

ジョルダン・ハシェミット王国
第二アンマン都市圏上水道施設改善計画
事業化調査報告書

平成9年12月

JICA LIBRARY



J 1140810(1)

国際協力事業団
株式会社 東京設計事務所
日本工務株式会社

調査一

CR(2)

97-24

ジョルダン・ハシェミット王国
第二次アンマン都市圏上水道施設改善計画
事業化調査報告書

平成 9 年 12 月

国 際 協 力 事 業 団
株式会社 東京設計事務所
日 本 工 営 株 式 会 社

序 文

日本政府は、ジョルダン・ハシェミット王国政府の要請に基づき、同国の第二次アンマン都市圏上水道施設改善計画にかかる事業化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9年10月12日から10月30日まで事業化調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、ジョルダン国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し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

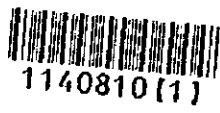
この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

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9年12月

国際協力事業団

総 裁 藤 田 公 郎



1140810 (1)

伝 達 状

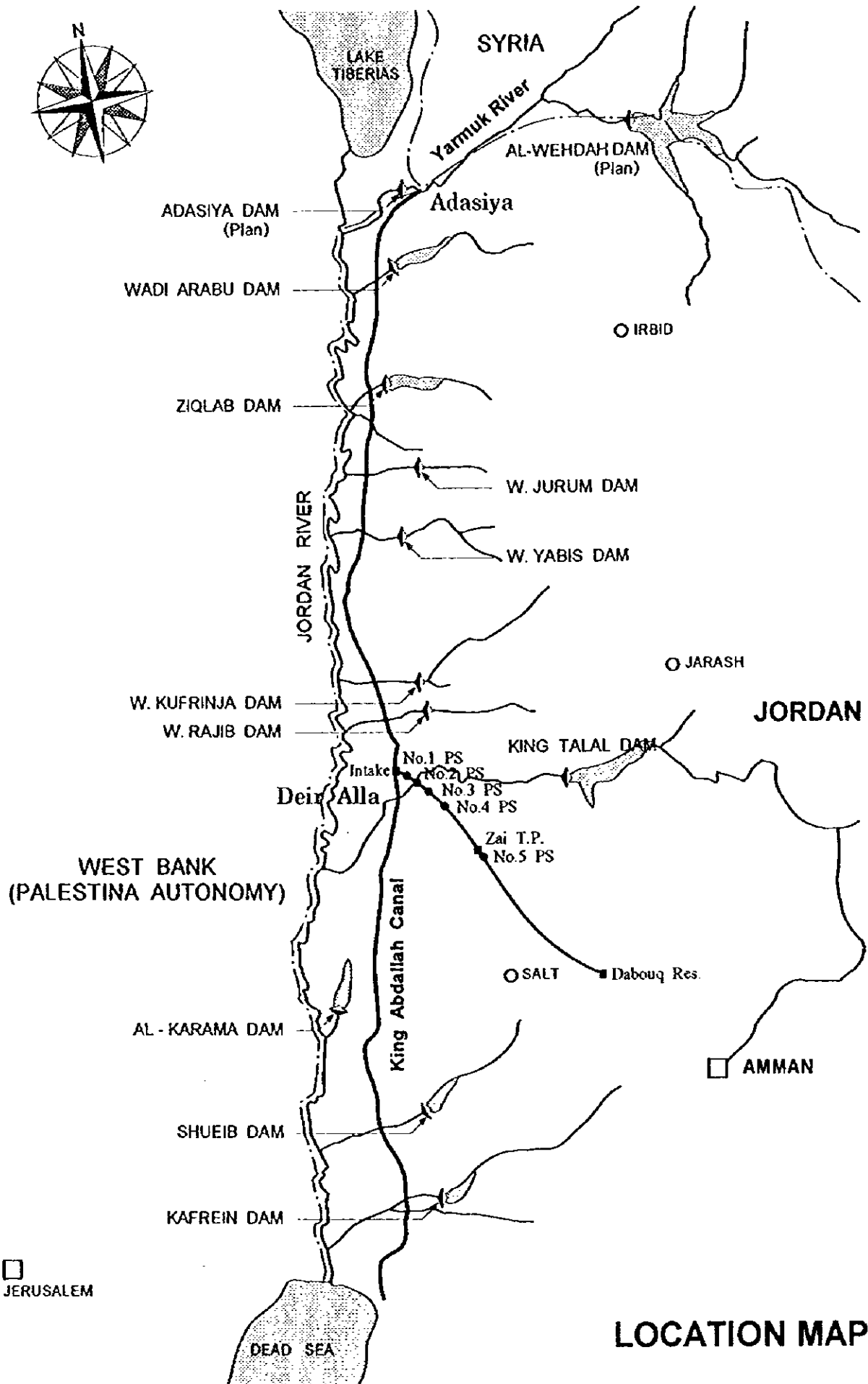
今般、ジョルダン・ハシェミット王国における第二次アンマン都市圏上水道施設改善計画事業化調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

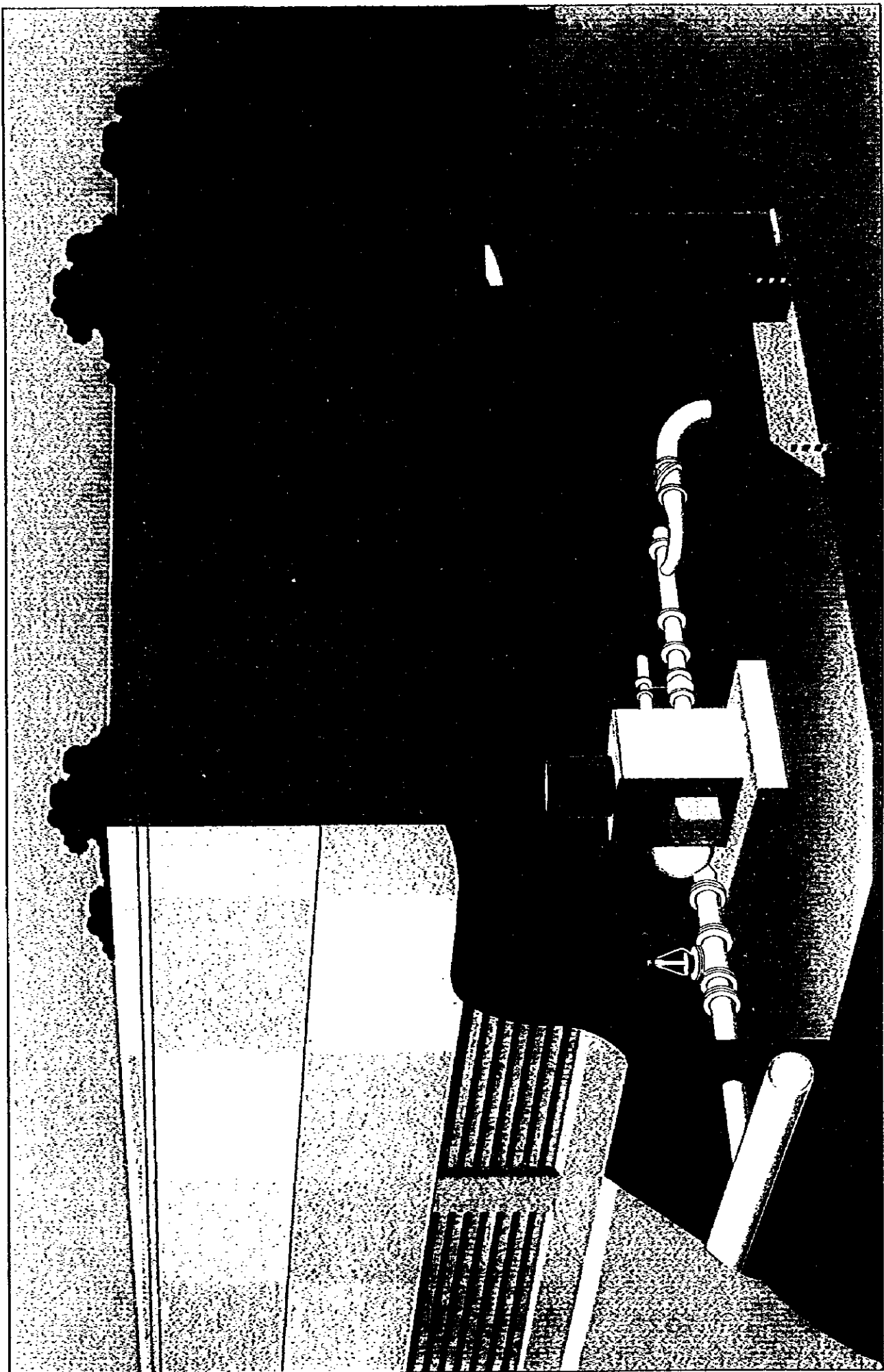
本調査は、貴事業団との契約に基づき、弊社および日本工営株式会社からなる共同企業体が、平成9年10月7日より平成9年12月15日までの3カ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、ジョルダン国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成 9 年 1 2 月

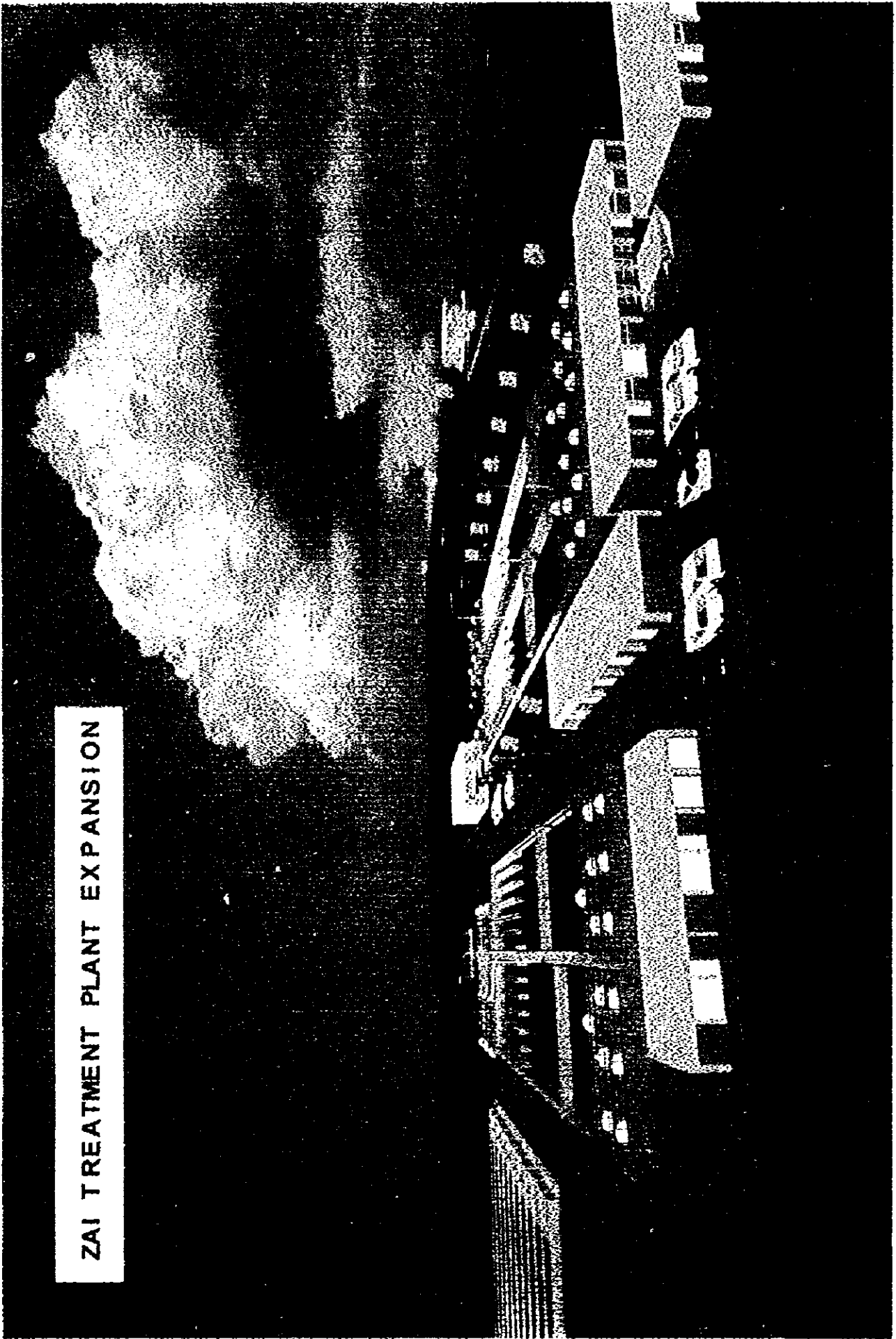
共同企業体代表者
株式会社 東京設計事務所
ジョルダン国
第二次アンマン都市圏上水道施設改善計画
業務主任 百瀬和文





PUMP HOUSE BIRDS-EYE VIEW

ZAI TREATMENT PLANT EXPANSION

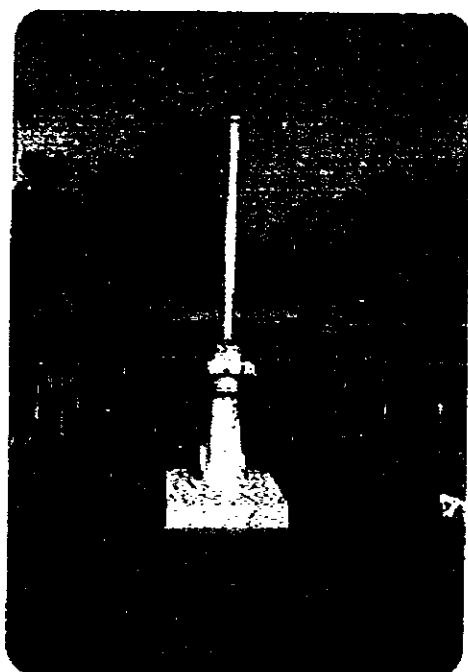




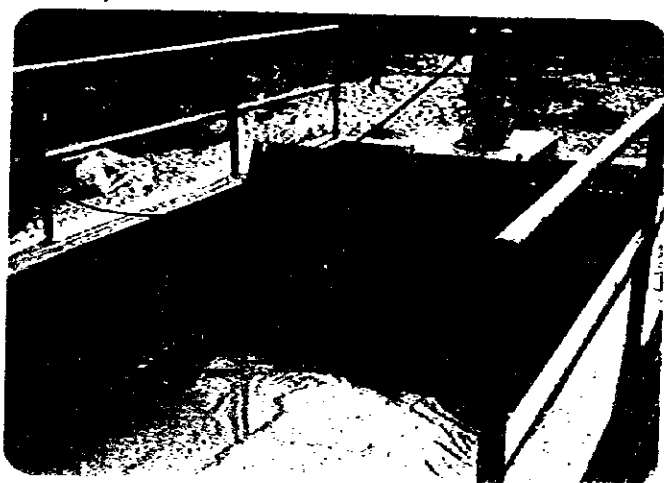
ヤルムーク川アダシア取水口
Adasia Intake, Yarmouk River



キングアブドラ運河のデルアラ取水口
Deir Alla Intake, King Abdullah Canal



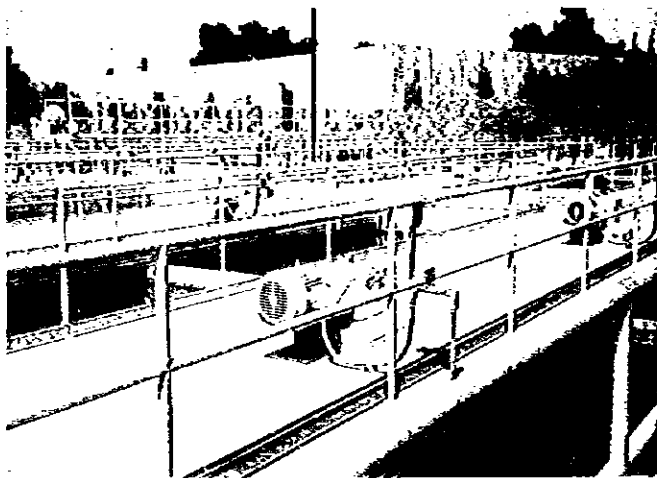
デルアラ取水口、スクリーン
Screen, Deir Alla Intake



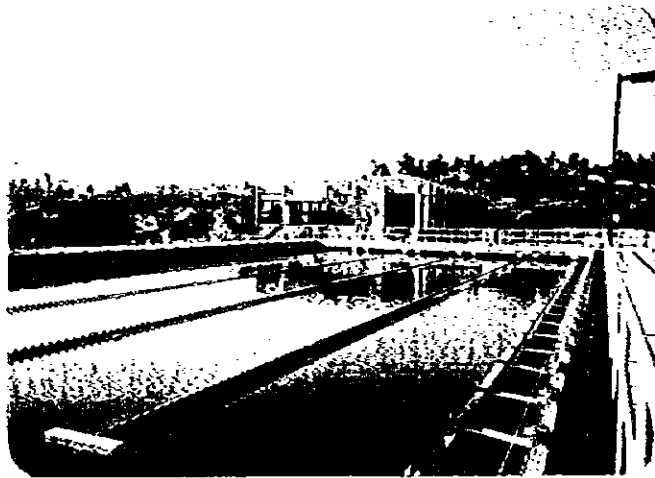
取水ポンプ場のポンプ棟
Pump House, Intake Pumping Station



ポンプ及び電動機、取水ポンプ場
Pump & Motor Intake Pumping Station



洗浄水タンク、原水調整池、フロック形成池
Wash Water Tank, Raw Water Basin and Flocculation Basin



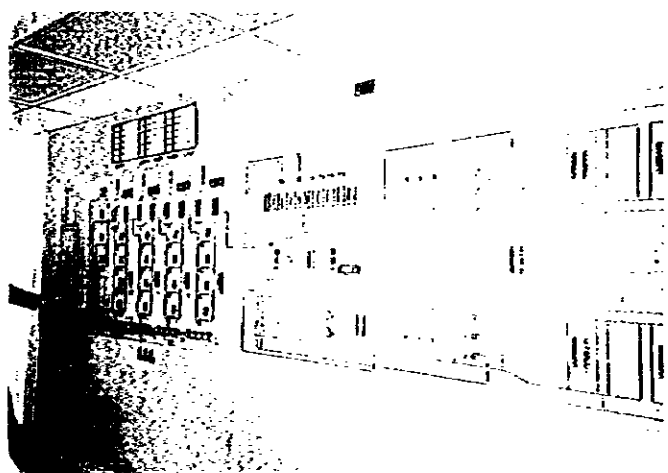
沈でん池及び管理棟
Sedimentation Basin and Administration Building



沈でん池及び薬品注入棟
Sedimentation Basin and Chemical Building



薬品注入ポンプ
Chemical Dosing Pump



グラフィックパネル
Graphic Panel

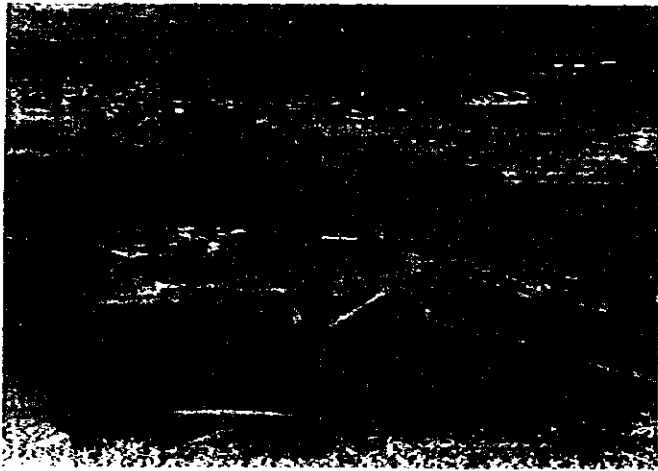


汚泥乾燥床
Drying Bed

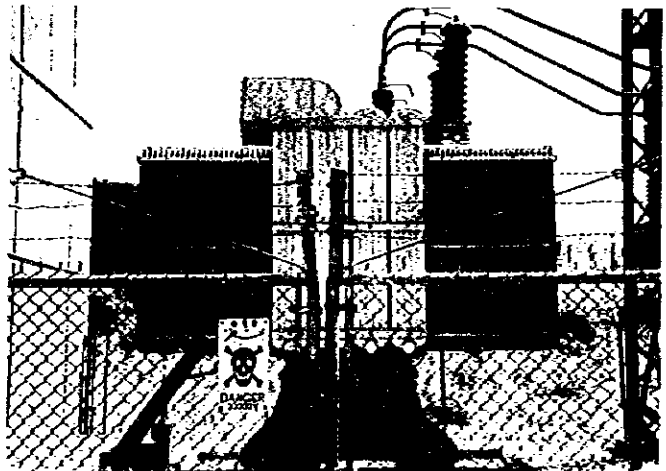
ザイ浄水場
Zai Water Treatment Plant



No.1 ポンプ場全景
No. 1 Pumping Station



No.1 及び No.2 ポンプ場遠景
No.1 & No.2 Pumping Stations



変圧器、No.1 ポンプ場
Transformer, No.1 Pumping Station



ポンプ及び電動機、No.1 ポンプ場
Pumps and Motors, No.1 Pumping Station

略語集

GTZ	ドイツ技術協力会社 (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit)
JVA	灌漑庁 (Jordan Valley Authority)
JWC	合同水委員会 (Joint Water Committee)
KAC	キングアブドゥラ運河 (King Abdullah Canal)
KfW	復興金融金庫 (ドイツ国) (Kreditanstalt für Wiederaufbau)
MOP	計画省 (Ministry of Planning)
MWI	水灌漑省 (Ministry of Water and Irrigation)
THM	トリハロメタン
WAJ	水道庁 (Water Authority of Jordan)

要 約

ヨルダン・ハシェミット王国（以下、「ジョ」国）は中東の北西部に位置し、シリア、イスラエル、イラク、サウジアラビアと国境を接する国土面積約 98 千 km^2 、人口約 4,212 千人（1995 年）の国家で、一人当たり GNP は 1,510 ドル（1995 年）である。同国の経済は近隣産油国と深い関係にあるが、恒常的な貿易赤字に加えて、湾岸戦争後、周辺国との貿易の停滞、輸出市場の喪失、帰還民の流入による著しい人口増加、外貨送金の減少等により経済状態は悪化し、公的債務の負担も重なって、「ジョ」国政府の財政事情は厳しい状況にある。

「ジョ」国の人口増加率は 1995 年で 4.7% と高く、飲料水の需要が増加するとともに農業用水の需要も増えており、1995 年での年間需要量約 1,400 百万 m^3 に対して年間供給量は約 950 百万 m^3 にとどまっている。また、同国の水供給は約 50% を地下水で賄っているが、過剰揚水による水質の塩水化、水位の低下等の問題が発生しており、供給量を増やすことは困難な状況にある。

現在、アンマン都市圏の飲料水は、地下水に加えて、ヨルダン川に並行して流れるキングアブドゥラ運河（KAC）の水をデルアラ地点で取水後、4 箇所の導水ポンプにより標高差 1,100m を揚水し、ザイ浄水場での処理を経てアンマン市内のダブーク配水池に送水しているザイシステムにより供給されている。ザイシステムは 1985 年に稼動したものであるが、水源量の不足により、計画水量（施設容量）45 百万 m^3 /年の能力を発揮することはなかった。このためもあり、アンマン都市圏への水供給事情は極めて厳しく、給水も場所によっては週に 2 日に過ぎない。

一方、1994 年 10 月に締結されたヨルダン・イスラエル間の和平条約に基づき、ヤルムク川の利用可能水量の増量、イスラエルにあるティベリアス湖の水が割り当てられる等の結果、KAC からの取水可能量が増加した。しかし、施設の老朽化により、施設能力の 80 数%での稼働実績（1995 年度）となっている。これにより水供給事情は緩和されたものの、いぜんとして厳しい状態が続いており、これら施設のリハビリ・拡張が緊急の課題となっている。

このような状況のもと、「ジョ」国政府は我が国に対し、取水・導水ポンプのリハビリ（平成 7 年 8 月）・拡張及びザイ浄水場の拡張（平成 7 年 10 月）の両計画について無償資金協力を要請した。これに対し我が国は、計画の内容、施設の現状、関連プロジェクトの進捗等の調査が不可欠であり、かつ多額の費用を要することから、導水ポンプのリハビリ部分に限定した事前調査団を平成 8 年 1 月に派遣した。その結果、導水ポンプのリハビリのみならずその拡張及びザイ浄水場の拡張を協力の対象とするのが裨益効果の点で極めて大きく、かつ実施の必要性、妥当性が高いことが判明した。これを受け、基本設計調査では導水ポンプのリハビリと、導水ポンプ及びザイ浄水場拡張の双方を対象とし、両案件をあわせ実施することとなった。

これに基づき、平成 8 年 6 月 2 日から同年 7 月 16 日の間、基本設計調査団を「ジョ」国へ派遣した。調査団は「ジョ」国側実施機関である Water Authority of Jordan (WAJ) と協議し、必要な現地調査ならびに関連資料の収集等を実施した。帰国後、国内解析において本件協力の妥当性を検討の上、基本設計概要書を作成した。この結果、リハビリ部分については無償資金協力として採択され、平成 10 年 3 月に完成する予定である。

拡張部分については、取水施設（デルアラ取水口～No.1 導水ポンプ場間）、送水施設（ザイ浄水場～ダブーク配水池間）などの関連事業の実施が確保される見通しがついたため、平成 9 年 10 月 12 日から同年 10 月 30 日の間、事業化調査団を「ジョ」国へ派遣した。調査団は WAJ 及び関連事業に融資を予定しているドイツ国経済協力省、復興金融金庫 (KfW) と協議し、必要な現地調査ならびに関連資料の収集などを実施した。帰国後、国内解析において本件協力の妥当性を検討の上、事業化調査報告書を作成した。

アンマン市の需要水量は 1995 年で 113 百万 m^3 /年と推定されており、供給水量は 102 百万 m^3 /年で、11 百万 m^3 /年の水が不足している。一方、水源については、1997 年 5 月にイスラエルとの協議により、更に 25～30 百万 m^3 /年が増加され、合計 55～60 百万 m^3 /年がイスラエル側から得られるようになった。また更に、ヤルムク川からの割り当て量が 120 百万 m^3 /年から 140 百万 m^3 /年に増量したことによって現在キングアブドゥラ運河には 200 百万 m^3 /年の水が流れている。このことから灌漑用水量を減らすことなく飲料水用として 90 百万 m^3 /年の水源が確保されることとなった。

96年度無償資金協力の導水ポンプリハビリによって45百万 m^3 /年の取水が可能となり給水量の回復が図られたが、なお給水制限は続いており需給も逼迫していることから緊急なザイシステムの拡張が必要である。その拡張規模は確保されている水源量に相当する45百万 m^3 /年である。この拡張によって供給水量が133百万 m^3 /年となり給水開始される2002年の需要水量122百万 m^3 /年をまかなうことができるようになる。

導水ポンプ場拡張

拡張時には各ポンプ場共に、未更新の既存の3台のポンプをリハビリで更新したポンプと同じ $\phi 450\text{mm} \times \phi 300\text{mm} \times 43.5\text{m}^3/\text{分} \times 300 \sim 314\text{m} \times 3,000 \sim 3,400\text{kw}$ に取り替える。従って、拡張後は各ポンプ場とも同容量の4台のポンプで運転される。

このポンプの拡張に伴いさらに、下記の施設が必要となる。

- ・水撃作用防止のため、各ポンプ場に圧力サージタンク各1台の増設
- ・電動機（リハビリ時と同じ、リアクトル始動式かご型誘導電動機）各ポンプ場3台（予備機なし）

各導水ポンプ場で拡張する設備を表1に示す。

表1 各導水ポンプ場（全体で4ポンプ場）の拡張の内容

1. 導水ポンプ

機器名及び項目	拡張機器（1ポンプ場当たり）
台数	3台（据付）
口径（mm）	$\phi 450 \times \phi 300$
吐出流量（1台当たり）	$43.5\text{m}^3/\text{分}$
全揚程（No.1、2ポンプ場）	300m
全揚程（No.3ポンプ場）	308m
全揚程（No.4ポンプ場）	314m
回転数	1,490 rpm

2. 電動機

機器名及び項目	拡張機器（1ポンプ場当たり）
台数	3台
型式	かご型三相誘導電動機
電圧、周波数	6,600v、50Hz
電動機出力（No.1、2ポンプ場）	3,200KW
電動機出力（No.3ポンプ場）	3,300KW
電動機出力（No.4ポンプ場）	3,500KW

3. サージタンク

機器名及び項目	拡張機器の内容（1ポンプ場当たり）
寸法	D1,900x10,700
台数	1台

4. 制御・テレメータ設備（ポンプ場）

機器名及び項目	拡張機器（1ポンプ場当たり）
監視操作盤（グラフィックパネル含む）	1面
信号入出力盤	同上1面
制御テレメータ装置	1面*
流量計	超音波式1台（据付）

* グブーク配水池にも各々1面設置する。

浄水場拡張

既存浄水場を改造して拡張することは物理的には可能であるが、長期の給水停止を伴いアンマン市民に多大の悪影響を及ぼすため、実際的には不可能である。従って、基本的には既存と同じ施設を増

設する。ただし、共用可能な原水調整池、浄水池等の一部施設については増設しない。

- a) 既存浄水（凝集沈でん・急速ろ過）方式の処理結果は良好であり、また将来の水質に対しても良好な処理結果が期待できるため、さらに職員は現在の浄水場運転に熟達していることから、原則として、拡張時の浄水方式は既存の浄水方式を踏襲する。
- b) しかし、薬品注入設備については下記の変更を加える。
 - ・陰イオン系高分子凝集剤注入、苛性ソーダ注入および軟水設備は使用されておらず、また、今後も使用する必要がないため廃止する。
 - ・中塩素（注入率 3mg/l、以下同じ単位）、後塩素（1）、硫酸アルミニウム（40）、粉末活性炭（10）、過マンガン酸カリウム（5）、陽イオン系有機高分子凝集剤（2）の6種類の薬品は使用されてきており、今後も必要である。なお、拡張する6種類の薬品を注入設備は、上記の廃止する設備のスペースを利用して配置する。
 - ・活性炭注入設備は臭気の除去用として小さい容量のものが設置されている。TBM（トリハロメタン）除去対策としても有効と考えられているが、TBM（トリハロメタン）を除去するためには大きな容量の設備が必要であり、高価な活性炭の使用量も多くなる。この結果、水の供給原価を大きく押し上げる起因となるため、本計画では現状のままとし拡張はしない。
- c) 原水調整池、ろ過池洗浄排水池、浄水池および洗浄水タンク等は、計画水量に対しても十分な容量を持っているので、拡張を行わず共用する。
- d) 拡張施設・建物・機器（混和池、フロック形成池、沈でん池、急速ろ過池、汚泥天日乾燥床、発電機棟、薬品貯蔵棟、洗浄水揚水ポンプ等）に対して既存施設の設計基準を適用し、同等のものを増設する。ただし、ろ過池洗浄排水返送ポンプの容量は、既存ポンプの容量が不足しろ過池洗浄に支障を来しているため、既存の2台の容量（7.2 m³/分）より大きな容量（10.4 m³/分）のポンプを2台増設する。

本計画において拡張する施設は表2以下に示すとおりである。

表2 浄水場施設（構造物）の拡張内容

構 造 物		既存施設	拡張施設
原水調整槽			拡張はしない。既存施設を共用
混和池	池数	1池	同左
	寸法	17.7 m x 2.5 m x 1.8 m	同左
フロック形成池	池数	2池 x 3区画(1池当たり)	同左
	寸法	5.8 m x 18.0 m x 4.5 m	同左
沈でん池	池数	2池	同左
	寸法	95 m x 18 m x 4.5 m	同左
急速ろ過池	池数	6池（複層式）	同左
	寸法	9.6 m x 4.6 m x 2床	同左
洗浄排水池			拡張はしない。既存施設を共用
洗浄水タンク			拡張はしない。既存施設を共用
浄水池			拡張はしない。既存施設を共用
汚泥乾燥床	池数	10床	移設分2床（増設分はWAJ
	容量	605 m ² x 10 = 6,050 m ²	負担）605 m ² x 2 = 1,310m ²
発電機・電気・倉庫棟	数量	1棟	1棟
	寸法	35.7 x 9.6	32 m x 8 m
塩素室・薬品倉庫棟	数量	1棟	1棟
	寸法	39.6 x 9.6	25m x 8 m = 200m ²

表3 薬品注入設備計画

薬品注入設備	拡張設備
硫酸バンド注入機	ホッパー、フィーダー、注入ポンプ各2台
高分子凝集剤注入機（カチオン）	注入ポンプ2台
高分子凝集剤注入機（アニオン）	カチオン設備に転用
塩素注入機	塩素滅菌機（40kg/h）2台、塩素気化器2台

表4 浄水機械設備計画

浄水機械	機械の仕様	数量
急速攪拌機		2台
フロキュレータ		18台
排泥装置	移動式汚泥ポンプ 340 l/分 x 5 m	2台
ろ過池洗浄水ポンプ	口径 300mm x 揚水量 8.4m ³ /分 x 揚程 20m	2台
洗浄排水回収ポンプ	口径 300mm x 揚水量 10.5m ³ /分 x 揚程 22m	2台
サンプリングポンプ		4台

現在、薬品注入および凝集・沈でん池機器系統と、ろ過池機器・管理棟系統の2箇所を受電し、各々降圧の上各機器に給電している。拡張施設に対しては、薬品注入・沈でん池機器系統及びろ過池系統について一括して受電する。

ザイ浄水場中央監視室に設置する導水ポンプのテレメータ装置は、導水ポンプ場の制御機能を変更する必要があるため更新する。なお、浄水場の監視制御方式は、現行のグラフィックパネルにより運転員が熟達し十分な運転を行っているため、現行の方式を踏襲して増設するが、運転管理帳票（日報等）の機能を付加した上で、既存の機器を利用して拡張分を増設する。

停電時最小保安電源として、ディーゼル発電機（容量250kVAおよび燃料タンク、ホイストクレーン等の付属設備共）を増設する。なお、発電機の対象負荷は、急速攪拌機、フロキュレータ、ろ過池弁類、薬注設備（硫酸バンド、高分子凝集剤、塩素）、計装設備、照明設備とする。上記計画に基づいて増設される機器は表5のとおりである。

表5 電気・監視制御設備計画

1. 特高受変電設備

名称	器材仕様	数量
断路器	36KV, 400A	1式
電力ヒューズ	36KV, 400A	1式
変圧器	500KVA, 3φ、33KV / 380 - 220V	1台
低圧主幹盤		1面

2. 非常用発電設備

名称	器材仕様	数量
ディーゼルエンジン発電機	空冷式、250KVA、380 - 220V, 50Hz	1台

3. 低圧動力設備（1、2系）

名称	器材仕様	数量
電力引込盤		2面
コントロールセンタ		2式

4. 計装制御設備

名称	器材仕様	数量
中央監視制御盤	グラフィックパネル含む	1式
計装機器	拡張処理プラント用	1式

5. 導水ポンプ場用制御・テレメータ設備（ザイ浄水場制御室）

名称	器材仕様	数量
グラフィック制御パネル		1式
制御テレメータ装置	自動制御機能を含む	1式

建築施設としては、浄水場内の発電機・電気・倉庫棟、塩素室・薬品倉庫棟がある。このうち、倉庫棟は既存倉庫棟の撤去に伴う移設分であり、他は拡張施設に伴う増設分である。移設・増設施設のグランドは既設と同じとする。

表6 建築施設

名称	機能	寸法 (m)	面積 (m ²)	算定理由
発電機・電気・倉庫棟		32 x 8	256	
発電機室	増設発電機用の部屋	7 x 8	56	機器寸法、保守点検スペースより
電気室	増設電気設備用の部屋	10 x 8	80	機器寸法、保守点検スペースより
倉庫棟	既存倉庫の移設	15 x 8	120	既存倉庫と同等面積
塩素室・薬品倉庫棟		25 x 8	200	
塩素室	増設分の塩素設備用	10 x 8	80	機器寸法、保守点検スペースより
薬品倉庫棟	増設分の薬品保管用	15 x 8	120	既存設備と同じ面積

本計画の実施は、ポンプ拡張及び浄水場拡張を合わせて実施する。
工期及び総事業費は下記の通りに見積もられている。

工期： 実施設計業務 : 約 9.0 ヶ月 (入札業務を含む。)
ポンプ拡張設置工事 : 約 26.0 ヶ月 (機械調達・輸送を含む。)
浄水場拡張建設工事 : 約 33.0 ヶ月 (同上)

総事業費： 総事業費 75.48 億円
内訳
日本国政府負担分 74.23 億円
「ジョ」国側負担分 1.25 億円

本計画の実施により、年間 45 百万 m³ の供給水量が拡張され、ザイシステムは年間 90 百万 m³ の給水能力を有するようになる。従って、本計画は経済社会開発計画でうたわれている目標の一つである「水資源とエネルギーの開発」に合致するものといえる。また、ジョルダン・イスラエル間で合意された和平条約に基づいて配分された水量を、アンマン市に給水するものであり、アンマン市民が平和を具体的な形で実感でき、有意義な計画であるといえる。

WAJ は「Hydraulic Analysis of Greater Amman Water Supply System, 1997 年 4 月」で、上記の拡張水量をアンマン都市圏の住民 (1995 年で約 150 万人) に供給できるように、配水管網の解析調査を行っている。この解析結果に基づき、配水施設の整備が各援助機関の協力で実施される見込みであることから、2001 年には 90 百万 m³/年の給水が可能で、恒常的に行われてきた夏期の給水制限 (週 2 日給水) や給水車への依存が緩和されることとなり、地域格差もなくなり均等で平等な給水が可能となる。従って、裨益人口も給水開始される 2002 年で給水人口の 197 万人に及び、市民に与える効果は大きい。この効果はアンマンのみならず、全国民に及ぶともいえる。すなわち、水需給状況が逼迫している地区はアンマンに限らず全国的に及んでいるため、水源の融通は全国的に行われているが、アンマンの水不足が緩和されるとアンマンへ供給されている水源量の一部を他地区に融通することも可能となり、水不足地区の水需給の逼迫も緩和されることになる。

さらに、過剰揚水を続けている井戸の揚水量も 57 百万 m³/年から 47 百万 m³/年に減少させることができ、枯渇化・塩水化の恐れのある井戸の延命にも寄与できる。本計画により前述のような多大な効果が期待されると同時に、本計画が広く住民の BGN の向上に寄与するものであることから、本計画を無償資金協力で実施することの意義は大きいと判断される。

WAJ の財政収支を改善させるために、不明水の減少が重要な課題となる。WAJ は、アンマン市に対する漏水防止対策を基本方針に沿って、確実に実施すべきである。さらに、本計画の実施に伴う「ジョ」国側負担分の実施は、本計画の効果を発揮するために不可欠であることから、WAJ は、公式文書で回答した負担分の支出計画を、確実に実施することが望まれる。

目 次

序文

伝達状

位置図／透視図／写真

略語集

要約

	ページ
第1章 要請の背景	1-1
第2章 プロジェクトの周辺状況	
2.1 当該セクターの開発計画	2-1
2.1.1 上位計画	2-1
2.1.2 財政事情	2-2
2.2 他の援助国、国際機関等の計画	2-2
2.2.1 和平条約に係る上水道関連プロジェクト	2-2
2.2.2 その他の水資源開発状況	2-4
2.2.3 アンマン市における WAJ のプロジェクト	2-6
2.3 我が国の援助実施状況	2-7
2.4 プロジェクト・サイトの状況	2-8
2.4.1 自然条件	2-8
2.4.2 社会基盤整備状況	2-10
2.4.3 既存施設・機材の現状	2-11
2.5 環境への影響	2-30
第3章 プロジェクトの内容	
3.1 プロジェクトの目的	3-1
3.2 プロジェクトの基本構想	3-2
3.2.1 水源の確保	3-2
3.2.2 水の需要と供給	3-3
3.2.3 施設計画水量	3-5
3.2.4 浄水場の拡張計画	3-6
3.2.5 導水管、導水ポンプの計画	3-6
3.2.6 導水ポンプの拡張計画	3-7
3.2.7 導水ポンプ用電動機とその始動方式	3-9
3.2.8 受変電用変圧器	3-10
3.3 基本設計	3-11
3.3.1 基本方針	3-11
3.3.2 基本計画	3-13
導水ポンプ場拡張	3-14
浄水場拡張	3-27
3.4 プロジェクトの実施体制	3-57
3.4.1 組織	3-57

3.4.2	予算及び財務	3-60
3.4.3	要員・技術レベル	3-63

第4章 事業計画

4.1	施工計画	4-1
4.1.1	施工方針	4-1
4.1.2	施工上の留意点	4-2
4.1.3	施工区分	4-3
4.1.4	施工監理計画	4-5
4.1.5	資機材調達計画	4-8
4.1.6	実施工程	4-12
4.1.7	相手国側負担事項	4-15
4.2	概算事業費	4-15
4.2.1	概算事業費	4-15
4.2.2	維持・管理計画	4-17

第5章 プロジェクトの評価と提言

5.1	妥当性にかかる実証・検証及び裨益効果	5-1
5.2	技術協力・他ドナーとの連携	5-2
5.3	課題	5-3

[資料]

- 資料1 調査団員氏名、所属
- 資料2 調査日程
- 資料3 相手国関係者リスト
- 資料4 当該国の社会・経済事情
- 資料5 キングアブドゥラ運河流量
- 資料6 将来水量に対応する導水管の検討
- 資料7 水質データ
- 資料8 トリハロメタン対策に関する提言
- 資料9 既存導水管の安全性
- 資料10 気象データ
- 資料11 土質データ
- 資料12 WAI から提出された財務改善計画

第1章

要請の背景

第1章 要請の背景

ジョルダン・ハシェミット王国（以下、「ジョ」国）は中東の北西部に位置し、シリア、イスラエル、イラク、サウジアラビアと国境を接する国土面積約 98 千 km^2 、人口約 4,212 千人（1995 年）の国家で、一人当たり GNP は 1,510 ドル（1995 年）である。同国の経済は近隣産油国と深い関係にあるが、恒常的な貿易赤字に加えて、湾岸戦争後、周辺国との貿易の停滞、輸出市場の喪失、帰還民の流入による著しい人口増加、外貨送金の減少等により経済状態は悪化し、公的債務の負担も重なって、「ジョ」国政府の財政事情は厳しい状況にある。

「ジョ」国の人口増加率は 1995 年で 4.7% と高く、飲料水の需要が増加するとともに農業用水の需要も増えており、1995 年での年間需要量約 1,400 百万 m^3 に対して年間供給量は約 950 百万 m^3 にとどまっている。また、同国の水供給は約 50% を地下水で賄っているが、過剰揚水による水質の塩水化、水位の低下等の問題が発生しており、供給量を増やすことは困難な状況にある。

現在、アンマン都市圏の飲料水は地下水に加えて、ジョルダン川に並行して流れるキングアブドウラ運河（KAC）の水をデルアラ地点で取水後、4 箇所の導水ポンプにより標高差 1,100m を揚水し、ザイ浄水場での処理を経てアンマン市内のダブーク配水池に送水しているザイシステムがある。ザイシステムは 1985 年に事業を開始したものであるが、水源量の不足により、計画水量（施設容量）45 百万 m^3 /年の能力を発揮することはなかった。このためもあり、アンマン都市圏への水供給事情は極めて厳しく、給水も場所によっては週に 2 日に過ぎない。

一方、1994 年 10 月に締結されたジョルダン・イスラエル間の和平条約に基づき、ヤルムク川の利用可能水量の増量、イスラエルにあるテイベリアス湖の水が割り当てられる等の結果、KAC からの取水可能量が増加した。しかし、施設の老朽化により、施設能力の 80 数%での稼働実績（1995 年度）となっている。これにより水供給事情は緩和されたものの、依然として厳しい状態が続いており、これら施設のリハビリ・拡張が緊急の課題となっている。

このような状況の下、「ジョ」国政府は我が国に対し、取水・導水ポンプのリハビリ（平成7年8月）・拡張及びザイ浄水場の拡張（平成7年10月）の両計画について無償資金協力の要請を行った。これに対し我が国は、計画の内容、施設の現状、関連プロジェクトの進捗等の調査が不可欠であり、かつ多額の費用を要することから、導水ポンプのリハビリ部分に限定した事前調査団を平成8年1月に派遣した。その結果、導水ポンプのリハビリのみならずその拡張及びザイ浄水場の拡張を協力の対象とするのが裨益効果・アピールの点で極めて大きく、かつ実施の妥当性、必然性が高いことが判明した。これを受け、基本設計調査では導水ポンプのリハビリと、導水ポンプ及びザイ浄水場拡張の双方を対象とし、両案件をあわせ実施した。この結果、リハビリ部分については無償資金協力として採択され、1998年3月に完成する予定である。

拡張部分については、取水施設（デルアラ取水口～No.1 導水ポンプ場間）、送水施設（ザイ浄水場～ダブーク配水池間）などの関連事業の実施が確保され見通しがついたため、平成9年10月12日から同年10月30日の間、事業化調査団を「ジョ」国へ派遣した。

調査団は WAI 及び関連事業の融資予定先であるドイツ国経済省、KfW と協議し、必要な現地調査ならびに関連資料の収集などを実施した。帰国後、国内解析において本件協力の妥当性を検討の上、事業化調査報告書を作成した。

第2章

プロジェクトの周辺状況

第2章 プロジェクトの周辺状況

2.1 当該セクターの開発計画

2.1.1 上位計画

本計画は、1994年に締結された和平条約により生れたため、1993～97年を計画期間とする第4次経済社会開発5カ年計画には含まれていないものの、同計画の重点課題（下記のとおり）の一つである水資源開発にそったものであり、最重要計画の一つに位置付けられている。

- (1) 経済の自由化において、健全な経済実践を妨げるものを排除し、適切な投資環境を作る。
- (2) 天然資源、特に水資源とエネルギー（電力）の開発
- (3) 輸出拡大
- (4) 労働市場の要求に合った教育
- (5) 失業者の減少

上記の5カ年計画で、水資源は個人に属するものでなく、国民共有の財産であることを明確にしている。この原則に基づき、また水資源が非常に限定されていることから、国家経済の発展に供するために水利用を再配分すると述べている。再配分を円滑に実施するためには、組織・制度の改定の必要が不可欠である。さらに、新規開発すべき水資源は少なくなっており、必然的にその開発費用は高価なものになる。従って、水資源の開発とともに既存システムの改善に重点を置いている。これらを理念とした上で、具体的には次のことを目標としている。

(1) 水資源の最適利用と保全

- ・ 水資源の評価（水量および水質の両側面から）
- ・ 表流水、地下水の監視システムの近代化
- ・ 地下水利用計画を策定し、地下水の潤渇防止
- ・ 水質汚濁防止

(2) 水利用の合理化

- ・ ジョルダン渓谷での灌漑用水の抑制
- ・ 地下水の潤渇防止を図るための、地下水利用の見直し

- ・ 導水・送水効率の改善による損失水量の減少
 - ・ 水使用量を抑制するための累進料金制度の強化
- (3) (排水) 水質の改善と環境の保護
 - (4) 利用者レベルでの節水
 - (5) 水資源保全の重要性に関する啓蒙
 - (6) 平成9年4月、水・灌漑省大臣より「ジョ」国首相あてに提出、承認を受けた「WATER STRATEGY」の具体化。

2.1.2 財政事情

1993年のGDPは51.9億米ドルであり、一人当たりGNPは1,190米ドルであった。1980年代半ば以降、「ジョ」国も他の中東諸国の例に漏れず石油ブームの終焉に伴って経済が落ち込んだため、1989年4月には世銀・IMFとの間で構造調整計画に合意し、緊縮財政政策を堅持する等の努力を重ね、1990年代前半には調整努力の成果が出始めた。しかし、1990年8月に勃発した湾岸危機により湾岸市場を喪失し、再び経済状況が悪化したため、「ジョ」国政府はIMFと協議の上、1991年10月公的事業の民営化、民間投資の増大等を主眼とする中期構造調整計画（1992年～1998年）を策定し、新たな経済改革を着実に実行している。1988年から1991年にかけて消費者物価は年率にして16.4%と高騰したが、1991年以降上昇率は鈍り低率（1991年から1993年の年率は4.4%）で安定している。

2.2 他の援助国、国際機関等の計画

2.2.1 和平条約に係る上水道関連プロジェクト

和平条約にかかわるプロジェクトに関しては、「ジョ」国側3名、イスラエル側3名による合同水委員会（Joint Water Committee：JWC）により了承されることになっている。「ジョ」国側の委員は、水灌漑省（Ministry of Water and Irrigation：MWI）の水道庁（Water Authority of Jordan：WAJ）及び同省の灌漑庁（Jordan Valley

Authority: JVA) から選出されている。和平条約に係る主な上水道関連プロジェクトとして、以下の5案件がある。

(1) デルアラ～アンマン間の取水、導水、浄水、送水施設

デルアラ取水口～ザイ浄水場～アンマン間のザイシステムの施設能力を年間 45 百万 m^3 から 90 百万 m^3 に拡張するための取水、導水、浄水、送水の施設拡張を予定している。この施設拡張については W A J が概念設計を 1995 年 12 月に実施しており、我が国が導水施設 (No.1～No.4 導水ポンプ場) と浄水施設を対象として基本設計調査を実施した。取水口から No.1 導水ポンプ場間の取水施設及び No.5 ポンプ場からアンマン市のダブーク配水池までの送水施設については、ドイツが資金援助を検討している。ドイツ側の融資機関である KfW はアプレイザルを進めている。アプレイザル時に未解決であった沈砂池の位置と送水施設の形態については、コンサルタントによる調査が始まり、1997 年 11 月に概念設計を決定した後、実施設計 (入札図書を含む) を 1998 年 3 月までには終える予定となっている。

上記の概念に基づき KfW はアプレイザル・レポートを 1997 年末までには完成させ、経済協力省に提出する運びとなっている。KfW によると、1998 年 2 月頃にはプロジェクトの採択が決まる模様である。採択されると、KfW と「ジョ」国側とのローン交渉が始まり、ローンアグリメント締結までには半年程度かかる見込みである。

(2) アダシヤ貯水ダム (Adasiya Storage/diversion Dam Project)

この貯水施設は、ヤルムク川の洪水水量を調整することを目的としている。既に入札仕様書も完成しており、いつでも入札が可能であった。WAJ によると工事期間は 7 ヶ月であり、規模も小さく工事費も安価であるため、「ジョ」国の独自資金で建設するとしていた。しかし、建設予定地で遺跡が発掘されたため、建設予定地を近くのイスラエルまたはシリア国境に変更する見込みである。建設予定地が選定され、イスラエルおよびシリアの了解が得られしだい当ダムを着工する予定である。

(3) 50 百万 m^3 /年の追加水量

和平条約では、50 百万 m^3 /年の飲料可能な水を「ジョ」国がイスラエルより受水することになっており、1 年以内に水源および取水場所が確保される予定であったが、まだ、JWC での合意を得るに至っていない。しかし、1997 年 5 月の「ジョ」国々王とイスラエル首相との合意により 25~30 百万 m^3 /年の水量がイスラエルより配分されることになった。この水は後述 (4) のデガニヤパイプラインにより KAC へ流入している。

(4) デガニヤパイプライン

和平条約により、「ジョ」国は、冬期期間中（10 月 16 日~5 月 14 日）イスラエルにヤルムク川の取水を認める代りに、夏期期間中（5 月 15 日~10 月 15 日）イスラエルのティベリアス湖の水を 20 百万 m^3 受水できる。このためのパイプライン（デガニヤゲート~アダシア）が「ジョ」国の資金で 1995 年 6 月に完成し、1996 年 3 月から水が KAC へ流入している。

(5) 汽水淡水化施設

「ジョ」国側は 10 百万 m^3 /年の淡水化水をイスラエルから受水できることになっている。汽水淡水化施設（イスラエル所有）が完成するまで、「ジョ」国は、先述 (4) のデガニヤより、冬期期間中（10 月 16 日~5 月 14 日）10 百万 m^3 を受水できる。

2.2.2 その他の水資源開発状況

(1) ムヘイバ地下水

ムヘイバ地下水の KAC への導水路は既に完成し、施設（導水能力）としては 20 百万 m^3 /年が送水可能となっている（20 百万 m^3 は 1994 年度のムヘイバ井戸の年間産出量）。しかし、実際には、ムヘイバ井戸の余剰水量（ムヘイバ地区での消費以外の水

量) を KAC に送っている。

(2) デイシー化石水の送水計画

F/S のポートが 1996 年完成した後、BOT を対象とした実施設計が進められており、1998 年には完成する予定である。

目標年次 2020 年、送水管（デイシーからアンマン市ダブーク配水池まで約 380km、同市アブ・アラング配水池まで約 300km）は 120 百万 m^3 /年（最大）をアンマン市へ送水する（40 百万 m^3 はダブーク配水池、80 百万 m^3 はアブ・アラング配水池）計画となっている。

(3) ユニティ（ワハティ）ダム

ユニティダムの建設予定地はヤルムク川の上流に位置し、1987 年に「ジョ」国とシリアの二国間でダム建設を合意した。しかし、イスラエルからの反対もあり中止されたが、その後「ジョ」国とイスラエルとの和平条約締結により建設に向けて再開された。現在「ジョ」国側で水量および位置の選定などが調査中であるが、同調査は 1 ヶ月ほどで終了する予定である。この結果を受けて「ジョ」国側は再度シリアと協議する予定である。

(4) 北部ヨルダンにおけるその他のダム

ダムは、すべて JVA の管轄（かんがい用）であり、大きく次の 2 種に大別される。

- ・ヨルダン川沿いのダム
- ・ヨルダン川に合流する小河川（サイドワジ）のダム

上記につき、水量的な面をデイシーのレポートより抜粋する (The Water Conveyance System from Disi-Mudawwara to Amman, Jan., 1996) と下記の通りである。

ヨルダン川沿いのダム

このシステムでは、合計で 20 百万 m^3 の容量が推定されている。

Majame ダム : 8 百万 m³

Wadi Yabis 地点 : 12 百万 m³

ただし、これらのダムはすべて灌漑用であり、都市用水の水源とはならない。

サイドワジ

ワジ・アラブダムのかさ上げ計画 : 10 百万 m³

その他のダムの総量 : 15 百万 m³

カラマダム : 45 百万 m³

2.2.3 アンマン市における WAJ のプロジェクト

(1) アンマン都市圏配水改善計画

最初の配水管網解析は、1987 年におこなわれた。その後の見直し調査「Hydraulic Analysis of Greater Amman Water Supply System」が、1995 年 9 月より開始され 1997 年 4 月に終了の予定で進められた。この調査の主なもの、将来の需要水量と供給水量の計画、配水管網解析、配水施設のリハビリ計画である。この計画に基づき、配水施設の整備が各援助機の協力で実施される見込みである。

(2) OMS (Operation Management Support for WAJ) プロジェクト

先述 (1) が水道システムのハード的な面からのアプローチであり、この OMS プロジェクトはソフト面での機能強化のプロジェクトである。このプロジェクトは GTZ の技術協力により、1994 年 5 月より開始され、8 年間程度は続く予定である。このプロジェクトは、DORSH 社（ドイツのコンサル）が受注した。また、先述 (1) アンマン市の改善計画も同社が受注しており、水道事業体としてのソフト、ハード面からの包括的な改善がより一層強化されている。

OMS プロジェクトの主な目的を以下に記す。

- ・ 配水管網における漏水の低減

- ・配水池、管網、ポンプ場、水源における維持管理の向上
- ・配水管網に基づくネットワークオペレーションの確立
- ・WAJ のマネジメント能力の強化（目標は独立採算）

2.3 我が国の援助実施状況

我が国による協力は下記の通りである。

表 2.1 我が国のODA実績

(支出純額、単位：百万ドル)

年	贈 与			政 府 貸 付		合 計
	無償資金協力	技術協力	計	支出総額	支出純額	
1991	0.35(0)	6.38(1)	6.72(2)	436.39	423.94(98)	430.67(100)
1992	0.36(0)	4.70(4)	5.06(4)	121.30	121.30(96)	126.36(100)
1993	0.08(0)	7.85(17)	7.93(17)	37.57	37.57(83)	45.50(100)
1994	1.23(1)	9.95(9)	11.19(10)	95.49	95.49(90)	106.67(100)
1995	23.76(13)	18.72(10)	42.48(23)	141.75	141.75(77)	184.23(100)
1996	32.26(26)	14.13(11)	46.39(37)	77.34	77.34(63)	123.73(100)
累計	66.17(5)	103.17(8)	169.36(13)	1,229.49	1,173.05(87)	1,342.41(100)

(注) () 内は、ODA 総額に占める各形態の割合 (%)

水分野に係る協力は以下の通りである。

(1) 技術協力（開発調査）

ワジ・アラブダム及び灌漑計画	1975～76 年
ムジブ水系水利用計画	1985～87 年
エル・ジャファル水系地下水開発計画	1987～89 年
地下汽水淡水化計画	1993～95 年
ザルカ地区上水道施設改善計画	1994～96 年

(2) 資金協力

ワジ・アラブダム及び灌漑計画（有償）	1977 年 75 億円
--------------------	--------------

ムジブ・南ゴール灌漑計画（有償）	1984 年 139 億円
水道施設補修機材整備計画（無償）	1994 年 6.6 億円
アンマン都市圏上水道施設改善計画（無償）	1997 年 12.75 億円

2.4 プロジェクト・サイトの状況

2.4.1 自然条件

(1) 気象

ジョルダン渓谷内のデルアラ（現在の取水地点地域、標高マイナス 224m）、バクワ（ザイ浄水場北方約 13km、標高 700m）およびアンマン空港（アンマン南約 40km、標高 790m）の 3 観測地点の気象データは、資料 10 に示すとおりである（気温、降水量、風速データ）。

① 気温

デルアラの気温が入手できなかったが、アンマン地域より最高気温で 4℃程度は高温である。ザイ浄水場（標高 880m）はジョルダン渓谷内の頂部に位置しているため、気象についてはアンマンと大きく変わらない。日最高と日最低の温度差は 10℃～15℃あるので、夜間はあまり暑くは感じられない。

気温が 30℃を越えるのは 6 月から 9 月の間であるが、実際の直射日光下の温度はこれ以上になる。

② 降水量

観測 3 地点（デルアラ、バクワ、アンマン空港）とも 6 月～9 月は降水量は全くない。過去 16 年間の記録の中で、降水のある月の月別平均降水量はデルアラで 38mm、バクアで 38mm、アンマン空港 35mm であり、最も多い月は 1 月から 3 月である。月間平均の内の最大降雨量はバクアにおける 99.8mm である。冬には 2～3 回程度の降雪

がある。ザイシステムの工事期間中（1982 年～1985 年）、積雪等により半月程度工事が中断している。

③ 風力

地形的には、観測点バクアは都心から離れた郊外で多少の起伏があり、デルアラはジョルダン溪谷の中での平坦地、アンマン空港は砂漠の起伏地であるが、アンマンにおいては 11 月～1 月の間が風が強いことが記録されており、最大風速は 24.5km/時 (6.8m/秒) であった。

(2) 水文および水理

アンマン都市圏は、以下に記す各地区からの表流水と地下水を水源としている。

表流水 ：ヤルムク川、KAC

地下水 ：ワラ、スワカ、カトラネ、カスタル、アズラック、ザアタリ、カル、
 ディエ、ハラバット、ルセイファ

各水源地の標高はアンマンの標高（900 m）より低いため、全てポンプ圧送のシステムとなっている。

乾燥気候に属することと、人口の増加により、既存の水源では需要をまかなえない状況となっており、新たな帯水層からの取水も計画されている（デイシー化石水）が、関連する地下水の過剰揚水問題は、今後ますます大きくなるであろう。このように、アンマン都市圏の水源地状況は、量的に厳しく、かつポンプ圧送という制限を有している。

(3) 地形および地質

調査対象区域は、ジョルダン溪谷を北から南に流下する KAC 運河から溪谷の頂部に位置するザイ浄水場まで、距離にして 15km、標高差にして 1,100m、非常に急峻な地形をなしている。地形が急峻なためにデルアラからザイ浄水場までの道路は、ヘアピ

ンカーブと急激な昇り下り勾配で連絡しており、その間に No.1 ポンプ場から No.4 ポンプ場まで各々約 280m の標高差で 4 ポンプ場が配置されている。

各ポンプ場の地質は、地表面から 2～3m が締まった白亜の粉末粘土で覆われ、その下部は風化粘板岩および非常に強固な砂岩から成っている。ポンプ場の原水受水池は粘板岩層を切り下げて基礎地盤とし、ポンプ場は斜面を切り土して、砂岩基盤まで掘り下げてポンプ基礎、建物基礎地盤としている。また浄水場も同じ地質構成であるが、砂岩基礎地盤までは 6m～7m と表土層が厚い。

アフリカ大地溝帯に続いているジョルダン渓谷であるため地震が観測されている。最近では、1995 年にアカバ沖でマグニチュード 6 が記録された。

(4) 地盤条件

基礎地盤調査のため浄水場内で 4 箇所および No.1・No.2 ポンプ場内で各 1 箇所、テストボーリングを行った（資料 11 参照）。ポンプ場の基礎地盤は整地地盤から 1.5～2.0m の範囲に存在することが判った。また浄水場ではろ過池・沈殿池・フロック形成池・天日乾燥床予定位置に夫々 1 箇所ボーリングしたが、夫々表面から同じ位置に支持地盤である砂岩層の存在を確認した。

2.4.2 社会基盤整備状況

計画対象地区は、既存プロジェクトを遂行するために山腹を切り開いて造成されたものであり、工事用道路が維持管理用道路となり、住民にも開放されている。ただし、ジョルダン渓谷にある取水地点（デルアラ）とアンマンを最短距離で結んでいるため道路勾配はきつい。

サイト周辺に居住地はないため、水道・下水のインフラもなく、ポンプ場の下水は浄化槽処理、水道は給水車で運搬している。電力はザイの既存システム用に高圧（33KV）で供給されている。電話は WAJ の専用線の他、無線で連絡を取っている。

2.4.3 既存施設・機材の現状

1985年に完成したザイシステムは図2.1に示すように、KACのデルアラを取水地点とし、ザイ浄水場で浄水した後、アンマン市西部のダブーク配水池に45百万 m^3 /年(12万 m^3 /日)を送水した後、アンマン市内に給水する水道システムであり、特徴は次の通りである。

- (a) 標高差が約1,250mと大きく(標高マイナス224mのジョルダン溪谷から標高プラス1,033mの台地にあるアンマンまで)、世界でも例のない大揚水システムである。従って、取水ポンプ場、No.1からNo.4の4箇所の導水ポンプ場および送水ポンプ場の合計6箇所の揚水ポンプ場がある。このため、ポンプの緊急停止時等に水撃圧が生じ、管内圧力が大きく低下し、管に及ぼす影響が大きい。さらに、各ポンプ場の運転は連動方式で、隣接するポンプ場の稼働状況を把握した上で運転を行う必要がある。
- (b) 断層帯の走るジョルダン溪谷を避けて、浄水場をアンマンとの中間のザイ地点に設置したため、取水ポンプ場および導水ポンプ場のポンプは原水に含まれているシルト質によりインペラなどの磨耗が生じやすい状況となっている。
- (c) KACはヤルムク川を主な水源としているものの、KACには関連する市町村の都市排水等も流入しているため、原水水質が悪化している。これに対処するため、浄水場の薬品注入設備は高度な設備となっている。

上記に対応するため、通常の施設に加えて当システムには、水撃圧対策、監視制御システム、高度な処理を行うための薬品注入設備が設けられている。なお、既設導水ポンプ場(図2.2~2.5)およびザイ浄水場(図2.6)の施設配置図を次頁以降に示す。

No. 1-No. 4 Pump Station		Zai Water Treatment Plant
Pipe line	Type Dia. meter Length	Capacity 125,000m ³ /day
Booster Pump	21.4m ³ /min X 286m X 4sets X 4PS	
Storage Tank	5,000m ³ /unit	

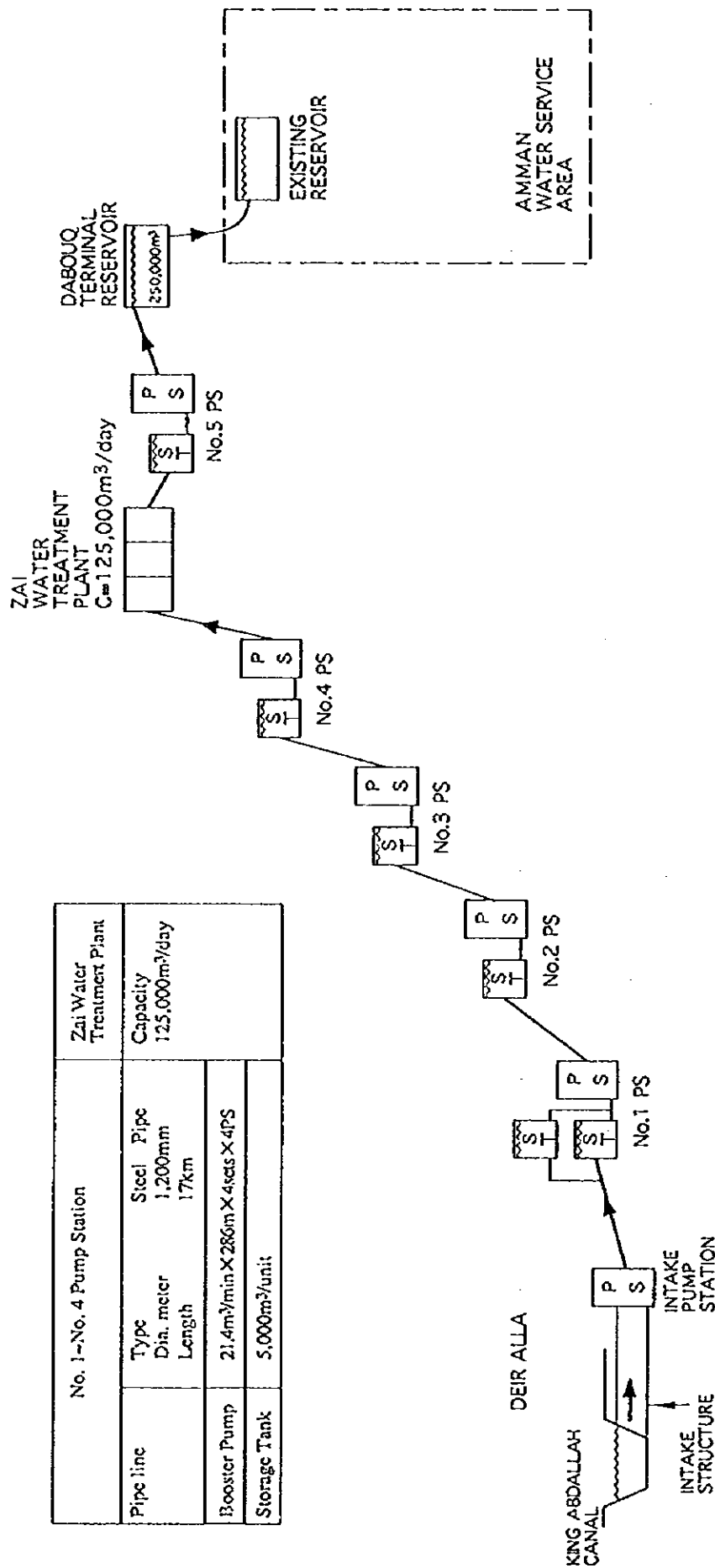


図 2.1

ザイ システム

LEGEND

PS PUMP STATION
ST STORAGE TANK

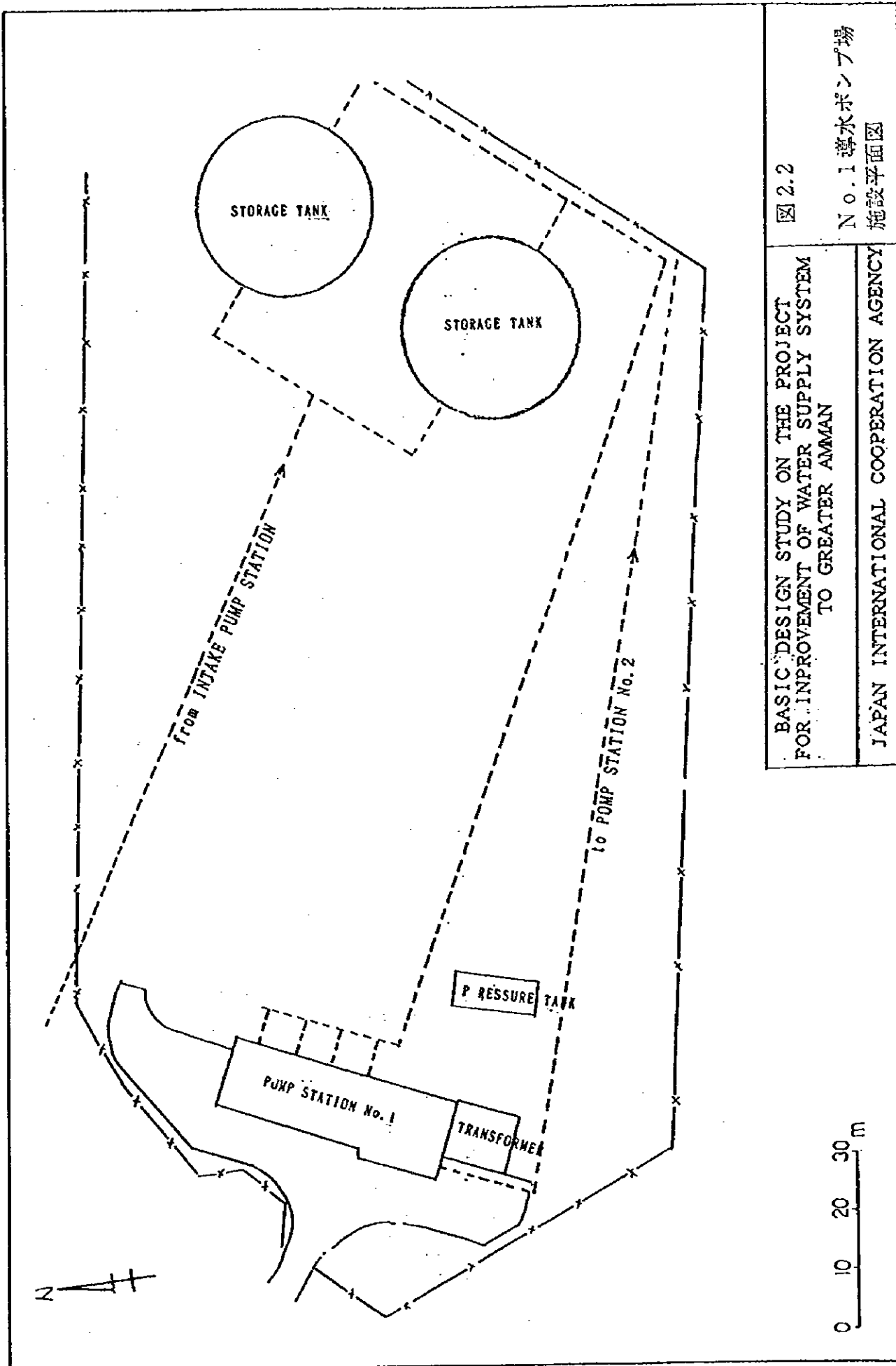


図 2.2

No. 1 導水ポンプ場
施設平面図

BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT
FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM
TO GREATER AMMAN

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

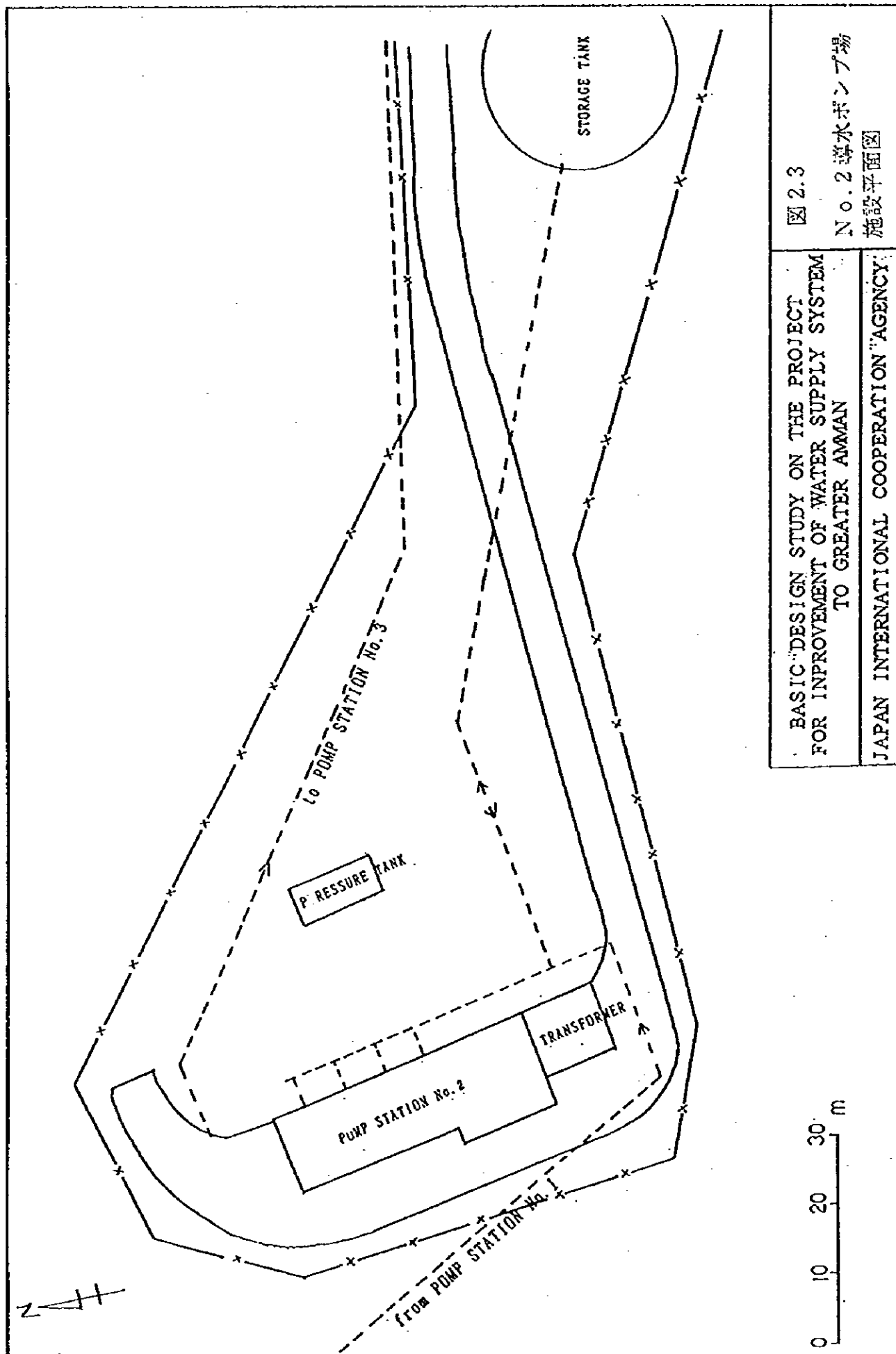


図 2.3

N o . 2 導水ポンプ場
施設平面図

BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT
FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM
TO GREATER AMMAN

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

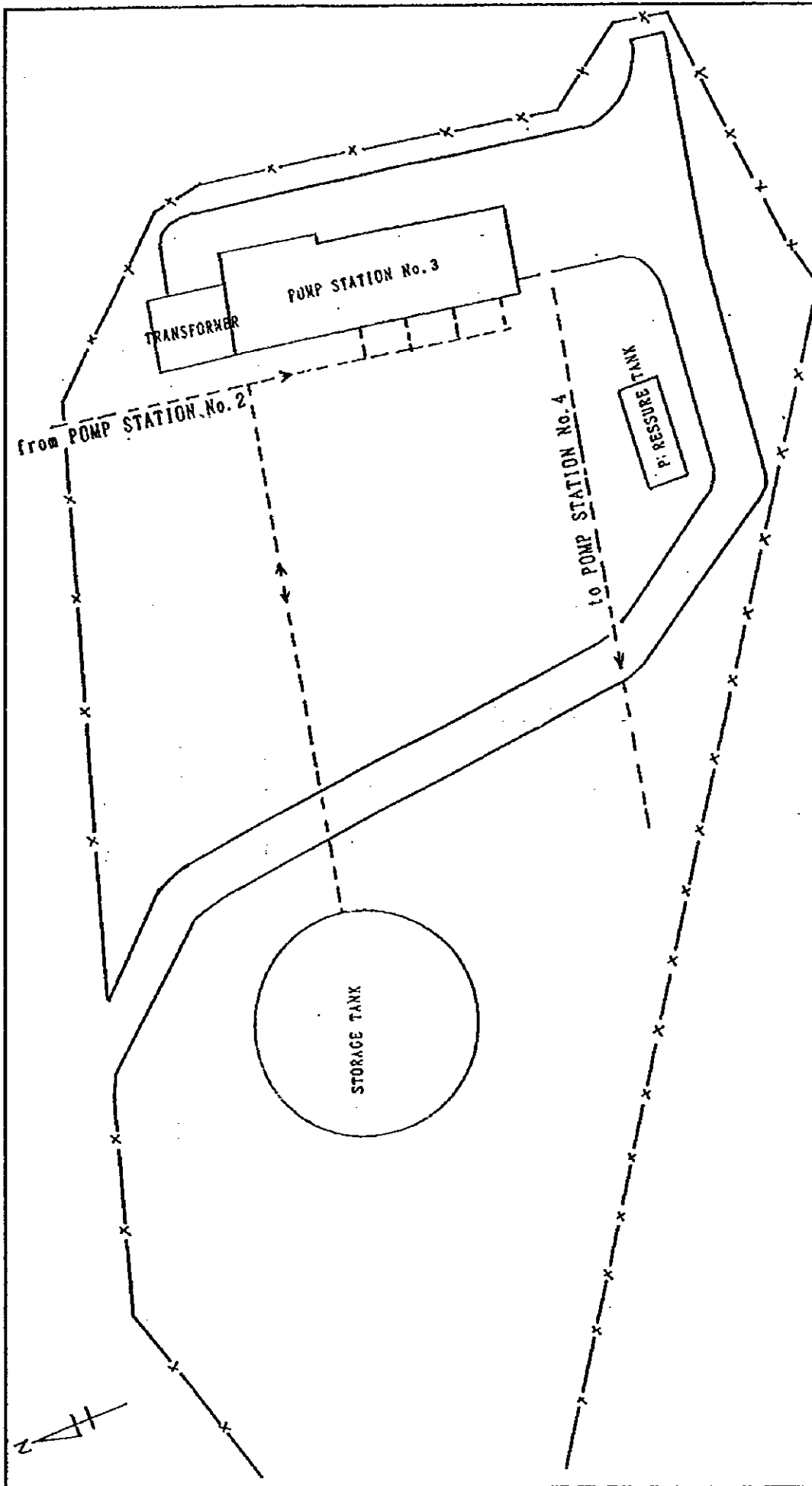
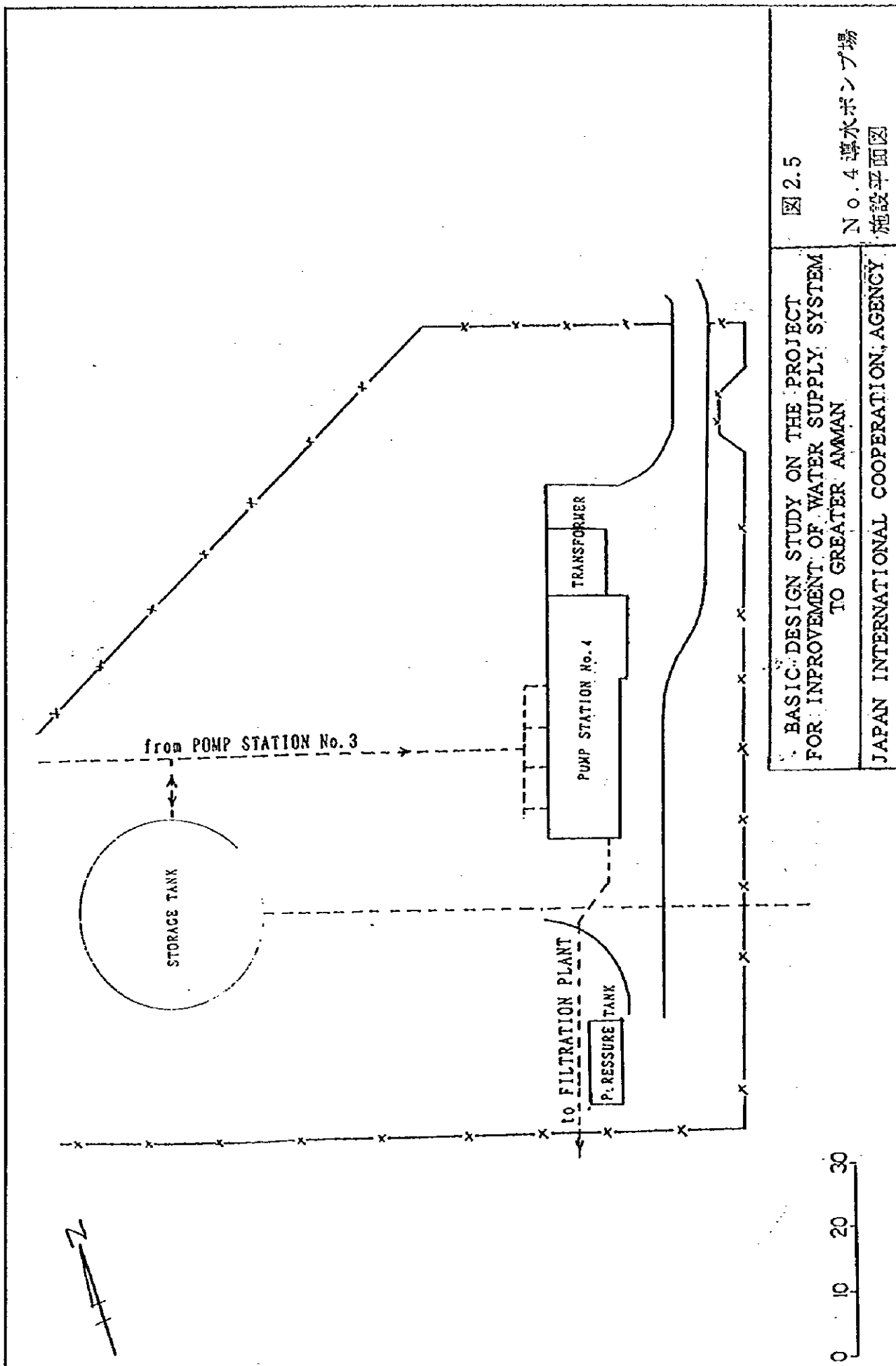


図 2.4

N o . 3 導水ポンプ場
施設平面図

BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT
FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY SYSTEM
TO GREATER AMMAN

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



(1) 導水ポンプ場

1) 現況

各ポンプ場はすべて同じ仕様であり、その主要機器仕様は、以下のとおりである。

表 2.2 既設ポンプ場の仕様

① 導水ポンプ

・ポンプ	型式	単段、横軸両吸い込み渦巻きポンプ	
	口径	φ350×φ250mm	
	吐出流量	21.95 m ³ /分	
	全揚程	286 m	
	回転数	2,980 rpm (2 ボール)	
	台数	4 台	
	インペラ材質	ステンレス鋼 (SCS1)	
	胴体材質	鋼 (SC46)	
	軸封水方式	グラウトパッキン方式	
	軸受冷却方式	オイルバス+冷却水方式	
・ポンプ 付属品	吸込圧力計	台数	4 個
		型式	ブルドン管式
	吐出圧力計	台数	4 個
		型式	ブルドン管式
	軸封水配管弁類		
	軸冷却配管弁類		

② 電動機

	型式	横軸、かご型三相誘導電動機
	保護方式	解放防滴
	冷却方式	強制空冷式
	極数	2P
	電圧、周波数	6600V、50Hz
	電動機出力	1,850HP
	台数	4 台

③ 吐出弁

	口径	φ300
	型式	ボール弁
	駆動方式	油圧駆動式
	台数	4 台
	圧力クラス	ANSI 300

④ 吐出側継手

	口径	φ300
	材質	鋼管
	圧力クラス	ANSI 300
	台数	4 台

⑤ 吸込、吐出配管

口径	φ 300
材質	銅管
圧力クラス	ANSI 300
組数	4 台

⑥ 逆止弁

型式	オイルダンパー付き逆止弁 (リミットスイッチ付き)
口径	φ 450
圧力クラス	ANSI 300
台数	4 台

⑦ 圧力サージタンク

型式	横置き型
寸法	φ 1,900×10,700
台数	1 台
圧力クラス (kg/cm ²)	ANSI 300

導水ポンプ	4 台運転時	起動停止時	4 台停止時
No. 1	30.1	32.1	39.5
No. 2	29.6	31.6	38.5
No. 3	29.9	32.8	35.9
No. 4	30.1	33.0	42.4

⑧ 空気タンク

型式	縦置き型
容量	1.6m ³
圧力クラス	ANSI 300
台数	1 台

⑨ 吸込み弁

型式	外ネジ式ゲートバルブ
口径	450
圧力クラス	ANSI 300
台数	4 台

⑩ 空気圧縮機

型式	往復式 2 段圧縮機
吐出圧力	42.2 Kg/cm ²
ピストン容積	1.52 m ³ /分
台数	2 台 (内 1 台予備)

⑪ 換気用吸込シャッター

型式	手動式シャッター
駆動方式	
台数	12 台

⑫ 換気用排気ファン

型式 容量 静圧 電動機 台数	12 台
-----------------------------	------

⑬ 床排水ポンプ

型式 吐き出し量 全揚程 台数	水中汚物ポンプ 90m ³ /時 13m 2 台
--------------------------	--

⑭ 天井クレーン

型式 吊り上げ荷重 スパン リフト 走行距離 速度	全電動式横行走行天井クレーン 10トン 9.6m 10m 25m 走行 30.5 m/min. 横行 24m/min. 吊り上げ 6 m/min.
--	--

現場調査における上記機器の外観調査、振動、温度検査の結果は、下記に示すとおりである。

- ・各ポンプ場の各ポンプの作動状況は、軸受け部の振動、軸受け温度共に比較的良好な状態で運転されていた。
- ・ポンプの付属品である圧力計（吸込み、吐出し、軸封水用）等が故障している。
- ・ポンプ周辺は、シルトを含んだ水が飛散しており、ポンプ補機類が損傷をうけている。これは、軸封水部からの漏水が要因であると考えられる。
- ・各ポンプ場には、設置された予備ポンプがないことから、ポンプ故障時、修理時の導水量は約4分の3となっている。
- ・各ポンプ場の空気圧縮機は、2台の内1台が故障し、修理のため取り外されている。
- ・室内換気設備の吸い込みルーバー駆動モーターが故障しているので換気量不足の時は機材搬入用シャッターを開けて運転している。
- ・その他、全体的に機器の外観は、サビの発生、塗装のはがれ等が見かけられなく良好であった。これは湿度が少ない気象条件によると考えられる。

2) 導水ポンプの老朽化調査

オーバーホール中の導水ポンプで老朽化調査をおこなった結果、下記のような状態であった。

- ・インペラーの状態は、目視では全体として特に問題はないが、水切り先端部は若干磨耗（約1～2mm）している。
- ・胴体内部の舌部は、約10mm程度の磨耗がある。
- ・胴体内部の側面は、約2から5mm程度の磨耗が生じている。
- ・胴体とライナーリングの接触面も、約5mm程度磨耗している。
- ・ヒアリング調査では、ライナーリングの交換は、約2年に一度行っている。
- ・パッキン部のスリーブは、約2年に一度交換している。

ポンプの設置は1985年に全て完了しており、1995年度で「ジョ」国におけるポンプの法定耐用年数が5年残存する状況であるが、上記の調査結果では、ポンプの磨耗程度はかなり進んでいると考えられる。また、ポンプの実際の運転時間は、浄水量より推定するとポンプ1台あたり約30,000時間（3.5年）となる。この少ない稼働年からすると、観察された老朽度はかなり激しいといえる。

実流量測定の結果も合わせて考慮すると、ポンプの劣化は非常に進んでいるものと想定され、早い時期に更新する必要がある。ポンプ内部の磨耗による性能低下の最大の要因は、原水に含まれるシルト質と考えられる。

ちなみに、導水ポンプは現在4ポンプ場×4台＝16台が設置されているが、これらのうち、2台は老朽化が進み、既に予備機と交換されている。

3) 適正な流量の判断

ポンプが老朽化していることが判明したが、この老朽化によりポンプ能力がどの程度低下しているかを調査した。

① 現地計測

No.2 ポンプ場において揚水能力の実測調査を行った。その結果、ポンプ1台運転での実測値によると、一台の定格吐出能力（21.95m³/分）に対して、実測時の圧力、流量を基にポンプ性能特性図から能力低下度を換算すると、約83%の能力である事が判明した。

表 2.3 ポンプ1台運転時の揚水能力

比較項目	全揚程	吐出量
定格時のポンプ要項	286 m	1,317m ³ /時
実測時のポンプ要項	280 m	1,130m ³ /時
ポンプ特性図から算出した吐出量*	280 m	1,360m ³ /時
新設ポンプに対する吐出能力の割合		83.1%

*全揚程を実測値にあわせ、吐出量をポンプ特性図から求めた。

また、4台運転での実測値を基に算出すると下記のとおりとなり、1台運転時とはほぼ同様に約81%の能力であることが判明した。

表 2.4 ポンプ4台運転時の揚水能力

比較項目	全揚程	吐出量
定格時のポンプ要項	286 m	1,317m ³ /時
実測時のポンプ要項	280 m	1,106m ³ /時
ポンプ特性図から算出した吐出量*	280 m	1,360m ³ /時
新設ポンプに対する吐出能力の割合		81.3%

*全揚程を実測値に合わせ、吐出量をポンプ特性図から求めた

これは、ポンプ4台運転時の計画導水量である、123千・m³/日に対して実質導水量は約100千・m³/日と低下していることを示す。これにより導水ポンプは、導水能力から判断してもリハビリの必要性があると考えられる。

② 計測データ

計画導水量に対して、各ポンプ場での導水量データはなく、浄水量のデータによる浄水量を基準として判断すると下記導水量となる（導水ポンプ場から浄水場までは、パイプラインで直結されているので漏水がない限り同一水量と見なせる）。

表 2.5 浄水量経年データ

年	浄水量(百万 m ³ /年)	浄水量(m ³ /日)	計画導水量に対する比率 (%)
1988	7.387	20,240	16.4
1989	10.635	29,140	23.6
1990	9.515	26,070	21.1
1991	4.024	11,020	8.9
1992	33.167	90,870	73.7
1993	30.420	83,340	67.6
1994	25.839	70,790	57.4
1995	39.678	108,710	88.2

上表から判断すると、計画水量には達していないことが判明するが、その要因として下記が想定される。

- ・取水量が不足していた。

特に 1991 年までは取水量不足の可能性が高いと想定される。

- ・ポンプの揚水能力が低下していた。

1992 年以降は、取水量不足と、ポンプ能力の低下が想定される。

4) 水撃作用について

各ポンプ場での停電頻度は、比較的多い（各ポンプ場の停電状態から判断すると、管路における水撃作用の発生は年間数回～10 回程度の頻度で発生している模様であるが、現在までは重大な事故・故障にはいたっていない事が実証されている）。停電によるポンプの全停止時には、各部からの漏水、極端な振動の発生もないことから、圧力タンクは有効に作用し、水撃作用防止機能は十分に持っていると考えられる（現地ヒアリングによる）。

また、実際に水撃作用テストを行った結果は、圧力サージタンクが有効に作用している事を示す兆候としてのタンク内水位変動が確認されると共に、導水管のエアバルブ部からは空気吸い込みの現象も確認され、エアバルブが有効に作用していることが明らかとなった。また、水撃作用による、既設機器、配管への影響もないことが判明した。

5) 導水ポンプの運転管理面

適正な運転管理を行うには、機器故障時の迅速な対応と、運転に必要な情報を的確に収集する必要がある。

① 予備ポンプ

現在各ポンプ場には各々4台の常用ポンプが設置されているが、予備ポンプが設置されていないので、ポンプ1台が故障すると導水能力は設計能力の75%に低下する。また、大きな修理を行う場合には、別途のポンプ（予備品）と交換している状況であり、このような場合には長期間導水能力が低下する。

② 導水量

現在、各ポンプ場の導水流量計は全て破損していることから、浄水場の浄水量を目安としてポンプの管理を行っている。よって、必要最小限としてNo.1およびNo.4導水ポンプ場に導水流量計を設ける必要がある。

③ 導水圧力

各ポンプ場の各ポンプに付属している圧力計（吸込み圧力計、吐出し圧力計）は、すべて破損しており、圧力計の交換が必要である。

④ その他

軸封水管及び弁類、軸受け冷却水管弁類等の修理頻度が過多となっていることから交換が必要であると考えられる。

(2) 導水管の安全性

1) 既存管の概要

既存管は重量を比較的軽くできる銅管（ $\phi 1,200$ mm）で施工されている。さらに、水压はルート上均一でなく、ポンプ出口で最も高く、終点が最も低いのが通常である

が、この水圧に応じて管の厚みを4種類に分けて施工している。

No.1 導水ポンプ場～No.2 導水ポンプ場	(3種管、厚み 14.45 mm)	1,961 m
No.2 導水ポンプ場～No.3 導水ポンプ場	(1種管、厚み 9.53 mm)	320 m
同 上	(2種管、厚み 13.21 mm)	1,545 m
No.3 導水ポンプ場～No.4 導水ポンプ場	(1種管、厚み 9.53 mm)	2,240 m
同 上	(2種管、厚み 13.21 mm)	1,719 m
No.4 導水ポンプ場～ザイ浄水場	(1種管、厚み 9.53 mm)	1,040 m
同 上	(2種管、厚み 13.21 mm)	500 m
同 上	(3種管、厚み 14.45 mm)	4,084 m

2) 管厚の検証

管強度の低下は、腐食等により管厚が減少することで発生するため、既存管には内面・外面ともに腐食防止用の塗装が施されている他、管路全体にわたり電気防食工法であるカソードプロテクションが施されている。既存管が設計通りの強度を保持しているか否かは、既存管の活用を図る観点から重要である。このため管路全体で6箇所(表4参照)を選定し、外面塗装を除去した後、管厚測定器により管厚を測定した。

測定箇所

No.1～No.2 ポンプ場 (3種管)	2箇所
No.2～No.3 ポンプ場 (2種管)	1箇所
No.3～No.4 ポンプ場 (1及び2種管)	2箇所
No.4 ポンプ場～ザイ浄水場 (3種管)	1箇所

その結果、下記の管厚測定結果表に示すとおり、測定誤差及び管内塗装厚を考慮すると原設計どおりの管種別(1～3種管)の管厚が保持されており、今後とも安全性の確保は可能である。

表 2.6 管厚測定結果

調査穴番号	区 間	調査穴位置	測定管厚 (2 回計測)	埋設管種
No. 1	PS1~PS2 間	KP24.3 km 付近	(1) 14.7 mm, (2) 14.8 mm	3 種管, t=14.45mm
No. 2	PS1~PS2 間	KP24.5km~KP24.6km 付近	(1) 14.6 mm, (2) 14.6 mm	3 種管, t=14.45mm
No. 3	PS2~PS3 間	KP34.1km 付近 (TM23 付近)	(1) 14.0 mm, (2) 13.9 mm	2 種管, t=13.21mm
No. 4	PS3~PS4 間	KP45.1km 付近 (TM32 付近)	(1) 13.0 mm, (2) 13.0 mm	2 種管, t=13.21mm
No. 5	PS3~PS4 間	KP47.0km 付近 (AV7 付近)	(1) 9.4 mm, (2) 9.7 mm	1 種管, t= 9.53mm
No. 6	PS4~ザイ浄水場間	KP54.5km 付近 (AV18 付近)	(1) 14.6 mm, (2) 14.6 mm	3 種管, t=14.45mm

3) 埋設状況

試掘箇所における管の埋設状態は良好で、外面塗装についても何ら問題は発見できなかった。埋設ルート全般については、No.1 と No.2 導水ポンプ場の急斜面配管布設部で雨水による浸食崩壊溝が出現しており、水みちとなっていた。その他のルートに関しては、浸食等の問題はなかった。

4) 漏水状況の有無 (目視調査)

管路で漏水が発生していると所要の流量が送れない。そこで漏水状況を調査したが以下に示すとおりおおむね漏水は発生していないと考えられる。

① 管路本体からの漏水

現地管理設ルートの踏査可能な路線を目視で調査した限りでは、漏水は確認できず、漏水はないものと判断される。

② ポンプ場の原水貯留槽からの漏水

目視の結果、No.1~No.4 ポンプ場の原水貯留槽の壁体部 (地上露出部) からの漏水はないものと判断される。

・排泥弁からの漏水

管路全体で 13 箇所設置されているが、確認できた 9 箇所 (全体の約 70%) で考察する限り漏水は無いと判断できる。

③ 空気弁からの漏水

空気弁室全カ所（14箇所）の確認作業を行った。マンホール蓋を設置した状態で目視調査の限り、空気弁室からの漏水は無かった。

ただし、約 47km 地点（No.3 と No.4 導水ポンプ場の間）の空気弁室（AV-7）のマンホール蓋を外し、室内の状態を確認したところ、室内は満水状態であり、しみ水程度の漏水が確認出来たが、マンホールカバー部から越流はしていない状態である。

また、翌日 AV-7 空気弁室内に溜まっている水を排水したところ、空気弁室内には、大型空気弁（内径 32mm 程度）と小型空気弁の 2 基がセットで収納されていた。大型空気弁は故障中で、補助弁で遮断されており、その機能は生かされていなかった。

5) 漏水事故歴の聞き取り調査

営業運転開始（1985 年 12 月）から現在（1996 年 7 月）までの管路からの漏水事故歴を維持管理担当者 3 名から聞き取り調査した。

管路　：　漏水の事故歴なし

空気弁　：　漏水の事故歴なし

排水弁　：　営業開始以来過去に 1～2 回程度の漏水事故歴は有するが、漏水量そのものは少量であった。

6) 管路の維持管理状況の聞き取り調査

浄水場やポンプ場においては、機械部分や電気部分等について維持管理マニュアル等を定め、これに沿って行っているが、管路については特に維持管理を定期的に行ってはいないとの事である。

7) 管路に関する資機材の備蓄状況

管材、空気弁、排泥弁及びその他の資機材の備蓄は無いに等しいとのことである。

8) 土壌の金属腐食性の調査

No.1～No.4 の各ポンプ場に電気防食工法のカソードプロテクションを設置しており、管路の腐食を防止している。各ポンプ場の電圧及び電流の数値はそれぞれ異なっている。ちなみに、No.3 ポンプ場の電圧、電流値は次のとおりである（1996年7月6日）。電圧 DC 10V（定格100V）、電流 DC 0.18A（定格22A）。聞き取り調査によると気象条件（晴天時と降水時）によって微妙に異なるとの事である。

(3) 浄水場の概要

浄水場は計画水量 45 百万 m^3 /年(123 千 m^3 /日)の急速ろ過方式である。施設は薬品注入設備、原水調整池、混和池、フロック形成池、（横流式）沈殿池、急速ろ過池（2層式）、洗浄水タンク、ろ過池洗浄排水池、汚泥乾燥床および浄水池から構成されている。各施設は浄水場外にある取水・導水・送水ポンプ施設および配水池を含めて中央監視・制御システムによって運転され、薬品注入は原水流量による比例注入、ろ過池洗浄は 12 時間毎の自動洗浄で、米国の浄水場建設思想をそのまま導入したものと思われる。下表の全浄水施設の内、苛性ソーダ注入設備、陰イオン系高分子（アニオン）凝集剤注入設備および軟水化設備は使用されていない。また、排泥は周辺の灌漑用水として放流されており、汚泥乾燥床も使用する頻度が少ない。

表 2.7 浄水場施設概要

施設名	設備名	規模・寸法
薬品注入設備	過マンガン酸カリウム注入設備	注入機台数 : 2 台、最大注入率 : 5 mg/l
	活性炭注入設備	注入機台数 : 2 台、最大注入率 : 10 mg/l
	高分子凝集剤(カチオン系)注入設備	注入機台数 : 2 台、最大注入率 : 2 mg/l
	高分子凝集剤 (アニオン系)注入設備	注入機台数 : 2 台、最大注入率 : 2 mg/l
	硫酸ばんど注入設備	注入機台数 : 2 台、最大注入率 : 40 mg/l
	苛性ソーダ注入設備	注入機台数 : 2 台、最大注入率 : 10 mg/l 貯蔵タンク : 1 基 (45 m^3)
	軟水化設備	—
	塩素注入設備	注入機台数 : 3 台、最大注入量 : 38kg/時
浄水施設	原水調整槽	池 数 : 2 池 寸 法 : 32 m x 32 m x 5 m 容 量 : 10,240 m^3 滞留時間 : 2 時間

	混和池	池 数 : 1 池 寸 法 : 17.7m x 2.5 m x 1.8 m 滞留時間 : 1 分 急速攪拌機 : 立型パドルタイプ 2 台
	フロック形成池	池 数 : 2 池 寸 法 : 18 m x 5.8 m x 4.5 m x 3 段 滞留時間 : 33 分 池内平均流速 : 53 cm/分 プロペレーター : 立型パドルタイプ 18 基
	沈殿池	池 数 : 2 池 寸 法 : 95 m x 18 m x 4.5 m 表面負荷率 : 1.5 池内平均流速 : 53 cm/分 汚泥掻取機 : 走行式汚泥ポンプ (5 台) x 2 基
	急速ろ過池	池 数 : 6 池 (2 層式) 寸 法 : 9.6 m x 4.6 m x 2 床式 ろ過池面積 : 88.32 m ² ろ過速度 : 230 m/日 集水装置 : 有孔ブロッ ろ過池表層攪拌 : 回転式表面洗浄装置 表洗ポンプ : 立型 5.8 m ³ /分 x 79 m x 37 kW x 2 台
	ろ過池流出堰井	池 数 : 1 井 寸 法 : 5.2 m x 7.5 m x 3.9 m 有効容量 : 152 m ³
	ろ過池洗浄排水池	池 数 : 1 池 寸 法 : 26 m x 12 m x 3.95 m ~ 5.3 m 有効容量 : 1,440 m ³ 返送ポンプ : 立型 7.2 m ³ /分 x 30 m x 37 kW x 2 台
	洗浄水タンク	池 数 : 1 池 寸 法 : φ16m x 7 m 有効容量 : 1,410 m ³ 洗浄水揚水 : 8.4 m ³ /分 x 20 m x 37kW x 2 台
	汚泥乾燥床	池 数 : 10 床 面 積 : 6,050m ²
電気・監視制御施設	浄水池	池 数 : 2 池 寸 法 : 50 m x 40 m x 有効水深 5 m 容 量 : 20,000 m ³ 滞留時間 : 3.9 時間
	受変電設備	容 量 : 300 kVA、ろ過池および薬注棟付近の 2 箇所受電 (33 kV)
	監視制御盤設備	監視盤 : グラフィックパネル x 1 面 ろ過池操作台 : 1 面
	ディーゼル発電設備	台 数 : 1 台 容 量 : 313 kVA (250 kW)

2.5 環境への影響

本計画の実施による周辺環境への影響を確認したところ、唯一懸念される点は、浄水場で発生する排泥であるが、これは現在行われている天日乾燥床による処理を継続することで対処できる。汚泥の処分も現行の方法（場内で処分）で対応することとする。今後、「ジョ」国での環境面での法制度が進展すると考えられるが、その時には、「ジョ」国側で汚泥の処理・処分の方法を確立することが望ましい。

また、本計画における浄水場及びポンプ場はアンマン市の北西部、市境から約 20km 離れたジョルダン渓谷内に位置し周辺に集落がないため、工事による環境への影響はないといってよい。ただし、導水管の布設替え部分の掘削、埋め戻しによる法面崩壊が生じないように留意する必要がある。