

サウディアラビア国
廃水再生利用調査団報告書

昭和55年8月

国際協力事業団

派 二
J R
80-29

サウディアラビア国 廃水再生利用調査団報告書

昭和55年8月

JICA LIBRARY



1044549[2]

国際協力事業団

派 二

J R

80-29

国際協力事業団

受入 月日 '84. 3. 22	312
登録No. 01336	61.8 EXS

ま え が き

このたび国際協力事業団より、サウジアラビア国に対する廃水再生利用に関する技術協力の専門家派遣ということで委嘱を受け、約2週間にわたり同国に出張して、農業・水省と協議し、また関連施設を視察したので、その結果をとりまとめて報告する。

目 次

1. 目 的	1
2. 調査団の構成	2
3. 日 程	3
4. サウディアラビア国農業・水省との協議	4
4.1 協議メンバー	4
4.2 協議経過	4
4.3 サウディアラビア国の要請	5
4.4 サウディアラビア国の要請に対する調査団の意見	5
5. 上下水道の処理施設および農業用水の現地調査	6
5.1 調査箇所	6
5.2 リヤド下水処理場	8
5.3 リヤドの上水について	14
5.3.1 リヤドの上水処理場	14
5.3.2 リヤドの上水事情	17
5.4 ハラド農産物・畜産物生産会社	21
5.5 ハッサ かんがい・排水局	23
6. 現地で入手した資料のリスト	32
7. 別 添 資 料	33

1. 目 的

サウディアラビア政府の日本政府に対する要請により、わが国の廃水再生利用技術を紹介するとともに、サウディアラビア政府と協議を行って、廃水再生利用に関し、わが国に協力を求める事項を確認し、さらに同国における廃水再生利用の現状を調査し、今後の技術協力に関する基礎資料を得るものである。

2. 調査団の構成

団長 通商産業省立地公害局工業用水課 課長補佐 真木 浩之
農林水産省構造改善局建設部防災課 農林水産技官 岩井 孝道(農業用水担当)
" " " 設計課 " 鈴木 秋三(")
(財) 造水促進センター 水処理技術部長代理 井上 源之助(廃水再生処理担当)
" " 技術顧問 立花 啓助(")
" " " 山本 昭(")

3. 日 程

昭和55年

- 6月12日 団長他先発チーム 成田発
- 14日 リヤド着
- 15日 農業・水省と協議
- 16日 リヤド下水処理場およびマンホーハ上水処理場訪問
農業用水担当者 成田発
- 17日 サルブーク上水処理場訪問
農業用水担当者 リヤド着
- 18日 ハラド農産物・畜産物生産会社訪問
- 18日
ハッサ かんがい・排水局訪問
- 21日
- 22日 アル・コバール脱塩プラント訪問
- 24日 農業・水省と協議
- 25日 //
- 26日 リヤド発
- 28日 成田着

なお、詳細は別添資料1を参照のこと。

4. サウディアラビア農業・水省との協議

4.1 協議メンバー

(1) 日本側

真木浩之団長以下6名(調査団)

堀 春 男 参 事 官 (日・サ合同委員会)

長 田 直 俊 1等書記官 (")

小 森 毅 所 長 (国際協力事業団)

(2) サウディアラビア側(農業・水省)

Dr. Abdalla Al-Ghulaikah (Deputy Minister for Water Affairs)

Mr. Mustafa Noori (Director-General of Water Resources Development Dept.)

Mr. Mohammad Aqeel Khan

(Assistant Director-General of Water Project Dept.)

Mr. Omar Alshaikh (Civil Engineer, Water Project Dept.)

Mr. Flusain Amer (Deputy Director of WRDD)

Mr. Al-Sagaby, Ibrahim (Hydrogeologist, WRDD)

Mr. Al-Marshoud, Fashed (Hydrogeologist, WRDD)

Mr. Sa'ad A. Idriss Msg. (geologist, WRDD)

Mr. Ziad Al-Sheikh (Foreign Relations Section)

Mr. Wasel Al-Ahmadi (Foreign Relations Section)

4.2 協議経過

(1) 日本側より映画、スライドおよび説明資料(別添資料2)により日本における廃水再生利用技術について説明を行った後、サウディアラビアにおける廃水再生利用に関する状況調査の資料とするため質問書(別添資料3)を提出した。

日本側の説明に対しては、ビル排水再生利用などに強い関心を示した。

(2) 次にサウディアラビアにおける廃水再生利用に関する問題点を質したところ、廃水再生利用と逆浸透濃縮廃水処理について以下のような回答があった。

① サウディアラビアでは現在廃水は処理後(散水汙床等普通の下水処理)、砂漠に排出しているが、これを再生処理して、農業用水を主とする種々を用途に使用したい。従って再生利用全般について日本側の意見を聞きたいが、とくに次の2点について情報を得たい。

イ. 農業用水および工業用水の水質基準

ロ. 廃水を再生利用した場合の人体および植物に与える影響

② リヤド市郊外の上水処理場では逆浸透処理の際に発生する濃縮廃水を砂漠に排出してい

るが、市内の上水処理場では砂漠へ排出するための配管費が膨大なものとなるので、他に適当な処理、処分の方法があれば教えて欲しい。

(3) 上記の要請に対し、日本側では資料を作成、提出し、大要次のような説明を行った(別添資料4参照)。

① 日本における廃水再生利用の例(工場およびビル)、日本の工業用水、農業用水の水質基準等を提示するとともに、現地調査を行ったアル・ハッサ地区の下水処理およびかんがい用水、かんがい排水について、④下水処理施設が安定池程度の簡単なものであるため再生利用に適さないこと、⑤冬季、井戸水の大部分は直接排水路に排出されているので、その有効利用を研究すべきであること、等若干の意見を述べた。さらに廃水再生利用の詳細な調査を行うには、サウディアラビア側が対象地域を指定する方が有効であるという見解を示した。

② 上水処理場における逆浸透濃縮廃水の処理、処分については、④塩分を固形化して、水を回収するとともに、固形物は砂漠等特定の場所に廃棄する方法、⑤パイプラインによる海洋等への投棄、等が考えられるが、経済比較が必要である。

4.3 サウディアラビア国の要請

以上の如き協議の結果、最終的に次のような要請を受けた。

(1) アル・ハッサ(ホフーフ)地区における農業用水、工業用水等への廃水再生利用調査
おもな調査内容

- ① かんがい方法と作物の選定
- ② 再生処理施設および送水管の設計ならびにコスト試算

(2) リヤド地区上水処理場の逆浸透濃縮廃水の処理

おもな調査内容

- ① 濃縮廃水を下水道へ放流した場合の下水処理および下水再生利用に与える影響
- ② 濃縮廃水処理施設の設計およびコスト試算

4.4 サウディアラビア国の要請に対する調査団の意見

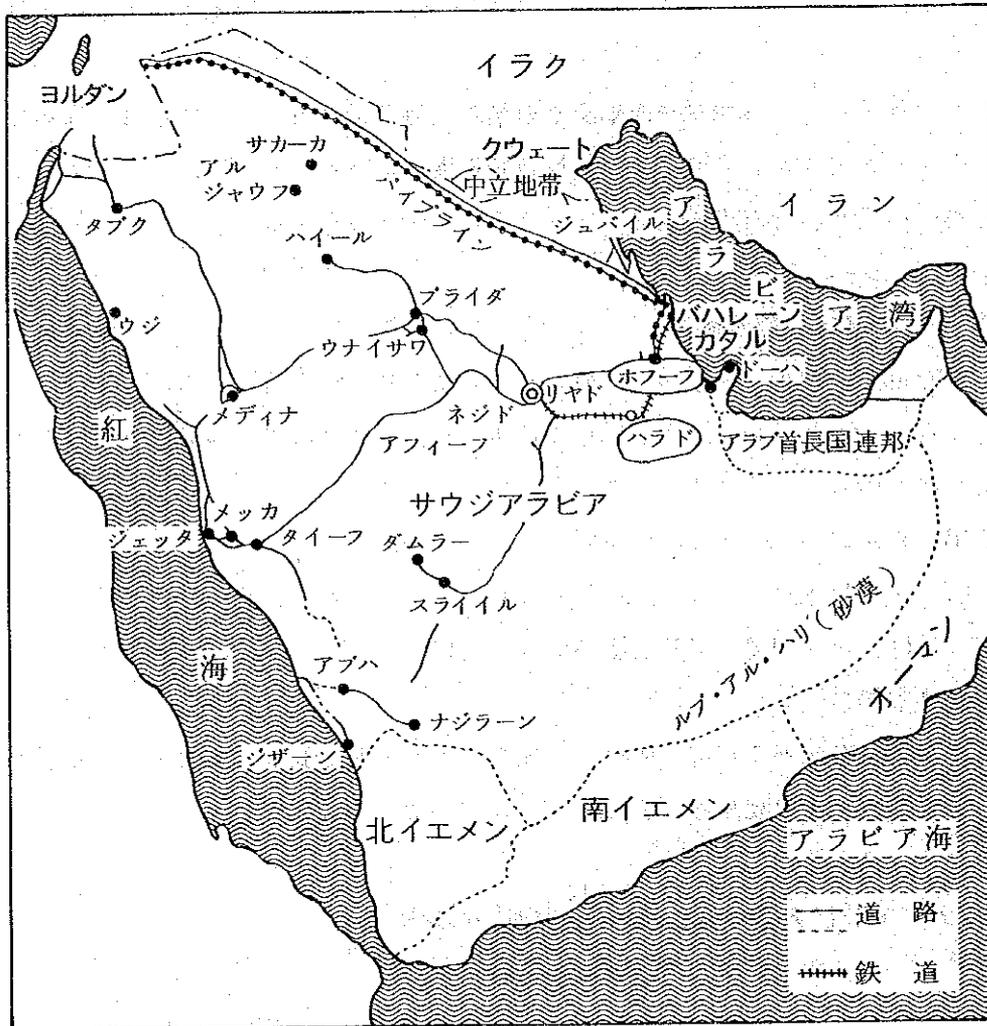
- (1) 両テーマとも日本の技術で対応可能と思われる。
- (2) 調査は設計、コスト試算等を含むため、コンサルタントの協力も必要であると思われる。
- (3) 調査にあたっては、基礎的データ収集の可否が決め手になると考えられるので、資料の収集を迅速、かつ機動的に行う必要があると思われる。
- (4) 逆浸透の濃縮廃水については、農業・水省として大きな問題となっているようなので、日本が協力をした場合、サウディアラビア政府に与える協力効果は大きいと考えられる。
なお、サウディアラビア側は、調査費の負担はできないことを協調していた。

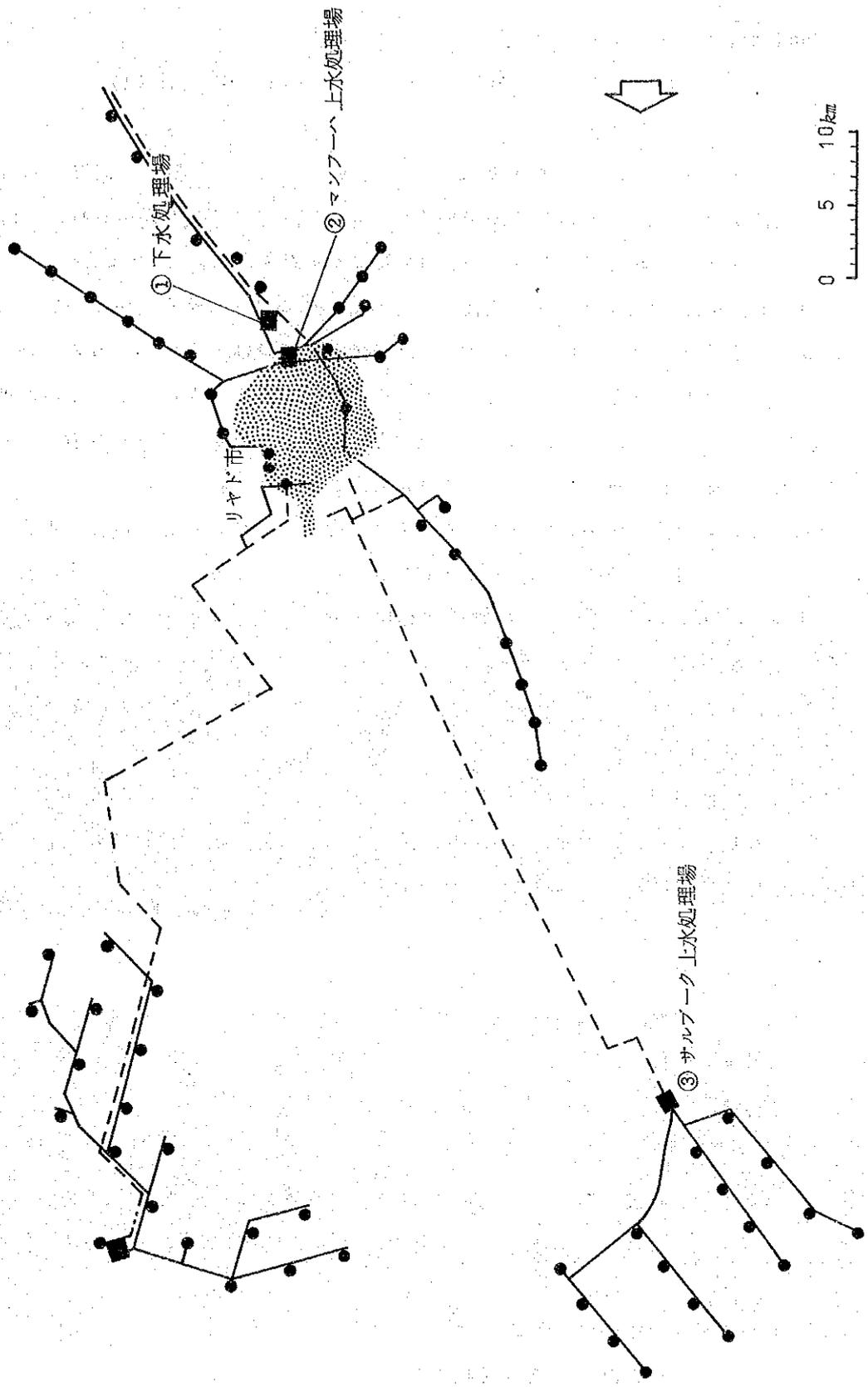
5. 上下水道の処理施設および農業用水の現地調査

5.1 調査個所

サウジアラビア農業・水省担当官同行のもとにリヤド下水処理場、マンフーハおよびサルブーク上水処理場（以上リヤド）、ハラド農産物・畜産物生産会社ならびはホフーフ）かんがい・排水局を訪問し、調査を実施した。なお、各所在地を概略地図に示す。

サウジアラビア王国主要略図





5.2 リヤド下水処理場

訪問日時 6月16日

同行者 農業・水省 Mr. Omal Alshaikh, Mr. Smith

5.2.1 概要

リヤド市はサウディアラビア中央部ネジト高原の東寄りに位置し、同国の首都として近年急激に膨脹・発展して来た。海拔約600m、ワジ ハニファ(Wadi Hanifa, Wadi は乾河を意味する。通常河床が露出し、降雨時のみ水が流れる。)およびワジ バース(Wadi Batha)に沿っており、全体として北から南に向ってゆるやかな傾斜をしている。人口は1974年の統計で約67万人で、その後も増え続け、現在100万人近いといわれているが、この国の特長として遊牧民ベドウィンが不定期に出入し、その実態が把握し難いこと、首都として急激に人口が増えつつあるとともに、海外から建設労働者が多数入っており、人口の動態を正確に把握することは困難なようである。

下水はもともと、各住宅の床下に穴を掘り地下滲透させていたが、現在下水道の整備が急がれており、旧市街地の一部、対象人口にして約25万人分が、リヤド市南部マンフーハ(Manfouha)にある下水処理場で処理されている。集水方式は分流式で下水処理場までの下水の移送はすべて自然流下であり、ポンプ場は設けられていない。下水管は400mmφ未満は陶管、400mmφ以上は強化プラスチック管(GRP)を用い、幹線は800mmφを用いている。

処理施設の増強工事はすでに一部着工されているが、最終的には200,000m³/d処理を目標としている。また処理下水の再利用についても近在の精油所における再利用が考えられ、移送配管はすでに着工しているといわれる。

5.2.2 現状

(1) 処理量

計画値 40,000 m³/d

実処理量 50,000 m³/d

設計値に対し 125% 処理となっている。

(2) 対象人口

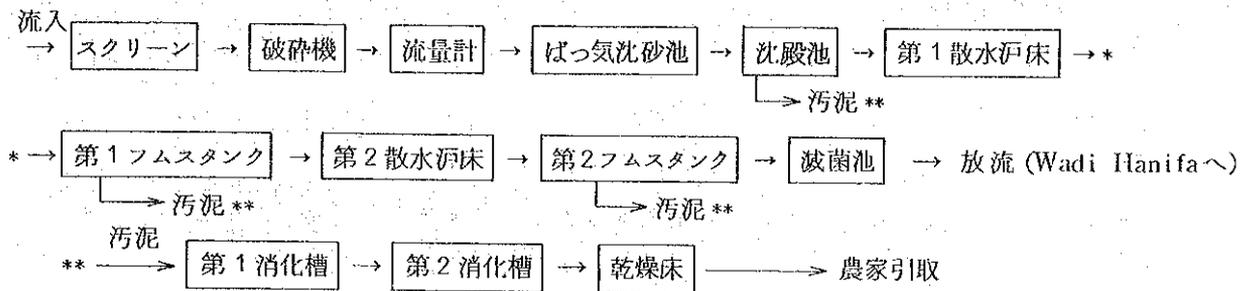
概要で述べたように人口動態を把握するのが困難であるうえ、下水道整備区域においても、各建築物から下水道管への接続が実行されていないものもあり、実態は明らかでないが、推定値は次の通りである。

約250,000人

(リドヤ市人口の約25%相当)

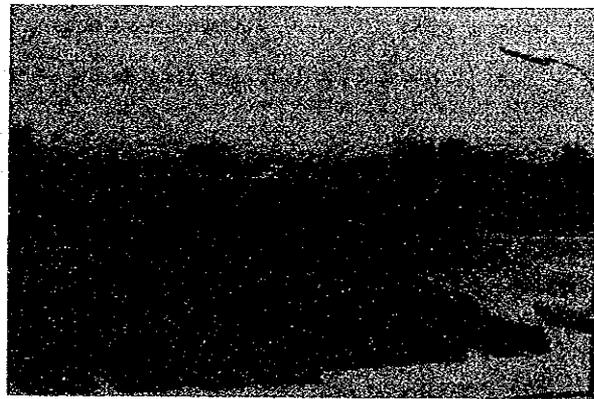
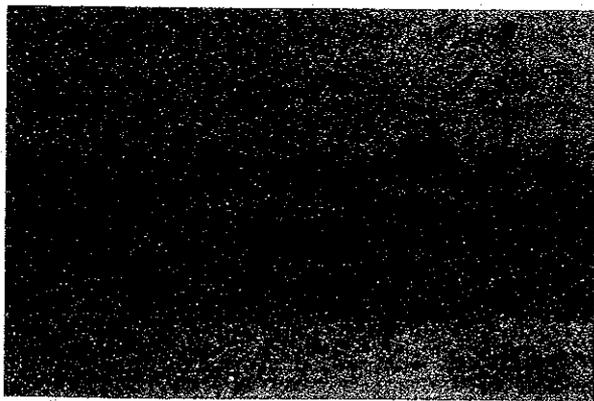
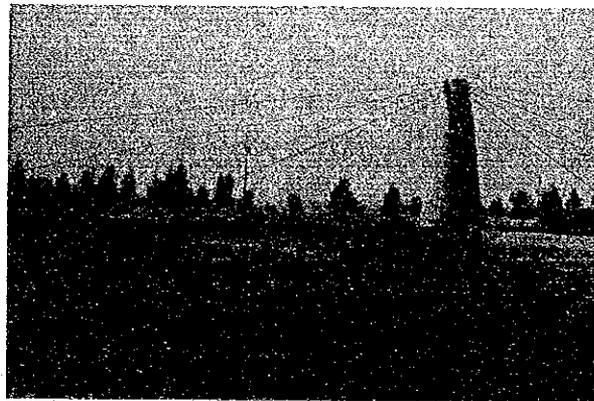
(3) 処理フロー

処理フローは次図の通り



- (注) 1. フムスタックは最後沈殿池に相当するもので構造的にも全く変らない。
 2. 第1散水汙床と第2散水汙床は閉塞を防止する目的で1週間毎に順序を入れかえている。

リヤド下水処理場



(4) 設備仕様

設備の仕様に関する資料は一切提示されず、口答でも明確な回答は得られなかった。

主要設備について目測の結果は下記の通り

沈殿池	約 20 m ϕ	4 池
散水戸床	約 30 m ϕ	4 池
フムスタック	約 23 m ϕ	4 池

なお現状設備の概略配置を Fig 1 に示す。

(5) 水質

a) 原水水質

	計画値	実測例
BOD	240 mg/ℓ	222 mg/ℓ
SS	250 "	429 "
アンモニア態窒素	— "	50 "
リン酸	— "	1.1 "
塩素イオン	— "	41.0 "
TDS	— "	2,340 "

実測値は 1 例なので、この数値で実態を云々できないが、目立った特徴は、SS 値が高いこと。TDS が高いことの 2 点である。とくに TDS については、再利用に際し充分検討しておくことが必要である。

b) 処理水

具体的なデータは提示されず、実情は不明である。一応 BOD、SS とともに除去率 90% 目標であるが、過負荷のため現状は満足されていないという。

5.2.3 将来計画

上述の如く、すでに過負荷の状態になっているため、増設が急がれているが、2 段階にわたっての拡張が計画されており、すでに第 1 期増設工事は着工されている。

年 度	増設容量	総処理能力
1981年	40,000 m ³ /d	80,000 m ³ /d
1983年	120,000 "	200,000 "

処理プロセスは現状と同じであるが、更に処理水質の向上をはかるため、2 次処理水を対象とした曝気ラグーンを追加することとなっている。

5.2.4 下水再利用計画

現在のところ、 Riyadh 市近郊に建設中の精油所で再利用し、一部をかんがい用水に利用することとなっており、すでに配管工事の一部は着工され、再生施設についても契約完了しているという。フローシートを Fig 2 に示す。

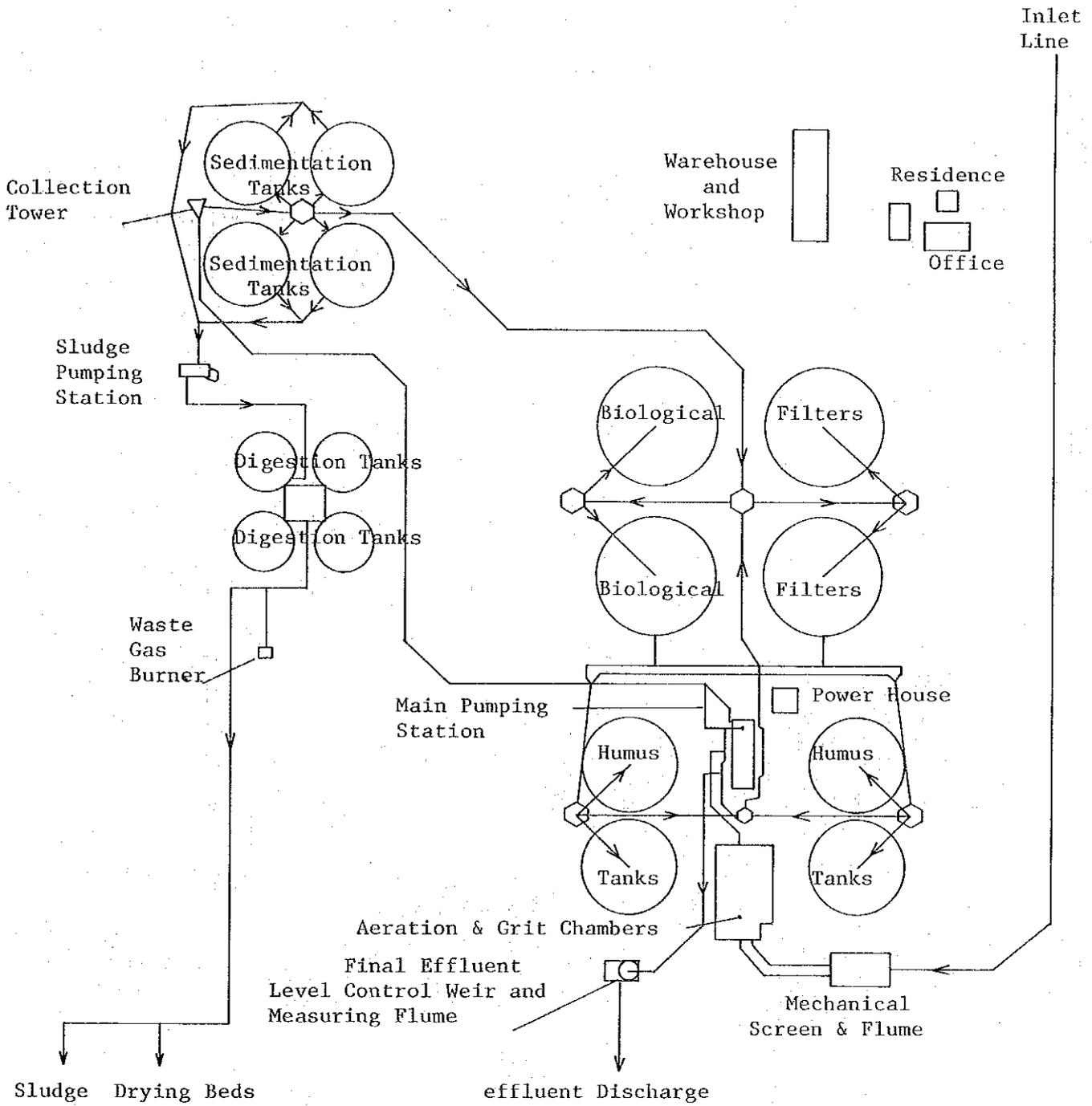


Fig.1 RIYADH SEWAGE TREATMENT PLANT LAYOUT

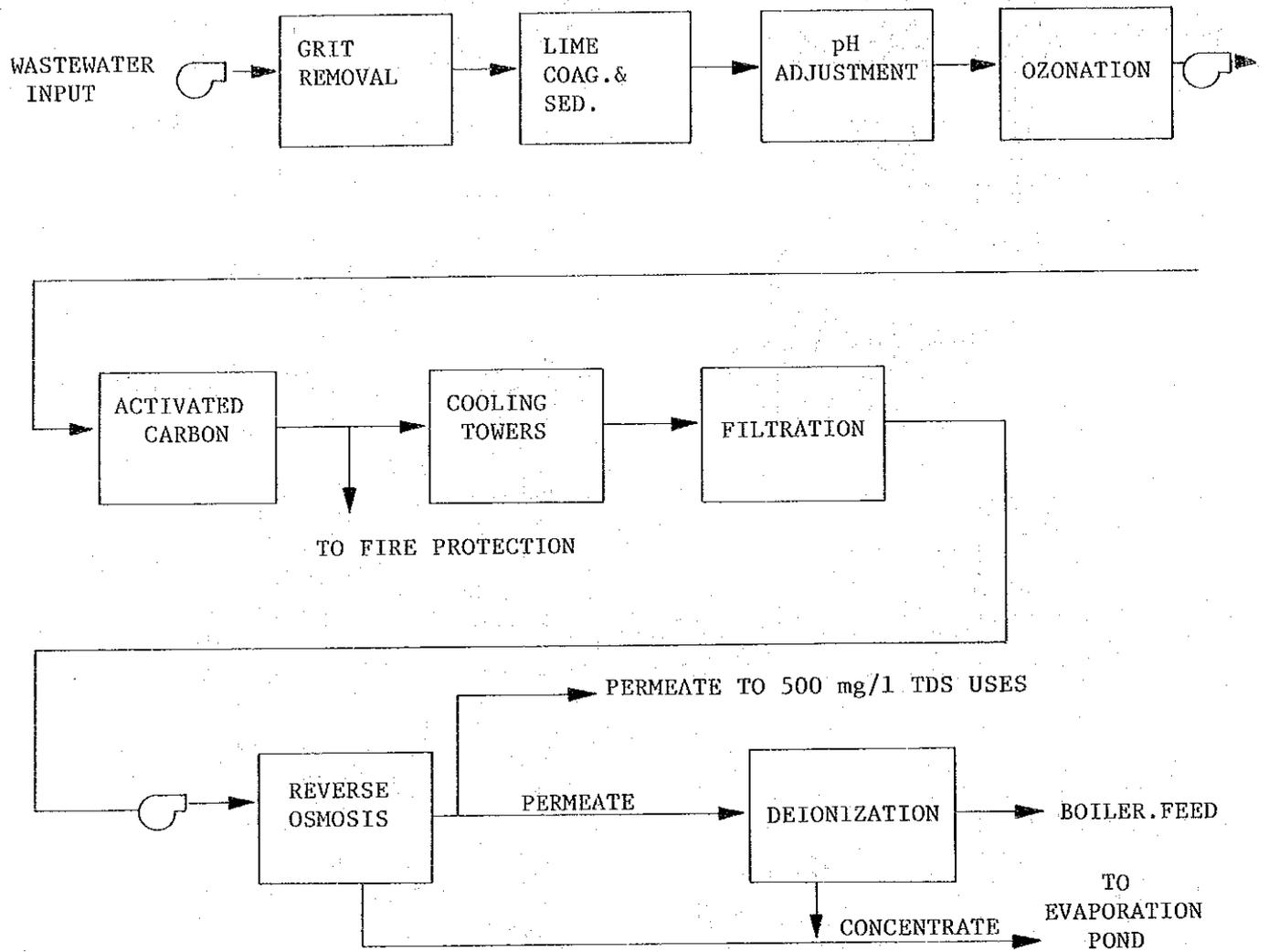


Fig.2 RIYADE REFINERY WATER RECLAMATION FACILITY

かんがい用水への再利用については、とくに衛生上無害であることが最大のポイントとなっている。かんがい用水質の限界値(案)を表-1に示す。

表-1 一般かんがい用水の汚染物質許容濃度

項目	最大値	
BOD	20	mg/l
SS	20	"
ヒ素	0.1	"
ベリリウム	0.1	"
ホウ素	0.5	"
カドミウム	0.01	"
塩素イオン	280*	"
クロム	0.1	"
銅	1.0	"
シアン	0.05	"
フッ素イオン	2.0	"
鉄	5.0	"
鉛	0.1	"
リチウム	0.07	"
マンガン	0.2	"
水銀	0.01	"
モリブデン	0.01	"
ニッケル	0.2	"
硝酸性窒素	10	"
pH	6.0~8.4	
セレンウム	0.02	mg/l
バナジウム	0.1	"
亜鉛	10.0	"
油脂	含まぬこと	
フェノール	0.001	mg/l
ふん便性大腸菌群	200ヶ/100ml	

* 希望最大値であるが、生活用水中の塩素イオン濃度によってこの値をこえてもよい。

5.2.5 問題点および今後の課題

下水処理プロセスを選定するにあたっては、処理目的、規模、環境条件、運転、管理技術等を総合的に検討し、プロセスの評価、選定を行なうべきであることは云うまでもない。リヤド市の下水処理施設について考えれば、単に放流のための無害化という目的であるならば、運転管理に高度の技術が必要でなく、一応の処理効果をあげることができる点で妥当と考えられる（この場合、処理過程における水分蒸発による濃縮効果が処理効率に負の影響を与えることを考慮しておく必要がある）。散水汙床法では水分蒸発量が大きく、高度の処理効果が得られないから、再利用を前提とした場合、このような高温乾燥地域では避けるべきである。まして、処理水のポリッシングのため曝気ラグーンを付加することは、さらに水分蒸発を増大させ、水の損失、塩濃度の増加の面から不可であることは云うまでもない。出来るならば、他の方法を採用すべきであろう。

再利用にあたっての処理目標水質については、再生水の用途、使用方法、環境条件等を個々のケースについて慎重に検討のうえ決定すべきであり、今後の最大の検討課題といえる。

5.3 リヤドの上水について

5.3.1 リヤドの上水処理場

リヤド市の上水は、主として次の5箇所の上水処理場から供給されている（※印は各種資料で値が異なるので推定値を示した）。

処 理 場 名	場 所	規 模
マンフーハ (Manfouha)	市内南部	8 0, 0 0 0 m^3/d ※
マ レ ッ (Malez)	市内北部	2 4, 0 0 0 m^3/d ※
シェメシー (Shemessy)	市内西部	3 6, 0 0 0 m^3/d ※
サルブーク (Salboukh)	郊外北部	6 0, 0 0 0 m^3/d
ブワイブ (Buwaib)	効外北部	6 0, 0 0 0 m^3/d ※
	計	2 6 0, 0 0 0 m^3/d ※

上水価格は0.25SR（約18円）/ m^3 であるが、コストは設備償却、ランニングコスト、保守費等を合わせると8～10SR（560～700円）/ m^3 とされている。

上水処理の方式は、いずれも同じであり、それぞれ十数本の井戸から汲み揚げた高温のかん水を先ずクーリングタワーで温度を下げた後、ソーダライム法による軟化装置で硬度成分を低下させ、砂汙過処理を行い、一旦貯水槽に貯めた処理水を給水している。最近になって、RO（逆浸透）装置を追加設置して更に脱塩し、この脱塩水と原水を混合して塩濃度を調整して給水する計画が進められたが、この場合RO装置から塩濃度の大きい濃縮ブラインが排出されることになり、このブラインの処分に問題があることから、特に市内のプラント

においてはRO装置の運転がなされていない。

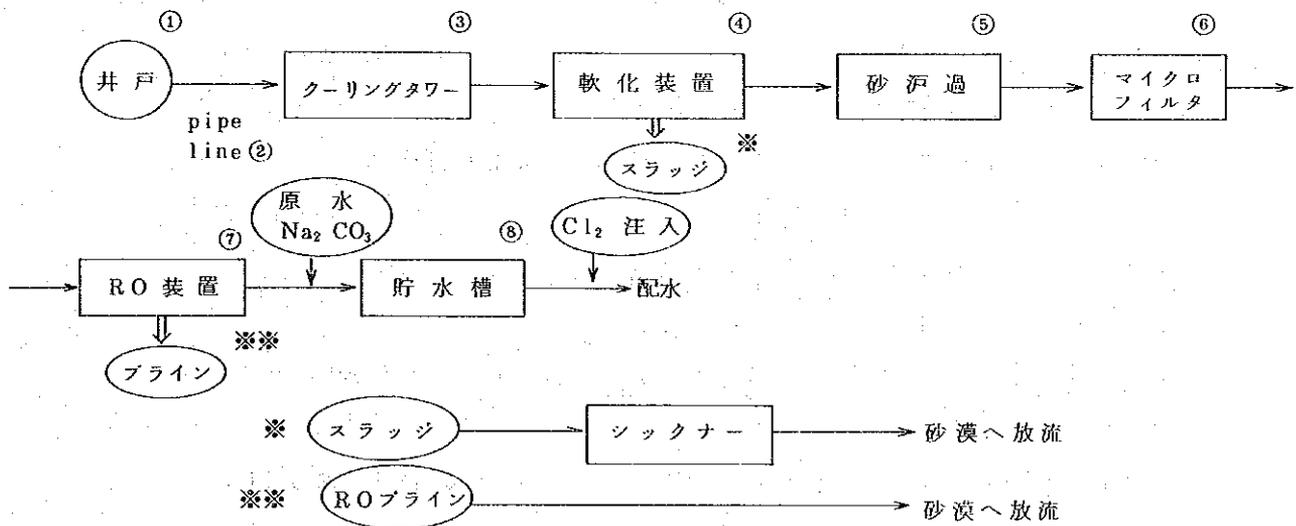
今回見学した処理場は、市内のマンフーハ処理場と郊外のサルブーク処理場である。サルブーク処理場においては前記RO装置も運転されていたので、この処理場を中心に報告する。

(1) サルブーク上水処理場

位置：リヤド市北西約70km

造水容量：60,000 m³/d (設計容量最大2,700 m³/h)

処理方式：下記に処理フローを示す



① 井戸：16本(深井戸540~690m)

水温 50~70℃

TDS 1,500~1,700 mg/ℓ

水位 初めの20ヶ月で水位は60m低下したが、今後10年間で70m程度と推定されている。

取水ポンプは初めの6stageから現在7stageに増設した。

② 集水 pipe line：2系統、そのうち1本は自然流下方式、他の1本はポンプ圧送方式、総延長約4.5km。

③ クーリングタワー：水温62~65℃を35℃に冷却、同時に原水中のFe²⁺をFe³⁺に酸化し、次の軟化装置で除去。

④ 軟化装置：Na₂CO₃, Ca(OH)₂, アルミン酸ソーダを添加し、Ca, Mgを除去。スラッジ濃度約3%、シクナーで5%とした後に砂漠へ放流。

⑤ 砂濾過：6槽(稼動4、補修1、予備1)。上向→下向の2段濾過、濾床は上層(砂

径 2 ~ 3.5 mm)、下層(砂径 10 ~ 12 mm)の二層式、1日に1回逆洗。

⑥ マイクロフィルター：ROの前処理、孔径 5 μ m、12基。

⑦ RO装置：前処理として、H₂SO₄(pH 6.5に調整)及びヘキサメタリン酸(スケール防止)を添加。

型式 ホローファイバー(デュボン)

数量 1,200モジュールを5ブロックに分け、常用3ブロック、洗浄1ブロック、予備1ブロック

洗浄 1,000hに1回

補修 7,000hに1回

水の回収率 計画値 90%(メーター指示値 89%)

膜寿命 5年(メーカー保証値)

⑧ 生産水：RO処理水に原水25%を混合して塩濃度調整

Na₂CO₃添加(pH調整)

処理フロー各部の水質：水質例を下表に示す。

運転管理：民間業者(デグラモン)に委託。

場内動力源：ジーゼル発電 7基(内 2基予備)、3,000HP/基

運転開始時期：1979年10月

建設費(含土木、除外井戸、集水)：250,000千SR(約175億円)

上水処理フロー各部の水質※

	原水①	RO前⑦	RO後⑦	生産水⑧
pH	8.0	6.5	7.9	7.45
比抵抗($\Omega \cdot cm$)	390	400	7,500	1,300~1,100
全酸度(mg/l)	20	0.0	0.0	0.0
全アルカリ度	155	70	10	40
全硬度	750	210	0.0	140
Ca	450	70	0.0	70
Mg	300	140	0.0	70
Fe	1.5	0.08	0.0	0.05
Al	0.0	0.07	0.02	0.0
SO ₄ ²⁻	480	650	12	170
Cl ⁻ (as NaCl)	320	320	20	160
SiO ₂	24.5	12.5	0.5	8
TDS	1,420	1,000	70	500

※処理場担当者より聴取した値

(参考) ROラインの水質※

	mg/l
Na	3,520
Ca	160
Mg	470
Cl ⁻	3,120
F	~0
HCO ₃ ⁻	~0
SO ₄ ²⁻	5,350
SiO ₂	85
PO ₄ ³⁻	20
TDS	12,725
pH	5~6

※市内3プラントの推定値、1979年サウディアラビア農水省より横浜国大矢助教授へ連絡のあったもの。

(2) マンフーハ上水処理場

リヤド市内南部にあり、処理フローはサルブーク処理場と同一であるが、RO装置の運転は行われていない。処理場に接した軟化装置からのスラッジ投棄場は、すでに満杯になり、掘出しによる復元作業が実施されていた。

5.3.2 リヤドの上水事情

リヤド市上水の状況について、二、三の資料(1, 2)をもとに要約すると下記のとおりである。

(1) リヤド市上水の水源

リヤド市上水の水質はすべて地下水に頼っており、一つはWasi※に添って設置された浅井戸からの比較的良質の水であり、他はMinjur地層に掘削された深井戸からの塩分濃度の高いかん水である。(※Wasiは降雨時は川状に呈するが、通常はその跡が見られるのみで、伏流水が存在する)。

水源となっているWasiは、主にリヤド市の南に位置するNisah, Namar, Hayirで井戸は浅く、塩分濃度も500mg/l程度の良質の水が得られるが、Hayir地区では民家の浄化槽などからの汚染が見られるようになり、使用出来なくなりつつある。一方Minjur地層の井戸は、約1,700m前後の深井戸で、水温50~70℃, TDS 1,500mg/lの高温かん水である。

参考資料 (1) "Water for Riyadh", Saudi Business, May 9, 1980 P22~26

(2) " Seven Green Spikes ", Ministry of Agriculture and Water,

The Kingdom of Saudi Arabia, P177~193

上水処理場としては、初めにマレット、マンフーハ及びシエメシーの三処理場が設置された。マレットは深井戸を水源とし、マンフーハ及びシエメシーは深井戸からのかん水と Hayir で軟化処理された水とを混合して処理している。次段階でリヤド市効外の北に主として深井戸を水源とするサルブーク及びブワイブの両処理場が建設された。

(2) リヤド市上水源の新開発計画

上記の現有水源は、年毎に水位が低下し、今後のリヤド市の発展に伴う人口の増加、住民生活水準の向上に伴う1人当りの水使用量の増大に対し、長期の対応が危ぶまれるため、現在2つの新規水源開発プロジェクトが進められている。このプロジェクトは、一つはリヤド市東方約110kmに位置するWasia地区の地下かん水約200,000m³/dを導入するもので、他の一つはアラビア湾岸のAl Jubail に建設される海水淡水化プラント(蒸発法)からの生産水約500,000m³/dを約460kmのパイプラインで導入しようとするものであり、既に工事が進められている。

これらの内容について下記に要約する。

④ Wasiaプロジェクト

Wasia井戸群は、リヤド市東方約110kmに位置し、20km²の範囲に62本の井戸(深さ400m)を掘削し、ポンプで汲出したかん水約200,000m³/dをパイプラインによってリヤド市から20kmのRawdah中継基地(リヤド市より高度が20m高い)へ送水する。

RAWDAH中継基地には50,000m³の貯水槽6基を設け、ここで既設の上水処理場と同方式で処理、当面は更にRO装置を追加してTDS500mg/l以下(目標値)の上水を生産し、リヤド市へ送水する。

アルジュベイル(Al Jubail)海水淡水化装置からの脱塩水の送水が開始されれば、上記Rawdah中継基地でこの脱塩水とWasiaの井戸水を混合して塩分濃度を調整したものを上水とすることになっている。この混合処理によれば、初期に設置したRO装置による井戸水の脱塩が不要となるので、この運転を取止めることができ、同時に、RO処理の際排出される濃縮ブラインの処理も考慮する必要がなくなるばかりではなく、ブラインとして廃棄される原水の10%(約20,000m³/d)に相当する水も有効に活用できるとしている。

⑥ アルジュベイル海水淡水化プラントからの脱塩水導入

約500,000m³/dの脱塩水は2系列のパイプライン(φ1,500mm)で前記Rawdah中継基地へ送水することになっている。

リヤド市の人口は増大の一途をたどり、1983年には150万人(1人当りの水使用

量 $300 \ell/d$ として $450,000 m^3/d$ が必要、1980年の上水生産量は $260,000 m^3/d$) に達するものと予測され、更に2020年には250万人と推定されているが、この2大プロジェクトが完成すれば、リヤド市上水は十分余裕あるものになる。

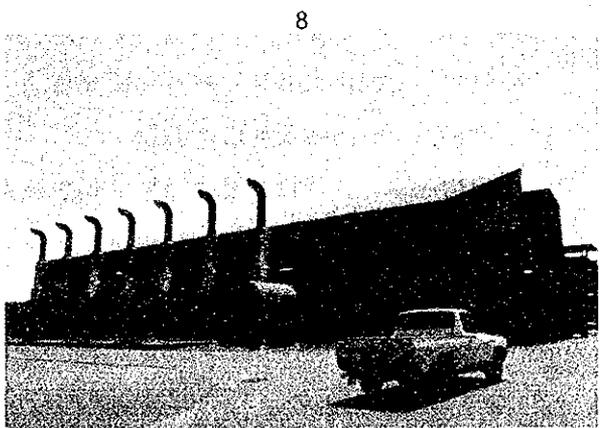
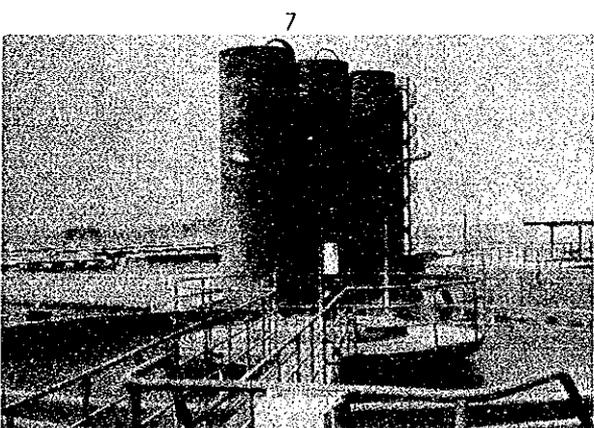
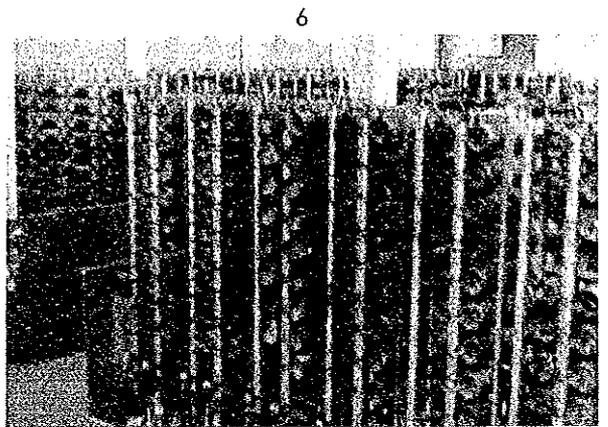
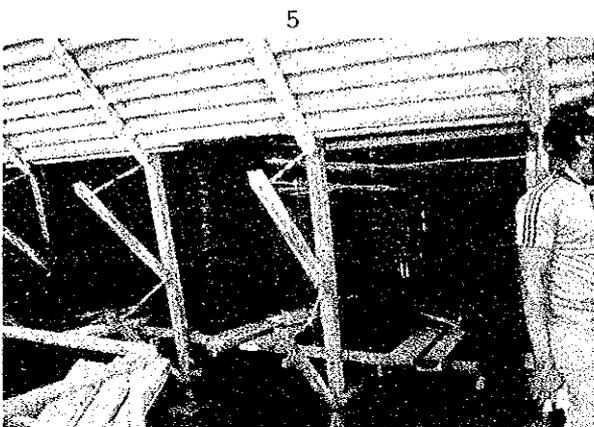
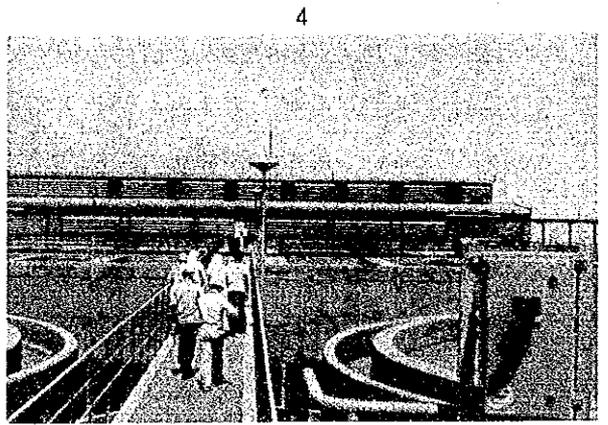
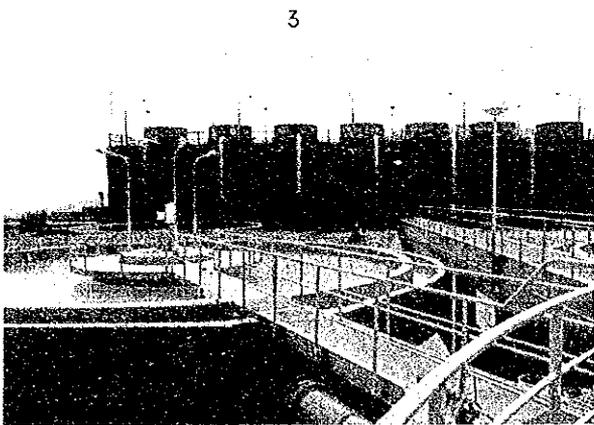
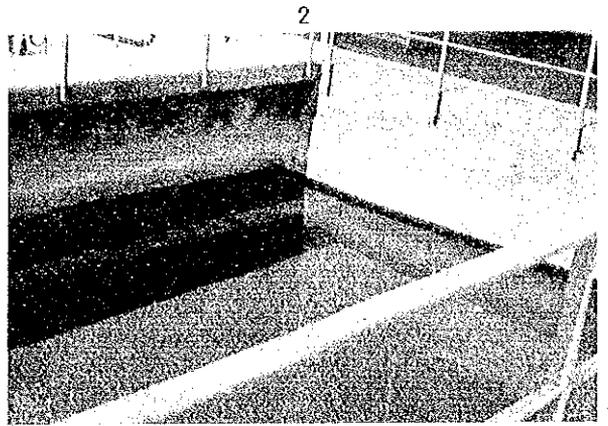
(3) リヤド市上水処理場における問題点

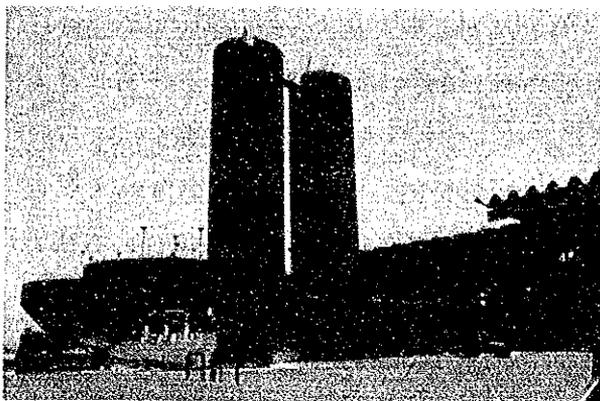
上水々質の向上のためにROによる脱塩装置が設置されたが、市内の3処理場はすでに市街化区域に入り、前記マンフーハ処理場のスラッジ投棄場にも見られるように、RO装置からの濃縮ブライン(塩濃度約 $12,500 mg/\ell$ 、市内3プラントからの推定排出量約 $12,300 m^3/d$)の処分先の見通しがないため、運転できない状態にある。農業・水省は一案として暫定的に下水道に放流することも考慮中であるが、この下水についてもその処理水を工業用水、農業用水として再利用する計画が進められているので、実施には一考を要することになる。又他の方法、例えばパイプラインで郊外の砂漠に放流する方法、ブラインを更に濃縮して塩を分離投棄する方法等も考えられるが、ブラインの地下浸透による地下水源への影響や、放流先での塩の蓄積の影響、放流のためのパイプラインの布設、パイプの腐食対策等解決すべき問題点が多い。

農業・水省においては、RO装置ブライン処理の最適方法を確立、実施することが最優先課題となっており、このための技術協力が我が国に要請されたものである。

添付写真リスト

1. サルブーク上水処理場事務所前(場長、stuffとの記念撮影)
2. クーリングタワーと軟化装置(手前)
3. クーリングタワー内部(補修工事)
4. 軟化装置用薬品サイロ
5. 砂浜過槽
6. RO装置建屋
7. RO装置
8. 所内動力用ジーゼル発電設備
9. マンフーハ上水処理場
10. マンフーハ上水処理場軟化装置からのスラッジ投棄場
(周辺は市街化が進んでいる)





5.4 ハラド農産物・畜産物生産会社

日 時 6月18日 10:30~

同行者 農業・水省 Mr. Sa'ad A Idriss Msg

面談者 Eng. Mohammed Hassan Shokair 他

5.4.1 経緯

リヤド東南方約250kmのハラド駅南側、ルブ・アル・ハリ砂漠の北端に、アラムコが地下水探査の結果水脈を発見した。政府は、この地で農業開発が出来れば、遊牧民の定着が図れると考え、米国に調査を依頼し、これに基づき1968年故ファイサル国王はベドウィン定着のモデル事業として着手した。(Faisal Settlement Project)

計画は砂漠4,000haを農地化し、羊20万頭を飼養し、ベドウィン1,000家族の定着を図るというものである。

5.4.2 現況

52年の削井、用水路、排水路、農道(幹線はアスファルト舗装)及び農地造成は完了し、作物の栽培を開始している。また総合事務所、訓練センター、ベドウィンの住宅、試験場等の諸設備も完了している。

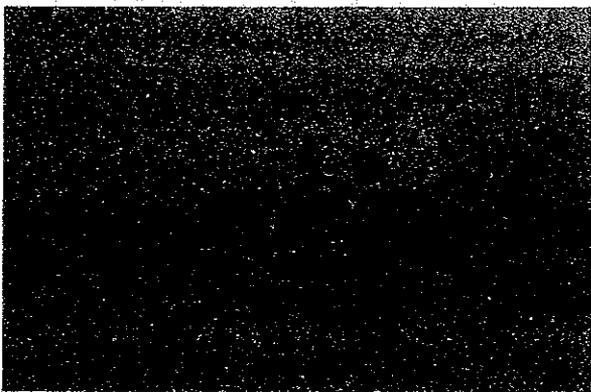
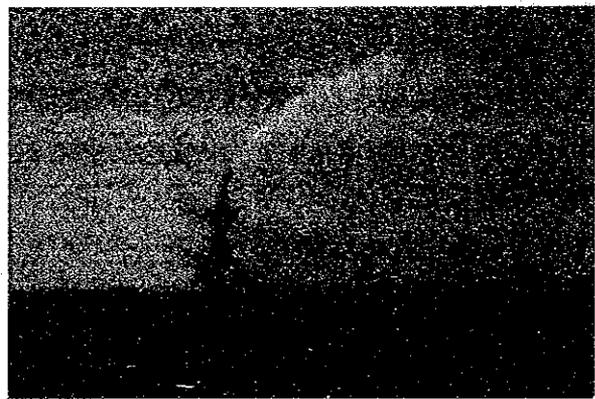
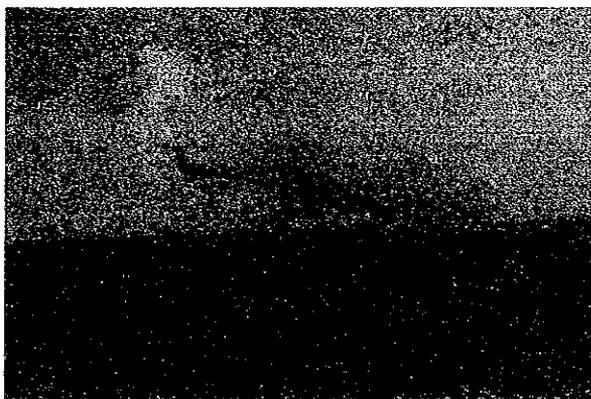
建設事業の完了に伴ない、1978年より農場は政府直営から、会社組織へと移管されており、会社の出資比率は民間75%、政府25%となっている。経営陣の重役には米国人を迎えている他、技術指導に当る米国人の姿も数人見かけられた。

作物の主体は牧草で、アルファルファ、ローデスグラス等が植えられている。このうち、アルファルファがたん白質の含有量、市場価格等種々の点で牧草として最も優れているが、アルファルファは繊細な管理を必要とするため、当社ではより手間のかからないローデスグラスに重点を置いている。家畜は現在乳牛285頭、羊35,000頭を飼養しており、余剰の牧草はほし草にして市場に出荷されている。

52本の井戸で地下100mから揚水されているかんがい用水の塩分濃度は概ね800

～1,800㎍/ℓである。かんがい方式としては、当初小用水路からホースを用いてうね間に流し込むうね間かんがいをしていたが、現在は一部でセンター・ピボット方式による散水かんがい（写真参照）が採られており、牧草、小麦ともに省力化、収量の点で好成績をあげている。特に小麦については、散水かんがいを採用して以来、5 ton/haの収量が上がり、関係者もその効果に驚いている。このように好成績を収めているので、当社ではこの方式によるかんがい面積を次第に増していくことになる。センター・ピボット方式の散水かんがいは米国の乾燥地では盛んに行われている実績もある方式であり、当地においても優れた成績を上げているが、今後は、高温の乾燥地でのかんがいの最大の障害となる塩分集積に特に注意しながら営農を続けていく必要がある。

散 水 かん が い



会社の運営に要するランニング・コストには農業活動ということで、別途政府の補助金が与えられているが、本農場に限らず、農業生産に対しては手厚い保護政策がとられている。これらにも食糧自給率を向上し、年々増加している食糧輸入を幾分かでも減らしていくことに対するサウディアラビア政府の並々ならぬ意欲が示されていると言えよう。

5.4.3 調査団の所見

ハラド農産物・畜産物生産会社の生産活動に関する限り問題点は何も見出せなかった。かんがい方式、作物ともに現在の延長で充分であろう。また、水再生利用は当面必要とされないであろう。

ただ、本プロジェクトの本来の目的であるベドウィンの定着にどの程度寄与しているかについては、生産会社関係者の言は明確でなく、全般に労働力の不足が感じられたので、ベドウィンの定着は必ずしもスムーズにいったいないとの印象を抱いた。

本農場に限らず、サウディアラビア王国での農業生産の向上はイスラム教の戒律と矛盾するものではあるが、女性及び未成年者の労働への参加なくしては為しとげられないとの感を深めたものであった。

5.5 ハッサ かんがい・排水局 Hassa Irrigation & Draining Authority(HIDA)

6月18日～21日

同行者 農業・水省 Mr. Sa'ad A. Idriss Msg

面談者 HIDA General Director Mohamed A. Abu Butain 他

5.5.1 沿革

アル ハッサ (Al Hassa) 地方は、東部アラビア湾岸に近い地域で、特にホフーフ (Hofuf) 市周辺はサウディアラビア最大といわれるオアシス地域で、古くから定着民による農業がおこなわれていた。最盛期には16,000 ha あったといわれた耕地は、1960年代には半減し、8,000 ha となった。その原因の一つは塩害である。もともと用水中の塩分濃度が高く、かつ滞水層が浅いため排水が不十分となりやすく、畑地における水分蒸発によって土壌中に塩分が蓄積し、不毛化した。第二の原因は、砂嵐による砂丘の移動である。北西風による砂丘のため、農地は東方に移動せざるをえず、しかも、オアシスの南東部が低地のためスワンプ化が進み、塩害に拍車をかけることになり、農地が失われて行った。サウディアラビア政府は、東部の産油、工業地域に対する食糧供給対策の一環としてこの地方の農業再開発を行うべく、アル ハッサ かんがい・排水プロジェクト (Al Hassa Irrigation and Drainage Project) をとりあげ、1962年コンサルタントによる調査、計画に着手、1967年の排水路掘削を手はじめに取水、揚水、導水施設、排水路等の基幹工事を実施し、1972年に完了した。

HIDAは農業・水省付属の機関として、給排水施設の運営・管理、農業、畜産の研究、品種および栽培法の改良およびその普及、指導を目的として工事着工とともに設立されたものである。

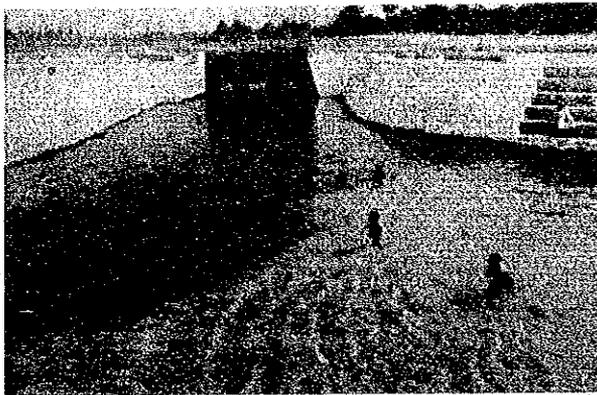
5.5.2 現況

(1) アル ハッサ かんがい・排水プロジェクトの概要

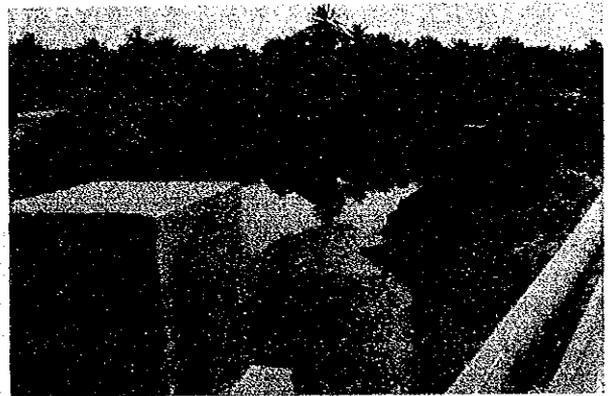
a) 水 源

地域内にある32ヶ所の自噴泉が水源となっている。このうち21ヶ所は自然流下で残りがポンプ揚水によっている。その大部分は塩濃度が高いことを除いて（電気伝導度 $2.5 \sim 3 \text{ m}\Omega/\text{cm}$, $1 \text{ m}\Omega/\text{cm}$ はほぼ TDS $660 \text{ mg}/\ell$ に相当する）問題はないが、一部の水源は、家庭下水で汚染されている。これは、下水道が完全には整備されておらず、地下浸透させた汚水が流入するものとみられ、HIDAではその汚染経路を調査するため、泉の水を干上げる準備を進めている。

泉



泉（地下浸透した下水により汚染されている）



これらの水源からの湧水量は最大 $9.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、夏季は全量 $8,000 \text{ ha}$ の農地にかんがい水として供給されている。表-5-5-1および5-5-2は最近6年間の年間給水量および排水量である。

表-5-5-1 年間給水量（1974~1979）（HIDA 資料）

単位 $100 \text{ 万 m}^3/\text{年}$

水路 年度	自 然 流 下								ポ ン プ 揚 水				総 計
	F-1/ Z.1・6	F-2	F3	F4	F5/ F5・1	F6/ F6・1	F7	小 計	P 1	P 2	P 3	小 計	
1974	109.580	18.402	0.770	10.692	16.664	4.275	0.967	161.350	19.493	16.362	31.811	67.666	229.016
1975	104.370	19.027	0.766	12.392	18.391	4.559	0.581	160.023	21.298	13.258	34.343	68.890	228.913
1976	106.444	16.482	0.432	10.781	16.929	5.167	1.370	157.605	19.544	13.219	32.054	64.817	222.422
1977	103.790	19.300	0.460	13.750	17.730	4.490	1.740	161.260	20.610	14.020	37.630	72.260	233.520
1978	100.800	18.96	0.63	14.07	17.51	3.63	0.75	156.35	22.71	12.72	37.88	73.31	229.66
1979	90.49	23.60	—	13.80	19.82	4.61	2.95	155.26	22.90	12.16	37.11	72.18	227.44

表-5-5-2 主排水路排水量(1974~1979)

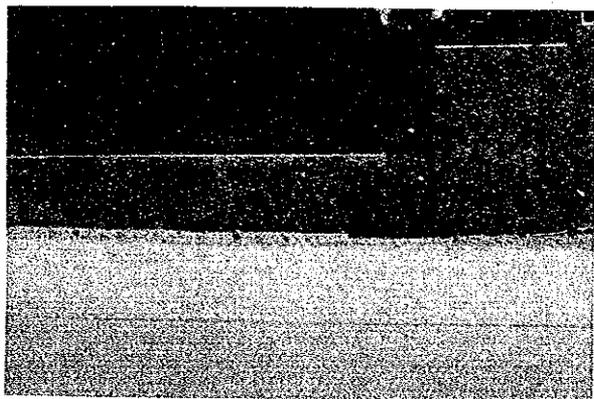
(HIDA資料)

測定点	年間総排水量 100万 m^3 /年					
	1974	1975	1976	1977	1978	1979
D ₁ km 39	84.944	78.650	80.836	84.786	98.195	65.322
D ₂ km 27	35.946	27.903	33.455	32.907	30.446	24.302
D ₃	0.670	0.582	0.619	0.819	0.510	0.36133
総計	121.560	107.135	114.900	118.512	129.151	89.986

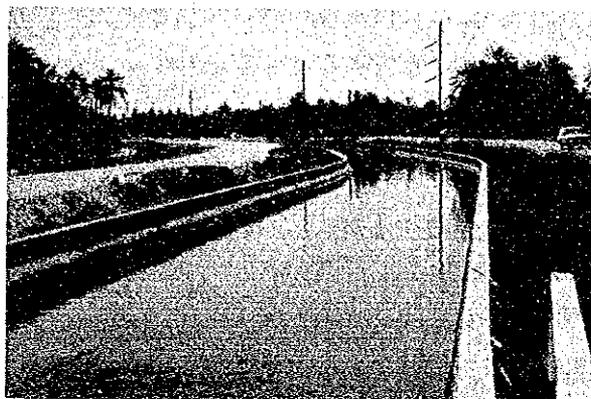
b) 水路

かんがい水路総延長は、用水路 1,520 km、排水路 1,300 km で、その内訳は次の通りである。

かんがい用水路(幹線)



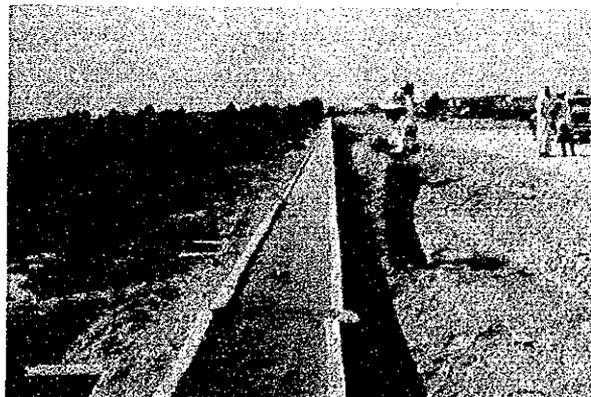
かんがい用水路



かんがい用水路(幹線)



排水路



かんがい排水路
(砂漠へ放流)



	用水路	排水路
幹線水路	1 5 5 Km	1 4 0 Km
支線水路	2 6 5 Km	1 8 0 Km
末端水路	1, 1 0 0 Km	1, 0 0 0 Km
計	1, 5 2 0 Km	1, 3 2 0 Km

用水路はプレハブコンクリート製であるが、排水路はすべて素掘りとなっている。また末端用水路にはかならず排水路が対置して設けられ、土壤中の塩分を容易にリーチングできるように考慮されている。排水は塩分約 5,000 mg/l を含み、幹線排水路によって砂漠中の低地のエバポレーションシー (Evaporation Sea) と呼ばれる蒸発池に放流され、蒸発処分される。エバポレーションシーの水位は蒸発量に応じ季節的に変動するが、年間の排水量と蒸発量とはほぼバランスしているものと考えられる。

エバポレーションシー

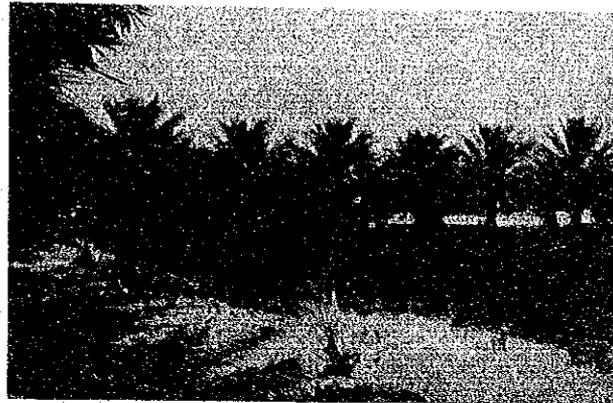


c) 農業技術

この地方の農業は、古くからの農耕地であったことから、経営規模が小さい点に特色がある。耕地の半ばはデーツ畑が占めているが、その他に米、小麦、雑穀類、疎菜類、

ひまわり、ペニ花などが栽培されている。H I D A は海外の専門家を招き、品種改良、その他による生産性の向上に努めている。台湾からは35名の農学者、農業技術者がサ

農 場



ウディアラビアに招かれており、その中の20名が、H I D A において品種改良、研究、普及、指導にあたっている。その成果の一つとして、従来9~5.1/ha、年程度の収穫量が、品種改良により10t/ha、年の収穫が得られるようになっている。おもな作物の収穫量としては雑穀類が6~8t/ha・年、落花生4t/ha・年、ばれいしょ(種いもは毎年オランダから輸入している)30~60t/ha・年が得られるという。疎菜類としてはキャベツ、大根、ネギ類、キュウリ、トマト、ナス、西瓜、メロンなどが栽培されている。大豆は不適當で2t/ha・年でいどの収穫しか得られないという。

この地方は、植物ウィールスが少く、害虫、ネマトーダも少ないため、種子事業に適しているともいわれる。

耕作に当って、土壌の性状が生産量に大きく影響する。すなわち、土壌中に占める砂の比率が70%以下となると排水が悪くなり、塩分のリーチングが充分できなくなり、土壌表面が固い板状となって、電気伝導度は100mΩ/cmまで上昇するという。砂分が85%程度だと最も良いといわれる。畑地周辺の状態も収穫に影響し、テーツ林にかこまれた地域は吹きさらしの地域よりすぐれていることも明らかにされている。

H I D A は、こうした知見をもとに農民の指導を行うとともに、あらたに改良、開発した品種を普及するため、種苗を無料で配布し、作付指導をおこなっている。

5.5.3 今後の課題

アルハッサ かんがい・排水プロジェクトはスタート以来現在までに上述のような多くの成果をあげているが、今後解決すべきいくつかの課題をかゝっていることも事実である。

(1) 排水路の雑草の除去

素掘りの幹線排水路の法面には草丈2mにも達する雑草が生育し、蚊の繁殖を助長しており、その対策に当局は手を焼いている。除草剤を使用することは、排水を汚染する可能

性があり、この水を生活用水として利用している沿線住民への影響、エバポレーション
シーおよび地下水汚染の可能性などから、人海戦術により草刈機を用いて除去しているが、
人件費がばり大である。

両岸に雑草が繁茂している排水路



対策案として、法面をライニングすることが考えられ、H I D Aにおいても、ラバーシ
ートによる被覆について検討中といわれている。他にわが国でも多く用いられる張プロ
ックについても検討の価値があるし、サウディアラビアで安価に入手できるアスファルト
による被覆も検討すべきであろう。

(2) 新しい水源の開発について

オアシスからの湧水量は限られているため、耕地をふやし、かんがい面積を拡大するに
は新しい水源を開発する必要があり、その方法としていくつかの案が考えられる。

a) 冬季余剰水の有効利用

現在のかんがい地域8,000 ha について夏季のピーク時には $9.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ の水が必要
とされるが、冬季にはその $\frac{2}{3}$ 以下となり、一方湧水量は年間を通じほぼ一定である
ので、冬季においてはさらに下流の約4,000 ha についてもかんがい可能となるが、
それでもなお余剰が生じるため、一部は直接排水路に放流されている。

この直接放流分を貯留し、夏季に利用することができれば作付面積を8,000 ha 以
上にする事も可能となる。

たゞ高温かつ乾燥した気象条件のもとでは、単純なダムによる貯水池では、降雨が年
間60~70 mm に対し蒸発量が3,800 mm に達し、水分の減少、塩分濃度の増大等によ
る問題が生じる。また夏季の水需要量が大きいため、小規模の貯留では作物の成育期全
体をカバーするに足る水の確保が出来ないと考えられる。対象面積を1,000 ha、かん
がい期間120日、必要水量平均 $10 \text{ mm}/\text{d}$ (リーチング用水を除く)とした場合、
1,200万 m^3 の水量を確保する必要があり、水深5 mの貯水池の場合240 ha の水面
積が必要となる。したがって、年間平均蒸発量をとってみても、1日25,000 m^3 の水

が失われることとなる。

このように考えてみると、貯留の技術的可能性はかなり狭められることとなるが、サウディアラビアの水事情を考慮した場合、その可能性を充分調査検討することは有意義であろう。

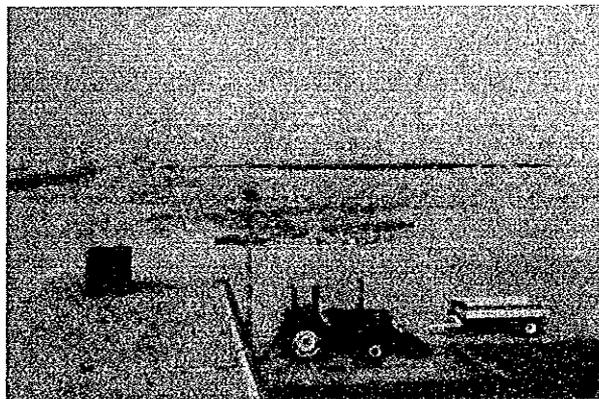
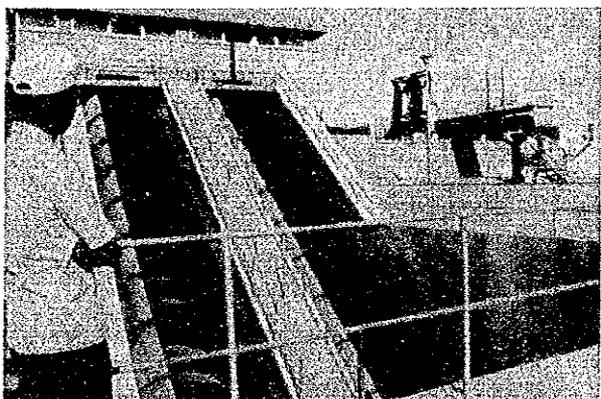
b) 排水路の水の再利用

かんがい排水は塩分濃度 $5,000 \text{ mg/l}$ 以上であり、多くの作物にそのままかんがい水として用いるのは不適當であろう。現在HIDAでは24 haの実験ほ場において排水と用水との比較試験を排水のみ、用水による等量希釈、用水のみの3区分について行っており、その結果によって4,000 haに適用するという。そのままの利用が不可能としても、用水による希釈使用が可能であれば、実質的にかんがい用水の増量が可能となるわけである。いずれにせよ、実用的なかんがい用水中の塩分濃度の上限値が明らかとなれば、水の再生利用は一步前進するものといえよう。

c) 下水再利用

ホフーフ市下水処理場では、現在 $15,000 \text{ m}^3/\text{d}$ の下水をスタビリゼーション・ポンドを用いて処理し、塩素滅菌後砂漠に放流しているが、HIDAではこの処理水を2年後にはかんがい用水として利用すべく調査を開始している。これについては、別途HIDAに対する報告書(別添資料5)において、その可能性、問題点について詳述しているので、それを参照されたい。この場合にも、再生水単独で使用するか、用水と混合使用するか、また対象作物に何をを選ぶかで問題点が異ってくるので、利用形態を明確にしたうえで具体的なプランニングを行う必要がある。

ホフーフ下水処理場

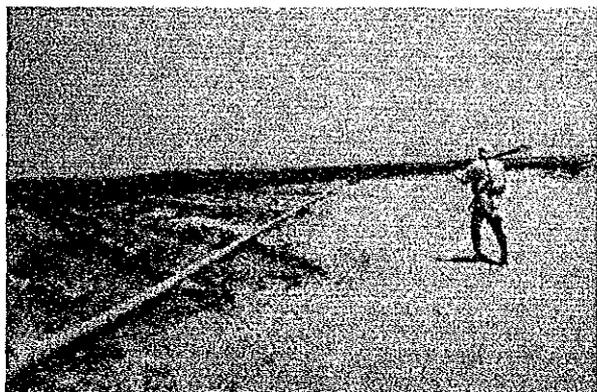


5.5.4 付 ARAMCO 実験農場

HIDAとは別個に、ARAMCOが農業・水省からアル・ハッサ地区において300エーカーの土地を借受け、生産力増大と省力化を目的として実験を始めたものである。土地改良についての考え方はHIDAと同様であるが、機械の導入による大規模化と省力化を

狙いとして給排水に独自の方式を採用している。地下 1.5 ~ 1.8 m の所に多孔管を埋め込

ARAMACO 実験農場



み地下滲透したかんがい水を集水し、サンプ ピットに集め、これをポンプで排水する。これによって地中の塩分はリーチングされる。給水は、簡単にとりはずしのできる特殊な接手を有するアルミニウム管で行う。アルミニウム管は軽く、1人で容易に移動組立、分解ができるので適宜必要個所に移動し、かんがいすることができるようになっている。かんがい水は配管に設けられたスリットからうね間に流出するようになっている。スリットはゲートで適宜開閉できる。こうしたかんがい、排水法をとり入れることによりスワンプ化した土地を農地として再生することに成功したといわれている。なお、このプロジェクトは既に述べた H I D A プロジェクトとは全く無関係に行われているものである。

あ　と　が　き

約2週間という短い期間であったが、日・サ合同委員会およびサウジアラビア農業・水省のご協力により、かなり充実した協議ならびに調査を行うことができた。

今後この報告書が広く活用されるとともに日・サ親善の一助になれば幸いである。

おわりに本調査団に対しご協力下さった関係各方面の方々に心から感謝の意を表します。

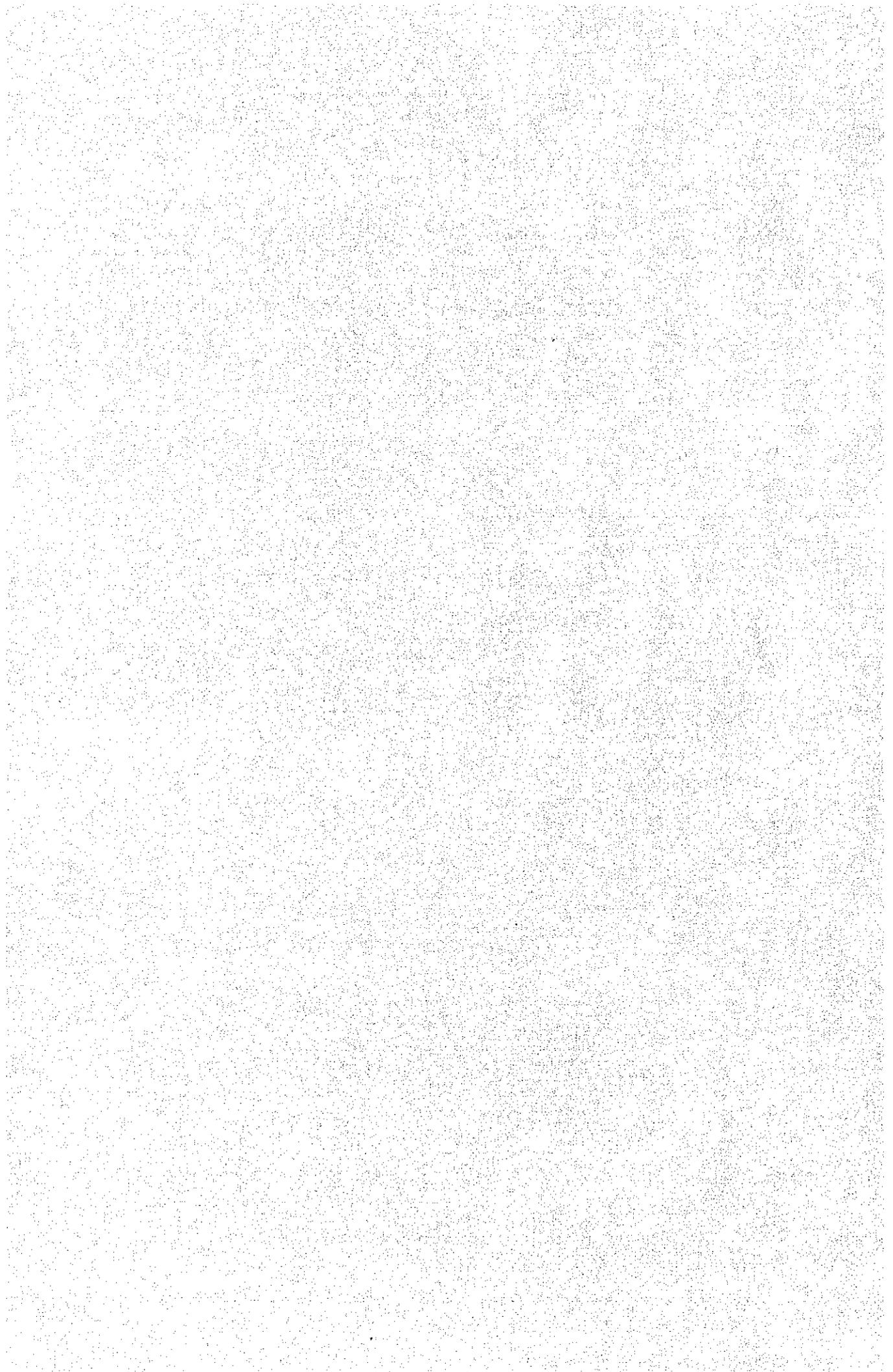
6. 現地で入手した資料のリスト

- (1) Nigel Harvey : "Water for Riyadh," Saudi Business May 9, 1980
- (2) Scott Pendleton : "Feeding Arabia," Saudi Business June 13, 1980
- (3) 地図 (リヤド市、リヤド市近郊、およびサウディアラビア)
- (4) リヤド下水処理場のレイアウト
- (5) リヤド石油精製所の下水再生処理フロー
- (6) かんがい用水の汚染物質許容濃度表
- (7) サルブーク上水処理場の一部資料
- (8) ハッサ かんがい・排水局の一部資料
- (9) "メディナ地区における廃水利用計画のための調査および設計"の契約書(写)
- (10) "Seven Green Spikes"

Ministry of Agriculture and Water, The Kingdom of Saudi Arabia

- (11) Saudi Arabian Portfolio

別 添 資 料



7. 別添資料

7.1 現地日程表	37
7.2 Reuse of Municipal Waste Water	39
(Water Reuse Promotiou Center)	
7.3 Questionnaire [1] および [2]	70
7.4 農業・水省グライカ次官に提出した資料	82
7.5 ハッサ かんがい・排水局へ送付した報告書	108

7.1 現地日程表

PROGRAMME OF THE VISIT OF

The Japanese Water Team From
 Sha'ban 1 - Sha'ban 12, 1400H
 (From 14 - 25 June 1980)

Saturday	1/8/1400H (14/6/1980)		Arrival Riyadh
Sunday	2/8/1400H (15/6/1980)	9 A.M.	Meeting with His Excellency The Deputy Minister for Water Affairs and the Director of Water Resources Development and of Projects Department.
Monday	3/8/1400H (16/6/1980)	8.15 A.M.	Visit to Sewage Water Treatment Plant at Riyadh.
Tuesday	4/8/1400H (17/6/1980)	8.30 A.M.	Visit to Salboukh Water Project (Water Treatment Plant).
Wednesday	5/8/1400H (18/6/1980)	7.00 A.M.	Travel by Car to Haradh Agricultural Production Company.
		2.00 P.M.	Lunch by invitation of Haradh Company
		5.00 P.M.	Departure from Haradh to the Irrigation and Drainage Project Al-Hassa and staying there overnight.
Thursday	6/8/1400H (19/6/1980)		Visiting the Irrigation and Drainage Project and staying there overnight.
Friday	7/8/1400H (20/6/1980)		Ramining at the Irrigation and Drainage Project and staying there overnight.
Saturday	8/8/1400H (21/6/1980)	8.00 A.M.	Visit to the Regional Research Center of Animal Breeding and Feed at Hofuf.
		2.00 P.M.	Lunch in the Irrigation and Drainge Project.
		4.00 P.M.	Departure from Hofuf to Dammam and staying there overnight.
Sunday	9/8/1400H (22/6/1980)	8.00 A.M.	Visit to the Desalination Plant at Al-Khobar and staying there overnight.

Monday	10/8/1400H (23/6/1980)	6 A.M.	Departure from Dammam to Riyadh
Tuesday	11/8/1400H (24/6/1980)	9.00 A.M.	Meetings with the Saudi Team.
Wednesday	12/8/1400H (25/6/1980)	9 A.M.	Meetings with the Saudi Team.