スーダン共和国

首都圏給水計画

基本設計調査報告書

昭和63年6月

国際協力事業団

RY

国際協力事業団
18143

JICA LIBRARY
1067793[8]
18143

序　　文

日本国政府は、スーダン共和国政府の要請に基づき、同国の首都圏オムドルマン地区給水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した。

当事業団は、昭和６３年３月１９日より４月１５日まで、当事業団無償資金協力計画調査部基本設計調査第１課中村欣功を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。

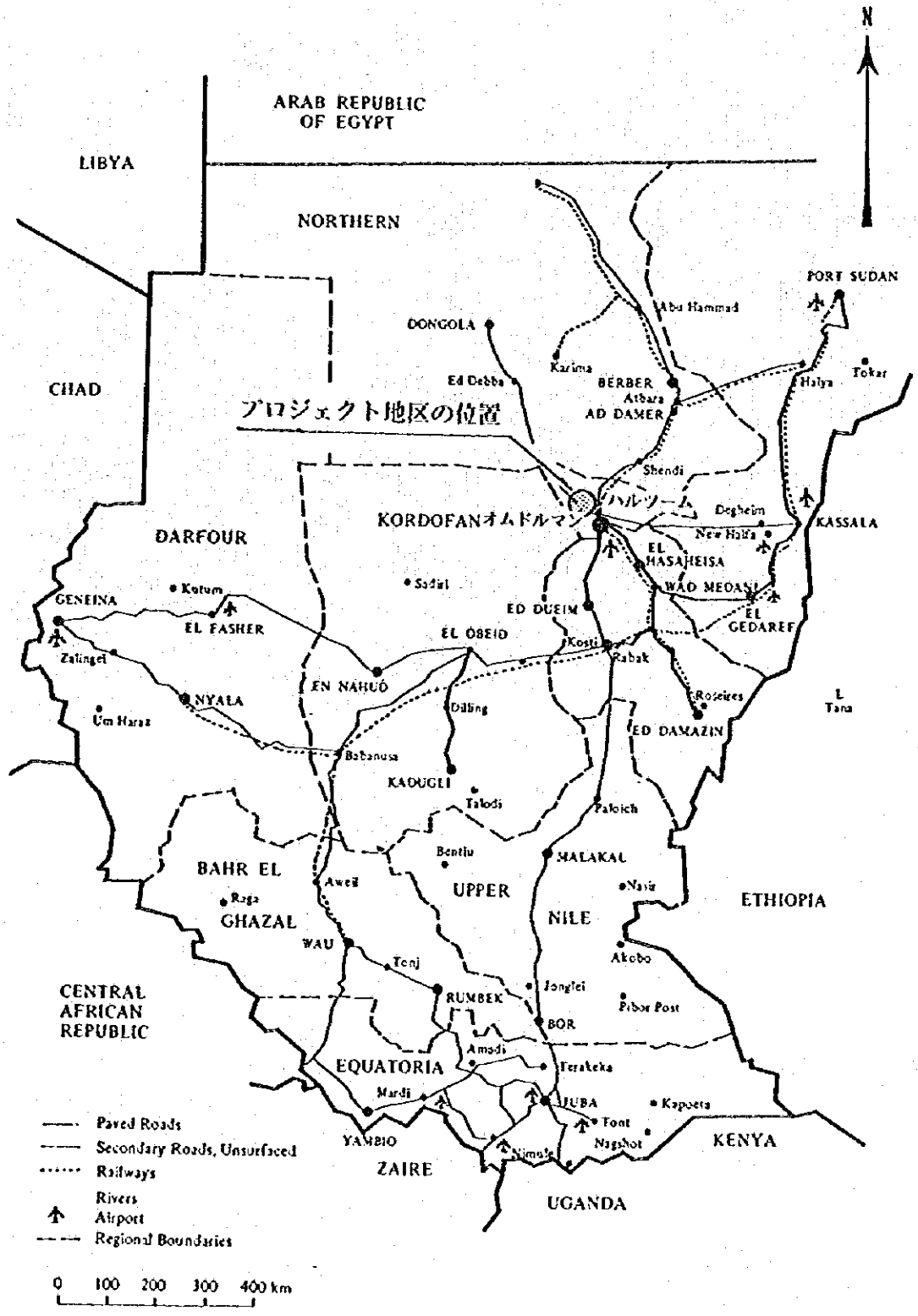
調査団は、スーダン国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査及び資料収集等を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、スーダン共和国の国民生活の安定と向上に成果をもたらし、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

昭和６３年６月

国際協力事業団
総裁　柳谷謙介



図－1　　プロジェクト地区（ハルツーム首都圏オムドルマン地区）の位置

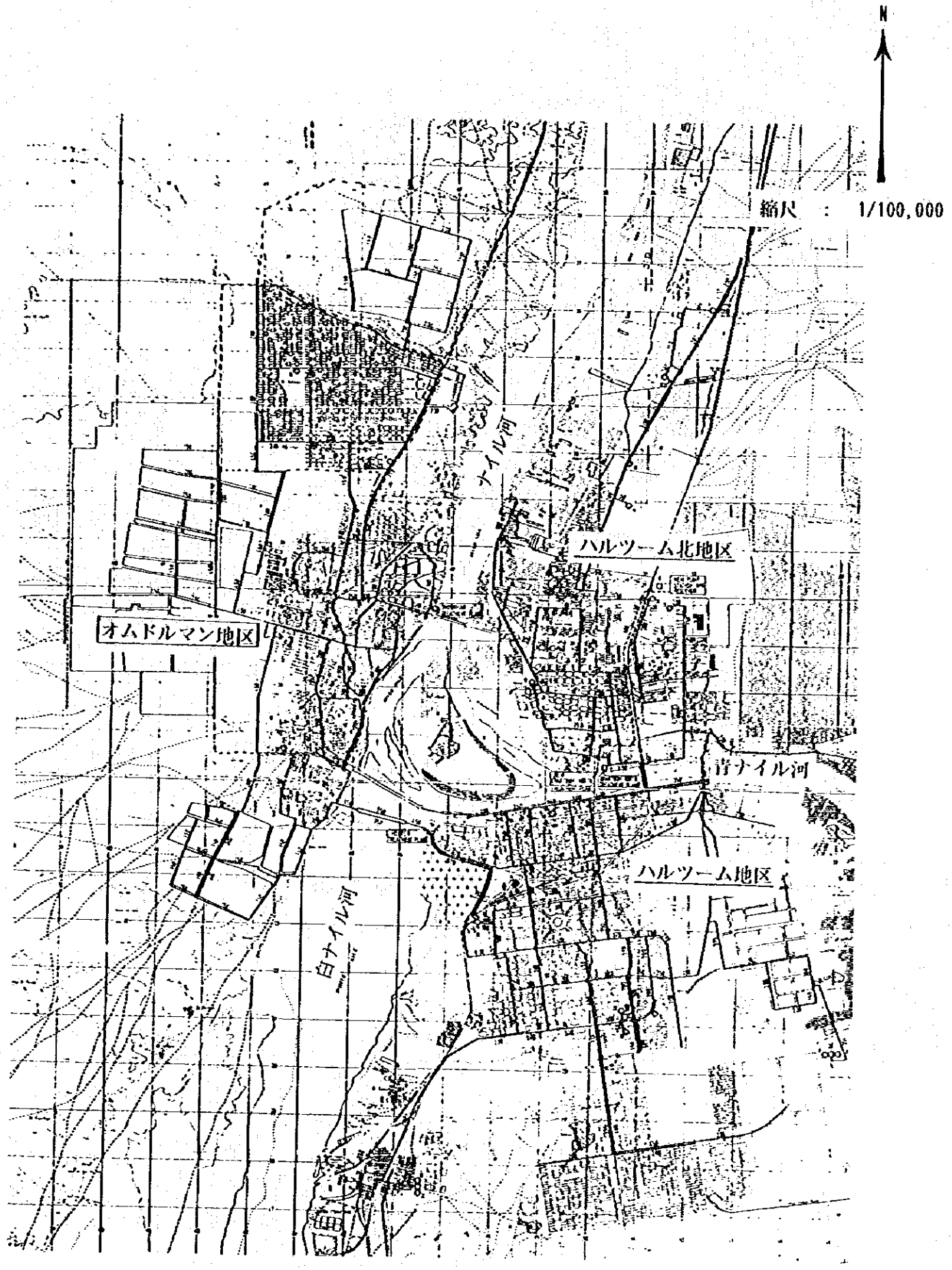


図-2 ハルツーム首都圏一般図

要　約

スーダン共和国はエジプトの南に位置してアフリカ大陸第１の国土250万km²を持つ典型的な農業国である。しかし、近年の長期にわたる旱魃のために穀物生産が大打撃を受け、ＧＤＰの実質成長率は1982年／83年度以降マイナスに転じている。そこでスーダン政府は、長期経済展望（1981／82～91／92年度）のもとに第７次公共投資計画を立案して国家経済の復興を計っている。

この投資計画の中で、国民の健康と衛生を確保するための水道施設の整備は、優先度の高い計画の一つとなっている。この国の都市水道事業を職掌する全国都市水道庁（ＮＵＷＣ）は、1992年までの全国の都市水道の普及向上を目標とする長期計画を立案し、地区別の水道の投資計画を策定した。この長期計画は、１）既存施設の改修、２）拡張、および３）水道施設の新設の３項目を目的とするものである。

スーダン共和国の首都ハルツームは、人口の自然増に加えて、旱魃を避けて周辺地区や南部、東部の地域から流入する難民のために、近年の人口増加は著しいものがある。なかでも、首都圏オムドルマン地区の人口増加率年6.6％（1978年～1988年）は、首都圏のなかでも最大の値を示しており、同期間の全国平均の人口増加率年2.9％に比べると2.5倍に近い増加率を示している。この人口増はオムドルマン地区の水の需要量を著しく増大させる結果となり、1928年創設の古い施設を含む同地区の水道施設の容量不足はきわめて顕著なものとなってきた。このために、オムドルマン地区の住民は、不十分な飲料水の供給の下で生活する事を強いられている。

この飲料水の供給不足を改善するために、ＮＵＷＣは同地区を含む首都圏の浄水場の拡張、送水管の布設、配水ポンプ場の新設等を施工中である。しかし、オムドルマン地区の配水施設は早急に改善されるべき案件の一つでありながら逼迫する財政事情のため手つかずのままで残されていた。こうした状況下にあって、同国政府はオムドルマン地区の配水施設を緊急に改善するための無償援助をわが国に要請してきた。日本国政府はこの要請に応えて国際協力事業団

を通じ事前調査団を昭和62年11月に同国に派遣し、要請の背景、内容、実施機関等の調査を実施し、この調査結果を踏まえて昭和63年３月19日から４月15日まで基本設計調査団を派遣した。

首都圏の水道は、青ナイル河またはナイル河を水源とする４ヶ所の浄水場(処理水量152,800 m³／日)と、地下水を水源とする２４ヶ所の井戸（容量33,300m³／日)によって飲料水の供給が行なわれている。給水人口は1988年において1,555,000人と推定されている。配水管の管材には石綿セメント管が採用されているが、一部には鋼管も使用されている。

調査団は大蔵経済計画省、ＮＵＷＣ他関係者との協議を行ない、上記の既設の浄水施設を含む全ての配水施設の現地調査、路線の踏査、建設資材の市場調査、ＮＵＷＣの維持管理体制等の調査を実施した。さらに調査団はスーダン政府の要請内容を検討して、オムドルマン地区の外周を囲む配水管網31.3km の資材供与と主要部分の工事施工の必要性を確認し、この工事に要する供与の建設機械を決定した。調査の結果をもとに本計画を実施するための計画案は次の通りである。

１．計画の目的

緊迫した首都圏のオムドルマン地区の水需要の改善を計るために、同地区の配水施設の増強を行う。

２．計画の対象地域

首都圏オムドルマン地区一円

３．計画水量

給水人口	：	655,000人
配水量	：	52,300m³／日
１人１日当り給水量	：	約 80ℓ／日／人

４．計画の内容

本計画は大別して　1）資機材供与　と　2）工事施工とに分かれる。その内訳は次の通りである。

項　目	種　別	数　量
1）資機材供与		
a）ダクタイル鋳鉄管	φ250mm	10,070m
ダクタイル鋳鉄管	φ300mm	12,040m
ダクタイル鋳鉄管	φ450mm	9,170m
ダクタイル鋳鉄管継手、異形管、弁類		1式
b）建設機材		
バックホー	(0.6m³)	2台
油圧ブレーカー		2台
トラッククーレン	(16ton)	1台
トラッククーレン	(10ton)	1台
トラクターショベル	(1.0m³)	2台
ダンプトラック	(11ton)	2台
カーゴトラック	(8ton)	1台
油圧クーレン付トラック	(4ton)	2台
ピックアップ	(1ton 小型トラック)	4台
ステーションワゴン		1台
コンプレッサー	(5.0m³/min)	2台
コンクリートカッター		1台
ブレーカー	(削岩機4台1組)	2組
パイプカッター		2台
コンクリートドリル		2台
水圧テスト用ポンプ		2台
スラッジポンプ		3台
附属品、予備品		1式
c）屋根材		
アルミ製コルゲート屋根材		3,500m²

項　　目	種　別	数　量
d）関連器材		
漏水探知器		4台
2）工事施工		
a）配水管布設	（日本側施工分）	φ450～φ300×20.3km
	（スーダン側施工分）	φ450～φ250×11.0km
b）技術指導		建設機械の運転技術および管理 配管布設技術および検査技術

5．概算事業費

日本側実施分　　12．7　億円

スーダン側実施分　　0．2　億円（730　千スーダンポンド）

換算レート　：　US$ 1.00 ＝ LS 4.50 ＝ ¥128.70

LS 1.00 ＝ ¥ 28.60

6．事業の実施と評価

本計画の実施機関は、スーダン共和国のエネルギー鉱業省の管轄下にある全国都市水道局（NUWC）である。このNUWCは60ヶ所を越える全国の都市水道を統轄するために、総裁の下に10部をおき 7,800人に近い職員によって運営管理を行っており、首都圏には約 3,000人の職員が常駐している。この計画の実施にあたってはNUWCのプロジェクト部の建設課が担当し、完成後はプロジェクト部のオムドルマン管理事務所長の責任のもとに維持管理される。

本計画の全工程は日本スーダン両国政府の交換公文（E／N）によって始まり、詳細設計、入札業務、資機材製作と輸送等を含んで第1期工事分は16ヶ月、第2期工事分は13ヶ月を予定している。本計画は二期に分かれて実施される予定で、各期間の事業内容は次の通りである。

第1期分

1）配水管布設工事　　φ450mm×8.3km（材工共）

2）供与機材　　建設機械その他　　上記の通り

屋根材　　3,500m²

3）設計監理　　1式

第2期分

1）配水管布設工事　　φ300mm × 12.0km（材工共）

2）供与機材　　φ450mm × 0.9km

φ250mm × 10.1km

3）設計監理　　1　式

施設の運営・維持管理は、ＮＵＷＣのオムドルマン管理事務所によって実施される。この管理事務所は、プロジェクト部の管轄下にあり、所員数は所長以下２５名である。当事務所の要員は既設の給配水施設の運営管理の経験を有しており、新設の配水施設の管理も十分に実施し得ると予測される。

供与される建設機械は維持管理部長の管理の下に機械課で運転管理される。機械課は機械技師３名、運転士６名、修理工６名によって構成され、すでに保有している建設機械類の運転修理業務を経験しているので、新規に供与される機械類の運転保守についても技術の習得の素地は十分あると考えられる。また、修理用のスペアパーツも同時に供与されるから、機械の保守は資材の面からも十分である。

本事業で完成する施設はダクタイル鋳鉄管からなる配水管（φ350～φ250×31.3km）であるので、施設の維持管理に要する費用は僅少であり、徴収される水道料金で十分に支出可能である。

オムドルマン地区はスーダン共和国の首都圏の一部を成すもので、当国の開発改善の重点地域の一つとみなされている。従ってＮＵＷＣの長期投資計画の中での優先度は高い。さらに、

当オムドルマン地区の人口の増加は難民の流入もあって近年とみに著しく、加えて施設の老朽化と容量不足によって飲料水の供給不足は深刻な問題となっている。このような地域における配水施設の整備は給水区域の拡大と住民一人当り約80ℓの水の供給を可能にする。この水の供給量の増加は住民の衛生状態を向上させて、伝染病の発生や火災の被害を減少させるだけでなく、婦女子にとって重労働である水汲み作業からも彼等を開放することができると考えられる。このように本事業は地域全体の生活環境の改善に大きく寄与するものであり、当事業を無償資金協力で実施することは、十分にその意義と妥当性を有するものである。

本事業の実施が更に有効な効果を発揮するために、維持管理の実施機関であるＮＵＷＣに以下の提言を行う。

1) プロジェクトの施工管理組織を確立する。
2) 必要な予備部品を購入するための予算措置をとる。
3) 維持管理のために配水管布設の記録を作成保存する。
4) 配水管の埋設深さは一律に決めず、状況に合った深さとする。
5) 配水池の構造は鉄筋コンクリート造とする。

略語表

MOEM : エネルギー鉱業省 (Ministry of Energy and Mining)
MFEP : 大蔵経済計画省 (Ministry of Finance and Economic Planning)
NUWC : 全国都市水道庁 (National Urban Water Corporation)

DIP : ダクタイル鋳鉄管 (Ductile Cast Iron Pipe)
ACP : 石綿セメント管 (Asbestos Cement Pipe)
PVC : 硬質塩化ビニール管 (Polivinyl Chloride Pipe)
SP : 鋼管(Steel Pipe)

目　次

序　文

地　図

要　約

略語表

頁

第1章　緒論 …… 1

第2章　計画の背景

2.1 スーダン共和国の概要 …… 2

2.2 スーダン共和国の水道の一般概要 …… 7

2.3 水道分野への国際協力の現状 …… 12

2.4 要請の経緯と内容 …… 12

第3章　計画地区の概況

3.1 計画対象地域 …… 14

3.2 自然条件と社会経済状況 …… 14

3.3 水道分野の概況と関連事業 …… 15

3.4 一般建設事情 …… 25

第4章　計画の内容

4.1 計画の目的 …… 26

4.2 要請内容の検討 …… 26

4.3 計画の内容 …… 29

1)　実施機関 …… 29

2)　事業計画 …… 32

3) 資機材の概要 …… 32

第5章　基本設計

5.1 基本設計の方針 …… 33

5.2 基本設計条件の検討 …… 33

5.3 施設の基本計画 …… 34

1) 基本計画の概要 …… 34

2) 配水本管 …… 35

3) 施工用機械 …… 48

4) 屋根材料 …… 49

5) 関連機器 …… 50

5.4 基本設計図面 …… 53

第6章　事業実施計画

6.1 事業実施体制 …… 71

6.2 工事負担区分 …… 71

6.3 施工計画 …… 73

6.4 実施スケジュール …… 76

6.5 概算事業費 …… 78

第7章　維持管理計画

7.1 維持管理体制 …… 80

7.2 維持管理計画と費用 …… 80

第8章　事業評価

8.1 事業実施の効果 …… 82

8.2 事業実施の妥当性 …… 83

第９章　結論と提言

9.1 結論 …… 86

9.2 提言 …… 86

付属資料

付属資料－1

付1.1 調査団の構成 …… 91

付1.2 現地調査日程 …… 91

付1.3 面会者リスト …… 92

付1.4 協議議事録 …… 93

付1.5 収集資料リスト …… 103

付属資料－2

付2.1 基本設計詳細図 …… 105

付属資料－3

付3.1 NUWCのハルツーム地区に対する執行予算と
NUWCの貸借対照表および水道料金表 …… 131

付3.2 資機材数量比較表 …… 135

原水および水栓水の水質試験 …… 137

オムドルマン浄水場の月間水質分析結果 …… 138

第1章　緒　　論

首都圏の水道は1922年に創設された容量6,800m3／日のブリ浄水場によってハルツーム地区に給水を開始して以来、相次ぐ施設の新設・拡張により現在では浄水場の全容量は約153,000m3／日に増大している。しかし、地方からの移住者と旱魃地からの避難者の流入により近年の人口の増加は著しく、首都圏水道は、この対応が緊急解決を要する問題となっている。

首都圏の一日当りの水の需要量は平均約351,000m3と推定されており、慢性的な水不足が常態化している。加えて施設が老朽化して水道の漏水が増加し、有効に使用される水量が減少する結果となり水道会計に大きな影響を及ぼしている。

こうした事情を背景にして、スーダン共和国政府は、首都圏の水道給水施設の処理能力の拡大と既存施設の改修などの諸整備拡充計画を策定してきた。これらの諸計画のうち特に人口の集中が著しく、従って、水不足が深刻化しているオムドルマン地区の基幹配水管網の整備について、日本政府にダクタイル鋳鉄管等の資材をはじめ配管布設を主体とする施工機械の供与に関する無償資金協力を要請してきた。

これに応えて、日本政府は基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団は同事業団無償資金協力計画調査部中村欣功を団長とする事前調査団を昭和62年11月にハルツームに派遣し、要請背景、内容等の検討を行ない、本計画の意義および妥当性を確認した。これに基づき、昭和63年３月19日から４月15日にかけて同上職員を団長とする基本設計調査団を同国へ派遣して、当首都圏給水計画基本設計調査に従事させた。調査団の構成、現地調査の行程、訪問先および面接者、協議議事録、収集リストなどは付属資料として巻末に添付した。

本報告書は、調査団が帰国後、国内作業において現地調査結果を基にして、本計画の妥当性を検討の上、給水施設の基本設計、資機材の選定、事業費の概算、維持管理計画等を策定し、本計画を実施するための最適案についてとりまとめたものである。

第２章　計画の背景

２．１　スーダン共和国の概要

１）一般概要

スーダン共和国は、アフリカ大陸の北東部にあり、エジプトの南、エチオピヤの西に位置し、ナイル河とその支流が約 250万km2の国土のほぼ中央を南から北へ貫流している。エチオピヤに源流を発する青ナイルと、ザイールおよび中央アフリカに源を持つ白ナイルの合流点にスーダン共和国の首都ハルツーム（東経32°北緯16°）がある。

地形上からこのスーダン共和国を見ると、北はエジプトに接し東は紅海とエチオピヤに続き南部ではケニヤ、ウガンダ、ザーイルに接し、西は中央アフリカ、チャド、リビヤと接している。この国土の北東部は、ヌビア砂漠と山岳地を形成し、南部は熱帯樹林地帯で、平均年降雨量は北部ハルツームで 164mm、南部マラカルで 783mmである。

産業は綿花を主とする典型的な農業国で、1985年度における輸出額は 540百万ドルの内のほぼ50%を綿花の輸出（240百万ドル）でしめている。これに対して輸入額は、同年約1,200百万ドルと記録されている。1985年の輸出統計でみると、綿花に次いで食肉 140百万ドル、ゴマ40百万ドルと続く。就労人口（1981）でみると、次第に農業従事者の割合は減少の傾向を示しているが、それでも農業は約80%その他は工業10%サービス業10%である。

表－１　部門別労働人口構成

業　種	１９６５	１９８１
農　業	８４%	７８%
工　業	７%	１０%
サービス業	９%	１２%
合　計	１００%	１００%

スーダンの総人口は、1984年において21百万人で（人口密度＝21百万人／ 250万km2＝8.4人／km2）、人口増加率（1973年～1984年）は 2.9%であった。この総人口の約10%がハルツーム地区に居住している。

1970年代後半から南部地方に有望な油田が発見されているが、この油田の開発の見通しはたっていない。また、金、クロム鉱、銅、鉄鉱石等の存在が確認されているが、全般的にこれらの鉱物資源の開発は未整備である。その他の資源としては国土の23%をしめる森林が木材の供給の可能性を有しているが、インフラの未整備のためにその開発は進展していない。 スーダンのインフラの状況を道路にみると、 道路の総延長 20,000km（一説には 48,000km）の多くは未舗装で降雨時には通行不能となる低規格のもので、全天候型のアスファルト舗装道路は2,450kmにすぎない。

2）国家経済

1980／81年度から1981／82年度にかけては、気候の回復により農業部門が好調に推移したことから、国民所得はＧＤＰ（表－２参照）にみられるようにプラス成長を示したが、それ以後、長期にわたる旱魃のため穀物生産が大打撃をうけ、ＧＤＰの実質成長率はマイナスに転じた。

スーダンの経済はＧＤＰにしめる農業部門の構成比が高く、農業不振でその構成比が1984／85年度には28%に落ちたが、80年代までは35%であった。また、労働者の８割が農業に従事し輸出品のほとんどが農産物でしめる農業国構造を呈している。

輸出の大部分は農畜産物で、中でも綿花が最大の輸出品目となっており、綿花の輸出額の大きさが輸出総額を決める大きな要因となっている。ちなみに、1984／85年度の輸出総額 544百万ドルの内、ほぼ45%（ 244百万ドル）が綿花の輸出額である。これに対して、同年度の輸入総額は 1,237百万ドルにのぼり、貿易収支は慢性的に大幅な赤字を示している。この貿易収支の赤字は、国外で働く労働者の外貨送金等を減じても同年で約８億ドルの赤字を示している。このため物価の動向は、1981年以降1985年の間でみると平均30%以上の消費者物価指数の上昇をみている。国家の財政とその収支は、表－４に示す通りである。

表－2 国民所得

	GDP（市場価格，名目，百万£S）	GDP実質成長率（%）
1980／81	4,972	4.6
1981／82	6,063	1.2
1982／83	7,521	△ 4.6
1983／84	8,996	△ 1.0
1984／85	10,421	△ 1.7

（注） GDP：国内総生産

表－3 主要産品

		1982／83	1983／84	1984／85
綿花	（千ベール）	1,060	1,167	1,074
デュラ	（千トン）	1,964	1,828	1,100
ドクン	（千トン）	339	314	192
落花生	（千トン）	497	413	386
ゴマ	（千トン）	163	206	133
小麦	（千トン）	141	169	79
砂糖	（千トン）	360	420	498
綿雑	（百万ヤード）	69	74	71
セメント	（千トン）	232	199	162
小麦粉	（千トン）	276	267	280
植物油	（千トン）	74	76	82
石鹸	（千トン）	56	58	58
タバコ	（千キロ）	1,354	1,884	1,740
くつ	（百万個）	10	8	9
電池	（百万個）	42	55	42
タイヤ・チューブ	（千個）	516	251	177

（注） 1ベール＝420ポンド（約191kg）

表－4　財政収支

（単位：百万LS）

年　　度	1981／82	1982／83	1983／84	1984／85
歳　　入	895	1，272	1，474	1，510
歳　　出				
経常支出	1，145	1，390	1，790	2，447
開発支出等	347	446	543	508
財政収支	△597	△564	△859	△1，445
赤字ファイナンス				
対外借入	564	490	633	1，019
国内借入	33	74	226	426

（資料）表1～4　：　国際協力推進協会編「スーダンの経済社会の現状」

3）国内開発計画

第6次公共投資3ヶ年計画（1985／86－1987／88年度）は、旱魃と開発資金不足によって計画の遂行に支障がでた83／84年度の投資状況をうけて策定されたもので、同計画の主要目的は、過去の公共投資計画と同じく次のような目的をもっている。

a）農業・製造業の各分野で近年失われた生産能力のリハビリテーション

b）開発プロジェクトの効率的実施を妨げている障害を除去するためのインフラ関連プロジェクトの完成

c）希少な資金の最適利用を確保するための不要な財政支出の削減

d）砂漠化コントロールに資するためのいくつかの新規プロジェクトの実施

e）生産能力と生産性を向上させるための、新規インフラおよび生産プロジェクトの実施

この第6次公共投資3ヶ年計画は部門別にみると、次に示す表－5の通りである。

表－5　部門別第 6次公共投資 3ヶ年計画

（単位：　百万ＬＳ，％）

部　　門	1985／86		1986／87－1987／88		合　計	
	金額	比率	金額	比率	金額	比率
農　　業	247	33	648	27	895	28
製　造　業	44	6	251	10	295	9
運輸・通信業	138	19	475	20	613	20
エネルギー・鉱業	89	12	387	16	476	15
水　　道	22	3	115	5	137	4
サ－ビス業	72	10	229	10	301	10
地域開発	92	12	207	8	299	10
予　　備	40	5	90	4	130	4
投資総額（名目）	744	100	2,402	100	3,146	100

（資料）国際協力推進協会編「スーダンの経済社会の現状」

第７次公共投資計画と長期経済展望（1981／82－91／92年度）のもとに策定された都市水道関連の投資計画のうち、首都圏関連の投資計画は次表の通りで、第一項の Khartoum & Omdurman（両地区のさく井設置）を除いて、諸外国のグラントが予定されている。各項の規模については、後の節に記載する。

表－6　首都圏水道投資計画（86／87－91／92）

（単位：　百万ＬＳ）

NO.	地　　区	Foreign	Local	計
1.	Khartoum & Omdurman	32	34	66
2.	Mogren Extension	18	10	28
3.	Khartoum W/W Rehabilitation	27	4	31
4.	Kha. North Treantment Plant	5	73	78
5.	New Kha. Treatment Plant	72	36	108
	計	154	157	311

2．2　スーダン共和国の水道の一般概要

1）　行政機構

スーダン共和国の行政機構は首相府の下に15省がおかれ、大統領がこれらを統括する。
行政機構の大要を表－7に示す。

水道はエネルギー鉱業省の所管であり、同省の下部機構として都市部を管理運営する全国都市水道庁（NUWC）と地方の農村水道を統括する全国地方水道庁（NRWC）とに別れる。エネルギー鉱業省の組織は次の通りである。

エネルギー鉱業省
- 全国都市水道庁 (National Urban Water Corporation)
- 全国地方水道庁 (National Rural Water Corporation)
- 電力庁 (National Electric Corporation)
- 石油庁 (General Petroleum Corporation)
- 鉱物資源庁 (Mining Resources Corporation)

NUWCは、1983年までは電力庁と一体の組織として運営されPublic Electric & Water Corporation（PEWC）と称していたが、各組織の効率的な経営を計るために、Khartoum Province Water Corporation（KPWC）に改組され、更に1987年に上記のように再組織されて現在にいたっている。このNUWCは全スーダンを次の7地域に分割して、その管理運営を施行している。

1．Khartoum Region

2．Central Region

3．Eastern Region

4．Kordfan Region

5．Darfour Region

6．Northern Region

7．Southern Region

表－7　行 政 機 構

- 大統領
  - 首相
    - 国防省 (M.O.Defence)
    - 文化・情報省 (M.O.Culture Information)
    - 外務省(M.O.Foreign Affairs)
    - 農業・食糧・天然資源省(M.O.Agricultural Food and Natural Resources)
    - 国家計画省 (M.O.National Planning)
    - 文部省 (M.O.Education and Operation)
    - 厚生省 (M.O.Health)
    - 建設・公共事業省 (M.O.Construction and Public Works)
    - 工業省 (M.O.Industry)
    - エネルギー鉱業省 (M.O.Energy and Mining)
    - 運輸省 (M.O.Transport)
    - 協同・防疫・供給省 (M.O.Coorperation,Trade and Supply)
    - 通信省 (M.O.Communications)
    - 灌漑省 (M.O.Irrigation)
    - 大蔵・国家経済省 (M.O.Finance and National Economy)
  - 人民議会
    - 地方政府庁 (Local Government Affairs)
    - 旅券・移民部 (Passport and Immigration Department)
    - 国家公安委員会 (National Security Council)
    - 南部地方省 (Southern Region Government)

注）８５年５月現在

M.O.：Ministy of

2） 予算と財政

スーダンの都市水道全体を統括するＮＵＷＣの予算の執行状況をバランスシートにみると、1983／84年以降1985／86年度までの３ヶ年の状況は、付属資料に示すように次の通りである。

a） 予算規模は、 200百万ＬＳ内外である。

b） 政府の補助金は総予算の10%～15%相当分が充当されている。

c） 前年度２ヶ年分の欠損の13%～18%相当分が毎年、当年度に処理されている。

d） 政府への返済金は、負債総額のほぼ20%程度である。

e） 未収金（Consuwer Account Receivable）は５～９%程度で、 回収不能金は毎年0.1%が見込まれている。

首都圏水道の予算1985／86年度～1987／88年度の概要を次に示す。

a） 予算規模は50～60百万ＬＳである（料金改訂後）。

b） 1987年１月に料金改訂。改訂前の1985／86年度に14百万ＬＳの赤字に対して、改訂後は11百万ＬＳ以上の剰余金を計上。

c） 人件費は総支出額の30～40%内外である。

d） 動力費（Fuel & Power）は５%程度。

e） 維持修理用費に例年10%内外を計上。

上記のように、首都圏水道にみる限り償却費を含む維持管理費を上廻る水道料金の収入が見込まれている。1987／88年度の場合、支出総額33.8百万ＬＳの約70%に相当する24百万ＬＳの剰余金を計上しており、この剰余金は全国都市水道を管轄するＮＵＷＣの会計の中で他の地区の予算の補塡に充当される。

3） 水道施設の概況

スーダン全人口の約46%が公共用水の供給を受けており、そのうち49%が都市地区で45%が農村部で水道の恩恵を受けている（1978年）。この比率に大きな変更はないものとすると、総

人口21百万人（1984年）の内、約10百万人が都市部で残る約９百万人が農村部で公共用水の供給を受けていることを示している。地区的に公共用水の供給を受けている比率をみると、スーダンの北部地区では都市部53%で農村部は46%であるのに対して、南部地区は都市部17%、農村部７%である。

水源は表流水（河川）と地下水が利用されており、一般に都市部の様に比較的大規模な水道では河川の水が水源として利用され、一方都市の遠隔地あるいは小規模な水道では、地下水が利用されている。表流水は沈澱・ろ過の通常の処理方式が採用されて、塩素滅菌の後、配水される。しかし、維持管理は必ずしも十分でなく不十分な処理のまま配水している場合もみられる。凝集剤、塩素剤は、共に輸入品が使用されている。地下水を水源とする場合は、一般に水質が良好である所から、未処理のまま配水される。

配水管は石綿セメント管が広く採用され、一部の水管橋や道路橋に添架する水道管では鋼管が使用されている。給水管には鋼管が広く使用されている。これ等の管材のほとんどは、現在輸入品である。水栓は各戸給水栓と共用栓から成っており、周辺部には水売りに水を供給する専用の水栓が配置されている事もある。給水量は１人当り10ℓ／日～60ℓ／日である。

地方都市の例を、東部スーダンの主要都市 Kassala と Khasim El Gerba にみると次の様である。(出典：「スーダン国ＩＣＡＲＡ－Ⅱ 関連水供給プロジェクト基本設計調査報告書」1986年３月)

<u>Kassala の水道の諸元</u>

人　　口	：	165,000人
給水人口	：	80,000人
水　　源	：	地下水
井戸の規模	：	φ250mm × 深さ50m × @45m3／時 ×４井
水処理の方法	：	無処理
１人当り給水量	：	45m3／時 × 24時 × ４井／80,000人 ≒ 50ℓ／日

Khasim El Gerba の水道の諸元

人　　口	：	29,800人
給水人口	：	20,000人
水　　源	：	表流水 (Atobara 川)
水処理の方法	：	薬品沈澱 ＋ 急速ろ過 ＋ 塩素消毒
処理水量	：	1,160m3／日
配水管延長	：	φ200～50mm × 15km
1人当り給水量	：	1,160m3／日 ／20,000人 ＝ 60ℓ／日

2．3　水道分野への国際協力の現状

チェコスロバキヤ国の有償協力によるハルツーム北浄水場の拡張工事と、ガミィール配水池建設工事を施工中であり、さらにモグレン浄水場拡張工事とオムドルマン地区の配水管網の老朽部分の改修と同地区北部の基幹配水管網の新設が計画されている。

今後に予定されている国際協力を要請中の水道施設の拡張計画は次の通りである。

プロジェクト	新設／改修	援助国	要請内容
ハルツーム南浄水場	新設	要請中	取水・浄水および配水ポンプの各施設（300,000 m3／日）
オムドルマン地区配水管	新設	日本グラント要請中	ＤＩＰ φ450 ～ 250 × 31.3km、他
ハルツーム北浄水場（旧）	改修	アラブファンドグラント	土木および機械施設（9,100m3／日）

2．4　要請の経緯と内容

首都圏の慢性化した水不足は、近年の急増する人口増による需要増と共に、施設の老朽化による浄水生産能力の低下に加えて、配水管からの漏水の増加によって生じている。要請にかかるオムドルマン地区は、首都圏のうちでも、特に人口の集中が著しく、従って水不足が深刻化している。このためにスーダン政府は、日本政府に対しオムドルマン地区の基幹配水管網整備にかかるダクタイル鋳鉄管他の資材供与と施工機械の供与のための無償資金協力を要請してきた。

スーダン政府から要請された内容は、①配水本管、②施工機械（主として配管工事用）、③屋根材料、④工事および運転指導の４項目に分けることができる。その内容は、次の通りである。

1） 資機材供与

a） 配水管材

ダクタイル鋳鉄管 φ250m × 延長 8.5km

ダクタイル鋳鉄管 φ300m × 延長 12.0km

ダクタイル鋳鉄管 φ450m × 延長 7.2km

付属異形管、弁類その他を含む

b） 建設機械

掘削機械	バックホー	(0.7&0.4m3)	2台
	削岩機	(1m3/分)	8台
	コンプレッサー	(5m3/分)	4台
運搬機械	トラッククレーン	(16t&7t)	3台
	ダンプトラック	(11t)	2台
	運搬用トラック	(8 t)	2台
	修理用車両	(2 t)	3台
	作業用車両	(0.5t)	4台
	ステーションワゴン		2台
関連機器材	パイプカッター、ポンプ他		1式

c） 配水池用屋根材

アルミニューム製コルゲートタイプ屋根材 12,000m2

接続用材、付属品 1式

2） 工事

a） 配水管の主要部分の施工（事前調査時に申請）

b） 建設機械の運転指導

第3章　計画地区の概況

3．1　計画対象地域

計画対象地域は首都圏三区のうちのオムドルマン地区とし、その位置の概要は図－2ハルツーム首都圏一般図（巻頭）の通りである。

3．2　自然条件と社会経済状況

オムドルマン地区は首都圏のほぼ中央を貫流するナイル河の左岸に位置し、首都圏のうち最も早く都市が形成された地区である。この地区の標高は海抜380m～390mのほぼ平坦な地形からなっており、オムドルマン地区の北部と南部に、ほぼ西方から東方へ流れる河川があるが、雨季の一時期をのぞき水流のない河川痕を形成している。平均年降雨量164mm、平均気温28.7℃、平均湿度32%（ハルツーム）と記録されている。

オムドルマン地区の周辺には、ハルツームの南部に展開するようなプランテーションはみられずわずかに白ナイル河に沿った地区に自然発生的に営まれている農地が見られるのみで、オムドルマン地区の周辺のほとんどはオープンスペースである。現在、約7,800万haといわれる全国可耕地のうち、わずかに2%のみで潅漑農業が行われているにすぎないが、資金不足に加えてナイル河の流水利用の際エジプトとの間に締結されているナイル河水利協定が、ここでも問題となっている。

オムドルマン地区の人口は、現在、約75万人と推定されオムドルマン地区のやや南部に位置する古くから開けた旧市街区（Hai Al Shuhada）と、これを囲むように発展した新市街地区に居住している。この新市街地区の外縁部には軍用施設が展開している。オムドルマン地区のほとんどは居住区域と商業区域とから成り、官庁、教育等の施設を含む公共施設がこの中に点在している。工業区域用に計画された地区は確保されているが、施設の建設は未着手である。

近年、国内周辺地区や旱魃地区からの首都圏への流入人口が異常に増大し、このために首都圏の人口増加率は5.0％以上であり、特にオムドルマン地区のこの増加率は首都圏内では最大の値6.6％（1978年～1988年）を示している。こうした首都圏外からの流入人口はオムドルマンの場合、その多くはオムドルマンの外周の北部地区や西部地区に集落をつくって生活している。

旧市街地区は上記のように首都圏で最も古くから開けた地区のために、道路はやや複雑な配置を示しているが、新市街地区は計画的に道路が配置されている。

オムドルマン地区の地層は、1m内外の表土の下に比較的硬い砂岩層と砂利層の互層があり建築等の構造物を構築するには適している。建物の新築には地表から約20ないし30mの深さの砂利層を利用したSeptic Tankの排水処理が、建築法により義務づけられている。公共用あるいは大規模需要者の井戸は、その多くが100mもしくはそれ以上の深層の浸透層を利用している。建築の階層は、鉄筋コンクリート構造物の場合4～5階が多くみられる。

3．3　水道分野の概況と関連事業

1）　首都圏水道施設の現況

ハルツーム首都圏の水道は、白ナイル河との合流点上流約5kmの青ナイル河の左岸に1922年に完成したブリ浄水場（6,800m3/日）が最初で、現在のハルツーム地区の官公庁や当時の外国人居住区に配水を開始した。次いで、1928年にオムドルマン浄水場が約4,600m3/日の容量で運転を開始し、さらに需要量の増大にともない、その後ハルツーム北浄水場とモグレン浄水場が完成し、また各浄水場とも拡張工事を行い現在にいたっている。

ハルツーム首都圏には、次の表に示す様に5ヶ所の浄水場があり、水源はいずれも青ナイルあるいは合流後のナイル河である。乾季と雨季の水位の大きいナイル河の水位変動に対処するために、各浄水場の取水ポンプ施設は可動できるように設備されている。浄水方法は、薬品沈澱、急速沪過を採用しており、沪過池の洗浄は空気水併用の方法を採用している。使用薬品は、

硫酸アルミニュウムと液体塩素でいずれも海外からの輸入品である。

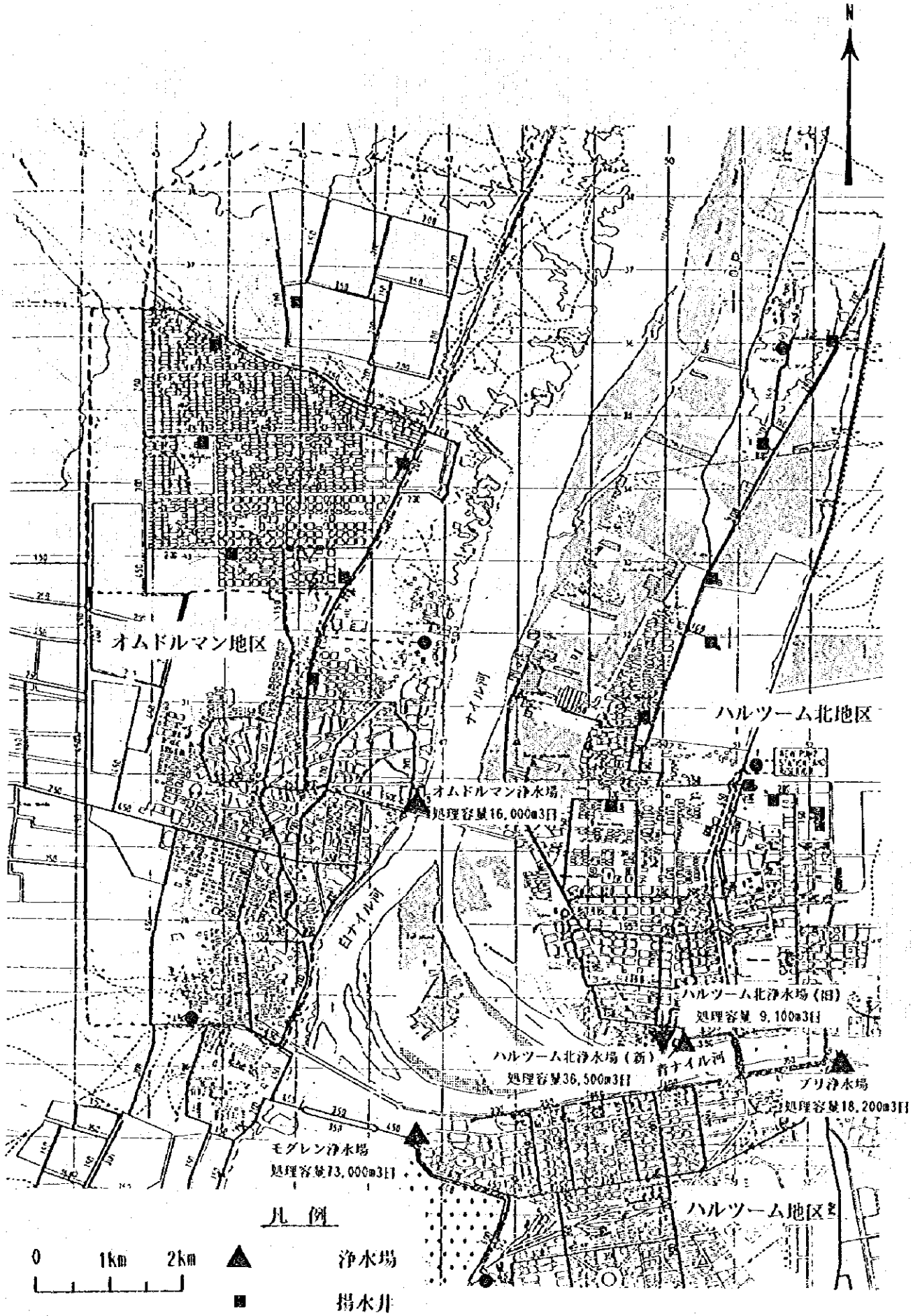
水源のナイル河は水量は豊富であるが、水質は青ナイル河の方が白ナイル河より透明度が高く懸濁物質も少なく、比較的処理のし易い水質とされている。従って工事中あるいは計画中の浄水場の水源は、いずれも青ナイル河にそれらの水源を求める計画である。

近年の急激な水需要に対処し、また浄水場の能力不足を補うために首都圏各地に地下水用の揚水ポンプ井（24ヶ所）を設置し、この需要増に対応している。揚水井の能力は平均1,500m3/日程度で、φ300×深100m内外、φ150mmの水中ポンプを設置している。この揚水ポンプ井は、ハルツーム8ヶ所、ハルツーム北9ヶ所、オムドルマン7ヶ所の計24ヶ所である。揚水ポンプ井は需要地の中に設置され、揚水された水は近隣の配水管に注入されて急激な水需要の増加をまかなっている。

配水管の管種は首都圏水道の創設当初、鋳鉄管が使用されたが、現在の配水管の管種はそのほとんどに石綿セメント管が使用されている。しかし、一部の地区例えばハルツーム地域からモグレン浄水場間や、白ナイル河横断部等の限られた地区では鋼管が使用されている。

首都圏の飲用水供給量は、現在、浄水場より152,800m³/日をハルツーム、ハルツーム北およびオムドルマン地区に供給している。これに対して一日当りの平均需要量は、現在351,000m3／日と推定されていることからもうかがい知れる様に、首都圏は慢性的な水不足の状態を強いられている。

水道の無収水量に関する計量の記録はないが、約25%といわれており、残る75%の水量が有収水量と推定されている。



図－3　首都圏水道施設の現況

表－9　首都圏浄水場一覧

浄水場名	創設	拡張	容量	水　源	供給区域
ブ　リ	1922	1948	18,200 m3/日	青ナイル左岸	ハルツーム
オムドルマン	1928	1950	16,000 m3/日	ナイル左岸	オムドルマン (16,000)
ハルツーム北 (旧)	1953	1957	9,100 m3/日	青ナイル右岸	ハルツーム北
ハルツーム北 (新)	1979	1985 (工事中)	36,500 m3/日	青ナイル右岸	ハルツーム北 オムドルマン (11,000)
モ グ レ ン	1964	1970	73,000 m3/日	青ナイル左岸	ハルツーム オムドルマン (17,000)
計			152,800 m3/日		

(資料) NUWC

表－10　地下水揚水井一覧

場　所	井戸の本数	揚水量 (m3/日)
ハルツーム	8	10,600
ハルツーム北	9	14,400
オムドルマン	7	8,300
計	24	33,300

(資料) NUWC

2） 首都圏水道施設の改良計画

すでに前節に述べたような首都圏の慢性的な水不足を解消するために、国家開発計画の一環として、水道施設に対して1986/87－1991/92年度に 311百万LSの投資が予定されている。計画の内容は、次の表－11の通りである。

表－11　水道施設拡張計画

（単位 ： m3/日）

種　別	拡　張	既　設	計	摘　要
1．場水井	60,000 ＊	33,300	93,300	
2．モグレン浄水場	18,000	73,000	91,000	イタリア・グラント
3．ハルツーム北浄水場	108,000 ＊＊	36,500	144,500	チェコ・有償
4．ハルツーム南浄水場	300,000	—	300,000	援助国未定
5．オムドルマン地区配水管	—			日本・グラント
6．ハルツーム北（旧）浄水場改修工事	—			アラブ・グラント
計	486,000	142,800	628,800	

（注） ＊ ： 10ヶ所／年 × 4年 ＝ 40井

@1,500m3/日 × 40井 ＝ 60,000m3/日

＊＊ ： 54,000m3/Phase × 2Phase ＝ 108,000m3/日

3） オムドルマン地区の水道施設の現況

白ナイル河と青ナイル河の合流点に1928年に約5,500m3／日で創設されたオムドルマン浄水場は、オムドルマン地区に飲料水を供給するために建設され、その後1950年に容量が拡張されて、現在の処理容量16,000m3／日（3.5MGD相当）の浄水をオムドルマン地区に供給している。

近年、急激に増大している水の需要増に対処するために、青ナイル河左岸に位置するモグレン浄水場（創設1964年、拡張1970年、容量 73,000m3/日）の処理水約17,000m3／日を、白ナイル河の河川底を伏越して配管されたφ350mm × 2条（河川両岸取付け部φ450mm × 1条）によってオムドルマン地区に導水している。またハルツーム北浄水場の処理水11,000m3/日をオムドルマン浄水場横の道路橋に添架した連絡管を通して受水している。

さらに、こうした浄水場の処理水の不足に対処し、かつ、配水管の能力不足を補うために、オムドルマン地区内の7ヶ所に井戸による取水ポンプ場を配置して給水区域内の需要に対処している。

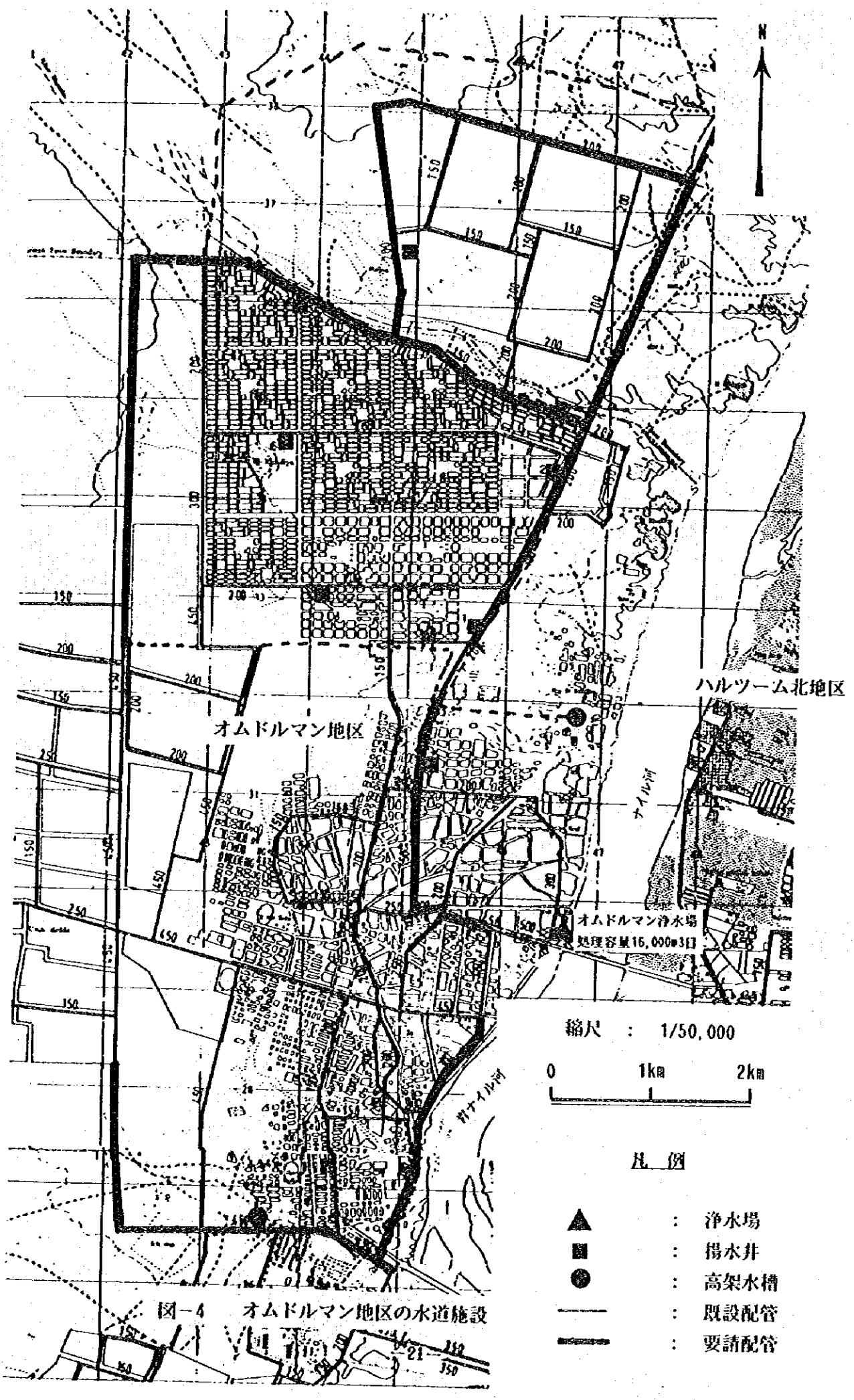
以上に述べた4系統によって行われているオムドルマン地区の水の供給を纏めると次の通りである。

a）	オムドルマン浄水場	16,000	m3/日
b）	モグレン浄水場からの供給	17,000	m3/日
c）	ハルツーム北浄水場からの供給	11,000	m3/日 (1990年供給開始)
d）	地下水（井戸 7ヶ所）	8,300	m3/日
	計	52,300	m3/日

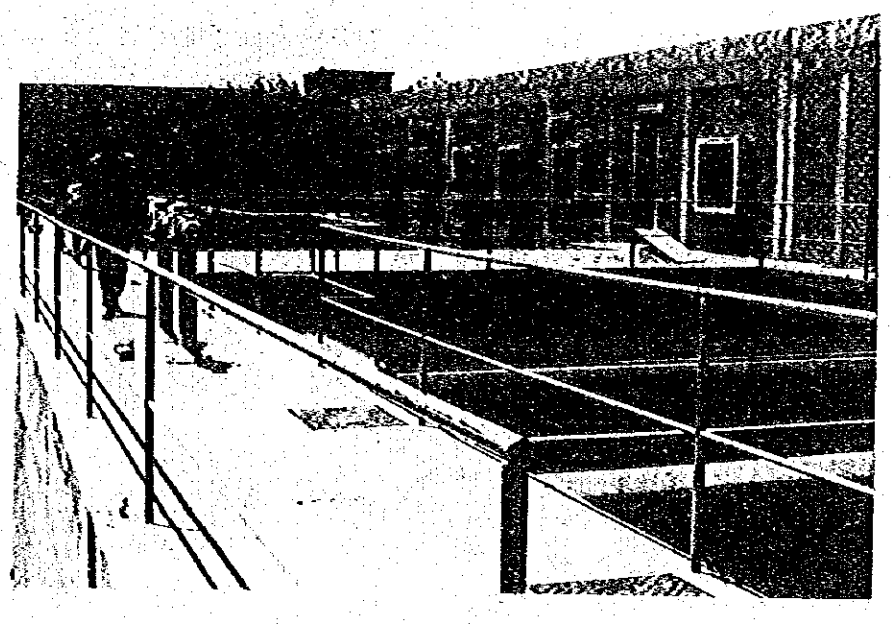
浄水場からの供給水は地区内３ヶ所の配水池（オムドルマン浄水場、オムドルマン南配水場、ガミィール配水場）を通して配水している。但し、ガミィール配水場は、現在、工事中である。これらの施設における原水と処理水の水質を付属資料に示す。

ナイル河西岸に位置する上記した建設中のガミィール配水場からは、ハルツーム北浄水場からの供給水 11,000m３／日を同浄水場完工後（1990年）配水する。

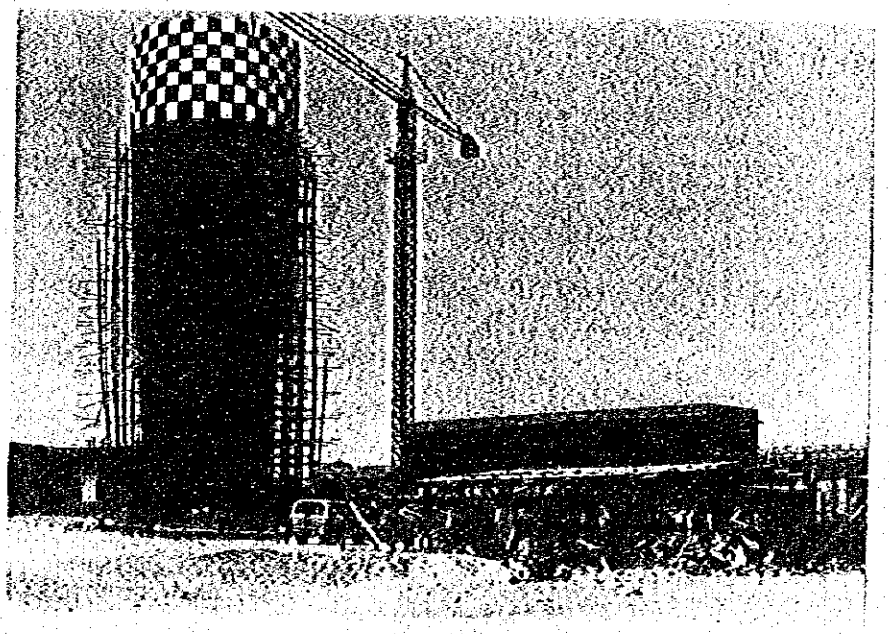
オムドルマン地区はφ450mm～φ150mmの配水管によって配水されているが、一部φ600mm石綿セメント管を布設中である。配水管のほとんどは、石綿セメント管である。配水管から分岐した給水管には給水メーターが設置されているが、その多くはスペアパーツの不足により必らずしも作動はしていない。



図－4　オムドルマン地区の水道施設



ハルツーム北浄水場



カミイール配水場

4）　関連事業の概要

浄水場や配水場では電力が主要な動力源として利用されている。その供給の容量は必ずしも満足な状態ではないが、供給状態は比較的安定している。しかし、停電の際には予備電源が十分でないために、水道施設は余儀なく処理や配水を停止している。

電信・電話等の通信施設の整備は、他のインフラに比べてもその開発の遅れがめだっており、特に今後の開発強化の必要なインフラの一つである。水道の運転に際しても電話連絡が十分利用できないため、必要に応じて車による連絡を行っている。

その他、道路、交通、排水等、関連インフラの整備も急ぐ必要がある。

3．4　一般建設事情

公共工事は一般に直営あるいは、請負によって施工されるが、場合によっては直営と請負両方式の併用で施工されることもある。建設工事は国際的な参入が認められており、エジプトや韓国等の海外の施工業者による工事もみられる。施工技術は、通常の一般的な施工方法である限り特に遜色は認められない。

セメント・鉄筋をはじめとする建設資材は不足しており、価格の変動が激しい。しかし、砂、砂利、練瓦等のように現地で生産可能な資材の入手は比較的容易である。建設機械はそのほとんどの機種を使用できるが、保有者が施工業者や関係官庁に限られているために実際に工事に使用するには使用期間や台数に制限を受け易い。

第4章　計画の内容

4．1　計画の目的

本計画の目的は、緊迫した首都圏のオムドルマン地区の水需要の改善を計るために、同地区の水道施設の増強を実施するものである。このために、日本国政府の無償資金協力により配水管と同布設用建設機械の供与と共に配水管の主要部分の施工を行ない、これを通して建設機械の操作について現地のスタッフへの技術移転を行うことを目的とする。

4．2　要請内容の検討

近年続いている旱魃によって、周辺地区、特に、東部地方や南部スーダン、さらに、国外からも流入する難民による首都圏の人口増は近年とみに著しい。スーダン全土の人口増加率（1973年～1984年）2.9％に対して、首都圏の増加率は給水人口で年間5.6％を示し、全国平均年間増加率のほぼ2倍となっている。次の表は給水区域内の人口を示すもので、同区域の外辺に居住する難民は含まれていないから、首都圏の人口増加率はさらに大きな値を示すことが予想される。

表－12　給水区域内人口

（単位　：　1,000人）

地　区	1978年（A）	1988年（B）	年増加率 [（B－A）／A×10] ×100
ハルツーム	420	635	5.1%
ハルツーム北	180	265	4.7%
オムドルマン	395	655	6.6%
計	995	1,555	5.6%

（資料）NUWC

この急激な人口増による飲料水の不足は、首都圏で早急に解決を求められている問題の一つである。中でも表－12に示すように特に人口増の激しいオムドルマン地区の水不足は、1928年に創設された水道の施設の古さに起因する配水管の老朽化と配水能力の不足によって水不足の状態をさらに悪化させ深刻な社会問題となっている。

配水管が布設されていない地区や布設されていても能力不足のために供給が十分でない地区では、水売り行商人が需要者に水を販売している。オムドルマン地区では、同地区に約30個所ある水の卸売場で水道の水を購入した水売りは、水道水の単価の20倍以上の価格で水を販売している。

オムドルマン地区は上記のように首都圏のうちでも特に水不足が深刻な状況にあり早急な解決が望まれていたことから、スーダン政府は同地区の配水管整備用資機材の供与その他を日本政府に要請してきた。要請はオムドルマン地区の配水管φ450mm～250mmの約27kmから成るダクタイル鋳鉄管と、この配水管を布設するための建設機械を主とする機材の供与から成っていた。この要請の内容について検討した内容は以下の通りである。巻末の付属資料に要請時と検討後の計画との一覧を表に示す。

1) 配水管

オムドルマン地区の全体が管網を形成する様に配水管を計画する方が配水管として有効であるという理由から、事前調査時に要請の管延長27kmは30kmに修正された。本調査において入手した平面図と実測の結果を検討して、この配水管の総延長はオムドルマン地区の外周を囲む管網を形成するためには31.3kmを必要とすることが判明した。

管径は計画されたオムドルマン地区に対する水の供給量 52,300m3／日が配水し得るかどうかという立場から検討された。次章の管網計算が示すように、要請の管径はこの条件に見合うものであることが確認された。南西部の管路の一部に、将来の工業用水を見込んだ大口径管（φ450）とした部分があったが、これは本計画が緊急プロジェクトという見地から、上記の計

両水量を供給するのに十分な管径（φ250）とするように変更された。

2) 配水管布設工事

事前調査時に配水管の主要部分の工事も日本側で施工するように、スーダン側から要請された。ＮＵＷＣでは石綿セメント管が使用され、ダクタイル鋳鉄管はＮＵＷＣで初めての経験であるところから、布設技術の指導を兼ねて大きい口径の管路の布設工事を日本側で施工することとした。小口径管はＮＵＷＣが施工することとしたが、その理由は次の通りである。

a）大口径管の布設工事を通して、布設技術の指導を行う。

b）ＮＵＷＣの技術レベルは、過去の経験からこれを習得するのに十分な素地がある。

c）布設工事に必要なＮＵＷＣの予算が準備できる。

以上のことから、日本側とスーダン側の布設工事を次のように区別した。

日本側施工部分	φ450 ～ φ300	× 20.3km
スーダン側施工部分	φ250	× 11.0km（一部にφ450を含む）

3) 建設機械

オムドルマン地区の配水量の増加分は現在拡張工事を施工中のハルツーム北浄水場から送られる予定で同浄水場の拡張工事は1990年に完了する。従って上記の大口径管の配水管布施工事は同浄水場の工期と合わせて２ケ年を予定している。この予定工期は工事規模からも妥当な期間であると考えられる。当工事をこの予定工期内に完了させるために３グループの施工班で実施することとして、建設機械の機種と台数は次のように決定した。

<u>各施工班で常時使用する機械</u>

a）掘削機械（バックホー、油圧ブレーカー、トラクターショベル、コンプレッサー、ブレーカー）	各１台
b）据付機械（油圧クレーン付トラック）	各１台
c）運搬機械（ダンプトラック）	各１台
〃 （ピック・アップ）	各２台

各施工班で共通して使用する機械

a）積込機械（トラックククレーン）　各1台

b）運搬機械（カーゴトラック、ステーションワゴン）　各1台

c）その他の施工機械　各1式

4）屋根材料

要請の屋根材料は既設配水池の土木施設の上に設置されるもので、仕様は梁間隔と支柱基礎の荷重条件が決まっておりアルミニウム・コルゲートタイプにせざるを得ないことから、要請の12,000m 2の屋根材は、既設施設分の約3,500m 2にする。将来の配水池は鉄筋コンクリート造にすべきであると考えられるので、要請に含まれていた将来分の屋根材数量は除外された。

4．3　計画の内容

1）実施機関

本計画の実施機関は、全国都市水道庁（NUWC）が担当する。このNUWCは、1983年以前は電力庁と一体の組織として運営されてきたが、この1983年にハルツーム水道庁に改組され、さらに1987年にNUWCに再組織されて現在にいたっている。

NUWCは、都市水道庁総裁の下に10部を置き、スーダン全国の都市水道の運営管理に従事している。現在の人員の構成を次に示す。

a）総裁（Director General）	1名
b）幹部技師（Engineer）	119名
c）技師（Technical Staff）	237名
d）事務職（Clerical Staff）	1,208名
e）その他の職員（Laborors）	6,188名
計	7,753名

本案件は、ＮＵＷＣプロジェクト部に帰属し、建設課が担当する。プロジェクト部の構成は、計画課（土木技師 4名、経済専門家 2名）、設計課（土木技師 4名）、建設課オムドルマン地区担当（土木技師 6名）、研究課（人員未配備）から成っている。

建設機械および資材器材は供給部の購買部に納品され、機械類は維持管理部の機械課にその運転管理がまかされる。この機械課は、機械技師 3名、運転士 6名、修理工 6名によって運営されている。

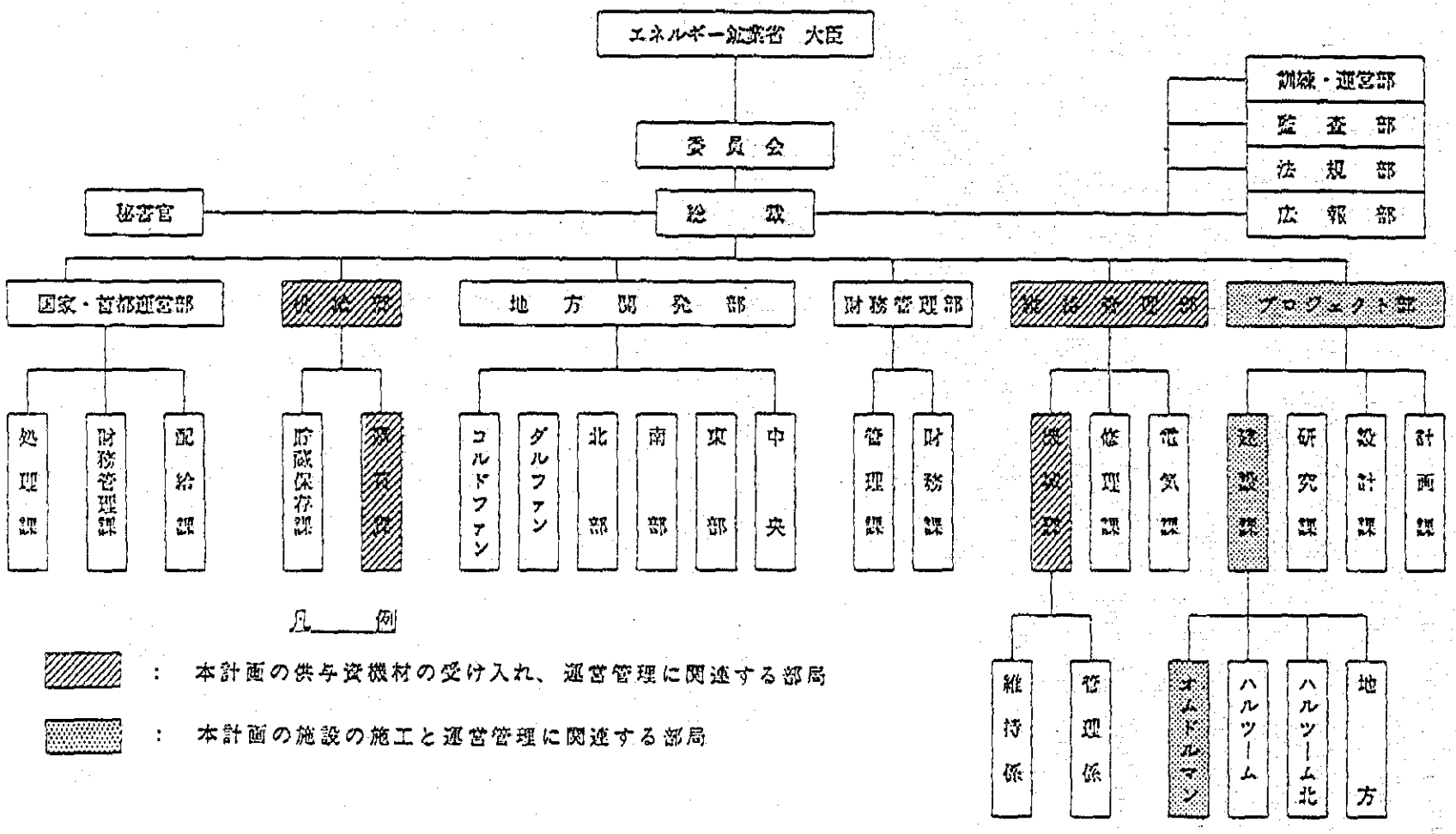
当プロジェクトの供与資機材の受入れとプロジェクトの執行機構は、現在ＮＵＷＣ内にて立案中の段階であるが、その構想の概要は以下の通りである。

供与機材は、一旦、供給部で検収確認され、管材はプロジェクト部に、建設機器材は維持管理部にそれぞれ引渡される。プロジェクト部に引継がれた管材は、建設課の中に新設予定のプロジェクト実施チームによって布設工事が実施される。この管の布設工事には、日本側より指導を受けた運転操作員によって、上記の機械課に納入された建設機械が使用される。建設機械の修理は、現行の修理課がその任に当たる予定である。

さらに、維持管理部の中に漏水修理チームを編成し、既設管路の漏水のコントロールに従事させる。

現在のＮＵＷＣの組織図は、図－５の通りである。

図－5　ＮＵＷＣ組織図


エネルギー鉱業省　大臣
委員会
総裁
秘書官
訓練・運営部
監査部
法規部
広報部
国家・首都運営部
処理課
財務管理課
配給課
地方開発部
コルドファン
ダルファン
北部
南部
東部
中央
財務管理部
管理課
財務課
プロジェクト部
建設課
研究課
設計課
計画課
オムドルマン
ハルツーム
ハルツーム北
地方
凡例
：本計画の供与資機材の受け入れ、運営管理に関連する部局
：本計画の施設の施工と運営管理に関連する部局

2）事業計画

このプロジェクトを時系列的に区分すると、資機材の施工段階と完了後の運営管理段階とに分けることができる。プロジェクトの実施体制は前節「実施機関」に述べたように、施工はプロジェクト部建設課が担当し、完成後の維持管理はオムドルマン地区事務所が担当する。

これに必要な要員の配置と予算措置は、プロジェクトの進行にあわせて立案され執行される。この施工と維持管理の両段階ともＮＵＷＣ全体からみれば、必要な要員は配置転換によって得られる予定であり、従って、当プロジェクトの要員のために大巾な予算枠の増加は避けられると予測される。

3）資機材の概要

資機材を大別すると、①配水管材、②建設機械、③配水池用屋根材の３つに大別される。これらの機種、数量、ルート等の検討のための基本要件は前節４．２に記された通りで、得られた結果とその過程は、第５章「基本設計」に詳述されている。

配水管材の製造規格は、スーダン政府側とも協議のうえ、日本工業規格（ＪＩＳ）および関連水道規格の採用が決定された。建設機械の基本規格もＪＩＳの採用が了解されている。但し、配水池屋根材にあっては、予定の規格が日本になく、従って、価格の上からも高額となることから、既にＮＵＷＣに納入実績のあるメーカー（ヨーロッパ製）の製品が予定されている。

第5章　基本設計

5．1　基本設計方針

本計画の基本設計に際しては、スーダン国の自然条件・社会条件・建設事情・資材の調達・既設水道施設状況・維持管理の程度等を十分勘案して行うものとする。

また、無償資金協力プロジェクトの性格から、現地側負担コストの軽減および現地技術水準との適合には十分配慮する。

5．2　基本設計条件の検討

1）施設の設計条件

a）施設の対象は、首都圏の中でも特に水の供給不足に悩まされ、従って、緊急度の高いオムドルマン地区を対象とする。従って、当初要請のあった他地区の配水池用屋根材料等の供給は当計画に含めない。

b）現状を重視する。従って当初の要請の中には配管予定路線の一部に、現状道路が存在していない地区があったが、これについては、既存道路のある他の路線に変更した。

c）将来都市計画のうち不確定な要素例えば、将来の工業地域用水量を考慮した大口径等は、ここには、盛りこまない。

d）供給する施工機械の品目・数量は本プロジェクトの配管工事に関するもののみとする。

従って当初の要請品目・数量について取捨・増減を行い、工事班を3班編成として必要な品目・　数量を決定した。

2）材料の選定条件

a）配管資材の選定にあたっては、耐久力・寿命が大きく、施工性が秀れているとともに、維持管理が容易である材料を採用する。このことから数種類の水道用管材料のうち、先方要請と同じく、 ダクタイル鋳鉄管を採用した。

b）建設材料は現地で入手容易なものを優先的に用いる。しかしセメント・鉄筋類は現地で入手が容易でないことから、レンガ・砂また配管用特殊継手を用いる計画としてセメント・鉄筋不足の現状を補う方針とした。

5．3　施設の基本計画

1）基本計画の概要

スーダン政府の要請内容は、①配水本管、②施工機械（主として配管工事用）、③屋根材料、④関連機器の4項目に分けることができる。調査団が現地調査および相手国担当機関との協議を実施し、双方が合意に達した内容は次の通りである。

表－12　プロジェクトの合意内容

内　　容	資材の供与（日本側）	施工分担	
		日本側	スーダン側
1．配水本管	φ450/300/250mm 延長 約31,300m	φ450/300mm 延長 約20,300m	φ450/250mm 延長 約11,000m
2．施工用機械	17品目　1式	—	—
3．屋根材料	3,500 m² （2池分）	—	3,500 m² （2池分）
4．関連機器	1品目　1式	—	—

2）配水本管

a）目的

本プロジェクトは、首都圏オムドルマン地区の上水道配水管網の拡張工事（新規延長）であり、主として、地区の外周を結んで管網を形成するものである。

地区への配水は、地区の内側から外へ向かっての給水のほか、外周から内側へも給水の補強・強化が行われることになり、配水管計画の技術面からみて望ましい計画である。また将来、さらに外周の外側にも給水することが可能であるという利点を合せ持っているということができる。

b）配管ルートと延長

ルートについては、スーダン側から提示された案をもとに検討を行った。これは、1979年に首都圏全域の水道マスタープランを作成した米国のコンサルタントの案に基づくもので、オムドルマン地区の外周に配水管を新設して管網を形成する構想で妥当な案と見なすことができる。

日本側に要請のあったルートを図上および現場調査のうえ検討を行ったところ、二・三の問題点があり、スーダン側と協議を行って、次のように合意をえた。

i）配水管の根元部分の補強

オムドルマン地区への主給水源は 3ケ所の浄水場であり、南端部は、ナイル河対岸に位置するモグレン浄水場から供給を受けている。スーダン側の要請はこの本管から分岐している管路であり、根元の本管の補強は要請されていないが、これではここが隘路になり分岐管・末端で充分な水量・水圧が確保できない。

これを解消するために、地区の南東部に本管（管径φ450 × 延長2,150m）を追加することとした。

ii）道路が未整備であることとの問題

スーダン側案の配管ルートを全長にわたって現地調査を行った結果、オムドルマン北部地域の一部の予定路線は道路は現存していないことが判明した。水道の配管は公道下に埋設することを原則とするので、原案のルートでは工事が困難である。

この問題の解決策として北東端の道路のない原案ルートは、約 150m 東に既存の本道路があるので延長 240m 増となるがここにルートを移動する。また、北西端の原案ルートは難民の集落が密集して道路もなく、さらに、途中に河川の形跡は判然としないが雨季のみ流水をみる、所謂、水無川（通称ワジ）が多数存在し、実際には施工が困難であるためこの区間は東側の約 1.5km の所にある既存の南北方向にはしる道路にルートを変更する。このため配管ルートの延長は約 280m 減少する。

以上の事を勘案して、管路のルートは図－6に示すように決定した。また、管路の延長についてはルート図に従い、より詳細な地形図(縮尺1/12,500、および一部の区間は、1/5,000と1/3,000)による測定と同時に距離計（メジャリング・ホイール）を用いて一部の区間を現地で実測して配管延長距離の精度を高めた。

配管ルートの変更および距離の確認・修正を行った結果、配管の延長は次の表－13のように、スーダン側の要請による管延長27.7km は、31.3km に変更された。各管径と延長を次の図－6に示す。

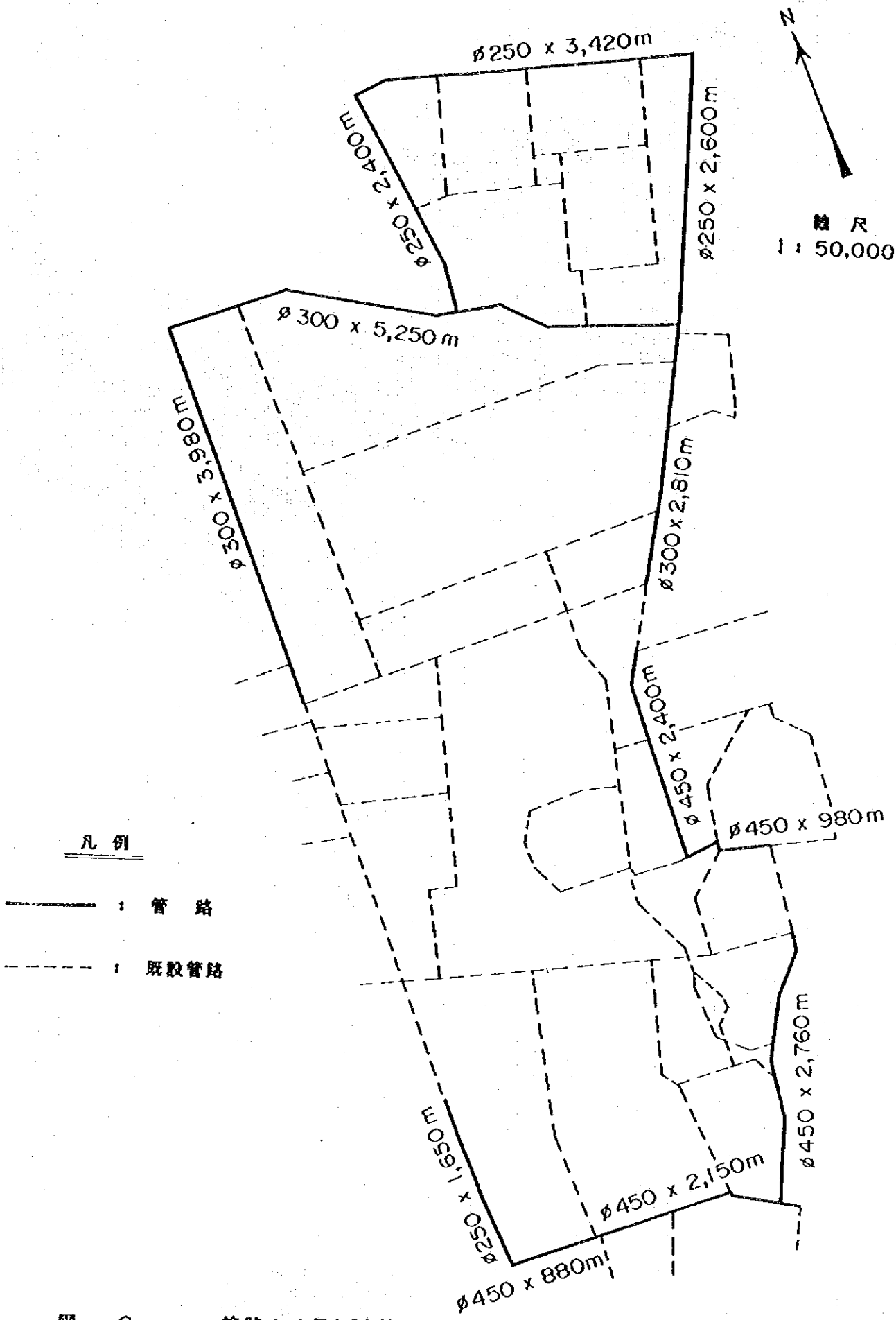
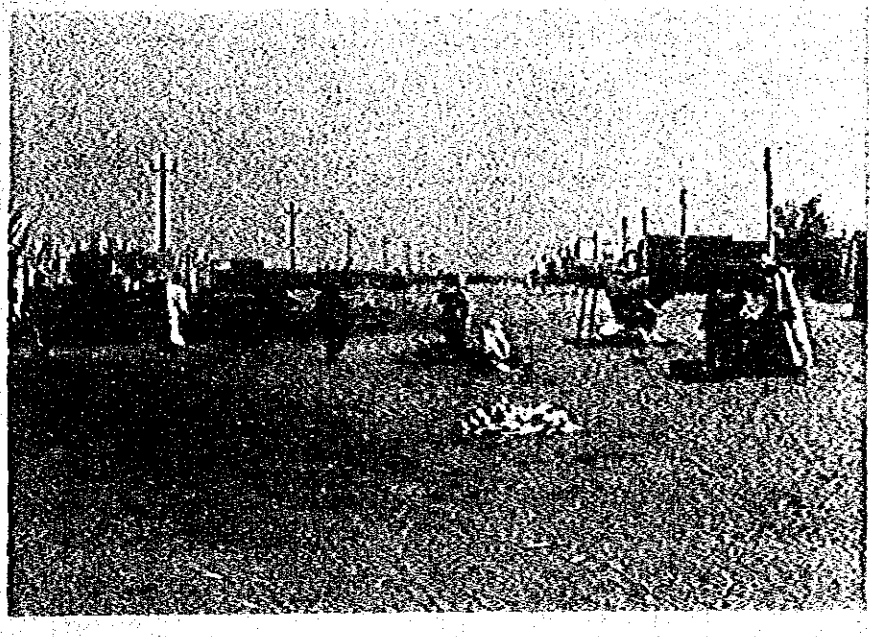
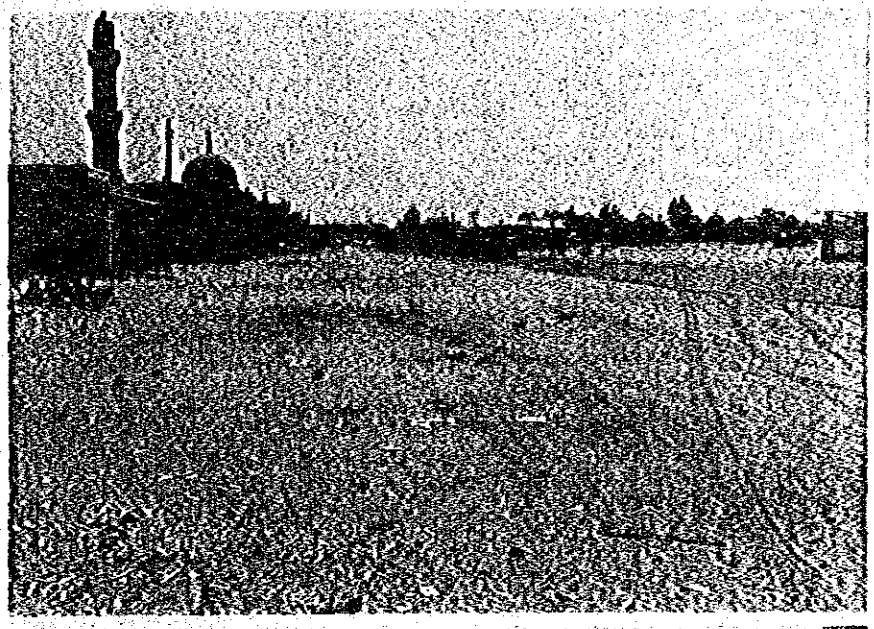

N
縮 尺
1 : 50,000
ø250 x 3,420m
ø250 x 2,600m
ø250 x 2,400m
ø300 x 5,250m
ø300 x 3,980m
ø300 x 2,810m
ø450 x 2,400m
ø450 x 980m
ø450 x 2,760m
ø250 x 1,650m
ø450 x 2,150m
ø450 x 880m
凡 例
: 管 路
: 既設管路

図 － 6　　管路の口径と延長



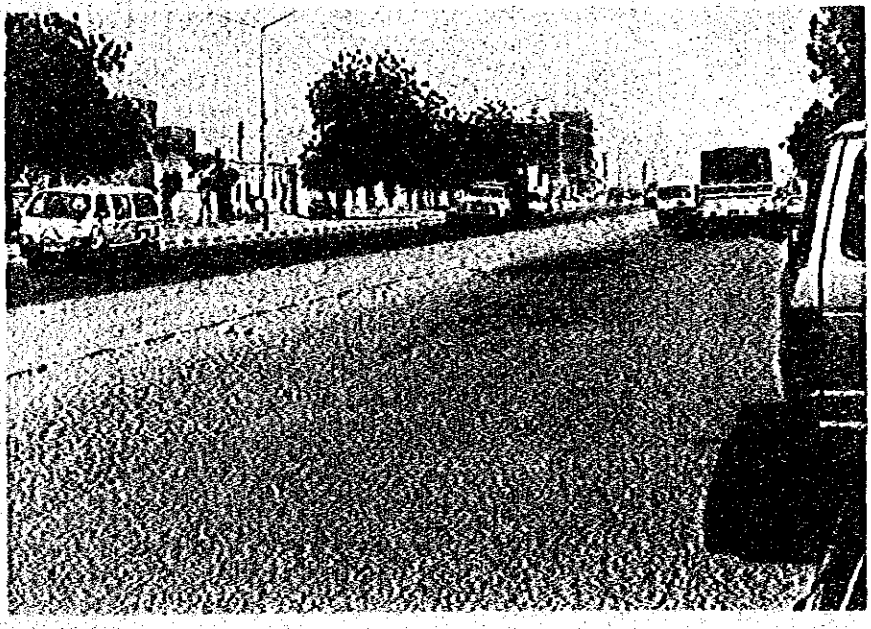
配管予定路線風景(1)

（オムドルマン地区）



配管予定路線風景(2)

（オムドルマン地区）



配管予定路線風景(3)

（オムドルマン地区）

表－１３　配管延長の比較

（単位：m）

管　径	検討・修正後の延長（最終案）	スーダン側原要請の延長（参考値）
φ250mm	10,070	8,500
φ300mm	12,040	12,000
φ450mm	9,170	7,200
計	31,280m	27,700m

c）管径

管路の口径は、前述の1979年作成のマスタープランを基本とし、それに最近の現地情勢を加味して、スーダン側から提案を受けたものである。管径は、最大 450mmで、以下300mm、250mmとなっている。450mmはオムドルマン地区の中部および南部の流入点に近い場所であり、300mmは、北部、さらに250mmは最北部の外周部に配置されていた。

現地で検討を行ったところ、管径 450mmを計画している地区の一部（南西端）は、将来の工場予定地が中心であって、現状の水需要は大きくないため、この区間（延長1,650m）の管径は、要請のあった管径の最小である 250mmに変更することをスーダン側・日本側相互に了解した。

本プロジェクトの配管は、オムドルマン地区全体で配水管網を形成しているので、管径の妥当性については、コンピューターを使用した配水管網計算によって検討を行った。

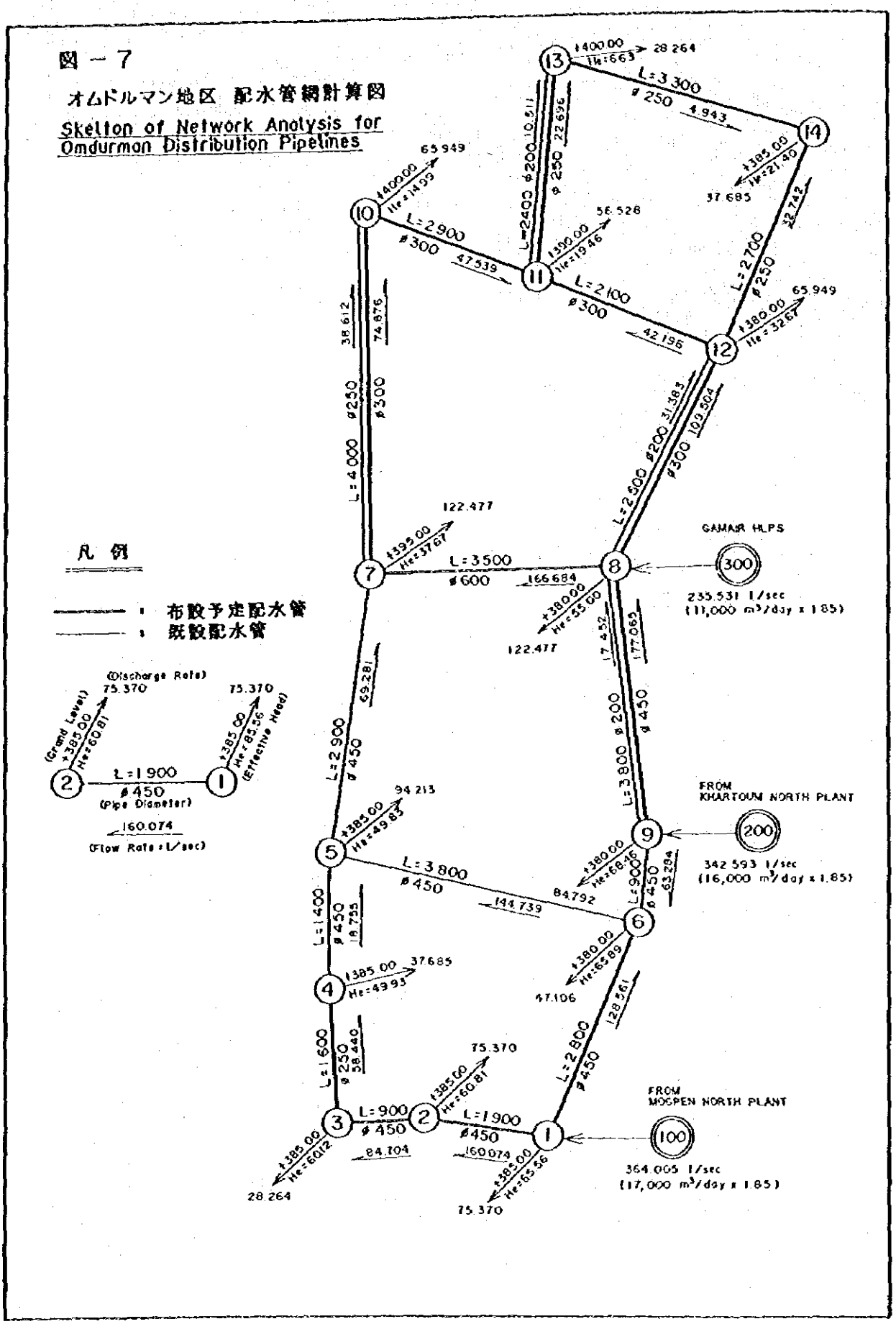
配水管網計算の計算条件は、次のように仮定して行った。

a）計算方法　：　ハーディクロス法

図－7

オムドルマン地区 配水管網計算図

Skelton of Network Analysis for Omdurman Distribution Pipelines



表－14　オムドルマン地区 配水管網計算結果

Network Analysis for Omdurman Distribution Pipelines
(Computer's output)

Node	Node	Type	D (mm)	L (m)	C	Q (l/sec)	V (m/sec)	i (o/oo)	dH (m)	Hb/r (m)	H (m)	GL (m)	He (m)
300	8	0				235.531				0.00	435.00	380.00	55.00
200	9	0				342.593				0.00	446.46	380.00	66.46
100	1	0				364.005				0.00	450.56	385.00	65.56
1	2	0	450	1900	120	160.074	1.006	2.50	4.75	0.00	445.81	385.00	60.81
2	3	0	450	900	120	84.704	0.533	0.77	0.69	0.00	445.12	385.00	60.12
3	4	0	250	1600	120	56.440	1.150	6.37	10.19	0.00	434.93	385.00	49.93
4	5	1	450	1400	100	18.755	0.118	0.07	0.09	0.00	434.83	385.00	49.83
6	5	1	450	3800	100	144.739	0.910	2.91	11.06	0.00	434.83	385.00	49.83
1	6	0	450	2800	120	128.561	0.808	1.67	4.67	0.00	445.89	380.00	65.89
5	7	1	450	2900	100	69.281	0.436	0.74	2.16	0.00	432.67	395.00	37.67
8	7	0	600	3500	120	166.684	0.590	0.66	2.33	0.00	432.67	395.00	37.67
9	8	0	450	3800	120	177.065	1.113	3.02	11.46	0.00	435.00	380.00	55.00
9	8	1	200	3800	100	17.452	0.556	3.02	11.46	0.00	435.00	380.00	55.00
9	6	1	450	900	100	63.284	0.398	0.63	0.57	0.00	445.89	380.00	65.89
7	10	0	300	4000	120	74.876	1.059	4.42	17.68	0.00	414.99	400.00	14.99
7	10	1	250	4000	100	38.612	0.787	4.42	17.68	0.00	414.99	400.00	14.99
10	11	0	300	2900	120	47.539	0.673	1.91	5.53	0.00	409.46	390.00	19.46
12	11	0	300	2100	120	42.196	0.597	1.53	3.21	0.00	409.46	390.00	19.46
8	12	0	300	2500	120	109.504	1.549	8.93	22.33	0.00	412.67	380.00	32.67
8	12	1	200	2500	100	31.383	0.999	8.93	22.33	0.00	412.67	380.00	32.67
11	13	0	250	2400	120	22.696	0.462	1.18	2.83	0.00	406.63	400.00	6.63
11	13	1	200	2400	100	10.511	0.335	1.18	2.83	0.00	406.63	400.00	6.63
13	14	0	250	3300	120	4.943	0.101	0.07	0.23	0.00	406.40	385.00	21.40
12	14	0	250	2700	120	32.742	0.667	2.33	6.28	0.00	406.40	385.00	21.40

Node : 節点番号　L : 管路長　V : 流速　H : 動水位
Type 0: 新設管　C : 流速係数　i : 動水勾配　GL : 地盤高
Type 1: 既存管　(ヘーゼン・ウイリアムス式)　dH : 損失水頭　He : 有効水頭
D : 管径　Q : 流量　Hb/r : 増加水圧

b）流量公式　：　ヘーズンウィリアムス公式

c）流速係数　：　新管に対して　C＝120

旧管に対して　C＝100

d）時間最大係数：　1.85

e）有効水頭　：　15m

配水管網計算の結果は表－１４の通りである。

d）管種

スーダン側から要請のあった管種は、ダクタイル鋳鉄管であり、これは技術的に妥当な管種であると判断された。その理由について水道管として実績の多いダクタイル鋳鉄管と鋼管、石綿セメント管、塩化ビニール管について、以下に比較検討を行う。

i）ダクタイル鋳鉄管は強度が大である。

石綿セメント管および塩化ビニール管は強度の面で、ダクタイル鋳鉄管より劣る。スーダンで水道管として使用されている石綿セメント管は、日本では、その価格が安価であることを大きな理由として、1950年～60年代にかなりの生産を行い水道管としての普及をみたが、布設後に石綿セメント管の強度に起因する、かなりの事故が発生した。これは、交通量とその荷重の急激な増加が大きな原因であったと推定されているが、我が国では、石綿セメント管は水道管として、その強度上から適当ではないと判断され、さらに石綿セメント管の原料である石綿が癌の遠因になりうるという説も原因して、新規の水道管には使用されなくなり、石綿セメント管のメーカーも生産を中止して今日に至っている。物理的な強度についてみれば、鋼管も強度は大きい。

ii）ダクタイル鋳鉄管の継手接合部の施工性がよい

通水後の漏水の大きな原因は管接合部（継手）の巧拙にあるが、ダクタイル鋳鉄管の継手接合の技術習得は比較的容易である。これに対し、鋼管の場合は継手が現場溶接であり、熟練を要することと、特別な資材を要する等の問題がある。石綿セメント管および塩化ビニール管の施工性はよい。

iii）ダクタイル鋳鉄管は耐候性、耐久性が優れ、寿命が長い

ダクタイル鋳鉄管は耐候性耐久性が優れ寿命が長いのに対し、塩化ビニール管は劣化・寿命の点でダクタイル鋳鉄管に劣る。特に、本プロジェクトの場合、資材到着から配管工事に至るまでの期間、管資材置場で屋外に長時間炎天下に放置される懸念が予想されるが、塩化ビニール管は、直射日光に弱く、劣化しやすい。鋼管、及び、石綿セメント管の耐候性は充分である。

iv）ダクタイル鋳鉄管は管内外面とも、耐腐蝕性が高い

ダクタイル鋳鉄管は管内外面とも耐腐蝕性が高いのに対して、鋼管は性質上、内面に腐蝕による錆瘤が発生しやすく、通水断面の縮小および赤水の発生が問題となり易い。塩化ビニール管および石綿セメント管の耐腐蝕性は高い。

v）ダクタイル鋳鉄管の必要管径の管が入手可能

本プロジェクトの管径は、250mm、300mm、450mmの中口管径であるが、ダクタイル鋳鉄管では汎用性、市場性の高い管径である。これに対して、塩化ビニール管で水道に採用されているのは、日本では、150mm以下の小口径管であり、250mm ～450mmの水道用塩化ビニール管は、一般管を除いて、生産されていない。

v）ダクタイル鋳鉄管は給水分岐にサドルを要しない

ダクタイル鋳鉄管は一般に給水分岐にサドルを要しないのに対し、塩化ビニール管および石綿セメント管の場合は、給水分岐のために管体に開孔したときの管体の保護と分岐管材の接合を容易にするために分岐サドルの取付けを必要とし家庭への給水の工事費が増す結果となる。

以上の事から、本プロジェクトでの配管工事の管種はダクタイル鋳鉄管とする。なお、ダクタイル鋳鉄管を価格の点で他管種と比較すると、管径250㎜～450㎜では、石綿セメント管よりもやや高く、鋼管とでは管材費では鋼管が安いが施工費を加えると、その接合に溶接を伴うことから鋼管の方がダクタイル鋳鉄管より高くなる。なお、この管径の水道用塩化ビニール管は産されていない。

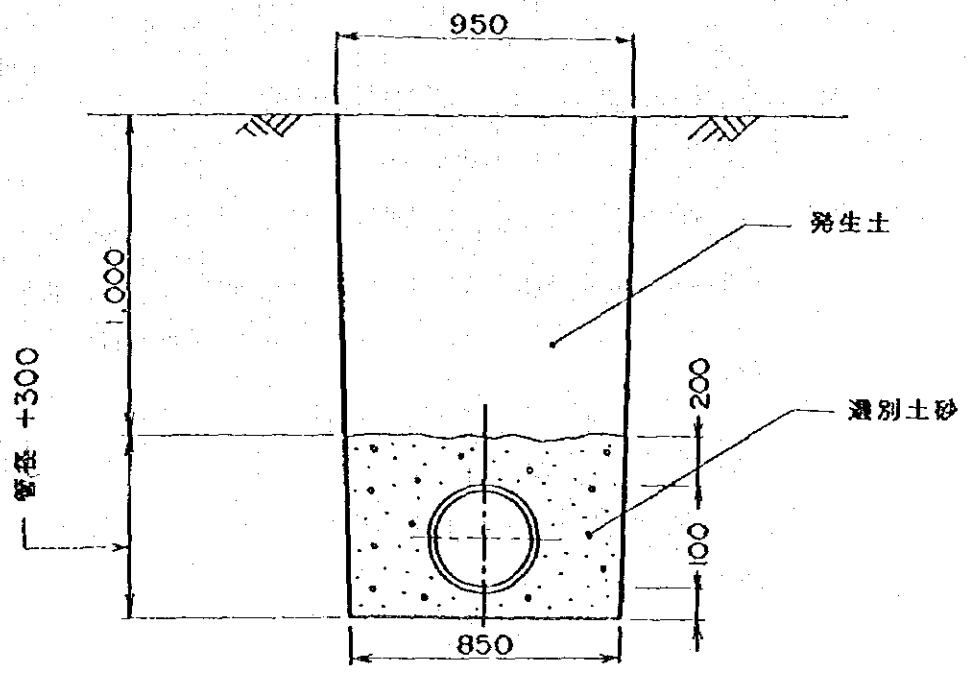
e）設計基準

i）管種および規格

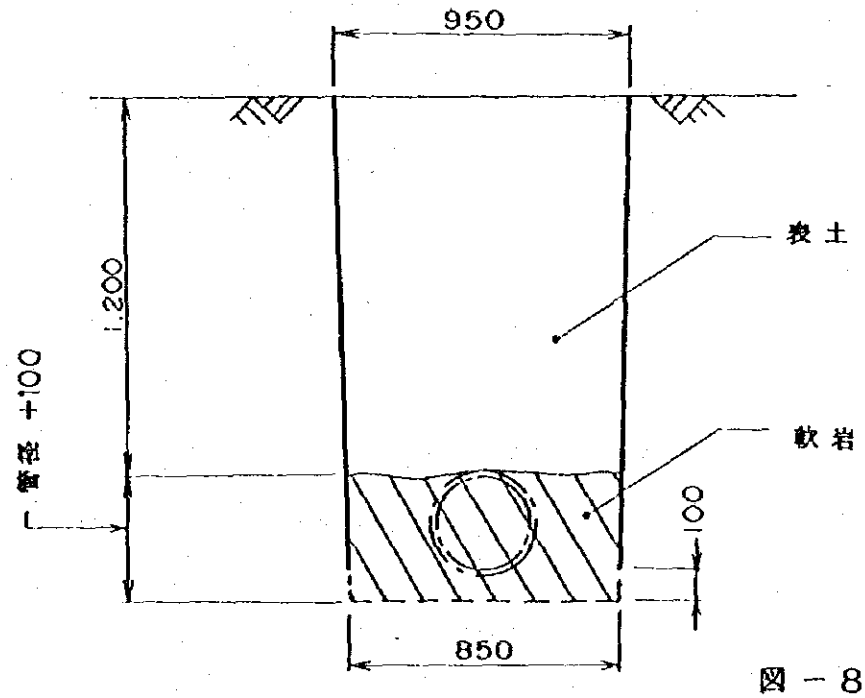
水道用ダクタイル鋳鉄管（ＪＩＳ　G5526，5527）とする。継手の形式については、直管はすべてＴ形とする。ただし、異形管の継手の内、250㎜以下はＴ形、300㎜以上はＫ形とする。管厚は、土被り・荷重・水圧を考慮して、第 3種管とする。

ii）土被り

オムドルマン地区の土質の状態・ 道路交通量・ 施工の難易等を検討して、土被り厚さ（道路面から埋設管の上端までの深さ）を最小 1.2m とする。堀削土工標準断面を次の図－8に示す、なお、埋戻し土は、岩や岩片を含まない普通土とする。



断　面
（埋戻し）



断　面
（掘削）

図－8　配管土工標準図

STANDARD DESIGN
OF
PIPELAYING TRENCH

OMDURMAN WATER SUPPLY

ⅲ）異形管防護

抜出し防止のために、異形管の継手には異形管防護が必要であるが、スーダンにおけるセメントの入手のしにくさを考慮して、異形管防護が必要な箇所には、このための特殊押輪を施すものとする。さらに、丁字管・22 1/2° 以上の曲管・仕切弁・片落管末端管の場合には、その前後左右の直管にあっても特殊押輪を挿入するものとする。

ⅳ）弁類

管路の要所に、維持管理上の便を目的とした仕切弁・空気弁・泥吐弁等を設置する。これらの規格は、ＪＩＳを採用する。

ⅴ）消火栓

消火活動を目的として、配水管路上に約 500m ごとに消火栓を設置する（ＮＵＷＣの基準）。形式は水道用地下式消火栓・単口φ75mmとするが、この規格は、既存の消火栓サイズを合致させる必要があるために、吐出口の部分の規格は、英国規格（ＢＳ）とする。詳細は、付属資料の基本設計詳細図に示す。

3）施工用機械

機械類の品目と数量については、前記の配水本管の施工に必要なもの —— 日本側配管工事の約20.3kmを３班編成で施工する ——— に限定して、選定／決定し、スーダン側と日本側双方とも合意をみたものである。本プロジェクトで、日本側が供与する施工用機械を、次の表に示す。

表－１５　日本側供与の施工機械

機　械　名	数量	用　　途
1)バックホウ（0.6m3）	2台	土砂の掘削
2)油圧ブレーカー	2〃	岩および岩盤の破砕
3)トラッククレーン（16トン）	1〃	資材の積込吊り下ろし、据付
4)トラッククレーン（10トン）	1〃	〃　　〃
5)トラクターショベル（1.0m3）	2〃	土砂の掘削積込、埋戻
6)ダンプトラック（11トン）	2〃	土砂の運搬
7)カーゴトラック（8トン）	1〃	資材の運搬
8)油圧クレーン付トラック（4トン）	2〃	資材の積込、吊下ろし据付
9)ピックアップ（1トン小型トラック）	4〃	小型資材の運搬
10)ステーションワゴン	1〃	作業員の運搬
11)コンプレッサー（5.0m3／min）	2〃	ブレーカーの運転
12)コンクリートカッター	1〃	舗装道路面の切断
13)ブレーカー（削岩機4台1組）	2組	岩盤の破砕掘削（手動式）
14)パイプカッター	2台	鉄管の切断
15)コンクリートドリル	2〃	コンクリート面の穿孔
16)水圧テスト用ポンプ	2〃	配管工事終了後の水圧検査
17)スラッジポンプ	3〃	配管用工事溝の排水
18)付属品・予備品	1式	主要機械の付属品・予備品

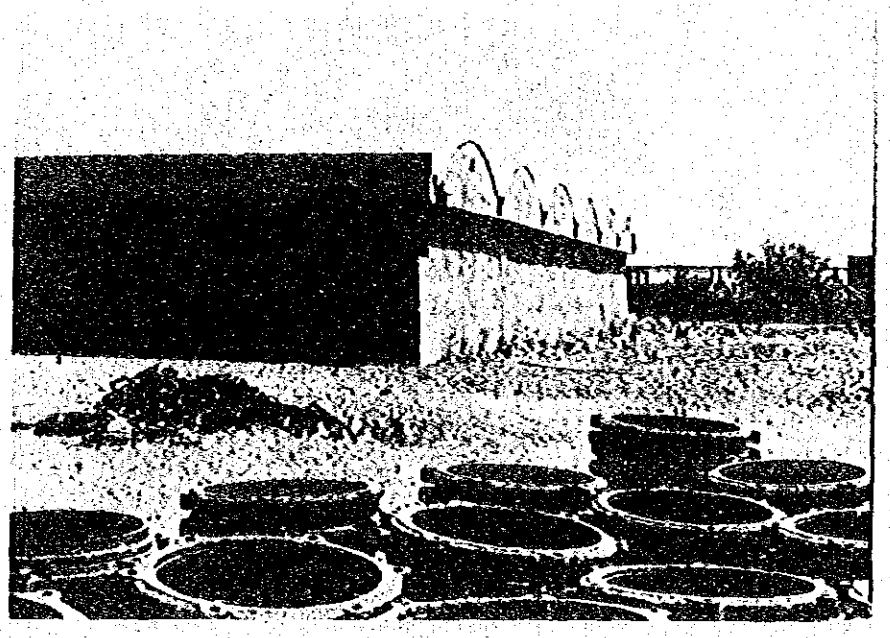
4）屋根材料

1988年 3月現在、土木工事がほぼ完了しているガミイール配水池（壁・柱および底版はコンクリート製）の屋根材として、スパン 7.0mの、アルミ製コルゲート屋根材を採用する。　これは、ほぼ同一の構造形式・材料の配水池がハルツームのモグレン浄水場内に既存しているの

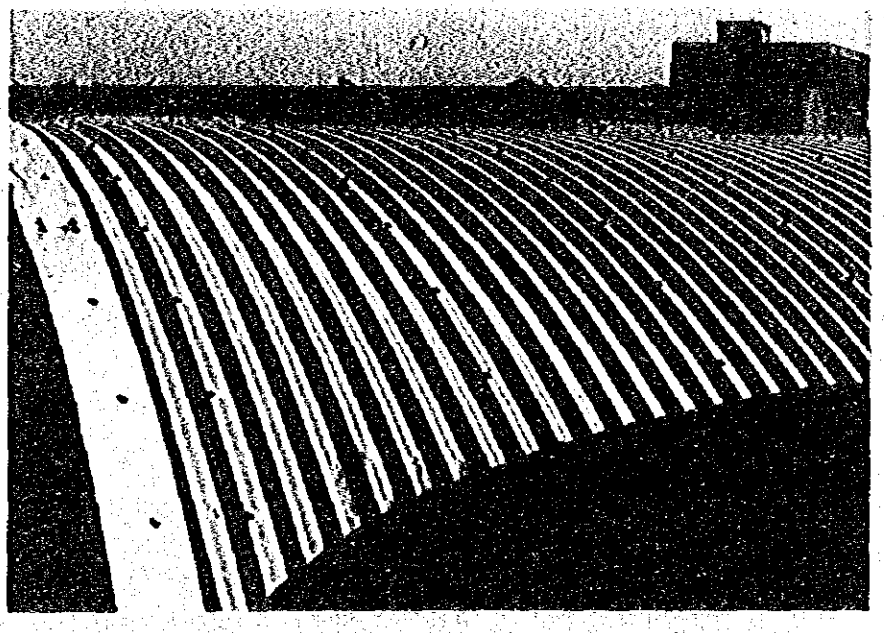
るので、その技術を踏襲するものである。なお、配水池の屋根の内で、今回の必要な供与数量は、約3,500m 2である。

5）関連機器

配水管網の維持管理に必要な機材として、漏水探知機4組を供与する計画とする。



既設配水池屋根遠景（モグレン浄水場）



既設配水池の屋根材（モグレン浄水場）

5．4　基本設計図面

次頁以下に基本設計図面を掲げる。

設計図面－1 …… 配水本管計画一般図

設計図面－2 …… 配水本管計画路線案内図

設計図面－3 …… 配水本管計画平面図　その1

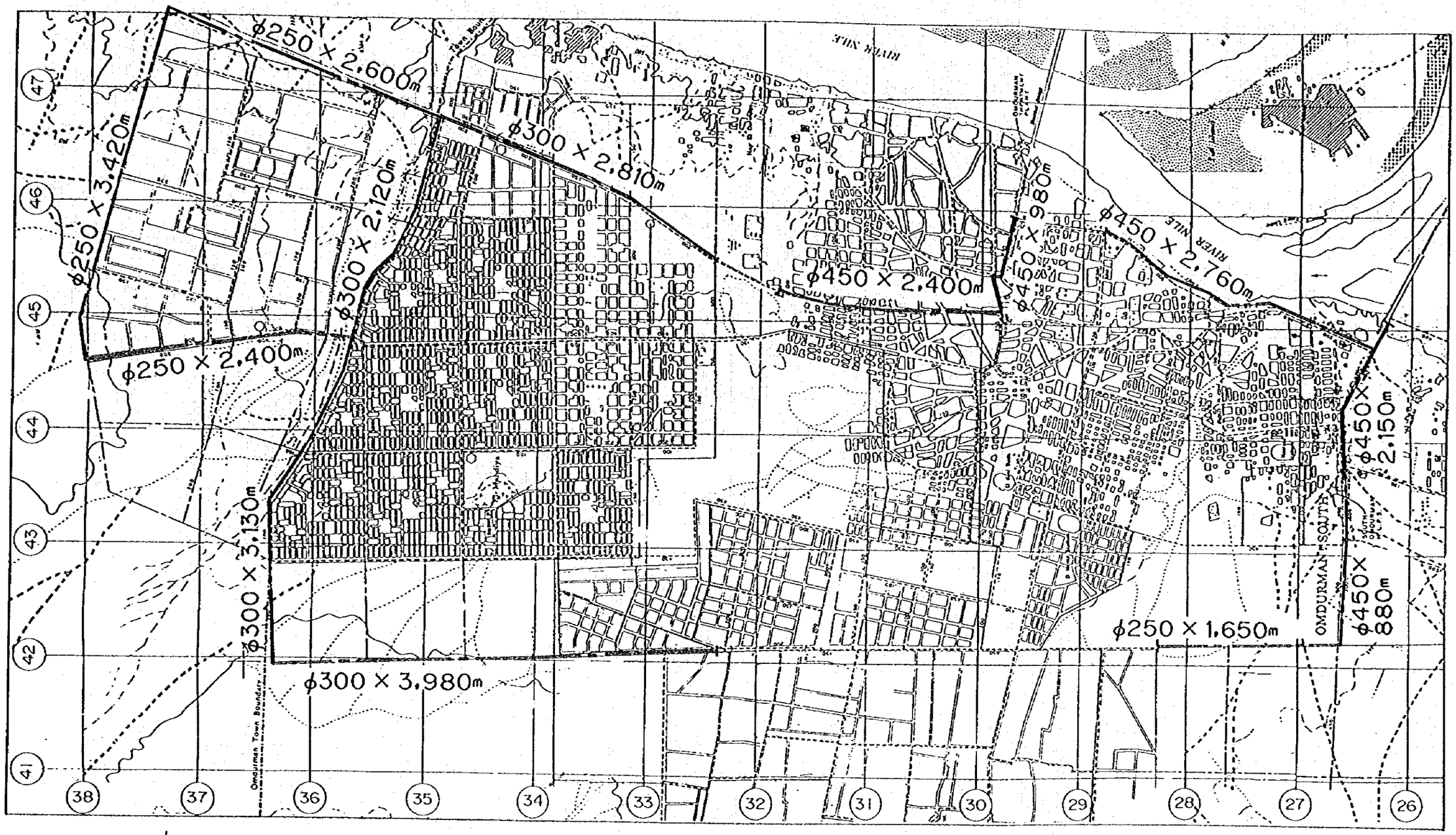
設計図面－4 ……　〃　〃　その2

設計図面－5 ……　〃　〃　その3

設計図面－6 ……　〃　〃　その4

設計図面－7 ……　〃　〃　その5

設計図面－8 …… 配水池　屋根　構造図



縮　尺

0　500m　1000m　1500m　2000m

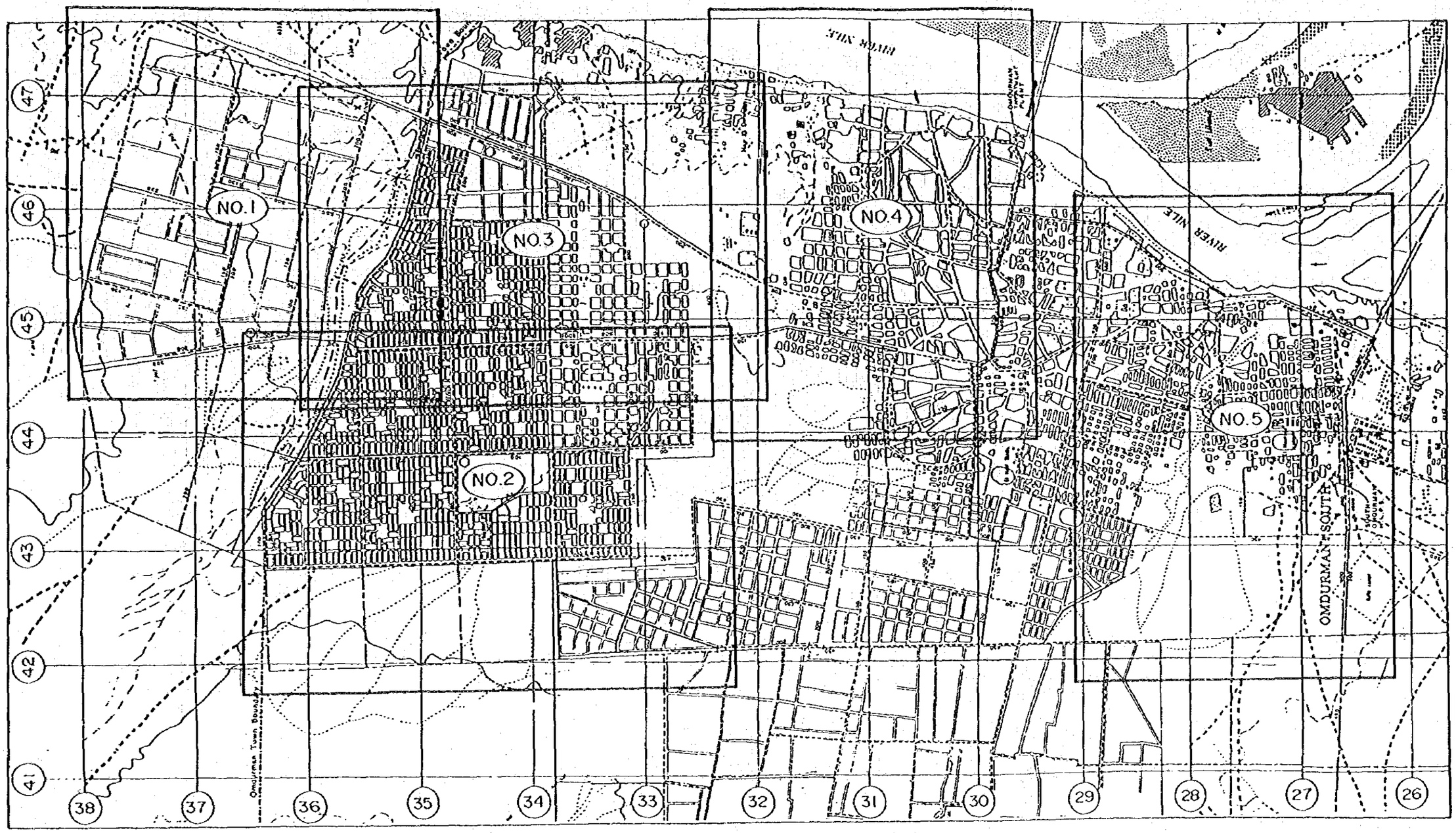
凡　例

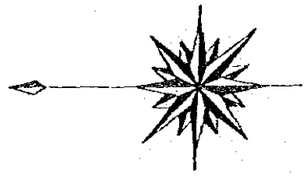
計画配管路

配水本管計画一般図

GENARAL PLAN
OF
DISTRIBUTION MAINS

OMDURMAN WATER SUPPLY





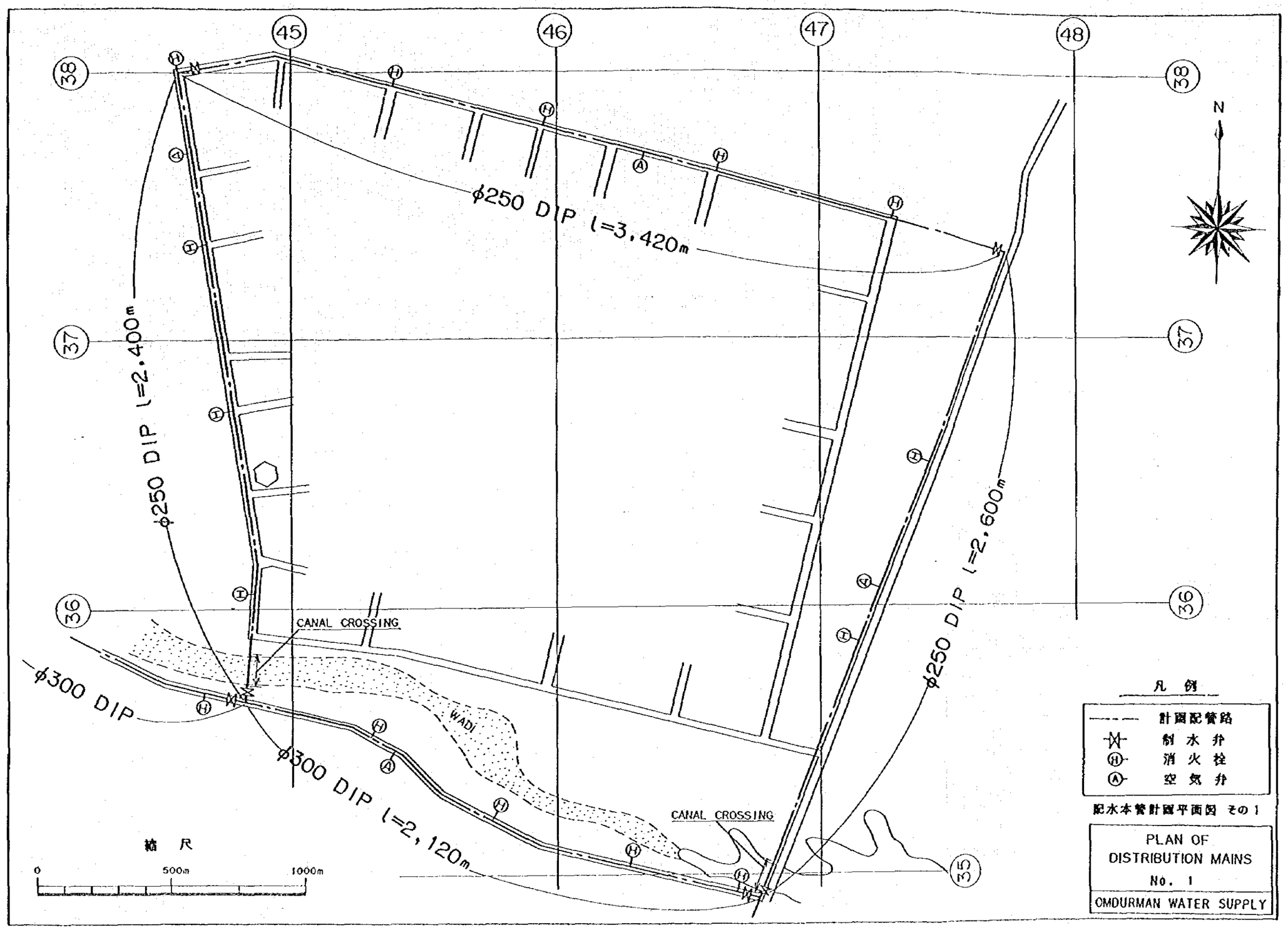
縮　尺

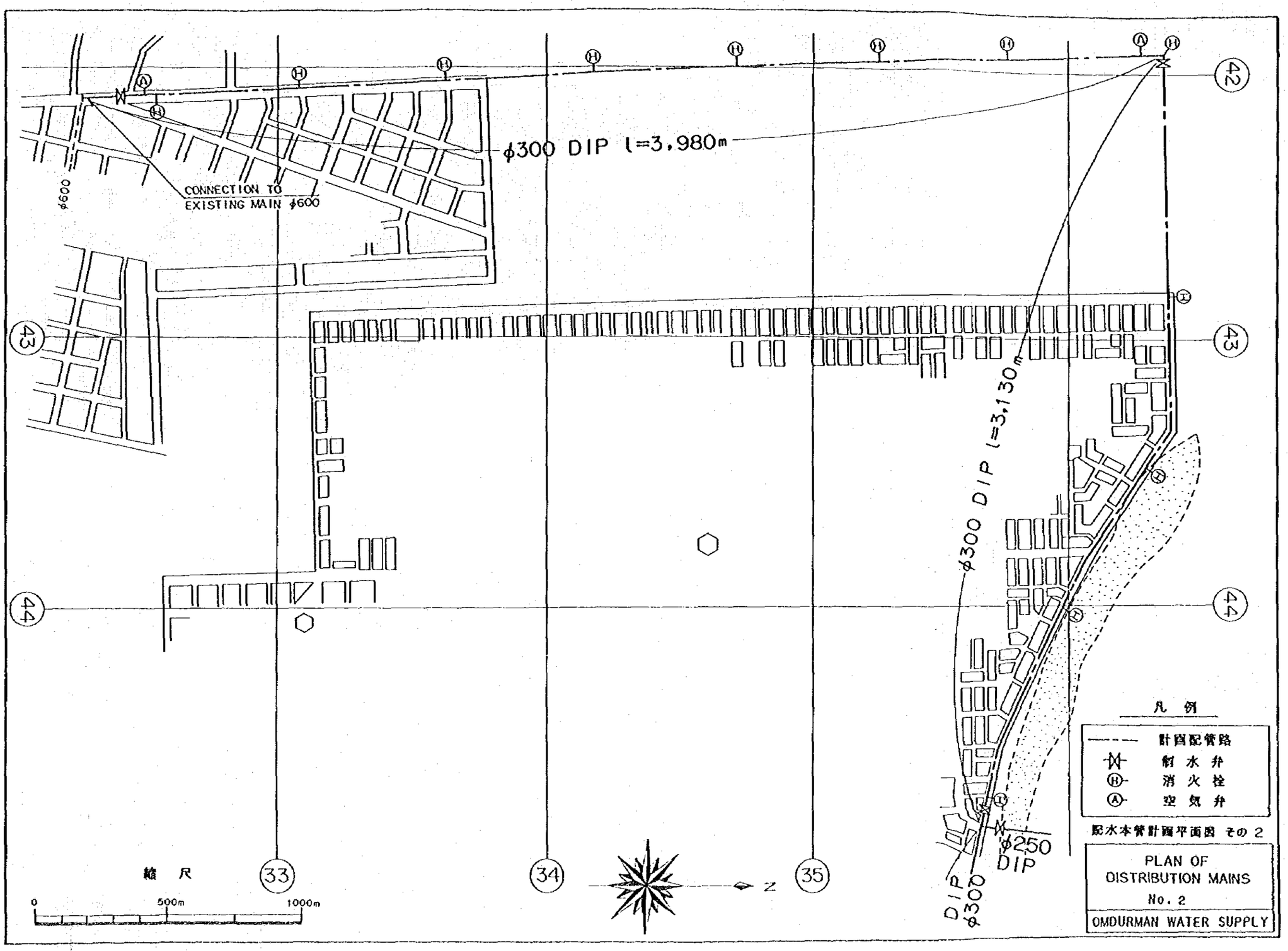
0　500m　1000m　1500m　2000m

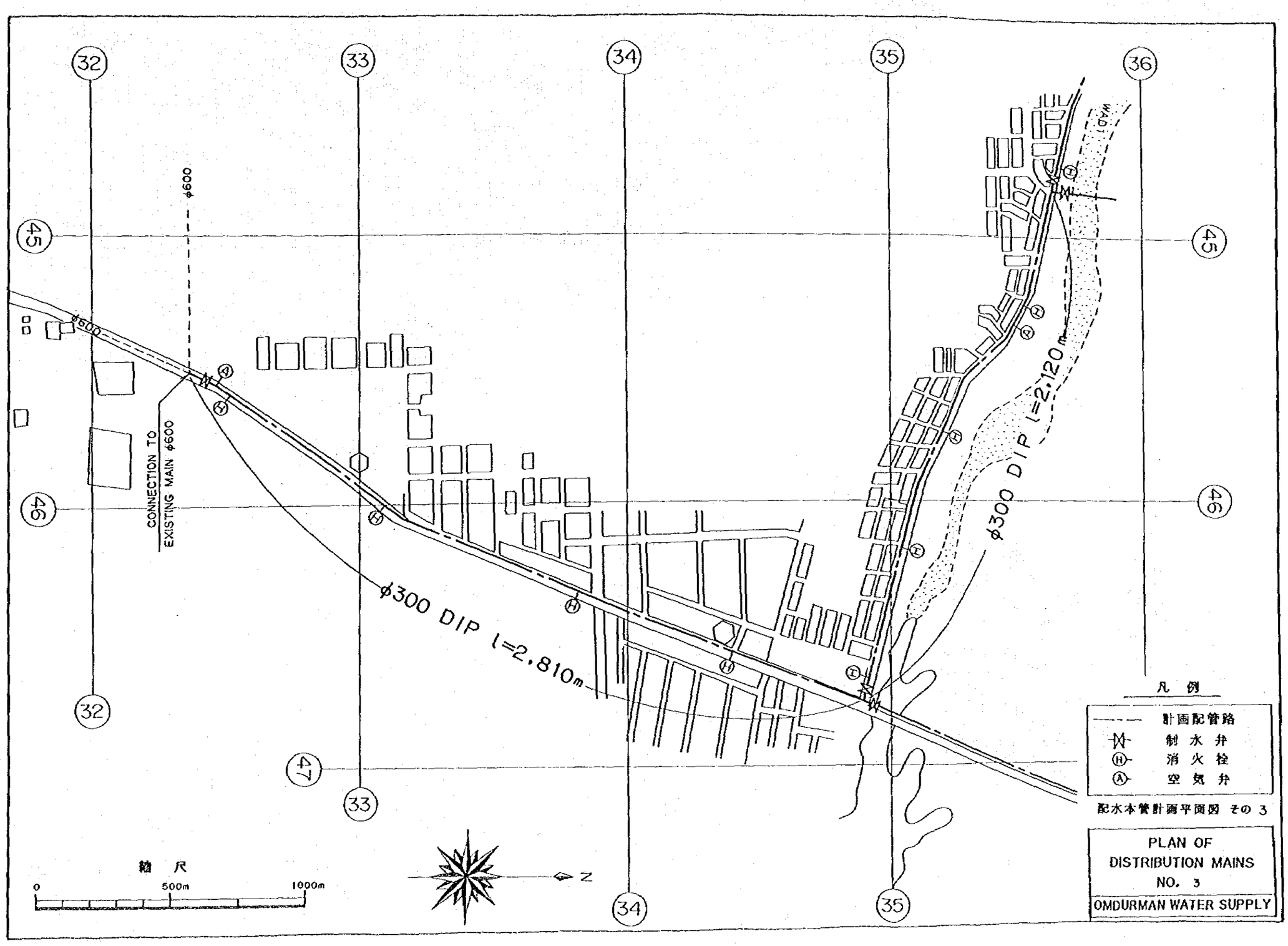
配水本管計画路線案内図

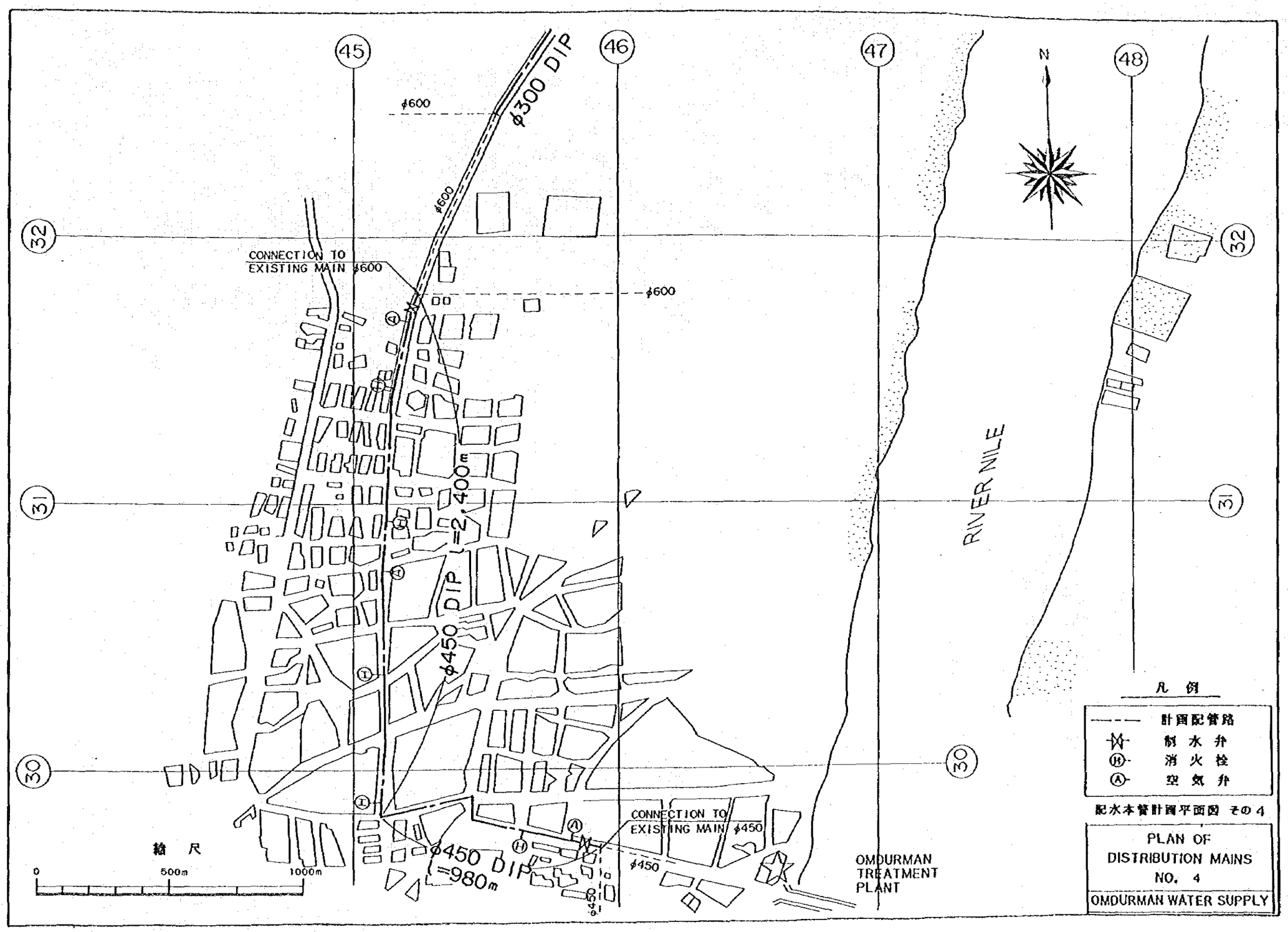
KEY MAP
OF
DISTRIBUTION MAINS

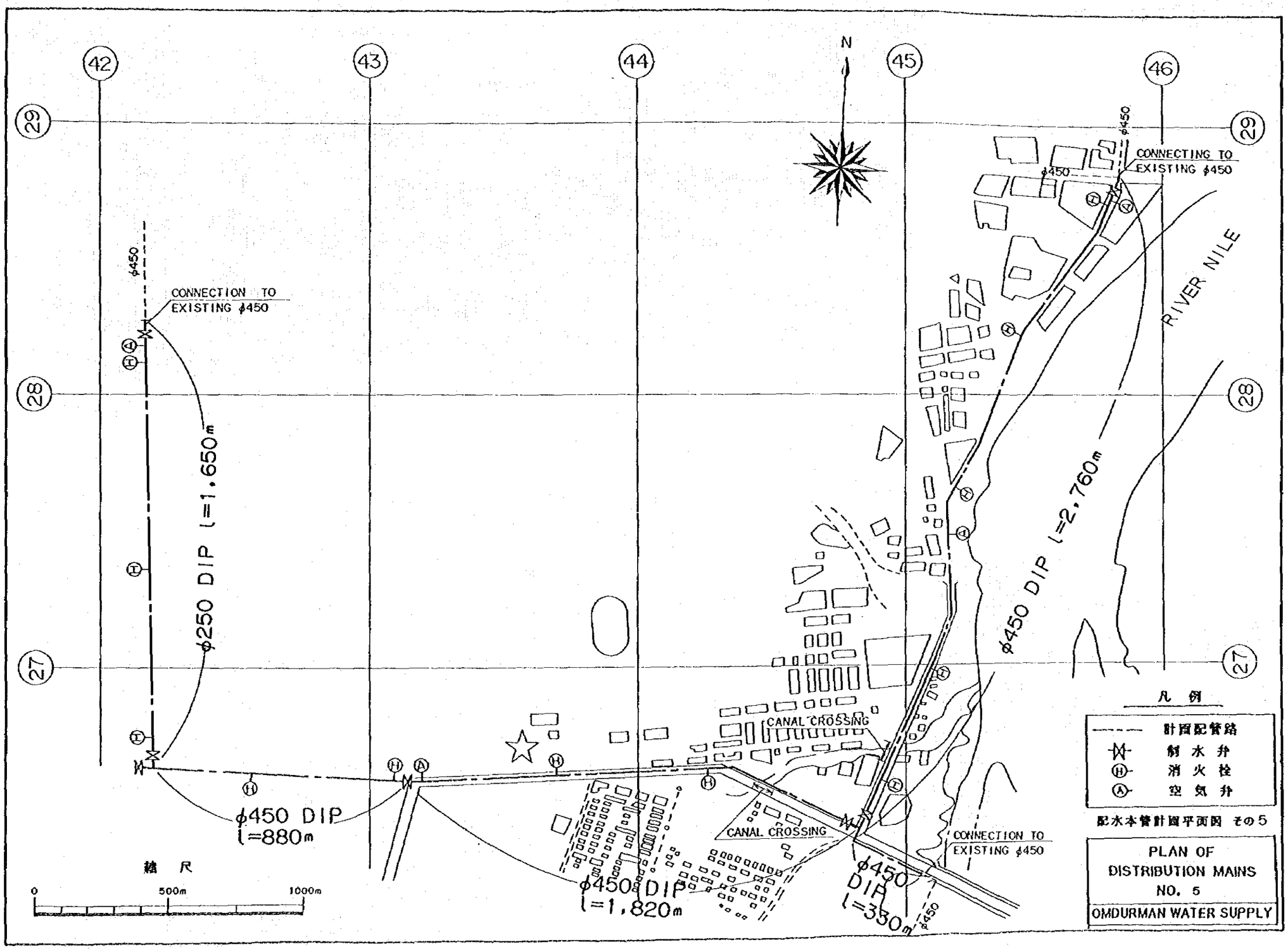
OMDURMAN WATER SUPPLY

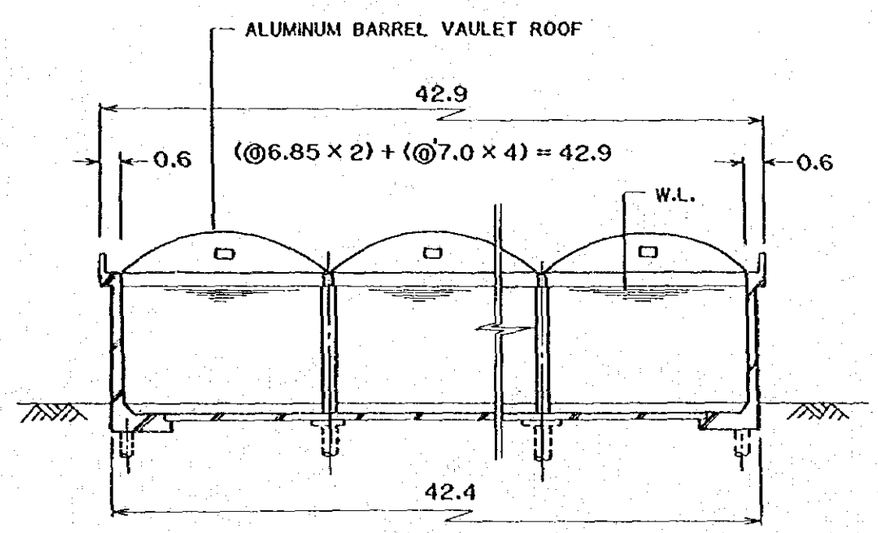

45
46
47
48
38
37
36
35
N
φ250 DIP l=3,420m
φ250 DIP l=2,400m
φ250 DIP l=2,600m
φ300 DIP
φ300 DIP l=2,120m
CANAL CROSSING
CANAL CROSSING
WADI
凡 例
計画配管路
制 水 弁
消 火 栓
空 気 弁
縮 尺
0
500m
1000m
配水本管計画平面図 その1
PLAN OF
DISTRIBUTION MAINS
No. 1
OMDURMAN WATER SUPPLY


φ300 DIP l=3,980m
CONNECTION TO
EXISTING MAIN φ600
φ600
φ300 DIP l=3,130m
φ250
DIP
DIP
φ300
42
43
44
33
34
35
N
縮 尺
0
500m
1000m
凡 例
計画配管路
制 水 弁
消 火 栓
空 気 弁
配水本管計画平面図 その 2
PLAN OF
DISTRIBUTION MAINS
No. 2
OMDURMAN WATER SUPPLY

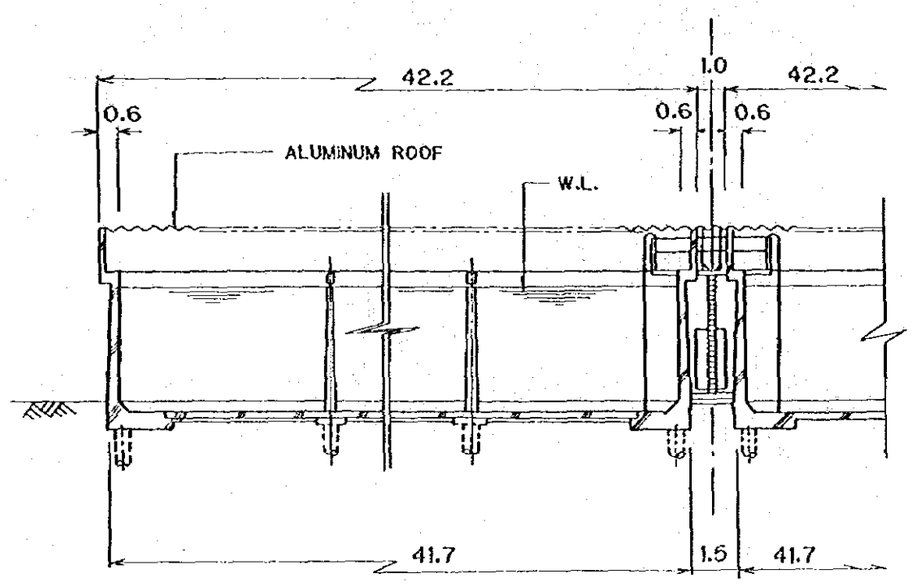

32
33
34
35
36
45
46
47
φ600
CONNECTION TO
EXISTING MAIN φ600
φ300 DIP l=2,810m
φ300 DIP l=2,120m
WADI
凡 例
計画配管路
制 水 弁
消 火 栓
空 気 弁
縮 尺
0
500m
1000m
N
配水本管計画平面図 その 3
PLAN OF
DISTRIBUTION MAINS
NO. 3
OMDURMAN WATER SUPPLY


45
46
47
48
32
31
30
N
φ300 DIP
φ600
φ600
φ600
CONNECTION TO
EXISTING MAIN φ600
φ450 DIP
=2,400m
φ450 DIP
=980m
φ450
CONNECTION TO
EXISTING MAIN φ450
φ450
φ450
RIVER NILE
OMDURMAN
TREATMENT
PLANT
縮 尺
0
500m
1000m
凡 例
計画配管路
制 水 弁
消 火 栓
空 気 弁
配水本管計画平面図 その4
PLAN OF
DISTRIBUTION MAINS
NO. 4
OMDURMAN WATER SUPPLY

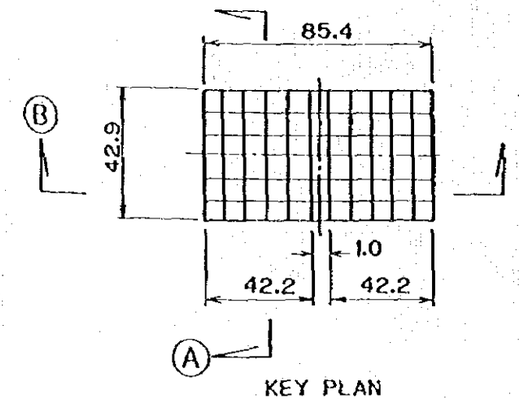

42
43
44
45
46
29
28
27
N
CONNECTING TO
EXISTING φ450
φ450
RIVER NILE
φ450 DIP l=2,760m
CONNECTION TO
EXISTING φ450
φ250 DIP l=1,650m
CANAL CROSSING
CANAL CROSSING
CONNECTION TO
EXISTING φ450
φ450 DIP
l=880m
φ450 DIP
l=1,820m
φ450
DIP
l=330m
縮 尺
0
500m
1000m
凡 例
計画配管路
制 水 弁
消 火 栓
空 気 弁
配水本管計画平面図 その5
PLAN OF
DISTRIBUTION MAINS
NO. 5
OMDURMAN WATER SUPPLY



SECTION "A"

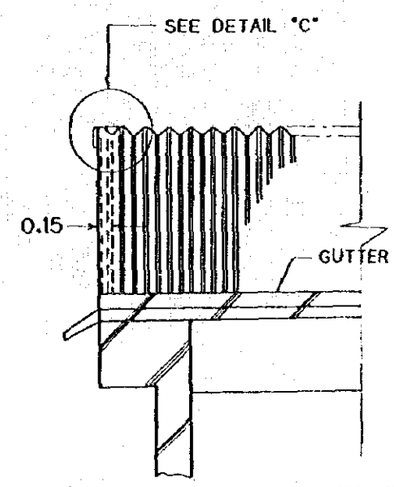


SECTION "B"

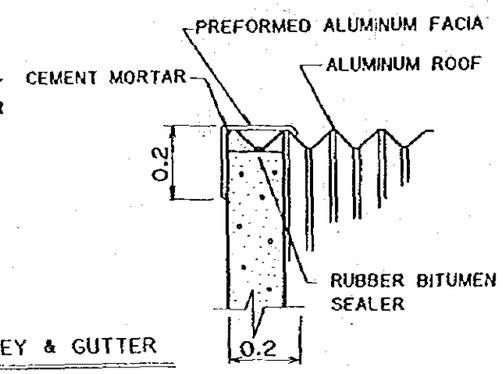


KEY PLAN

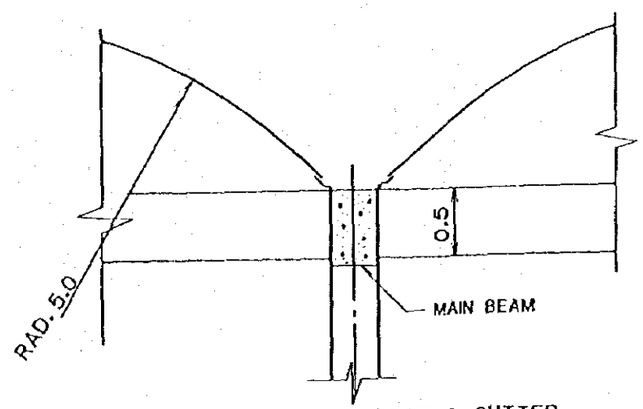
[TREATED WATER RESERVOIR]



DETAIL OF RAINWATER GULLEY & GUTTER



DETAIL "C"



SECTION THROUGH ROOF & GUTTER

配水池 屋根 構造図

ROOFING STRUCTURE
FOR
GAMAIR SERVICE RESERVOIR
OMDURMAN WATER SUPPLY