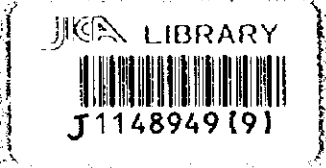


オマーン国南バチナコースト地域  
資源開発協力基礎調査報告書  
(環境調査)

第 2 年 次

平成 11 年 3 月



国際協力事業団  
金属鉱業事業団

鉱調査  
CR(2)  
99-052

10  
11  
12



オマーン国南バチナコースト地域  
資源開発協力基礎調査報告書  
(環境調査)

第 2 年 次

平成 11 年 3 月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団



1148949{9}

## は し が き

日本国政府はオマーン国政府の要請に応え、同国の北部に位置する南バチナコースト地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するための地質調査等に伴う環境調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が資源に係る環境調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

金属鉱業事業団は2名からなる調査団を編成し、平成10年11月29日から平成10年12月23日まで現地に派遣した。

現地調査はオマーン国政府機関、商業工業省鉱物総局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年次の調査結果を取りまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたオマーン国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在オマーン国大使館および関係各位に衷心より感謝の意を表するものである。

平成11年3月

国際協力事業団  
総裁 藤田公郎

金属鉱業事業団  
理事長 檜山博昭

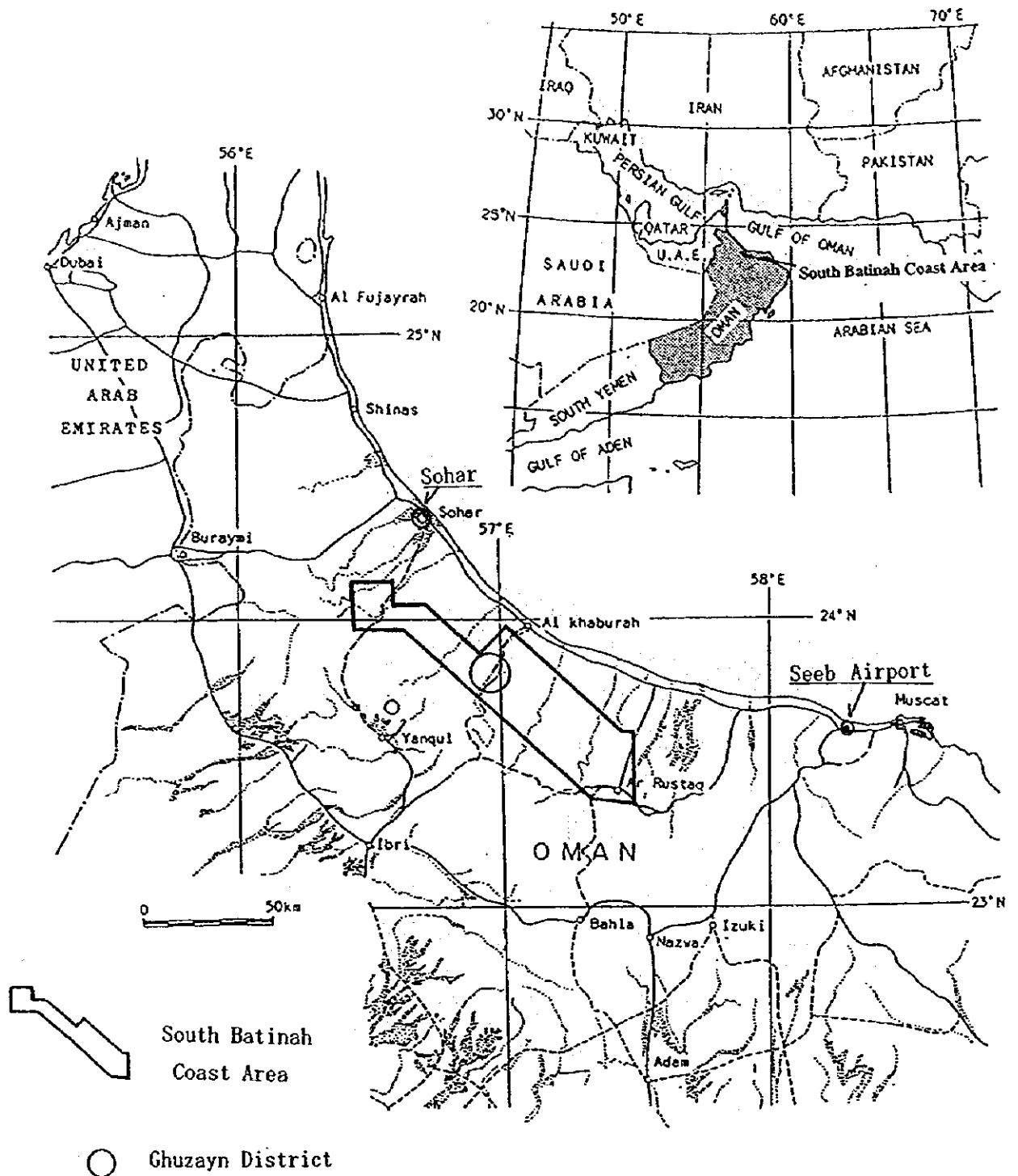


Figure 1 Location Map of the Ghuzayn District (1)

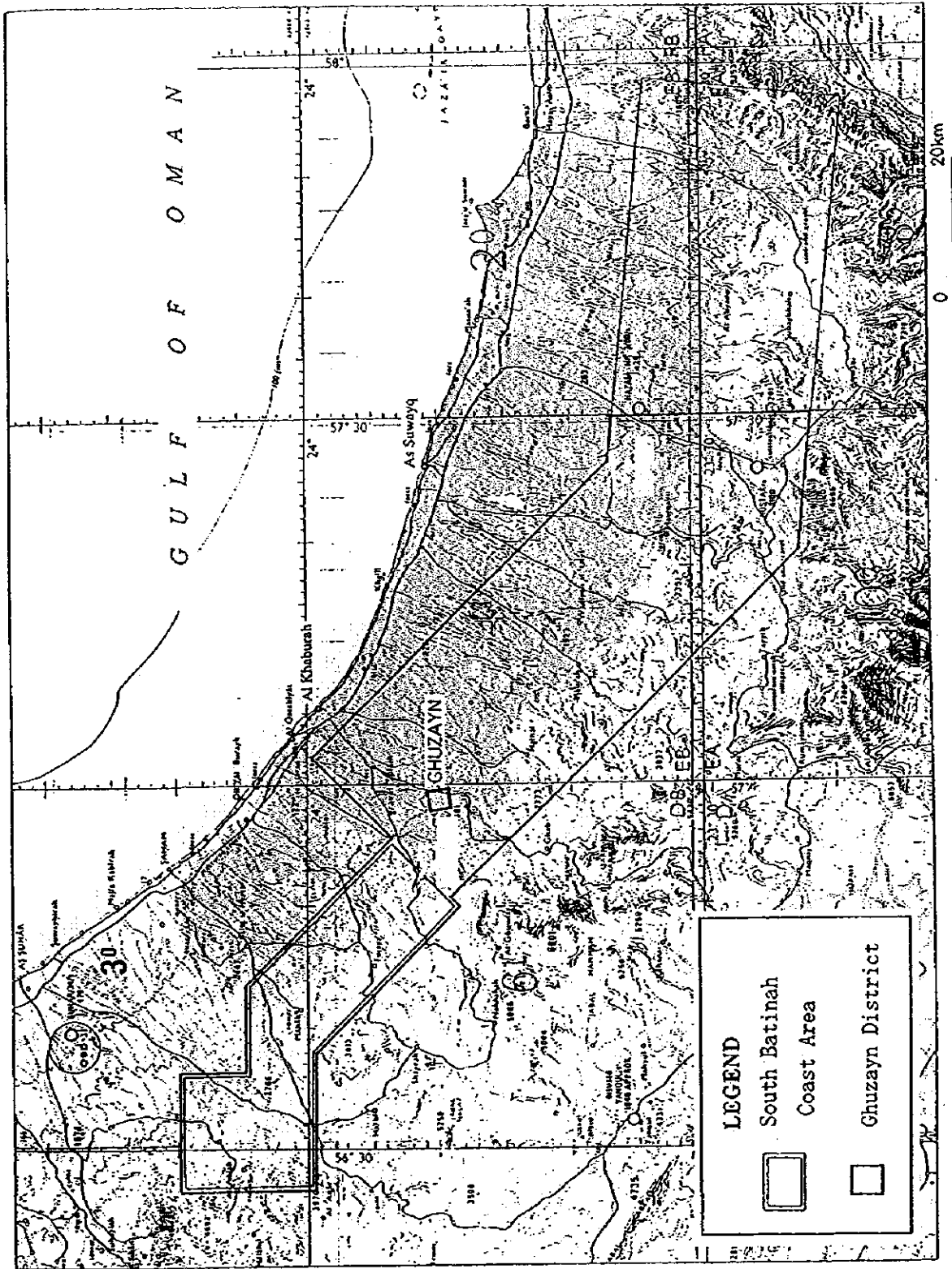


Figure 2 Location Map of the Guuzayn District (2)





## 要 約

「オマーン国南バチナコースト地域資源開発協力基礎調査（環境調査）」の調査結果は、以下のとおりである。

### （水系調査）

- ・グザイン地区はワジ・アル・ハワシナ川水系に属する。
- ・水系調査の採水地点は、河川水 3 地点 (GS-1、GS-2、GS-3) および井戸水 2 地点 (GW-1、GW-2) の合計 5 箇所である。
- ・表流水の流量は流速計を用いて測定し、用水路 (GS-1) の流量は  $4.432\text{m}^3/\text{min}$ 、表流水は GS-2 が  $1.119$  および GS-3 が  $1.213\text{m}^3/\text{min}$  であった。
- ・グザイン部落内の井戸 (GW-1) および下流側の井戸 (GW-2) はいずれも生活および灌漑用に使われている浅井戸であり、地下水位は GW-1 が深度  $-7.16\text{m}$  および GW-2 が  $-7.44\text{m}$  である。
- ・水収支の試算から、グザイン周辺の地下水は表流水のほぼ倍の水量が降雨によって供給されていると推定される。
- ・グザイン部落周辺の河川水の約半量 ( $4.4\text{m}^3/\text{min}$ ) が用水路により取水されている。
- ・水質ダイヤグラムから、河川水および井戸水は同系統の水質を示し、特にグザイン部落内の井戸水とワジ・アル・ハワシナ川の表流水が類似している。
- ・河川水および井戸水の水質は、pH が  $7.63\sim 8.46$ 、電気伝導度が  $104.9\sim 139.0\mu\text{S}/\text{cm}$ 、BOD は  $1.0\sim 3.0\text{mg}/\text{l}$  といずれも類似している。
- ・河川水および井戸水の重金属類は、Cu が  $0.03\sim 0.04\text{mg}/\text{l}$ 、Fe が  $0.14\sim 0.32\text{mg}/\text{l}$  および Mn が  $<0.01\sim 0.01\text{mg}/\text{l}$  といずれも類似している。
- ・河川水および井戸水の軽金属類は、Ca が  $31.5\sim 48.0\text{mg}/\text{l}$ 、K が  $3.34\sim 4.65\text{mg}/\text{l}$ 、Mg が  $36.3\sim 76.1\text{mg}/\text{l}$  および Na が  $107\sim 129\text{mg}/\text{l}$  であり、いずれもほぼ類似している。
- ・河川水および井戸水の陰イオン類は、Cl が  $140\sim 236\text{mg}/\text{l}$ 、 $\text{NO}_3$  が  $0.83\sim 4.69\text{mg}/\text{l}$  および  $\text{SO}_4$  が  $120\sim 140\text{mg}/\text{l}$  であり、いずれもほぼ類似している。
- ・水文モニタリング調査に関する調査体制を整え、必要な技術移転を行った。

### （ボーリング孔内水調査）

- ・ボーリング孔内水調査孔として MJOB-G2、G4、G7、G8、G15、G16、G17、G19、G25、G26、G28、G32 および G36 の 13 孔を選定し、水位回復試験を実施した。
- ・調査区域内の透水係数は、 $10^{-4}\sim 10^{-7}\text{cm}/\text{s}$  のオーダーであり、G36 孔が  $10^{-4}\text{cm}/\text{s}$  のオーダーと透水性がやや良好である。
- ・河川堆積物は調査区域の西部のワジ・アル・ハワシナ川に沿って分布し、その層厚は  $6.90\sim 15.10\text{m}$  である。

- ・低位段丘堆積物は調査区域全域に分布し、層厚は7.30～28.97mである。低位段丘堆積物の底面に凹凸が認められる。
- ・地下水の主要な流動層として、未固結の砂礫層である河川堆積物、低位段丘堆積物および基盤内の亀裂発達部が推定される。
- ・調査区域内の地下水面は南東部から北西部にかけて、水平距離2km間で標高175m～165m～155mと緩やかな傾斜(0.6°)を有する。
- ・No. 2 鉦体におけるボーリング MJOB-G5、G16、G22 および G28 の地下水位は標高176m付近にあり、周辺の地下水位より5～10m高く、凸状を呈している。
- ・調査区域内の地下水は No. 2 鉦体を中心に放射状に流動している可能性があるが、原因は不明である。
- ・ボーリング孔内には掘削用泥材(EG-mud)が未だ残留していると推定され、水位回復試験に影響を与えている。
- ・ボーリング孔内水の水質は、pHが7.08～11.28の範囲にあり、特にG16、G17およびG25はアルカリ性を示し、掘削時のセメンチングの影響と推定される。
- ・電気伝導度は20.5～1999 $\mu$ S/cmであり、特にG8、G12、G32およびG36が1000 $\mu$ S/cm以上である。水温は28.7～35.3℃の範囲にあり、平均気温26.5℃よりも高温である。
- ・ボーリング孔内水の重金属類は、Cuが0.02～0.46mg/l、Feが0.93～32.90mg/l、Mnが0.05～0.84mg/l、Znが0.02～7.00mg/lの範囲にある。
- ・SO<sub>4</sub>は110～1230mg/lの範囲にあり、特にG8、G12およびG26がやや高い濃度を示す。
- ・表層地下水および鉦体付近である深層地下水中の重金属類の濃度差は、Mn以外は認められなかった。MnはG8、G18、G22、G26、G32およびG36の深層地下水に高い値が認められた。
- ・ボーリング孔内水の水質および透水係数に掘削用泥材の影響が認められた。

#### (将来への提言)

- ・既存のボーリング孔が掘削時の泥材の影響を未だ受けていることから、新たに水文調査用のボーリング孔を鉦床の上流側および下流側に設置する必要がある。
- ・グザイン地区の開発に先立ち検討される概念設計に必要な環境の資料・情報が不十分であることから、本地区の環境調査を実施する必要がある。また、当調査はフィージビリティ調査時の環境影響評価(EIA)にも十分利用できる精度が望ましい。
- ・環境調査の調査項目は大気質、水質、地下水、土壌質、騒音・振動および社会環境からなる。
- ・本調査における水質モニタリング調査は将来も継続されることが望ましい。

## 目 次

はしがき  
調査地位置図  
要 約  
目 次

(頁)

### 第 I 部 総 論

第 1 章 調査概要	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 調査目的	1
1-3 調査位置	1
1-4 調査期間	1
1-5 調査内容	1
1-5-1 水系調査	1
1-5-2 ボーリング孔内水調査	2
1-6 調査団の編成	3
第 2 章 調査地域概要	4
2-1 位置および交通	4
2-2 地形および水系	4
2-3 気候および植生	4
第 3 章 調査地区の既存データ解析	7
3-1 地質概要	7
3-2 鉱床概要	9
3-3 環境(環境関連法制度)	9
第 4 章 調査結果の総合検討	13
4-1 水系調査結果	13
4-1-1 河川調査結果	13
4-1-2 井戸調査結果	13
4-1-3 水質分析結果	14
4-1-4 調査・観測体制の確立	14
4-1-5 気象データの収集	14
4-2 ボーリング孔内水調査	14
4-2-1 水位回復試験調査ボーリング孔の選定	14
4-2-2 水位回復試験調査	15

4-2-3 水質分析	16
第5章 結論および将来への提言	17
5-1 結論	17
5-2 提案	18

## 第II部 各論

第1章 水系調査結果	19
1-1 調査目的	19
1-2 調査位置	19
1-3 調査方法	19
1-3-1 河川調査	19
1-3-2 井戸調査	19
1-4 調査結果	21
1-4-1 河川調査結果	21
1-4-2 井戸調査結果	22
1-4-3 水質分析結果	23
1-4-4 調査・観測体制の確立	30
1-4-5 気象データの収集	30
第2章 ボーリング孔内水調査	37
2-1 調査目的	37
2-2 調査位置	37
2-3 調査方法	37
2-3-1 水位回復試験調査ボーリング孔の選定	37
2-3-2 水位回復試験調査	37
2-3-3 水質分析	37
2-4 調査結果	38
2-4-1 水位回復試験調査ボーリング孔の選定結果	38
2-4-2 水位回復試験調査結果	38
2-4-3 水質分析結果	50
第3章 考察	54
3-1 水文状況	54
3-1-1 水収支	54
3-1-2 地下水の賦存状況	58
3-2 水質状況	63
3-2-1 水質ダイヤグラム	63

3-2-2	ボーリング孔内水の水質	64
3-3	鉱床の水質への影響	67

### 第 III 部 結論および将来への提言

第 1 章	結論	68
第 2 章	将来への提言	70

#### 参考文献

- 巻末資料 :
1. 流量測定カード
  2. ボーリング孔内水調査カード
  3. 気象データ

## 圖 表 一 覽

(頁)

(圖面)

Figure 1	Location Map of the Ghuzayn District (1)	
Figure 2	Location Map of the Ghuzayn District (2)	
Figure I-2-1	Topographic Map of the Ghuzayn District .....	5
Figure I-2-2	Drainage System in the Ghuzayn District .....	6
Figure I-3-1	Geologic Map of the Ghuzayn District .....	9
Figure I-3-2	Location Map of Ore Deposits in the Ghuzayn District .....	10
Figure II-1-1	Location Map of the Hydrological Investigation .....	20
Figure II-1-2	Analytical result of River and Well Water (1)~(5) .....	25
Figure II-1-3	Air Temperature in Sohar .....	32
Figure II-1-4	Air Temperature in Seeb Airport .....	33
Figure II-1-5	Rain-fall in Sohar and Seeb Airport .....	34
Figure II-1-6	Surface Wind Direction and Wind Speed in Sohar .....	35
Figure II-1-7	Surface Wind Direction and Wind Speed in Seeb Airport .....	36
Figure II-2-1	Result of Recovery Test in the Ghuzayn District (1)~(5) .....	44
Figure II-3-1	Schematic Water Balance in the Ghuzayn District .....	55
Figure II-3-2	Topographic Map in the Ghuzayn District .....	59
Figure II-3-3	Geologic Section in the Ghuzayn District .....	61
Figure II-3-4	Contour map of the basement .....	61
Figure II-3-5	Water Table in the Ghuzayn District .....	63
Figure II-3-6	Hexadiagram and Key Diagram of Water Quality in the Ghuzayn District .....	65

(表)

Table I-1-1	Content of the Study .....	2
Table I-1-2	Water Quality Analysis for Surface Water .....	2
Table I-1-3	Water Quality Analysis for Groundwater .....	3
Table I-1-4	Participants for the Project .....	3
Table I-3-1	Laws and Regulations Related to the Environment .....	11
Table I-3-2	Effluent Standard of Waste Water .....	12
Table I-4-1	Measurement Result of Discharge and Water Quality .....	13

Table I-4-2	Measurement of Water Level and Water Quality	14
Table I-4-3	Permeability Coefficient	15
Table II-1-1	Measurement Method of Discharge	19
Table II-1-2	Measurement Result of Discharge and Water Quality	22
Table II-1-3	Measurement Result of Water Level and Water Quality	23
Table II-1-4	Analytical Results of Water in the Ghuzayn District	24
Table II-1-5	Monitoring Plan in the Ghuzayn District	30
Table II-2-1	Measurement Time for the Recovery Test	37
Table II-2-2	Existing Borehole in the Ghuzayn District	39
Table II-2-3	Selected Borehole for Hydrological Investigation in the Ghuzayn District	40
Table II-2-4	Result of Recovery Test in the Ghuzayn District (1)~(3)	41
Table II-2-5	Permeability Coefficient	49
Table II-2-6	Analytical Result of the Groundwater in the Ghuzayn District	51
Table II-3-1	Geological Feature of the Existing Bore Holes	60
Table II-3-1	Hydrological Condition of Existing Bore Holes In the Ghuzayn District	62

# 第 1 部 総 論



## 第1章 調査概要

### 1-1 調査の経緯

南バチナコースト地域グザイン地区の鉱床調査は、1970年代の Prospection Ltd. によるオマーン山脈銅鉱床探査としてグザインのゴッサン周辺部にボーリング調査および物理探査が実施され、ゴッサン近傍の小規模鉱体が発見された。その後、1980年代に石油鉱物省 (Ministry of Petroleum and Minerals, Sultanate of Oman) と BRGM による広域地質・鉱物調査の一環として地質調査、ボーリング調査および物理探査が実施されたが、ほとんど成果は得られなかった。

金属鉱業事業団 (MMAJ) は平成7 (1995) 年以降、中央バチナコースト地域において資源開発協力基礎調査を実施した。その結果、グザイン地区において塊状硫化鉱床の2鉱体が捕捉された。その後、グザイン地区を含めて南バチナコースト地域の探査が精力的に進められている。

グザイン地区の主要鉱体は現在まで3鉱体が確認されており、ゴッサンの西方2 km の範囲に分布し、将来の銅鉱床開発が期待されている。

### 1-2 調査目的

本調査は、オマーン国南バチナコースト地域において平成9年度から実施中の資源開発協力基礎調査に関連して開発可能性評価における環境データの取得を目的とする。

### 1-3 調査位置

オマーン国南バチナコースト地域 (カブラ郡) グザイン地区 (Figure 1)。

### 1-4 調査期間

調査期間は平成10年11月16日から平成11年2月26日までであり、そのうち現地調査期間は平成10年11月29日から平成10年12月23日の25日間である。

### 1-5 調査内容

本調査は水系調査およびボーリング孔内水調査からなり、各調査の内容を Table I-1-1 に示す。

#### 1-5-1 水系調査

##### (1) 河川水および井戸の調査

水系調査の地点は、河川および井戸の5カ所である。河川の現地測定内容は水量、pH、電気伝導度および水温からなり、井戸調査の内容は孔内水位、pH、電気伝導度および水温からなる。

Table I-1-1 Content of the Study

Items of the survey	Content of the survey	Remarks
1. Hydrological investigation	Hydrological measurement	Discharge, pH, EC, water temperature
	Water sampling	5 points
	Water quality analysis	27 components
2. Water investigation of drilling holes	Hydrological measurement (37 holes)	Groundwater level, pH, electric conductivity and water temperature
	Recovery test	13 holes
	Water quality analysis	10 components

(2) 調査・観測体制の確立

水質分析は5試料であり、分析項目はTable I-1-2の25成分である。

Table I-1-2 Water Quality Analysis for Surface Water

Number of samples	Components of water quality analysis
5	BOD, COD, SS, TDS, Faecal coliform, Total coliform, As, Ca, Cd, Cl, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, V, Zn, NO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , Total alkalinity (25 components)

(3) 調査・観測体制の確立

水系調査を含む水文調査の長期間のデータ取得に関する調査・観測体制について、相手国機関に委ねるための技術移転を行う。

(4) 気象データの収集

ソハールおよびシーブ空港 (Figure 1) における過去10年分の気象データの収集・解析を行う。

1-5-2 ボーリング孔内水調査

ボーリング孔内水調査は、水位回復試験および水質分析からなる。

水位回復試験使用孔は既存のボーリング調査孔の合計13孔であり、孔内水の現地

測定内容は水位、電気伝導度および水温からなる。

水質分析は既存ボーリング孔の 33 孔の孔内水が対象であり、分析項目は Table I-1-3 の 10 成分である。

Table I-1-3 Water Quality Analysis for Groundwater

Number of samples	Components of water quality analysis
5	Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, As, Fe, Mn, Hg, SO <sub>4</sub> (10 components)

#### 1-6 調査団の編成

本調査に従事する調査団は、団長及び水文・環境の 2 名からなり、監督員、調査員およびオマーン国側のカウンターパートの編成を Table I-1-4 に示す。

Table I-1-4 Participants for the Project

Inspection of the field work	
Noboru Fujii	MMAJ *1

\*1 MMAJ : Metal Mining Agency of Japan

Japanese counterpart			Omani counterpart	
Toshio Koizumi	Team leader	OMRD *2	Salim Omer Ibrahim	MCI *3
Mikio Kajima	Hydrology/ Environment	OMRD	Khalid Al-Toobi	MCI

\*2 OMRD : Overseas Mineral Resources Development Co., Ltd.

\*3 MCI : Ministry of Commerce and Industry, Sultanate of Oman

## 第2章 調査地域概要

### 2-1 位置および交通

オマーン国は、アラビア半島の南東端に位置する面積約 30 万 km<sup>2</sup>の国土を有し (Figure 1)、その首都はマスカット (Muscat) である。人口は 201.8 万人 (1993 年) である。

オマーン国の北部に位置する南バチナコースト地域は、オマーン湾の海岸線に平行する標高 2,600m を越えるハジャール山脈の北東側に面し、総面積 2,900km<sup>2</sup>の範囲である。

グザイン地区は南バチナコースト地域の北西部のカブラ (Khaburah) 郡に属し、北緯 23° 50' 東経 56° 59' に位置する。

首都のマスカットよりグザイン地区までは、カブラを経由する舗装道路が接続しており、交通は至便である。マスカットからグザイン地区間は約 170km であり、車行で約 2 時間を要する。

### 2-2 地形および水系

グザイン地区はハジャール山脈の北東側の丘陵地帯とオマーン湾に沿う海岸平坦面の境界部に位置する。南半部は標高 250~500m の丘陵地であり、北半部は標高 175~200m の低位段丘平坦面からなる (Figure I-2-1)。

グザイン地区の水系はワジ・アル・ハワシナ (Wadi al Hawasinah) 川に属し、殆ど潤沢 (wadi) である。ワジ・アル・ハワシナ川はハジャール山脈の中央部から発し、グザイン部落の東部で西側に大きく曲流し、北西方向 (本流) および北北東方向 (支流) の 2 方向に枝分れして流出している。

段丘面上には小規模なガリー状の侵食地形が発達し、いずれもワジ・アル・ハワシナ川の支流として合流している (Figure I-2-2)。

ワジは所々で伏流水が湧出し、小規模な表流水を形成しているが、グザイン部落周辺でも湧出地点が分布している。また、湧出水は用水路 (ファラージ) により、飲料水および灌漑用水としてグザイン部落まで引水されている。

### 2-3 気候および植生

グザイン地区は乾燥気候であり、バチナコースト地域の平均降雨量は 120mm (ソハール、1980~1997) である。平均気温は 26.5°C (最高気温 50.0°C、最低気温 5.7°C) である。夏季 (暑期) は 4 月~9 月であり、冬季は 10 月~3 月で希に降雨がある。

グザイン地区周辺の植生は、オアシスであるグザイン村周辺を除いて植生は希であり、岩石あるいは礫砂漠様を呈している。

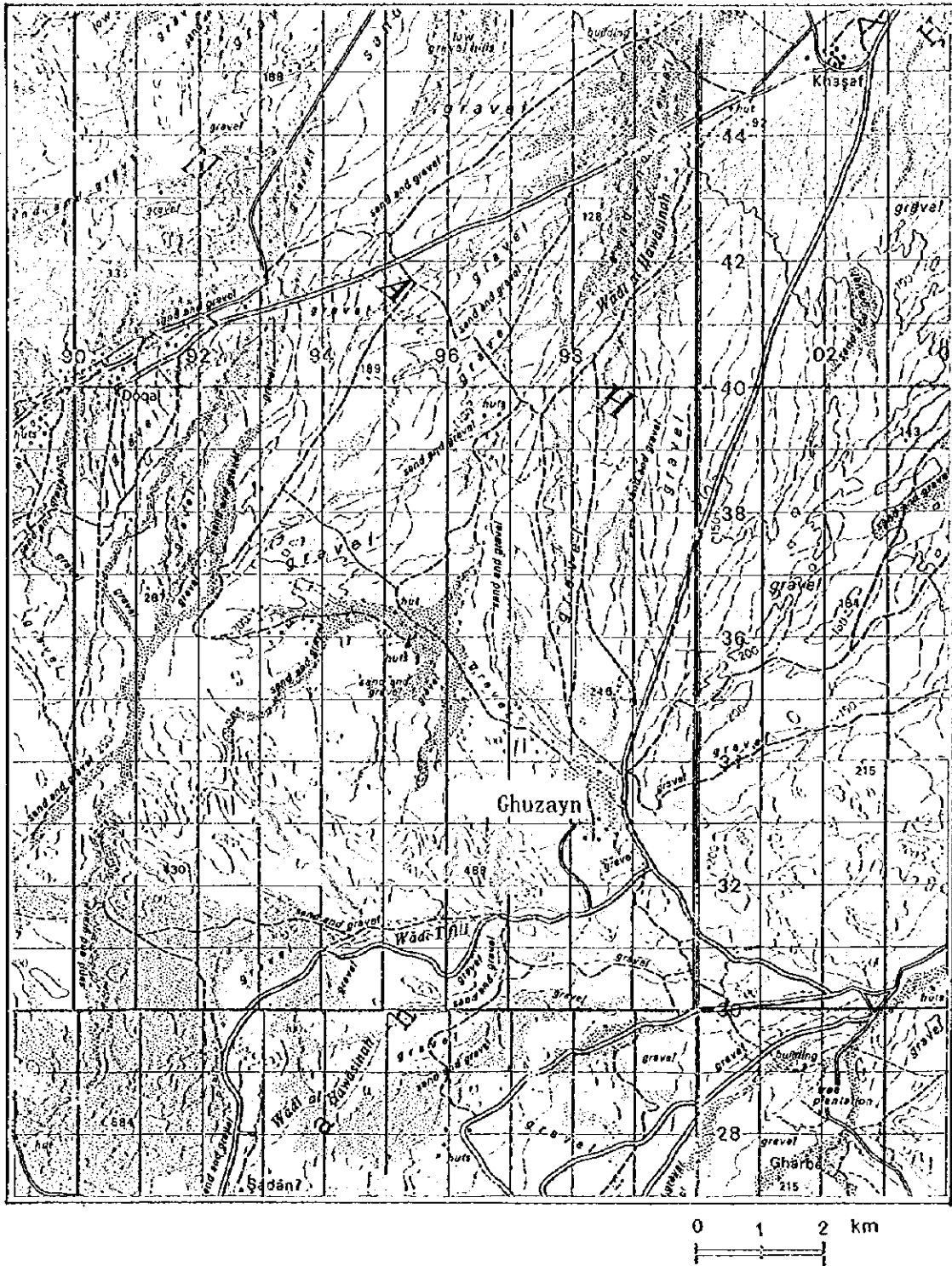
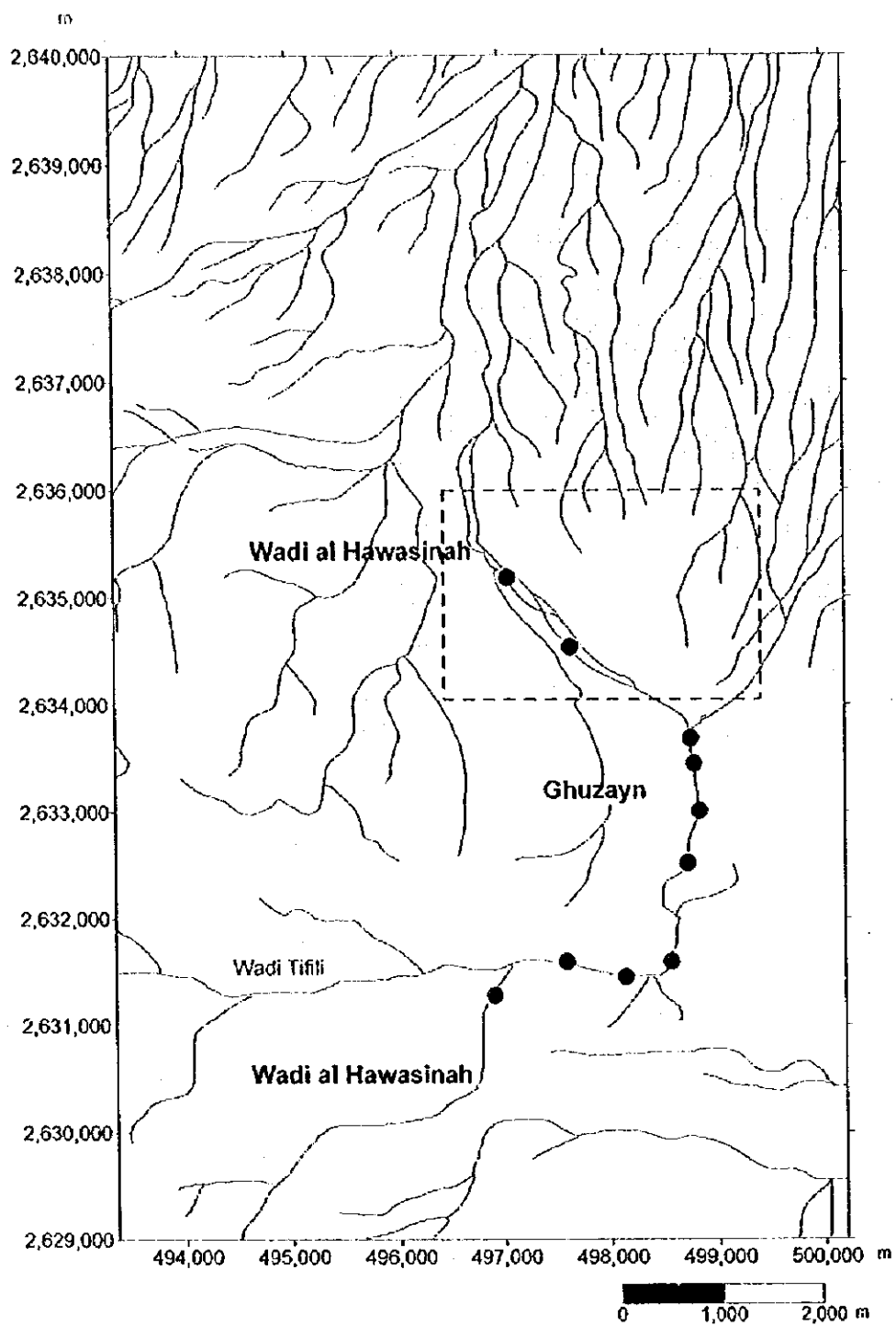


Figure I-2-1 Topographic Map of the Chuzayn District



**Legend**




-  Wadi
-  Investigation area of bore holes
-  Spring point of river bed water

Figure I-2-2 River System in the Ghuzayn District

### 第3章 調査地区の既存データ解析

#### 3-1 地質概要

オマーン山脈北部の地質は、概略的には下位より先後期二疊期の原地性（アラビアン・プレート）～準原地性の基盤岩類およびその上位に衝上した異地性岩体であるハワシナ・ナッペ（Hawasinah Nappe）およびサマイル・ナッペ（Samail Nappe）、原地性第三紀のポスト・ナッペ・ユニット（Post-nappe Unit）および第四系（Quaternary）からなる。

グザイン地区にはサマイル・ナッペ（Samail Nappe）および第四系が分布する（Figure I-3-1）。

サマイル・ナッペは主にオフィオライト（Ophiolite）からなり、下位よりテクトナイト（Tectonites）、キュームレイト・シークエンス（Cumulate Sequence）、ハイレベル・ガブロ（High-level Gabbro）、シート状岩脈群（Sheeted-dyke Complex）、サマイル火山岩類（Samail Volcanic Rocks）およびオフィオライト上部堆積物（Supra-ophiolite Complex）からなる。本調査地区南部の山岳部には主にキュームレイト・シークエンス、ハイレベル・ガブロ、シート状岩脈群等からなり、調査地区の中央部から北部にかけては主にサマイル火山岩類の下部および中部火山岩類が分布するのみである。また、調査地区の北部はその殆どが第四系に覆われている。

キュームレイト・シークエンスは主に層状の単斜輝石ガブロ（CG）からなり、オリビンガブロ、単斜輝石岩等を伴う。

ハイレベル・ガブロ（GU）はキュームレイト・シークエンスの上部に位置し、主に等粒状の角閃石単斜輝石ガブロからなる。

シート状岩脈群（SD）はグザイン部落の東部および西部に分布し、主にドレライトからなり、幅0.5～2.0mを有している。

下部火山岩類（SV<sub>1</sub>）には、下部噴出岩類（SV<sub>1-1</sub>）および上部噴出岩類（SV<sub>1-2</sub>）に区分される。下部噴出岩類（SV<sub>1-1</sub>）は主に茶褐～灰褐色の玄武岩からなり、直径0.8～2.0mの枕状溶岩、塊状のシート状溶岩、ハイアロクラスタイト等からなる。

枕状溶岩、シート状溶岩等は放射状あるいは柱状節理が発達し、緑色変質を受けている。岩質としては硬質でやや亀裂が発達している。

上部噴出岩類（SV<sub>1-2</sub>）は直径0.1～1.0mの淡緑色から紫灰色の玄武岩であり、殆ど枕状溶岩からなる。ピローの周囲にバリオール組織が良く発達し、ハイアロクラスタイトが薄いことが特徴となっている。本岩も放射状節理が発達し、緑色変質を受けているが、岩質は硬質でやや亀裂が発達している。

中部火山岩類（SV<sub>2</sub>）は調査地区の北部に小丘として点在するのみであり、主に玄武岩質～安山岩質枕状溶岩および塊状溶岩からなる。枕状溶岩は直径0.5～3.0mの淡緑～灰緑色を呈し、放射状節理が発達し、風化を強く受けている。

第四系は調査地区に広く分布し、主に低位段丘堆積物および河川堆積物からなる。

グザイン地区の地質構造は、原地性～準原地性の基盤岩類の上位に衝上したデッケ構造の北東端に位置し、北東に緩く傾斜する同斜構造からなる。また、WNW-ESE系およびNW-SE系の高角度の断層が認められる。

### 3-2 鉱床概要

現在、グザイン地区にはNo. 1、No. 2 およびNo. 3の3鉱体が確認されている (Figure II-3-2)。グザイン地区に賦存する塊状硫化物鉱床は、サマイル火山岩類の下部火山岩類中に胚胎している。鉱床はその特徴から大洋底で生成されたキプロス型銅鉱床と考えられている。オマーン山脈には同型の鉱床として、ソハール地域のラサイル鉱床、ベイダ鉱床およびラカー地域のラカー鉱床およびハイル・アス・サフィル鉱床等が分布しており、数十万t～1千万tの規模を有している。

No. 1 鉱体はゴッサンの北部に隣接し、MJOB-G3、G13 および G25 孔で確認され、塊状鉱の厚さはコア一長で 2.18～7.45mである。塊状鉱下部のストックワーク鉱はコア一長で 25.90～94.60mの厚さを有している。鉱体は約 70m×40mの規模を有する。

No. 2 鉱体はゴッサンの約 800m西方に位置し、MJOB-G5、G14、G15、G16、G17、G18、G19、G20、G21 および G22 孔で確認され、塊状鉱の厚さはコア一長で 2.50～37.10mであり、塊状鉱下部のストックワーク鉱はコア一長で 10.10～65.75mの厚さを有している (Figure II-1-1)。鉱体は約 120m×220mの規模を有し、鉱量が約 500 万 t (Cu : 1.2%) である。

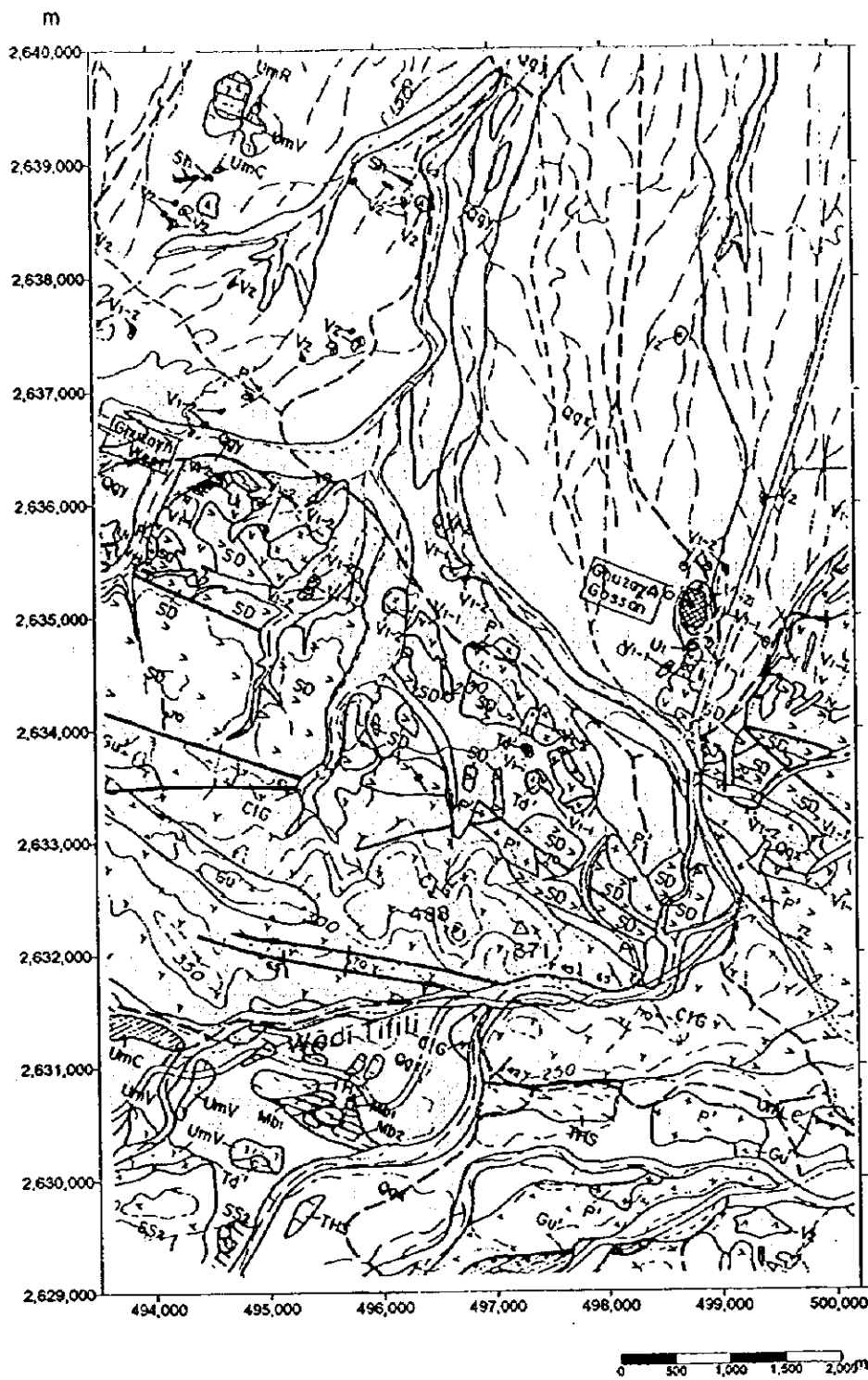
No. 3 鉱体はゴッサンから西北西方向の約 2 km に位置し、MJOB-G30、G31、G32、G33、G36 および G37 孔で確認され、塊状鉱の厚さはコア一長で 0.90～91.40mであり、塊状鉱下部のストックワーク鉱はコア一長で 31.95mの幅を有している。鉱体は約 130m×200mの規模を有すると推定される。

### 3-3 環境 (環境関連の法制度)

現在のオマーンにおける環境関連法規制度は Table II-3-1 に示すとおり、主として環境法及び各環境基準からなる。ドラフト段階の環境影響評価書法では、規定される開発事業については開発に先立ち環境影響評価書を自治・環境省に提出することを義務付けている。銅鉱山開発はその規定に含まれており、開発前には環境影響評価書を自治・環境省に提出し、許可を得る必要がある。

オマーンにおける排水基準を Table II-3-2 に示す。

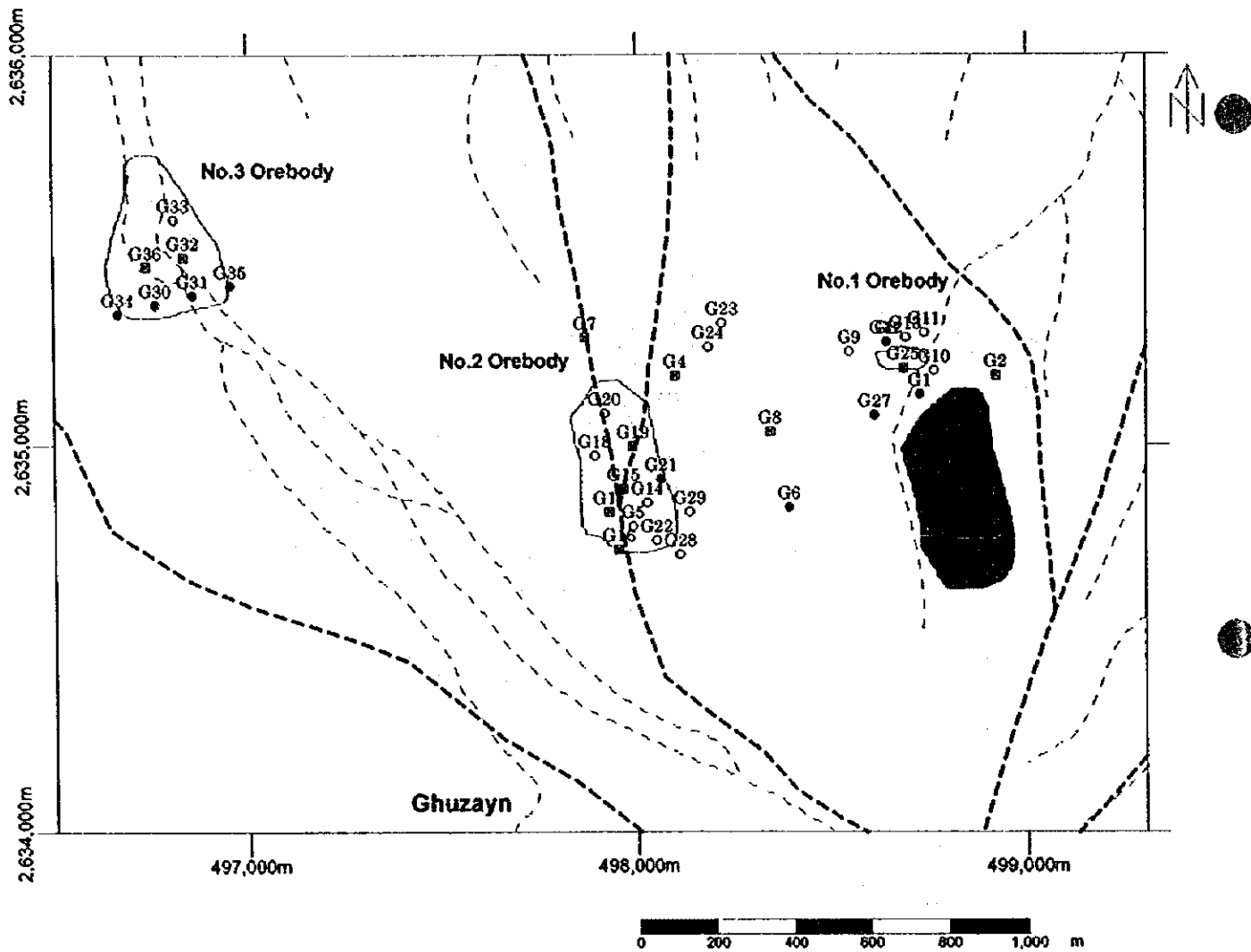




L E G E N D

- Qig Recent alluvial fans and alluvium
- Qqa Ancient alluvial fans; terraces
- UML White, massive sparry limestone
- UMC Fine lithoclastic, micritic limestones
- UM Red radiolarian chert
- UMR Oolitic limestones of reef limestone
- UMa Basaltic to andesitic pillow lava
- UMc Undifferentiated Tertiary
- V2 Middle extrusives
- SS2 Sheeted sill
- V2c Volcanic conglomerate or breccia
- U1 Amber or metalliferous sediments
- V2-2 Lower extrusives 2
- V2-1 Lower extrusives 1
- SD Sheeted dyke
- HG High-level gabbro
- QpG Cumulate planar-laminated gabbro
- CIG Cumulate layered gabbro
- QPG Cumulate interlayered gabbro
- QP Cumulate peridotite
- D Di-cumulate dunite
- TH Harzburgite
- THG Serpentinized harzburgite
- D' Dolerite dykes > 30%
- Td Trondhjemite
- Gu Uralitic gabbro
- P Basaltic

Figure I-3-1 Geologic Map of the Ghuzayn District

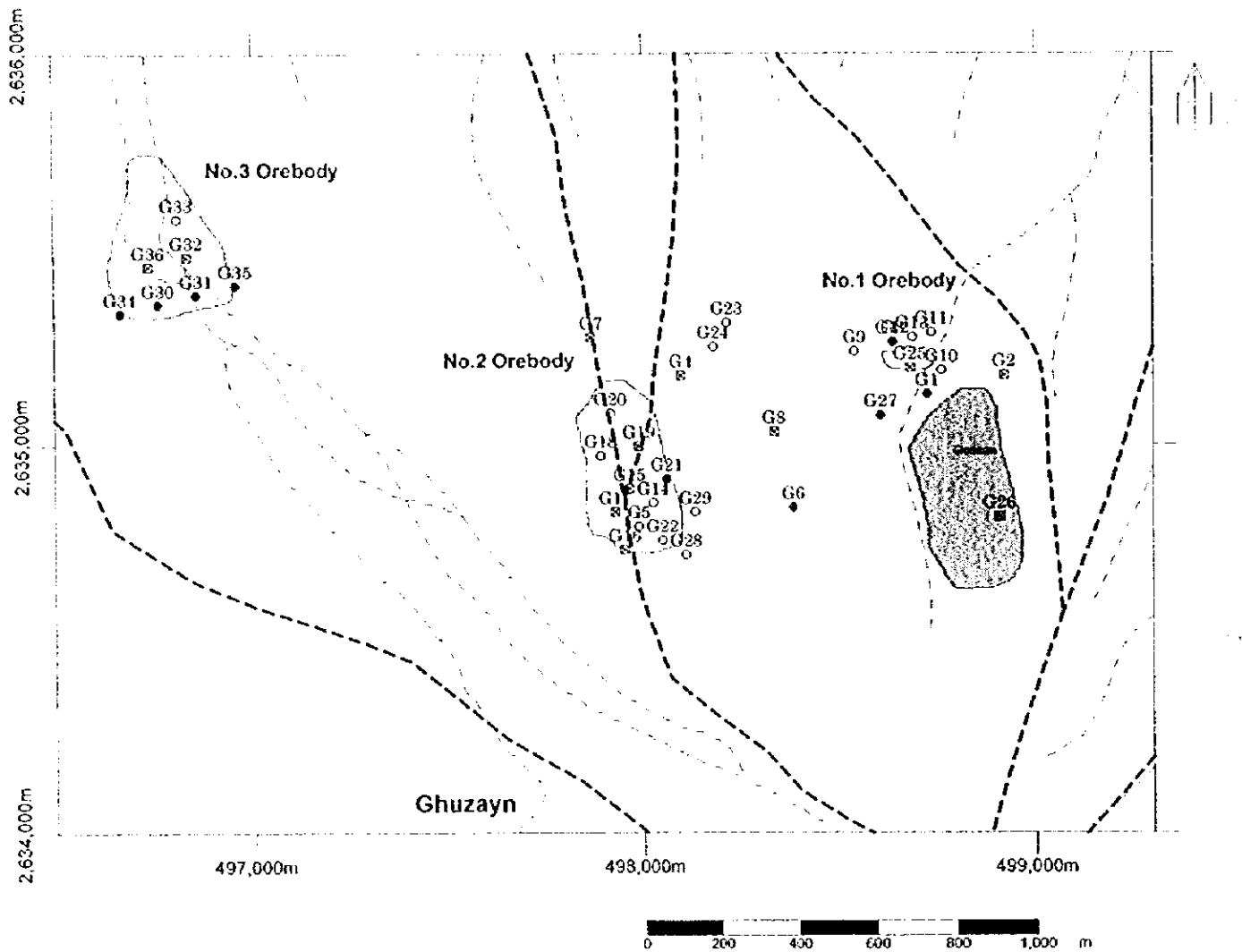


**Legend**

Existing bore holes

- Investigation of groundwater
- ⊠ Investigation of groundwater, recovery test
- Closed
- - - Wadi
- Road

Figure I-3-2 Locality Map of Ore Deposits in the Survey Area



### Legend

#### Existing bore holes

- Investigation of groundwater
- ⊠ Investigation of groundwater, recovery test
- Closed
- - - - - Wadi
- Road

Figure I-3-2 Locality Map of Ore Deposits in the Survey Area

Table II-3-1 Laws and Regulations Related to the Environment

No.	Laws and regulations	Issued date
1	Environmental law	10/1982
2	Law on the conservation of environment and preservation of pollution	10/1982
3	Regulations for air pollution control from stationary sources	17/5/1986
4	Issuing regulation for noise pollution control in public environment	20/3/1993
5	Regulations for waste water re-use and discharge	13/6/1993
6	Regulations for the management of solid non-hazardous waste	2/2/1993
7	Regulation for the management of hazardous waste	2/2/1993

Table II-3-2 Effluent Standard of Waste Water (mg/l)

Parameters	Area A *1	Area B *2
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	15	20
Chemical Oxygen Demand (COD)	150	200
Suspended Solids (SS)	15	30
Total Dissolved Solids (TDS)	1500	2000
Electric Conductivity (EC)	2000	2700
Sodium Absorption Ratio (SAR)	10	10
pH	6 - 9	6 - 9
Al	5	5
As	0.1	0.1
Ba	1	2
Be	0.1	0.3
B	0.5	1
Cd	0.01	0.01
Cl	650	650
Cr	0.05	0.05
Co	0.05	0.05
Cu	0.5	1
CN	0.05	0.1
F	1	2
Fe	1	5
Pb	0.1	0.2
Li	0.07	0.07
Mg	150	150
Mn	0.1	0.5
Hg	0.001	0.001
Mo	0.01	0.05
Ni	0.1	0.1
Ammonia as N	5	10
Nitrate as NO <sub>3</sub>	50	50
Organic as N	5	10
Oil and grease	0.5	0.5
Phenols (Total)	0.01	0.02
P	30	30
Se	0.02	0.02
Ag	0.01	0.01
SO <sub>4</sub>	400	400
S	0.1	0.1
V	0.1	0.1
Zn	5	5
Fecal coliform bacteria(per 100 ml)	200	1000
Viable Nematode Ova (per litter)	<1	<1

\*1 : Area A : Vegetable likely to be eaten raw. Fruit likely to be eaten raw and 2 weeks of any irrigation. Public parks, hotel lawns recreational area. Areas with public access.

\*2 : Area B : Vegetables to be cooked or processed. Fruit if no irrigation within 2 weeks of cropping. Fodder cereal and seed crops. Pastures. Areas with no public access.

## 第4章 調査結果の総合検討

### 4-1 水系調査結果

#### 4-1-1 河川調査結果

河川水の採水地点として、グザイン部落の上流約 2.5km 地点（採水番号：GS-2）、グザイン部落北側の表流水（GS-3）および用水路（グザイン部落から約 2.5km 地点：GS-1）の3箇所を選定した。なお、用水路は一般にファラージ（Falaj system）と呼ばれており、山側の湧水地で取水し、幅 50~80cm の暗渠あるいは明渠を利用して部落まで生活および農業用水として引水している。

流量の測定は、流速計を用いて測定した。

Table I-4-1 Measurement Result of Discharge and Water Quality

Sample No.	Water quality *1			Discharge (m <sup>3</sup> /min)
	pH	EC ( $\mu$ S/cm)	Temp. ( $^{\circ}$ C)	
GS-1	8.36	109.5	27.1	4.432
GS-2	8.46	115.7	29.0	1.213
GS-3	7.87	133.3	28.6	1.119

\*1 : Electric Conductivity

水収支の試算から、グザイン周辺の地下水は表流水のほぼ倍の水量が降雨によって供給されていると推定される。また、グザイン部落周辺の河川水の約半量が用水路で 4.4 m<sup>3</sup>/min が取水され、グザイン部落の生活用水および農業用水に利用されている。

#### 4-1-2 井戸調査結果

井戸調査は、グザイン部落内の井戸（採水番号：GW-1）およびグザイン部落から北北西方向に約 7km、ワジ・アル・ハワシナ川の左岸側に位置する集落（4軒）内の井戸（GW-2）の2箇所で行った。

地下水位および水質分析 Table I-4-2 に示す。地下水位は両井戸ともほぼ同深度であり、水質も極めて類似している。

Table I-4-2 Measurement Result of Water Level and Water Quality

Sample No.	Water quality			Groundwater level from surface (m)
	pH	EC *1 ( $\mu$ S/cm)	Temp. ( $^{\circ}$ C)	
GW-1	7.67	148.8	28.6	-7.16
GW-2	7.63	108.1	32.1	-7.44

\*1 : Electric Conductivity

#### 4-1-3 水質分析結果

河川水および井戸水の水質分析を実施した。水質の特徴は以下のとおりである。

- ・水質ダイヤグラムから、河川水および井戸水は同系統の水質を示し、特にグザイン部落内の井戸水とワジ・アル・ハワシナ川の表流水が類似している。
- ・河川水および井戸水の水質は、pHが7.63~8.46、電気伝導度が104.9~139.0 $\mu$  S/cm、生物化学的酸素要求量 (BOD) は1.0~3.0mg/lといずれも類似しているが、大腸菌群数は用水路の河川水が30/100mlと高い値を示す。
- ・河川水および井戸水の重金属類は、Cuが0.03~0.04 mg/l、Feが0.14~0.32mg/lおよびMnが<0.01~0.01mg/lといずれも類似している。
- ・河川水および井戸水の軽金属類は、Caが31.5~48.0mg/l、Kが3.34~4.65mg/l、Mgが36.3~76.1mg/lおよびNaが107~129mg/lであり、いずれもほぼ類似している。
- ・河川水および井戸水の陰イオン類は、Clが140~236mg/l、NO<sub>3</sub>が0.83~4.69mg/lおよびSO<sub>4</sub>が120~140mg/lであり、いずれもほぼ類似している。

#### 4-1-4 調査・観測体制の確立

水系調査を含む水文調査の長期間のデータ取得に関する調査・観測体制について、相手国機関に委ねるための技術移転を行った。

#### 4-1-5 気象データの収集

ソハール (Sohar) およびシーブ空港 (Seeb Airport) における過去18年分の気象データ (気温、降雨量および風向・風速) の収集を行った。ソハールおよびシーブ空港の位置を Figure 1に示す。

### 4-2 水位回復試験調査結果

#### 4-2-1 水位回復試験調査ボーリング孔の選定結果

平成10年度までに掘削を終了した総計37孔から、水位回復試験調査ボーリング孔として、MJOB-G2、G4、G7、G8、G15、G16、G17、G19、G25、G26、G28、G32およびG36の13孔を選定し、回復試験を実施した。

#### 4-2-2 水位回復試験調査結果

##### (1) 水位回復試験

水位回復試験によって得られた透水係数値を Table I-4-3 に示す。

Table I-4-3 Permeability Coefficient

No.	Number of bore holes	$t_1$ (min)	$t_2$ (min)	$h_1$ (cm)	$h_2$ (cm)	L (cm)	R (cm)	r (cm)	Permeability Coefficient (cm/s)
1	MJOB-G2	60	600	228	98	28266	7.57	7.57	1.30E-05
2	MJOB-G4	60	600	550	468	27695	7.57	7.57	2.53E-06
3	MJOB-G7	60	180	3	1	27842	7.57	7.57	7.72E-05
4	MJOB-G8	60	420	50	38	17874	7.57	7.57	9.47E-06
5	MJOB-G15	60	600	261	189	23304	7.57	7.57	5.89E-06
6	MJOB-G16	60	600	228	207	18355	7.57	7.57	2.17E-06
7	MJOB-G17	60	600	26	17	23531	7.57	7.57	7.69E-06
8	MJOB-G19	60	600	290	254	28201	7.57	7.57	2.05E-06
9	MJOB-G25	60	900	585	567	17351	8.89	8.66	6.43E-07
10	MJOB-G26	60	600	198	60	16518	7.57	7.57	2.94E-05
11	MJOB-G28	60	600	131	111	13078	7.57	7.57	5.00E-06
12	MJOB-G32	60	600	90	31	23572	7.57	7.57	1.93E-05
13	MJOB-G36	0	60	78	1	24144	7.57	7.57	6.94E-04

調査区域内の透水係数は、 $10^{-4} \sim 10^{-7} \text{ cm/s}$  のオーダーであり、G36孔が  $10^{-4} \text{ cm/s}$  のオーダーと透水性がやや良好である。

河川堆積物は調査区域の西部のワジ・アル・ハワシナ川に沿って分布し、その層厚は 6.90~15.10m である。低位段丘堆積物は調査区域全域に分布し、層厚は 7.30~28.97m である。低位段丘堆積物の底面に凹凸が認められる。

地下水の主要な流動層として、未固結砂礫層である河川堆積物、低位段丘堆積物および基盤内の亀裂発達部が推定される。

調査区域内の地下水面は南東部から北西部にかけて水平距離 2km 間で標高 175m~165m~155m と緩やかな傾斜 ( $0.6^\circ$ ) を有する。

ボーリング MJOB-G5、G16、G22 および G28 の地下水位は標高 176m 付近にあり、周



辺の地下水位より 5~10m も高く、凸状を呈している。調査区域内の地下水は No.2 鉱体を中心に放射状に流動している可能性があるが、原因は不明である。

また、ボーリング孔内には掘削用泥材 (EG-mud) が未だ残留していると推定され、水位回復試験に影響を与えている。

#### 4-2-3 水質調査結果

水質分析結果は、以下のとおりである。

- ・ボーリング孔内水の水質は、pH が 7.08~11.28 の範囲にあり、G16、G17 および G25 が pH9~11 とアルカリ性を示す。アルカリ性は掘削時のセメンチングの影響と推定される。
- ・電気伝導度は  $20.5 \sim 1999 \mu\text{S/cm}$  であり、特に G8、G12、G32 および G36 が  $1000 \mu\text{S/cm}$  以上である。水温は  $28.7 \sim 35.3^\circ\text{C}$  の範囲にあり、平均気温  $26.5^\circ\text{C}$  よりも高温である。
- ・ボーリング孔内水の重金属類は、Cu が  $0.02 \sim 0.46\text{mg/l}$ 、Fe が  $0.93 \sim 32.90\text{mg/l}$ 、Mn が  $0.05 \sim 0.84\text{mg/l}$ 、Zn が  $0.02 \sim 7.00\text{mg/l}$  の範囲にある。
- ・ $\text{SO}_4$  は  $110 \sim 1230\text{mg/l}$  の範囲にあり、特に G8、G12 および G26 がやや高い濃度を示す。
- ・浅層地下水および鉱体付近である深層地下水中の重金属類の濃度差は、Mn 以外は認められなかった。Mn は G8、G18、G22、G26、G32 および G36 の深層地下水に高い値が認められた。
- ・水質においても、掘削用泥材の影響があったことが推定された。

## 第5章 結論と将来への提言

### 5-1 結論

本調査の結論は、以下のとおりである。

#### (水系調査)

- ・グザイン地区はワジ・アル・ハワシナ川水系に属する。
- ・水系調査の採水地点は、河川水3地点(GS-1、GS-2、GS-3)および井戸水2地点(GW-1、GW-2)の合計5箇所である。
- ・表流水の流量は流速計を用いて測定し、用水路(GS-1)の流量は4.432m<sup>3</sup>/min、表流水はGS-2が1.119およびGS-3が1.213m<sup>3</sup>/minであった。
- ・グザイン部落内の井戸(GW-1)および下流側の井戸(GW-2)はいずれも生活および灌漑用に使われている浅井戸であり、地下水位はGW-1が深度-7.16mおよびGW-2が-7.44mである。
- ・水収支の試算から、グザイン周辺の地下水は表流水のほぼ倍の水量が降雨によって供給されていると推定される。
- ・グザイン部落周辺の河川水の約半量が用水路により4.4m<sup>3</sup>/min取水されている。
- ・水質ダイヤグラムから、河川水および井戸水は同系統の水質を示し、特にグザイン部落内の井戸水とワジ・アル・ハワシナ川の表流水が類似している。
- ・河川水および井戸水の水質は、pHが7.63~8.46、電気伝導度が104.9~139.0μS/cm、BODは1.0~3.0mg/lといずれも類似している。
- ・河川水および井戸水の重金属類は、Cuが0.03~0.04mg/l、Feが0.14~0.32mg/lおよびMnが<0.01~0.01mg/lといずれも類似している。
- ・河川水および井戸水の軽金属類は、Caが31.5~48.0mg/l、Kが3.34~4.65mg/l、Mgが36.3~76.1mg/lおよびNaが107~129mg/lであり、いずれもほぼ類似している。
- ・河川水および井戸水の陰イオン類は、Clが140~236mg/l、NO<sub>3</sub>が0.83~4.69mg/lおよびSO<sub>4</sub>が120~140mg/lであり、いずれもほぼ類似している。
- ・水文モニタリング調査に関する調査体制を整え、必要な技術移転を行った。

#### (ボーリング孔内水調査)

- ・ボーリング孔内水調査孔としてMJOB-G2、G4、G7、G8、G15、G16、G17、G19、G25、G26、G28、G32およびG36の13孔を選定し、水位回復試験を実施した。
- ・調査区域内の透水係数は、10<sup>-4</sup>~10<sup>-7</sup>cm/sのオーダーであり、G36孔が10<sup>-4</sup>cm/sのオーダーと透水性がやや良好である。
- ・河川堆積物は調査区域の西部のワジ・アル・ハワシナ川に沿って分布し、その層厚は6.90~15.10mである。

- ・低位段丘堆積物は調査区域全域に分布し、層厚は7.30～28.97mである。低位段丘堆積物の底面に凹凸が認められる。
- ・地下水の主要な流動層は未固結砂礫層である河川堆積物、低位段丘堆積物および基盤内の亀裂発達部が推定される。
- ・調査区域内の地下水面は南東部から北西部にかけて水平距離2km間で標高175m～165m～155mと緩やかな傾斜(0.6°)を有する。
- ・ボーリングMJOB-G5、G16、G22およびG28の地下水位は標高176m付近にあり、周辺の地下水位より5～10mも高く、凸状を呈している。
- ・調査区域内の地下水はNo.2鉱体を中心に放射状に流動しているが、その原因は不明である。
- ・ボーリング孔内には掘削用泥材(EG-mud)が未だ残留していると推定され、水位回復試験に影響を与えている。
- ・ボーリング孔内水の水質は、pHが7.08～11.28の範囲にあり、特にG16、G17およびG25はアルカリ性を示し、掘削時のセメンチングの影響と推定される。
- ・電気伝導度は20.5～1999 $\mu$ S/cmであり、特にG8、G12、G32およびG36が1000 $\mu$ S/cm以上である。水温は28.7～35.3℃の範囲にあり、平均気温26.5℃よりも高温である。
- ・ボーリング孔内水の重金属類は、Cuが0.02～0.46mg/l、Feが0.93～32.90mg/l、Mnが0.05～0.84mg/l、Znが0.02～7.00mg/lの範囲にある。
- ・SO<sub>4</sub>は110～1230mg/lの範囲にあり、特にG8、G12およびG26がやや高い濃度を示す。
- ・浅層地下水および鉱体付近である深層地下水中の重金属類の濃度差は、Mn以外は認められなかった。MnはG8、G18、G22、G26、G32およびG36の深層地下水に高い値が認められた。
- ・水質においても、掘削用泥材の影響があったことが推定された。

## 5-2 将来への提言

本調査における将来への提言は、以下のとおりである。

- ・既存のボーリング孔が掘削時の泥材の影響を未だ受けていることから、新たに水文調査用のボーリング孔を鉱床の上流側および下流側に設置する必要がある。
- ・グザイン地区の開発に先立ち検討される概念設計に必要な環境の資料・情報が不十分であることから、本地区の環境調査を実施する必要がある。また、当調査はフィージビリティ調査時の環境影響評価(EIA)にも十分利用できる精度が望ましい。
- ・環境調査の調査項目は大気質、水質、地下水、土壌質、騒音・振動および社会環境からなる。
  - ・本調査における水質モニタリング調査は将来も継続されることが望ましい。

## 第 11 部 各 論



## 第1章 水系調査結果

### 1-1 調査目的

調査地区内に分布する河川および井戸について、流量、地下水位および水質を調査し、表流水および地下水の挙動並びに地形・地質等との関連を明らかにする資料・情報を得ることを目的とする。

### 1-2 調査位置

水系調査位置はグザイン地区内の5カ所であり、そのうち河川が3箇所（用水路を含む）および井戸が2箇所であった。それぞれの調査位置を Figure II-1-1 に示す。

### 1-3 調査方法

#### 1-3-1 河川水の調査

##### (1) 流量の測定

流量の測定方法は、Table II-1-1 に示す JIS の規格に従って流量を測定する。

Table II-1-1 Measurement Method of Discharge

Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Measurement method
> 0.01	Vessels or flow meter
≤ 0.01, > 0.05	Triangle weir or flow meter
≤ 0.05, > 0.15	Square weir or flow meter
≤ 0.15	Weir, flow meter or fluidic speed meter

##### (2) 水質測定

流量測定地点では pH、電気伝導度および水温を測定する。

##### (3) 水質分析

河川水の調査で得られた3試料の水質分析を行う。分析項目は Table I-1-2 に示すとおり25成分である。

#### 1-3-2 井戸水の調査

##### (1) 地下水位の測定

井戸の地下水位は水位計を使用して測定する。

##### (2) 水質測定

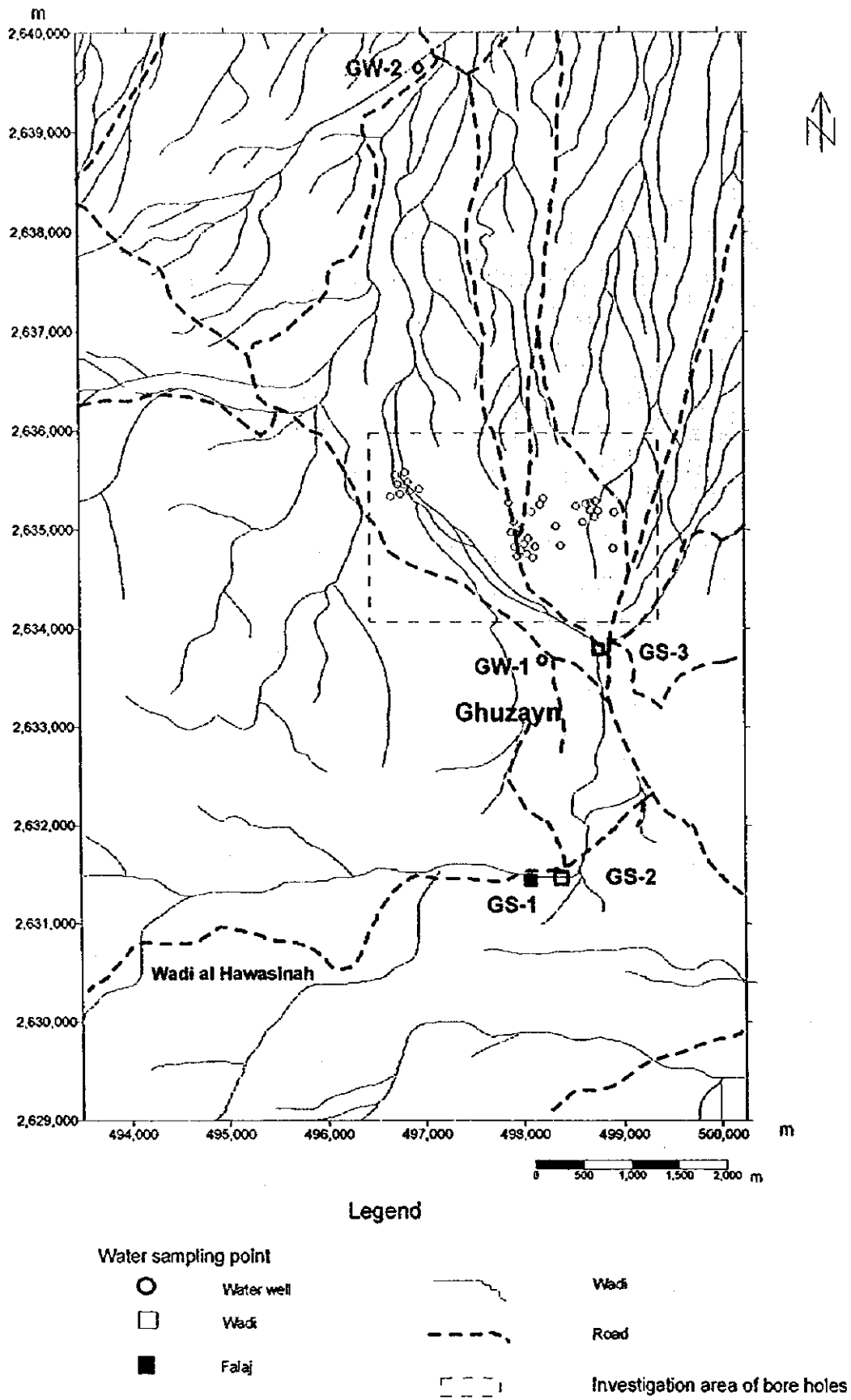


Figure II-1-1 Locality Map of the Hydrological Investigation

井戸水を採水し、pH、電気伝導度および水温を測定する。

### (3) 水質分析

井戸水の調査で得られた2試料の水質分析を行う。分析項目はTable I-1-2に示すと通りの25成分である。

### (4) 調査・観測体制の確立

本調査について、季節変化を考慮する必要から長期間のデータ取得が望まれるため、調査団帰国後もデータ取得を継続する。調査団帰国後のデータ取得は相手国機関に委ねるため、十分な技術移転を図る。

### (5) 気象データの収集

相手国の気象庁等で過去10年分の気象データを収集し、解析に供する。

## 1-4 調査結果

### 1-4-1 河川調査結果

#### (1) 水文状況

グザイン地区はワジ・アル・ハワシナ川流域に属する (Figure II-1-1)。

ワジ・アル・ハワシナ川はハジャール山脈の中央部から発し、山岳地帯を蛇行して北流、グザイン部落の東端で大きく西側に曲流した後、北東方向に流下しカブラ (Al Khaburah) 付近でワジ筋が不明瞭化している。山岳地帯からグザイン部落までは、部分的に基盤が浅い箇所において伏流水が湧出し表流水となっているが、グザイン部落の下流側では全く表流水が認められなかった。グザイン部落内の表流水の一部はポンプにより揚水され、灌漑に利用されている。

また、伏流水の一部は住民の飲料水および灌漑用水として用水路 (ファラージ) を利用してグザイン部落に引水している。用水路の延長は約3kmに達し、最近修理を行っている。

河川水の採水地点として、グザイン部落の上流約2.5km地点 (採水番号: GS-2)、グザイン部落北側の表流水 (GS-3) および用水路 (グザイン部落から約2.5km地点: GS-1) の3箇所を選定した。

#### (2) 流量測定および水質測定結果

流量の測定は、可能な限り正確な水路断面を確保し、流速計を用いて測定した。流速測定には広井電気式流速計 (Hiroi-type water current meter) を使用した。

流量の算定式を式-1に示す。



$$V = 0.132 \times N + 0.004$$

$$D = V \times A \times 60$$

式-1

V : 流速 (m/s)

N : 回転数

A : 流路断面積 (m<sup>2</sup>)

D : 流量 (m<sup>3</sup>/min)

流量および水質測定結果を Table II-1-2 に示す。

Table II-1-2 Measurement Result of Discharge and Water Quality

Sample No.	Water quality *1			Discharge (m <sup>3</sup> /min)
	pH	EC (μS/cm)	Temp. (°C)	
GS-1	8.36	109.5	27.1	4.432
GS-2	8.46	115.7	29.0	1.213
GS-3	7.87	133.3	28.6	1.119

\*1 : Electric Conductivity

用水路の流量は表流水の約3倍であり、河川水の相当量を用水路により取水していると言える。また、表流水の一部がグザイン部落内でのポンプ揚水により取水されている。また、水質は殆ど同質と言える。

#### 1-4-2 井戸調査結果

井戸調査は、グザイン部落内の井戸（採水番号：GW-1）およびグザイン部落から北北西方向に約7km、ワジ・アル・ハワシナ川の左岸側に位置する集落（4軒）内の井戸（GW-2）の2箇所で行った（Figure II-1-1）。その他の井戸は調査地区内には分布していない。

グザイン部落の井戸（GW-1）は現在1本が稼働しており、飲料水および灌漑（約1ha）に利用している。井戸はコンクリート製の浅井戸（不圧水）であり、直径1.8～2.0mおよび掘削深度が約30mであり、ポンプにより揚水している。

ワジ・アル・ハワシナ川下流側の集落の井戸（GW-2）は1本であり、飲料水および灌漑（約2ha）に利用している。井戸はコンクリート製の浅井戸（不圧水）であり、直径0.54～1.2mおよび掘削深度が約40mであり、ポンプにより揚水している。

地下水位および水質分析結果を Table II-1-3 に示す。

地下水位は両井戸とも約7mと同深度であり、水質も極めて類似していると言える。

Table II-1-3 Measurement Result of Water Level and Water Quality

Sample No.	Water quality			Groundwater level from surface (m)
	pH	EC *1 ( $\mu$ S/cm)	Temp. ( $^{\circ}$ C)	
GW-1	7.67	148.8	28.6	-7.16
GW-2	7.63	108.1	32.1	-7.44

\*1 : Electric Conductivity

### 1-4-3 水質分析結果

河川水および井戸水の水質分析結果を Table II-1-4 および Figure II-1-2(1)～(5) に示す。

#### (生活環境項目)

pH は 7.63～8.46 で中性であるが、表流水の方が井戸水より若干高い傾向を示す。

電気伝導度は 104.9～139.0  $\mu$  S/cm の狭い範囲にある。

生物化学的酸素要求量 (BOD) は 1.0～3.0mg/l であり、用水路の用水 (GS-1) およびグザイン部落内の井戸水 (GW-1) が 3.0mg/l と若干高い。また、化学的酸素要求量 (COD) は 3.92～27.4mg/l の範囲にあり、下流側の井戸水 (GW-2) が 3.92mg/l と低い。

浮遊性物質 (SS) は 2.0～4.5mg/l の範囲にある。

全溶存物質 (TDS) は 575～830mg/l の範囲にある。

#### (重金属類)

重金属類のうち As、Pb、Cd、Co、Cr、Hg、Ni、V および Zn は、いずれも検出限界以下である。

Cu は 0.03～0.04 mg/l でいずれも類似している。Fe は 0.14～0.32mg/l であり、グザイン部落内の河川水 (GS-3 : 0.32mg/l) が高くなっている。Mn は 0.01～0.01mg/l の範囲にある。

#### (軽金属類)

Ca は 31.5～48.0mg/l の範囲にある。K は 3.34～4.65mg/l の範囲にある。Mg は 36.3～76.1mg/l であり、用水路の河川水 (GS-1 : 64.0mg/l) およびグザイン部落内の河川水 (GS-3 : 76.1mg/l) と若干高い。Na は 107～129mg/l の範囲にある。

#### (陰イオン類)

Cl は 140～236mg/l であり、用水路の用水 (GS-1 : 236mg/l) およびグザイン部落

Table II-1-4 Analytical Results of Water in the Ghuzayn District

Sample No.		GW-1	GW-2	GS-1	GS-2	GS-3	Maximum	Minimum	Average
Items									
pH		7.84	7.63	8.36	8.46	7.87	8.46	7.63	8.03
EC	μ S/cm	136.3	104.9	117.5	115.8	139.0	139.0	104.9	122.7
BOD	mg/l	3.0	1.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.0	2.0
COD	mg/l	24.0	3.92	23.5	23.0	27.4	27.4	3.92	20.4
SS	mg/l	4.5	2.0	2.5	2.5	4.0	4.5	2.0	3.1
TDS	mg/l	830	575	635	610	795	830	575	689
Faecal coliform	No./100ml	<1	<1	4	<1	30	30	<1	17
Total coliform	No.	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
As	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ca	mg/l	48.0	37.8	32.3	31.5	43.3	48.0	31.5	38.6
Cd	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cl	mg/l	236	140	216	212	226	236	140	206
Cr	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Cu	mg/l	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04
Fe	mg/l	0.15	0.20	0.14	0.14	0.32	0.32	0.14	0.19
Hg	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
K	mg/l	4.25	3.34	4.35	4.25	4.65	4.65	3.34	4.17
Mg	mg/l	64.0	36.3	45.4	48.8	76.1	76.1	36.3	54.1
Mn	mg/l	0.01	0.01	0.02	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.01
Na	mg/l	129	111	107	107	113	129	107	113
Ni	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Pb	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
V	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Zn	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub>	mg/l	0.83	4.69	1.02	2.28	2.96	4.69	0.83	2.36
SO <sub>4</sub>	mg/l	140	120	140	140	140	140	120	140
Total alkaline	mg/l	236	222	142	132	250	250	132	196

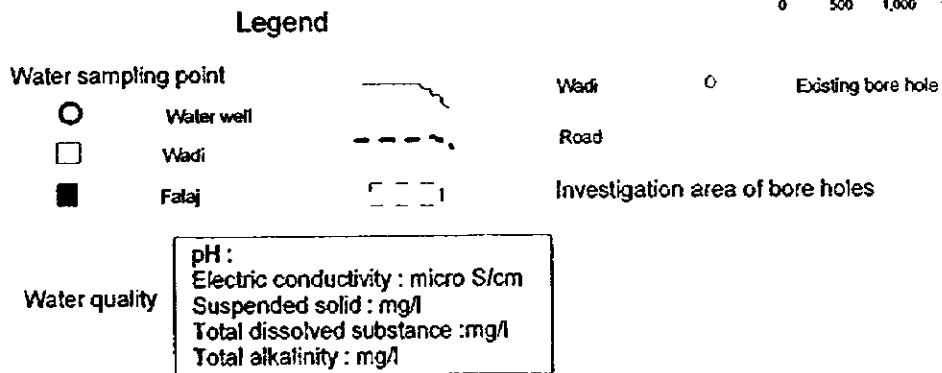
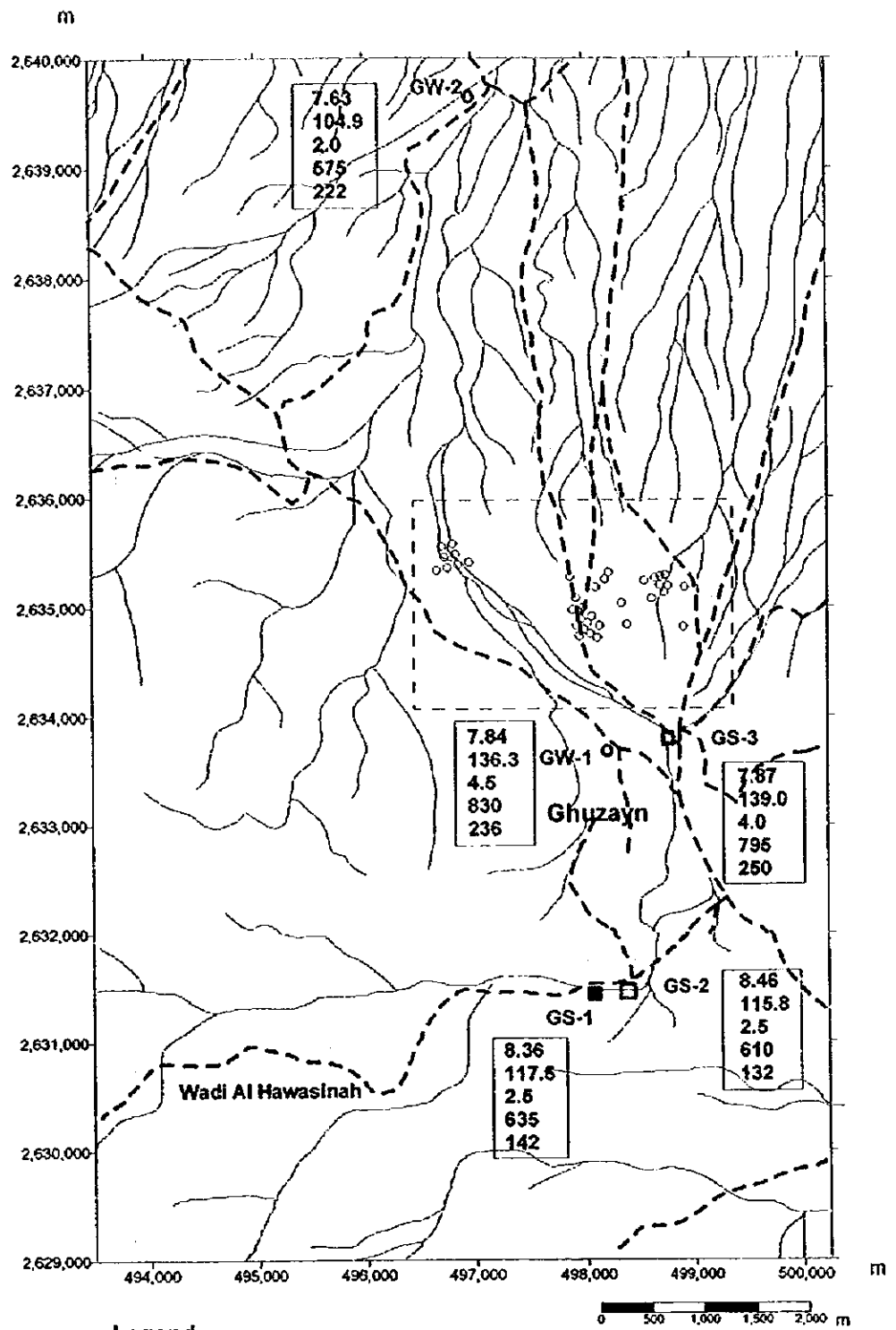


Figure II-1-2 Analytical result of River and Well Water (1)

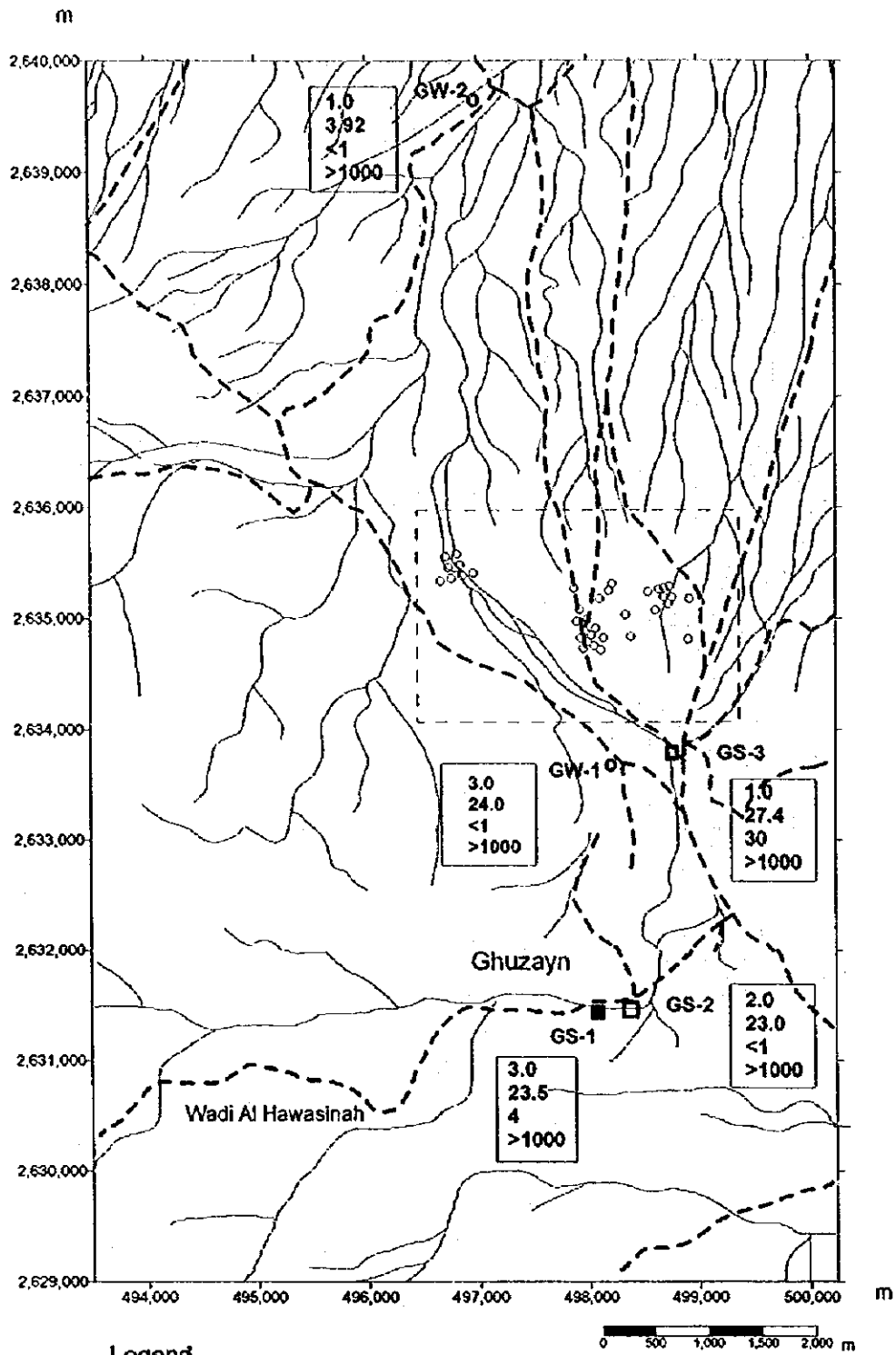


Figure II-1-2 (2)

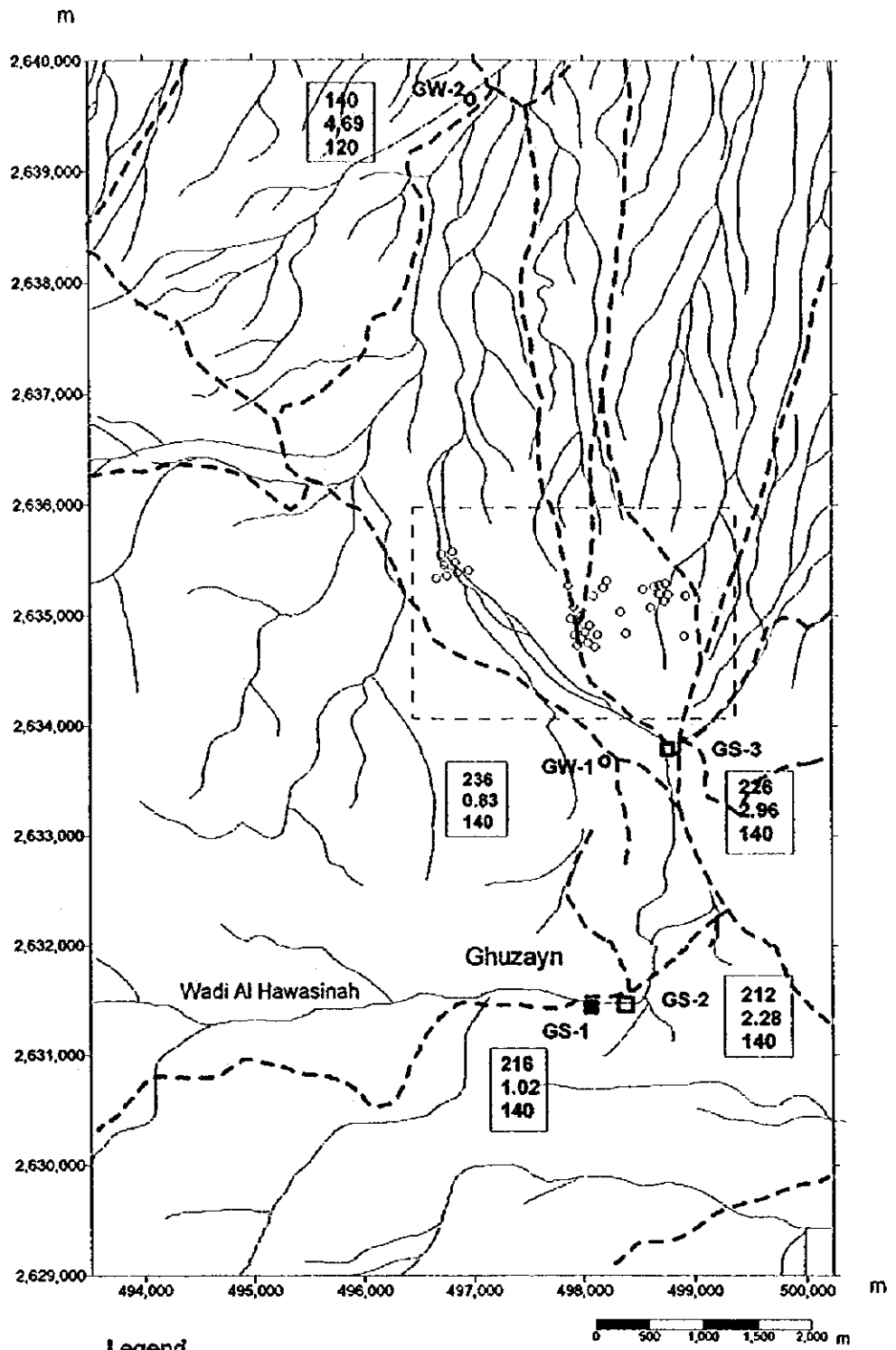


Figure II-1-2 (3)

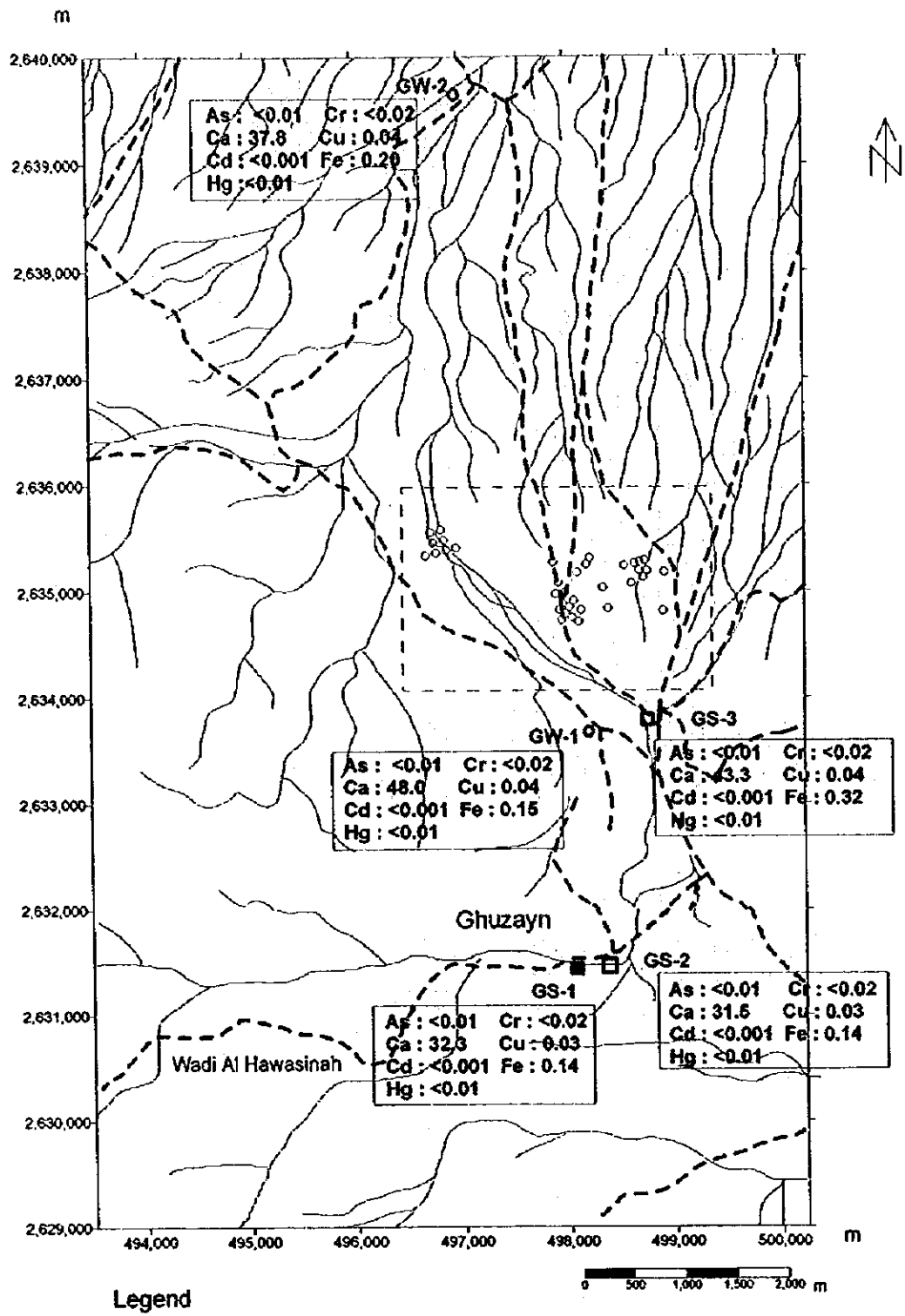


Figure II-1-2 (4)

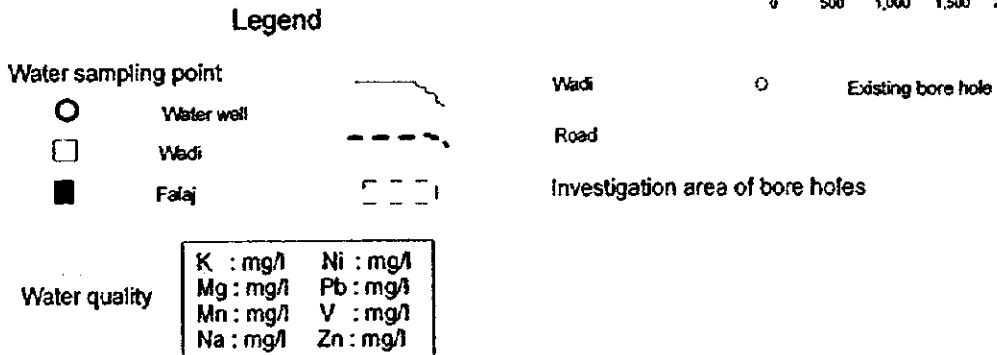
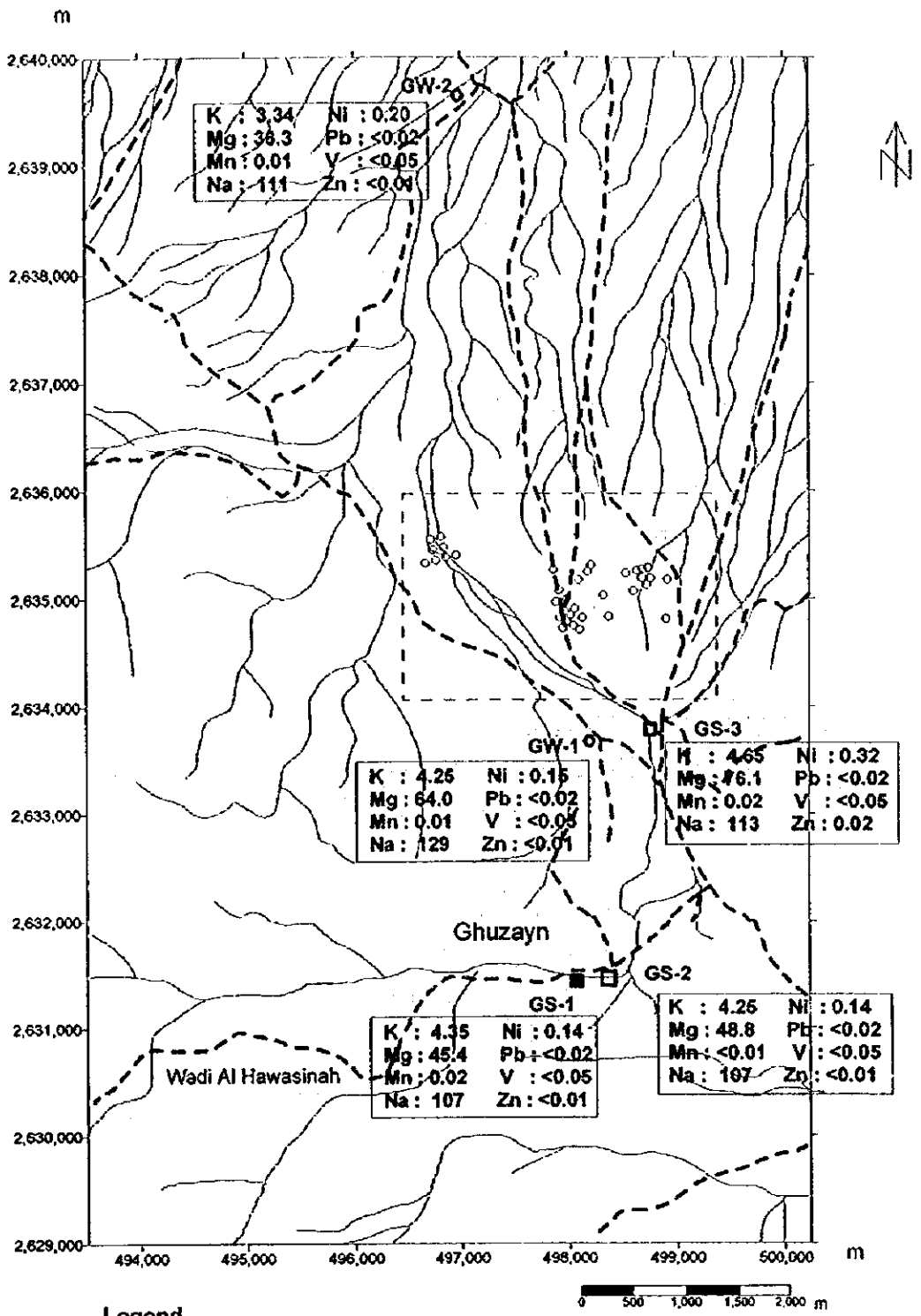


Figure II-1-2 (5)



内の河川水 (GS-3 : 226mg/l) と高い。NO<sub>3</sub>は 0.83~4.69mg/l であり、下流側の井戸 (GW-2 : 4.69mg/l) およびグザイン部落内の河川水 (GS-3 : 2.96mg/l) とやや高い濃度を示す。SO<sub>4</sub>は 120~140mg/l の範囲にある。

アルカリ度は 132~250mg/l であり、用水路の河川水 (GS-1 : 142mg/l) およびグザイン部落内の井戸水 (GS-3 : 132mg/l) が若干低い。

#### 1-4-4 調査・観測体制の確立

水系調査を含む水文調査の長期間のデータ取得に関する調査・観測体制について、相手国機関 (Directorate General of Minerals) に委ねるための技術移転を行った。モニタリング調査の内容を Table II-1-5 に示す。

Table II-1-5 Monitoring Plan in the Ghuzayn District

Items	Monitoring plan
1. Objectives	Understanding the hydrological condition in the district
2. Duration and work schedule	Once of water investigation in a month within one year (January to December, 1999)
3. Monitoring points	(1) Surface water (wadi al Hawasinah) : 3 points : GS-1, GS-2 and GS-3 (2) Well water : 2 wells GW-1 and GW-2 (3) Bore holes : 2 holes MJOB-G7 and MJOB-G28  Total : 7 points
4. Chemical analysis	(1) Measurement : pH, EC and water temperature (2) Chemical analysis : 10 components As, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, SO <sub>4</sub>

#### 1-4-5 気象データの収集

ソハール (Sohar) およびシーブ空港 (Seeb Airport) における過去 18 年分の気象データ (気温、降雨量および風向・風速) の収集を行った。ソハールおよびシーブ空港の位置を Figure 1 に示す。

気象データを巻末に添付する。

##### (1) 気温

ソハールおよびシーブ空港の気温分布をそれぞれ Figure II-1-3 および Figure II-1-4 に示す。

ソハールの平均の最高気温は6月の35.2℃で、最低気温は1月の21.2℃である。  
シーブ空港の平均の最高気温は6月の35.2℃で、最低気温は1月の21.2℃である。

## (2) 降雨量

ソハールおよびシーブ空港の降雨量を Figure II-1-5 に示す。

ソハールの年降雨量は Tr~306.1mm で極めて不規則であり、1985 年は殆ど降雨が無かった。平均年降雨量は 126.2mm で、2月の降雨量が 39.4mm と最も多い。

シーブ空港の年降雨量は 1.3~237.1mm で極めて不規則である。平均年降雨量は 88.7mm で、2月の降雨量が 21.2mm と最も多い。

## (3) 風向・風速

ソハールおよびシーブ空港の風向・風速をそれぞれ Figure II-1-6 および Figure II-1-7 に示す。

ソハールの卓越風は東風および西~南西風であり、年間を通じて 4~6knot/h でほぼ安定している。

シーブ空港の卓越風は北東~東風および南~南南東風であり、年間を通じて 5~6knot/h でほぼ安定している。

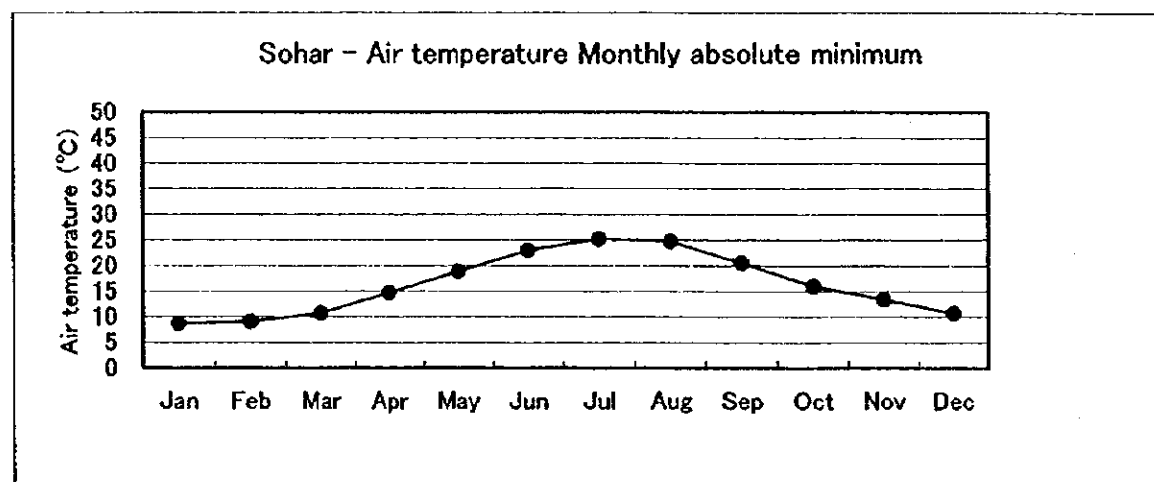
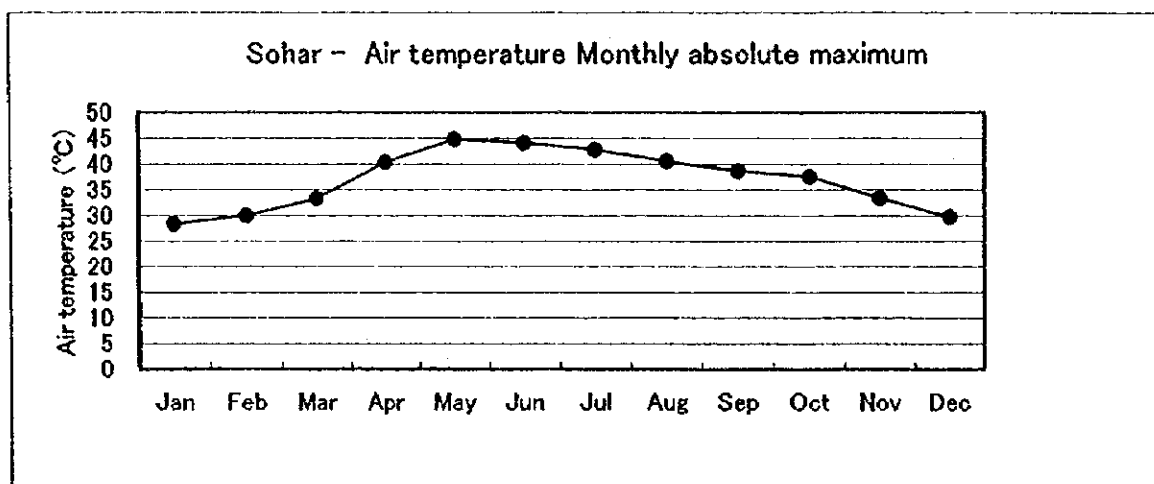
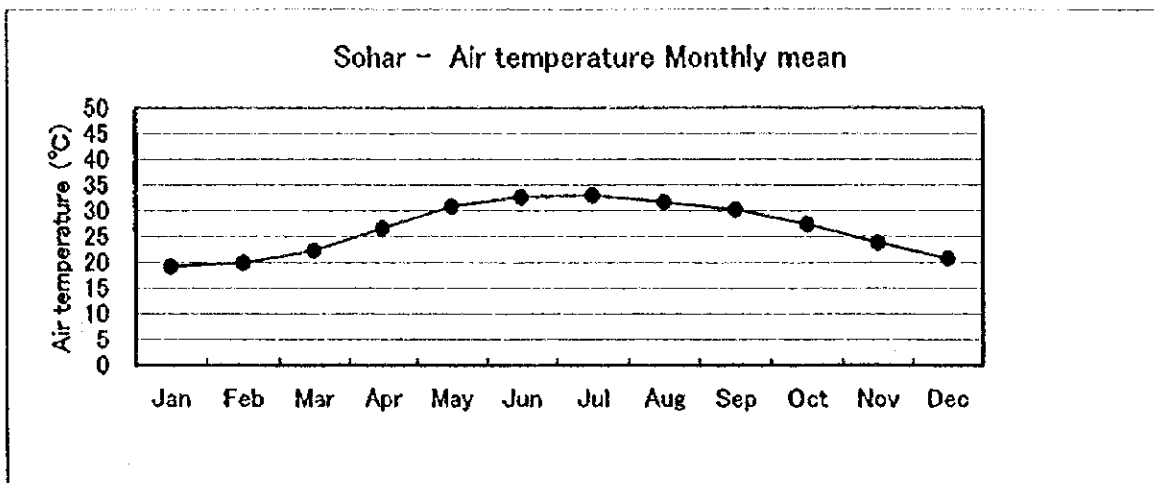


Figure II-1-3 Air Temperature in Sohar

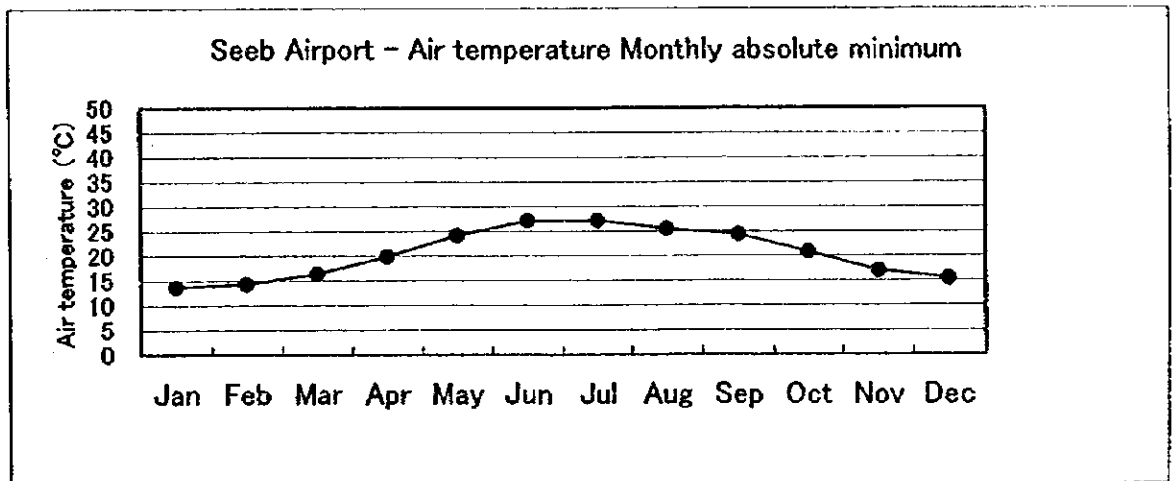
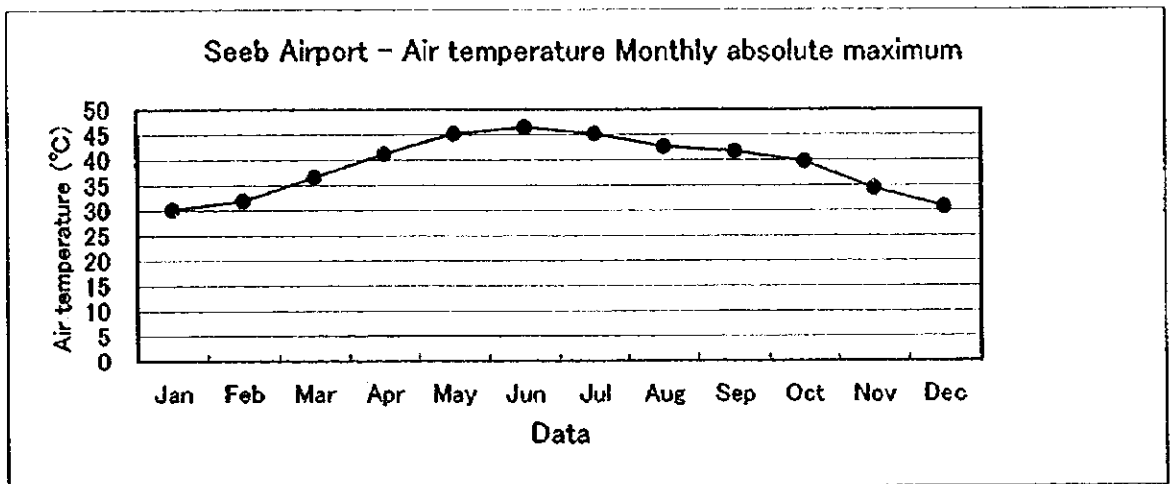
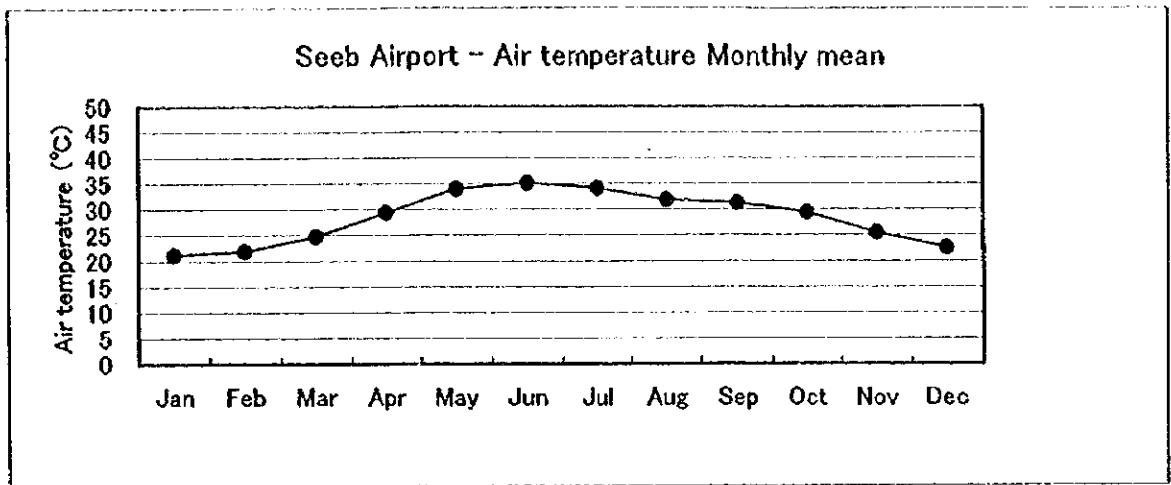


Figure II-1-4 Air Temperature in Seeb Airport

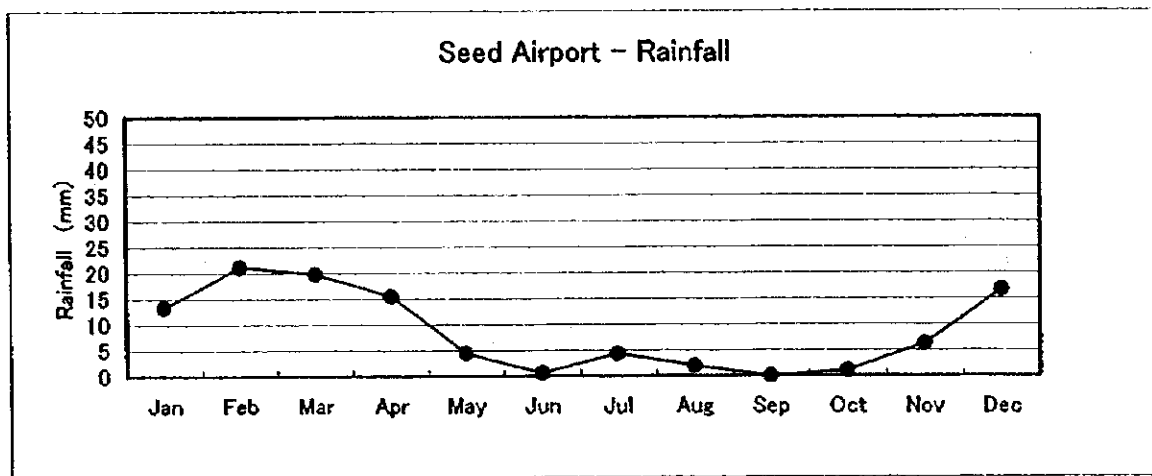
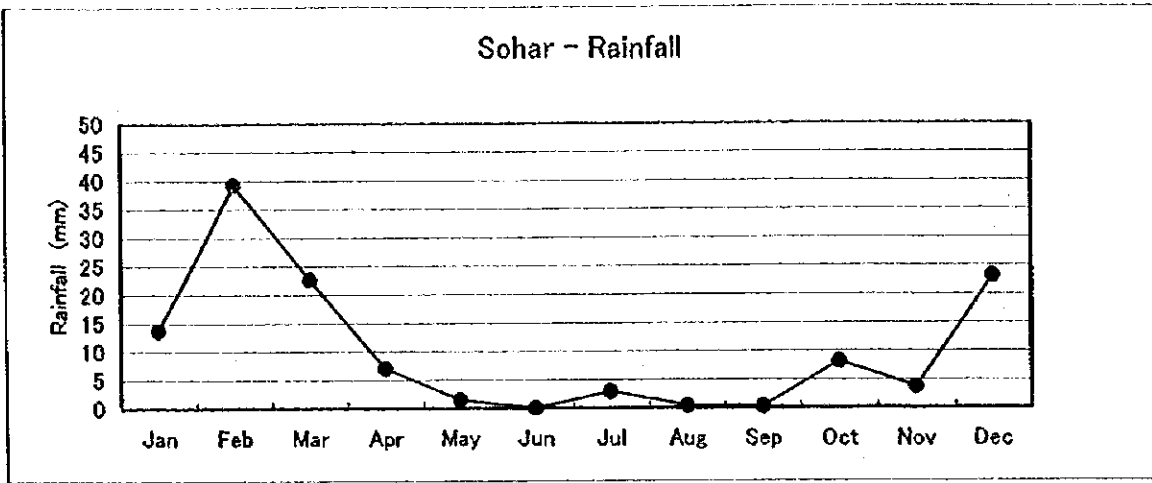


Figure II-1-5 Rain-fall in Sohar and Seeb Airport

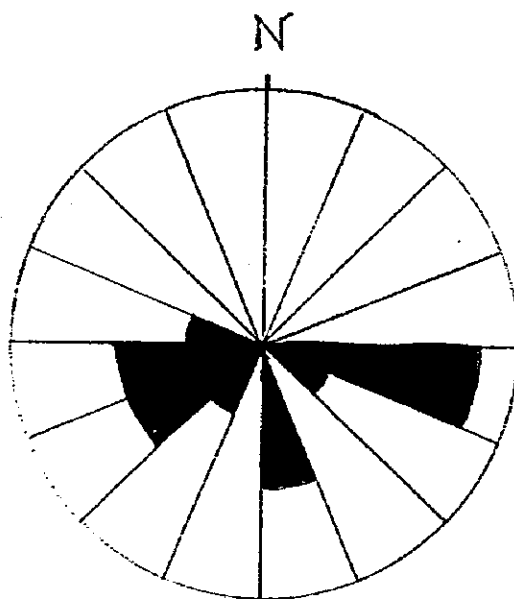
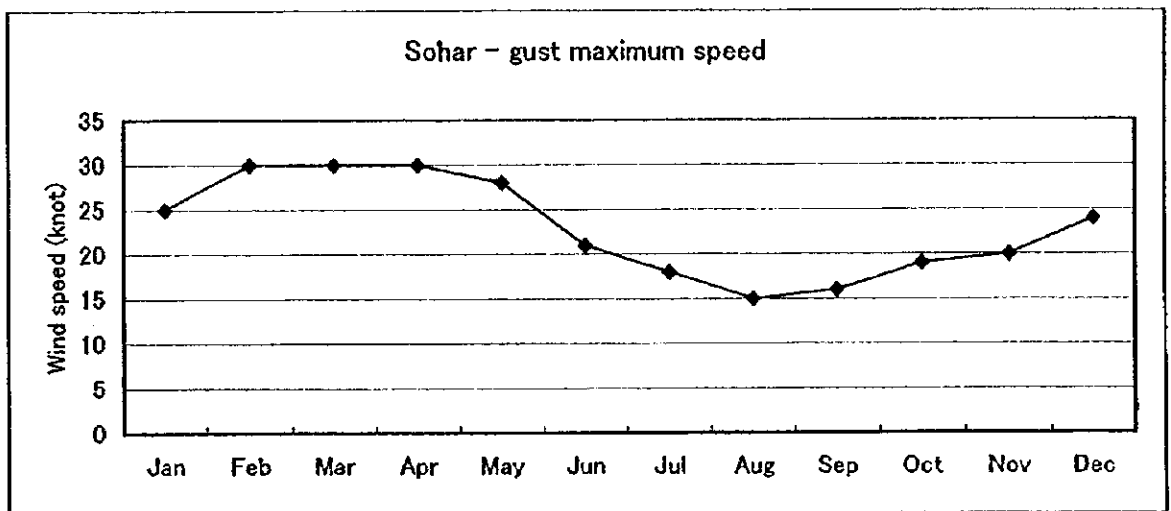
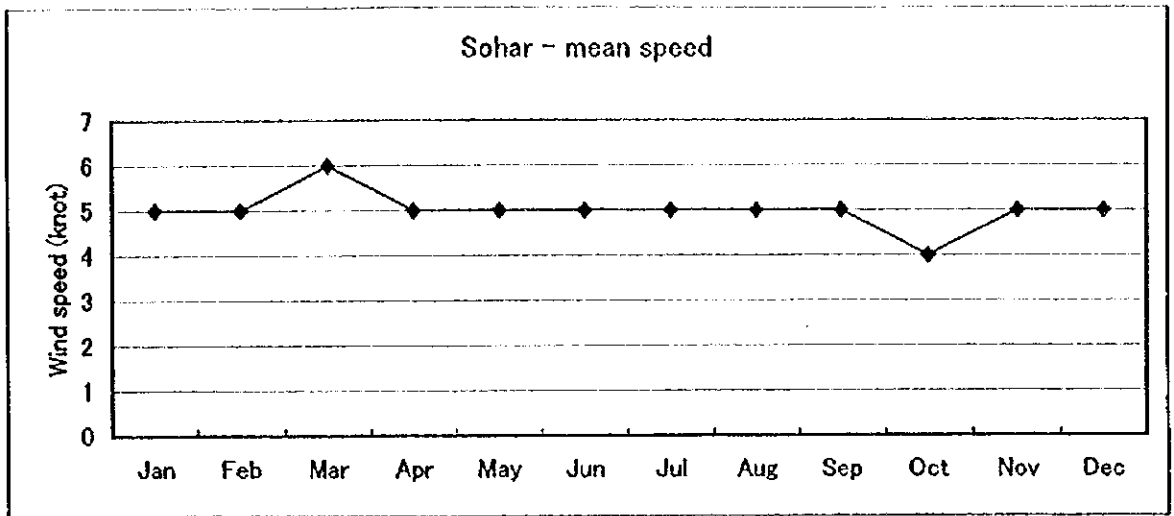


Figure II-1-6 Surface Wind Direction and Wind Speed in Sohar

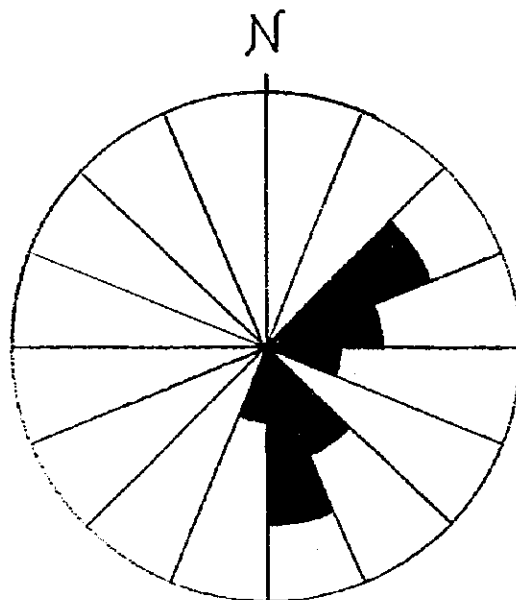
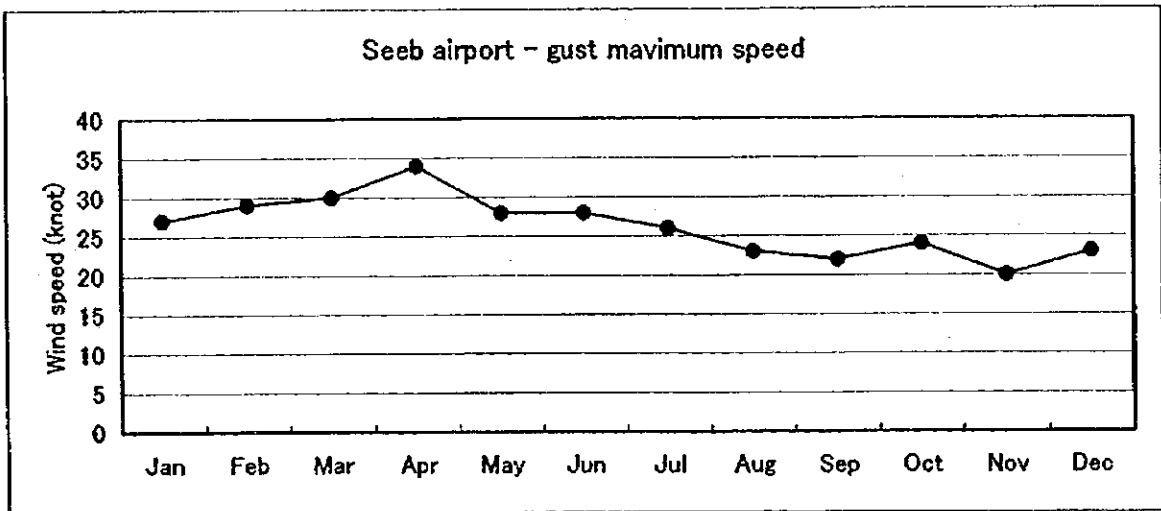
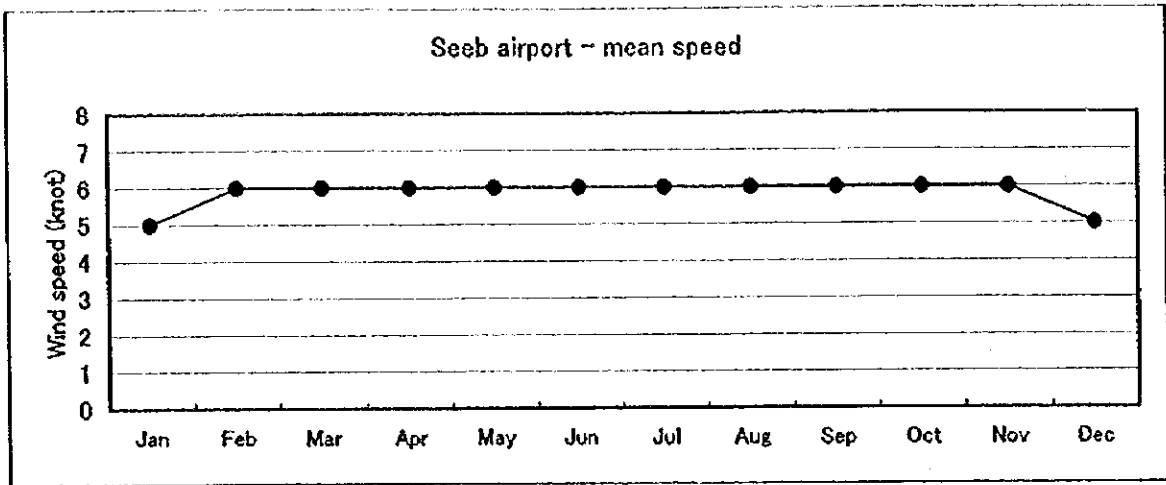


Figure II-1-7 Surface Wind Direction and Wind Speed in Seeb Airport

## 第2章 ボーリング孔内水調査

### 2-1 調査目的

グザイン地区における地下水の挙動および透水性を調査するため、平成8年度、平成9年度および平成10年度（一部）のボーリング調査によるボーリング調査孔を用いて水位回復試験、水質測定および水質分析を実施し、地下水に関する資料・情報を得ることを目的とする。

### 2-2 調査位置

調査位置はグザイン地区内のボーリング調査区域であり、平成10年度（一部）までに掘削を終了した37孔のボーリング調査孔を対象とする（Figure I-3-2）。

### 2-3 調査方法

#### 2-3-1 水位回復試験調査ボーリング孔の選定

平成10年度までに掘削を終了した37孔のボーリング調査孔を対象に、調査に適切なボーリング孔を選定する。選定時、地下水位および地下水面付近のpH、電気伝導度および水温を測定する。

#### 2-3-2 水位回復試験調査

選定した水位観測孔において、ベラーを用いて地下水を汲み上げた後、地下水位の回復状況を自然水位まで測定し、地下水位の復元性を調査する。

水位回復試験の測定時間は、Table II-2-1に基づいて実施する。

Table II-2-1 Measurement Time for the Recovery Test

Measurement time (minutes)	Interval (minutes)
0 ~ 10	1
10 ~ 20	5
20 ~ 60	10
60 ~ 120	15
120 ~ 300	30
> 300	60

#### 2-3-3 水質分析

調査実施ボーリング孔において、以下の2種類の地下水試料を採水する。ただし、



採水はいずれも水位回復試験前に実施する。

- ・ 既存鉱体付近の地下水試料
- ・ 地下水位面付近の地下水試料

採水する地下水試料および水質分析の試料数は 33 である。水質分析項目は Table I-1-3 に示す 10 成分である。

## 2-4 調査結果

### 2-4-1 水位回復試験調査ボーリング孔の選定結果

平成9年度までに掘削を終了した 33 孔のボーリング調査孔および本年度掘削終了調査孔 (MJOB-G34~G37) の 4 孔を加えて総計 37 孔 (Table II-2-2) に対し、孔内状況の把握調査を行った。既存のボーリング孔の状況を Table II-2-3 に示す。

ボーリング孔調査結果、Table II-2-3 に示すとおり 17 孔が孔内崩壊等により水文調査が不可能であった。

なお、ボーリング掘削時に使用した泥材として有機質の EG-mud を使用したが、殆どのボーリング孔に現在もなお残留し、粘性、白濁等の影響が認められた。特に泥材が多量に残留し、水質および回復試験に影響があると推定されたボーリング孔は MJOB-G17、G18、G19、G20、G23、G24 および G33 であった。以上の状況を踏まえ、水位回復試験調査ボーリング孔には孔内状況、地形・地質および鉱床との関連を考慮して、MJOB-G2、G4、G7、G8、G15、G16、G17、G19、G25、G26、G28、G32 および G36 の 13 孔を選定し、回復試験を実施した。

### 2-4-2 水位回復試験調査結果

#### (1) 水位回復試験

選定した水位観測孔 (13 孔) に対し、ペーラーを用いて地下水を汲み上げた後、地下水位が自然水位まで回復あるいは平衡水位の状態に達したことを確認した。

ところで、地下水の汲み上げ時、地下水の表層部では比較的的自然状態に近いと思われる地下水が採取されていたが、採水を繰り返した後 (より深部) の地下水はなお掘削時の泥材の影響である粘性あるいは白濁が殆どのボーリング孔に認められた。

試験結果を Table II-2-4(1)~(3) および Figure II-2-1 (1)~(5) に示す。

#### (2) 透水係数の算定

本試験は単孔式ピエゾメータ法による現場透水試験であり、透水係数の算定式は式 - 2 による。

Table II-2-2 Existing Bore Holes in the Survey Area

Bore holes (No.)	Coodination		Ground level (m)	Length (m)	Inclination (deg.)	Bearing	Drilled year
	N (km)	E (km)					
MJOB-G1	2635.130	498.729	187.40	186.50	-70	S25E	1996
MJOB-G2	2635.179	498.923	189.25	305.40	-90		1996
MJOB-G3	2635.264	498.644	190.00	300.40	-70	S25E	1996
MJOB-G4	2635.179	498.099	188.15	300.50	-90		1996
MJOB-G5	2634.791	497.989	191.80	300.20	-90		1996
MJOB-G6	2634.840	498.389	192.40	300.30	-90		1996
MJOB-G7	2635.276	497.868	187.40	300.15	-90		1996
MJOB-G8	2635.034	498.341	192.10	200.25	-90		1996
MJOB-G9	2635.240	498.547	191.20	200.20	-90		1996
MJOB-G10	2635.191	498.766	187.90	200.10	-90		1996
MJOB-G11	2635.288	498.741	186.10	200.20	-90		1996
MJOB-G12	2635.264	498.644	190.00	200.30	-90		1996
MJOB-G13	2635.276	498.693	186.80	200.10	-90		1996
MJOB-G14	2634.852	498.026	191.45	250.10	-90		1996
MJOB-G15	2634.888	497.965	191.10	250.15	-90		1996
MJOB-G16	2634.731	497.953	192.90	201.85	-90		1996
MJOB-G17	2634.828	497.929	191.20	250.25	-90		1996
MJOB-G18	2634.973	497.892	189.70	300.25	-90		1997
MJOB-G19	2634.997	497.989	190.25	300.40	-90		1997
MJOB-G20	2635.082	497.917	189.15	300.45	-90		1997
MJOB-G21	2634.913	498.062	190.80	250.25	-90		1997
MJOB-G22	2634.755	498.050	193.20	200.60	-90		1997
MJOB-G23	2635.313	498.220	188.40	350.10	-90		1997
MJOB-G24	2635.252	498.184	187.85	350.25	-90		1997
MJOB-G25	2635.197	498.687	186.10	200.10	-90		1997
MJOB-G26	2634.815	498.911	198.70	200.15	-90		1997
MJOB-G27	2635.076	498.614	189.20	201.05	-90		1997
MJOB-G28	2634.718	498.111	194.40	150.20	-90		1997
MJOB-G29	2634.828	498.135	192.20	200.15	-90		1997
MJOB-G30	2635.362	496.765	169.10	250.20	-90		1997
MJOB-G31	2635.386	496.862	169.20	235.45	-90		1997
MJOB-G32	2635.483	496.838	169.00	250.50	-90		1997
MJOB-G33	2635.580	496.813	168.80	300.00	-90		1997
MJOB-G34	2635.338	496.668	179.10	250.40	-90		1998
MJOB-G35	2635.410	496.959	170.50	200.10	-90		1998
MJOB-G36	2635.459	496.741	169.20	251.00	-90		1998
MJOB-G37	2635.656	496.716	168.20	270.15	-90		1998

Table II-2-3 Selected Bore for Hydrological Investigation in the Survey Area

Bore holes No.	Ground level (m)	Depth of groundwater (m)	Groundwater level (m)	Recovery test	Remarks
MJOB-G1	187.40	-	-	-	Inclined bore hole
MJOB-G2	189.25	-20.24	169.01	done	
MJOB-G3	190.00	-	-	-	Inclined bore hole
MJOB-G4	188.15	-17.88	170.27	done	
MJOB-G5	191.80	-15.11	176.69	-	
MJOB-G6	192.40	-	-	-	Closed by collapse at -1.55m deep
MJOB-G7	187.40	-21.63	165.77	done	
MJOB-G8	192.10	-20.94	171.16	done	
MJOB-G9	191.20	-22.86	168.34	-	
MJOB-G10	187.90	-18.04	169.86	-	
MJOB-G11	186.10	-19.97	166.13	-	
MJOB-G12	190.00	-23.96	166.04	-	
MJOB-G13	186.80	-20.03	166.77	-	
MJOB-G14	191.45	-16.00	175.45	-	
MJOB-G15	191.10	-14.39	176.71	done	
MJOB-G16	192.90	-16.00	176.90	done	
MJOB-G17	191.20	-14.62	176.58	done	
MJOB-G18	189.70	-14.83	174.87	-	Too small diameter of strainer
MJOB-G19	190.25	-15.41	174.84	done	
MJOB-G20	189.15	-15.26	173.89	-	Too small diameter of strainer
MJOB-G21	190.80	-	-	-	Closed by collapse (?) at -11.0m deep
MJOB-G22	193.20	-15.75	177.45	-	Too small diameter of strainer
MJOB-G23	188.40	-18.30	170.10	-	Drilling mud remained
MJOB-G24	187.85	-19.10	168.75	-	Drilling mud remained
MJOB-G25	186.10	-20.51	165.59	done	
MJOB-G26	198.70	-32.67	166.03	done	
MJOB-G27	189.20	-	-	-	Closed by collapse (?) at -4.50m deep
MJOB-G28	194.40	-18	176.40	done	
MJOB-G29	192.20	-	-	-	Closed by collapse
MJOB-G30	169.10	-	-	-	Filled by sand (?) at -4.30m deep
MJOB-G31	169.20	-	-	-	Filled by sand (?) at -3.10m deep
MJOB-G32	169.00	-13.65	155.35	done	
MJOB-G33	168.80	-12.39	156.41	-	Drilling mud remained
MJOB-G34	179.10	-	-	-	Closed by collapse (?) at -5.46m deep
MJOB-G35	170.50	-	-	-	Filled by sand (?) at -4.35m deep
MJOB-G36	169.20	-9.40	159.80	done	
MJOB-G37	168.20	-	-	-	Filled by sand (?) at -6.00m deep

Table II-2-4 Result of Recovery Test in the Survey Area (1)

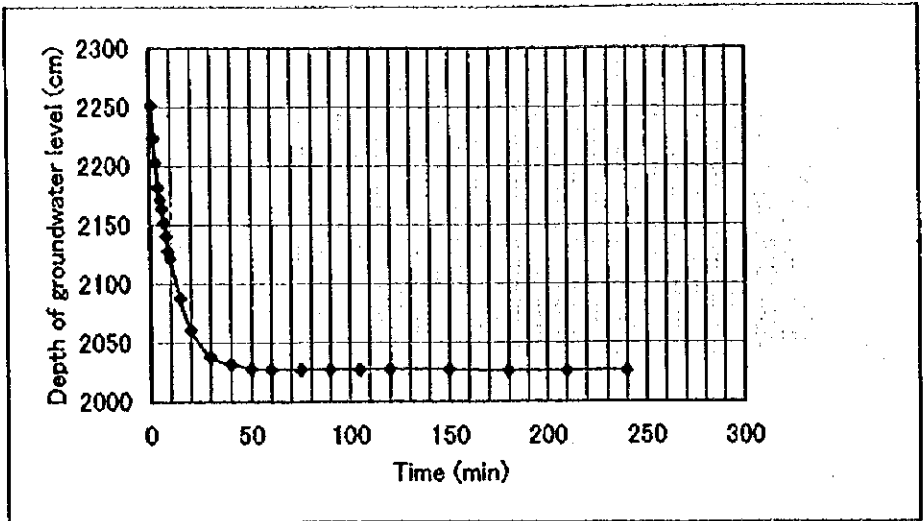
MJOB-G2		MJOB-G4		MJOB-G7		MJOB-G8		MJOB-G15	
Time (min)	Water level (m)	Time (min)	Water level (m)	Time (min)	Water level (m)	Time (min)	Water level (m)	Time (min)	Water level (m)
1	22.52	1	23.35	1	21.71	1	21.46	1	16.96
2	22.24	2	23.15	2	21.71	2	21.41	2	16.93
3	22.03	3	22.85	3	21.69	3	21.39	3	16.84
4	21.82	4	22.80	4	21.69	4	21.37	4	16.78
5	21.72	5	22.73	5	21.69	5	21.35	5	16.67
6	21.64	6	22.69	6	21.69	6	21.34	6	16.59
7	21.52	7	22.64	7	21.69	7	21.34	7	16.49
8	21.41	8	22.60	8	21.69	8	21.33	8	16.39
9	21.28	9	22.57	9	21.69	9	21.33	9	16.33
10	21.22	10	22.53	10	21.69	10	21.325	10	16.24
15	20.88	15	22.42	15	21.69	15	21.325	15	15.91
20	20.61	20	22.33	20	21.69	20	21.325	20	15.58
30	20.38	30	21.90	30	21.69	30	21.325	30	15.20
40	20.32	40	21.60	40	21.69	40	21.32	40	14.90
50	20.28	50	21.33	50	21.68	50	21.32	50	14.69
60	20.27	60	21.07	60	21.68	60	21.32	60	14.56
75	20.27	75	20.76	75	21.68	75	21.32	75	14.47
90	20.27	90	20.54	90	21.68	90	21.32	90	14.37
105	20.27	105	20.32	105	21.68	105	21.32	105	14.34
120	20.27	120	20.15	120	21.68	120	21.32	120	14.32
150	20.27	150	19.85	150	-	150	21.32	150	14.30
180	20.26	180	19.75	180	-	180	21.32	180	14.29
210	20.26	210	19.65	210	-	210	21.31	210	14.285
240	20.26	240	19.56	240	-	240	21.31	240	14.27
270	-	270	19.50	270	-	270	21.31	270	14.27
300	-	300	19.47	300	-	300	21.31	300	14.27
360	-	360	19.385	360	-	360	21.31	360	14.27
420	-	420	19.30	420	-	420	-	420	-
480	-	480	19.21	480	-	480	-	480	-
540	-	540	-	540	-	540	-	540	-
600	-	600	-	600	-	600	-	600	-
660	-	660	-	660	-	660	-	660	-
720	-	720	-	720	-	720	-	720	-
960	-	960	-	960	-	960	-	960	-
1,020	-	1,020	-	1,020	-	1,020	-	1,020	-
1,080	-	1,080	-	1,080	-	1,080	-	1,080	-
1,320	-	1,320	-	1,320	-	1,320	-	1,320	-
1,380	-	1,380	-	1,380	-	1,380	-	1,380	-
1,440	-	1,440	-	1,440	-	1,440	-	1,440	-
2,850	20.27	1,500	18.66						

Table II-2-4 (2)

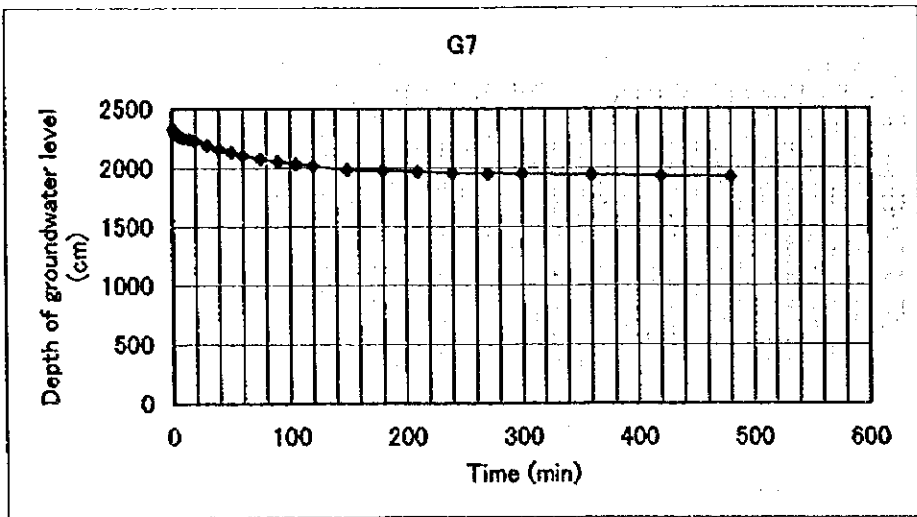
MJOB-Q16		MJOB-Q17		MJOB-Q19		MJOB-Q25		MJOB-Q26	
Time (min)	Water level (m)	Time (min)	Water level (m)	Time (min)	Water level (m)	Time (min)	Water level (m)	Time (min)	Water level (m)
1	18.27	1	14.92	1	18.37	1	26.55	1	34.67
2	18.24	2	14.90	2	18.33	2	26.53	2	34.45
3	18.22	3	14.88	3	18.30	3	26.51	3	34.18
4	18.20	4	14.875	4	18.28	4	26.49	4	34.01
5	18.18	5	14.87	5	18.24	5	26.47	5	33.97
6	18.175	6	14.855	6	18.19	6	26.45	6	33.66
7	18.15	7	14.85	7	18.13	7	26.44	7	33.56
8	18.12	8	14.85	8	18.08	8	26.43	8	33.46
9	18.08	9	14.84	9	18.04	9	26.42	9	33.37
10	18.06	10	14.83	10	18.01	10	26.40	10	33.29
15	17.95	15	14.81	15	17.76	15	26.37	15	33.17
20	17.87	20	14.80	20	17.53	20	26.34	20	33.03
30	17.70	30	14.75	30	17.21	30	26.32	30	32.92
40	17.58	40	14.74	40	16.91	40	26.29	40	32.87
50	17.46	50	14.72	50	16.64	50	26.25	50	32.85
60	17.38	60	14.70	60	16.46	60	26.21	60	32.83
75	17.26	75	14.69	75	16.19	75	26.15	75	32.82
90	17.16	90	14.69	90	16.07	90	26.09	90	32.81
105	17.07	105	14.68	105	15.95	105	26.05	105	32.80
120	17.02	120	14.68	120	15.81	120	26.00	120	32.795
150	16.92	150	14.67	150	15.68	150	25.89	150	32.78
180	16.83	180	14.66	180	15.53	180	25.79	180	32.77
210	16.77	210	14.65	210	15.50	210	-	210	32.76
240	16.72	240	14.65	240	15.47	240	-	240	32.76
270	16.69	270	14.65	270	15.46	270	-	270	32.76
300	16.66	300	14.65	300	15.45	300	-	300	32.76
360	16.65	360	14.65	360	15.45	360	-	360	-
420	-	420	-	420	15.45	420	-	420	-
480	-	480	-	480	15.45	480	-	480	-
540	-	540	-	540	-	540	-	540	-
600	-	600	-	600	-	600	-	600	-
660	-	660	-	660	-	660	-	660	-
720	-	720	-	720	-	720	-	720	-
960	-	960	-	960	-	960	-	960	-
1,020	-	1,020	-	1,020	-	1,020	-	1,020	-
1,080	-	1,080	-	1,080	-	1,080	-	1,080	-
1,320	-	1,320	-	1,320	-	1,320	-	1,320	-
1,380	-	1,380	14.80	1,380	-	1,380	-	1,380	-
1,440	-	1,440	-	1,440	15.45	1,440	-	1,440	-
2,620	16.23					2,730	20.82	2,990	32.70

Table II-2-4 (3)

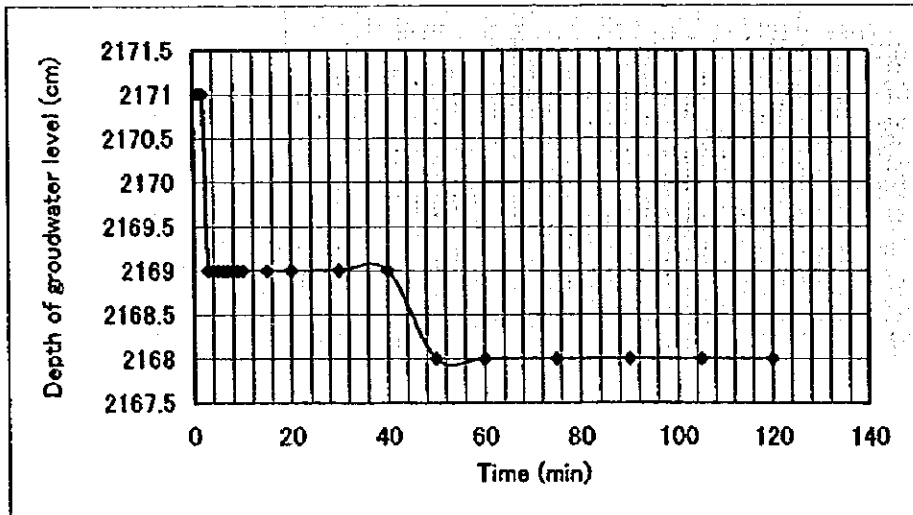
MJOB-G28		MJOB-G32		MJOB-G36	
Time (min)	Water level (m)	Time (min)	Water level (m)	Time (min)	Water level (m)
1	19.37	1	-	1	9.77
2	19.345	2	-	2	9.57
3	19.30	3	14.48	3	9.57
4	19.28	4	14.41	4	9.57
5	19.26	5	14.34	5	-
6	19.24	6	14.27	6	-
7	19.22	7	14.22	7	-
8	19.20	8	14.16	8	-
9	19.185	9	14.12	9	-
10	19.17	10	14.07	10	-
15	19.09	15	13.97	15	-
20	19.025	20	13.90	20	-
30	18.92	30	13.84	30	-
40	18.83	40	13.82	40	-
50	18.75	50	13.81	50	-
60	18.70	60	13.81	60	-
75	18.62	75	13.805	75	-
90	18.57	90	13.80	90	-
105	18.51	105	13.80	105	-
120	18.48	120	13.79	120	-
150	18.41	150	13.78	150	-
180	18.37	180	13.78	180	-
210	18.34	210	13.78	210	-
240	18.305	240	13.78	240	-
270	18.27	270	-	270	-
300	18.25	300	-	300	-
360	18.23	360	-	360	-
420	18.21	420	-	420	-
480	18.20	480	-	480	-
540	-	540	-	540	-
600	-	600	-	600	-
660	-	660	-	660	-
720	-	720	-	720	-
960	-	960	-	960	-
1,020	-	1,020	-	1,020	-
1,080	-	1,080	-	1,080	-
1,320	-	1,320	-	1,320	-
1,380	18.11	1,380	-	1,380	-
1,440	-	1,440	-	1,440	-



(1) MJOB-G2

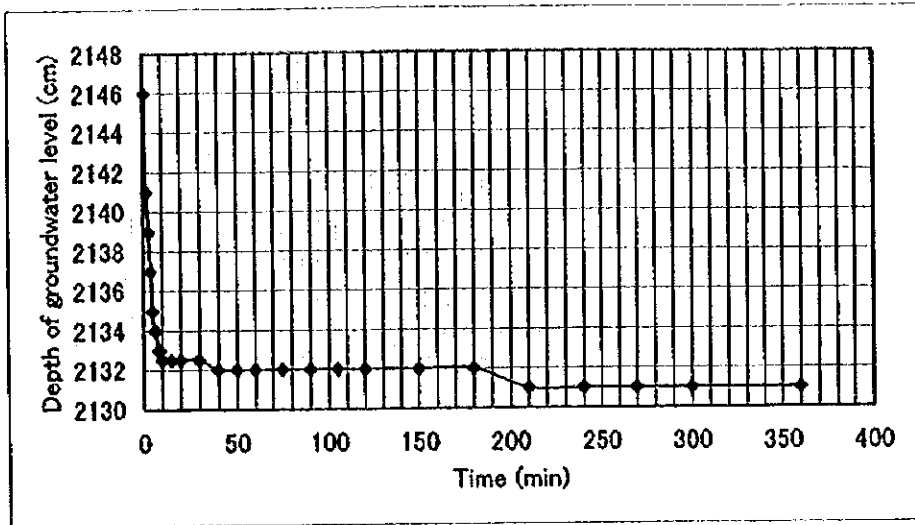


(2) MJOB-G4

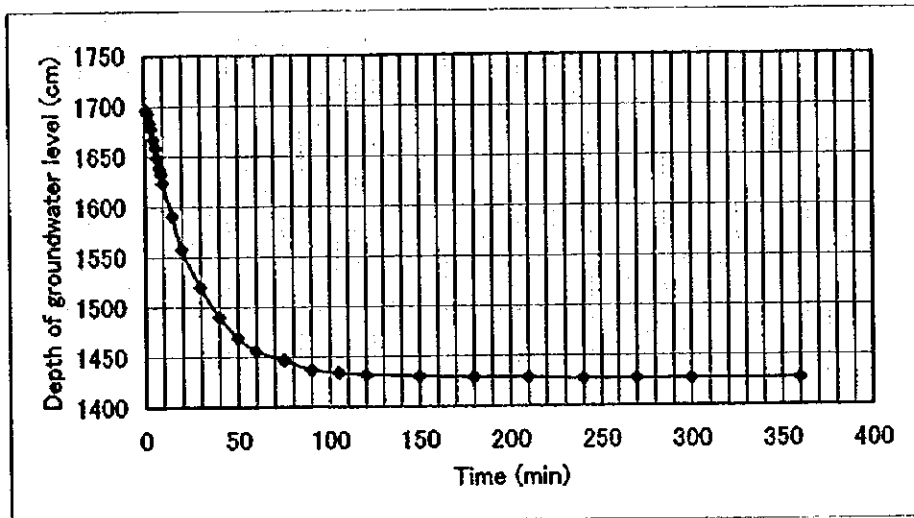


(3) MJOB-G7

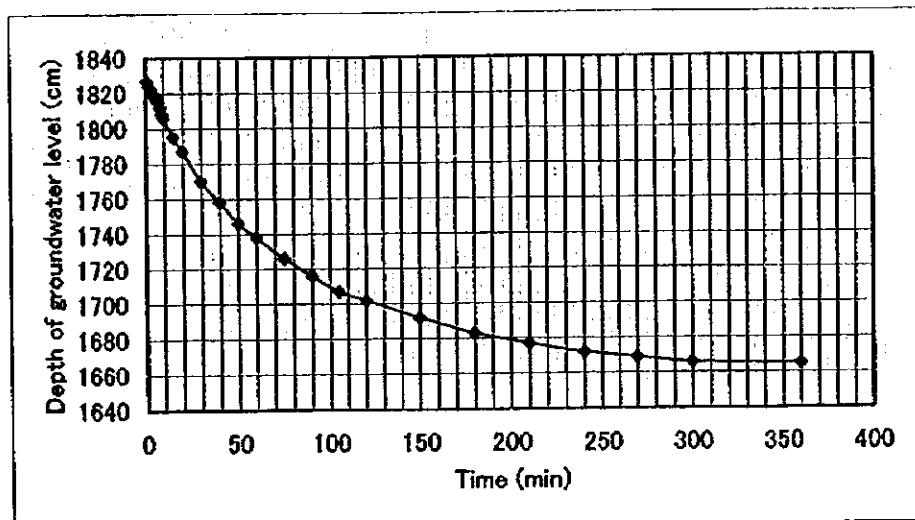
Figure II-2-1 Result of Recovery Test in the Ghuzayn District (1)



(4) MJOB-G8



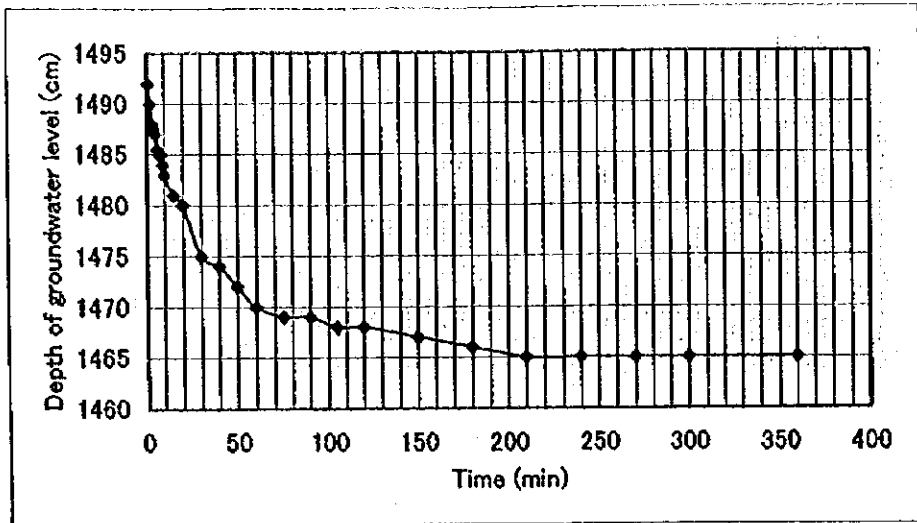
(5) MJOB-G15



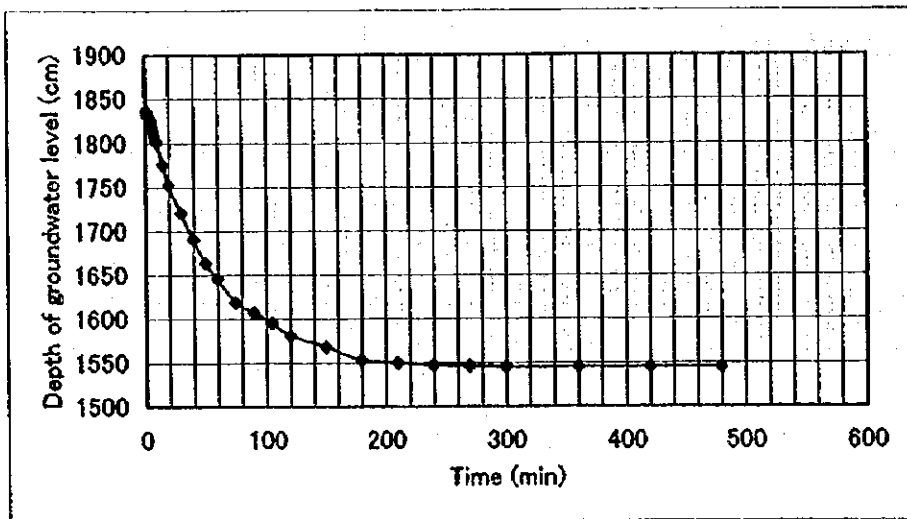
(6) MJOB-G16

Figure II-2-1 (2)

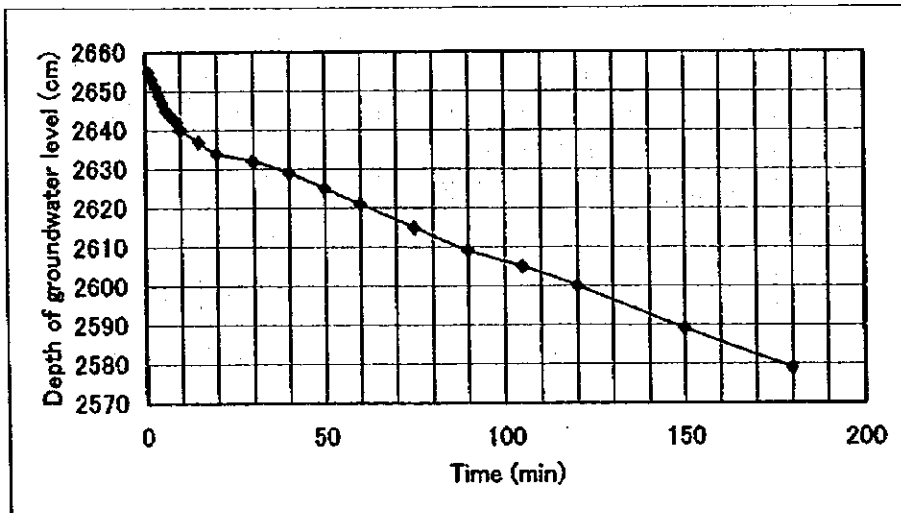




(7) MJOB-G17

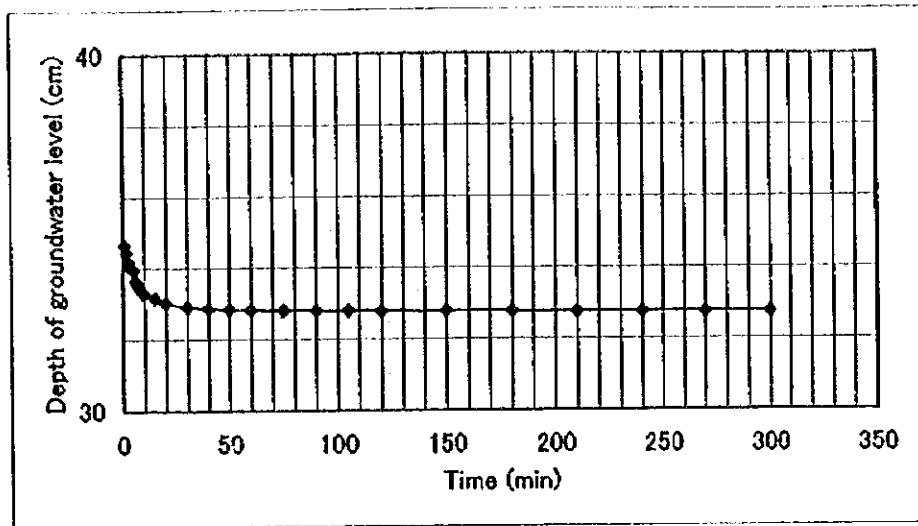


(8) MJOB-G19

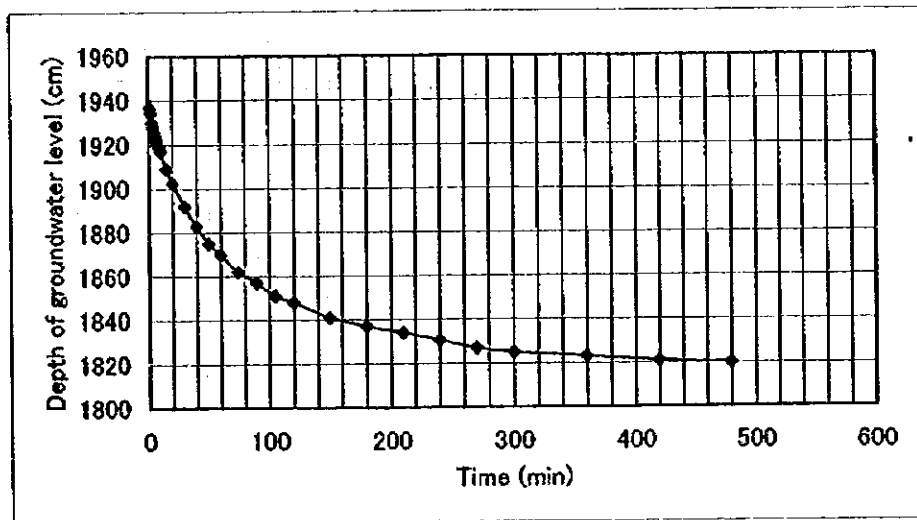


(9) MJOB-G25

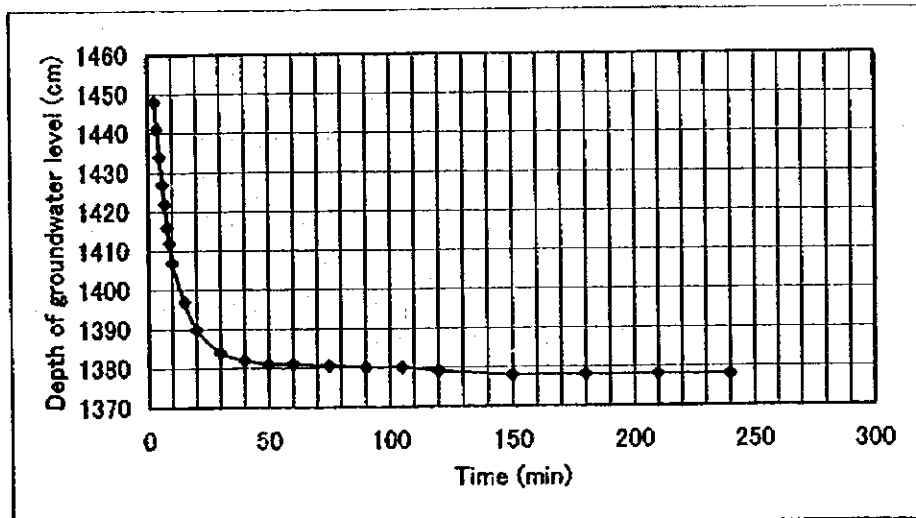
Figure II-2-1 (3)



(10) MJOB-G26

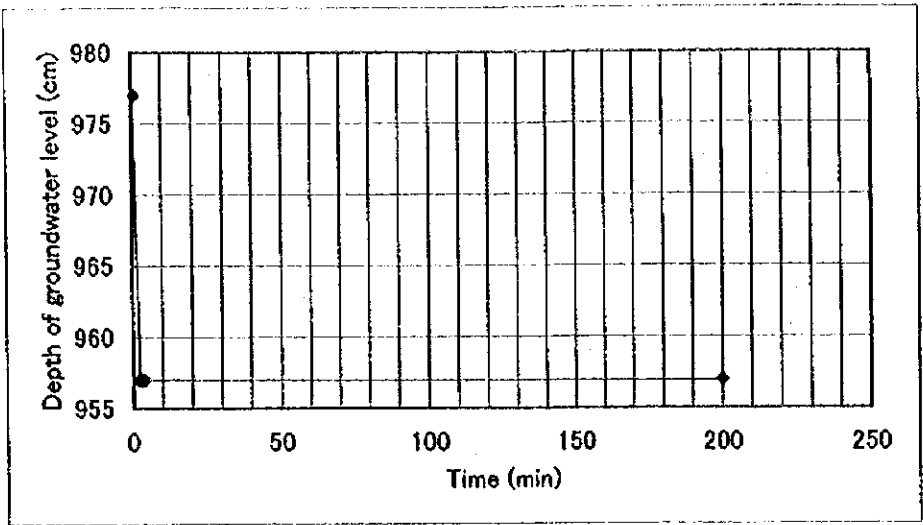


(11) MJOB-G28



(12) MJOB-G32

Figure II-2-1 (4)



(13) MJOB-G36

Figure II-2-1 (5)

$$k = \frac{(2.3)^2 R_w^2}{2L(t_2 - t_1)} \cdot \log(L/r_w) \cdot \log(h_1/h_2) \quad \text{式-2}$$

- k : 透水係数 (cm/s)  
 R<sub>w</sub> : ケーシングの半径 (cm)  
 r<sub>w</sub> : 掘削孔の半径 (cm)  
 L : 透水層の長さ (cm)  
 t<sub>1</sub> : 経過時間1 (s)  
 t<sub>2</sub> : 経過時間2 (s)  
 h<sub>1</sub> : 経過時間1の水位差 (cm)  
 h<sub>2</sub> : 経過時間2の水位差 (cm)

算定結果を Table II-2-5 に示す。

Table II-2-5 Permeability Coefficient

No.	Number of bore holes	t <sub>1</sub> (min)	t <sub>2</sub> (min)	h <sub>1</sub> (cm)	h <sub>2</sub> (cm)	L (cm)	R (cm)	r (cm)	Permeability Coefficient (cm/s)
1	MJOB-G2	60	600	228	98	28266	7.57	7.57	1.30E-05
2	MJOB-G4	60	600	550	468	27695	7.57	7.57	2.53E-06
3	MJOB-G7	60	180	3	1	27842	7.57	7.57	7.72E-05
4	MJOB-G8	60	420	50	38	17874	7.57	7.57	9.47E-06
5	MJOB-G15	60	600	261	189	23304	7.57	7.57	5.89E-06
6	MJOB-G16	60	600	228	207	18355	7.57	7.57	2.17E-06
7	MJOB-G17	60	600	26	17	23531	7.57	7.57	7.69E-06
8	MJOB-G19	60	600	290	254	28201	7.57	7.57	2.05E-06
9	MJOB-G25	60	900	585	567	17351	8.89	8.66	6.43E-07
10	MJOB-G26	60	600	198	60	16518	7.57	7.57	2.94E-05
11	MJOB-G28	60	600	131	111	13078	7.57	7.57	5.00E-06
12	MJOB-G32	60	600	90	31	23572	7.57	7.57	1.93E-05
13	MJOB-G36	0	60	78	1	24144	7.57	7.57	6.94E-04

調査区域内の地盤の透水係数は、 $10^{-4} \sim 10^{-7}$  cm/s オーダーである。特に、MJOB-G36 孔は  $10^{-4}$  cm/s オーダーで、透水性がやや良好であった。

### 2-4-3 水質調査結果

#### (1) 水質測定結果

水質測定は表層地下水および深層地下水の採水可能なボーリング孔から採水し、pH、電気伝導度および水温を測定した。深層地下水の採水深度は塊状鉱体内であるが、ボーリング孔 MJOB-G5、G16、G25 および G26 の4孔については孔内崩壊により鉱体内への到達が不可能であった。表層地下水採水ボーリング孔は23孔であり、深層地下水採水ボーリング孔は10孔である。各ボーリング孔の地下水の水質測定結果を Table II-2-5 に示す。

pH は 7.08~11.28 の中性~アルカリ性までの広い範囲に亘っているが、MJOB-G16 (表層、深層 - 40.60m)、G17 (表層) および G25 (深層 - 55.30m) のみが pH9~11 とアルカリ性を示す。その他の地下水の pH は 7~8 の中性である。

電気伝導度 (EC) は 20.5~1999  $\mu\text{S}/\text{cm}$  の範囲にあり、殆ど 120~300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  からなる。特に 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  以下を示すボーリング孔は、MJOB-G4、G11、G16 および G28 である。また、MJOB-G8、G12、G32 および G36 のボーリング孔では 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  以上の値を示す。

水温は 28.7~35.3°C の範囲にあり、MJOB-G32 が 28.7°C で最も低く、MJOB-G14 が 35.3°C で最も高い水温であった。

#### (2) 水質分析結果

水質分析は表層地下水および深層地下水の採水可能なボーリング孔から採水し、重金属の10項目について水質分析を実施した。表層地下水採水ボーリング孔は23孔であり、深層地下水採水ボーリング孔は10孔である。各ボーリング孔の地下水の水質測定結果を Table II-2-6 に示す。

As は検出限界以下である。

Cr は 0.02~0.13mg/l の範囲にあり、G15、G16、G17、G18 および G22 の表層および深層地下水が 0.07mg/l と若干高い濃度を示す。

Cu は 0.02~0.46mg/l の範囲にあり、MJOB-G22 の表層 (0.45mg/l) および深層地下水 (0.46mg/l) のみが高い値を示す。その他は 0.01~0.17mg/l と低い値を示す。

Fe は 0.93~32.90mg/l の範囲にあり、MJOB-G8、G13、G18、G22 および G36 の表層 (13.60~32.90mg/l) あるいは深層地下水 (17.40mg/l) が高い値を示す。その他は 1~7mg/l と低い値を示す。また、表層と深層地下水の Fe 濃度の顕著な差は認められない。

Hg は検出限界以下である。

Mn は 0.05~0.84mg/l の範囲にあり、MJOB-G8、G18、G22、G26、G32 および G36 の深層地下水 (0.32~0.84mg/l) が高い値を示す。その他は 0.05~0.25mg/l と低い値を示す。また、深層地下水の Mn 濃度は表層地下水より高い傾向を示す。

Table II-2-6 Analytical Result of the Groundwater in the Survey Area

No.	Bore holes	Items	pH	EC μS/cm	Temp. °C	As mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Hg mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Zn mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l
1	MJO-G2	GD-21	7.28	174.2	33.2	<0.01	<0.02	0.02	1.49	<0.01	0.12	<0.02	<0.02	0.03	310
2	MJO-G4	GD-41	8.08	76.1	33.4	<0.01	0.02	0.02	8.11	<0.01	0.10	<0.02	<0.02	1.18	110
3	MJO-G5	GD-51	7.59	147.2	33.3	<0.01	0.02	0.17	11.43	<0.01	0.07	<0.02	0.12	0.93	240
4	MJO-G7	GD-52	7.80	155.3	34.9	<0.01	<0.02	0.08	6.27	<0.01	0.18	<0.02	<0.02	0.08	220
5	MJO-G7	GD-71	7.81	140.1	32.5	<0.01	0.05	0.02	13.57	<0.01	0.14	0.02	<0.02	0.99	190
6	MJO-G8	GD-81	8.14	104.9	33.3	<0.01	0.05	0.04	20.76	<0.01	0.41	<0.02	<0.02	3.65	790
7	MJO-G8	GD-82	8.65	112.2	33.4	<0.01	<0.02	0.04	2.31	<0.01	0.16	<0.02	<0.02	0.05	810
8	MJO-G9	GD-91	7.88	115.4	33.6	<0.01	<0.02	0.02	1.55	<0.01	0.05	0.02	<0.02	0.97	150
9	MJO-G10	GD-101	7.47	164.5	33.3	<0.01	<0.02	0.02	0.93	<0.01	0.06	<0.02	<0.02	0.02	280
10	MJO-G11	GD-111	7.87	82.8	33.5	<0.01	<0.02	0.03	3.24	<0.01	0.21	<0.02	<0.02	0.49	150
11	MJO-G12	GD-121	8.03	215.0	32.6	<0.01	<0.02	0.02	2.45	<0.01	0.10	<0.02	<0.02	0.93	620
12	MJO-G13	GD-131	7.92	172.6	33.5	<0.01	0.09	0.02	32.90	<0.01	0.23	<0.02	<0.02	7.00	340
13	MJO-G14	GD-141	7.88	198.7	33.7	<0.01	<0.02	0.05	2.82	<0.01	0.15	<0.02	<0.02	0.19	290
14	MJO-G14	GD-142	8.08	289.0	35.3	<0.01	<0.02	0.04	1.09	<0.01	0.21	<0.02	<0.02	0.05	250
15	MJO-G15	GD-151	8.33	138.9	33.6	<0.01	0.13	0.04	6.85	<0.01	0.09	0.05	<0.02	1.40	240
16	MJO-G15	GD-152	7.74	146.5	34.4	<0.01	<0.02	0.05	2.02	<0.01	0.17	<0.02	<0.02	0.04	190
17	MJO-G16	GD-161	9.62	92.4	33.6	<0.01	0.07	0.04	3.94	<0.01	0.09	0.05	<0.02	0.07	150
18	MJO-G16	GD-162	11.28	180.5	33.7	<0.01	0.07	0.05	4.28	<0.01	0.13	<0.02	<0.02	0.06	140
19	MJO-G17	GD-171	9.85	120.6	33.0	<0.01	0.09	0.03	2.72	<0.01	0.09	<0.02	<0.02	4.90	220
20	MJO-G18	GD-181	7.99	156.2	32.9	<0.01	0.07	0.09	17.11	<0.01	0.40	0.15	0.21	0.08	200
21	MJO-G19	GD-191	7.88	129.6	33.1	<0.01	<0.02	0.03	3.37	<0.01	0.16	<0.02	<0.02	0.33	170
22	MJO-G20	GD-201	8.24	136.0	32.8	<0.01	0.04	0.05	6.21	<0.01	0.18	0.06	0.20	0.02	190
23	MJO-G22	GD-221	8.12	144.4	30.3	<0.01	0.07	0.46	15.17	<0.01	0.34	0.10	0.35	0.22	230
24	MJO-G22	GD-222	8.13	142.8	34.4	<0.01	0.07	0.45	17.40	<0.01	0.53	0.09	0.62	0.22	210
25	MJO-G25	GD-251	10.49	100.1	33.5	<0.01	0.05	0.07	8.75	<0.01	0.10	0.06	<0.02	0.68	130
26	MJO-G25	GD-252	8.99	246.0	32.0	<0.01	<0.02	0.04	1.21	<0.01	0.14	<0.02	<0.02	0.09	420
27	MJO-G26	GD-261	7.51	389.0	33.4	<0.01	<0.02	0.05	4.37	<0.01	0.25	<0.02	<0.02	1.62	1110
28	MJO-G26	GD-262	7.51	432.0	32.7	<0.01	<0.02	0.05	6.58	<0.01	0.84	<0.02	<0.02	1.26	1230
29	MJO-G28	GD-281	8.05	20.5	33.1	<0.01	<0.02	0.05	1.40	<0.01	0.23	<0.02	<0.02	0.14	650
30	MJO-G32	GD-321	7.08	145.5	28.7	<0.01	<0.02	0.08	2.20	<0.01	0.17	<0.02	<0.02	0.06	130
31	MJO-G32	GD-322	7.66	>1999	32.4	<0.01	<0.02	0.12	4.81	<0.01	0.32	<0.02	0.08	0.08	180
32	MJO-G36	GD-361	8.02	128.4	31.3	<0.01	<0.02	0.05	13.60	<0.01	0.20	<0.02	<0.02	0.05	150
33	MJO-G36	GD-362	7.34	159.3	31.0	<0.01	<0.02	0.08	4.93	<0.01	0.51	<0.02	0.20	0.07	160
34	GW-1		7.67	148.8	28.6	<0.01	<0.02	0.04	0.15	<0.01	0.01	<0.02	<0.02	<0.01	140
35	GW-2		7.63	108.1	32.1	<0.01	<0.02	0.04	0.20	<0.01	0.01	<0.02	<0.02	<0.01	120
36	GS-1		8.36	109.5	27.1	<0.01	<0.02	0.03	0.14	<0.01	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	140
37	GS-2		8.46	115.7	29.0	<0.01	<0.02	0.03	0.14	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	140
38	GS-3		7.87	133.3	28.6	<0.01	<0.02	0.04	0.32	<0.01	0.02	<0.02	<0.02	0.02	140
		Maximum	11.28	>1999	35.3	<0.01	0.13	0.46	32.90	<0.01	0.84	0.15	0.62	7.00	1230
		Minimum	7.08	20.5	27.1	<0.01	<0.02	0.02	0.14	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	110
		Average	8.16	247.6	32.5	<0.01	0.06	0.07	6.23	<0.01	0.19	0.07	0.25	0.82	303

Ni は $0.02\sim 0.62\text{mg/l}$ の範囲にあり、G18 および G22 がやや高い濃度を示す。

Pb は $0.02\sim 0.15\text{mg/l}$ の範囲にあり、特に G18、GS20 および G22 がやや高い濃度を示す。

Zn は $0.02\sim 7.00\text{mg/l}$ の範囲にあり、MJOB-G8、G13 および G17 の表層および深層地下水 ( $3.65\sim 7\text{mg/l}$ ) が高い値を示す。その他は $0.02\sim 1.62\text{mg/l}$ と低い値を示す。

$\text{SO}_4$  は $110\sim 1230\text{mg/l}$ の範囲にあり、特に G8、G12 および G26 が高い濃度を示す。