頭首工の上流で観測された流量はしばしばベルナム頭首工の取水量を下回った。導水路のスнгаイドゥスン測水所とティンギ川のティンギ頭首工の直上流地点の流量観測記録を対比して表20に示した。流量減少の原因を明らかにするため、水路の兩岸を仔細に調査したが、水路沿いに漏水箇所はなかった。しかし、幹線水路の水位変動がティンギ川の流量に大きく影響して

いることが明らかになった。

導水路とティンギ川の縦断面図は図36に示すとおりで、導水路とティンギ川の水面勾配はそれぞれ1:5,500及び1:10,000である。特にティンギ川の勾配が緩いので、幹線水路水位変動による背水効果がティンギ川上流にまで到達している。河川そのものが相当の貯留能力を有しており、貯水池としての機能を持っているものと想定される。導水路とティンギ川の水収支を評価するために、図37に示すような単純モデルを仮定した。水は入口より貯水池に入り、出口から流出する。入口はベルナム頭首工の取水施設に相当し、出口はティンギ川と幹線水路の合流点に相当する。貯水池の幅を35m、延長を38,000m、面積を130万平方メートルと仮定した。貯水池への流入量( $Q_1$ )はベルナム頭首工からの取水量に、流出量( $Q_2$ )はティンギ川から幹線水路への流量にそれぞれ相当する。他に、貯水池への流入量( $Q_2$ )として、タンジョンカラン湿地からの浸透水あるいは流出がある。いずれも乾季には非常に少量となるので、モデルからは無視することとする。

流入量( $Q_1$ )は完全越流であり貯水池水位による影響は受けない。逆に、流出量( $Q_2$ )は幹線水路の水位変動の影響を受ける。幹線水路の水位が下り、貯留水が流出を開始すると、貯水池出口からの流量は増加する。幹線水路の水位が一定に保たれば、 $Q_2$ は $Q_1$ に等しくなる。幹線水路の水位と、 $Q_1$ 及び $Q_2$ の関係は図37に表わした。もし幹線水路の水位が低下すると、 $Q_2$ は $Q_1$ より大きくなり、水位が1時間に1cm下ると貯水池出口増加流量( $q$ )は以下の計算のように、毎秒3.6トンとなる。この事実は、ティンギ頭首工の上流での流量観測値が幹線水路の水位変動に大きく影響されていることを示している。

$$q = 1,300,000 \times 0.01 / 3,600 = 3.6 \text{ トン/秒}$$

以上の事実は流量観測の過去の記録からも確認できる。自記水位記録計がティンギ頭首工の上流に設置されている。1986年の5月から9月にかけての測定記録を用い、流量観測が行われた日の幹線水路の水位変動を検討し、日水位変動の顕著な5ケースを分析の対象とした。3時間ごとの水位を記録紙より読みとり、流量変化量( $q$ )を計算した。ティンギ頭首工の上流流量を、ベルナム頭首工の分水量( $Q_1$ )に $q$ を加えることによって推定し、観測流量( $Q_2$ )と比較した。分析結果は表21に示すとおりであるが、推定流量は非常に変化している。しかし、測水時と同時刻の推定流量は観測流量と類似している。

ティンギ頭首工上流の流量観測は、これまで図37に示す $Q_2$ ライン上の任意の点で行っていたものと考えられる。以上の解析結果を吟味し、下記の結論を得た。