

国際協力事業団  
エジプト・アラブ共和国  
公共事業水資源省

エジプト・アラブ共和国  
バハルヨセフ地区灌漑整備計画

基本設計調査報告書

平成6年11月

株式会社 三祐コンサルタンツ

|        |
|--------|
| 無調一    |
| CR(2)  |
| 94-178 |

国際協力事業団

エジプト・アラブ共和国

バハルヨセフ地区灌漑整備計画 基本設計調査報告書

平成6年11月

三祐コンサル

105  
33  
RF



国際協力事業団  
エジプト・アラブ共和国  
公共事業水資源省

エジプト・アラブ共和国  
バハルヨセフ地区灌漑整備計画

基本設計調査報告書

57353

JICA LIBRARY



1118445141

平成6年11月

株式会社 三祐コンサルタンツ

国際協力事業団

27353

## 序 文

日本政府は、エジプトアラブ共和国政府の要請に基づき、同国のバハル・ヨセフ地区灌漑整備計画にかかる基本設計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いたしました。

当事業団は、平成6年5月25日から6月28日まで国際協力事業団専門員の吉井和弘を団長とし、株式会社三祐コンサルタンツの団員から構成される基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、エジプト政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、平成6年9月30日から10月11日まで実施された報告書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成6年11月

国 際 協 力 事 業 団

総 裁 藤 田 公 郎



## 伝 達 状

国際協力事業団

総裁 藤 田 公 郎 殿

今般、エジプトアラブ共和国におけるバハル・ヨセフ地区灌漑整備計画基本設計調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

本調査は、貴事業団との契約に基づき、弊社が平成6年5月20日より平成6年11月21日までの6ヵ月間にわたり実施してまいりました。今回の調査に際しましては、エジプトの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

尚、同期間中、貴事業団を始め、外務省、農林水産省関係者には多大のご理解並びにご協力を賜り、御礼を申し上げます。また、エジプトにおける現地調査期間中は、公共事業水資源省灌漑局、JICAエジプト事務所、在エジプト日本国大使館の貴重な助言とご協力を賜ったこともつけ加えさせていただきます。

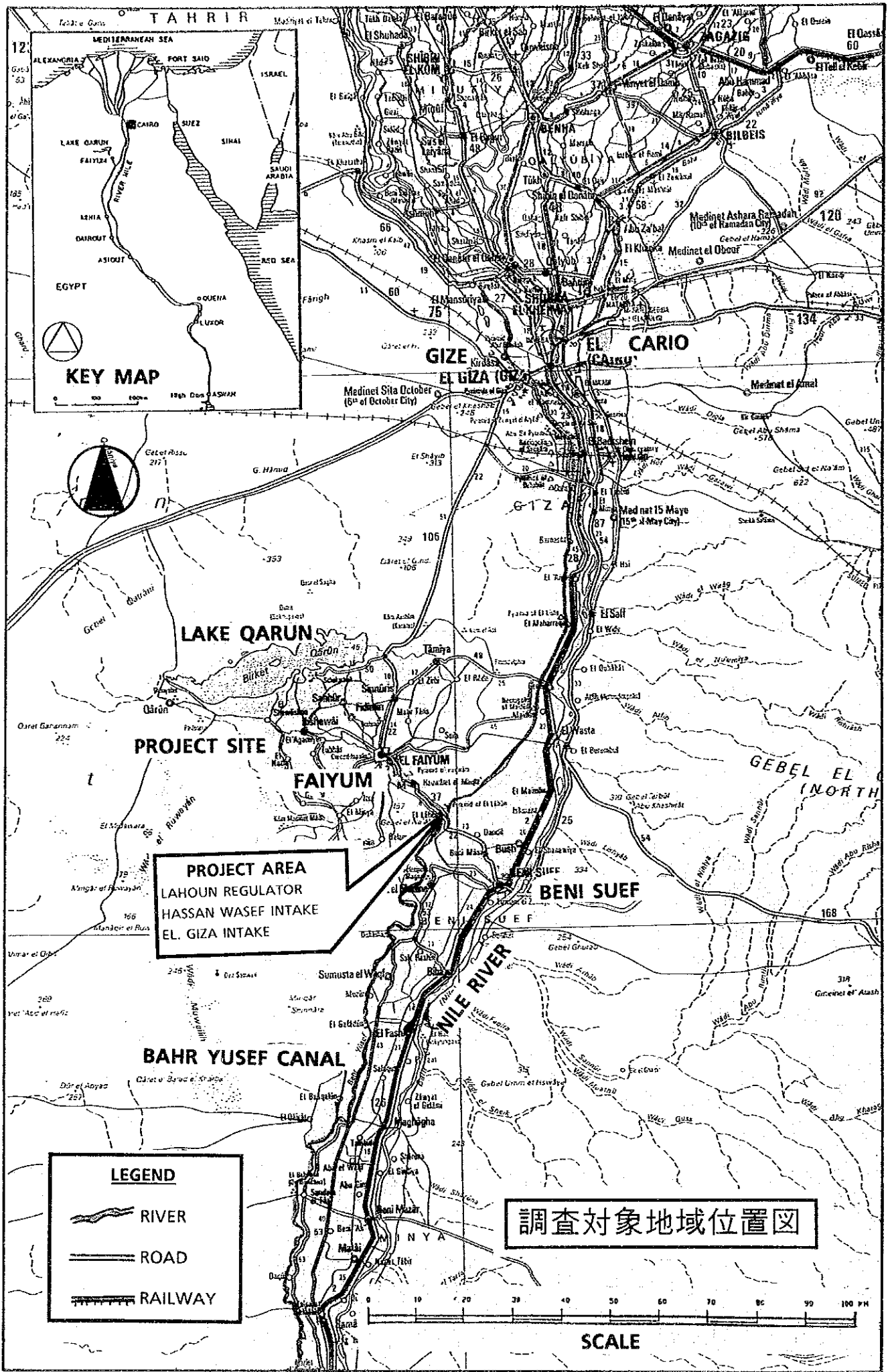
貴事業団におかれましては、本計画の推進に向けて、本報告書を大いに活用されることを切望いたす次第です。

平成6年11月

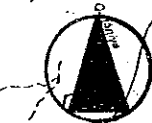
株式会社三祐コンサルタンツ  
エジプトアラブ共和国  
バハル・ヨセフ地区灌漑整備計画基本設計  
調査団 業務主任 寺村靖夫







**KEY MAP**



**PROJECT SITE**

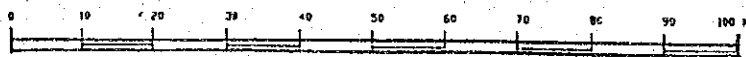
**PROJECT AREA**  
 LAHOUN REGULATOR  
 HASSAN WASEF INTAKE  
 EL. GIZA INTAKE

**LEGEND**

-  RIVER
-  ROAD
-  RAILWAY

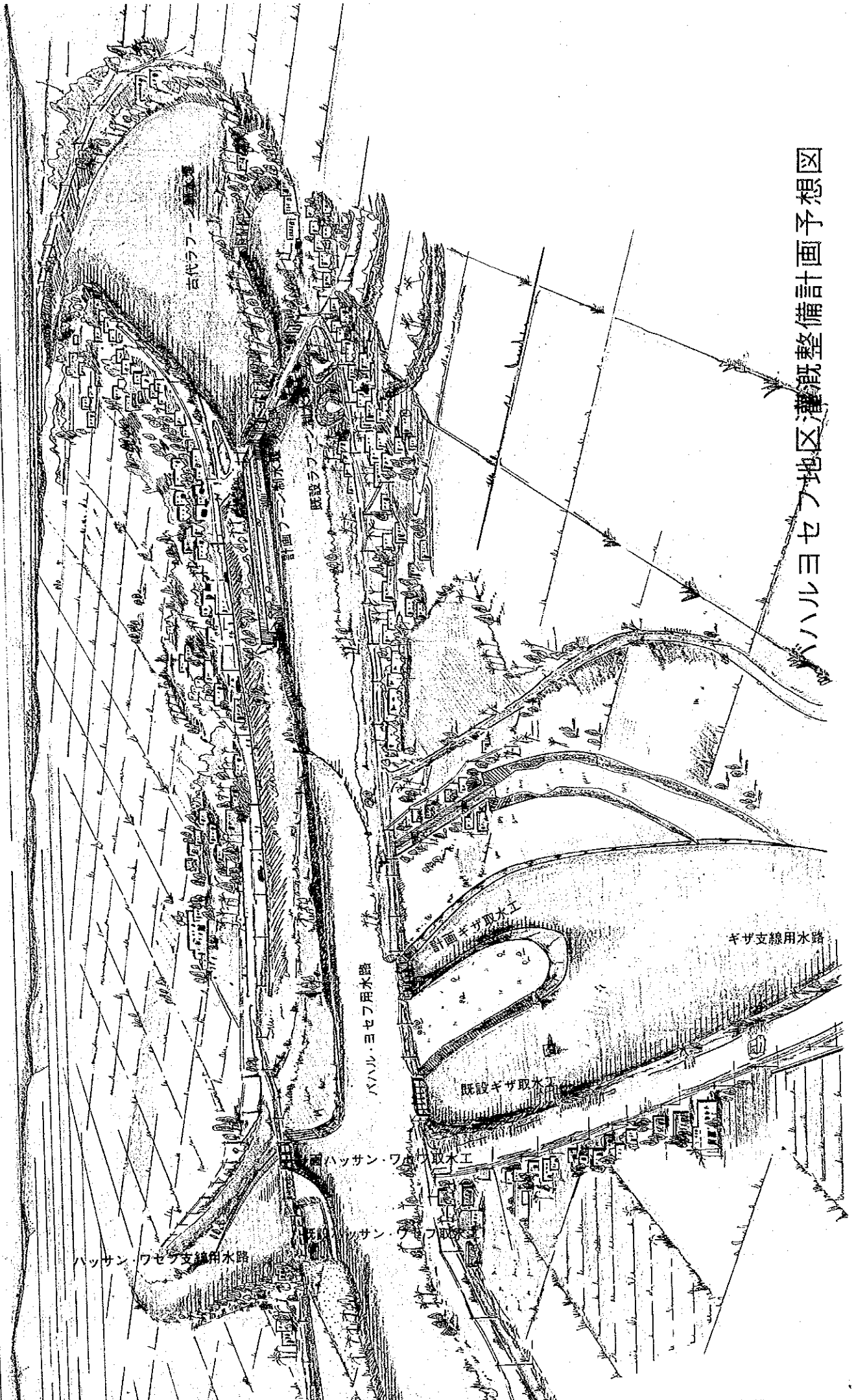
調査対象地域位置図

**SCALE**

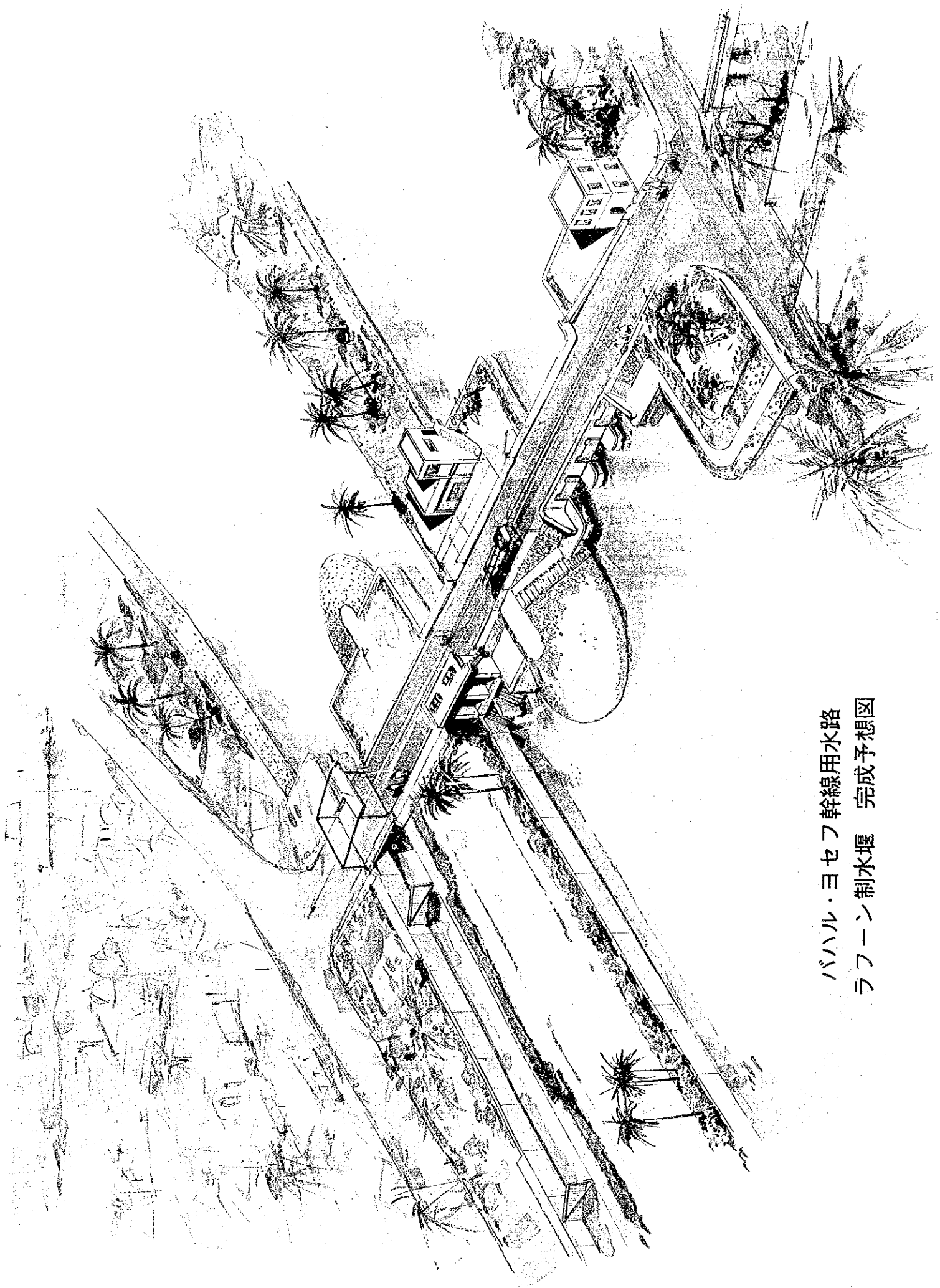




バハルヨセブ地区灌漑整備計画予想図

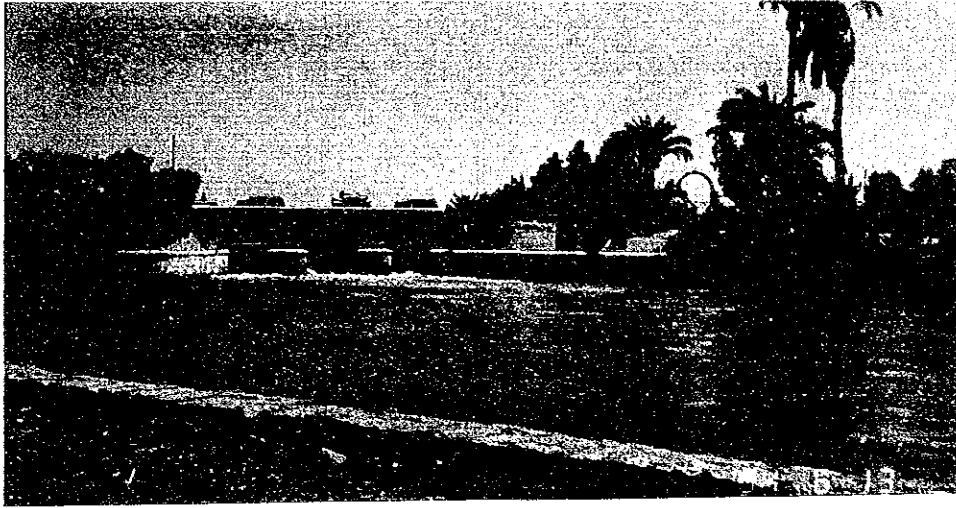




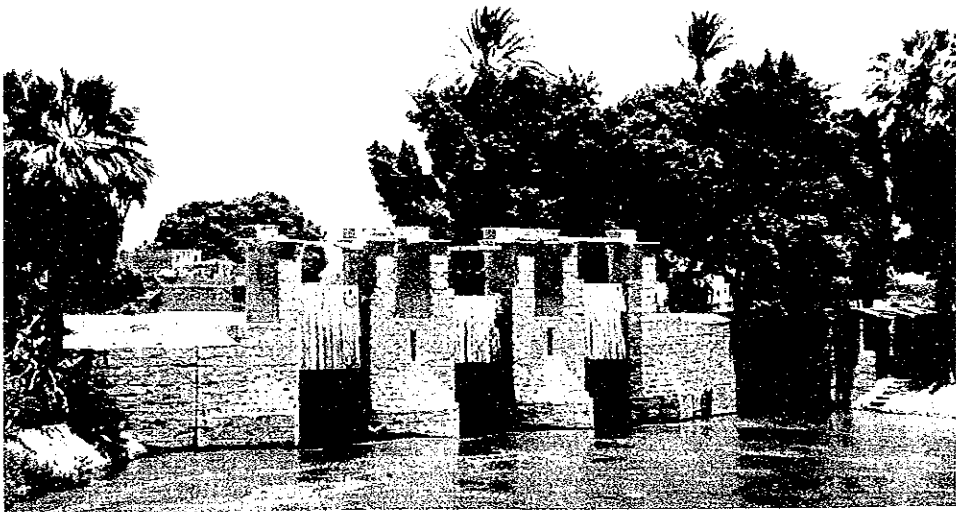


バハル・ヨセフ幹線用水路  
ラフーン制水堰 完成予想図





下流部よりラフーン制水堰遠望



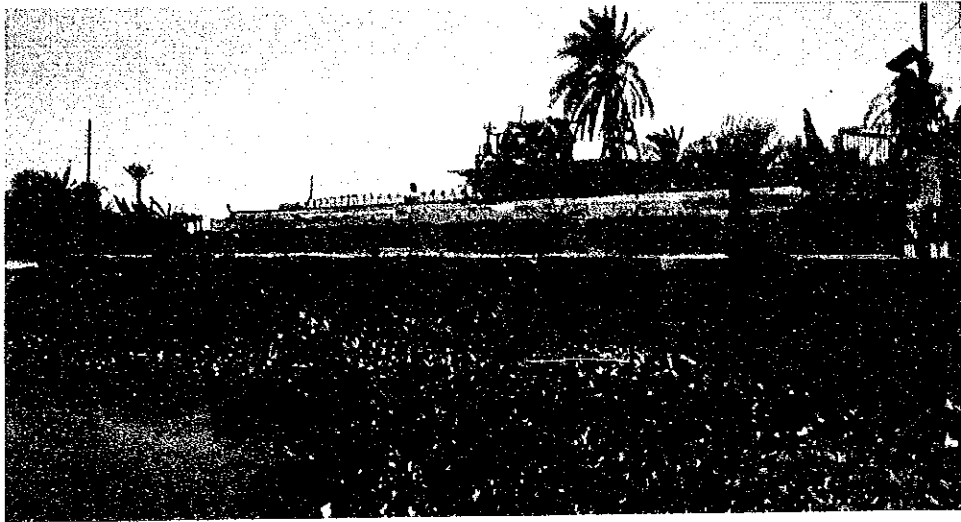
古代ラフーン制水堰、上流側より遠望



ラフーン制水堰頂部道路、車輛通行状況



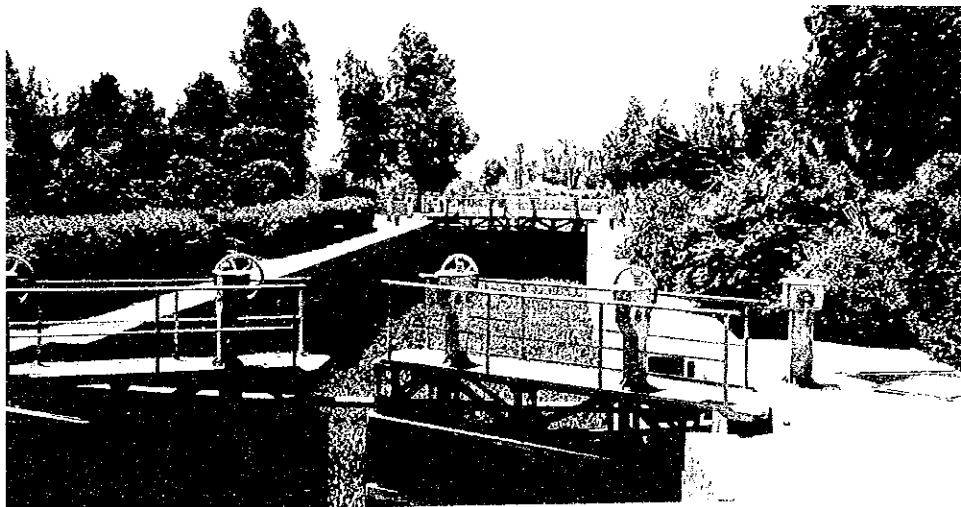




ハッサン・ワセフ取水工、上流部



ギザ取水工、ギザ水路下流側より遠望



ラフーン閘門工、閉塞状況



## 目 次

頁

序 文  
伝達状  
位置図・透視図  
要 約

|       |                     |    |
|-------|---------------------|----|
| 第 1 章 | 要請の背景               | 1  |
| 1.1   | 要請の経緯               | 1  |
| 1.1.1 | 「エ」国における農業の現状       | 1  |
| 1.1.2 | 「エ」国における農業の問題点      | 1  |
| 1.1.3 | 灌漑施設の改善の必要性和重要性     | 1  |
| 1.1.4 | 事業の位置付              | 2  |
| 1.1.5 | 要請の理由               | 2  |
| 1.2   | 要請の概要・主要コンポーネント     | 3  |
| 1.2.1 | 要請の目的               | 3  |
| 1.2.2 | 実施機関                | 3  |
| 1.2.3 | 要請の内容(主要コンポーネント)    | 3  |
| 第 2 章 | 調査の概要               | 5  |
| 2.1   | 調査の背景               | 5  |
| 2.2   | 協議内容                | 5  |
| 2.3   | 調査内容                | 8  |
| 2.3.1 | 現地調査                | 8  |
| 2.3.2 | 現況施設の維持管理実体と新規施設の運営 | 9  |
| 第 3 章 | プロジェクトの周辺状況         | 12 |
| 3.1   | 当該国の社会・経済事情         | 12 |
| 3.2   | 当該セクターの開発計画         | 12 |
| 3.2.1 | 上位計画                | 12 |
| 3.2.2 | 財政事情                | 13 |
| 3.3   | 他の援助国、国際機関等の計画      | 14 |
| 3.4   | 我が国の援助実施状況          | 15 |
| 3.5   | プロジェクトサイトの状況        | 15 |
| 3.5.1 | 自然条件                | 15 |
| 3.5.2 | 社会基盤整備状況            | 21 |
| 3.6   | 環境問題                | 22 |

|        |  |      |
|--------|--|------|
| 第4章    | プロジェクトの内容                                      | 23   |
| 4.1    | プロジェクトの基本構想                                    | 23   |
| 4.1.1  | 協力の方針  | 23   |
| 4.1.2  | 要請内容の検討結果                                      | 27   |
| 4.2    | プロジェクトの目的・対象                                   | 27   |
| 4.3    | プロジェクトの実施体制                                    | 28   |
| 4.3.1  | 実施機関   | 28   |
| 4.3.2  | 組織   | 28   |
| 4.3.3  | 予算   | 28   |
| 4.3.4  | 維持・管理計画  | 28   |
| 4.4    | プロジェクトの最適案に係わる基本設計                             | 30   |
| 4.4.1  | 設計方針   | 30   |
| 4.4.2  | 設計条件   | 35   |
| 4.4.3  | 基本設計   | 36   |
| 4.4.4  | 基本設計図  | 52   |
| 4.4.5  | 現況橋梁の強度の検討                                     | 63   |
| 4.5    | 施工計画   | 68   |
| 4.5.1  | 施工方針   | 68   |
| 4.5.2  | 建設及び施工上の留意事項                                   | 70   |
| 4.5.3  | 施工監理計画   | 70   |
| 4.5.4  | 資機材調達計画  | 71   |
| 4.5.5  | 実施工程   | 73   |
| 4.6    | 概算事業費  | 76   |
| 4.7    | 技術協力・他ドナーとの連携                                  | 77   |
| 第5章    | プロジェクトの評価と提言                                   | 78   |
| 5.1    | 裨益効果   | 78   |
| 5.2    | 妥当性に係る実証・検証                                    | 80   |
| 5.3    | 提言   | 81   |
| 「添付資料」 |  |      |
| 1.     | 調査団の団員構成                                       | S-1  |
| 2.     | 現地調査の日程  | S-2  |
| 3.     | 相手国関係者リスト                                      | S-4  |
| 4.     | 協議議事録  | S-6  |
| 5.     | 当該国の社会・経済事情                                    | S-18 |
| 6.     | 要請書に添付されたラフーン制水堰及び<br>ハッサン・ワセフ取水工、ギザ取水工計画平面配置図 | S-20 |
| 7.     | 公共事業水資源省 (MPWWR) 組織図                           | S-21 |

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| 8.  | 事業実施組織図   | S-22 |
| 9.  | 維持管理組織計画図 | S-23 |
| 10. | 相手国負担経費内訳 | S-24 |
| 11. | 年間維持管理費   | S-26 |

### 表の目次

|      |                         |    |
|------|-------------------------|----|
| 表4-1 | バハル・ヨセフ地区灌漑整備計画ゲート選定比較表 | 32 |
| 表4-2 | 各施設の月別上下流平均水位           | 35 |
| 表4-3 | 許容地耐力計算結果表              | 51 |
| 表4-4 | 日本人常駐技術者                | 69 |
| 表4-5 | 派遣技術者                   | 69 |
| 表4-6 | 施工監理要員配置計画              | 71 |
| 表4-7 | 現地調達資機材                 | 72 |
| 表4-8 | 日本調達資機材                 | 72 |
| 表4-9 | 工事負担区分                  | 75 |
| 表5-1 | 計画実施による効果と現状改善の程度       | 79 |

### 図の目次

|      |                                |    |
|------|--------------------------------|----|
| 図4-1 | バハル・ヨセフ地区灌漑整備計画ラフーン制水堰他工事実施工程表 | 74 |
|------|--------------------------------|----|

### 図面の目次

|     |                     |    |
|-----|---------------------|----|
| 1.  | 計画一般平面図             | 52 |
| 2.  | ラフーン制水堰 ー構造図ー       | 53 |
| 3.  | ラフーン制水堰 ーゲート計画図ー    | 54 |
| 4.  | エル・ギザ取水工 ー構造図ー      | 55 |
| 5.  | エル・ギザ取水工 ーゲート計画図ー   | 56 |
| 6.  | ハッサンワセフ取水工 ー構造図ー    | 57 |
| 7.  | ハッサンワセフ取水工 ーゲート計画図ー | 58 |
| 8.  | 管理建物および配電系統計画図      | 59 |
| 9.  | ラフーン制水堰付帯構造物計画図     | 60 |
| 10. | 仮設計画図               | 61 |
| 11. | 土留矢板構造計画図           | 62 |

略記号・換算率・語彙

略記号

|          |  |
|----------|--|
| エジプト国    | Arab Republic of Egypt (ARE)                         |
| 開発援助委員会  | Development Assistance Committee (DAC)               |
| 欧州共同体    | European Community (EC)                              |
| 国連食糧農業機関 | Food and Agriculture Organization (FAO)              |
| 計画調査     | Feasibility Study (F/S)                              |
| 国民総生産    | Gross National Product (GNP)                         |
| 国内総生産    | Gross Domestic Product (GDP)                         |
| アスワンダム   | High Aswan Dam (HAD)                                 |
| 灌漑局      | Irrigation Department (ID)                           |
| 灌漑地方局    | Irrigation Directorate (ID)                          |
| 灌漑改善課    | Irrigation Improvement Project (IIP)                 |
| 国際通貨基金   | International Monetary Fund (IMF)                    |
| 国際協力事業団  | Japan International Cooperation Agency (JICA)        |
| 機械電気局    | Mechanical and Electrical Department (MED)           |
| 外務省      | Ministry of Foreign Affairs (MFA)                    |
| 全体計画     | Master Plan (M/P)                                    |
| 公共事業水資源省 | Ministry of Public Works and Water Resources (MPWWR) |
| 維持管理     | Operation and Maintenance (O/M, O&M)                 |
| 業務範囲     | Scope of Work (SW)                                   |

単位

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| cm                        | centimeter             |
| °C                        | centigrade             |
| cu.m                      | cubic meter            |
| cms (m <sup>3</sup> /sec) | cubic meter per second |
| fed.                      | feddan = 0.42 ha       |
| ha                        | hectares = 2.38 fed.   |
| hr                        | hour                   |
| kg                        | kilogram = 1,000 g     |
| km                        | kilometer = 1,000 m    |
| km <sup>2</sup>           | square kilometer       |
| lit./sec                  | liter per second       |
| m                         | meter                  |
| MCM                       | million cubic meter    |

|       |                  |
|-------|------------------|
| m/sec | meter per second |
| %     | percent          |
| t     | ton=1,000 kg     |

通貨

|           |                       |
|-----------|-----------------------|
| エジプト・ポンド  | Egyptian Pound (LE)   |
| エジプト・ピアスタ | Egyptian Piaster (Pt) |
| 日本円       | Japanese Yen (Yen, ¥) |
| アメリカ・ドル   | US Dollar (s) (U.S\$) |

交換率(1991)

|      |             |
|------|-------------|
| LE   | = 100 Pt    |
| LE   | = ¥ 29.63   |
| LE   | = US\$ 0.30 |
| US\$ | = LE 3.37   |
| US\$ | = ¥ 99.80   |





## 要 約



## 要 約

エジプト・アラブ共和国(以下「エ」国)において農業分野は労働人口の35%(1986/87)に労働機会を与え、また農産物の輸出が大きな外貨取得源(5%)ともなっているなど、食糧の供給に加えて、経済面でも重要な役割を担っている。しかしながら、農耕地(国土面積の3.4% 257万ha)の不足は農業生産の大きな制約条件となっている。「エ」国政府は2.7%の高い人口増加率を支えるために、開拓政策による水平拡大と反収増をめざす垂直拡大を農業政策の柱として農業生産の拡大に努めている。

水資源をナイルの水に依存しているこの国にとって、灌漑施設の補修改善は限られた水資源を有効に利用するための重要な方策である。このため政府は257万haをカバーする灌漑施設補修改善計画を立案し、第2次5ヵ年計画(1987/88~1991/92)でこのうち42万haの灌漑施設整備の実施を計画しているが、全耕地の灌漑施設整備には30年の長期を要することとなる。

バハル・ヨセフ用水路はナイル川中流左岸に横たわる灌漑用水路で、全耕地面積の13%に相当する32万haを灌漑する「エ」国最大の配水システムの一つとされている。ラフーン制水堰は、この幹線水路の289km地点に位置し、同水路の受益面積の69%に相当する22万3千haを支配する重要な施設であるが、建設後既に100年を経過し、老朽化が甚だしく、ゲートの操作が困難となり機能が低下している。ラフーン制水堰の改修は、直接受益地にとっても、「エ」国にとってもその効果は大きい。ラフーン制水堰等の改善計画は灌漑施設整備事業の一環であるが、財政事情が苦しいため独自に計画を進めることが困難なことから、日本や欧米からの資金援助を必要としている。

「エ」国政府の要請に応じて、日本政府は1992年にバハル・ヨセフ用水路の配水システムの補修改善計画に対するF/S調査を実施した。その提言に基づいて、「エ」国政府はラフーン制水堰及びハッサン・ワセフ、ギザの2取水工の補修改善工事の実施につき我が国の無償資金協力を要請した。日本政府は「エ」国政府の要請を受けて、「バハル・ヨセフ地区灌漑整備計画」に係わる基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団(JICA)が基本設計調査を実施した。JICAは、1994年5月25日から6月28日まで、基本設計調査団を現地に派遣、また1994年9月30日から10月11日までドラフト説明調査団を派遣し、施設の補修改善に関する現地調査及び先方機関との協議を行った。

バハル・ヨセフ地区灌漑整備計画の「エ」国政府の当初の要請内容のうち、建設用機械及び仮設用の資材の供与については、実施機関との協議及び現地調査の結果、公共事業水資源省は工事発注に当たり請負業者へ建設資機材の貸与を行っていないし、これらの資機材を管理する施設や組織を有していないことが判明したので、計画対象としないこととした。

また、要請内容にあった仮設橋梁の建設については計画地区の詳細測量の結果、施設建設用地に隣接して仮廻しが可能であることが判明したので、計画対象から削除した。

要請内容には含まれていなかったが、「エ」国側からの強い要望のあった3施設のゲートの操作・管理室はモニターが可能で、また公共事業水資源省が現在進めているテレメーターシステムを一步進めた将来のテレコントロールシステムのモデルケースとしての展示効果もあることから計画に含めることとした。

従って計画内容は、

- ① ラフーン制水堰の建設
- ② ギザ取水工の建設
- ③ ハッサン・ワセフ取水工の建設
- ④ 操作、管理室の建設

の4項目とした。尚、建設する施設の内容は以下の通りである。

(1) ラフーン制水堰

規模

|        |   |
|--------|---|
| 制水門    | 5.5m × 2門   |
| 扉高(水深) | 5.62m   |
| 堰長     | 12.6m   |
| 堰体     | 直接基礎、コンクリート構造、ピアーの高さ 15.12m                           |
| 併設橋梁   | 幅員 8.0m(1.0m × 2 歩道付)                                 |
| ゲート    | 2段ホイールゲート、ワイヤーロープウインチ式<br>径間長 5.5m × 扉体 3.15m × 2枚 2門 |
| 水路     | 直接基礎、コンクリート構造、副ダム堤高 1.0m                              |

(2) ギザ取水工

規模

|        |  |
|--------|--|
| 制水門    | 4.0m × 4門  |
| 扉高(水深) | 4.1m   |
| 堰長     | 20.5m  |
| 堰体     | 直接基礎、コンクリート構造、ピアーの高さ 11.5m                           |
| 併設橋梁   | 幅員 8.0m(1.0m × 2 歩道付)                                |
| ゲート    | 2段ホイールゲート、ワイヤーロープウインチ式<br>径間長 4.0m × 扉体 2.4m × 2枚 4門 |

(3) ハッサン・ワセフ取水工

規模

|        |   |
|--------|---|
| 制水門    | 4.0m × 3 門  |
| 扉高(水深) | 4.6m  |
| 堰長     | 15.0m   |
| 堰体     | 直接基礎、コンクリート構造、ピアーの高さ 12.0m                              |
| 併設橋梁   | 幅員 6.0m   |
| ゲート    | 2段ホイールゲート、ワイヤーロープウインチ式<br>径間長 4.0m × 扉体 2.65m × 2 枚 3 門 |

(4) 操作・管理室

|     |                      |
|-----|----------------------|
| 1 階 | 角落とし格納庫、非常用発電機室      |
| 2 階 | 操作室                  |
| 面積  | 132.6 m <sup>2</sup> |

本プロジェクトに要する事業費は、2,500 百万円(日本側負担工事分 2,488 百万円、「エ」国側負担工事分 12 百万円)が見込まれる。建設に要する期間は、実施設計 5 ヶ月、建設工事 18 ヶ月である。

本プロジェクトの完成により、バハル・ヨセフ灌漑用水路系統の約 70%、「エ」国全土の耕地面積の約 8%に相当する 22 万 3 千 ha に対し、

- 受益面積 22 万 3 千 ha(エジプト全耕地面積の約 8%)、受益農家戸数 21 万 5 千戸に対し効率的な灌漑用水の調節と配分が可能となる。
- 取水施設を整備し、用水を有効利用することにより灌漑受益地を拡大することができる。
- 効率的な灌漑用水配分によって、ベニスエフ、ファユーム、ギザの農業人口 407 万人が、耕地の拡大(水平拡大)、反収増による生産力の拡大(垂直拡大)等の裨益を受ける。

の直接的効果と、

- 農産物の収量増により「エ」国の食糧自給対策に貢献する。
- 垂直拡大及び水平拡大による農業の収入増が国家経済に貢献する。

の間接的効果が期待される。

また、施設の改良による長期的な効果として、

- 水管理体制の確立
- 遠隔操作導入によるゲート操作等水管理技術の向上
- 本施設に併設する道路機能の向上

等が挙げられる。

また、これらの施設の建設を通じて、「エ」国への大規模灌漑施設の建設に関する技術移転が行われ、将来「エ」国独自で老朽化した灌漑施設の整備計画が可能となることも期待される。

実施後の維持・管理については、公共事業水資源省の灌漑局が当たるが、十分な人材・技術を有し、必要な維持・管理の予算を確保している。また、同省は、これまでも我が国の無償資金協力による事業を実施しており、その制度について熟知しているので、円滑な業務の実施が期待できる。

更に、計画の実施を契機に以下の点が改善されれば、本計画対象施設及びこれを利用した灌漑施設の改善にとどまらず、バハル・ヨセフ用水系統全体の、さらには「エ」国の灌漑組織の改善に寄与していくことと思われる。

- 1) 有効な水利用計画を策定し、組織的に運用することによって用水の有効利用を図る。同時に、灌漑局は農業省と協力して、適切な水利用について農家の指導に当たる。
- 2) ラフーン制水堰建設の経験を生かし、上流の老朽化の激しいマゾーラ及びサコーラ制水堰の改修もラフーン制水堰の改修に引続き実施する。
- 3) ラフーン制水堰操作管理室の駐在員には用水管理に十分な経験と知識を有する技術者を任命し、施設管理のモデルケースとする。
- 4) バハル・ヨセフ用水路水系の全体水管理計画、並びに施設の維持管理計画を企て、一貫した水管理と施設の維持管理の完成に向けて灌漑施設の整備を実施して水資源の有効利用を図る。

なお、灌漑用水の適切な配分と効率的な利用のために今後の課題として、

- ① 水管理技術者の育成
- ② 水管理マニュアルの作成
- ③ 水管理組合等の強化等

が必要である。

## 第 1 章 要請の背景





## 第1章 要請の背景

### 1.1 要請の経緯

#### 1.1.1 「エ」国における農業の現状

エジプト・アラブ共和国(以下「エ」国)における農業分野は非常に重要な地位を占め、ただ食糧を供給するばかりでなく労働人口の35%(1986/87)に労働機会を与え、また農産物の輸出が大きな外貨取得源となっている。しかしながら、僅かに国土面積の3.4%または612万フェダン(257万ha)にすぎない農耕地は農業生産の大きな制約条件となっている。

#### 1.1.2 「エ」国における農業の問題点

「エ」国は人口5,589万人(1992年)、年人口増加率(1991/1992)は2.7%である。この高い人口増加率を支えるために、「エ」国政府は開拓政策による水平拡大と反収増をめざす垂直拡大を農業政策の柱としている。しかしながら灌漑のための水資源が限られていることが長期の農業発展を制約している。

雨量の殆んど期待できない「エ」国では、農業は灌漑に依存するしかない。水資源はアスワンハイダムから放流されるナイルの水のみに頼っている。ナイル水協定によって「エ」国へ割当てられている量は555億 $m^3$ であるが、アフリカの過去20年の砂漠化現象による乾燥に起因して、ナイルの流域でもその影響を受け、アスワンハイダムの貯水の減少に応じて減らさなければならない状況である。もしサヘラの乾燥がこのまま続くならば、「エ」国への割当ては490億 $m^3$ に減量され、これによる農業生産への影響がかなり予想される。

#### 1.1.3 灌漑施設の改善の必要性と重要性

「エ」国政府は、食糧の自給率を高め、貿易収支のバランスを維持するために、農業生産を増加させる政策として、耕作地を増加させる水平拡大政策と既耕地の生産性を高める垂直拡大政策を推進している。灌漑用水の確保は開発計画に欠かせない要素である。しかしながら、灌漑用の水資源量は下降傾向にある。

地下水開発のような他の水資源開発の一方で、現況灌漑施設の補修改善は水資源の有効利用にとって最大の方策と云える。政府は257万ha(612万フェダン)をカバーする灌漑施設補修改善計画の早期実施を図り、第2次5ヵ年計画(1987/88~1991/92)で42万ha(100万

フェダン)の灌漑施設整備の実施を計画していた。しかしながら、この計画では全耕地の灌漑施設整備には30年の長期を要することとなる。

「エ」政府は日本など先進諸国の援助によって、この整備計画の促進を計画している。「エ」国政府の要請に応じて、日本政府は1992年に技術援助としてバハル・ヨセフ用水路の配水システムの補修改善計画に対するF/S調査を実施した。その結果ラフーン制水堰の補修改善が最優先順位であると勧告した。

#### 1.1.4 事業の位置付

612万フェダン(257万ha)の内バハル・ヨセフ用水路は13%に相当する77万フェダン(32万ha)を灌漑し、「エ」国における最大の配水システムの一つとされている。従って、バハル・ヨセフ用水路の灌漑施設の補修改善は灌漑用水利用にとって顕著な効果を及ぼすことが期待される。

ラフーン制水堰はバハル・ヨセフ用水路の始点より、288.70km地点に位置し、およそ53万フェダン(22万3千ha)又は同用水路の受益面積の69%を支配している。ラフーン制水堰によって制御されている主たる支線用水路はギザ支線水路(支配面積15万3千フェダン)、ハッサン・ワセフ支線水路(支配面積11万8千フェダン)、及び他の10支線水路(支配面積2万2千フェダン)である。又、ラフーン制水堰の下流側には23万8千フェダンの受益面積があり、ワハビ支線水路(支配面積7万1千フェダン)、セノリ支線水路(支配面積2万7千フェダン)、及び他の15支線水路(支配面積14万フェダン)が含まれている。

前述のバハル・ヨセフ用水路には改善を必要とする配水施設は数ヶ所あるが、ラフーン制水堰は灌漑効率を高めるに当たって最も重要な施設である。

#### 1.1.5 要請の理由

バハル・ヨセフ用水路の制水堰は1日当たりの制御流量 $2,000\text{万m}^3$ (約 $230\text{m}^3/\text{sec}$ )で、およそ100年前に建造された、煉瓦製のかかなり大規模な構造物である。これらの古い構造物は、劣悪化し、ゲートの操作も著しく困難化している。灌漑効率を高めるために、これらの古い施設を近代化した施設に造り変えることが緊急の課題である。

また、大規模な構造物の近代的な設計と建設の技術を「エ」国に紹介することによって、「エ」国の土木技術の進歩にも貢献することとなろう。

## 1.2 要請の概要・主要コンポーネント

### 1.2.1 要請の目的

53万フェダン(22万3千ha)の受益面積を持つラフーン制水堰、ハッサン・ワセフ取水工及びギザ取水工を補修改善することにより、直接的には、

- ① 約53万フェダン(22万3千ha)の受益地に灌漑用水を効果的に配分する。
- ② 取水施設を整備し、用水を有効利用することによって灌漑面積を拡大する。
- ③ 垂直拡大及び水平拡大によって農業の収入増を図る。

の効果を上げ、また間接的には、

- ① 農産物の収量増が「エ」国の食糧自給率の向上に貢献し、
- ② 垂直拡大及び水平拡大による農業の収入増が「エ」国の経済に貢献

することが出来る。

ラフーン制水堰の改善によって、効果的で安定した灌漑用水の配分が可能となり、安定した農業生産につながり、垂直拡大及び水平拡大を通じて農業収入の増加を約束することとなる。そして、この農業生産の改善及び拡大が「エ」国の食糧自給と貿易収支を安定させることとなる。さらにこの事業が「エ」国における用水配分システムのための近代的構造物と施設の設計及び施工の発展に寄与することとなる。

### 1.2.2 実施機関

本灌漑整備計画の立案・事業実施の責任機関は公共事業水資源省(MPWWR)である。また、本事業の実施機関及び建設後の維持管理を担当する機関は同省の灌漑局(ID)である。また、国際協力省(MOIC)は本プロジェクトの契約、実施に当たっての調整を担当する。

### 1.2.3 要請の内容(主要コンポーネント)

ラフーン制水堰、ギザ取水工及びハッサン・ワセフ取水工の補修改善工事の実施につき我が国の無償資金協力を要請した。要請内容は下記の通りである。

I. 仮設用資機材の調達

- ① 建設機械の調達
- ② 建設資材の調達

II. 取水施設の建設

- ① ラフーン制水堰
- ② ギザ支線水路の取水工
- ③ ハッサン・ワセフ支線水路の取水工

上記のように、「エ」国政府からの要請内容は、

- ① 建設用資機材の調達
- ② 取水施設の再建設

の2つのコンポーネントからなっており、建設用資機材の調達は、施工機械の調達と施工用仮設資材の調達である。

建設用施工機械の調達は、本計画であるラフーン制水堰、ギザ及びハッサン・ワセフ取水工の建設用としてのみでなく、これらの堰を建設した後、バハル・ヨセフ用水路の施設であるサコーラ、マゾーラ、ダイリュート等の老朽化した他の制水堰等の建設用機械として活用することを目的としている。

建設施工用仮設資材の調達は、本計画に必要な締切用、土留用の鋼矢板、支保工用又は仮設橋梁用 H 型鋼、溝型鋼等の建設用仮設資材で、「エ」国内での調達が困難なため、日本又は第三国からの調達を希望するもので、本工事完了後使用可能な材料は、サコーラ、マゾーラ、ダイリュート等の制水堰建設時の仮設用資材として活用する事を目的としている。

取水施設の再建設は、老朽化したラフーン制水堰、ギザ及びハッサン・ワセフ取水工の再建設工事である。基本的にはこれらの施設の再建設は、古い施設を撤去してもとの位置に新施設を建設するのではなく、新施設を近隣の用地に別途に建設し、工事完了後新旧の切替を行うものである。それぞれの堰は資料 6 に示されるように、ラフーン制水堰は現ラフーン制水堰と閘門工との中間に計画されている。ギザ取水工も現取水工と閘門工との中間に、また、ハッサン・ワセフ取水工は現取水工の左岸側に計画されている。

## 第2章 調査の概要



## 第2章 調査の概要

### 2.1 調査の背景

日本国政府が平成3年4月～平成4年11月に実施したバハル・ヨセフ地区灌漑整備計画のF/S調査の提言に基づいて、「エ」国政府はその最優先順位であるラフーン制水堰及びハッサン・ワセフ、ギザの2取水工の補修改善工事に日本の無償資金協力を要請した。日本政府は「エ」国政府の要請に応え、同国の「バハル・ヨセフ地区灌漑整備計画」に係わる基本設計調査の実施を決定し、日本政府の指示を受けて国際協力事業団(JICA)が1994年5月25日から6月28日まで、JICA吉井和弘国際協力専門員を団長とする基本設計調査団を現地に派遣し、施設の補修改善に関する現地調査及び先方機関との協議を行った。

調査の目的は、①「エ」国側の要請内容の確認、②技術的及び経済的妥当性の検討及び審査、③基本的なレイアウトの策定と設計、④資機材を含む建設工事の積算及び工程計画の策定であった。

なお、本業務に従事した調査団の団員構成、現地調査の日程、面接者リスト、協議議事録は資料編に整理してある。

### 2.2 協議内容

調査団は「エ」国に滞在中、「エ」国政府の関係機関と要請内容についての協議を繰り返し、要請内容を確認した。主たる協議内容は下記の通りである。

1) 当初、要請では工事に必要な仮設用の建設機械及び建設資材が含まれていたが、協議の結果これらは、工事の中に含めるものとし、別途調達とはしないこととした。従って本計画の主たる内容は下記施設の建設工事であることを確認した。

- ① ラフーン制水堰
- ② ギザ支線水路の取水工
- ③ ハッサン・ワセフ支線水路の取水工

2) ラフーン制水堰は現ラフーン制水堰と船通しの間に計画する。

3) 現ラフーン制水堰と古代ラフーン制水堰を通過する流量は維持管理のために最小限にとどめ、現ラフーン制水堰の機能は停止させる。

- 4) 公共事業水資源省は現ラフーン制水堰と船通しに架設されている橋梁の耐荷力を、今回計画する制水堰の橋梁の荷重強度にて確認することを要請した。
- 5) ギザ支線水路の取水工は現況取水工位置に再建設するか、現取水工の下流に新規施設を計画することとする。また、ギザの船通しは新規取水工を建設する仮設水路として利用する事が可能である。
- 6) 必要ならば、ギザの船通しを取り壊して、その位置に新規取水工を計画することが、可能である。
- 7) また、新規取水工は、現ギザ取水工と船通しの中間に計画することも可能である。
- 8) ハッサン・ワセフ支線水路の取水工については、工事中に通水を停止することが出来ないため、現取水工の左側もしくは右側に新設することとする。
- 9) 上記施設の建設に必要な用地はドラフト説明の時に明示する。また、仮廻し道路用地、建設用仮設資機材の仮置き用地についても明示する。
- 10) 施設の建設用地は出来るだけ公共用地内に計画する。やむを得ず民有地内に計画する場合には公共事業水資源省が用地を取得する。
- 11) 民有地を使用する必要がある場合には、ドラフト報告書を提出してから30日以内に公共事業水資源省は、建設用地もしくは仮設用地の利用が可能であるとの証明書をJICAに提出する。
- 12) 公共事業水資源省はバハル・ヨセフ用水路のラフーン制水堰グループの維持管理に要する機械の調達を要請した。
- 13) 計画施設の位置については、両者が署名した6月2日の議事録に基づいて協議を進めた結果概ね下記のように了解した。
  - (1) ラフーン制水堰  
現制水堰と船通しの中間に計画する。工事中の仮廻し道路は中之島と河川敷を利用する。
  - (2) ギザ取水工  
現取水工と船通しの中間に新設する。工事中の仮廻し道路が必要である。



(3) ハッサン・ワセフ取水工

現取水工の右岸側に新設する。工事中の車輛用の仮廻し道路は 300 m 下流側の橋梁が利用できるため、同取水工地点の工事中の車輛交通はストップさせる。

14) 仮設用地

工事中の仮設用地はラフーン制水堰上流の河川敷約 1 ha、ギザ取水工周辺の約 2 ha の灌漑局の公共用地を利用できる。

また、調査団は「エ」国政府に対し、日本の無償資金協力を受ける場合には下記の点を「エ」国側が責任を持って実施又は遵守する必要があることを強調した。

- 1) 工事の開始に先立って、計画に必要な用地の確保と用地のレベリングの実施。
- 2) 事業実施に当たり、工事開始までに建設用地への進入路工事の実施。
- 3) 計画に必要な電気、水道、排水及びその他必要な付帯施設の計画用地までの配管、配線工事の実施
- 4) 計画に必要な資材の「エ」国への入国港での適切な荷揚げ、入関手続きの実施及び無償資金協力で購入した製品の適切な国内輸送の便宜。
- 5) 契約に基づく製品の供給と協力の実施に関連する日本人へ賦課される関税、「エ」国内での税金の免除。
- 6) 資材供与あるいは技術協力の実施において必要な日本人の持込み資材の持込み及び滞在時の法規制の免除。
- 7) 無償資金協力によって建設された施設および調達した機材の適切な運用維持。
- 8) 無償資金協力による以外に、計画を実施するに必要となる費用の支払い。

## 2.3 調査内容

現地滞在中に施設建設地付近の地形測量、構造物の基礎を把握するためのボーリング調査、工事に必要な現地状況の把握及び工事費積算に必要な「エ」国内の建設事情、工事単価、建設機械等の調査を行った。その内容は下記の通りである。

### 2.3.1 現地調査

#### 1) 測量調査

改善対象となる現況施設は概ね100年を経過し、詳細な設計図も地形図もなく、計画を企てるに当たって、正確な位置及び規模の現地との関連性が不明確である。そのため計画する3施設の位置関係を把握するためと、新規施設の正確な位置決定に先立って、ラフーン制水堰、ハッサン・ワセフ及びギザ取水工の既設及び計画施設全体が把握できる地形測量を主体とする測量業務を実施した。

測量業務の内容は、

- ① 約16haの地形図
- ② 必要箇所の水路の横断測量
- ③ 必要箇所の水路の深淺測量
- ④ 現況構造物の詳細寸法の調査

#### 2) ボーリング調査

前述のように、現況施設は設計図もなく、どのような基礎工が施工されているかも明らかでない。従って、新規施設の基礎工を検討するために、6ヶ所のボーリング、及び標準貫入試験による支持力の測定と各ボーリング孔から収集した資料の土質調査を実施した。

ボーリング調査の内容は、

- ① 計画施設地点のボーリング及び支持力試験
- ② 各ボーリング孔から収集した資料の土質調査
- ③ 計画地点の地下水の水質の調査

#### 3) 交通量調査

仮設計画を企てるに当たって目安とするための交通量の調査を実施した。調査の方法は、現地にて人夫を調達し、2日間にわたりラフーン制水堰上での午前6時～午後8時までの14

時間の交通量調査を実施した。その結果、ラフーン堰上での交通量は2,000台/日程度と判明した。また、大型車(トレーラー、大型トラック、ダンプトラック、タンクローリー、大型バス等)の交通量は20～30台/日程度であった。

#### 4) 流量測定

設計流速と対比するため、現況水路の流速を把握するためにラフーン制水堰周辺において流速を測定した。流速測定には羽根車式の瞬間流速計を利用し、船上より簡易法にて測定した。その結果、バハル・ヨセフ用水路の取水工周辺の流速は0.5m/sec程度と判明した。

#### 5) 水質調査

ゲートの設計に供するため、ラフーン制水堰周辺における塩分濃度をECメーターにて計測調査した。幾分塩分濃度が高いもののPHはほぼ中位であった。

#### 6) 構造物調査

ラフーン堰及びギザ、ハッサン・ワセフ取水工の傷み具合の程度を把握し、現況施設の強度を検算するために、構造材料、構造寸法の詳細調査を実施した。

#### 7) 現地状況の調査

工事実施時の参考として、また、施工計画の資料として、社会環境、道路、電気等の現地基盤整備状況の調査、通信手段、交通手段及び工事中の滞手段等についての調査を実施した。

#### 8) 資料収集

設計及び工事費積算の資料として利用するために、労務関係の資料、付加価値税、現地港湾費、建設機械の現地調達及び工事単価、設計基準等についての資料収集を行った。

### 2.3.2 現況施設の維持管理実体と新規施設の運営

「エ」国側から要望のあった維持管理用の機械の調達についての必要性を検討するため、現況施設の維持管理の実体を調査し、また実際に施設を運営する現場での新規施設に対する希望を聴取した。その内容は下記の通りである。

## 1) 制水堰及び取水工のゲート操作の実体

### (1) 水位観測

ラフーン堰、ギザ及びハッサン・ワセフ取水工の上下流に水位計が設置されていて、水位を読み取り、テレメーターシステムでベニスエフ事務所のコントロール室へ送られている。ゲート開度と上下流の水位差によって流量を確認する。この記録はカイロのモニターリング室へ中継転送される。水位の読み取りは2時間毎、あるいは、2cm変化する毎に記録されている。

### (2) 流量の把握

あらかじめ用意されたゲート開度と上下流の水位差から流量を求められる流量表によって、随時の流量を把握することが出来る。

### (3) ゲート操作

下流受益地からの要求量に応じてゲート開度をコントロールする。ゲートの操作はチェンブロックにより人力で行われている。ゲート操作は下流受益地の要求により随時に行われ、週1回の場合もあり、毎日操作する場合もある。

### (4) 操作員の数

ラフーン堰、ギザ及びハッサン・ワセフ取水工の管理はベニスエフ事務所の管轄で、ゲート操作の要員はゲートキーパーが1人と補助要員として2人が配属されている。

## 2) 施設の維持管理の実体

### (1) 施設の点検

毎年1月に3週間の間、水路及び水路施設の点検のために通水を停止している。この間に水路及び施設の点検を行って、必要に応じて施設の補修を行っている。構造物の水中部分の補修は通水停止期間中に行う。水面上については通水を始めてからも実施することが出来る。

### (2) ゲートの補修

毎年必要な補修を行う。塗装についても、必要に応じ毎年行っている。ラフーン堰の補修は18ヵ月前に実施された。

(3) 水路の維持管理

水路の堆砂の掘削は3年に1回の割合で、契約により民間業者に発注して行っている。水路堤防の草刈り、水草の除去は年1回、これも民間業者に委託して行っている。

3) 新規施設の運営に対する要望

(1) ゲート操作

現況施設の操作は手動で行っているが時間がかかり水管理を順調に行えない。新規施設はゲートも大きくなり、操作荷重も大きくなるので人力では操作が困難となる。又将来の灌漑局が計画している維持管理システムを意識して、ゲート操作は電力とし、機側の手動巻上げ装置の併設を要望した。

(2) 電力事情

家庭用の電線(220V)は近隣の住宅地に配電されている。工事用の電力(380V)も配線可能である。電力は11,000Vの高圧からトランスフォーマーで380V又は220Vに減圧して配電している。電気の供給は比較的安定しているが、停電が多いので非常用の電力源としてディーゼル発電機の設置を強く要望した。

(3) 操作室

「エ」国側はラフーン制水堰及びギザ、ハッサン・ワセフ取水工の操作を一ヶ所で出来る操作室の設置を要望した。「エ」国側は、現在進められている集中モニターリングシステムを将来は集中管理へ移行していく計画であるので、その計画に対応できる操作方式を取り入れられるよう要望した。また、将来の集中管理のモデルケースとして、3施設を一ヶ所で操作できる操作室を建設して欲しいとの強い要望があった。その用地としては、古代ラフーン制水堰際にある灌漑局の敷地又は新規堰際の空地を利用することが出来る。操作室には3堰の水位、流量、ゲート開度等がモニター出来るパネルと出来れば将来のモデルケースとして集中制御できる施設が欲しいとの要望であった。また、操作管理室には停電時の非常用としてディーゼル発電機を設置して欲しいとの要望もあった。



### 第3章 プロジェクトの周辺状況





## 第3章 プロジェクトの周辺状況

### 3.1 当該国の社会・経済事情

「エ」国の社会・経済事情はその詳細を資料編5に示す。

### 3.2 当該セクターの開発計画

#### 3.2.1 上位計画

農業部門は食糧生産だけでなく、就業人口の35% (1986/87) に雇用機会を提供し、また、農産物輸出により外貨の獲得にも貢献している重要な産業である。しかし農業生産が極めて限られた耕地面積 (257万 ha) でしか行えないことは、食糧増産に努めなければならない「エ」国にとって大きな制約要因となっている。このため新規耕地開発、いわゆる水平拡大、及び既存耕地の反収増を目指す垂直拡大が重要な農業政策として行われてきた。1952年以降新規に開拓された耕地は67万 ha に達している。これらの開拓地は殆どが砂漠地であるために、開発地には灌漑施設の整備が不可欠である。

「エ」国は1959年のナイル水協定 (Nile Water Agreement) によって年555億 $m^3$ の水の配分を受けている。しかし過去20年間の異常乾燥は、ナイル川上流の水源地域をも直撃し、アスワンハイダム貯水位は年々低下し、灌漑水及び上工水の節減を余儀なくされているのが現状である。

「エ」国は、このような限られた水資源の有効利用を前提として、食糧増産のために水平拡大、垂直拡大政策を推進している。しかしながら、現在の灌漑施設はすでに90年以上を経て老朽化が進んでおり、制水施設の操作も非効率的で、水資源の有効利用を図れる状態ではない。

このような状況に対応するため、国際機関や2国間等の援助によって水資源の有効利用、関連施設の改修、灌漑施設の維持管理改善等に関する調査や改善事業が行われてきた。「エ」国政府の要請に応じて、日本政府は1992年に技術援助としてバハル・ヨセフ用水路の配水システムの補修改善計画に対するF/S調査を実施した。その結果ラフーン制水堰の補修改善が最優先順位であると勧告した。

257万 haの内バハル・ヨセフ用水路は13%に相当する32万 haを灌漑し、「エ」国における最大の配水システムの一つとされている。従って、バハル・ヨセフ用水路の灌漑施設の補修改善は灌漑用水利用にとって顕著な効果を及ぼすことが期待される。

ラフーン制水堰はバハル・ヨセフ用水路の始点より288.7 km地点に位置し、およそ22万3千 ha又は同用水路の受益面積の69%を支配している。ラフーン制水堰によって制御されている主たる支線水路はギザ支線水路(支配面積6万4千 ha)、ハッサン・ワセフ支線水路(支配面積5万 ha)、及び他の10支線水路(支配面積9千 ha)である。また、ラフーン制水堰の下流側には10万 haの受益面積があり、ワハビ支線水路(支配面積3万 ha)、セノリ支線水路(支配面積1万1千 ha)、及び他の15支線水路(支配面積5万9千 ha)が含まれている。

バハル・ヨセフ用水路には改善を必要とする配水施設は数カ所あるが、ラフーン制水堰は灌漑効率を高めるに当たって最も重要な施設である。

### 3.2.2 財政事情

「エ」国における91年度の財政規模は、歳入が41,406百万 L.E.、歳出が47,563百万 L.E.で、差引6,157百万 L.E.の歳出超過となっている。歳出の内、経常支出が約362億 L.E.を占め、投資支出は114億 L.E.に過ぎない。経常支出362億 L.E.の内、利払いが26.3%を占めており、これが国家経済を圧迫している。約114億 L.E.の投資支出の内農業部門への投資は10%弱であるから、10億 L.E.に過ぎない。

ラフーン制水堰の補修改善費が約1億 L.E.を要するので、これは農業部門全投資額の10%となり、大きな比重を占めることとなる。

第3次5ヵ年計画(1993~1997年)では、総額1,540億 L.E.の投資を見込み、農業分野では139億 L.E.が見込まれている。しかしながら、公的部門は80億に過ぎず、59億は民間の投資に委ねることになっている。投資対象としては農業部門の近代化、主要作物の可能な限りの自給化、輸出に比較的優位な農作物の生産増大、農業諸資源の利用効率の向上に努めることとしている。従って、灌漑施設の整備事業へ投資される分は極めて限られた額と想定される。この事から、他国或るいは国際機関からの援助無しには灌漑施設の改修計画の早期実現は望めない。

### 3.3 他の援助国、国際機関等の計画

「エ」国が中東地域の平和と安定の維持に重要な役割を果たしていることや、開発需要が大きいことから、西側先進諸国からの2国間援助は、「エ」国のソ連離れに伴い1974年以降増加している。中でもアメリカは1974年に援助を再開して以来最大の援助国となっている。1990年には湾岸危機を契機とした周辺諸国への支援増大により、DAC諸国からの対「エ」国2国間援助は増大し、支出純額では19億7千万ドルとなっている。この内、アメリカは11億5千万ドルを供与し、DAC諸国による2国間援助の53%を占めている。

アメリカは1974年経済援助を再開し、対エジプト援助では圧倒的な額を誇っている。アメリカのこれまでの対エジプト援助では、商品輸入プログラム援助とPL480号による食糧援助が中心となっている。この他軍事物資売却で、プロジェクト援助に回されている額は少ない。現在進行している農業インフラ或いは技術援助に関するものは、灌漑の末端施設整備のモデル事業とテレメーターシステムによる全国ベースの水管理モニターリングシステムの整備事業がある。水資源省によれば、この水管理モニターリングシステムは将来はテレコントロールシステムへ発展させる考えであるが、現時点では流量をコントロールする制水堰や取水工等の制御システムが旧式で、手動であるためこれらの施設の改善を図らなければテレコントロールシステムへの移行は不可能である。

ドイツは、これまでエジプト援助に関して日本とほぼ肩を並べてきた。援助の内訳では、85%が借款で、残りの15%が贈与となっている。資金協力についての重点分野では、運輸、交通、工業、エネルギー等のプロジェクトとなっている。贈与では教育、農業などへの技術協力が主体となっている。

フランスの援助は年により金額的変動が大きいですが、援助の6割が借款である。援助分野としては、農業、人的資源、保健医療への大規模プロジェクトがある。

国際機関の農業分野への支援は小さい。世銀はエジプトのマクロ経済政策の運営への支援が主で、プロジェクト援助は少ない。ECの援助は環境、科学、貿易促進の3分野が重点項目となっている。

### 3.4 我が国の援助実施状況

有償資金協力については、88年度以降は、円借款に係わる延滞問題等のためプロジェクト案件が一旦途絶えたが、湾岸危機に際しての中東周辺国に対する経済支援策の一環として、90年度及び91年度に合計669億円の緊急商品借款を供与した他、91年度に「ベニスエフ・セメント工場建設計画」について協力を行った。

無償資金協力については、累次の食糧増産援助、91年度から92年度の「米貯蔵センター改善計画」等の食糧・農業分野、90年度から93年度までの「カイロ大学看護学部施設改修計画」をはじめとする基礎生活分野を中心に、89年度から91年度までの「アラブ海軍大学新訓練船建造計画」、92年度から4期にわたる「アハメド・ハムディ・トンネル改修計画」をはじめとする運輸・交通分野等についても援助を実施しており、数期にわたる比較的大規模な協力案件も多い。

技術協力については、農業、保険、医療、工業等の他広範囲の分野に、プロジェクト方式技術協力、開発調査等を中心に積極的に実施している。

農業分野としては、無償資金協力として、毎年5~10億円の食糧増産援助を行っている。91~93年度には上エジプトにおいて、フローティングポンプの改修を目的とする灌漑改修計画が実施された。この計画は1,000ヶ所を越えるポンプ灌漑施設の内、緊急性を要する上エジプト地域の10ヶ所のフローティングポンプ場を更新し、農業所得の向上を図るもので、I期工事として619百万円、II期工事として680百万円が日本の無償資金協力で援助された。また、技術援助として91年度から92年度まで「バハル・ヨセフ地区灌漑整備計画調査」が実施され、バハル・ヨセフ用水路の制水堰、取水工等の灌漑施設の補修改善が緊急の課題であると勧告した。

### 3.5 プロジェクトサイトの状況

#### 3.5.1 自然条件

##### 1) 位置

エジプトはアフリカ大陸の東北端に位置し、北は地中海、東は紅海に面し、南はスーダン、西はリビアに国境を接するほぼ正方形の部分とシナイ半島からなっている。東西1,240 km、南北1,024 kmで、面積は約100万km<sup>2</sup>(日本の2.7倍)である。国土は地勢的に、(ア)ナイル渓谷、(イ)ナイルデルタ地帯、(ウ)西部砂漠(エ)東部砂漠、(オ)シナイ半島の5地域に分けられる。ナイル渓谷とナイルデルタ地帯のみが可耕地で、その面積は国土面積の3.4

%にすぎない。気候的には、地中海性気候の北部海岸地方を除けば砂漠性気候で、雨は皆無に等しく、乾燥している。5～10月が夏、11月がやや秋の感じで、その後すぐ冬となる。気温は年間を通じて13～28℃で、比較的しのぎやすい。毎年4月頃にハムシーンと呼ばれる砂嵐が砂漠から熱風を運び込み、1年中で最も不快な季節となる。

「エ」国の可耕地を大きく地域区分すると3地域に分かれ、カイロより北側のデルタ (Lower Egypt)、ミニア州以北のファユーム州を含めた4州の中部エジプト (Middle Egypt)、アシュート州以南アスワン州までの4州の上エジプト (Upper Egypt) に区分される。

計画地域は上記の中部エジプトで、ナイル川左岸に細長く広がる農耕地帯の中心部に位置する。カイロの南約100km、ファユームとベニスエフの中間点、バハル・ヨセフ用水路沿いの小さな町、ラフーンに位置している。

バハル・ヨセフ用水路はナイル川からアシュート堰で分水された後、イブラヒミア基幹用水路を約60km流下し、バハル・ヨセフ用水路の始点であるダイリュート堰に達する。バハル・ヨセフ用水路は古い時代にファユーム盆地への用水を搬送した河川の路線を踏襲し、313kmの長さを持ち、ダイリュートを始点とし、ファユーム市のカルーン湖を終点とする幹線用水路である。ラフーン制水堰はこの幹線用水路の288.7km地点に位置し、バハル・ヨセフ用水路の受益面積の69%を支配する重要な灌漑施設である。

## 2) 地形及び土壌

ナイル川の左岸に広がる河岸段丘状の地形で、この付近のナイル溪谷の段丘は、右岸側ではその幅は3～5kmであるが、左岸側は15～20kmに達し、高低差は10m程度である。地区の西側にはファユーム盆地があり、ラフーン堰より東側に向かって1/500の勾配で傾斜し、水面標高(-)42.0mのカルーン湖に連なっている。

土壌はナイル川の沖積土が母材となっており、有機質に富み肥沃で、土性は植土(C)或るいは植壤土(CL)で乾燥すると土色は明るい黄味灰を呈して、硬く亀裂を生じ水を含むと膨軟になり耕起が容易になる。本地域の塀や家の壁に用いられているレンガはこの土壌を焼いたものである。

## 3) 気象

年間の日平均気温は21℃で亜熱帯に属し、降雨量は9～25mm/年と極めて少なく、蒸発散量は約3,000mm/年に達し、自然条件下での植生は極めて困難な乾燥地域である。

ファユーム地方の年間平均気温表

|          | 1月   | 2月   | 3月   | 4月   | 5月   | 6月   | 7月   | 8月   | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 気 温 (°C) | 12.8 | 14.3 | 17.6 | 21.6 | 25.6 | 28.0 | 29.6 | 30.0 | 27.5 | 24.6 | 20.0 | 14.6 |
| 湿 度 (%)  | 68   | 65   | 59   | 55   | 52   | 53   | 55   | 56   | 61   | 63   | 67   | 70   |
| 降雨量 (mm) | 0    | 2    | 1    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 3    |

4) 水文

バハル・ヨセフ用水路の計画流量は夏期で2千万 m<sup>3</sup>/日、冬期で1千万 m<sup>3</sup>/日である。しかし、近年夏期における取水実績流量はこの数字を下回っている。断水期間は通常、上エジプトにおいては1月9日から2月1日までである。バハル・ヨセフ用水路の断水はこの期に合わせて行われる。断水の目的は用水路及び灌漑施設の維持管理・補修のためである。

5) バハル・ヨセフ用水路の用排水系統

バハル・ヨセフ用水路の水源は1902年に完成したアシュート堰 (Asiout Barrage) より取水され、ナイル川中流左岸を流れるイブラヒミア用水路 (Ibrahimia Canal 全長 290 km) により送水され、始点から60 km 地点のダイリュート堰 (Dairout Barrage) で、バハル・ヨセフ用水路に分水される。

イブラヒミア用水路は、ナイル川の自然堤防上にあり、主としてイブラヒミア用水路とバハル・ヨセフ用水路の間の農地を灌漑している。バハル・ヨセフ用水路は、もともと自然河川であったものを古代ファユーム (Faiyum) 盆地へナイル川の洪水を導水し、農業的利用を図ることを目的として改修されたもので、ダイリュート堰で分水された後、途中4ヶ所の制水堰を経て、平均 1/40,000 の緩い勾配でファユーム市まで約 300 km を流下している。

最も長い支線はギザ用水路 (Giza Canal) で本計画施設のラフーン堰からギザ市までで、延長約 100 km である。受益面積は約 32 万 ha で4州 (ミニア、ベニスエフ、ファユーム、ギザ州) にまたがっている。

バハル・ヨセフ用水路の受益面積

(単位: ha)

|         | ミニア    | ベニスエフ  | ギザ     | ファユーム   | 計       |
|---------|--------|--------|--------|---------|---------|
| ナイル河谷   | 47,922 | 24,064 | 57,666 | 151,867 | 281,519 |
| 新規開拓地   | 13,860 | 4,557  | -      | -       | 18,417  |
| 計画中の開拓地 | -      | 2,100  | 4,620  | 16,800  | 23,520  |
| 計       | 61,782 | 30,721 | 62,286 | 168,667 | 323,456 |

バハル・ヨセフ用水路は、イブラヒミア用水路との間の農地、及び西岸砂漠との間の農地双方からの排水を受けながら流下している。もともと、本用水路は自然河川であったため、蛇行が著しく、流水が滞り、周辺農地では灌漑利用後の過剰水による排水不良を防止するため、機械排水を実施している。

#### 6) 幹・支線水路

幹線水路は延長約 300 km で、自然河川であったために、蛇行箇所が多く、湾曲部の浸食と堆砂が問題となっている。また、水路勾配が緩いため、流速が遅く、水草特にホテイアオイ等が繁茂して通水、取水の障害になっている。

支線水路は延長 1,500 km にも及び、主に幹線水路左岸側に分布している。

#### 7) 制水堰

ダイリュート堰からラフーン制水堰まで両堰を含め 5ヶ所の制水堰がある。これらの堰はいずれも 1870 年前後に建造された古いレンガ積の堰で、構造は旧式で、手動のゲートは操作が困難となっている。上記のダイリュート堰を除く 4ヶ所の堰は下表の通りである。

| 堰名                            | ダイリュート堰からの距離 |
|-------------------------------|--------------|
| E1-Abeed Regulator            | 77.6 km 地点   |
| Sakoula Regulator             | 177.7 km 地点  |
| Mazoura Regulator             | 230.3 km 地点  |
| Lahoun Regulator<br><基本設計の対象> | 288.7 km 地点  |

これらの堰は、2段式のスルースゲートが 3~25 門(1門の幅は最大 5 m 程度)設けられており、堰の上を走行する台車に取り付けられた移動式的人力チェーンブロックによって、一門ずつ上げ下げされているが操作性は非常に悪い。ゲート開閉による開度の確認は、巻き上げるチェーンの輪の数により行っている。

また、堰の上部は車輛が通行しており、地域の主要な交通路になっていて、過重な荷のため、ゲートの操作機能に支障をきたし、可動しないゲートも相当数にのぼる。現在、アスワンハイダムの完成によってナイル川の流量が年間を通じてコントロールされているため、これらの制水堰はそれ程頻繁な管理操作を必要としなくなったことから、操作性の悪さ、老朽化にもかかわらず、現在でも既耕地に対する主要な灌漑施設として使用されている。

## 8) ラフーン制水堰

### (1) 旧ラフーン制水堰

堰は1800年代に建造され、表装は割石材のアーチ構造である。使用されている石材は砂質岩で露出部の風化が甚だしく、上部構造の併設橋梁は使用されておらず堰体は荒廃している。堰下流部には一辺100m四方のプールがあり、堰直下流70m付近の水路床は最深部で15mに及び大規模に洗掘されており、堰体への影響が懸念されている。

### (2) 現ラフーン制水堰

構造物老朽度から判断し、1800年後半の建造と推定され、約120年以上を経ている。表装は割石材のアーチ構造、石質は砂質岩で露出部の風化、目地材の脱落、レンガ造りピアアの破損等劣化が甚だしい。堰体は1988年にMPWWRによって、176孔のグラウト孔より総量約40tonのセメントがグラウト注入された。堰体に設けられた橋梁は交通の要所で、車の通行が頻繁で、極度に劣化が進んでいる。堰直下流側水路床は旧制水堰の敷高によって洗掘が防止され、現ラフーン堰の安定を保っている。

現ラフーン堰に使用されているゲートは、他の制水堰と違い、唯一ファミリー・ヘネンゲート(Fahmy Henen Gate)が使用されている。このゲートは「エ」国内では小規模ゲートに多くみられるタイプであるが、本堰に使用されているゲートは扉体が大きく、開閉時に巻上機がピアア上に突出して傾き、そのために基部歯車の噛み合わせ部位の損傷が発生しやすい。また、扉体が5.2mと高い大型ゲートであるため操作性が悪く、管理が困難となっている。扉体自体も著しく損傷している。

現ラフーン制水堰の左岸側には幅員8.0m延長約100mの閘門が併設されている。この閘門の建造は比較的新しく1960年代と推定されるが、現況では殆ど使用されていない。閘門には跳開橋が架かっているが、最近では使用された形跡はない。閘門の管理管轄は運輸省にあり、同省は現在のところ使用権を放棄する意志はない。

制水堰の上流側に設けられたスクリーンには、ゴミの集積は殆ど見られず、制水ゲートの使用に支障をきたすことはない。



現況ラフーン制水堰諸元表

| 項目           |        | 現ラフーン制水堰  |
|--------------|--------|---|
| ダイリユート堰からの位置 |        | 288.7 km  |
| 規模           | 総延長    | 15.8 m  |
|              | 水門     | 径間 3.0 m×2門<br>径間 3.2 m×1門                        |
| 堰体           | 建造年    | 1800年後半と推定  |
|              | 補修歴    | 1988年(堰体のクラウト補強)                                  |
|              | 堰体構造   | レンガ造り、石張表装  |
|              | エプロン構造 | 張石、水門敷上げ底   |
|              | 併設橋梁   | レンガアーチ構造、張石表装<br>幅員 6.0 m                         |
| 水門           | ゲート型式  | Worm gear gate (Fahmy Henen type)                 |
|              | 巻上方式   | Wheel Rack 昇降                                     |
| 閘門           |        | 左岸の離れた位置に設置<br>(1960年代と推定) 幅員8.0 m                |
| 特記           |        | 下流 85 m地点に旧ラフーン堰<br>(水門巾 2.75 m×3門ゲート無し)<br>存在する。 |

#### 9) 取水工

ギザ及びハッサン・ワセフ取水工に用いられている2段ゲートのチェーン巻上げ形式は、バハル・ヨセフ用水路の制水堰ゲート同様、チェーンの切断、戸溝詰まり、1点吊りのバランスの悪さ等により操作が困難なために、閉扉状態で放置されているものもある。堰体もレンガ造りで劣化が甚だしく進行している。

ギザ取水工には閘門が併設されているが、現在では全く機能していない。閘門工のゲートには穴が空き、入口付近は人為的に完全に閉塞され、使用できる状態ではない。バハル・ヨセフ用水路のこれらの取水工位置の下流側には除塵用のネットが張られており、大量のホテイアオイやゴミが集積しており、ネットに集積されたゴミは定期的には排除されている。

### 3.5.2 社会基盤整備状況

#### 1) 集落

ラフーンは古くより灌漑の拠点で、「水を制する者は国を制する」の例の通り、ラフーンは一時城下町として栄えた。灌漑用水路には道路が併設され、制水堰には橋梁が併設された。また、古い時代には船が交通機関として利用され、水路は運河の役割を果たしてきた。

ラフーン制水堰付近ではバハル・ヨセフ用水路がファユーム州とベニスエフ州との境界になっている。ラフーン堰の右岸側にラフーンの町、左岸側にハワレットの町が広がっている。

#### 2) 道路

ラフーンに制水堰が設けられ、ギザ、ハッサン・ワセフの支線水路が建設されて、水路にはそれぞれ道路が併設されてラフーンは交通の要所となった。ベニスエフとファユームを結ぶ国道はラフーン堰を通過しなければならない。カイロからの交通は砂漠道路を通り、ファユームからラフーンへ入る道、農業道路でベニスエフへ出て、ベニスエフから入る道、ギザ支線水路沿いに南下する道がある。

工事用の資機材の運搬には、ファユーム 廻り或るいはベニスエフ 廻りいずれも可能である。ファユーム～ベニスエフの国道は上下2車線で大型車両の通行も可能である。

#### 3) 電気

ベニスエフから 11,000 V で送電され、ラフーンで減圧されて家庭に配電されている。

#### 4) 水道

ベニスエフから送水され、高架タンクに貯留され、家庭に配水されている。

### 3.6 環境問題

古いレンガ造りの取水工は老朽化して、管理操作が困難となりゴミが詰まって環境を汚染している。新しい施設に造り替えて管理を容易にし、環境を美化して行かねばならない。水はこの国にとっては貴重である。水辺を大事にし、できるだけ水面を潰すことは避けたい。

バハル・ヨセフ用水路は、もともと自然河川であったために、蛇行し、勾配が緩いために流速が遅く、水草が繁茂しやすい。流量の変化によってこれらの水草が上流より流れてきて、制水堰上流に集積される。これらの水草は通水を阻害するばかりではなく、水質を汚染する。特に最近では包袋用のビニール製品のゴミが多く不快感を与えている。

前述のようにラフーン制水堰は交通の要所であり、人の集まる場所である。古代制水堰は文化財となっており、古代制水堰と現制水堰の間はプールとなり、大木が生えて景勝地となっている。古代制水堰の下流側にも大きな整水地ができて、岸辺は洗濯場となり住民の憩いの場所となっている。新規の制水堰、取水工を建設してもこれらの環境を破壊しないように考慮しなければならない。



## 第4章 プロジェクトの内容



## 第4章 プロジェクトの内容

### 4.1 プロジェクトの基本構想

#### 4.1.1 協力の方針

「エ」国からの要請のあった日本政府の無償資金協力の対象計画はバハル・ヨセフ灌漑システムの受益地の約70%を支配しているラフーン制水堰及びギザ、ハッサン・ワセフ取水工の再建設である。これらの3灌漑施設を建設するために要請内容は

- (1) 建設の準備作業としての建設資機材の調達
- (2) 灌漑施設の建設

の2項目からなっている。

建設資機材の調達は①建設機械の調達と②仮設工事用の建設資材の調達に分けられている。また灌漑施設の建設の対象は①ラフーン制水堰、②ギザ取水工、③ハッサン・ワセフ取水工の3灌漑施設である。これらの施設は、ナイル河沿いのカイロ市の南約100km、バハル・ヨセフ用水路の288.7km地点に位置し、ラフーン制水堰は本線を堰止める用水路の水位調整構造物である。ギザ取水工はラフーン制水堰の300m上流、右岸に設置されたギザ支線水路の取入口で、また、ハッサン・ワセフ取水工はラフーン制水堰の上流300m、左岸に設置されたハッサン・ワセフ支線水路の取入口で両者とも重要な構造物である。

以下に要請内容を検討し、プロジェクトの基本構想を企てる。

#### 1) 仮設準備業務

##### (1) 建設機械の調達

上記要請の3大施設を建設するために必要な、

- ① ブルドーザー
- ② クローラー・クレーン
- ③ バイプロハンマー
- ④ ディーゼル発電機

などの建設機械の調達で本計画完了後は、ラフーン制水堰上流に位置するサコーラ、マゾーラ、ダイリュートなどの老朽施設の再建設に活用しようとするものである。

#### 現地調査及び実施機関との協議の結果

- ① 水資源省は建設工事の実施に当たり、施工業者に対して建設機械を貸与する方式はとっていない。
- ② 水資源省は建設機械を保有していないので、機械を供与しても維持管理して行く体制を持っていない。
- ③ 水資源省は建設工事に使用する機械は損料により、直接工事費として積算している。
- ④ 特殊な機械を除き、一般的な建設機械は「エ」国内でリース、レンタルなどにより調達可能である。

ことが判明した。

サコーラ、マゾーラ、ダイリュートなどの制水堰の改善工事の時期が確立されていないことと、上記四つの理由から、ラフーン制水堰建設工事完了後の残存機械の取扱いが明らかでないことから、建設機械の調達は行わず、損料として建設工事の直接工事費に加味して積算するものとする。従って、工事から独立した建設機械の調達は行わないものとする。

#### (2) 建設用仮設資材の調達

特に仮設に必要な締切用、土留用の鋼矢板、支保工用、又は仮設橋梁用 H 型鋼、溝型鋼などの仮設資材は、「エ」国内での調達が困難なため、日本又は第三国から調達して工事完了後使用可能な材料は、引き続いて実施されるサコーラ、マゾーラ、ダイリュートなどの制水堰改善工事用の資材として活用することを目的として調達するものである。

上述の資材はあくまで建設工事の仮設用の資材であり、これらの資材を他工事へ流用する計画については、サコーラ、マゾーラ、ダイリュートなどの制水堰の改善計画は今回の要請対象としては含まれていず、これらの制水堰の改善工事の時期も明らかではない。従って、残余資材の流用の計画を樹立することができない。また、これらが仮設資材で、特に工事の初期段階で必要なことから、

- ① 施工主体が調達し、建設業者へ貸与する方法には、工期的に無理がある。
- ② 使用後の残余資材の流用については、水資源省は資材を貸与する方法を探っていない。



- ③ そのために、資材を管理する施設も組織も持っていない、運営して行く計画も持っていない。

などの理由から、また仮設については無償資金協力による建設工事の施工管理システムから、指定仮設の方法をとらず、建設業者の独自の判断にまかせるため、調達した機材が十分活用されないことも考えられることから、仮設資材については直接工事費に含めるのが適切であると判断する。従って、建設用仮設資材の調達も工事から独立した調達は行わないものとする。

## 2) 灌漑施設の建設

### (1) 灌漑施設の建設

現ラフーン制水堰は、建設後すでに100年以上経過しており、その老朽化が著しい。公共事業水資源省は10年に一度定期的な補修作業を行っており、橋脚表面の化粧石などを補修しているものの、橋脚本体の損傷はかなり深刻であり、構造物としては健全な状態ではない。制水堰天端の道路はベニ・スエフ州とファユーム州を結ぶ幹線であり、大型車輛の交通量も多く、それが制水堰の損傷をさらに助長する結果となっている。本制水堰を放置すれば、近い将来致命的な損傷に進行する可能性があるため、緊急な対策が必要である。ギザ及びハッサン・ワセフ取水工についても、ゲートの機能の低下、堰体の老朽化が著しく、緊急に再建設することが必要である。

ラフーン制水堰の直上流に位置するギザ及びハッサン・ワセフの両支線用水路は、バハル・ヨセフ全地区の約3分の1を占める広範な地域を灌漑する大規模な支線用水路で、ラフーン制水堰と同時に併せて整備することにより大きな効果が期待できる。ラフーン制水堰を通じた下流の灌漑面積を合わせると、このラフーン制水堰グループの灌漑面積はバハル・ヨセフ地区の約3分の2(約20万ha)にも達する。

ラフーン制水堰の下流に位置するファユーム州は、標高30mから水面標高(-)42mのカルーン湖に至る1/300~1/500の急勾配の盆地状の地形を呈している。カルーン湖は、流出口を持たない砂漠の湖のため、湖水面は盆地より流入する排水と湖面の蒸発量でバランスを保っている。この湖水面のバランスは、降雨のないこの地域にあっては、耕地からの排水量によって変動する。ラフーン制水堰での適期の適切な灌漑用水のコントロールは農業生産性の向上のみならず、社会・環境面でも重要な役割を担っている。

既存のラフーン制水堰の水門径間は最大3.0から3.5mで、ファミー・ヘネン・ゲート(Fahmy Henen Gate)を使用している。このゲートは極めてシンプルな構造で、その機構は野心的であったが、人力操作であるため大規模で近代的な灌漑計画には適用できないもので

ある。今後導入するゲートは遠隔操作の可能なタイプで、現在MPWWRが進めている全ナイール水系水管理システムとの連結の可能なタイプを計画しなければならない。本計画を日本政府の無償資金協力により実施することは、今後全国的に実施すべき多くの老朽化した灌漑システムの円滑な整備・改修の推進を図る上で、モデルケースとしての役割が大きい。

## (2) 仮設橋梁

ラフーン制水堰建設に当たって、現ラフーン制水堰上を通過する国道の仮廻し道路として、仮設橋梁の建設が含まれているが、現地調査並びに測量調査の結果仮設橋梁を設けなくても仮廻しが可能であることが判明したので、「エ」国政府が予想しているような仮設橋梁は設けず、仮廻し道路を計画する。

## (3) 操作・管理室

要請内容には操作・管理室は特別な項目として挙げてはいないが、灌漑局との協議の結果、水資源省が現在アメリカの援助によって進めているテレメーターによるモニタリングシステムは将来テレコントロールシステムへ進める計画であるので、そのモデルとして1カ所で操作できる操作室設置の強い要望があった。

操作室は、3施設の操作についてモニターが可能で、現在進めているテレメーターシステムを一步進め、将来のテレコントロールシステムのモデルとしての展示効果もある。また、灌漑局ベニ・スエフ事務所には、現在モニタリングシステムを操作できる要員もおり技術力も持っている。操作、管理室の要員としては常駐の技術要員の他はゲートキーパーなどを充当するので問題はなく、充分対処可能で本計画へ加えることは妥当である。従って操作・管理室の建設は工事項目の一つとする。

## (4) 維持管理機械の調達

現在行っている用水路及び施設の管理は広範囲で、重要施設を集中的に管理するには充分な機械もなく、予算的にも不足している。ラフーン制水堰はバハル・ヨセフ用水路の受益地の約70%、あるいは「エ」国の8%に及ぶ耕地を灌漑する重要な施設である。その施設を常に良好な状況に管理するため、特にラフーン制水堰群の維持管理を直営で実施する計画として灌漑局は調査団との協議において下記のような機械

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| ① クローラー・クレーン (30t級)           | 1台 |
| ② バックホー型クラムシェル (ブーム 10m 以上)   | 1台 |
| ③ ダンプトラック (10t級)              | 2台 |
| ④ ローダー (0.7 m <sup>3</sup> 級) | 1台 |

の調達に対する協力を要望した。

しかしながら、バハル・ヨセフ用水路系統の全体管理計画が明らかでないこと、機械の維持管理、運営に対する計画が十分と云えず現段階では妥当性に欠けることから、これらの機械については、本プロジェクトの協力対象とはしない。

#### 4.1.2 要請内容の検討結果

本事業の実施機関は公共事業水資源省の灌漑局であり、独自でも灌漑施設の建設を行っており、建設に当たっては十分な能力、技術を有している。また、本計画で建設される施設の維持管理はバハル・ヨセフ灌漑システムの管理組織に組み込まれて運営管理される。灌漑局はこれらの施設の維持管理能力も充分備えている。

以上のように、その効果、現実性、実施能力が確認され、本計画の効果が無償資金協力の制度に合致していることから本計画を日本の無償資金協力により実施することは妥当であると判断する。ただし、前述の検討のとおり要請の内容は下記の通り一部変更し、日本の無償資金協力を前提として計画の概要を検討し、基本設計を実施することとする。

#### プロジェクトの内容

##### 取水施設の建設

- ① ラフーン制水堰の建設
- ② ギザ取水工の建設
- ③ ハッサン・ワセフ取水工の建設
- ④ 操作・管理室の建設

#### 4.2 プロジェクトの目的・対象

バハル・ヨセフ灌漑用水路は、100年余りを経過した制水堰、取水工等の施設によって配水管理されている。これらの施設は老朽化が進み、操作性が悪化している。日本政府は「エ」国政府の要請に基づいて1992年に実施した「バハル・ヨセフ地区灌漑整備計画」に関するF/S調査の報告書で、老朽化した施設の補修改善が緊急の課題であると提言した。特にその中での、バハル・ヨセフ灌漑用水路の受益面積の約70%をカバーするラフーン制水堰及びギザ、ハッサン・ワセフ取水工の改修が緊急に必要であるとの提言に基づき、「エ」国政府はこれらの3施設の補修改善工事を対象とする無償資金協力の要請を越した。

本プロジェクトの目的は、ラフーン制水堰及びギザ、ハッサン・ワセフ取水工を改善し、施設の維持管理を容易にして灌漑効果を上げ農業の生産性の効果に寄与するものである。

### 4.3 プロジェクトの実施体制

#### 4.3.1 実施機関

本事業の立案・実施の責任機関は公共事業水資源省 (MPWWR) である。また、本事業の実施機関及び建設後の維持管理を担当する機関は同省の灌漑局 (ID) である。国際協力省 (MOIC) は本プロジェクトの契約、実施に当たっての調整を担当する。

#### 4.3.2 組織

事業実施に当たっての公共事業水資源省の組織は資料7に示す。事業の実施に当たっての現場での対応は灌漑局ベニスエフ事務所が対応する。なお、実施機関の職員数は下記の通りである。

|        |         |
|--------|---------|
| 監督官庁   | 60,000人 |
| 実施機関   | 25,000  |
| 計画関連職員 | 20      |

#### 4.3.3 予算

事業に対応するために必要な要員を要しているため、特別予算を必要としない。ただし、事業推進に必要な用地費、その他の経費を含む費用は資料10.相手国負担経費内訳に示している。その費用は、既に予算計画に計上してある。

##### 監督機関及び実施機関の年間予算の推移

| 予算   | 1988/89                  | 1989/90                  | 1990/91                  |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 監督官庁 | 486.82 MLE<br>(143.6 億円) | 501.42 MLE<br>(147.9 億円) | 536.52 MLE<br>(158.3 億円) |
| 実施機関 | 282.03 MLE<br>(83.2 億円)  | 290.49 MLE<br>(85.7 億円)  | 310.82 MLE<br>(91.7 億円)  |

#### 4.3.4 維持・管理計画

施設完了後の維持管理については、3施設を管理する操作室が出来るので、その管理要員として灌漑及びゲート操作等の知識を有する技術者を1人常駐させる必要がある。その下に付く技能工及び人夫は現施設を管理しているゲートキーパー及びその人夫を充当する。

##### 1) ラフーン操作室の管理業務

操作室における常時の管理業務は下記の通りである。

- ① 受益者からの要求に応じて、管理事務所から指示される流量に対応したゲートの操作管理
- ② 施設の点検
- ③ 日報の作成

また、上述の業務を実施する要員として、ラフーン操作室の人員計画は下記の通りとする。

|       |                            |    |
|-------|----------------------------|----|
| 常駐技術者 | Engr.                      | 1人 |
| 技能工   | Engr.の助手(現 Gate Keeperを充当) | 1人 |
| 管理人夫  | (現 Gate Keeperの助手を充当)      | 2人 |
| 雑役夫   |                            | 1人 |

## 2) 施設の定期管理業務

上記施設の定期管理として

- ① 水草、ゴミの除去
- ② 堆砂の掘削
- ③ 施設の点検・補修 がある。

### (1) 水草、ゴミの除去

水草、ゴミの除去は原則として3ヶ月に1回定期的を実施する。

### (2) 堆砂の掘削

堆砂の掘削は原則として年1回の割合で実施する。

### (3) 施設の点検・補修

施設の点検は毎日行う。グリスの詰め替え、オイルの補充は年1回、消耗部品の取替え、塗装の塗り替えは5年に1回の割合で行う。なお、維持管理に必要な年間経費は下記の通りである。

#### - 計画施設の年間管理費

|        |            |           |
|--------|------------|-----------|
| 人件費    | 47,000 LE  | (1,387千円) |
| 施設維持管理 | 171,400 LE | (5,056千円) |
| 計      | 218,400 LE | (6,443千円) |

この年間維持管理費は灌漑局年間予算の0.07%に相当するもので、年間予算より支出するのには何ら問題となるものではない。

上記計画の年間経費の詳細は資料11に示している。

## 4.4 プロジェクトの最適案に係わる基本設計

### 4.4.1 設計方針

#### 1) 制水堰及び取水工の位置

約 32 万 ha の受益地を有するバハル・ヨセフ用水路は、年間 3 週間程度の点検保守のための断水期間を除き、通年通水水路である。本灌漑施設改善工事は、バハル・ヨセフ用水路及びハッサン・ワセフ、ギザ両支線水路の通水を遮断しないで、改築・設置が必要である。

一般的には、水路内の構造物を通水しながら施工することは困難で、工費がかかるので、陸上に別途計画、建設して水路を切替える方法を採用している。本計画の場合も工費、工期の面からこの方法を採用するのが最適と考えられる。

#### (1) ラフーン堰の位置

このようなことを勘案して位置の検討をしたが、ラフーン堰においては周囲が住宅地となっているため、別途に計画する場所が無くラフーン堰の中で計画する以外にないので、F/S の計画をも参考に検討した。閘門工を撤去して新しい制水堰を建設する案もあるが、「エ」側に確認したところ、閘門工は現状のままにしておくとの回答があったので、新ラフーン堰の位置は制水堰と閘門工の中間地を利用するというので、「エ」側と合意した。「エ」側の意向で古代制水堰及び現制水堰は現況のまま保持することとした。

#### (2) ハッサン・ワセフ取水工の位置

左岸側は私有地で、用地の取得が困難なため、右岸側の灌漑局所有の公共用地内に建設する。取水工上に橋梁があるが、交通量が少ないので、工事時の車輛交通は 300m 下流の橋梁を利用する。歩行者用には通路を保証する。

#### (3) ギザ取水工

ギザ取水工の建設位置については、① 現取水工位置もしくは② その下流側、③ ギザの船通し位置及び④ 現取水工とギザ船通しの中間位置の 4 案が考えられたが、詳細測量を行って検討した結果、① 及び② 案は、工事中の止水、山留め工のための用地が不足し、国道の仮廻しが困難であることから採用できないと判断した。③ 案については閘門工の撤去が条件であること、将来閘門工を利用しようとしても不可能なこと、また、工費的にも不利である

ことから採用しかねることから、④案が、最も工事費が安く、水理的にも問題がなく最適であると判断した。

## 2) ゲート形式の選定

「エ」国では古くから制水堰用として2段式のスルースタイプが使用されてきた。このゲートは下段ゲートを落とし込んでおいて上段のゲートで水位を調整する操作方法を採っている。ゲートは小型で移動式のチェーンブロック型巻上げ機で操作しているが、堰体が老朽化したりゲート自体が変形したりして操作が困難となっている。

最近では小規模の水路の制水堰にラジアルゲートを使用している。ラジアルゲートは扉門自体が大きくなるために、水深の小さい小規模な水路には適するが、本水路のように水深が大きくなるとアームを長くする必要があることと、ヒンジを水面上にセットしなければならないことから構造物及びゲート自体が大きくなるために工事費が高むこととなる。

また、ラジアルゲートは下端放流型となるため、①上流の水位調整が困難である、②放流流速が速く河床を傷めやすい。等の欠点がある。一枚型スライドタイプも方式・機能は変わらず、水深が大きくなると巻上げのリストが大きく高い堰柱が必要になる。

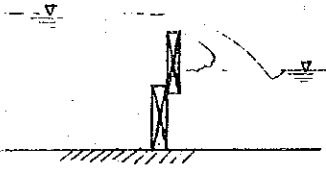
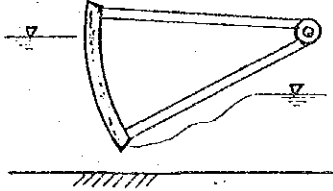
これらの欠点を解消し、より安全な方法として2段式のスライドゲートが使用されている。2段式スライドゲートの利点は上段ゲートを落とし込むことによって上段ゲートの天端をオーバーフローさせ、水位を調整することが出来ることである。また、上下流の水位差が大きい場合には、越流式によって減勢効果も得られるという利点もある。

このような観点からラフーン制水堰は2段型スライドゲートを使用する。また、ハッサン・ワセフ及びギザ取水工のゲートも目的、規模から判断し2段型スライドゲートとする。2段式ローラーゲートとラジアルゲートの長所、短所については表4-1に示している。

## 3) ゲートの操作方法

ゲートの操作方法は、MPWWRが計画している将来のシステム管理を考慮して電動とするが、停電時、非常用発電機も利用出来ない時のために手動操作装置を併設する。操作は機側の操作装置だけではなく、ラフーン制水堰及びハッサン・ワセフ、ギザ取水工のゲートを1ヶ所で管理できるよう、操作室を設け、パネルディスプレイを置いて灌漑局が目指しているテレコン・テレメータシステムのモデルケースとする。

表 4-1 バハル・ヨセフ地区灌漑整備計画ゲート選定比較表

| 項 目 | ローラーゲート2段式  | ラジアルゲート  |
|-----|---|--|
| 略 図 |    |    |
| 構 造 | <p>水圧荷重はスキンプレート、補助横桁、補助縦桁を介して水平主桁に伝達され、扉体両側に配置された端部縦桁からローラ、戸当あたりに伝えられる。<br/>ゲートの操作は上下方向。<br/>放流は越流方式である。</p>                                      | <p>水荷重は円弧状のスキンプレート縦方向又は横方向に配置された補助桁、脚柱へと伝達され、回転支承部を経て堰体に埋設したアンカーにて支持される。<br/>ゲートの操作は回転式。<br/>放流は下端放流式である。</p>  |
| 長 所 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水位の微調整が容易である。</li> <li>・ 常時の流量制御は上段ゲートのみで行うので、巻上げ荷重が小さく、維持費が安価となる。</li> <li>・ 水上で補修ができ、容易である。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高い堰柱が不要である。</li> <li>・ 下端放流であるため、小開度で大流量が放流可能である。</li> </ul>  |
| 短 所 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機構がやや複雑である。</li> <li>・ 鋼重が単扉式に比べ約2割程度多くなる。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 下端放流のため、下流側の減勢が必要である。</li> <li>・ 構造物は大型化する。</li> <li>・ 扉体の構成部材が多く、構造が複雑で鋼重も重い。ローラーゲートに比べ1.5倍程度</li> <li>・ 巻上げ機構の力の伝達がゲート開度によって異なり、満開に近づくに従って大きな力が必要となる。</li> <li>・ 水位の微調整が困難である。</li> <li>・ ヒンジ部分が痛みやすく取り換えが困難である。</li> </ul> |
| 考 察 | <p>一枚当たりの扉高が小さく、操作が容易である。放流に対する減勢も必要なく、水路の維持面においても好ましい。推奨できる型式である。</p>  | <p>ゲート自体の構造も複雑で製作費は割高となる。下端放流型で水位の微調整が困難である。小開度で大流量を放流できるのでダムの放流工等によく利用されるが用水路の調整ゲートとしては好ましくない。</p>  |



#### 4) 堰体の構造

堰体は施工性と耐久性とを考慮して鉄筋コンクリート構造とする。外観については特別な配慮はしないが、鋼製のゲート等の色彩については違和感の無いよう注意を払う。

#### 5) 除塵

現況ではラフーン制水堰の上流にフローティングネットが設置してあり、水草やゴミを集積してクラムシェル型のクレーンにて除去している。ハッサン・ワセフ及びギザ取水工の前面にはフローティングネットは無く、ゴミは直接取水工のスクリーンに集積されている。このゴミは直接人力で取り除かれるか、下流へ流している。ラフーン制水堰の上流のフローティングネットに集積される水草(ゴミを含む)はクラムシェルにて除去し、ダンプトラックにてごみ捨て場へ投棄する。

#### 6) 護床・護岸

制水堰又は取水工の下流側はゲートの開閉による流速変化のため、洗掘の恐れがあるので、十分な護床・護岸を行う必要がある。護床工の延長は堰幅の2倍程度を必要とし、自然石を利用した蛇籠等によって減勢効果を上げる工夫をする。堰下流部の用水路法面は放流時の流速による洗掘から守るために護床工と同延長を保護する必要がある。護岸工の材料は現地で利用されている練石積か蛇籠が適当であるが法面をとれる余裕がない場合にはコンクリート壁又は鋼矢板などを利用する。

#### 7) 併設橋梁

ラフーン制水堰は国道を横断するため水門の下流側に橋梁を併設する。橋梁は「エ」国の基準に合わせ、幅員を8.0mで設計する。また、「エ」国側の要望に応じて、左右に手すり部を含めて1.0mの歩道を併設する。

ギザ取水工上も国道であるのでラフーン制水堰に準じて設計する。

ハッサン・ワセフ取水工の橋梁は、集落道路であるために交通量も少なく、将来も主要道路となる可能性は無いので現況の幅員に合わせて幅6.0mを採用する。

## 8) 閘門工

ラフーン制水堰とギザ取水工には閘門工があるが、現状ではいずれも使用されていない。閘門工の管理の管轄は運輸省にあり、灌漑局としては現時点では運輸省がラフーン閘門工は廃棄する意志が無いので閘門工には触れたくないとの意向であったので現況のままにとどめることとする。

ギザ閘門工については、撤去しても良いとの意向であったが閘門工を利用し或るいは閘門工位置に取水工を新設するメリットがないのでこの閘門工も現状のままにとどめておくこととする。

## 9) 仮設橋梁

「エ」国側の要請によればラフーン堰工事中の仮設道路としてラフーン堰上流 300m 付近に仮設橋を架設し、工事中の車輛の通行に対処することとしている。現地測量を含む現地調査と「エ」国側との協議結果によれば制水堰と閘門工との間の中島を利用して仮廻し道路を計画できるので、工事費の高い仮設橋案についてはキャンセルする。

## 10) 締切工

ラフーン制水堰や取水工の工事中の仮締切は、狭い場所での締切工法で鋼矢板及び H 鋼等の使用が不可欠である。矢板の打設機械については、工事中文化財となっている古代ラフーン堰に震動を与えないよう無震動杭打機を使用する。

## 11) 設計基準

土地改良事業計画設計基準「頭首工」編に準拠する。但し基礎となる荷重条件、水理基準等については「エ」国の基準を適用する。鋼製ゲートの設計に当たっては水門鉄管技術基準を適用し、機械及び材料等については JIS に準拠する。

#### 4.4.2 設計条件

##### 1) 計画通水量

F/S 報告書によるとラフーン制水堰、ハッサン・ワセフ及びギザ取水工の計画通水量は下記の通りである。

・ ラフーン制水堰

$$Q_{\max} = 80.07 \text{m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{\min} = 15.73 \text{m}^3/\text{sec}$$

・ ギザ取水工

$$Q_{\max} = 52.69 \text{m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{\min} = 10.21 \text{m}^3/\text{sec}$$

・ ハッサン・ワセフ取水工

$$Q_{\max} = 39.77 \text{m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{\min} = 7.71 \text{m}^3/\text{sec}$$

但し、 $Q_{\max}$  は 7 月、 $Q_{\min}$  は 10 月に発生している。

##### 2) 計画水位

用水路の水位は現況水路の水位より判断する。下表は現地調査によって得たものである。

表 4-2 各施設の月別上下流平均水位

(単位 : m)

| 月  | ラフーン制水堰 |       |      | ギザ取水堰 |       |      | ハッサン・ワセフ取水堰 |       |      |
|----|---------|-------|------|-------|-------|------|-------------|-------|------|
|    | 上流側     | 下流側   | 差    | 上流側   | 下流側   | 差    | 上流側         | 下流側   | 差    |
| 1  | -       | -     | -    | -     | -     | -    | -           | -     | -    |
| 2  | 26.65   | 24.90 | 1.75 | 26.67 | 25.90 | 0.77 | 26.65       | 25.45 | 1.20 |
| 3  | 26.23   | 24.70 | 1.53 | 26.29 | 25.80 | 0.49 | 26.23       | 25.45 | 0.78 |
| 4  | 26.40   | 24.60 | 1.80 | 26.42 | 25.70 | 0.72 | 26.40       | 25.42 | 0.98 |
| 5  | 26.45   | 24.55 | 1.90 | 26.47 | 25.80 | 0.67 | 26.45       | 25.40 | 1.05 |
| 6  | 26.40   | 24.95 | 1.50 | 26.42 | 26.05 | 0.37 | 26.40       | 25.61 | 0.79 |
| 7  | 26.38   | 24.95 | 1.43 | 26.40 | 26.00 | 0.40 | 26.38       | 25.64 | 0.74 |
| 8  | 26.52   | 25.00 | 1.52 | 26.54 | 25.85 | 0.69 | 26.55       | 25.64 | 0.91 |
| 9  | 26.50   | 24.90 | 1.60 | 26.54 | 25.80 | 0.74 | 26.52       | 25.60 | 0.92 |
| 10 | 26.28   | 24.55 | 1.73 | 26.30 | 25.55 | 0.75 | 26.28       | 25.44 | 0.84 |
| 11 | 26.50   | 24.55 | 1.95 | 26.52 | 25.40 | 1.12 | 26.50       | 25.40 | 1.10 |
| 12 | 26.60   | 24.30 | 2.30 | 26.62 | 25.75 | 0.87 | 26.60       | 25.36 | 1.24 |

#### 4.4.3 基本設計

##### 1) 取水工断面の決定

制水堰及び取水工の断面は、基本的には現況の堰断面を変えないということで決定するが、他面上下流水路の流速が0.6m/sec前後であるから、堰直下流の流速が現況水路の1.5～2.0倍をこえないように設計する。ラフーン制水堰については、敷地が狭く、構造物を大きくできないので、堰幅は流量に対して幾分大きめになる。従って直下流に減勢工を設けて下流側の拡幅部へ放流する。他の取水工は現況の堰幅をほぼ踏襲するものとする。各堰(水門)の断面及び構造は下記の通りとする。

##### (1) ラフーン制水堰

###### 規模

|        |   |
|--------|---|
| 制水門    | 5.5m × 2門   |
| 扉高(水深) | 5.62m   |
| 堰長     | 12.6m   |
| 堰体     | 直接基礎、コンクリート構造、ピアーの高さ 15.12m                           |
| 併設橋梁   | 幅員 8.0m (1.0m × 2 歩道付)                                |
| ゲート    | 2段ホイールゲート、ワイヤーロープウインチ式<br>径間長 5.5m × 扉体 3.15m × 2枚 2門 |
| 水路     | 直接基礎、コンクリート構造、副ダム堤高 1.0m                              |

##### (2) ギザ取水工

###### 規模

|        |  |
|--------|--|
| 制水門    | 4.0m × 4門  |
| 扉高(水深) | 4.1m   |
| 堰長     | 20.5m  |
| 堰体     | 直接基礎、コンクリート構造、ピアーの高さ 11.5m                           |
| 併設橋梁   | 幅員 8.0m (1.0m × 2 歩道付)                               |
| ゲート    | 2段ホイールゲート、ワイヤーロープウインチ式<br>径間長 4.0m × 扉体 2.4m × 2枚 4門 |

(3) ハッサン・ワセフ取水工

規模

|        |   |
|--------|---|
| 制水門    | 4.0m × 3門   |
| 扉高(水深) | 4.6m  |
| 堰長     | 15.0m   |
| 堰体     | 直接基礎、コンクリート構造、ピアーの高さ 12.0m                            |
| 併設橋梁   | 幅員 6.0m   |
| ゲート    | 2段ホイールゲート、ワイヤーロープウインチ式<br>径間長 4.0m × 扉体 2.65m × 2枚 3門 |

2) 通水能力の検討

2段式ローラーゲートを使用しているので、上段ゲート落とし込みによる(上段全開時)最大流量と、上下段ゲート引上げによる(上下段全開時)最大流量を検算する。

(1) 使用公式

- 上段ゲート落とし込み時(完全越流)

$$Q = CLH^{3/2}$$

ここに Q: 越流量 (m<sup>3</sup>/sec)  
C: 越流係数 1.8  
H: クレスト上の総水頭(上下流水位差: m)  
L: 堰の有効長 (m)

上段ゲート全開時の期別最大水位差による最大流量を検算する。

- 上下段ゲート引上げ時(オリフィス)

$$Q = CA \sqrt{2gH}$$

ここに Q: 流量 (m<sup>3</sup>/sec)  
A: オリフィスの面積 (m<sup>2</sup>)  
H: 水頭 (m)  
g: 重力の加速度 (9.8m/sec<sup>2</sup>)  
C: 流量係数 0.6

上段ゲート引上げ時については、最低水位差時に下段ゲートの扉高程度を引き上げた時全量が通水可能かどうかを検算する。

(2) ラフーン制水堰

- 上段ゲート全開

- 期別最大水位差 (H) = U.W.L 26.60 - D.W.L 24.30 = 2.30 m
- L = 5.50 × 2 = 11.0 m

$$Q = 1.8 \times 11.0 \times 2.3^{3/2} = 69.06 \text{ m}^3/\text{s} < 80.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

故に、上段ゲートのみでは全流量は排除できない。

- 上下段ゲート引上げ時

- 期別最小水位差 (H) = U.W.L 26.38 - D.W.L 24.95 = 1.43 m
- 開度 2.8 m

$$Q = 0.6 \times 11.0 \times 2.8 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 1.43} \\ = 97.83 \text{ m}^3/\text{s} > 80.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

故に下段ゲートが全開した段階で、計画流量全量の排除が可能である。

(3) ギザ取水工

- 上段ゲート全開

- 期別最大水位差 (H) = U.W.L 26.52 - D.W.L 25.40 = 1.12 m
- $L = 4.0 \times 4 = 16.0 \text{ m}$

$$Q = 1.8 \times 16.0 \times 1.12^{3/2} = 34.14 \text{ m}^3/\text{s} < 53.69 \text{ m}^3/\text{s}$$

上段ゲートのみの全流量取水は不可能である。

- 上下段ゲート引上げ時

- 期別最小水位差 (H) = U.W.L 26.42 - D.W.L 26.05 = 0.37 m
- 開度 2.2 m

$$Q = 0.6 \times 16.0 \times 2.2 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.37} \\ = 56.88 \text{ m}^3/\text{s} > 53.69 \text{ m}^3/\text{s}$$

故に下段ゲートが全開した段階で、計画流量全量を取水可能である。

(4) ハッサン・ワセフ取水工

- 上段ゲート全開

- 期別最大水位差 (H) = U.W.L 26.60 - D.W.L 25.36 = 1.24 m
- $L = 4.0 \times 3 = 12.0 \text{ m}$

$$Q = 1.8 \times 12.0 \times 1.24^{3/2} = 29.83 \text{ m}^3/\text{s} < 39.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

上段ゲートのみの全流量取水は不可能である。

上下段ゲート引上げ時

- 期別最小水位差 (H) = U.W.L 26.38 - D.W.L 25.64 = 0.74m
- 開度 2.20 m

$$Q = 0.6 \times 12.0 \times 2.2 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.74}$$
$$= 44.88 \text{ m}^3/\text{s} > 39.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

故に下段ゲートが全開した段階で、計画流量全量を取水可能である。

### 3) エプロン長の決定

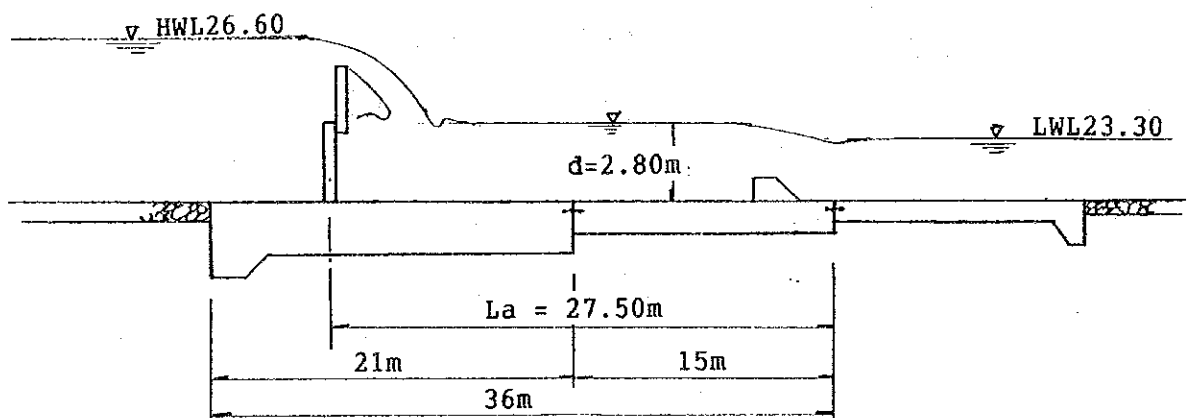
制水堰及び取水工のエプロンの長さは、パイピング又は洗掘を防止するためにブライの公式によって求められる。

エプロン長 (La)

$$La = 0.6C \sqrt{H} \cdot f$$

- ここに
- La: エプロンの長さ (m)
  - C: ブライの係数 15、土質調査の結果から基礎地盤の土粒子は細砂以上と判断されるので15とする。
  - H: 上下流の水位差
  - f: 安全率 1.5、可動堰の場合日本の基準では1.5としている。

#### (1) ラフーン制水堰





- 上流水路の水位  $WL=26.60\text{ m}$

- 下流水路の水位

実測最低水位  $LWL\ 24.30$

実測水位は旧ラフーン堰上流のプール内の測定結果であり、旧ラフーン堰下流の池の水位は、さらに1.0m程度低くなっていることを考え、下流水位は $LWL24.30-1.0=23.30\text{m}$ と推定する。

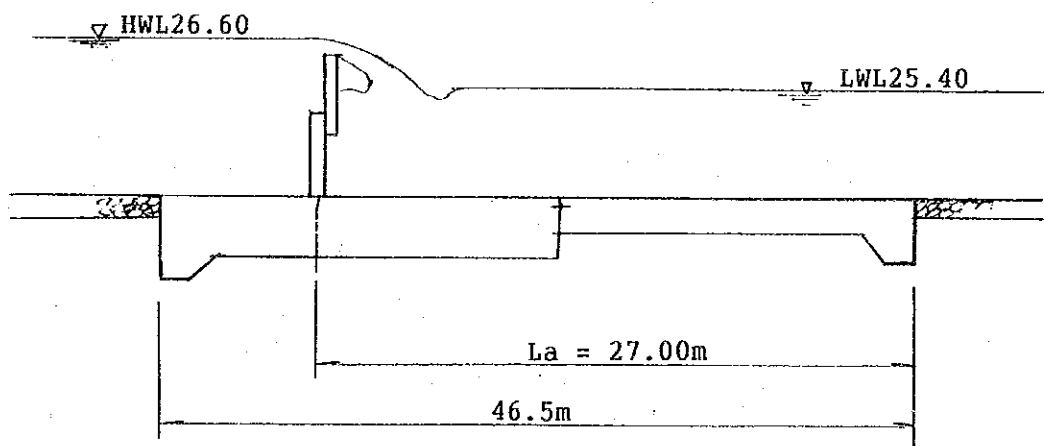
- エプロン長の決定

水位差  $H=26.60-23.30=3.30\text{m}$

$$La = 0.6 \times 15 \times \sqrt{3.3 \times 1.5} = 24.5\text{ m} < 27.5\text{m}$$

計算上は24.5mであるが安全をみて27.5mとする。

(2) ギザ取水工



- 上流水路の水位  $WL=26.60m$

- 下流水路の水位

実測最低水位  $LWL\ 25.40$

下流側の水路は改修されないので、現況水位を採用する。

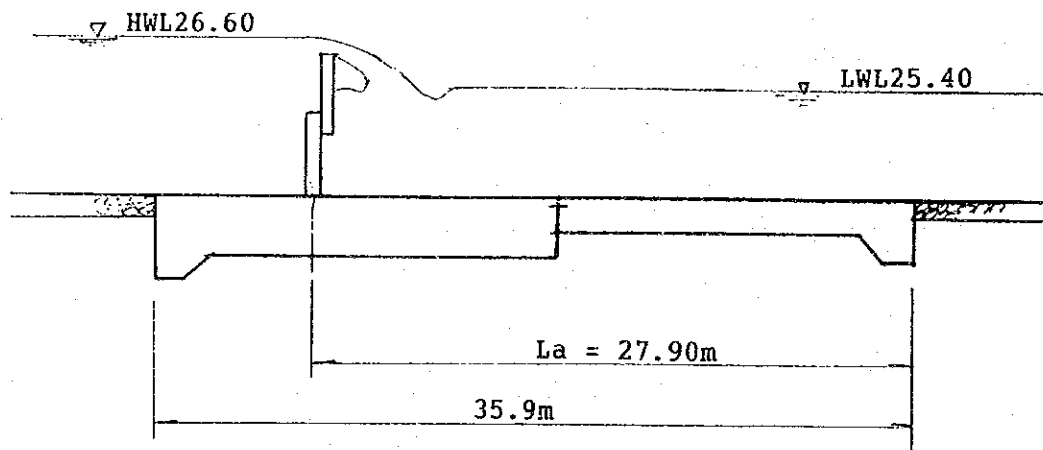
- エプロン長の決定

水位差  $H=26.60-25.40=1.2m$

$$La = 0.6 \times 15 \times \sqrt{1.2 \times 1.5} = 14.8m < 27.0m$$

水利的には14.8mとなるが、構造を考慮して27.0mとする。

(3) ハッサン・ワセフ取水工



- 上流水路の水位 WL=26.60m

- 下流水路の水位

実測最低水位 LWL 25.40

下流側の水路は改修されないので、現況水位を採用する。

- エプロン長の決定

水位差  $H=26.60-25.40=1.2\text{m}$

$$L_a = 0.6 \times 15 \times \sqrt{1.2 \times 1.5} = 14.8 \text{ m} < 27.9 \text{ m}$$

水利的には14.8mとなるが、構造を考慮して27.9mとする。

#### 4) 浸透路長の検討

ボーリング及び土質試験結果によれば、基礎地盤の透水係数は、砂質地盤で $(2\sim 2.5) \times 10^{-4}$ 、粘性土で $(1\sim 2) \times 10^{-5}$ と、透水性は低い全くの不透水性地盤( $\times 10^{-6}$ 以下)とは言い難い。堰を透水性地盤上に設ける場合には、地盤内を浸透する流水の作用による基礎地盤の破壊を防止するため、流速の抑制に必要な浸透路長を確保する必要がある。即ち、パイピングの防止のため、セキ基礎面や取付擁壁背面に沿う浸透路の長さ(クリープの長さ、Creep length)を確保する。

浸透路長は下記のブライの式によって求められる。

浸透路長(Lp)

$$L_p = C \cdot H$$

ここに

Lp: 浸透路の長さ(m)

C: ブライの係数、土質調査の結果  
細砂として15

H: 上下流の水位差

(1) 上下流の水位差

① 現況水路の水位差

表 4-2 は現況水路の制水堰及び取水工の上下流の現況水位の記録である。現況の水路はゲートが老朽化して、完全な操作が行われていないこともあって、下流側水路の水位が0になることはない。

その水位差は最大で、

|             |       |
|-------------|-------|
| ラフーン制水堰     | 2.30m |
| ギザ取水工       | 1.12m |
| ハッサン・ワセフ取水工 | 1.24m |

となっている。

② 通水を考慮したときの水位差

基本的には幹線水路通水時に、支線の通水を停止することはあり得ない。ギザ及びハッサン・ワセフの支線の流量は大流量であり、バハル・ヨセフ用水路には余水吐がないので、支線の取水を止めると、通水が施設の容量を越えオーバーフローすることとなる。上流側の水位は計画水位を維持した場合、最小流量取水時の水位差が最も大きくなるので、この時の水位差を求めると

|             |                      |
|-------------|----------------------|
| ラフーン制水堰     | $26.60-21.68=4.92$ m |
| ギザ取水工       | $26.60-23.85=2.75$ m |
| ハッサン・ワセフ取水工 | $26.60-23.25=3.35$ m |

となる。

③ 下流側水位0の時の水位差

前述のように、基本的には幹線水路通水時に支線の取水0はあり得ないが、設計上、危険な場合を想定して、上流水位は計画水位とし下流側水位は、エプロン表面標高とすると水位差は、

$$\text{ラフーン制水堰} \quad 26.6 - 20.5 = 6.1 \text{ m}$$

$$\text{ギザ取水工} \quad 26.6 - 22.5 = 4.1 \text{ m}$$

$$\text{ハッサン・ワセフ取水工} \quad 26.6 - 22.0 = 4.6 \text{ m}$$

となる。

従って、浸透路長は安全をみてケース③で設計する。

(2) ラフーン堰の浸透路長

- 最大水位差 (H) =  $26.6 - 20.5 = 6.1 \text{ m}$

$$L_a = 15 \times 6.1 = 91.5 \text{ m}$$

エプロンの設計長さは56 mであるから不足する浸透路長は

$$91.5 \text{ m} - 56 \text{ m} = 35.5 \text{ m}$$

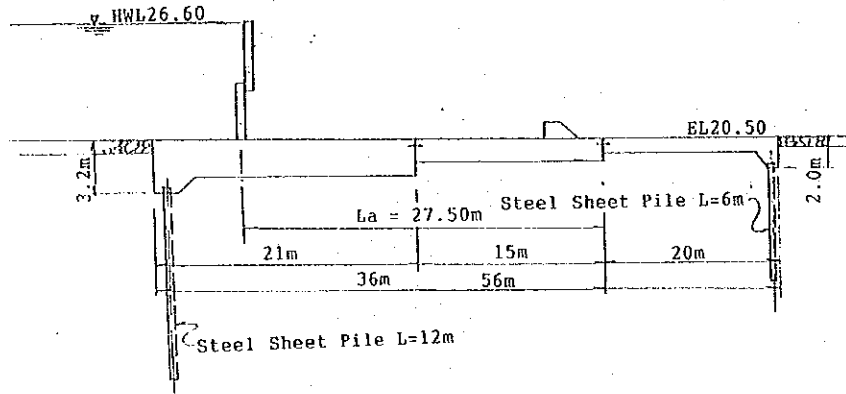
となる。不足浸透路長は鋼矢板によるカットオフで補足する。鋼矢板打設位置は底版先端部と下流エプロン先端部の2ヶ所とする。鋼矢板の長さは上流側に12 mのものを使用すれば、

$$\text{下流側矢板長} = (35.5 \text{ m} - 2 \times 12 \text{ m}) \div 2 = 5.75 \text{ m} \approx 6 \text{ m}$$

となる。

鋼矢板は仮設矢板の打設機を転用するので、仮設矢板と同じIV型を使用する。

ラフーン制水堰



(3) ギザ取水工の浸透路長

- 最大水位差 (H) = 26.6 - 22.5 = 4.1 m

$$L_a = 15 \times 4.1 = 61.5 \text{ m}$$

エプロンの設計長さは46.5mであるから不足する浸透路長は

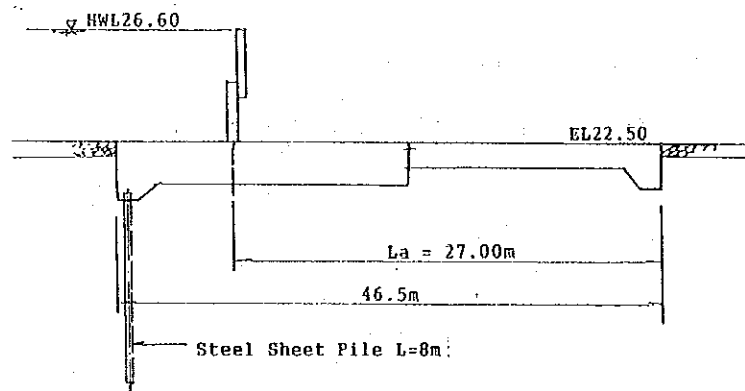
$$61.5 \text{ m} - 46.5 \text{ m} = 15 \text{ m}$$

である。不足浸透路長は鋼矢板によるカットオフで、補足することとすれば、

$$\text{カットオフ矢板長} = 15 \text{ m} \div (1 \text{ヶ所} \times 2) = 7.5 \text{ m} \approx 8 \text{ m}$$

となる。

ギザ取水工



(4) ハッサン・ワセフ取水工の浸透路長

• 最大水位差 (H) = 26.6 - 22.0 = 4.6 m

$$L_a = 15 \times 4.6 = 69 \text{ m}$$

エプロンの設計長さは 35.9 m であるので、不足する浸透路長は、

$$69 \text{ m} - 35.9 \text{ m} = 33.1 \text{ m}$$

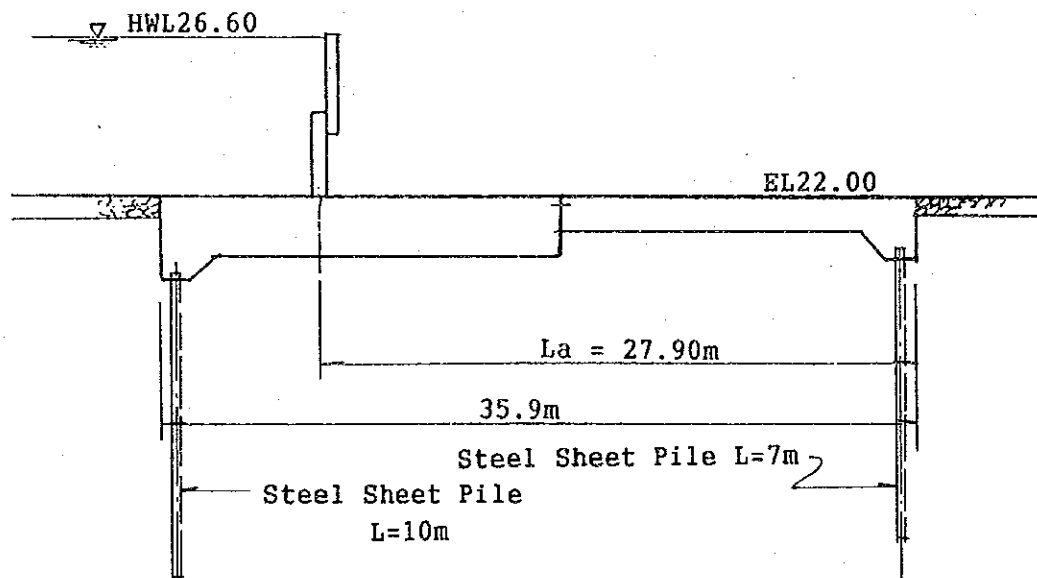
鋼矢板は底版先端部と下流端に打設するものとし、上流側に 10 m の矢板を使用すれば

$$\text{下流側矢板長} = (33.1 \text{ m} - 2 \times 10 \text{ m}) \div 2 = 6.55 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$$

となる。

尚、カットオフ用の矢板は出来るだけ仮設用の矢板が使用出来るよう工夫して設計する。

ハッサン・ワセフ取水工



### 5) 護床工の長さ

エプロンの下流側には洗掘を防止するために護床工を設ける。護床工の長さは、ブライの式によって求めることとし、下式による。

$$L = L_B - L_a$$

$$L_B = 0.67 C \sqrt{H \cdot g \cdot f}$$

- ここに
- L : 護床工の長さ (m)
  - $L_B$ : 水路床保護延長 (m)
  - $L_a$ : エプロンの長さ (m)
  - H : 水位差 (最大流量通水時の水位差 : 現況最大水位差を摘要 : m)
  - f : 安全率 1.5
  - C : ブライの係数 18

#### (1) ラフーン制水堰

$$L_B = 0.67 \times 18 \sqrt{2.3 \times 6.35} \times 1.5 = 69.1 \text{ m}$$

$$q = 80.0 \text{ m}^3/\text{s} / 12.6 \text{ m} = 6.35 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$L = 69.1 - 45 = 24.1 \text{ m}$$

#### (2) ギザ取水工

$$L_B = 0.67 \times 18 \sqrt{1.12 \times 3.29} \times 1.5 = 34.7 \text{ m}$$

$$q = 52.69 \text{ m}^3/\text{s} / 16.0 \text{ m} = 3.29 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$L = 34.7 - 26 = 8.7 \text{ m}$$

#### (3) ハッサン・ワセフ取水工

$$L_B = 0.67 \times 18 \sqrt{1.24 \times 3.31} \times 1.5 = 36.6 \text{ m}$$

$$q = 39.77 \text{ m}^3/\text{s} / 12.0 \text{ m} = 3.31 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$L = 36.6 - 26 = 10.6 \text{ m}$$



実際には、現況等から判断していずれの場合も長めに護床工の延長を決定している。

## 6) 護床工の構造

護床工は流れに対して安定であるばかりでなく、河床の変動に対して柔軟に順応する構造が好ましい。流速に対してはある程度の重量が必要である。自然石、コンクリートブロック等が使用されるが、現地で大型の石が入手しにくいことと、施工がしにくいことから、一般に使用されている蛇竜を用いることとする。1箇当たりの蛇竜の重量はおよそ次式を満足するものとする。

$$W > 3.75 A \cdot \frac{V^2}{2g}$$

ここに      W: 蛇竜の重量 (t)  
              A: 流水が衝突する面積 (m<sup>2</sup>)  
              V: 流水がブロックに衝突するときの流速 (m/s)  
              g: 重力の加速度 (m/s<sup>2</sup>)

蛇竜の大きさを 0.5 m × 1.2 m × 2.0 m とし、中詰石の比重を 1.8t/m<sup>3</sup> とすると、

$$W = 0.5 \times 1.2 \times 2.0 \times 1.8 = 2.16 \text{ t}$$

$$A = 0.5 \times 1.2 = 0.6 \text{ m}^2$$

$$V = 4.0 \text{ m (護床工上での最大流速)}$$

$$\begin{aligned} 3.75 A \cdot \frac{V^2}{2g} &= 3.75 \times 0.6 \times \frac{4.0^2}{2 \times 9.8} \\ &= 1.84 \text{ t} < W \end{aligned}$$

したがって、上記蛇竜は 4.0 m 程度の流速までは充分安全である。

## 7) ラフーン堰のシルブロック

ラフーン堰の下流は調整池になっていて、水路の通水開始時には下流側の水位が 0 となり、ラフーン堰直下流を水が走ることとなる。従ってゲート初期始動時の射流を防ぐために、堰下流にシルを設ける。シルの高さはあまり高くすると、シル(固定堰)上の流速を速め、シル下流にエプロンを必要とする。従って、シルの高さは一般的に用いられている跳水後の下流水深の 2 割程度とする。

$$D=0.2H_2$$

ここに D : シルの高さ  
H<sub>2</sub> : 下流水深 5.0 m

$$D = 0.2 \times 5.0 = 1.0 \text{ m}$$

#### 8) 基礎の検討

広い範囲に底版コンクリートを打設するので、単位面積当たりの荷重は小さくなる。テルツァギーの支持力公式により地盤の支持力をチェックした結果、いずれの施設も設計荷重が許容地耐力の範囲内にあるので直接基礎を採用する。支持力公式は下記の公式を使用し、計算結果は表 4-3 に示す。

テルツァギーの支持力公式

$$q_c = 1/3 \times q_a$$

$$q_a = \alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

- q<sub>c</sub> : 許容支持力 (t/m<sup>2</sup>)  
q<sub>a</sub> : 極限支持力 (t/m<sup>2</sup>)  
c : 基礎荷重面下の地盤の粘着力 (t/m<sup>2</sup>)  
γ<sub>1</sub> : 基礎荷重面下の地盤の単位体積重量 (t/m<sup>3</sup>)  
(地下水位下にある場合は水中単位重量をとる)  
γ<sub>2</sub> : 基礎荷重面より上の地盤の単位体積重量 (t/m<sup>3</sup>)  
(地下水位下にある場合は水中単位体積重量をとる)  
α、β : 形状係数  
N<sub>c</sub>, N<sub>r</sub>, N<sub>q</sub> : 支持力係数  
D<sub>f</sub> : 基礎に近接した最低地盤面から基礎荷重面までの深さ (m)  
B : 基礎荷重面の最小幅 (m) (円形の場合は直径)

表 4-3 許容地耐力計算結果表

| 項目                                  | 地質調査地点番号 |          |        |        |        |          |
|-------------------------------------|----------|----------|--------|--------|--------|----------|
|                                     | Bor. 1   | Bor. 1-1 | Bor. 2 | Bor. 3 | Bor. 4 | Bor. 4-4 |
| 平均 N 値                              | 6        | 10       | 6      | 6      | 18     | 10       |
| 内部摩擦角 $\phi$                        | 20       | 20       | 20     | 20     | 21     | 20       |
| 形状係数 $\alpha$                       | 1.0      | 1.0      | 1.0    | 1.0    | 1.0    | 1.0      |
| せん断強度 (kg/cm <sup>2</sup> )         | 1.8      | 1.1      | 1.6    | 1.4    | 1.1    | 1.1      |
| 粘着力 C (t/m <sup>2</sup> )           | 5.6      | 3.8      | 5.6    | 4.9    | 3.8    | 3.8      |
| 支持力係数 Nc                            | 7.9      | 7.9      | 7.9    | 7.9    | 8.3    | 7.9      |
| 形状係数 $\beta$                        | 0.5      | 0.5      | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5      |
| 単位重量 $\gamma_1$ (t/m <sup>3</sup> ) | 1.9      | 1.9      | 1.9    | 1.9    | 1.9    | 1.9      |
| 基礎最小幅 B (m)                         | 23.7     | 23.7     | 18.2   | 15.8   | 15.8   | 15.8     |
| 支持力係数 Nr                            | 2.0      | 2.0      | 2.0    | 2.0    | 2.0    | 2.0      |
| 単位重量 $\gamma_2$ (t/m <sup>3</sup> ) | 1.9      | 1.9      | 1.9    | 1.9    | 1.9    | 1.9      |
| 根入深さ Df (m)                         | 10.2     | 10.2     | 8.5    | 8.1    | 8.1    | 8.1      |
| 支持力係数 Nq                            | 3.9      | 3.9      | 3.9    | 3.9    | 4.2    | 4.2      |
| 許容地耐力 qa (t/m <sup>2</sup> )        | 54.9     | 50.3     | 47.2   | 42.9   | 42.0   | 40.1     |
| 水路底幅 (m)                            | 23.7     | 23.7     | 18.2   | 15.8   | 15.8   | 15.8     |
| 本体重量 (t)                            | 301.1    | 301.1    | 371.7  | 291.5  | 291.5  | 291.5    |
| 水重 (t)                              | 55.2     | 55.2     | 65.6   | 67.3   | 67.3   | 67.3     |
| 機械重量 (t)                            | 3.4      | 3.4      | 3.4    | 5.0    | 5.0    | 5.0      |
| 荷重合計 (t)                            | 359.7    | 359.7    | 440.7  | 363.8  | 363.8  | 363.8    |
| 地盤反力 (t)                            | 15.2     | 15.2     | 24.2   | 23.0   | 23.0   | 23.0     |
| 判定                                  | ○        | ○        | ○      | ○      | ○      | ○        |