

D. 水 質

D. 水 質

	頁
1 水質調査の目的および構成	D- 1
2 水質分析資料の収集	D- 3
3 簡易水質測定	D- 7
3. 1 簡易水質測定	D- 7
3. 2 孔内水質測定	D-14
4 詳細水質分析	D-23
4. 1 水質組成分析	D-23
4. 2 水質分布	D-32
4. 3 飲料水としての適性	D-44
5 環境同位元素分析および地下水の水質変化	D-53
5. 1 環境同位元素分析	D-53
5. 2 地層中の含有塩類	D-55
5. 3 水質変化の機構	D-56

図リスト

図-3.1.1	電気伝導度の補正曲線	D-12
図-3.1.2	調査対象地域および周辺での簡易水質測定結果	D-15
図-3.2.1	孔内水質測定結果と地質層序との対比	D-21
図-3.2.2	計画対象地域のEC分布図	D-22
図-4.1.1	キーダイアグラム	D-23
図-4.1.2	キーダイアグラム法による地下水の水質分類	D-25
図-4.1.3	キーダイアグラム法による観測井での水質分類	D-27
図-4.1.4	キーダイアグラム法による土壌塩分溶出液の水質分類	D-29
図-4.2.1	ヘキサダイアグラム	D-32
図-4.2.2	ヘキサダイアグラム表示による地下水の類型分類	D-34
図-4.2.3	ヘキサダイアグラム表示による土壌塩分溶出液の類型分類	D-36
図-4.2.4	ヘキサダイアグラム表示による地下水の水質分布	D-38
図-4.2.5	計画対象地域の水質分布	D-40
図-4.2.6	ヘキサダイアグラム表示による土壌塩分溶出液の水質分析	D-42
図-4.3.1	調査対象地域の固形物総量の分布	D-47
図-4.3.2	調査対象地域の総硬度の分布	D-48
図-4.3.3	調査対象地域の硫酸イオンの分布	D-49
図-5.1.1	環境同位元素 H_2 と O_{18} との関係	D-54

表リスト

表-2.1	水質主成分分析結果(西山水源地水質分析表)	D- 4
表-2.2	詳細水質分析結果(1988年)	D- 5
表-2.3	詳細水質分析結果(1989年)	D- 6
表-3.1.1	小泉溝および右岸支川での簡易水質測定結果	D-11
表-3.1.2	大泉溝での簡易水質測定結果	D-11
表-3.1.3	電気伝導度測定 of 温度補正(第1年次調査分)	D-13
表-3.1.4	電気伝導度測定結果(第2年次調査分)	D-14
表-3.2.1	孔内水質測定結果: 実施日および地下水位	D-17
表-3.2.2	孔内水質測定結果: 水深別電気伝導度	D-18
表-4.1.1	主要成分モル当量値	D-23
表-4.1.2	キーダイアグラム法による地下水の水質分類	D-30
表-4.1.3	主要塩類の相関係数	D-31
表-4.3.1	飲料水基準の比較	D-45
表-4.3.2	揚水井で採水された地下水の水質評価	D-51
表-5.1.1	環境同位元素分析結果	D-53

1 水質調査の目的および構成

(1) 水質調査の目的

水質調査の目的は次の3つである。

- ① 調査対象地域での地下水水質の把握
- ② 地下水水質変化機構の把握
- ③ 地下水流動、地下水涵養機構の把握

(2) 水質調査の構成

水質調査は基本的には中国側が実施し、日本側はその作業計画の立案、技術的助言および分析資料の解析作業を行うものである。

- ① 既往分析資料の収集、整理
- ② 現地踏査
- ③ 簡易水質測定および孔内水質測定
- ④ 採水および詳細水質分析
- ⑤ 分析データの解析

(3) 簡易水質測定計画の概要

分類	測定目的	測定方法	測定対象	測定機材
I	地下水水質の平面分布の把握	斉一地下水位測定時の採水による測定	既設井戸 観測井 揚水井	電気伝導度計 温度計
II	地下水水質の鉛直分布の把握	孔内水質計による測定	観測井 揚水井	孔内水質計
III	地下水水質の季節変化の把握	定期的測定	観測井(W-9)	電気伝導度計 温度計
IV	揚水に伴う水質変化の把握	揚水試験中の連続測定	揚水井	電気伝導度計 温度計
V	水循環に於ける水質変化の把握		地下水、湧水 農業用水 河川水、雨水	電気伝導度計 温度計

(4) 詳細水質分析計画の概要

	目的	分析項目	分析先	分析対象
主成分分析	地下水の水質変化機構の解明 地下水流動の推定	pH、固形物総量 陽イオン： Na ⁺ Mg ⁺⁺ Ca ⁺⁺ 陰イオン： Cl ⁻ SO ₄ ²⁻ HCO ₃ ⁻	新疆地礦局水文地質大隊実験室	観測井 揚水井 既存井戸 湧水 雨水、河川水
水道項目分析	飲料水としての適合性の判定	中国国家基準に定める35項目	新疆地礦局水文地質大隊実験室 その他分析機関	揚水井
環元素同位分析	地下水の年代測定によるかん養源の推定	トリチウム：H ³ 炭素：C ¹³ C ¹⁴	北京	揚水井 第3系被圧水

(5) J I C A 持込み器材

器材名	内容	数量
イオン濃度計	本体、イオン電極、標準液、スペアパーツ	1セット
簡易水質分析セット	水道水基準合否判定用	1セット
孔内採水器	採水量 600 cc : 最大採水深度 300 m	1台
孔内水質計	電気伝導度、温度、最大測定深度 300 m	1台

2 水質分析資料の収集

(1) 水質分析の実施機関

水質分析は新疆地質矿产局第1水文地質大隊の実験室の概要は次のとおりである。

- 実験室の開設 : 1957年
- 分析スタッフ : 高級工師 1名 工師 11名 助技師 10名
技術員 10名 労働者 2名 : 小計 31名
- 土質力学試験スタッフ : 4名
- 水質分析の範囲 : 容量分析、分光光度分析
- 細菌分析、放射性分析は環境保護部門に、また、環境同位元素分析は武漢に分析を依頼している。

(2) 収集資料の概要

	資料名	資料の内容	測定地点
第 1 年 次	①西山水源地水質分析表 1988年7月	本調査以前に調査対象地域で実施した水質分析資料を総括したものである。 分析項目: 固形物総量、pH、硬度 揮発性物質、珪酸、主成分、フッ素	湧水: 11ヶ所 ボーリング孔: 8ヶ所 農業用井戸: 3ヶ所 表流水: 3ヶ所
	②土壌塩分溶出液水質分析表 1988年7月	調査対象地域での地表面の土壌塩分と地下水との関係を把握するためピットを掘削し資料を採取し分析したものである。 分析項目: ①に準ずる	22ヶ所
	③主成分分析	分析項目: 固形物総量、pH、硬度 揮発性物質、珪酸、陽イオン(Na, K, Mg, Fe, NH ₄), 陰イオン(Cl, SO ₄ , HCO ₃ , NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ , F)	湧水: 5ヶ所 観測井: 8ヶ所
	④水道項目分析	中国国家基準に準ずる分析で微量元素分析表と細菌分析表からなる。	観測井: 1ヶ所
第 2 年 次	⑤孔内水質測定結果	群井揚水試験の前後2回に観測井および揚水井で孔内水質測定を行ったものである。	第1回目: 20ヶ所 第2回目: 25ヶ所
	⑥主成分分析	分析項目: 固形物総量、pH、硬度 揮発性物質、珪酸、陽イオン(Na, K, Mg, Fe, NH ₄), 陰イオン(Cl, SO ₄ , HCO ₃ , NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ , F)	揚水井: 5ヶ所 (8ヶ所 ^{*)} 観測井: 8ヶ所
	⑦水道項目分析	中国国家基準に準ずる分析で微量元素分析表と細菌分析表からなる。	揚水井: 3ヶ所
	⑧環境同位元素分析	H ₂ 、H ₃ 、O ₁₈	雨、雪、河川水 観測井: 4ヶ所 揚水井: 3ヶ所

(3) 収集データ

地下水の水質組成主成分を表-2.1から表-2.3に示す。収集した収集の詳細は資料集を参照されたい。

表-2.1 水質主成分分析結果(西山水源地水質分析表)

単位：mg/l

地点 番号	採取 形態	分析 年月	総 硬度	pH 値	陰イオン			陽イオン			
					Cl	SO ₄	HCO ₃	Na	K	Ca	Mg
2	S		14.6	8.0	191.4	850.1	198.3	480.0	3.5	78.2	15.8
4	S	83.6	28.0	8.5	448.4	1277.6	268.5	775.0	3.1	140.3	36.5
13	S	83.7	28.0	7.5	157.8	638.8	204.4	249.0	4.0	152.3	29.2
15	S	86.5	26.3		148.9	579.2	194.0	240.0	4.4	147.1	24.5
16	S	86.5	26.2		173.0	667.6	173.9	297.0	4.0	146.0	26.7
17	S		30.6		145.3	775.2	183.1	297.0	4.4	168.3	30.4
24	S		20.8	7.7	134.0	850.1	231.9	406.0	4.4	108.2	24.3
31	S	86.8	11.3	7.7	105.6	280.5	330.7	240.0	2.2	60.1	12.6
32	S	86.5	27.1	7.6	126.9	521.6	172.7	172.0	4.4	158.7	21.1
33	S	86.8		7.1	125.8	331.4	421.0	153.0	11.9	154.3	46.2
43	S		7.6	8.1	7.1	38.4	149.5	17.2	2.7	44.1	6.1
3	B	86.8	16.8	8.3	2906.9	1652.2	1507.2	2970.0	20.4	40.1	48.6
7	B	83.6	13.5	7.9	239.4	701.2	192.2	444.4	3.6	70.1	15.8
14	B	84.8	2.8	8.4	179.0	48.0	262.4	209.0	4.0	12.0	4.9
20	B	83.6	22.7	8.0	540.8	1878.0	158.7	125.0	8.3	126.3	21.9
34	B	60.1	19.9	7.1	88.8	100.9	141.9	92.8		100.2	19.5
37	B	84.8	7.3	7.9	166.6	230.5	134.2	206.0	3.0	38.1	8.5
48	B	83.5	15.3	8.0	133.0	261.3	178.2	156.8	3.0	87.4	13.1
57	B	84.9	12.3	8.0	44.3	115.3	178.1	27.2	1.0	74.1	8.5
19	W	86.5	25.7	7.8	156.0	531.2	170.9	217.0	3.5	142.3	25.0
39	W	86.5	15.4		57.4	168.1	170.9	81.4	2.7	91.0	11.7
54	W		16.5		141.8	192.1	85.4	72.0	4.8	86.2	19.4
23	SR	83.7	6.45	7.8	8.9	50.0	106.8	16.8	1.3	38.1	4.9
40	SR		9.53	7.8	17.0	113.4	97.6	20.3	6.2	54.1	8.5
44	SR		3.65	7.9	8.9	19.2	42.7	15.1	1.3	18.0	4.9

注、 S：湧水 B：ボーリング孔 W：井戸 SR：表流水

中国で用いられている硬度表示法では、1度が1 mg/l as CaO であり、この1度は日本での CaCO₃ 表示法の 17.85mg as CaCO₃/l に相当する。

表-2.2 詳細水質分析結果(1988年)

採水地点	S-1	S-5	S-6	S-9	S-11	S-12	S-16	S-17	S-18	S-19	小泉溝	右支川	大泉溝	水農炭	長勝隊
採水月日	8.13	8.26	10.23	11.12	9.15	8.19	11.12	9.09	10.11	10.29	9.12	9.12	9.12	9.12	9.13
分析月日	8.23	8.29	10.28	11.23	9.20	8.23	11.23	9.12	10.25	10.25	9.16	9.16	9.16	9.16	9.16
水温 (°C)	11.0	10.9	9.0	8.5	10.5	12.0	8.0	9.6	-	-	15.0	15.0	15.0	11.0	12.0
PH値	8.0	8.0	7.9	8.1	7.27	8.0	8.1	7.9	7.6	7.4	8.3	8.2	8.2	7.6	7.9
総硬度	20.47	13.74	14.58	7.29	24.51	17.94	7.18	8.97	19.91	18.34	14.6	20.9	21.7	20.3	26.1
永久硬度	11.78	1.91	5.47	-	17.94	9.39	-	-	12.68	11.33	3.4	11.0	12.4	6.8	17.7
一時硬度	8.69	11.83	9.11	7.29	6.59	8.55	7.18	8.97	7.23	7.01	11.2	9.9	9.3	13.5	8.4
二酸化炭素 mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	12.0	12.0		
固形物 mg/l	936.4	678.8	943.4	726.1	951.8	983.0	631.4	639.4	1016.0	910.3	1630.2	2186.3	1168.7	1379.5	1137.6
陽															
Na	162.2	139.4	218.0	185.1	139.4	218.0	154.6	152.1	218.0	185.1	415.7	570.4	218.0	278.9	162.2
K	3.1	2.7	2.2	3.5	4.4	1.8	4.0	4.4	2.7	3.5	2.7	3.1	3.5	5.3	4.4
Ca	112.2	80.2	88.2	39.3	141.1	104.2	44.1	50.1	118.2	107.4	80.2	111.0	118.2	102.2	148.6
Mg	20.6	10.9	9.7	7.8	20.7	14.6	4.4	8.5	14.6	14.3	14.6	23.3	22.1	26.0	23.1
Fe ₃	<0.01	0.06	<0.01	0.01	0.11	<0.01	0.14	0.06	<0.01	<0.01					
Fe ₂	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.06	<0.01					
NH ₄	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.11					
陰															
Cl	78.0	30.1	152.4	46.8	91.1	180.8	18.4	29.1	296.0	242.8	173.7	230.4	107.8	141.1	126.6
SO ₄	437.1	262.2	350.6	336.2	455.3	349.6	273.8	267.0	268.9	261.2	714.7	1045.1	510.1	533.1	489.9
HCO ₃	189.2	257.5	198.3	167.8	143.4	186.1	207.5	210.5	157.5	152.6	21.6	191.0	177.0	292.9	183.1
NO ₃	18.79	15.90	11.63	18.06	17.61	9.85	19.83	12.79	5.3	9.0					
NO ₂	<0.004	0.018	<0.004	0.130	0.015	0.081	0.030	0.126	0.02	0.03					
PO ₄	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01					
F	0.30	0.27	0.32	0.32	0.13	0.44	0.13	0.29	0.34	0.26					

表-2.3 詳細水質分析結果(1989年)

採水地点	Y-1	Y2-1	Y2-2	Y3-1	Y3-2	Y4-2	Y5-1	Y5-2	S2-1	S-3	S4-1	S-7	S-8	S-10	S-13	S-15
採水月日	8.24	6.25	10.03	7.27	10.03	10.03	9.12	10.03	6.14	7.08	5.24	7.27	5.07	8.09	8.23	9.04
分析月日	8.28	6.30	10.10	8.08	10.10	10.10	9.22	10.10	6.23	7.17	5.31	8.08	5.12	8.22	8.28	9.08
水温 (°C)	8.5	10.5	9.0	9.5	9.2	10.0	10.0	10.0				10.1	9.0			9.5
pH値	7.9	8.1	7.6	7.9	7.7	7.6	8.1	7.8	7.9	8.0	8.1	7.8	88.0	7.7	8.1	7.9
総硬度	24.7	18.5	20.6	20.2	20.2	16.0	14.0	14.4	27.8	9.1	15.3	17.4	15.4	12.1	11.2	24.1
永久硬度	17.7	10.7	12.9	12.3	12.2	7.9	5.3	5.8	21.8	1.2	6.1	10.5	7.6	2.7	3.8	17.5
一時硬度	7.0	7.9	7.7	7.9	8.0	8.1	8.7	8.6	6.1	7.9	9.2	6.9	7.9	9.4	7.4	6.6
二酸化炭素 mg/l	0.0	0.0		0.0			0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
固形物 mg/l	936.7	847.6	828.1	877.0	841.6	810.6	768.8	750.2	2454.9	256.9	993.7	812.2	784.2	729.4	744.0	841.4
陽	Na mg/l	130.8	145.9	138.3	138.3	157.4	161.0	152.4	628.8	23.6	226.4	138.3	148.4	161.0	168.5	90.5
	K mg/l	4.4	2.7	4.0	4.2	3.5	2.7	3.4	3.5	1.3	3.5	4.0	4.0	2.2	3.1	4.2
	Ca mg/l	148.3	104.2	117.0	114.2	92.2	78.2	82.2	154.3	52.1	87.4	96.2	84.2	64.1	64.1	136.3
	Mg mg/l	17.0	17.0	18.2	18.2	13.4	13.4	12.4	26.7	7.8	13.1	17.0	15.8	13.4	9.7	21.9
	Fe mg/l	<0.01	0.06		0.09		0.02		0.04	<0.01	0.1	0.02	0.07	0.03	<0.01	<0.01
	Fe ₂ mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	NH ₄ mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01		<0.01	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
陰	Cl mg/l	72.7	99.3	90.8	67.4	67.4	74.4	74.4	667.2	10.6	81.5	70.9	85.1	56.7	56.7	61.3
	SO ₄ mg/l	456.3	365.0	381.4	422.7	413.1	321.8	332.4	875.1	51.9	453.4	384.2	336.2	317.0	336.2	432.3
	HCO ₃ mg/l	152.6	170.9	167.8	170.9	173.9	189.2	186.1	133.0	172.1	100.1	149.5	170.9	204.4	161.7	143.4
	NO ₃ mg/l	21.3	16.7		17.2		12.5		23.4	16.1	19.3	17.8	16.1	11.6	15.4	14.1
	NO ₂ mg/l	0.005	0.001		<0.004		0.005		0.057	<0.004	0.029	<0.004	0.015	<0.004	0.06	0.004
	PO ₄ mg/l	<0.01	<0.01		<0.01		<0.01		<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	F mg/l	0.25	0.30		0.20		0.31		0.31	0.11	0.06	0.19	0.21	0.20	0.50	0.13

注. Y-1 ~ Y-5 は揚水井であり、S-2 ~ S-15 は観測井である。

3 簡易水質測定

3. 1 環境簡易水質測定

3. 1. 1 測定項目および実施方法

(1) 測定項目

簡易の水質測定器材で容易に現場で測定できることが基本条件であり、一般的には、pH、電気伝導度、温度等が計測の対象となる。

調査対象地域の場合は、烏魯木齊河水系の水は氷河や万年雪の融水および降雨の流出水であるため、表流水の水質は極めて良質である。烏魯木齊河上流域の後峡付近に石炭の採掘場、製鉄所、建築用材の工場があるが、規模はそれほど大きくなく水質的な変化を及ぼすほどの要因とはならないと考えられる。

また、地質的にも、pH値に大きな変化をもたらす要因がないことから、簡易水質測定項目として電気伝導度と温度の2つを取り上げた。

(2) 測定機材

測定項目	測定機材	測定範囲
電気伝導度	MODEL CM-1K: 東亜電波(株)製	1 ~ 10000 micro mhom/cm
温度	市販の温度計	0 ~ 100 °C

(3) 現地踏査の実施方法

第1次調査の現地踏査は、水文、水収支の現地調査と平行作業で、下記の①から④の順に実施した。

- ① 烏魯木齊河水系
- ② 農業用水路
- ③ 既設井戸
- ④ 湧水

第2次調査の現地調査対象地域では、野外での作業期間が短いため、本年度調査団が測定した測定結果は揚水井での水質の検証と調査対象地域西側の高地下水位域の涵養源となる地域水質概査を行った。

3. 1. 2 現地踏査

(1) 烏魯木齊河水系

① 后峽付近

烏魯木齊河上流の山岳域は大西溝と呼ばれその源を天山山脈に発する。その流域面積は924 km² であり、后峽付近は山岳域内にある小さな盆地を形成しており、支川の流入を受ける。この后峽盆地の出口での測定結果は水温 9.5℃、電気伝導度95～100 micro mhm/cm、固形物総量に換算しても約100 mg/l 内外であり、水質的にきわめて良好である。

② 青年渠取水堰付近

大西溝は后峽から英雄橋付近の狭さく部を通り抜けると右岸より東白楊溝、左岸より西白楊溝の流入を受ける。流域面積は西白楊溝の方が東白楊溝よりはるかに大きく、また、流量的にも重要である。西白楊溝上流（50m級の滝のある地点）での測定結果は水温7℃、電気伝導度 200 micro mhm/cmである。

西白楊溝合流点より下流に位置する青年渠取水堰付近の測定結果は水温 9.5℃、電気伝導度 100 micro mhm/cmであり、后峽付近の水質と殆ど変わりがない。

③ 烏拉泊ダム

青年渠は、途中、太平渠への分水工および幸福渠、団結渠への分水工を経て烏拉泊ダムに流入する。この水路は石積み工でできているが、水路勾配がきつく流速が3 m/秒前後あるため水路法面および底面に藻の付着や土砂の堆積が生じていない。青年渠末端での測定結果は水温11℃、電気伝導度 130 micro mhm/cmであるが、烏拉泊ダムの堤体右岸側での測定結果は水温18℃、電気伝導度 250 micro mhm/cmであり、やや濁りが認められる。一般に、ダム貯水池内の水質は場所的にも季節的にも多少異なる可能性があり、測定値の代表性が乏しくなる。

④ 和平渠

烏拉泊ダムより放流された水は和平渠を経て烏魯木齊市内へと流下していく。和平渠の水質は水源地保護区付近で水温15℃、電気伝導度 200 micro mhm/cmであり、左岸に湧水地域があり、地下水が流入してきている。この地下水の水質は水温13℃、電気伝導度 300 micro mhm/cmである。

この水源地保護区の下流に、和平渠右岸よりの合流水路がある。この水路の流量

は少なく、流速も緩やかであり、水路壁面に藻の付着が認められた。この合流点での測定値は和平渠で水温15℃、電気伝導度 220 micro mhom/cmであり、右岸合流水路で水温22℃、電気伝導度 560 micro mhom/cmである。

烏魯木齊市内での和平渠の測定値は水温17℃、電気伝導度 240 micro mhom/cm程度を示し、比較的良好な水質である。

(2) 農業用水路

① 知青干渠系統

知青干渠系統の水路は調査対象地域外の南側に位置し、南山山脈の山麓部をかんがいている。この幹線水路は前峽の山岳域の出口で上流から順に下四田、公勝および永勝の3つの支線水路に分水されている。この分水点での測定値は水温10℃、電気伝導度 100 micro mhom/cmである。

また、この系統の1つである大西溝2号支線（公勝渠）沿いの永豊6隊付近での電気伝導度は140 micro mhom/cmである。山麓域での飲料水は農業用水路から貯水槽に水を取って、ここから水道管で配水されている。このような水道水での測定値は水温14～16℃、電気伝導度520～600 micro mhom/cmである。

② 青年干渠系統

青年干渠からの農業用水路には太平渠、幸福渠および団結渠の3つの支線に分水している。太平渠は一番上流側の支線で西山農場3隊付近で小泉水渠と西山干渠に分かれる。この分流点での測定値は水温11℃、電気伝導度 140 micro mhom/cmである。西山干渠に沿って下ると硫黄溝へのアスファルト道路と交わる。この付近での水質は水温が多少上昇して14～16℃、電気伝導度は160～170 micro mhom/cmであり、水質的には余り大きな変化がない。

これらの支線水路は水の流れも速く水路法面はタイル張り工、底面は石張り工でできており、下水、汚水の流入もないので水質的にも良好で安定しており、飲料水としても使用されている。

幸福渠、団結渠についても基本的には太平渠とそれほど変わりはないが、団結渠の場合は沈砂池がないので上流側から流下してくる浮遊砂の影響を受ける可能性が高い。

(3) 既設井戸

① 飲料水確保のための井戸

農業用水路の水質は極めて良好であるけれども、冬は烏魯木齊河の流量が少なくなるため水路に送水されないので、溜め池を設けて飲料水を確保していた。しかし、この方法では藻類等が発生し有機物が増加したりして非衛生的であるので、近年、冬季の飲料水確保のために井戸が掘られる傾向にある。

種蓄場第1隊での井戸は1987年8月にさく井され、10月より使用されている。この井戸のわきにある貯水層での水質は水温14℃、電気伝導度 410 micro mhom/cmであり、水質的にも良好であるので夏でも飲料水として利用されていた。

一般的に言うと、農業用水路から遠い所では地下水の水質が悪くても地下水を飲み水として1年中使用せざるをえないが、水路に近いところは冬季の期間(11月から4月まで)のみ生活用水を地下水に依存している。

② 農業用水のための井戸

調査対象地域の傾向としては、上流側にあたる南側は地下水が深く農業用水の恩恵も受け易いので農業用の井戸は殆どない。下流側にあたる北側は地下水が浅く水路の流量も少なくなり、不安定であるので、農業用水確保のための井戸が設けられている。

その典型的な事例は、天山九坊3隊の北側約2kmの所に14本の井戸群に見ることができる。夏季の期間に農業用水が不足する場合に揚水される。今回の現地調査では農業用水井戸が稼働している状況には巡り合わせなかったので測定できなかった。

(4) 湧水

① 小泉溝およびその支川

小泉溝の湧水地帯は標高1000m付近から下流に緑の草地が広がり、湧水の源頭部はこれらの草地の中に点在する。小泉溝での水質および流量観測点は車両のアクセスも考慮して道路と小泉溝の交差点付近に選定した。

この測定点から200m位下流の右岸側からも常時流出していると見られる支流があるのでこれも測定の対象とした。

小泉溝および右岸支流での測定値は表-3.1.1のとおりである。

表-3.1.1 小泉溝および右岸支川での簡易水質測定結果

測定月日 (1988年)	小泉溝		右岸支流	
	電気伝導度 micro mhm/cm	水温 ℃	電気伝導度 micro mhm/cm	水温 ℃
9月2日			1800	15
9月8日	1500	13	2000	13
9月12日	1550	15	2000	15

②大泉溝

烏魯木齊市から西山石炭採掘現場に至るアスファルト道路は大泉溝流域を横切っており、現場への搬入は容易である。この流域は幾つかの緩やかな起伏があり、道路より南側の谷沿い低地部に草地、農地が広がっており、湧水帯となっている。湧水帯の源は標高1075m付近で、緑地帯となっている所は標高1000m前後である。道路を横切る流路は3本あるが、西側の流路が流量も多く、水質的にも安定している。他の2つの流路は流れがなくなったり、夏はとりわけ太陽エネルギーによる乾燥蒸発の影響を受けて湧水の電気伝導度が異常に上昇することが確認できた。

表-3.1.2 大泉溝での簡易水質測定結果

測定月日 (1988年)	西側流路		中央流路	
	電気伝導度 micro mhm/cm	水温 ℃	電気伝導度 micro mhm/cm	水温 ℃
8月15日			1400	15
9月2日	1200	15		
9月8日	1000	12	6000	
9月12日	1050	15		

③首宿溝

首宿溝には末端に堤高20m程度のアースダムがあり、貯水池の直上流部に幸福渠からの水路とその落差工がある。8月15日の調査の時にはこの水路には水が流れていなかったが、落差工付近での電気伝導度は360 micro mhm/cmであり、その下流の湧水カ所での電気伝導度も660 micro mhm/cm、水温11℃であった。

9月13日の時には団結渠から毎秒2～3 m³の流入水があり、この水はかなり濁っていた。貯水位が上昇していたため前回調査時の湧水カ所の確認はできなかった。

④長勝大隊付近

調査対象地域の北東から南西方向には断層が走っており、調査対象地域の北東部では沖洪積平原が侵食されて谷地を形成している。また、この断層とほぼ平行に烏魯木齊～后峽間のアスファルト道路が通っている。長勝大隊付近の湧水はこの道路の東側の台地に刻み込まれた幾つかの沢の源付近に点在している。この湧水帯の標高は1075m前後である。

7月28日の現地踏査時の測定結果は次のとおりである。

- 地点32（湧水） : 電気伝導度 1000 micro mhom/cm 水温 11 °C
- 地点33（湧水） : 電気伝導度 970 micro mhom/cm 水温 11 °C

9月13日の詳細水質分析向けの採水時の測定値は次のとおりである。

- 地点31（湧水） : 電気伝導度 1000 micro mhom/cm 水温 12 °C

3. 1. 3 簡易水質測定結果

(1) 電気伝導度測定の温度補正

採水した資料の水質成分が同じであっても計測する電気伝導度は温度の影響を強く受けるので、図-3.1.1に示す温度補正曲線により測定値を補正する必要がある。

温度補正の基準値には18°Cを標準値とするものと25°Cを標準値とするものとの2種類あるが、ここでは、使用頻度の高い後者は採用する。

現地踏査での電気伝導度測定値の補正結果は表-3.1.3および表-3.1.4に示すとおりである。

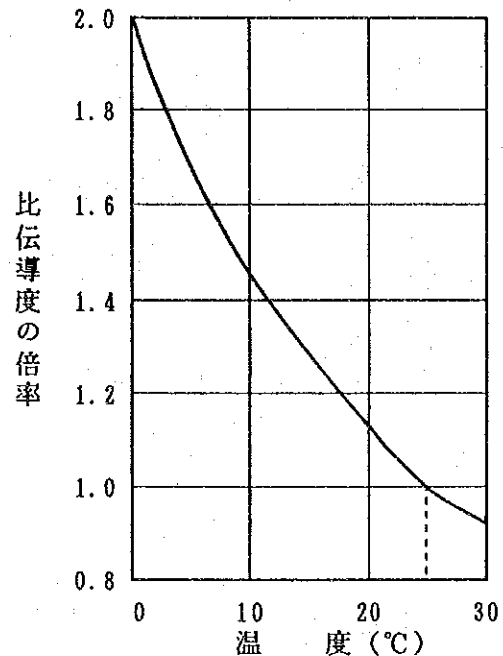


図-3.1.1 電気伝導度の補正曲線

表-3.1.3 電気伝導度測定の温度補正（第1年次調査分）

区分	測定地点	EC測定値 micro mohm/cm	測定温度 ℃	EC ₂₅ 補正值 micro mohm/cm
烏魯木齊水系	后狭盆地の出口	100	9.5	145
	西白楊溝上流（滝近く）	200	7.0	305
	青年渠取水堰付近	100	9.5	145
	青年渠末端	130	11.0	180
	烏拉泊ダム堤体右岸	250	18.0	295
	和平渠水源地保護区付近	200	15.0	250
	和平渠左岸湧水帯	300	13.0	400
	和平渠右岸流入水路	560	22.0	600
	和平渠（烏魯木齊市内）	240	17.0	285
農業用水	知青干渠系統分水工	100	10.0	145
	大西溝2号支線：公勝渠	140		
	大西溝2号支線：貯水槽	520~600	14~16	670~720
	太平渠：西山農場3隊	140	11.0	195
	西山干渠：硫黄溝道路	160~170	14~16	205
井戸	種蓄場第1隊	410	14.0	530
調査対象地域下流湧水帯	小泉溝	1500~1550	13~15	1965~1970
	小泉溝右岸支川	1800~2000	13~15	2285~2620
	大泉溝：西側流路	1000~1200	12~15	1340~1500
	大泉溝：中央流路	1400~6000	15.0	1310~6000
	苜宿溝：落差工付近	360	19.0	420
	苜宿溝：湧水帯	660	11.0	925
	長勝大隊：地点31	1000	12.0	1360
	長勝大隊：地点32	1000	11.0	1400
	長勝大隊：地点33	970	11.0	1360

表-3.1.4 電気伝導度測定結果（第2年次調査分）

区分	測定地点	測定年月日	EC測定値 micro S	測定温度 ℃	EC25補正值 micro S
地下水	揚水井Y- 2(群井揚水中)	89.10. 9	920	11	1290
	揚水井Y- 3(群井揚水中)	89.10. 9	920	11	1290
	揚水井Y- 4(群井揚水中)	89.10. 9	930	11	1300
	揚水井Y- 5(群井揚水中)	89.10. 9	900	12	1240
	揚水井Y- 5(単井揚水中)	89.10.18	970	12	1340
	自噴井S- 6	89.10.25	870	10	1245
表流水	闕頓河支川：下泉溝 湧水帯の付近	89.10.19	890	11	1245
	西白楊溝：降雪後の雪解 け水で濁りあり	89.10.19 89.10.19	250 250	3 3	450 450

(2) 測定結果の位置的關係

電気伝導度測定値を温度25℃を基準として補正した値を用いて、調査対象地域およびその周辺の測定結果の概略を図-3.1.2に示す。

烏魯木齊河水系の地表水は電気伝導度が低く、水質が良好である。

湧水については、和平渠左岸に流入してくる湧水の水質が電気伝導度 250 micro mhom/cm (EC₂₅)で良好である。この地下水は烏魯木齊河から浸透した地下水量の一部が大東溝を経て流下するものと推定され、現在、烏魯木齊市の主な水道水の水源である三通碑水源を涵養しているものと考えられる。調査対象地域北側に分布する大泉溝、小泉溝等の湧水帯での電気伝導度は高く、水質的に、はるかに劣り、飲料水として適していない。

3. 2 孔内水質測定

3. 2. 1 測定の目的および実施方法

(1) 測定の目的

孔内水質測定は本調査で掘削した観測井、揚水井を用いて、孔内での鉛直方向の電気伝導度および水温を測定することにより帯水層の鉛直方向の水質分布を把握することを目的とする。

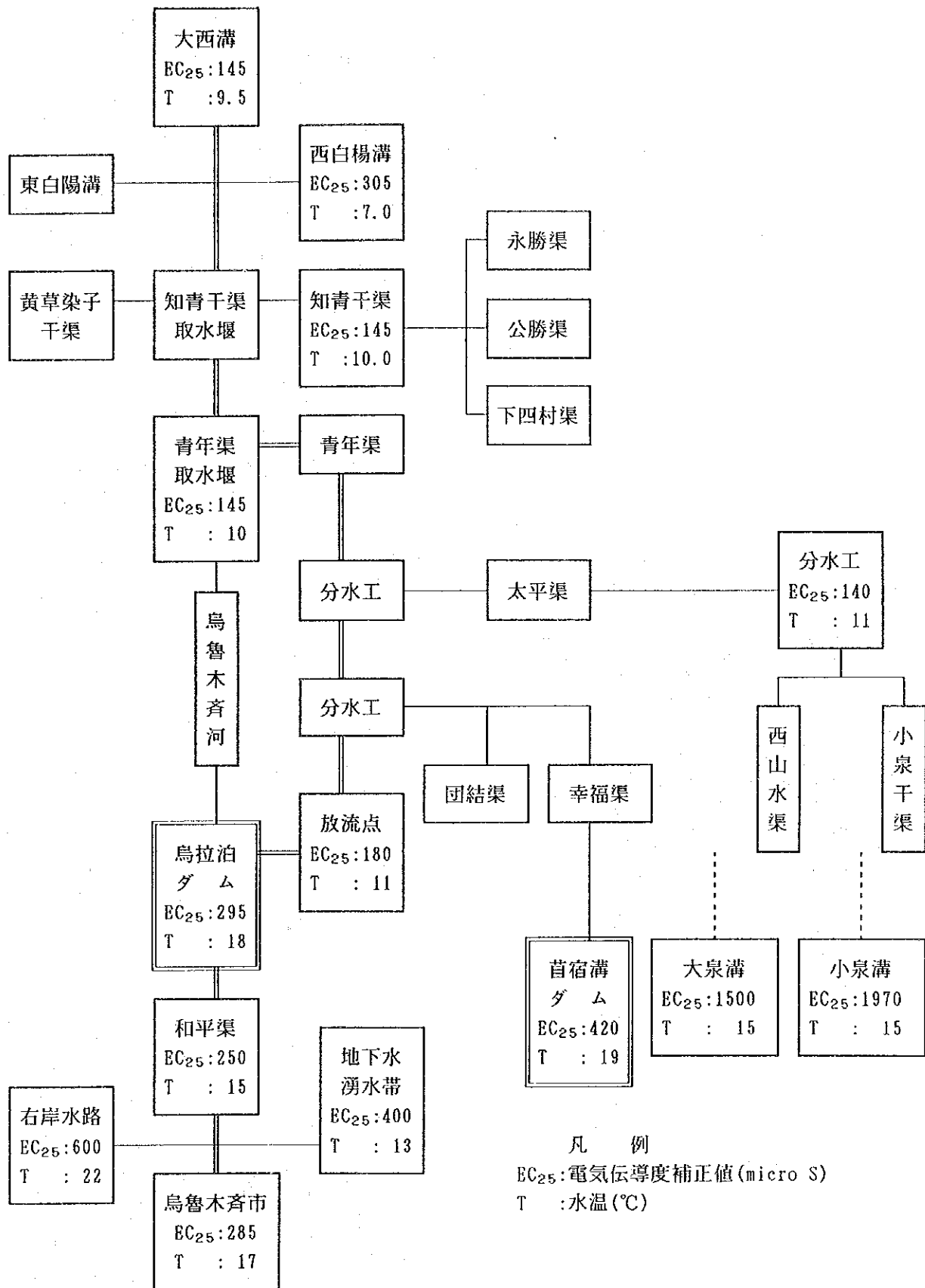


図-3.1.2 調査対象地域および周辺での簡易水質測定結果

(2) 測定器材

名称	測定器材	測定範囲
孔内水質計	EST-3：東邦電探(株)製	20～50000 micro mhm/cm

(3) 実施結果

孔内での水質測定は表-3.2.1に示すように群井揚水試験前後の水質変化を把握するため、2回行われた。第1回目が9月5日～8日の期間に20孔で、第2回目が10月26日～11月3日の期間に25孔で実施された。

3.2.2 孔内水質測定結果

(1) 測定結果の測定補正

中国側より提供を受けた測定結果はデータベースを作成し、電気伝導度の温度補正と、測定深度から水深（地下水面から測定点までの深度）への換算を行った。

計算結果の詳細は資料集に示す。

中国側測定担当者の意見では、測定時の計測値の変化は徐々に変化するのではなく階段状に急変することが指摘された。このことを考慮して、第2回目の測定結果を主体に各測定点での水深別の電気伝導度の評価を行うと、その結果は表-3.2.2のようになる。

なお、孔内での水質測定は測定器の伝導度補正の状況、ストレーナーの設置位置、帯水層でのピエゾ水頭の分布等により影響を受けることを付記して置く。

(2) 孔内の水質分布パターン分類

孔内での水質分布のパターンは基本的に次の3つに分かれる。

①均一分布型

孔内での水質に変化がみられないタイプである。このタイプは孔内の測定深度の短いもの、ないしは、一時的にピエゾ水頭の高い層の地下水で孔内が占拠されたような場合に生じ易い。

表-3.2.1 孔内水質測定結果：実施日および地下水位

井戸	第1回測定(9/5~9/8)				第2回測定(10/26~11/3)			
	5日	6日	8日	地下水(GL- m)	26日	27日	3日	地下水(GL- m)
S-1							2日	32.70~64.90
S-2	○			85.50~184.50		○		83.80~181.10
S-3	○			212.30~248.00	○			213.00~228.00
S-4	○			72.40~105.70		○		71.50~109.00
S-5							2日	44.70~85.40
S-7	○			77.20~108.40	○			78.70~108.80
S-8	○			72.20~93.10				
S-9	○			91.50~97.20				
S-10	○			79.70~128.50		○		80.00~126.00
S-11	○			61.40~109.00	○			61.70~112.70
S-12							2日	85.90~181.50
S-13	○			97.60~124.30		○		97.40~125.80
S-15					○			86.00~125.00
S-16	○			114.50~131.60	○			113.40~147.00
S-17					○			118.10~163.00
S-18	○			108.10~111.50	○			108.60~114.80
S-19					○			87.40~162.10
Y-1			○	71.30~131.00	○			71.35~125.00
Y-2						○		75.00~179.00
Y-3			○	90.40~190.00		○		89.80~190.00
Y-4			○	94.00~185.00		○		93.90~183.00
W-8			○	21.50~102.00		○		21.80~100.30
W-9			○	74.50~149.00		○		75.10~147.50
W-10		○		57.10~81.90			○	57.60~81.90
W-17		○		31.40~75.40			○	31.40~75.40
W-33		○		11.60~19.70			○	11.10~19.70
W-39		○		20.40~25.00			○	20.40~25.50

表-3.2.2 孔内水質測定結果：水深別電気伝導度

井戸	孔底深 (WL-m)	水温(°C)	水深別電気伝導度(EC25 micro S)				
			0m	10m	20m	40m	以深
S-1	32.70	9.6~9.9	1040~1160	1160	1160		
S-2	83.80	9.8~10.3	2970	2970	2970~3420	3420	
S-3	15.00	8.5~8.6	380	380~470			
S-4	37.50	9.4~	1230	1230	1230		
S-5	40.70	9.4~9.7	690	690~1130	1130~1370		
S-7	30.10	9.5~	910	910	910		
S-8	20.90	9.7~	760	760			
S-9	5.70	9.5~	750				
S-10	46.00	10.4~10.5	870~910	910	910		
S-11	51.00	9.5~	1110	1110	1110	1110	
S-12	95.60	10.2~11.8	1020	1020	1020	1020~4080	
S-13	28.40	9.4~9.5	870	870~780	780		
S-15	41.10	9.0~	790~940	940	940		
S-16	33.60	9.1~9.4	590	590~700	700		
S-17	44.90	9.7~9.9	600	600~650	650		
S-18	6.20	10.9~	1130				
S-19	74.70	9.2~10.6	710	710	710~750	750~1070	
Y-1	53.65	9.4~	1040	1040	1040	1040	
Y-2	104.00	10.6~11.1	900	900~960	960	960~1810	
Y-3	100.20	10.5~	860	860	860	860	
Y-4	89.10	10.6~	900	900	900	900	
W-8	78.50	9.2~9.6	2020	2020	1900~2070	2070	
W-9	72.40	9.4~10.9	780	780	780~880	880~1300	
W-10	24.30	9.0~	100	100~220			
W-17	44.00	9.5~	450	450	450		
W-33	8.60	9.5~	1260				
W-39	5.10	9.4~9.5	1030~1110				

②密度成層型

地下水中に含まれる塩分濃度が深度が増すに連れて増加するタイプで、成層構造として安定している。密度成層は、観測井S- 5、S-12、S-19、揚水井Y- 2、既設観測井W- 9では特に明瞭である。

③密度成層逆転型

比重の高い液相が低いものの上に乗っているタイプで、例えば、水が上で油が下の関係で成層構造としては非常に不安定である。この形態の孔内水質の分布は第1回目の測定時にS- 4、S- 7、S-10、S-13およびW-33で見られたが、第2回目の測定ではS-13のみで、その他の観測井では確認されなかった。

この場合のEC値の変化範囲は密度成層型の変化に較べると非常に小さい範囲（100～400 micro mhos/cm）である。

（3）孔内水質とさく井構造との対比

孔内での水質測定は測定器の電気伝導度補正の状況、ストレーナーの設置（位置）、帯水層でのピエゾ水頭の分布等により影響を受けるので、孔内水質測定結果とさく井構造、地質柱状図との対比を行った。図-3.2.1には、密度成層型の代表例を示し、以下にその状況について説明を加える。

①観測井S- 5

ストレーナーの切っている砂礫層では水質は690 micro mhos/cm で安定している。基盤岩のジュラ系中の地下水はストレーナーがないので孔底から入って来たと考えられ、1370 micro mhos/cm 程度の電気伝導度を持つ。電気伝導度と水温との関係では、電気伝導度が高くなるに連れて水温の上昇が認められる。

②観測井S-12

上部砂礫層の地下水は1020 micro mhos/cm であり安定している。その下部の粘土混じり砂礫層での電気伝導度は1020～4080 micro mhos/cm と大きく増加し、取分け、基盤に近い下層での変化が著しい。電気伝導度の増加と水温の上昇は対応している。観測井S-19：ストレーナーは砂礫層に設けられているが電気伝導度の変化はこの付近で750～960 micro mhos/cm と変化している。粘土混じり砂礫層の上面付近で電気伝導度は更に増加し1070 micro mhos/cm となる。下層の電気伝導度の高い影響がス

トレーナーの位置まで及ぶことから下層のピエゾ水頭は高い可能性がある。

密度成層逆転型は基本的には粘土混じり砂礫層内の一部層準の地下水の電気伝導度が低く、そのピエゾ水頭が一時的に高くなることによって発生すると考えることができる。

したがって、第1層の砂礫層では比較的均質な孔内水質を持つことが多いのに対して、第2層の粘土混じり砂礫層では場所的な変化が生じている。基盤岩の新第3系、ジュラ系では電気伝導度および水温が高くなる傾向が認められる。

(4) 計画対象地域のEC分布図

計画対象地域での電気伝導度の平面的な分布を検討するため、地下水面付近の電気伝導度の値を用いてEC分布図を作成した。

図-3.2.2に示すように、計画対象地域の西南側に位置するS-9、S-17およびS-19、S-15、W-9、S-8を結ぶ線上は電気伝導度が低くなって、また計画対象地域南側のS-18から北側のS-4にかけては電気伝導度が尾根状に高くなっている。計画対象地域東側のY-1およびS-11では別の電気伝導度の高まりがある。

このEC分布図について、中国側との説明・協議の中で特に、東北側に位置するS-5については、近くで建設骨材の採取を行っており、骨材選別のための水を農業用水路から導水しており、その使用水が地下に浸透しているとの見解が示された。

また、計画対象地域の西南側は土地利用の面でも耕地が多く農業用水が地下に涵養される可能性は高いと推定される。

地下水の流向とECの関係について言えば、S-19、S-15、W-9、W-8を結ぶ線が地下水の流路となっている可能性もある。また、西南側の電気伝導度の低い地下水が下流に流下するためには、Y-3、Y-5付近の電気伝導度の高まりの鞍部をなんらかの形で越えて東に流れる必要がある。

観測井：S-19

観測井：S-12

観測井：S-5

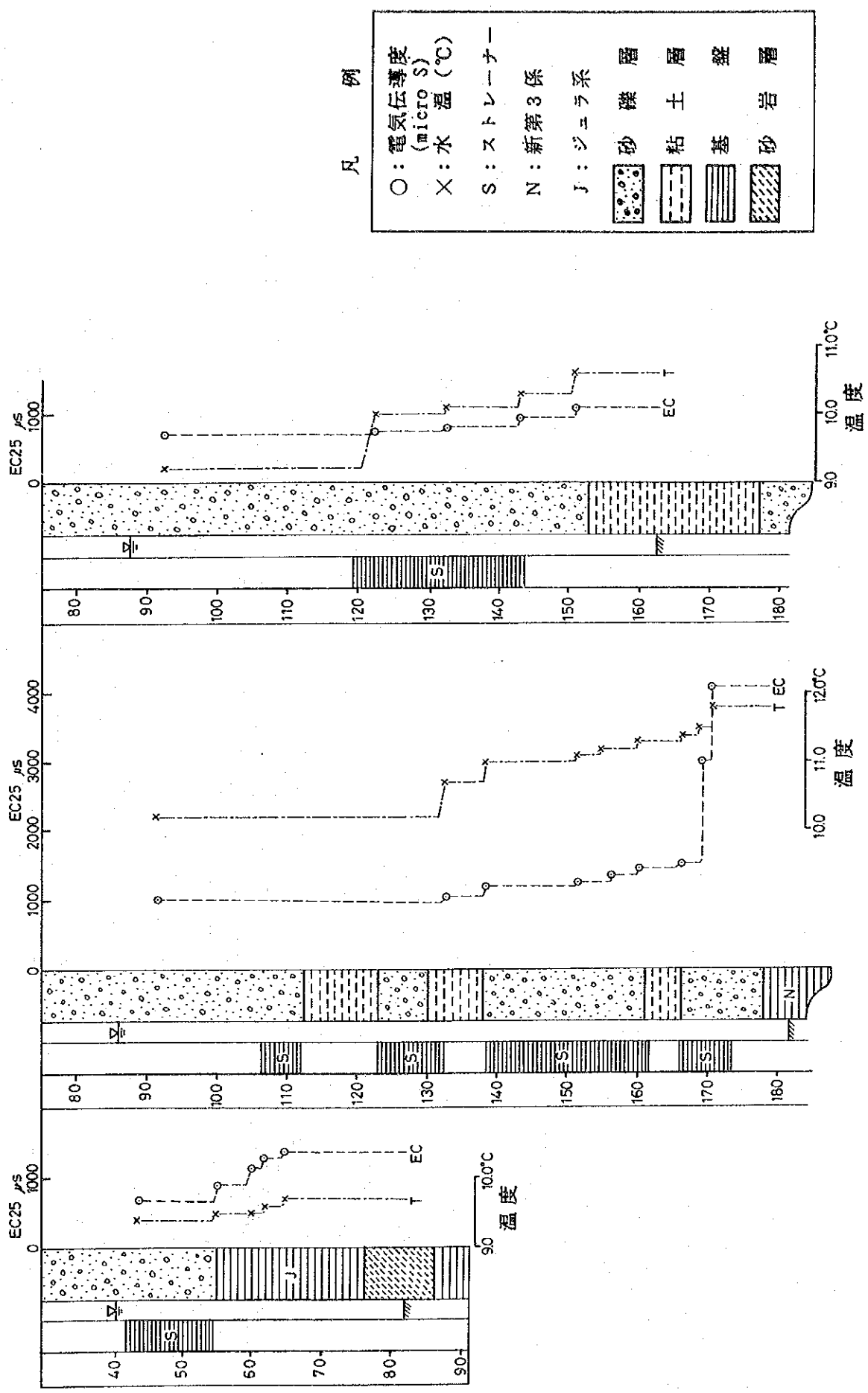


図-3.2.1 孔内水質測定結果と地質層序との対比

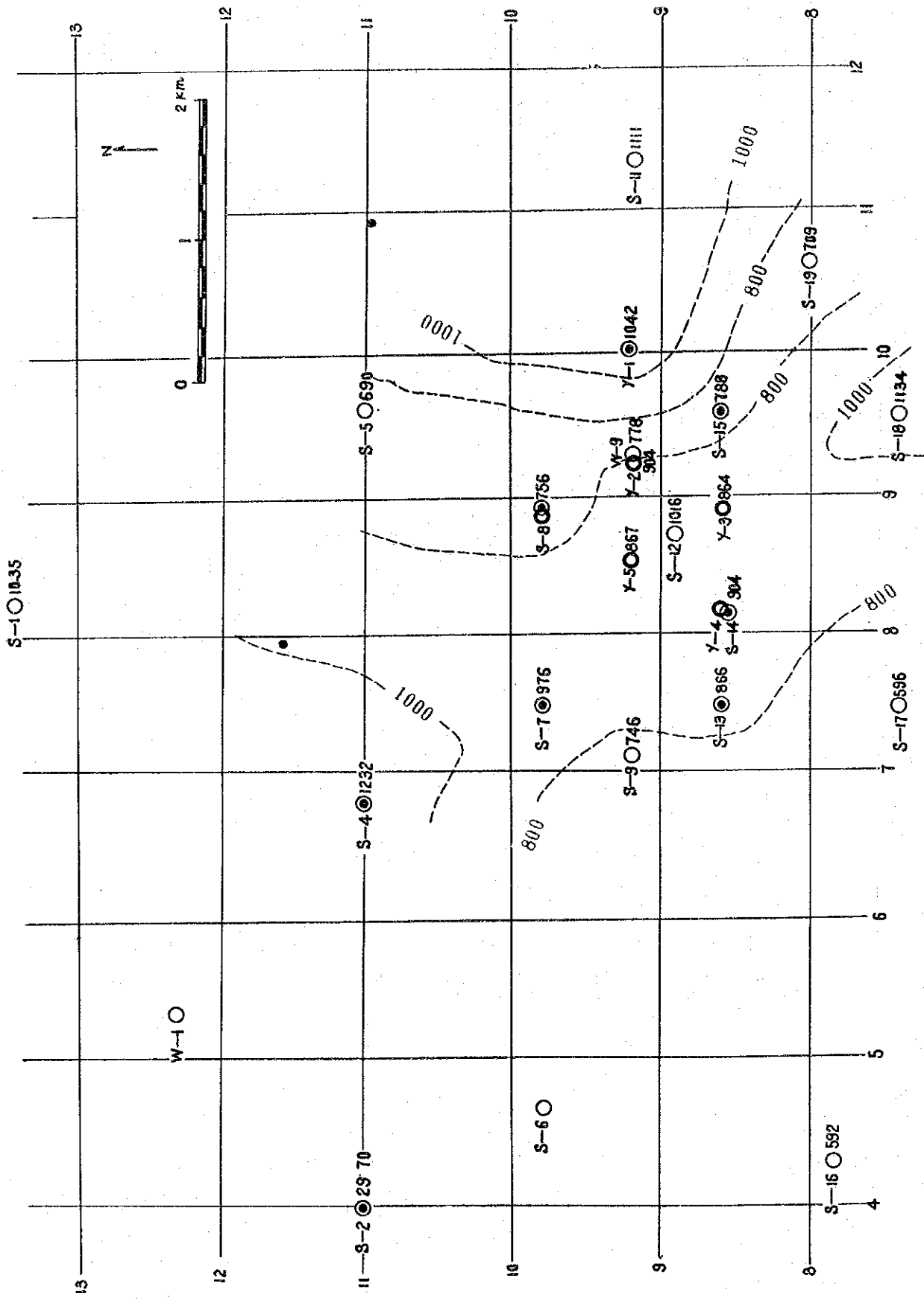


図-3.2.2 計画対象地域のEC分布図

4 詳細水質分析

4.1 水質組成分析

水質組成分析は①キーマダイアグラム法による水質の分類と②水質を構成する主成分の相関との2つの解析作業からなる。

第1次調査で収集した分析資料と、第2次調査の分析資料とが基本的に異ならないので、第1次調査の水質組成分析結果を中間報告書より転載する。

4.1.1 キーマダイアグラム法による水質組成分析

(1) キーマダイアグラム法による水質表示

キーマダイアグラム法(トリリニキーマダイアグラムとも言う)はPiperにより提案された方法で、epm%を用いて主要成分の質的関係を明らかにし、水質組成の区分を容易に行うことを目的としている。この方法は一度に数多くの水質データを表示、分類できる長所があるけれども、データ数が多くなるとプロットした点の地点番号や塩分濃度を示し難くなる欠点がある。

①キーマダイアグラムの構成

キーマダイアグラムは図-4.1.1に示す。

次の3つの図からなる。

- 菱形座標図
- 陰イオン三角座標
- 陽イオン三角座標

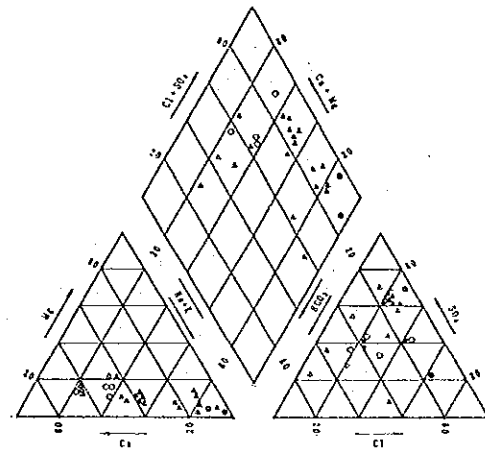


図-4.1.1 キーマダイアグラム

②作図方法

- 水質分析値のppm → epm → epm%への換算

表-4.1.1 主要成分モル当量値

陽イオン		モル当量	陰イオン		モル当量
ナトリウムイオン	Na ⁺	23.00	塩素イオン	Cl ⁻	35.45
カリウムイオン	K ⁺	39.10	硫酸イオン	SO ₄ ²⁻	48.03
マグネシウムイオン	Mg ²⁺	12.16	重炭酸イオン	HCO ₃ ⁻	61.01
カルシウムイオン	Ca ²⁺	20.04			

- 陰、陽イオン2成分系の菱形座標上に、陰イオン epm%値にはHCO₃ (またはCl+SO₄) とNa+K (またはCa+Mg) との関係プロットする。

(2) 調査対象地域での地下水のイオン構成

地下水のイオン構成の特徴を把握するために、「西山水源地水質分析資料集」のデータをキーダイアグラム法で図-4.1.2に示すように図化した。

①陰イオン三角座標上での関係

- 塩素イオン (Cl^-) の epm%値は 5.8~58.1%の範囲にあり、25のデータの内、20%以下に 4点、20~40%の範囲に18点、40%以上に 3点が分布する。
- 硫酸イオン (SO_4^{--}) の epm%値は9.7~70.0%の範囲にあり、40%以下に 8点が、40%以上に残りの17点が分布する。この硫酸イオンは、地下水の陰イオン構成上、最も比率の高いイオンである。
- 重炭酸イオン (HCO_3^-) のepm%値は 4.6~57.5%の範囲にあり、10%以下に 1点が、10~50%の範囲に21点、50%以上に 3点が分布する。この重炭酸イオンのepm%値が50%を越えるものは、塩分濃度の低い表流水である。

②陽イオン三角座標上での関係

- ナトリウムイオン (Na^+) とカリウムイオン (K^+) の合計 epm%値は21.6~95.6%の範囲にあり、50%以下に10点が、50%以上に残りの15点が分布する。カリウムイオンは極少量しか含まれないので、ナトリウムイオンは、地下水の陽イオン構成上、最も比率の高いイオンである。
- マグネシウムイオン (Mg^{++}) の epm%値は 2.9~20.6%の範囲にあり、陽イオン構成上の位置づけは低い。マグネシウムイオンの比率が増加するにつれてカルシウムイオンの比率が高くなる傾向が認められる。
- カルシウムイオン (Ca^{++}) の epm%値は 5.9~66.0%の範囲にあり、50%以下に 21点が、50%以上に 4点が分布する。
- 塩分濃度の低い地下水はナトリウムイオンの epm%値が低く、それに反して、カルシウムイオンの epm%値が高くなる。

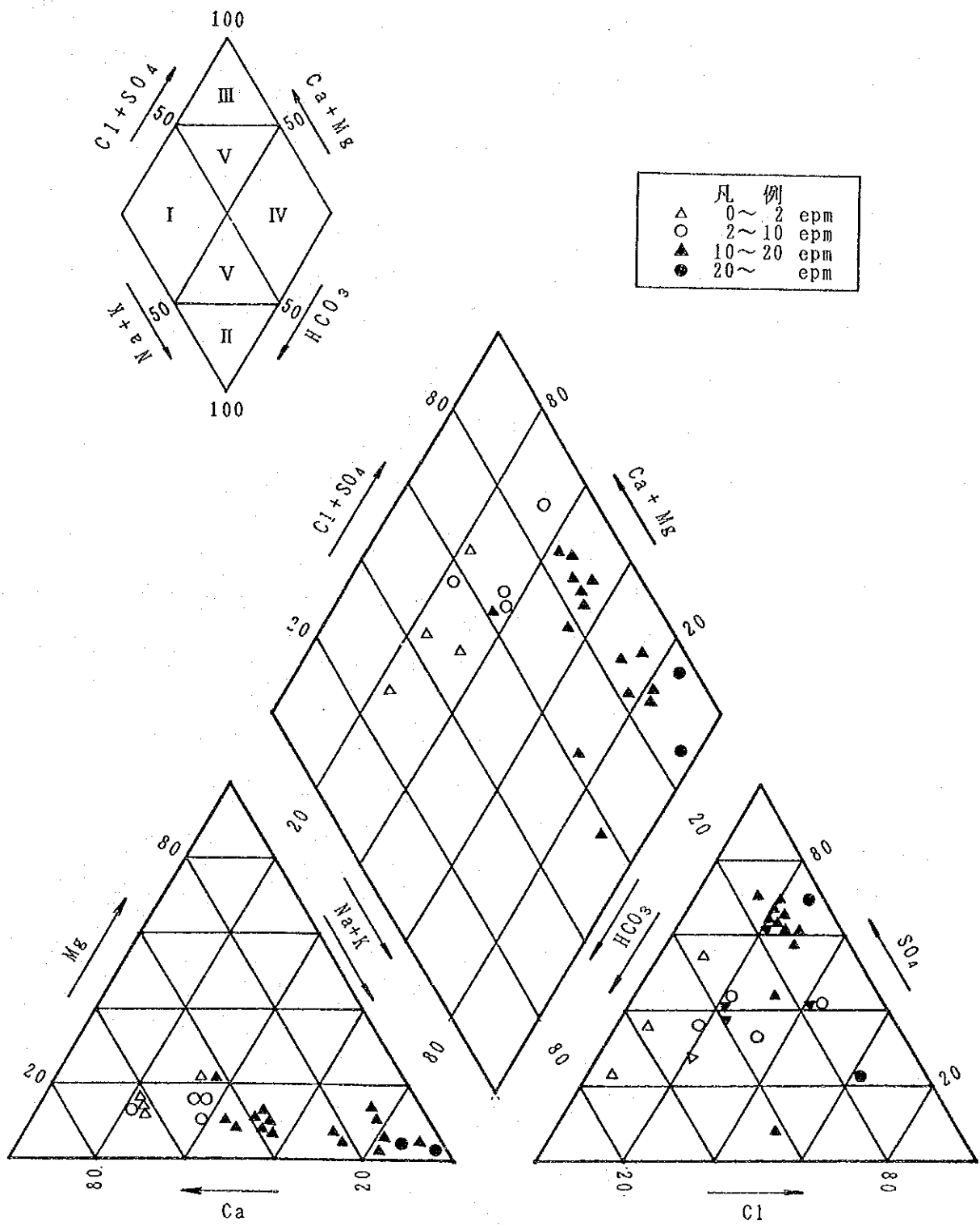


図-4.1.2 キーダイアグラム法による地下水の水質分類

(3) 計画対象地域での地下水のイオン構成

計画対象地域で実施した観測井での地下水の水質分析結果をキーダイアグラム法により分析したものが図-4.1.3である。

①陰イオン三角座標上での関係

- 塩素イオン (Cl^-) の epm%値は 5.4~50.5%の範囲にある。
- 硫酸イオン (SO_4^{--}) のepm%値は33.9~63.2%の範囲にあり、40%以下に 2点が、40%以上に残りの 8点が分布する。この硫酸イオンは、計画対象地域の地下水についても、陰イオン構成上最も比率の高いイオンである。
- 重炭酸イオン (HCO_3^-) のepm%値は15.6~40.1%の範囲にある。
- 計画対象地域の地下水は、調査対象地域全体の地下水のイオン構成に較べて、極端に他と異なる水質組成のものがない。

②陽イオン三角座標上での関係

- ナトリウムイオン (Na^+) とカリウムイオン (K^+) の epm%値は41.4~72.7%の範囲にあり、50%以下に 2点が、50%以上に残りの 8点が分布する。このナトリウムイオンは、陽イオン構成上、最も比率の高いイオンである。
- マグネシウムイオン (Mg^{++}) の epm%値は 3.9~11.7%の範囲にある。
- カルシウムイオン (Ca^{++}) の epm%値は18.8~72.7%の範囲にある。
- 計画対象地域の地下水は、調査対象地域全体の地下水のイオン構成に較べて、陰イオンと同様に陽イオンについても極端な水質組成のものではない。

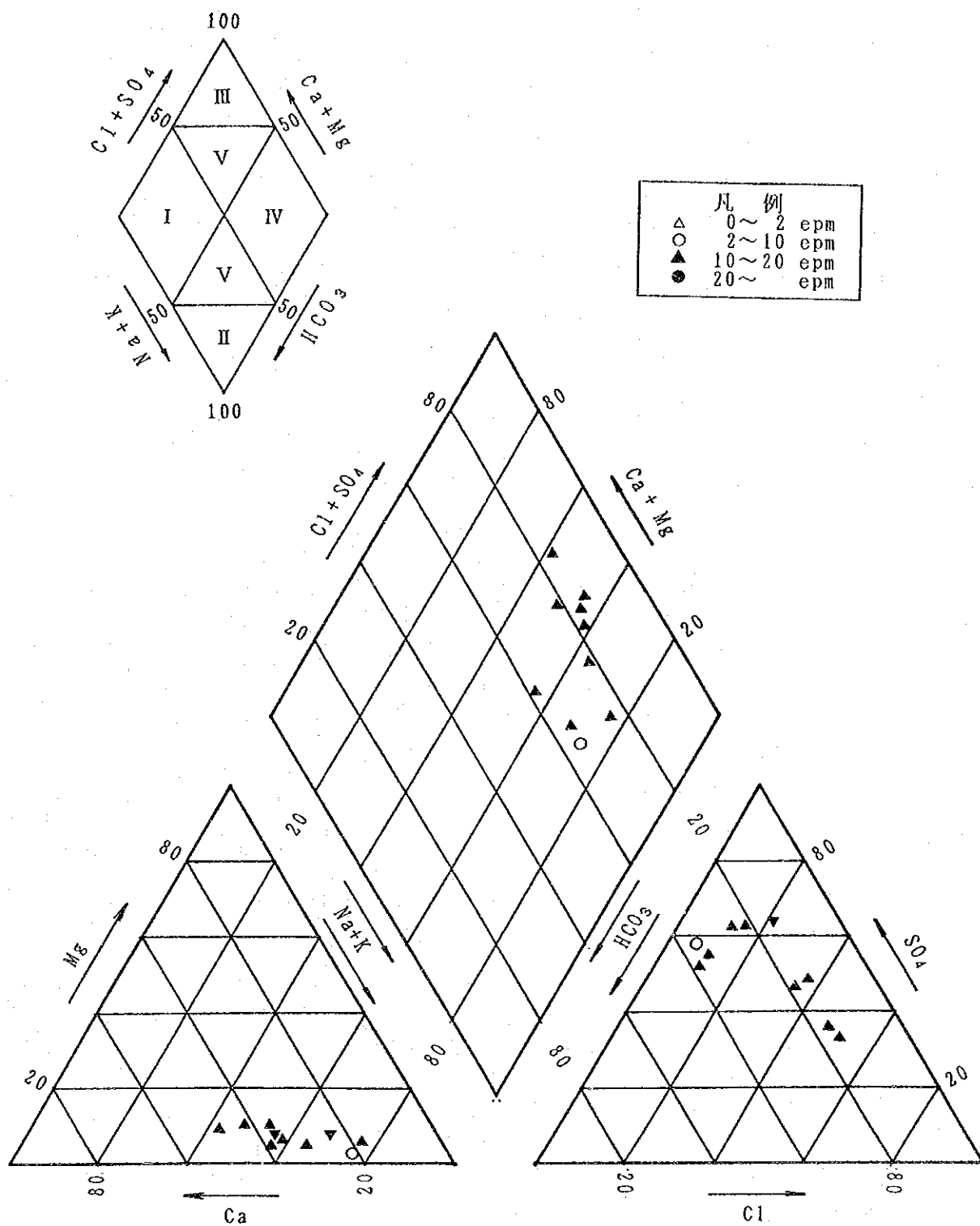


図-4.1.3 キーダイアグラム法による観測井での水質分類

(4) 土壤塩分溶出液のイオン構成

土壤塩分溶出液のイオン構成の特徴を把握するために、キーマイアグラム法を用いて分析したものが図-4.1.4である。

①陰イオン三角座標上での関係

- 塩素イオン (Cl^-) の epm%値は 0.7~64.4%の範囲にあり、23のデータの内の、20%以下に13点が分布し、20%以上では重炭酸イオンの epm%値は極めて低くなる。
- 硫酸イオン (SO_4^{--}) の epm%値は5.1~95.1%の範囲にあり、40%以下に 5点が、40%以上に残りの18点が分布する。この硫酸イオンは、土壤塩分溶出液の陰イオン構成上、最も比率の高いイオンである。
- 重炭酸イオン (HCO_3^-) の epm%値は 1.2~88.3%の範囲にあり、10%以下に14点が、10~70%の範囲に 5点、70%以上に残りの 4点が分布する。この重炭酸イオンは、土壤塩分溶出液の塩分濃度と大きく関係しており、塩分濃度が低い場合には重炭酸イオンの占める割合が高く、塩分濃度が高くなるにつれて重炭酸イオンの占める割合が低くなる。

②陽イオン三角座標上での関係

- ナトリウムイオン (Na^+) とカリウムイオン (K^+) の epm%値は 2.4~91.6%の範囲にあり、50%以下に 8点が、50%以上に残りの15点が分布する。このナトリウムイオンは、土壤塩分溶出液の陽イオン構成上、最も比率の高いイオンである。
- マグネシウムイオン (Mg^{++}) の epm%値は 0~18.6%の範囲にあり、陽イオン構成上の位置づけは低い。マグネシウムイオンの比率が増加するにつれてカルシウムイオンの比率が高くなる傾向が認められる。
- カルシウムイオン (Ca^{++}) の epm%値は 6.2~84.4%の範囲にあり、50%以下に16点が、50%以上に残りの 7点が分布する。
- 塩分濃度の高低による陽イオン上の特徴はあまり認められない。

(5) キーダイアグラム法による水質組成分類の総括

調査対象地域の地下水は表-4.1.2に示すように、表流水(23, 43, 44)を除くと、そのほとんどがアルカリ非炭酸塩と中間組成に属している。また、計画対象地域の地下水も同様の水質組成である。

土壌塩分溶出液では、アルカリ非炭酸塩に属する水質組成は多く、アルカリ土類重炭酸塩もある。しかしながら、地下水で見られる中間組成はなくなり、地下水ではまれなアルカリ土類非炭酸塩が存在する。

表-4.1.2 キーダイアグラム法による地下水の水質分類

領域区分および塩類塩類結合型		一般的特徴	調査対象地域の地下水	計画対象地域の地下水	土壌塩分溶出液
I	アルカリ土類重炭酸塩 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	淡水	23, 43, 44		6, 12, 27, 55
II	アルカリ重炭酸塩 NaHCO_3	淡水			
III	アルカリ土類非炭酸塩 $\text{CaSO}_4 / \text{CaCl}_2$	鉱山、火山性の水	54		9, 10, 25, 26, 36, 41
IV	アルカリ非炭酸塩 $\text{Na}_2\text{SO}_4 / \text{NaCl}$	海水、化石水	2, 3, 4, 7, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 24, 31, 37, 48	S- 5, S- 6, S- 9, S-12, S-16, S-17, S-18, S-19	1, 5, 8, 11, 18, 21, 22, 28, 38, 42, 45, 49, 52
V	中間的組成	淡水	16, 32, 33, 34, 39, 40, 57	S- 1, S-11	

注、40、S-1：水質資料採水地点番号

4. 1. 2 主成分間の相関関係

地下水および土壌塩分溶出液の主要塩類の相関係数は表-4.1.3に示すとおりであり、次のような点が指摘できる。

①主要塩類の相関関係

地下水の主要塩類は(Na+K)SO₄、(Na+K)Clである。土壌塩分溶出液については、相関度の強さは(Na+K)Cl、CaSO₄、(Na+K)SO₄の順となり、地下水に較べて、硫酸カルシウムが多くなっている。

②陽イオン間の相関関係

アルカリ土類に属するCaとMgとの間に相関性が認められる。相関度は、地下水よりも土壌塩分溶出液の方が高くなる。

表-4.1.3 主要塩類の相関係数

(1) 地下水

	Na+K	Ca
Cl	0.88	
SO ₄	0.95	0.35
HCO ₃		0.13

	Na+K	Ca
Ca	0.31	
Mg		0.64

(2) 土壌塩分溶出液

	Na+K	Ca
Cl	0.93	
SO ₄	0.77	0.83
HCO ₃		0.14

	Na+K	Ca
Ca	0.39	
Mg		0.88

4. 2 水質分布

調査対象地域での地下水および土壌塩分溶出液の水質分布は地形図上に水質特性が図示できるヘキサダイアグラム法を用いて検討した。

計画対象地域外では新規の追加資料はなく、第2年次の調査では、計画対象地域内で観測井8本、揚水井5本が掘削され、水質分析が行われた。

4. 2. 1 ヘキサダイアグラム法による水質分類

(1) 表示方法

ヘキサダイアグラム法（パターンダイアグラムとも言う）は、epmを用いて主要成分の量的関係を図形表示することにより、水質組成の区分および分布を容易に行うことを目的としている。この方法により示される形状は水質の組成を示し、形状の大きさは塩分濃度の大小を示している。前述のキーダイアグラム法はデータ全体の水質把握に優れているのに対して、この方法は個別水質組成の比較、分類、水質分布等の把握に適している。

① ヘキサダイアグラムの構成

ヘキサダイアグラムは図-4.2.1に示すように、中心を原点として左側に陽イオン、右側に陰イオンを示す3つの平行する水平座標からなり、通常は上から順に次の配列が用いられることが多い。

- Na+K、Cl座標軸
- Ca、HCO₃座標軸
- Mg、SO₄座標軸

② 作図方法

- 水質分析値のppm → epmへの換算
- 陰イオン側の各座標上に、HCO₃、Cl、SO₄の値をプロットする。
- 陽イオン側の各座標上に、Na+K、Ca、Mgの値をプロットする。
- プロットされた点を直線で結ぶ。

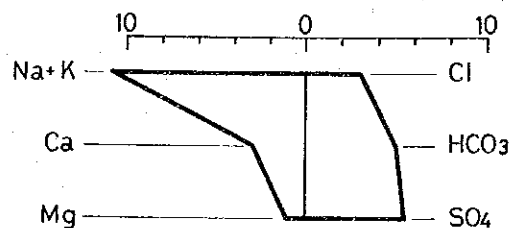


図-4.2.1 ヘキサダイアグラム

(2) ヘキサダイアグラムによる調査対象地域での地下水の類型分類

「西山水源地水質分析資料集」に基づき地下水の水質分析データをヘキサダイアグラム法により図化し、似か寄せた形状毎に分類したものが図-4.2.2である。

①陽イオンの形状特性

陽イオンの形状特性から、地下水の水質は次の3つに大別される。

カルシウムイオン型	カルシウムイオンのモル当量が第1成分になるタイプ
ナトリウム、カルシウムイオン型	ナトリウムイオンのモル当量の半分程度をカルシウムイオンが占めるタイプ
ナトリウムイオン型	ナトリウムイオンが際だって多いタイプ

②陰イオンの形状特性

陰イオンの形状特性から、地下水の水質は次の6つに大別される。

重炭酸イオン型	重炭酸イオンのモル当量が第1成分もしくはほぼ第1成分に等しくなるタイプ
硫酸、重炭酸イオン型	塩素イオンのモル当量が極めて少ないタイプ
塩素、重炭酸イオン型	硫酸イオンのモル当量が極めて少ないタイプ
硫酸イオン型	硫酸イオンが際だって多いタイプ
硫酸、塩素イオン型	重炭酸イオンのモル当量が少なく、硫酸イオンと塩素イオンのモル当量がほぼ等しいようなタイプ
塩素イオン型	塩素イオンが際だって多いタイプ

③形状分類（イオン組成の組合せ）

	カルシウム	ナトリウム カルシウム	ナトリウム
重炭酸	44, 23, 43, 57, 34 33		
硫酸、重炭酸	40, 39	S-5, S-17, S-1, S-16	S-9, 31
塩素、重炭酸			14
硫酸	S-11, 32	15, 19, 13, 17, 16	7, 24, 2, 4, 20
硫酸、塩素	54	48, S-6, S-12, S-18 S-19	37
塩素			3

注、44、S-1：水質資料採水地点番号

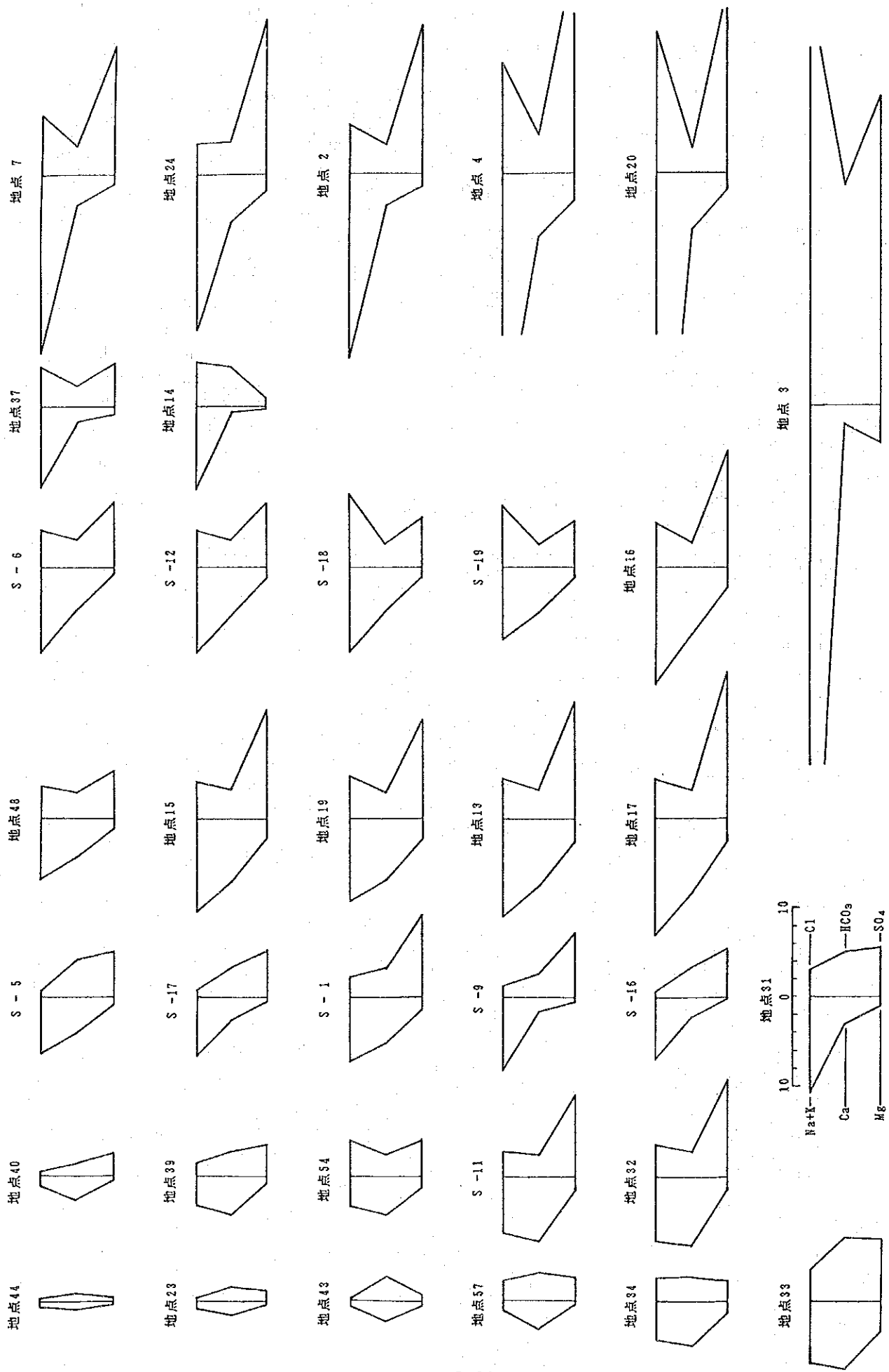


図-4.2.2 ヘキサダイアグラム表示による地下水の類型分類

(3) ヘキサダイアグラムによる土壌塩分溶出液の類型分類

土壌塩分溶出液の水質分析データをヘキサダイアグラム法により図化し、似か寄った形状毎に分類したものが図-4.2.3である。

①陽イオンの形状特性

陽イオンの形状から、地下水の水質は次の4つに大別される。

低濃度型	イオンモル当量が少ないタイプ
カルシウムイオン型	カルシウムイオンのモル当量が第1成分になるタイプ
ナトリウム、カルシウムイオン型	ナトリウムイオンのモル当量の半分程度をカルシウムイオンが占めるタイプ
ナトリウムイオン型	ナトリウムイオンが際だって多いタイプ

②陰イオンの形状特性

陰イオンの形状から、地下水の水質は次の4つに大別される。

低濃度型	イオンモル当量が少ないタイプ
非塩素イオン型	塩素イオンのモル当量が極めて少ないタイプ
硫酸イオン型	硫酸イオンが際だって多いタイプ
硫酸、塩素イオン型	重炭酸イオンのモル当量が少なく、硫酸イオンと塩素イオンのモル当量がほぼ等しいようなタイプ

③形状分類（イオン組成の組合せ）

	低濃度	カルシウム	ナトリウム カルシウム	ナトリウム
低濃度	6, 9, 11, 12 18, 22, 27, 55 21, 49			
非塩素		36, 26, 41, 10		
硫酸			28	1, 5
硫酸、塩素		25	8, 52	38, 45, 42

注、41：土壌採取地点番号

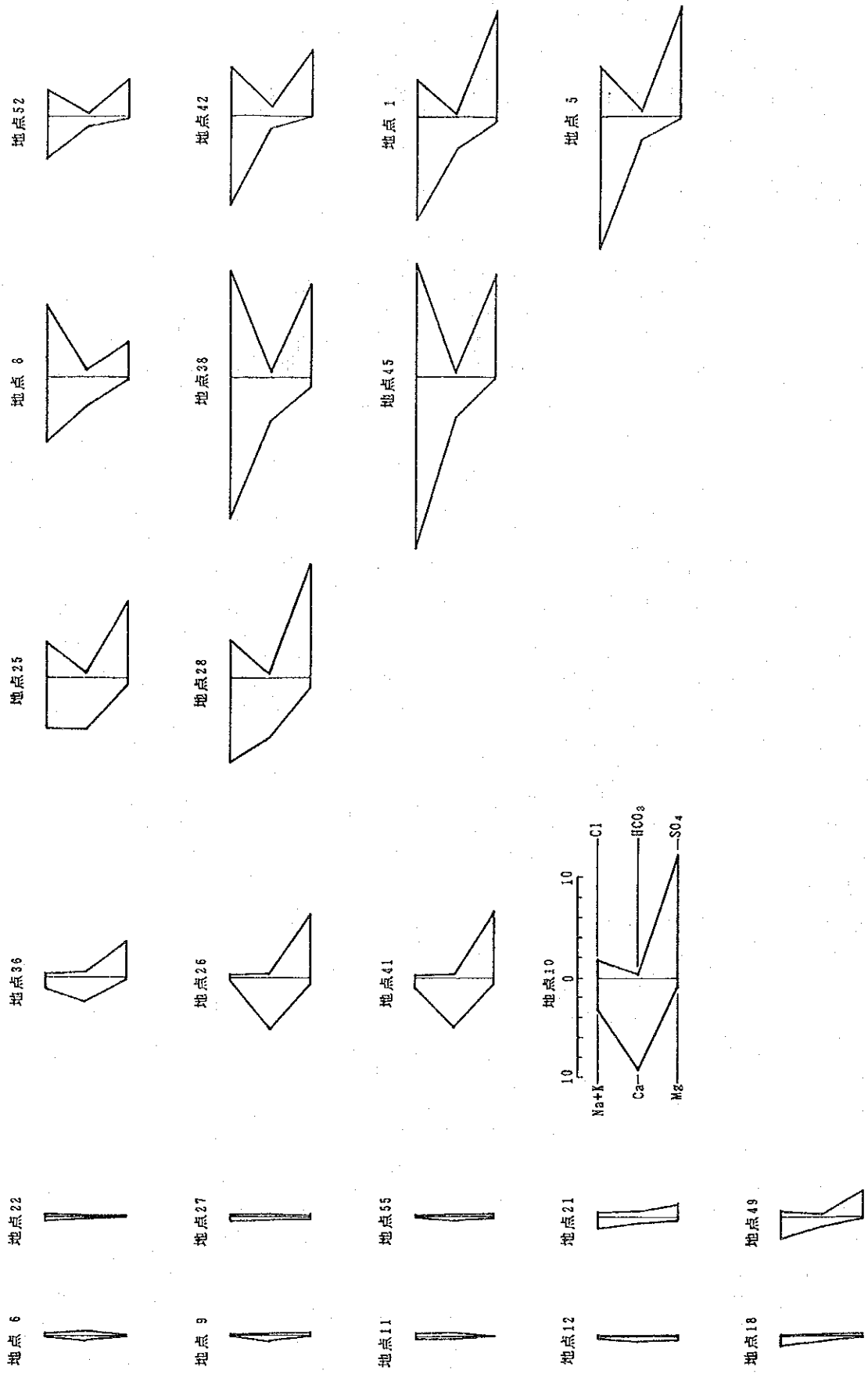


図-4.2.3 ヘキサダイアグラム表示による土壌塩分溶出液の類型分類

(4) 代表的な水質組成

①地下水の水質

- 高塩分濃度の地下水では地点 3を除いてナトリウム、硫酸イオン型の水質である。
- 地点 3(小泉溝の下流側)の水質は調査対象地域内では一例しかないが古い地層の中にはアルカリ度が高いナトリウム、塩素イオン型の水質が存在することを示している。
- 低塩分濃度の地下水ではカルシウム、重炭酸イオン型の水質で、代表的なものは表流水である。
- 中程度の塩分濃度の地下水は陽イオンがナトリウム、カルシウム型で、陰イオンが硫酸、塩素型もしくは硫酸型が多く検出されている。

②土壌塩分溶出液の水質

- 低濃度の土壌塩分溶出液が検出される地点では、土壌塩分の溶脱がかなり進んでいるものと考えられる。
- カルシウム、非塩素イオン型の水質は系統的に塩分濃度が高くなっても存在することから土壌中に石膏(CaSO_4)が存在すると考えられる。
- 上記以外の土壌塩分溶出液の水質が検出された地点は、土壌中の石膏(CaSO_4)の含有率が低くなり、硫酸ナトリウム(Na_2SO_4)や塩化ナトリウム(NaCl)が多く含まれている。

4. 2. 2 地下水の水質分布

(1) 全体的な水質分布の傾向

地下水の水質の地域的な分布を明らかにするために、各採水点のヘキサダイアグラムを地形図上に示したものが図-4.2.4である。なお、この図では降雨直後の表流水は除外して作成している。

調査対象地域の地下水の水質分布は大まかに次の5タイプに分類される。

①硫酸ナトリウム型

硫酸ナトリウム型の分布地域は次の地区である。

- 小泉溝流域の地下水および湧水：地点 7、地点 2、地点 4
- 西山9坊3隊西側の地下水：地点20

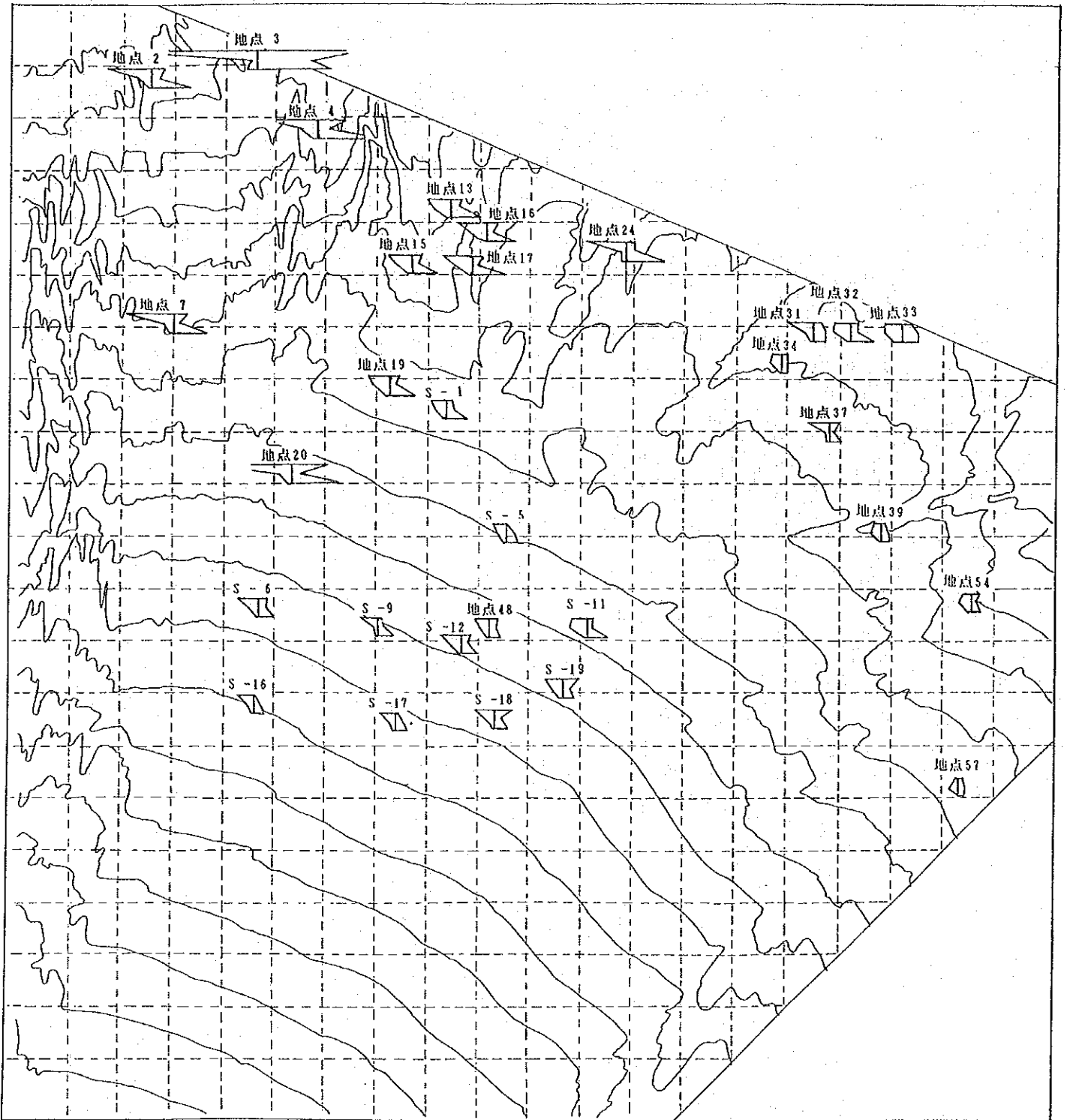


図-4.2.4 ヘキサダイアグラム表示による地下水の水質分布

- 首宿溝の湧水：地点24

②カルシウム塩型

カルシウム塩型は調査対象地域の南側、東側および北東側の地域に分布し、カルシウム、重炭酸イオン型は烏魯木齊河沿いの地下水（地点57）、南側の西山農場2隊(S-3)、長勝大隊付近の湧水（地点33、地点34）に見られる。烏魯木齊河沿いの地下水は烏魯木齊河からの直接的な影響が強い。長勝大隊付近の湧水は溶存塩分が多く地下水としての滞留時間がかかったものと判断される。

その他のカルシウム塩型は硫酸イオン型であり、地点は地点54、地点S-11、地点32に分布する。

③中間組成型

中間組成型は、主として、陽イオンの形式がナトリウム、カルシウムイオン型で、陰イオンの形式が硫酸イオン型、硫酸、重炭酸イオン型、硫酸、塩素イオン型からなる。

この中間組成型の地下水が多く分布する地域は、計画対象地域から大泉溝流域にかけての地域である。局所的には長勝大隊の地点37にも見られる。

④塩化ナトリウム型

塩化ナトリウム型の地下水は小泉溝下流の地点3で見られ、地層的に古い年代のものである。

⑤その他

上記以外の特異な塩類形式を持つものは大泉溝の地点14に見られる湧水で、陰イオンの形式が塩素、重炭酸型である。この形式の地下水は地点14以外に存在しないことから、分布はかなり限定されたものである。

(2) 計画対象地域の水質分布

計画対象地域の水質分布図は図-4.2.5に示すように、第2年次に掘削した観測井、揚水井の水質分析資料を加え作成した。

①不圧地下水

計画対象地域の不圧地下水は次の大まかに3つに大別される。

- 中間組成型で塩素イオンの少ないもの

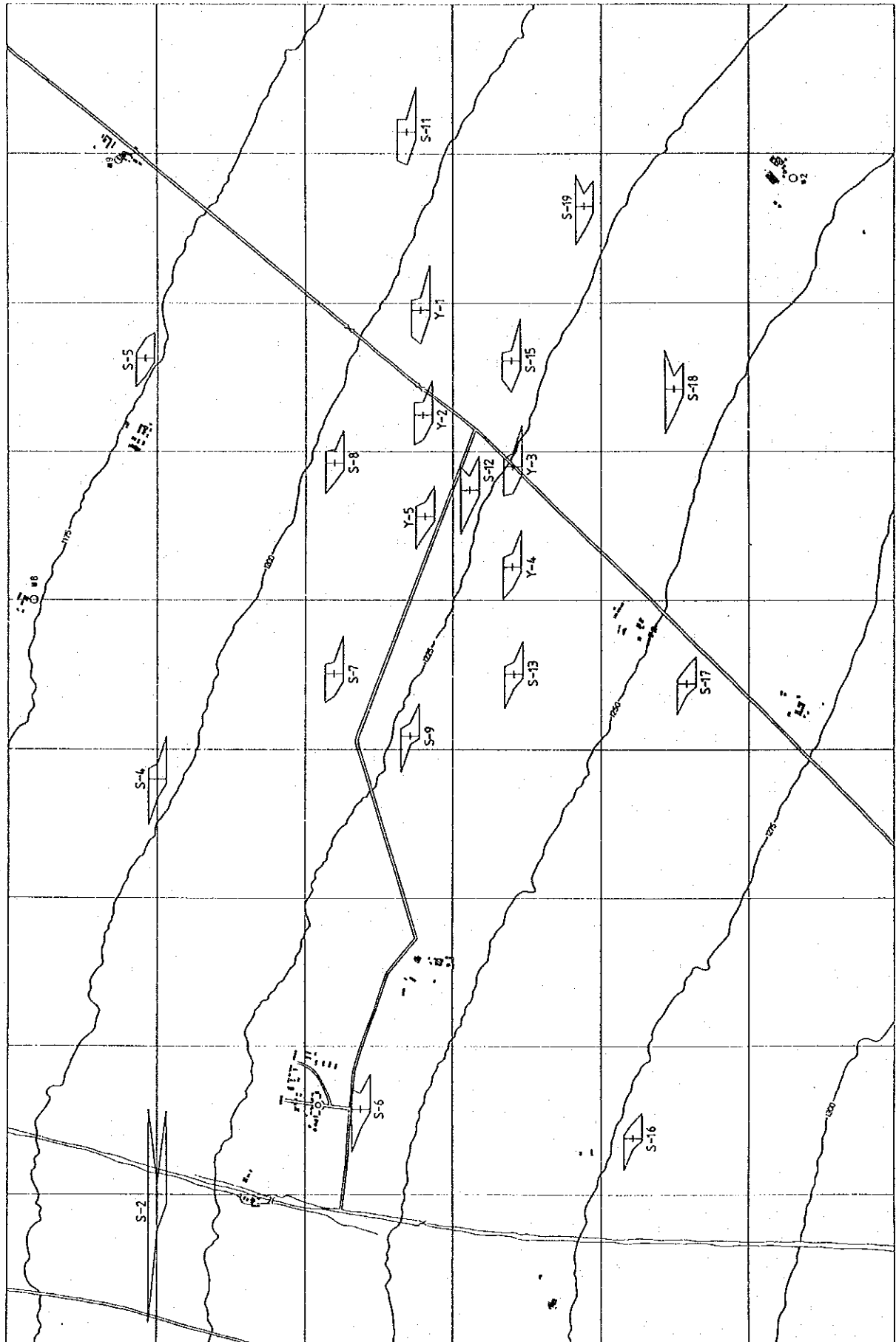


図-4.2.5 計画対象地域の地下水の水質分布

- その他の中間組成型

- カルシウム塩型またはカルシウム塩の含有の多いもの

中間組成型で塩素イオンの少ない地下水は計画対象地域のS-5とS-17を結ぶ線の西側で分布する。

その他の中間組成型の地下水は南東側S-18、S-19から中央部S-12、W-9で検出されている。

カルシウム塩型は計画対象地域東側のY-1、S-11、S-15であり、カルシウム塩の含有量が多いものはY-2、Y-3、S-7である。

これらの水質分布から、揚水井を掘削した中央部付近は水質組成の異なる3種の混合域である可能性が高く、今後、計画対象地域で地下水開発を行った場合には、地下水の混合域に変化が現れることが予測される。

②新第三系の帯水層の被圧地下水

新第三系の帯水層の被圧地下水であるS-6の水質は中間組成型で、陽イオンはナトリウム、カルシウムイオン型であり、陰イオンは硫酸、塩素イオン型である。不圧地下水のその他中間組成型とほぼ同じ水質である。

また、S-2は同じ新第三系の地下水であるが、塩分含有量が極めて多くなる。陽イオンは典型的なナトリウム型で、陰イオンは硫酸、塩素イオン型であり、西山農場北側の地点20に類似している。

4. 2. 3 土壌塩分溶出液の水質分布

(1) 全体的な水質分布の傾向

土壌塩分溶出液の水質の地域的な分布を明らかにするために、各土壌採取点のヘキサダイアグラムを耕地面積分布図上に示したものが図-4.2.6である。

①土壌中の塩分が少ない地域

土壌中の塩分が少ない地域は調査対象地域内に点在している。土壌中の塩分が少ない地点と土地利用状況の対比からは、これら塩分含有量の少ない地点と耕作地の分布域との関連は余り認められない。

したがって、土壌中の塩分が少ない理由としては、堆積時において元々塩分が少ないことや、降雨による土壌中の塩分が溶脱したこと等が考えられる。

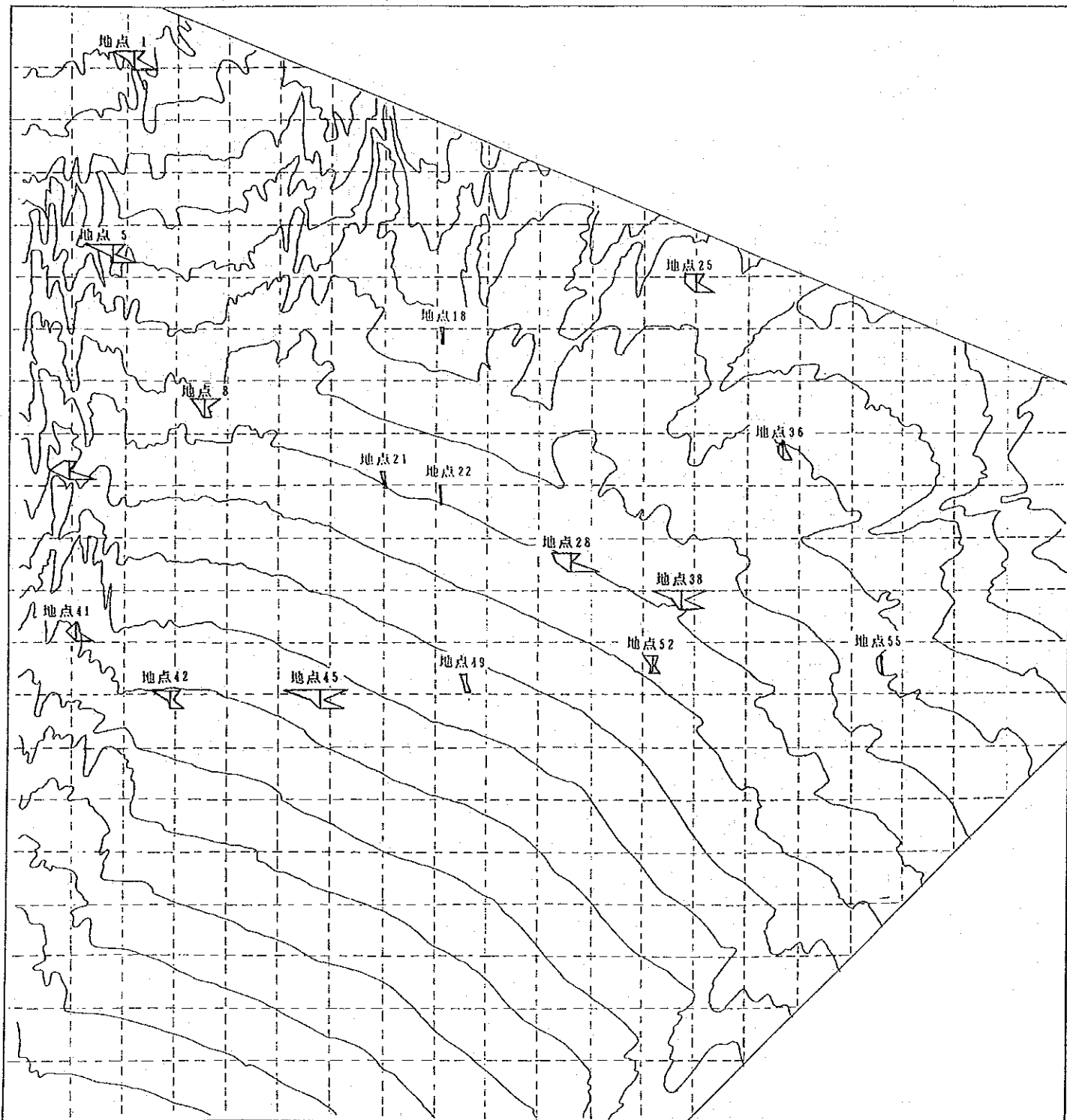


図-4.2.6 ヘキサダイアグラム表示による土壤塩分溶出液の水質分析

- 小泉溝流域：地点 6、地点 9、地点11、地点12
- 大泉溝流域：地点18、地点21、地点22
- 計画対象地域：地点49
- 長勝大隊付近：地点27
- 調査対象地域東側：地点55

②石膏（ CaSO_4 ）が多く分布する地域

土壤中に石膏（ CaSO_4 ）が多く含む地域は、既存データから、長勝大隊付近の一带（地点25、地点26、地点36）と調査対象地域西側の新第三系の丘陵部（地点10、地点41）である。

③硫酸ナトリウム（ Na_2SO_4 ）や塩化ナトリウム（ NaCl ）が多く含まれる地域

土壤中に硫酸ナトリウム（ Na_2SO_4 ）が多く含まれる地域は小泉溝流域下流側の（地点 1、地点 5）である。

また、硫酸ナトリウムと共に塩化ナトリウム（ NaCl ）が混入してくる地域は計画対象地域の西側の地点 8、地点42、地点45および東側の地点38、地点52に分布する。

（2）計画対象地域

①土壤塩分溶出液の塩分濃度

計画対象地域から北側にかけては土壤中の塩分含有量は少ない。南東側、西側では塩分含有量が多くなっている地点が認められる。

②塩類組成

計画対象地域全体で見た場合の土壤中の溶出塩類組成は、主として、硫酸ナトリウムと共に塩化ナトリウムが混在している。

また、計画対象地域の北東側ではカルシウム塩類が土壤中に多く含まれる傾向が見られる。

（3）地下水と土壤塩分溶出液との関係

地下水の水質と表層土壌からの塩分溶出液の水質との関係は図-4.2.4と図4.2.6を対比することにより判断できる。これまでに得られた資料の範囲内では地表付近の土壌中に含有される塩類と地下水の水質との因果関係はあまり明瞭なものはない。

4. 3 飲料水としての適性

計画対象地域で掘削された揚水井で採水された地下水の水質が上下水道の原水として利用できるかどうかについて検討する。

4. 3. 1 飲料水基準

(1) 水質基準の考え方

水道水は飲料水であるため、水道水に含まれる物質は微量であっても長年月にわたり人体に摂取する事となり、その影響は、長年月たつてはじめて現れるものである。飲料水の水質基準は科学的根拠に基づいて設定せねばならないけれども、現実には、科学的根拠の厳密性は必ずしも充分ではなく、合理的な基準値を定めることは不可能に近い。

古くから様々な形で定められた水質基準は、その当時の科学水準は、現在よりも低く、必ずしも科学的ではなかったが、それらの基準の妥当性が経験的に確かめられてきたという経緯があり、現在の基準値に継承されている。

今日の水道事業に於いては、水道水として良質な原水確保が水需要の急速な増加に伴い難しくなっており、水質の悪い水を水道の水源にせざるを得ない状況がある一方、化学工業から水質基準に規制されていない様々な物質が上水道に含まれるようになっている。このような新しい物質に対処するためには、水質基準の対象を広げる必要がある。

このような背景から、現在の飲料水基準は、衛生学を中心としたたゆまぬ努力と、科学的根拠に立脚しながら、充分安全度をもったものとして改定されてきた。

飲料水基準は、病原菌からの汚染に対するもの、有害物質に対するもの、その他一般項目の3つに大別される。

水質基準の指標は、勧告値(recommended value)、恕限值(torrelable value)、許容値(permissible ないし acceptable value)の3つに区分され、指標の値は勧告値、恕限值、許容値の順で緩やかになる。特に、有害物質については、世界保健機構(WHO)では、鉛、ヒ素、六価クロム、カドミウム、シアンの6項目が取り上げて、それぞれの上限濃度を定めている。この6種類の他に、水銀、スズ、バナジウム、ベリリウム、モリブデン、ウラン、銀等について、飲料水中の存在量をコントロールすべきであるとしている。恕限値は勧告値より緩やかな基準値であるが、恕限値を越えているからといって飲料不適との判定を下さないのである。国毎に、対象とする物質のとり方および基準値が異な

っており、日本では許容値が用いられている。

(2) 飲料水基準値

世界保健機構、日本および中国の飲料水基準を表-4.3.1に示す。

表-4.3.1 飲料水基準の比較

単位：mg/l

	項目	世界保健機構(WHO)	日本	中国
		最大許容値		
有害物質	ヒ素	0.05 ^{*4}	0.05	0.05
	シアン	0.05 ^{*4}	検出されないこと	0.05
	鉛	0.1 ^{*4}	0.1	0.05
	セレン	0.01 ^{*4}		0.01
	六価クロム	0.05 ^{*4}	0.05	0.05
	カドミウム	0.01 ^{*4}	0.01	0.01
準有害物質 、 利 用 阻 害 物 質	水銀		検出されないこと	0.001 ^{*3}
	ウラン			
	銀			0.05
	銅	1.5	1.0	1.0
	鉄	1.0	0.3	0.3
	マンガン	0.5	0.3	0.1
	亜鉛	15	1.0	1.0
	フッ素		0.8	1.0
	カルシウム	200		
	マグネシウム	150		
	総硬度	1000	300	450
	フェノール	0.002	0.005	0.002
	ABS	1.0	0.5 ^{*1}	0.3 ^{*1}
	CCE	0.5	—	—
	硫酸イオン	400	—	250
	塩化物イオン	600	200	250
	亜硝酸性窒素		—	—
	硝酸性窒素		10 ^{*2}	20
	蒸発残渣	1500	500	1000
	濁度(度)	25	2	3~5
色度(度)	50	5	15	
味		異常でないこと	異常でないこと	
臭		”	”	
pH	6.5~ 9.2	5.8~8.6	6.5~8.5	

注. ABS: Sodium Alkyl Benzen Sulphonic Acid

CCE: Carbon Chloroform Extract

*1 : 陰イオン界面活性剤として

*2 : 亜硝酸性窒素を含む

*3 : α 放射性0.1Bq/L以下、 β 放射性1.0Bq/L以下

*4 : 限界値を示す

(3) 水道水の水質についての聞き取り調査結果

烏魯木斉市の水道水は地下水を水源としており、市の上流側に位置する三通碑水源地在最も取水量が大きく、この水源地での水質は良好で中国の国家の飲料基準を満たしているため、未処理のまま配水されている。

烏魯木斉市の人口の急激な増加につれて、水需要も急増し、三通碑だけでは供給量を確保することができなくなり、市の下流側に吟馬山(井戸4本)、二宮(井戸4本)の水源地を開発してきた。これらの水源地の水質は硬度が高く、下水、汚水、ゴミ等による環境汚染があり、硬度、細菌、大腸菌が基準値を越え、不適合になることがある。

市全体での水道水の水質合格率は1988年で98%程度であった。

また、地下水を水源とすることによる疾病の事例は過去30年間に生じていない。

(4) 調査対象地域の水質

調査地域全体の水質については現地調査報告書(Ⅰ)に記載するところであるので、ここでは、固形物総量、総硬度および硫酸イオンの項目について述べる。

① 固形物総量

分析資料水には、殆ど懸濁物質が含まれていないので、蒸発残留物、固形物は溶解性塩類と見なされる。

固形物総量は、図-4.3.1に示すように、調査対象地域の北西、北および北東部に溶解性塩類の基準値である1000mg/lを越える高濃度の地点が分布し、特に北西部の地点3は著しく高い。北部の高濃度分布域の一部には比較的固形物総量の低い地点が存在する。

② 総硬度

総硬度は、図-4.3.2に示すように、調査対象地域の北部(大泉溝流域付近)に450 mg/l (CaCO₃/l 25.2度)以上の高濃度地点が分布しており、固形物総量に較べて高濃度の範囲は限られている。

なお、固形物総量の最も多い地点3は、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)が重炭酸イオンとして存在するほか、地点14、31および34においてもすべて重炭酸イオンとして存在し、この組成での硬度はいわゆる一次硬度であり、硬度の上昇が比較的抑制されている。

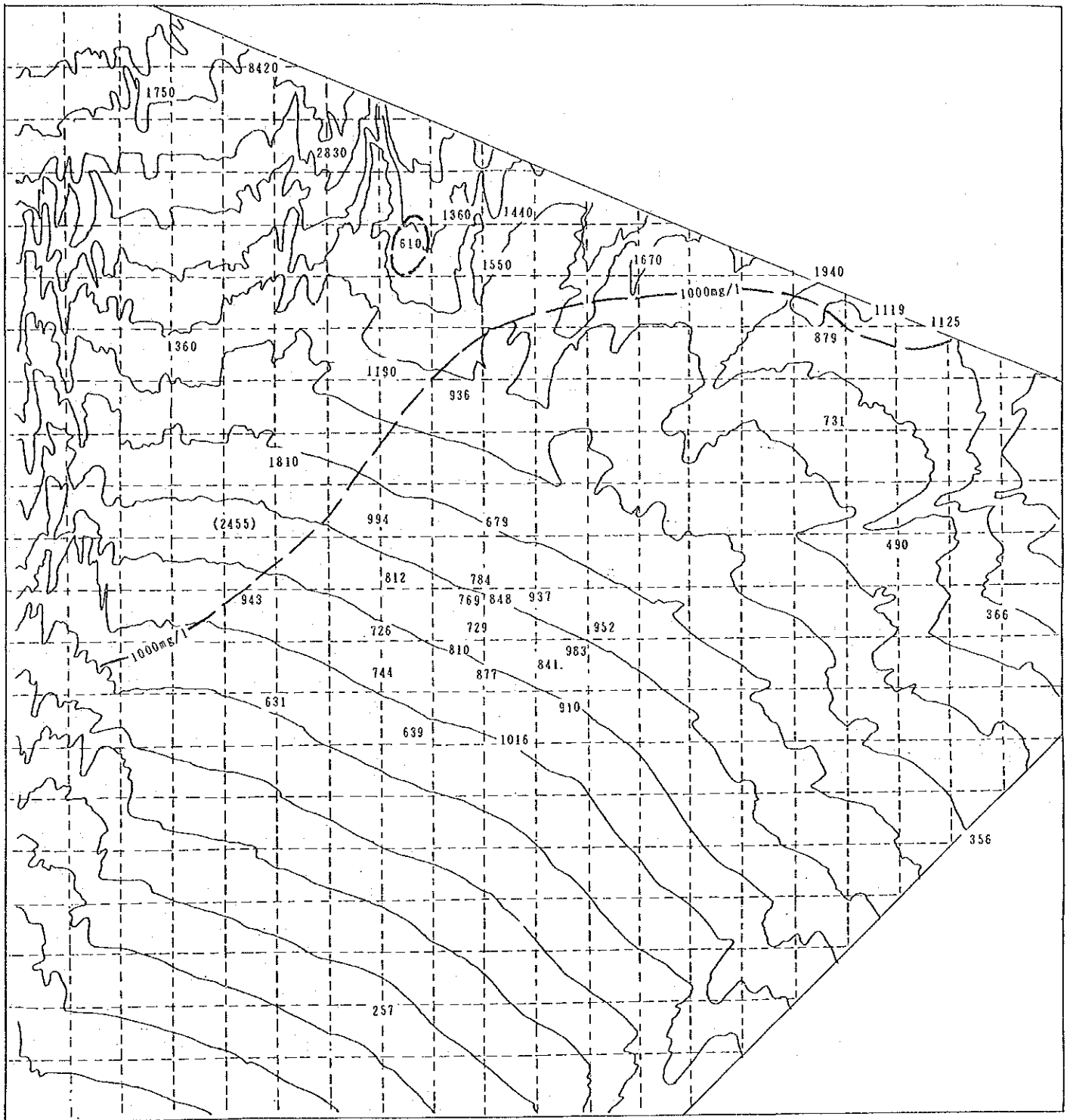


図-4.3.1 調査対象地域の固形物総量の分布

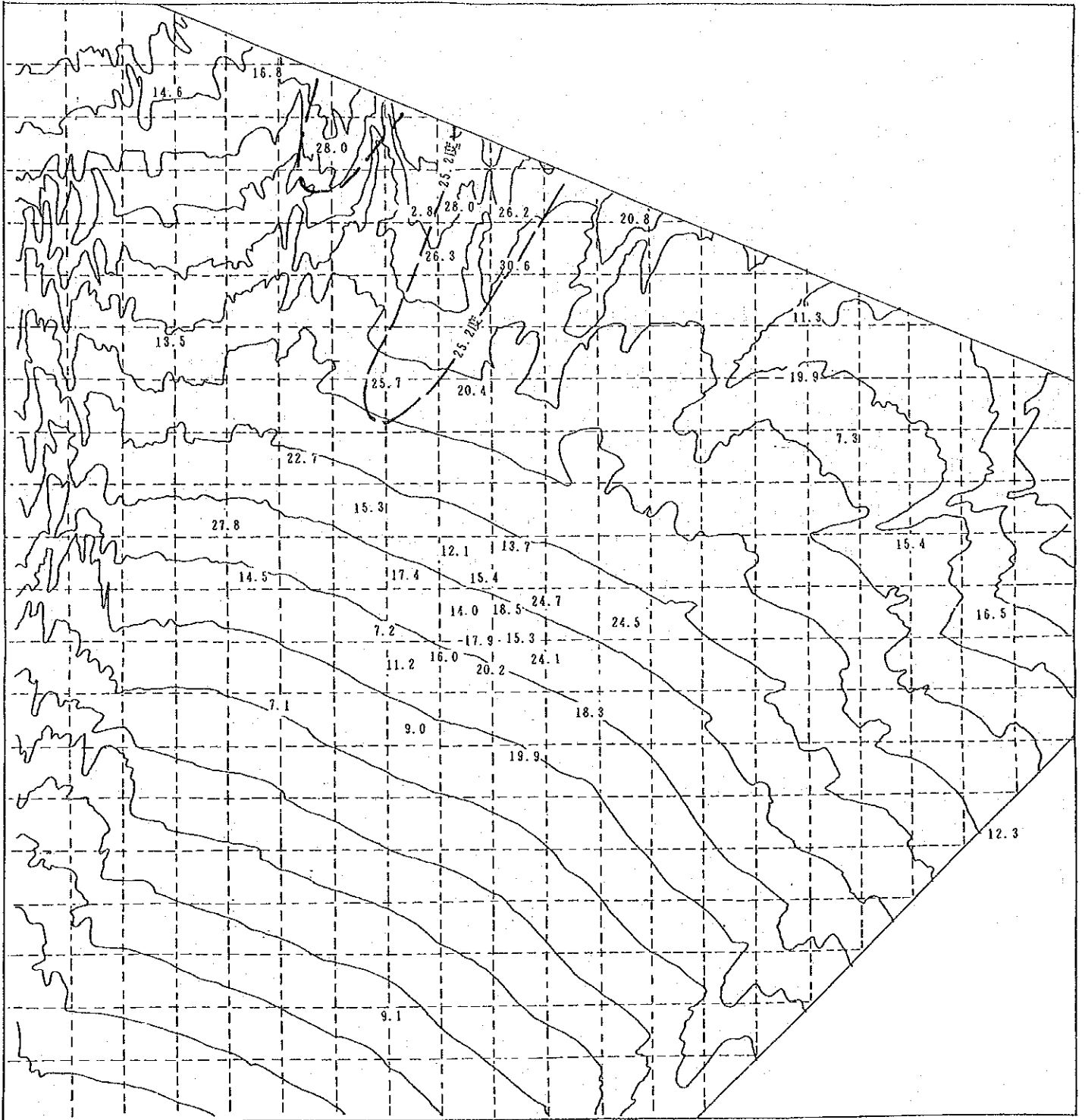


図-4.3.2 調査対象地域の総硬度の分布

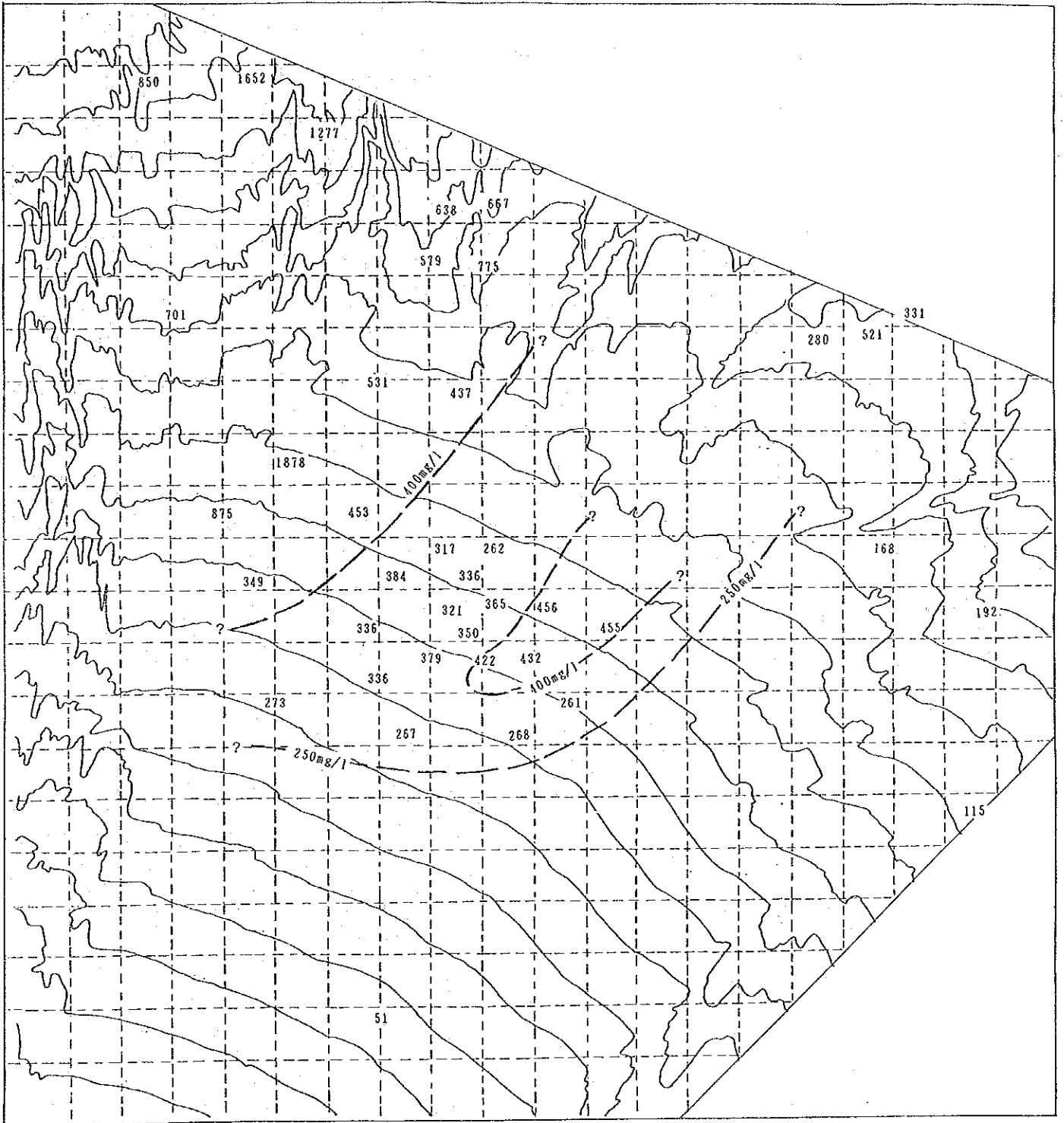


図-4.3.3 調査対象地域の硫酸イオンの分布

③ 硫酸イオン

硫酸イオンは、図-4.3.3に示すように、調査対象地域の東部を除き、調査対象地域内の広範囲にわたって 250 mg/l 以上の地点が分布しており、現地調査報告書（I）で想定したよりも、250 mg/lの境界線は南にあることが明らかになった。

計画対象地域の硫酸イオンは250 mg/l以上となっているので、WHOの400 mg/lの基準値について考察した。計画対象地域の北側は固形物総量が多くなると共に硫酸イオンも多くなっている。また、計画対象地域の南側から北東方向にかけては、くさび状に高濃度が分布する。

（5）揚水井で採水された地下水の水質評価

計画対象地域の揚水井Y-1、Y-2、Y-3、Y-5の水質分析結果と中国国家飲料水基準の対比を表-4.3.2に示す。

資料提供を受けた分析値範囲内では、中国国家飲料水基準値の大部分で適合しているが次の2項目が不適合となる。

- ・硫酸塩：Y-1、Y-2、Y-3、Y-5の4本とも250mg/lの基準値を越え不適合である。
- ・硝酸塩：Y-1の硝酸塩は20mg/lの基準値を越え不適合である。その他の3本は適合している。

①硫酸塩についての見解

硫酸塩の多く含まれる水を飲用した場合には、味覚の点で劣り、下痢を起こしやすくなることが知られている。日本の場合は1958年制定の水道基準では200mg/l以下の基準があったが、現行基準では特に必要ないとして撤廃された。

世界保健機構(WHO)でも、水質基準が厳しいと水源が確保できないとの観点から、最大制限値200mg/lから最大許容値400mg/lの基準を設けているが、これらの値と対比すると、5本の揚水井の硫酸塩濃度は320mg/lから450mg/lであり、平均としてとらえた場合、おおむねWHOの水質基準（最大許容値400mg/l）に適合するものと考えられる。

②硝酸塩についての見解

硝酸塩と亜硝酸塩が共に検出される場合には人為的汚染の可能性があるが、計画対象地域で広範囲に検出される硝酸塩は周りに人為的汚染源が少ないことから、鉱物起源のものであろうと推定され、亜硝酸塩濃度も低いので、汚染の程度は僅かと推定される。

表-4.3.2 揚水井で採水された地下水の水質評価

	項目	中国基準値	揚水井での水質	水質評価
感 官 性 及 び 一 般 化 学 指 標	1. 色度	15度	なし	適合
	2. 濁度	3~5度	透明	"
	3. 臭気	異常のないこと	なし	"
	4. 可視物	"	なし	"
	5. pH	6.5~8.5	7.9~8.1	"
	6. 総硬度	450 mg/l	91.6~165.3	"
	7. 鉄	0.3 "	0.02~0.1	"
	8. マンガン	0.1 "	0.001~0.003	"
	9. 銅	1.0 "	0.001~0.003	"
	10. 亜鉛	1.0 "	0.043~0.06	"
	11. フェノール	0.002 "	0.000~0.003	"
	12. 陰イオン活性剤	0.3 "	0.005~0.007	"
	13. 硫酸塩	250 "	321.8~456.3	WHO基準では適合
	14. 塩化物	250 "	67.4~99.3	適合
	15. 溶解性固形物	1000 "	768.8~936.7	"
毒 理 学 指 標	16. フッ素(F)	1.0 mg/l	0.20~0.31	適合
	17. シアン(CN)	0.05 "	< 0.001	"
	18. ヒ素(As)	0.05 "	0.0005~0.00125	"
	19. セレン(Se)	0.01 "	0.0002~0.0004	"
	20. 水銀(Hg)	0.001 "	0.0~0.0001	"
	21. カドミウム(Cd)	0.01 "	< 0.001	"
	22. 六価クロム(Cr ⁺⁶)	0.05 "	< 0.001	"
	23. 鉛(Pb)	0.05 "	0.003~0.01	"
	24. 銀(Ag)	0.05 "	分析値なし	"
	25. 硝酸塩	20 "	12.45~21.32	Y-1は不適 他は適合
	26. クロロホルム	60 μ/l	分析値なし	異常がないと判定
	27. 四塩化炭素	3 "	"	"
	28. アンモニア	0.01 "	"	"
	29. DDT	1 "	"	"
30. BHC	5 "	"	"	
細 菌	31. 細菌総数	100 個/ml	10 ~ 68	適合
	32. 大腸菌群	3 個/l	0 ~ 3	"
	33. 遊離塩素	0.05 mg/l	分析値なし	異常がないと判定
放 射 性	34. α放射性	0.1 Bq/L	0.20~0.37	飲用可
	35. β放射性	1 Bq/L	0.10~0.14	適合

注、① 国家水質基準に定める項目の内、今回の水質分析で実施しなかったものについては中国側がそれら項目の分析の必要がなく、水質上問題がないと判断したものであるとの説明を受けた。

② 硫酸塩のWHO基準（最大許容値）は400mg/ である（表-4.3.1参照）。

③計画対象地域の地下水の水道水原水としての可能性

計画対象地域の地下水は中国国家基準を完全に満たすものではないが、水道水原水としての評価は下記の理由から水源地として利用すべきであると判断される。

- a) 水源が少ない烏魯木斉市の実情を勘案とすると、西山水源地は水質的にみて優れた水質とは言えないが、健康に悪影響を及ぼす成分は特に検出されていないので、今後の水道水源として開発を進めていくことが得策であると思われる。というのも、烏魯木斉河水系の地下水は既に三通碑水源地で取水されており、その上流で開発することは下流への影響が考えられるため、烏魯木斉河水系に影響の出ない新しい水源を開発する必要がある、このような観点から、西山水源地が着目されるに至ったという背景がある。
- b) 今後地下水開発に伴い、西山水源地の水質が悪化し（硫酸塩）、WHOの最大許容値を満たさなくなる場合には、硫酸塩の除去処理にはコストが非常にかかるので、三通碑水源地の原水と混合して、飲料水の水質基準を満たすように配慮して給水することも将来の対策の一つとして考えられる。

5 地下水の水質変化

5.1 環境同位元素分析

(1) 分析結果

環境同位元素の分析項目は水素の同位元素であるデトリウム(^2H)とトリチウム(^3H)および酸素の同位元素 ^{18}O の3つである。分析試料は雨水、雪、河川水、地下水、湧水から採取せられ、分析のため武漢に送付された。分析結果は表-5.1.1に示すとおりである。

表-5.1.1 環境同位元素分析結果

分析試料	試料分析 年月日	$\delta^2\text{H}$ (‰) (SMOW)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) (SMOW)	トリチウム (T.U.)
雨	90. 1. 21	-6.645	-50.977	70
河川水	〃	-9.645	-69.781	82.9
雪	〃	-13.429	-93.925	28.5
湧水	〃	-10.299	-74.386	129.8
観測井 S-1	〃	-9.974	-67.727	140.5
観測井 S-2	〃	-13.358	-92.837	6.7
観測井 S-3	〃	-9.499	-66.823	272.5
観測井 S-6	〃	-11.204	-81.271	< 3.5
揚水井 Y-1	〃	-9.936	-72.230	148.8
揚水井 Y-2	〃	-10.617	-72.263	102.3
揚水井 Y-2 (揚水時)	〃	-10.945	-78.225	100.8
揚水井 Y-3	〃	-10.167	-73.270	138.8

(2) トリチウムの分析値に対する所見

日本で観測されるトリチウムは近年減少傾向にあり、濃度も30~50T.U.程度である。このことを考慮しながら、今回得られた分析値について見ると、第四系の帯水層でのトリチウムの測定値が極めて高いので、今後、下記の点について検討するべきであろう。

- ① 分析方法に対する検証
- ② 放射性汚染源の有無

今回の分析値が相対的なトリチウムの濃度を示すと考えると、第四系の帯水層の地下水は地表水と同じ程度の値であり、極最近に涵養されたものと推定される。これに対して、新第三系の地下水はトリチウムの値が小さく、地下水の涵養年代は第四系のものより古いと判断される。

(3) ^2H と ^{18}O との関係

^2H と ^{18}O との関係は図-5.1.1に示すような標準的な関係であり、調査対象地域の地下水は乾燥蒸発の影響を強く受けていない。

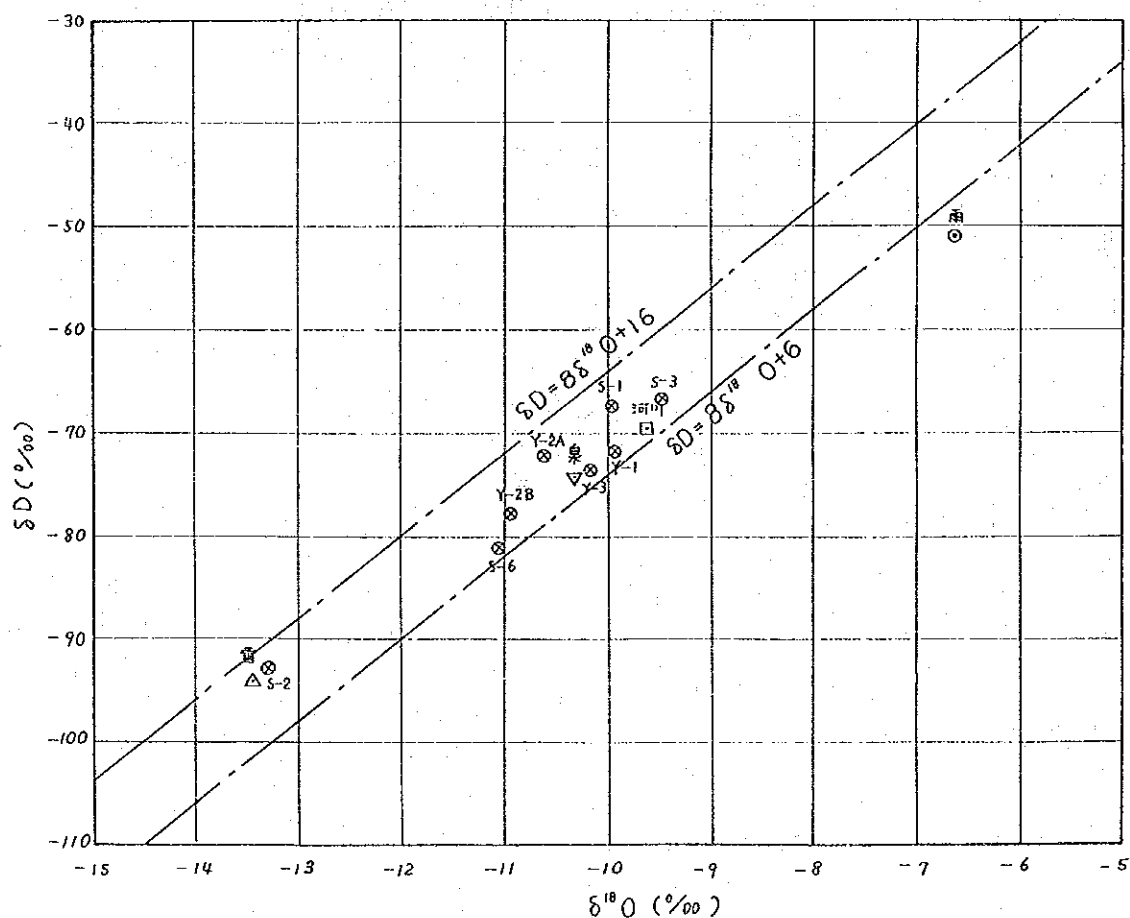


図-5.1.1 環境同位元素 ^2H と ^{18}O との関係

5. 2 地層中の含有塩類

土壌塩分溶出液の分析結果、観測井掘削工事でのコア観察および露頭調査結果からの地層中の含有塩類について記載する。

(1) 表層付近の含有塩類

土壌塩分溶出液の分析結果より、場所的にかなり変化しているが、表層付近の含有塩類は基本的に次の3タイプに分かれる。

① 土壌中の塩分が少ない地域

② 石膏 (CaSO_4) が多く分布する地域

③ 硫酸ナトリウム (Na_2SO_4) や塩化ナトリウム (NaCl) が多く含まれる地域

(2) 第四系帯水層中の含有塩類

① 砂礫層 (上部層)

本砂礫層中には塩類を含有する地層を挟在していない。

② 砂礫、粘土の互層 (下部層)

本互層を構成する粘土層中には炭酸カルシウムで膠結した灰白色の団塊が多数含まれ、しばしば、石膏 (硫酸カルシウム) や方解石 (炭酸カルシウム) の微結晶も認められる。このことから、粘土層中には、塩類が多く含まれているものと推定される。

(3) 基盤中の含有塩類

① 新第三系の基盤

新第三系は主として泥岩よりなる。この泥岩の層相は上位の第四系砂礫、粘土互層中の粘土層に酷似しており、同様に、灰白色の石灰質団塊を多数含み、石膏や方解石の微結晶もしばしば認められ、塩類の含有量も多いものと推定される。

② ジュラ系の基盤

ジュラ系は主として砂岩、頁岩の互層よりなるが、これらのコア観察では、新第三系の泥岩中や第四系の粘土中に石灰質団塊、石膏、方解石等は認められない。しかしながら、一部の露頭でジュラ系中に挟在される炭層の中に石膏が含まれているのが観察された。

5. 3 水質変化の機構

(1) 地下水涵養源の水質

起 源	地下水と関係	水 質 評 価
降 水	夏季の降雨は蒸発作用を受ける。冬季の積雪は土壌内の温度勾配から水分は上方に動く。降水起源の地下水は量的に限られている。	降水自体の水質は重炭酸型で良好であるが、量的に涵養量が限られるので地下水への影響度は少ない。
表 流 水	烏魯木齊河の流量のほとんどは農業用水として利水されていることから、烏魯木齊河の影響は洪水時の河床からの漏水による涵養に限られる。	烏魯木齊河沿いの重炭酸カルシウム型の地下水であり、地下水の流動速度も速く、水質的な変化は少ないと考えられる。
農業用水	かんがい水は土壌中での蒸発散作用により塩分濃度が高くなる。また、調査対象地域の地下水循環に与える影響度は極めて高い。	かんがい水は重炭酸カルシウム型であるが、地表面から地下水面まで到達する過程で、蒸発による塩分の濃縮、農業、植生の養分吸収、表層中の塩分の溶出等の影響を受ける。

(2) 地下水流動中の水質変化の可能性

地下水流動中の水質変化は①地層中に含まれる塩分と②地層との接触時間との要因が関係している。また、地質学的時間のスケールでは、造構造運動と古水文環境により、ある時は湖や沼であり、ある時は陸化している（乾燥状態）ような状態が繰り返された経緯が想定され、その影響が地層中の含有塩類の組成に反映されることが考えられる。

一方、調査対象地域およびその上流域での農業開発では烏魯木齊河からの表流水を導水し始めてから30年程度であることから、このような短期間に地下水盆全体の水が全て入れ替わることは考え難く、地下水盆の停滞性の地下水と新規涵養水との混合形態を取っていると見るのが妥当であろう。

群井揚水試験の前後で行った孔内水質測定の結果では、地層境界付近で塩分躍層が現れる兆候を示し、第四系帯水層の砂礫層中の水質は均質であった。その下位の砂礫、粘土の互層では、砂礫層より低い塩分濃度が一時的に認められる地域があったが、これは構造上不安定であるため、その後の測定では塩分濃度が上昇していた。この層の地下水の溶存塩分は上位の砂礫層より多くなるのが一般的である。

基盤中の地下水は一部の例外を除き、地下水の流動速度も遅く停滞しているので塩分

濃度が高くなることが認められる。

(3) 地下水の水質分布

水質分布の面からは、調査対象地域での地下水は大まかに次の4つに区分される。

- ① 烏魯木齊河水系の影響の強い重炭酸カルシウム型の地下水
- ② 調査地域の東側、北東側でのカルシウム型で塩分濃度が高くなる地下水
- ③ 計画対象地域からの大泉溝にかけての中間組成型の地下水
- ④ 小泉溝流域のナトリウム硫酸型の地下水

一連と考えられた烏魯木齊河扇状地の中でこのような地下水の水質分布が同時に現れる背景には、上述したような停滞性の地下水や基盤岩からの地下水の流入等の影響が少なからずあると思われる。

Է. Ս Ե Մ

E. 水 文

	頁
1 水文調査の目的および構成	E- 1
2 資料収集および水文観測施設	E- 5
2. 1 資料収集	E- 5
2. 2 水文観測施設	E- 7
3 気象	E-12
3. 1 調査地域の気象概要	E-12
3. 2 雨量観測	E-13
3. 3 気象データ解析	E-16
4 表流水	E-33
4. 1 河川、湧水の概要	E-33
4. 2 湧水流量観測	E-37
4. 3 土地利用および水利用	E-41
5 地下水	E-49
5. 1 地下水位観測	E-49
5. 2 地下水位変動解析	E-54

図リスト

図-1.1.1	地下水開発計画における水文調査フロー	E- 2
図-1.1.2	水文調査の構成および詳細フロー	E- 4
図-2.1.1	水文観測点概略位置図	E- 8
図-2.1.2	調査対象地域内の水文観測点位置図	E- 9
図-3.2.1	調査対象地域内での日降雨量の相関係数	E-15
図-3.3.1(1)	気象条件変動特性：烏魯木齊気象台	E-17
図-3.3.1(2)	気象条件変動特性：烏魯木齊気象台	E-18
図-3.3.2	日降水量相関関係（全体）	E-21
図-3.3.3	月別の日降水量相関関係	E-22
図-3.3.4	月降水量相関関係	E-23
図-3.3.5	月降水パターンの比較	E-24
図-3.3.6	標高差による蒸発量の対比	E-26
図-3.3.7(1)	月蒸発量計蒸発量と月降水量との関係：烏魯木齊	E-27
図-3.3.7(2)	月蒸発量計蒸発量と月降水量との関係：英雄橋	E-27
図-3.3.8(1)	粘土カラムからの地下水蒸発量	E-30
図-3.3.8(2)	砂礫カラムからの地下水蒸発量	E-30
図-3.3.9(1)	粘土カラムの地下水涵養量	E-31
図-3.3.9(2)	砂礫カラムからの地下水涵養量	E-31
図-4.1.1	烏魯木齊河の概要図	E-34
図-4.1.2	烏魯木齊河水系河川流況図	E-35
図-4.1.3	水利庁英雄橋での烏魯木齊河	E-36
図-4.3.1	幹線水路および耕作地の分布	E-44
図-4.3.2	調査対象地域および周辺の揚水井の分布	E-47
図-5.1.1	調査対象地域内での調査井および井戸の分布	E-51
図-5.2.1	地下水位の長期変動特性	E-55

図-5.2.2(1)	地下水位変動特性 (S-1, S-9, S-5)	E-58
図-5.2.2(2)	地下水位変動特性 (W-8, W-9, W-10, W-33)	E-59
図-5.2.2(3)	地下水位変動特性 (S-11, S-12, S-16)	E-60
図-5.2.2(4)	地下水位変動特性 (S-17, S-18, S-19)	E-61
図-5.2.3	地下水位上昇過程の模式図	E-62
図-5.2.4	自記水位計による地下水位観測	E-64

表リスト

表-1.1.1	日本側持込み水文観測器材	E-3
表-1.1.2	水文観測計実施状況	E-3
表-2.1.1	資料収集の範囲	E-5
表-2.1.2	第1次調査資料収集リスト	E-5
表-2.1.3	第2次調査資料収集予定リスト	E-6
表-2.2.1	調査対象地域周辺の流量、水位観測施設および水管理事務所	E-10
表-3.2.1	雨量計設置場所および観測期間	E-13
表-3.2.2	調査対象地域での月雨量観測結果	E-14
表-3.2.3	調査対象地域での日雨量の相関係数	E-14
表-3.3.1	ソーンズウェイト法による蒸発散量の推定	E-28
表-4.1.1	調査対象地域の近隣河川および湧水の概要	E-33
表-4.2.1	流速計の測定値の対比 (単位: l/sec)	E-38
表-4.2.2(1)	湧水流量測定結果: 小泉溝本川	E-39
表-4.2.2(2)	湧水流量測定結果: 小泉右岸支流	E-39
表-4.2.2(3)	湧水流量測定結果: 苞房溝支流	E-40
表-4.2.2(4)	湧水流量測定結果: 大泉溝	E-40
表-4.3.1(1)	知青干渠取水堰年取水量	E-41
表-4.3.1(2)	青年渠取水堰年取水量	E-41
表-4.3.2	青年渠からの計画分水流量(1988年)	E-42

表-4.3.3	土地利用状況の概要	E-43
表-4.3.4	耕作地でのかんがい水量	E-45
表-4.3.5	104団での農業用水利用状況	E-46
表-4.3.6	調査対象地域および周辺での地下水揚水量(1989年)	E-48
表-5.1.1	西山水源地ボーリング調査孔	E-49
表-5.1.2	既設井戸調査結果総括表	E-50
表-5.1.3	継続地下水位観測(観測井)	E-53
表-5.2.1	地下水位変動特性分析結果(1988年9月~1989年8月)	E-62
表-5.2.2	自記水位計による観測計画および実施状況	E-63

1 水文調査の目的および構成

(1) 地下水開発計画における水文調査の位置づけ

地下水開発調査は①開発対象地域で地下水開発水量の量的な条件と、②地下水の水質が使用の目的に合うかどうかと言った質的条件を明らかにすることを目的とする。

前者①の量的条件は地下水の給水事業を実施する事業規模のガイドラインと開発可能水量との対比であり、本調査の中では大口径ボーリングによる揚水試験を実施し、より詳細な情報を得て、水収支解析を行い、開発地域の下流側に影響がでないように開発水量を試算することである。

後者②の質的条件は観測井および揚水井での採水試料を分析して判定される。

地下水開発における水文調査は、降雨解析、流出解析に重点を置く表流水開発での水文調査と異なり、図-1.1.1に示すように、主として、地下水開発を実施した場合に所要の地下水が揚水できるかどうかの判断を下すための基礎条件の把握、つまり、水収支を検討するための基本データの収集、分析に重点を置いている。言い換えれば、水文地質調査は地下水開発に対して直接的であるのに対して、水文調査は水資源のポテンシャルを裏付ける間接的な性格を持っている。

(2) 水文調査の内容

水文調査は、地表面に於ける水の動きを捉えることであり、①地下水の涵養源（降水、河川水、かんがい用水）、②地下水流動（地下水位、湧水）および③地下水の利用状況を把握すること等からなる。

(3) 調査の実施方法

水文調査は、①基礎資料の収集、②現地踏査、③水文観測および④水文データの解析からなる。これら4つの調査項目の具体的な内容および手順は図-1.1.2に示すとおりである。

水文資料の収集および水文観測は基本的に中国側が実施するものとし、日本側は計画の立案、調査の指導、資料の分析等を行うこととした。

なお、日本調査団の第2次調査の現地調査期間が大幅に短縮されたので、西山水源地での地下水開発を工程どおり立案するため、水文調査の範囲を当初計画より縮小修正した。現地での作業は、重要度の高い資料から順に収集し、現地調査での確認を行い、

なデータベースを作成し、解析を実施することとした。

(4) 日本側持込み水文観測器材

本調査の水文観測は調査対象地域内での観測点の補充と既存観測資料の検証の目的で日本より次の器材を持ち込んだ。

表-1.1.1 日本側持込み水文観測器材

観測項目	観測器材名および数量
雨量観測	自記雨量計 (1カ月巻) : 3台
地下水位観測	携帯用水位計 (測定深度 100 m 1台 : 200 m 1台) 自記水位計 (フロウト式 3台 : 圧力式 2台)
表流水流量観測	電気式流速計 : 低流速用 1台

(5) 水文観測計画

調査対象地域でのより詳細な水文資料を得るため、現地踏査を行い水文観測計画を立案した。水文観測の実施状況は表-1.1.2に示すとおりである。

表-1.1.2 水文観測計実施状況

観測項目	1988年						1989年									
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雨量観測			-----								設置					
地下水位測定							長期地下水位観測 (観測井) : 3回/月									
斉一地下水位測定																現地調査
自記水位計											設置					
湧水流量測定		-----														
土地利用 利水状況	-----	現地調査														資料収集

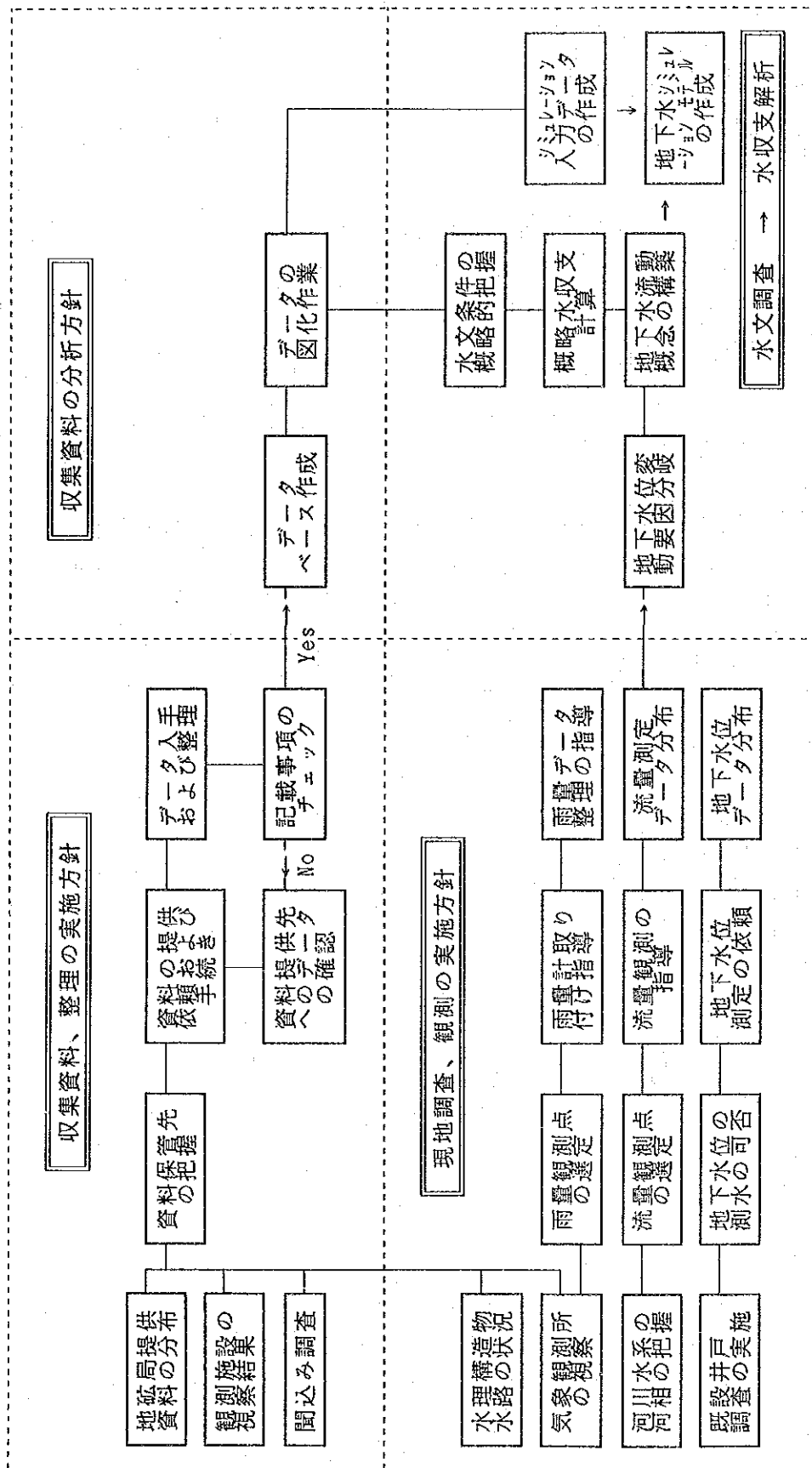


図-1.1.2 水文調査の構成および詳細フロー

2 資料収集および水文観測施設

2.1 資料収集

本調査の中で実施できる水文観測は1水文年余りと限定されているので、既設観測施設での長期間の観測資料をできるだけ収集し、長期的展望に立った地下水の水収支および開発計画を検討するために十分に活用することに努めた。

(1) 資料収集の範囲

表-2.1.1 資料収集の範囲

気象資料	河川関連資料	地下水関連資料	地被条件関連資料
<ul style="list-style-type: none"> - 降水量 - 蒸発量 - 気温、地温 - 相対湿度 - 風向、風速 - 放射量 - その他 	<ul style="list-style-type: none"> - 河川流量 - 河川水位 - ダム貯水位 - 湧水流量 	<ul style="list-style-type: none"> - 地下水位 - 井戸の標高 - 井戸の状況 - 揚水量 - その他 	<ul style="list-style-type: none"> - 土地利用状況 - 利水状況： 農業用水路 かんがい水量

(2) 第1次調査資料収集リスト

第1次調査の資料収集状況は表-2.1.2に示すとおりである。

表-2.1.2 第1次調査資料収集リスト

収集資料名	資料提供者	資料の概要
西山水源地 総括説明書	新疆地質矿产局 第1水文地質大隊 西山工区	水文概要説明 付図1：測定、試験地点図 付図2：水、土地利用図
地下水位 測定データ	同上	観測井：5本 期間：1985年～1987年 種類：旬データ
水収支研究所 水文観測資料	新疆地質矿产局 第1水文地質大隊 水収支研究所	土壌内蒸発量、浸透量試験結果 気象観測資料 期間：1986年～1987年 種類：月データ、日雨量データ
烏魯木齊市 气象台 観測資料	烏魯木齊市气象台	項目：降水量、蒸発量、気温、地温 日照時間、風向風速、相対湿度 期間：1985年～1987年 種類：月データ、日雨量データ
水利庁英雄橋 観測所資料	水利庁	日降水量：1984年～1987年 月流量：1980年～1987年 気象観測資料
農業用水関係 の情報	青年渠管理事務所 知青干渠事務所	烏魯木齊河取水流量（月流量） 農業用水の分水状況

(3) 第2次調査の資料収集状況

資料収集の手続きのため時間の要する水利庁関係の資料収集は下記に示す理由から今回の資料収集の対象から外した。

- ① 水利庁英雄橋と烏魯木齊气象台との降水量について解析は中間報告書の解析結果で地形的要因による降水量の変化特性が明らかになった。また、調査対象地域の気象条件は烏魯木齊市の気象データの方に近いことも判った。

第2年次の調査対象地域内の降雨量は現地に設置した3台の雨量計により詳しく把握することができる。

- ② 調査対象地域の水収支計算に必要な農業用水の取水量については、水利庁英雄橋での流量データを入手できなくても、大西溝下流の知青干渠および青年渠取水堰管理事務所の資料で代替できる。

第2次調査の資料収集は新疆地質矿产局第1水文地質大隊西山工区調査チームが調査対象地域で実施した調査結果と、同チームの協力の下に、烏魯木齊市气象台の気象資料および農業用水関係の情報を対象とした。

収集資料リストは表-2.1.3に示すとおりである。

表-2.1.3 第2次調査資料収集リスト

	収 集 資 料 名	資 料 の 内 容
気 象	烏魯木齊市气象台観測データ	第1年次分の継続資料
	自記雨量計観測データ	現地観測結果：雨量計3台
地 下 水	長期地下水位観測データ	携帯水位計による観測（既設、新設井）
	齊一地下水位観測データ	10月30日実施
	自記水位計観測データ	現地観測結果
流 量	農業用水取水データ	聞き取り調査
	既設井戸揚水データ	聞き取り調査
	湧水流量測定データ	現地測定結果

2. 2 水文観測施設

水文観測点の位置は図-2.1.1に示す。自記雨量計のよる雨量観測および流量・水位観測は調査対象地域内で実施しており、これらの観測点の詳細の位置は図-2.1.2に示す。

2. 2. 1 気象観測

(1) 烏魯木斉市気象台

烏魯木斉市気象台は烏魯木斉市内にあり、ここでの気象観測資料が本調査対象地域の最も基本となるデータである。気象関係の観測機器、観測体制とが整っている。データの取得については予め手続きを取ることが必要である。

(2) 水収支研究所

水収支研究所は調査対象地域東側の地点58の位置であり、この地点は烏拉泊ダムの上流部であり、烏魯木斉河左岸の近くである。ここには気象観測施設の他に、地下水関係の観測施設が整っており、1986年より観測を開始しており、データの精度および信頼度は高い。

特に、次のような調査が実施されている。

- ・地下水面からの蒸発量および地下水面へのかん養量の実測
- ・地下水流向の観測：3本の井戸による方法

(3) 英雄橋観測所

観測所英雄橋は1953年に設置された水利庁の管轄下の気象および流量観測所である。この観測所は烏魯木斉河扇状地の更に上流の山岳地帯の峡谷部に位置している。ここでの観測は大西溝（烏魯木斉河上流部の名称）流域で最も古い。

(4) 躍進橋観測所

躍進橋観測所も水利庁の管轄にある。気象および流量観測所である。この観測所は英雄橋、后峡盆地を更に上流に遡った所である。

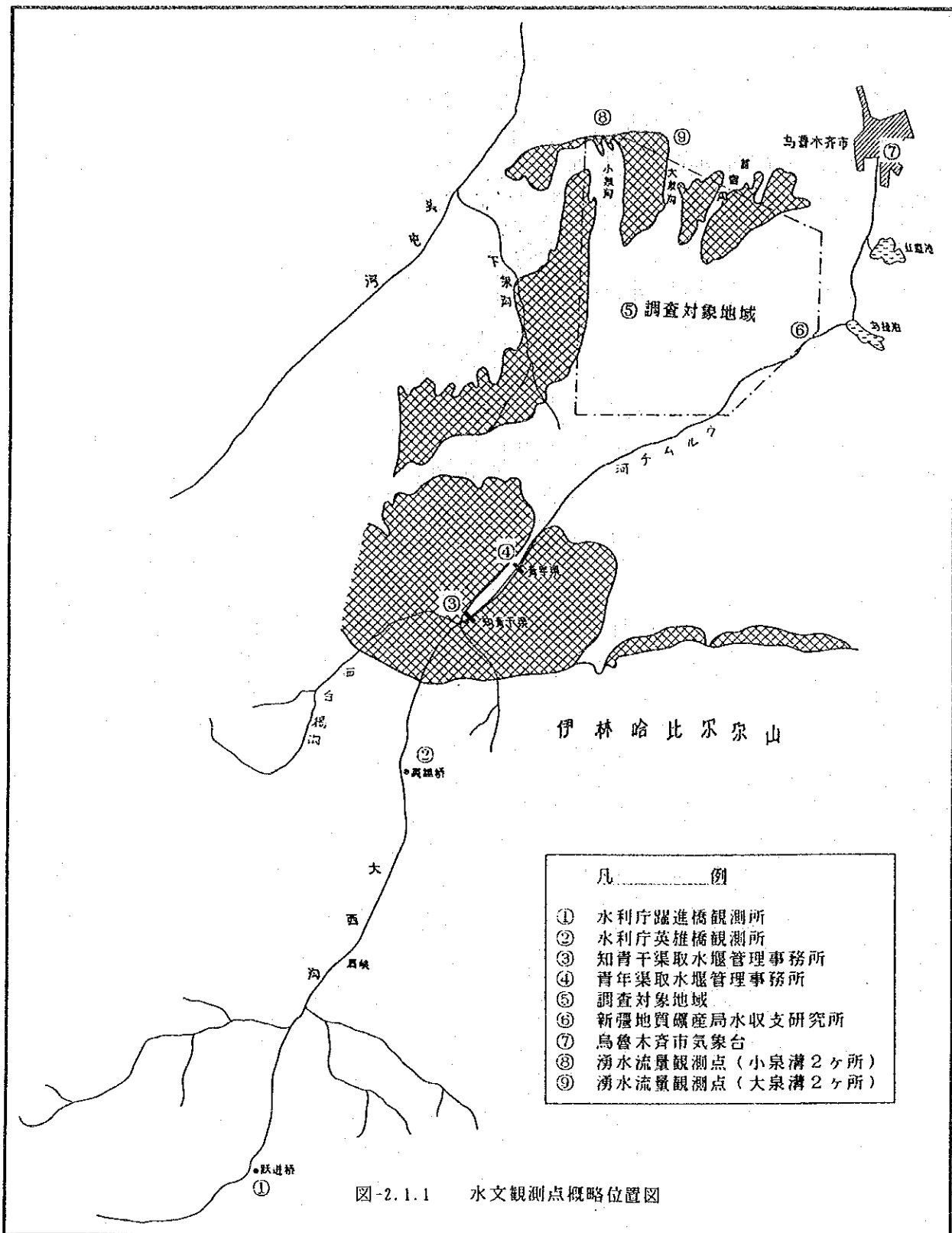


图-2.1.1 水文观测点概略位置图

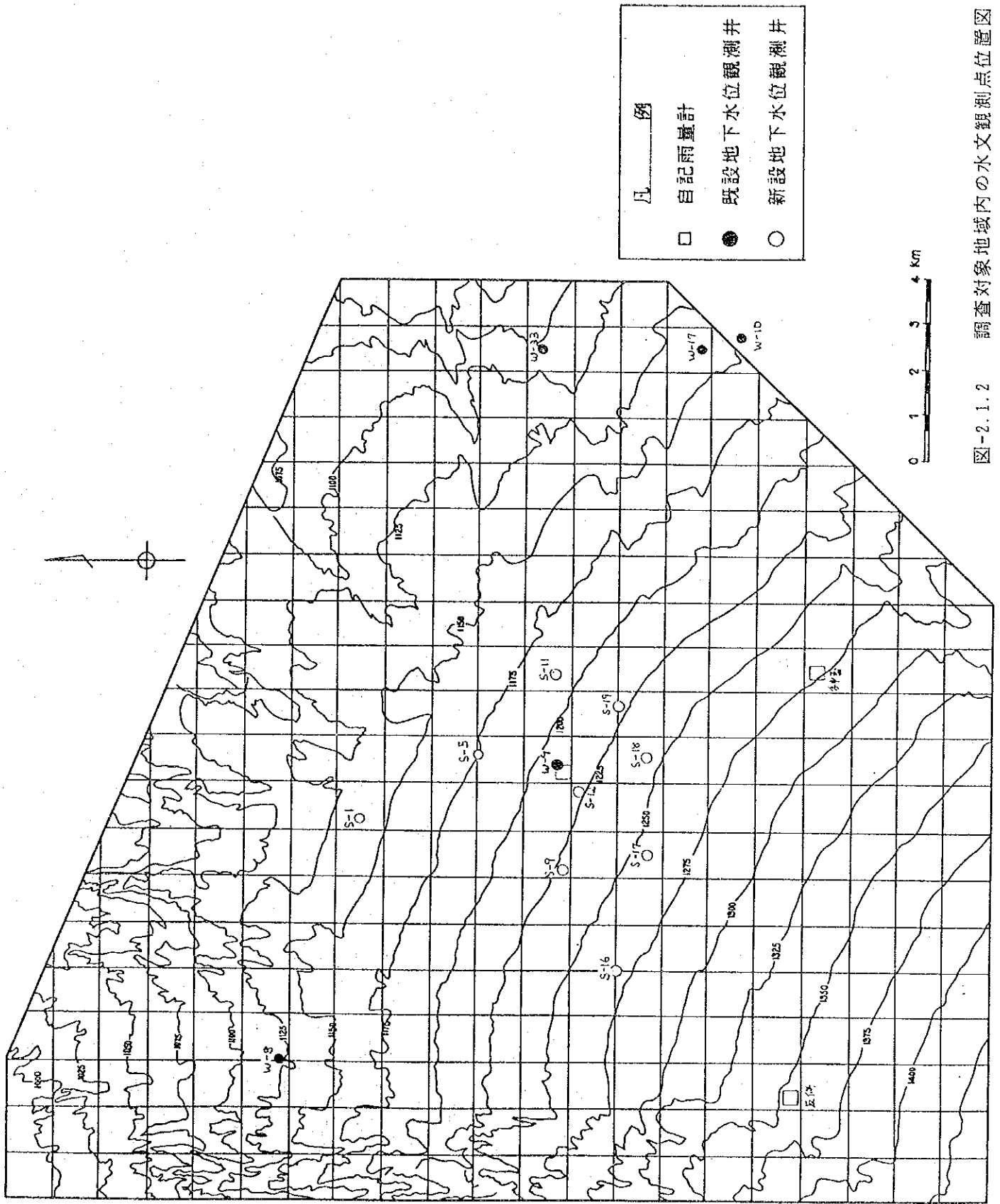


図-2.1.1.2 調査対象地域内の水文観測点位置図

2. 2. 2 流量、水位観測施設および水管理事務所

烏魯木齊河の流量、水位の観測の目的は表-2.2.1に示すように洪水対策と農業用水の取水に区分される。

表-2.2.1 調査対象地域周辺の流量、水位観測施設および水管理事務所

観測所	監督官庁	主な業務
英雄橋観測所	水利庁	洪水対策
知青干渠取水堰管理事務所	烏魯木齊県水電局	農業用水の取水
青年渠取水堰管理事務所	烏魯木齊市水資源委員会	農業用水の取水
分水工管理事務所		農業用水の分水
烏拉泊ダム管理事務所	水利庁	貯水池の管理

(1) 英雄橋観測所

英雄橋観測所は前峽の山間の狭窄部に設けられた水利庁の監督下の観測施設で、烏魯木齊河の洪水対策の目的で、水位、流量観測の他、気象観測も実施している。この観測所より上流の烏魯木齊河（大西溝）の流域面積は924km²であり、烏魯木齊河で最も古い国家1級の流量基準点となっている。主な測定項目は河川の水位、流量および浮遊砂である。

(2) 知青干渠取水堰管理事務所

この管理事務所は烏魯木齊県水電局の管轄下であり、実際の管理はカザフ族の家族が実施しており、青年渠取水堰管理事務所に較べるとスタッフは少ない。この取水堰は中央部に幅5mのテンターゲートが2門あり、このゲートを挟んで右岸、左岸側に幅8m前後の流路となっている。この流路底から取水しており、右岸側は黄草梁子干渠、左岸側は知青干渠となっている。

(3) 青年渠取水堰管理事務所

この管理事務所は烏魯木齊市水資源委員会の下部組織であり、青年渠の取水管理の他に、青年渠の支線である太平渠、幸福渠および団結渠の取水管理も行っている。スタッフは31名である。取水堰には水位標識が取り付けられており、時間流量が測定できる体制にある。その一例を示すと、この取水堰で観測された1988年の最大流量は6月1日

に発生しており、ピーク流量は67 m³/秒、日流量は34 m³/秒であった。

(4) 分水工管理事務所および末端水路の分水状況

幹線水路から支線水路への分水点には水管理事務所が置かれている。青年渠からの支線水路は太平渠、幸福渠および団結渠の3つの系統に分かれる。詳細は後述の§4.3.1を参照されたい。

(5) 烏拉泊ダム管理事務所

烏拉泊ダムは調査対象地域の北東方向に位置し、烏魯木斉市の直上流部に位置する。このダムは1953年の烏魯木斉市での洪水被害を機に、1961年に完成した堤高26mの水利庁管轄下のアースダムである。

3 気象

3.1 調査地域の気象概要

調査対象地域の気象概要は「西山水源地総括説明書」の中に記載されており、現地調査結果を加味して、以下に紹介する。

(1) 気候区分および植生

調査対象地域は天山山脈の山麓部に位置しており、この山脈の森林帯と山脈を取り囲んでいる砂漠地帯とのちょうど境目にあたる。気候区分は温帯大陸性の半乾燥気候に属している。

烏魯木齊川のかんがい水の導水により農地の開発が進められており、幹線道路沿いにはポプラが植えられ、小麦、トウモロコシ、ヒマワリ等の農地が点在している。自然の裸地では乾燥地帯でよく見られる背丈の低い、刺の多い植生が疎らに生えている。

(2) 降水量

調査対象域での年降水量は165～340mmの範囲内にある。標高と降水量の関係では、標高が高くなると降水量が多くなると言える。

調査地域の上流側の山岳部出口に位置する青年渠での降水パターンは4月から8月までの期間に254.4 mm降り、これは全体の75%を占める。烏魯木齊市の場合は4月から6月までの降水量が多くなるが、冬季にも降雪があり、月降水量の格差は青年渠程大きくない。

(3) 気温

月平均気温では、最高は7月の23.9℃であり、最低は1月の-11.5℃であり、平均は7℃前後である。夏季は高温、冬季は寒冷であり、気温の年格差が大きい。また、日平均温度格差は10.7℃もあり、大きい。

(4) 蒸発量

調査対象域での年蒸発量は1907～2227mmの範囲内にある。4月から9月にかけての蒸発量が多く、最高は7月である。

(5) 相対湿度

相対湿度は気温と蒸発量との関係から、夏に低くなり、冬に高くなる。年平均の相対湿度は57.4%であり、最低は8月の35.5%、最高は12月の78.5%である。

3. 2 雨量観測

調査対象地域内での降水量の分布を把握するため、自記雨量計による雨量観測を実施した。

(1) 雨量計設置場所の選定および観測体制

雨量計の設置候補点の選定から観測開始までの手順で次のように行った。

- ① 観測候補点の図上選定（観測点の均等配置）
- ② 現地踏査および観測協力者との面談（設置場所、器材の維持管理）
- ③ 器材取り付け方法の検討
- ④ 取り付け基礎のための材料の準備作業
- ⑤ 雨量計の取り付けおよび計器作動の確認
- ⑥ 雨量観測開始方法の検討

(2) 雨量観測

現地踏査の結果、表-3.2.1に示すように、自記雨量計の設置場所は西山工区現場事務所（位置は長期地下水観測井W-9のある所）、種蓄場第1隊（西山工区現場事務所から南東約4.5 km）および反修大隊4隊（西山工区現場事務所から南西約8.5 km）の3カ所を選定した。

西山工区現場事務所では従来通り地表面にコンクリート基礎を設けて9月5日に雨量計を据え付けた。しかし、野外での観測器材はいたずらされ易いことを配慮して、他の2カ所は9月20日に民家の屋上に設置した。

冬季は凍結のため現地の雨量計は作動しないので、雨量計は1988年11月をもって取り外し、1989年の観測は4月から再開し、10月末をもって終了した。

表-3.2.1 雨量計設置場所および観測期間

雨量計設置地点	位置	設置場所	雨量計設置日
西山工区現場事務所	観測井W-9のある所	地表面	1988年9月5日
反修大隊4隊	西山工区現場事務所から南西約8.5 km	民家の屋上	1988年9月20日
種蓄場第1隊	西山工区現場事務所から南東約4.5 km	民家の屋上	1988年9月20日

(3) 自記雨量計観測結果

自記雨量計の観測記録は資料集に取りまとめた。

これら3ヶ所での月雨量は表-3.2.2に示すとおりである。

表-3.2.2 調査対象地域での月雨量観測結果

	観測点	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
1	西山工区現場事務所	6.5	0.5	49.0	13.0	17.5	37.0	10.5
2	反修大隊4隊	15.5	0.5	77.5	28.0	21.5	42.5	19.0
3	種蓄場第1隊	14.5	0.0	53.5	16.5	17.5	37.0	18.0
4	烏魯木齊气象台	26.5	0.0	56.8	10.7	25.0	61.9	—

また、自記雨量計で計測された1989年4月から9月までの日雨量について観測点間の相関係数を求めた。なお、10月の雨量は積雪であるため計算より除外した。

計算結果は表-3.2.3および図-3.2.1に示すとおりで、調査対象地域内での日雨量の相関は高いけれども、烏魯木齊气象台との相関は低いことが判った。

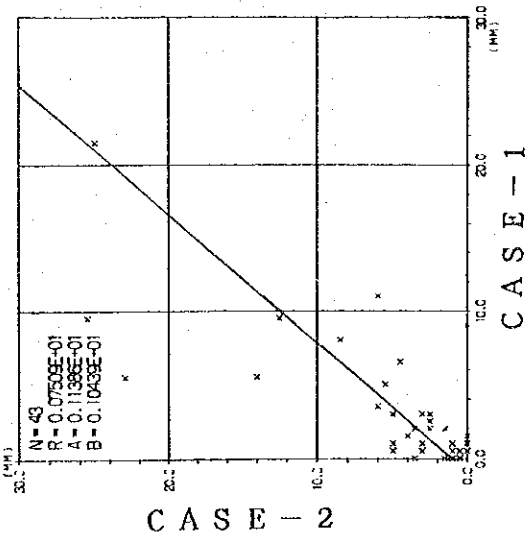
表-3.2.3 調査対象地域での日雨量の相関係数

	観測点	西山工区	反修大隊	種蓄場	烏魯木齊
1	西山工区現場事務所	—			
2	反修大隊4隊	0.75	—		
3	種蓄場第1隊	0.95	0.83	—	
4	烏魯木齊气象台	0.59	0.25	0.52	—

(4) 積雪測定

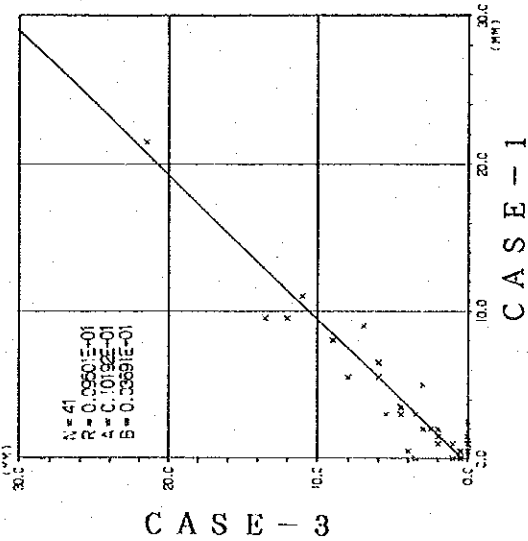
当初計画では積雪による地下水への涵養を検討するため、多量の積雪のあったときには、降雪深を測定する予定であったが、現地の気象条件は風が強く、このため、雪が飛ばされたり、吹き溜りになったりすることと、現地への車両の搬入が容易でないため中国側の判断により降雪量の測定は取り止めることとなった。

CASE 1-2



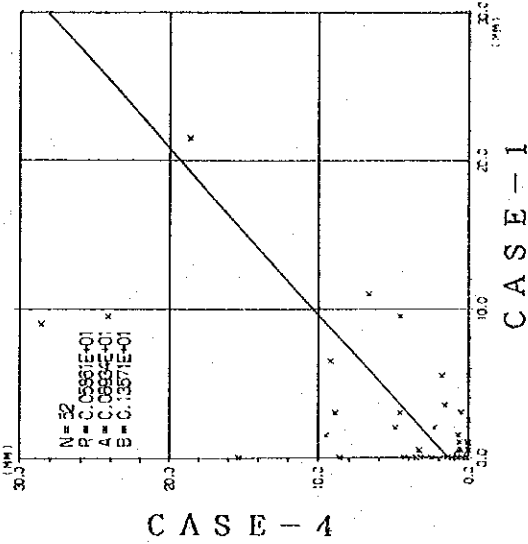
CASE-2

CASE 1-3



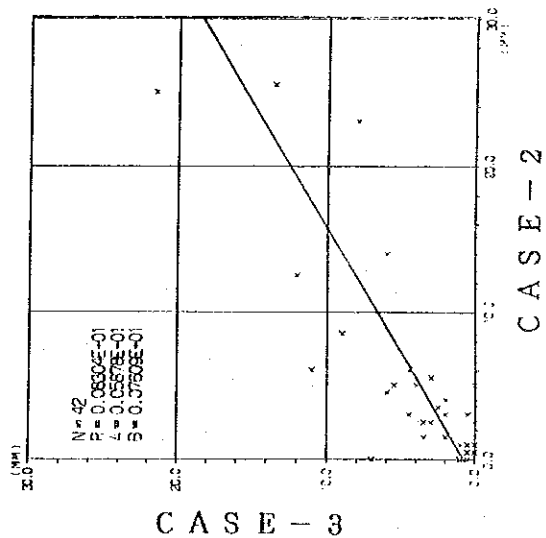
CASE-3

CASE 1-4



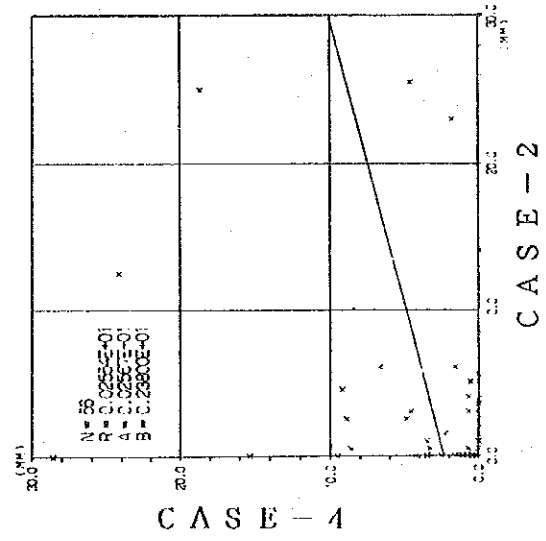
CASE-4

CASE 2-3



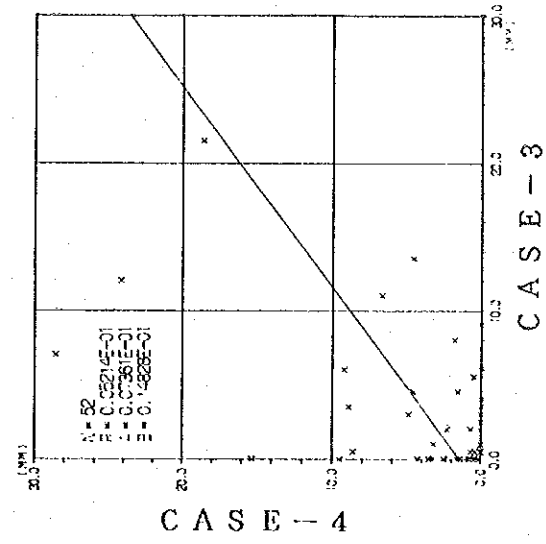
CASE-3

CASE 2-4



CASE-4

CASE 3-4



CASE-4

CASE-2

CASE-2

CASE-3

図-3.2.1 調査対象地域内での日降雨量の相関係数

3. 3 気象データ解析

3. 3. 1 烏魯木斉市気象台観測データ

(1) 気象データ分析の目的および方法

調査対象地域内の長期地下水位観測は現在まで月3回の観測頻度で測定されている。これらの観測井での地下水位の変動特性を調べるために、この期間に対応する気象データの分析を、第1年次と同様に、烏魯木斉市気象台の気象データ（降水量、蒸発量、気温、地温、日照時間、風速、相対湿度）を収集し、分析した。

なお、降水量については日データで、その他の資料は月データである。データの収集対象期間は地下水位観測期間と対比できるように1985年1月から1989年9月までである。

(2) 気象データ分析結果

気象データの分析結果は図-3.3.1(1)および(2)に示すとおりである。調査対象地域での気象条件の特徴は次のとおりである。

① 一般的な特徴

烏魯木斉の気象条件は端的に言うとも四季変化の内、春と秋が短く、夏の高温乾燥と冬の極寒とで特徴づけられる。つまり、夏季の6月から9月は気温が上昇し、日照時間も長く、風も強いために、月蒸発可能量は200mm～450mmと大きい。降水量は年毎に変動するが、蒸発量に較べると遙かに少なく、相対湿度は低い。冬季の11月から翌年の3月までは月平均気温がマイナスとなり、1月、2月には-15℃より下がることもある。降水量は夏季よりも少ないが、蒸発量は小さく、相対湿度は高くなる。

これらの気象因子の中では、降水量の変動が不規則であるのに対して、その他の気象要素は季節性が強く、年により若干の変化はあるものの降水量のような変動はしない。

② 降水量の特徴

1985年から1988年までの年降水量は1985年が264.8 mm、1986年が253.1 mmで、1987年が363.5 mmで、1988年が373.5 mmとなっている。1989年は9月末現在211.9 mmである。1987年および1988年の降水量が他の年に比べて100mm程度多い。

年間の降水パターンは、一般的に、4～6月と9～10月との2山構造のパターン

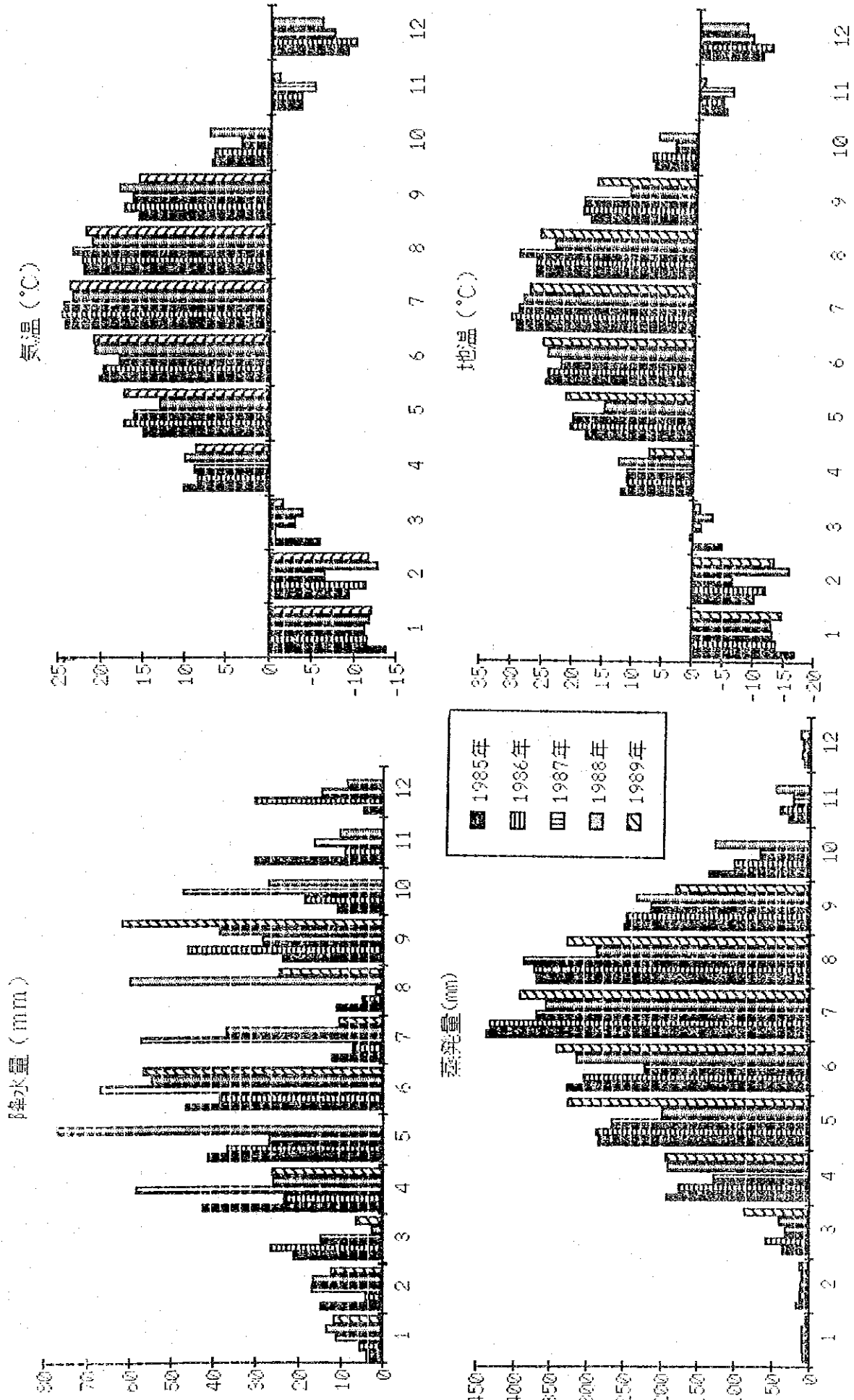


图-3.3.1(1) 气象条件变动特性：鸟鲁木齐气象台

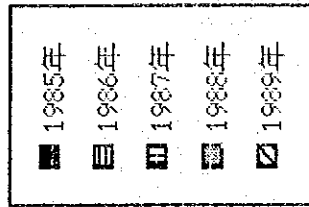
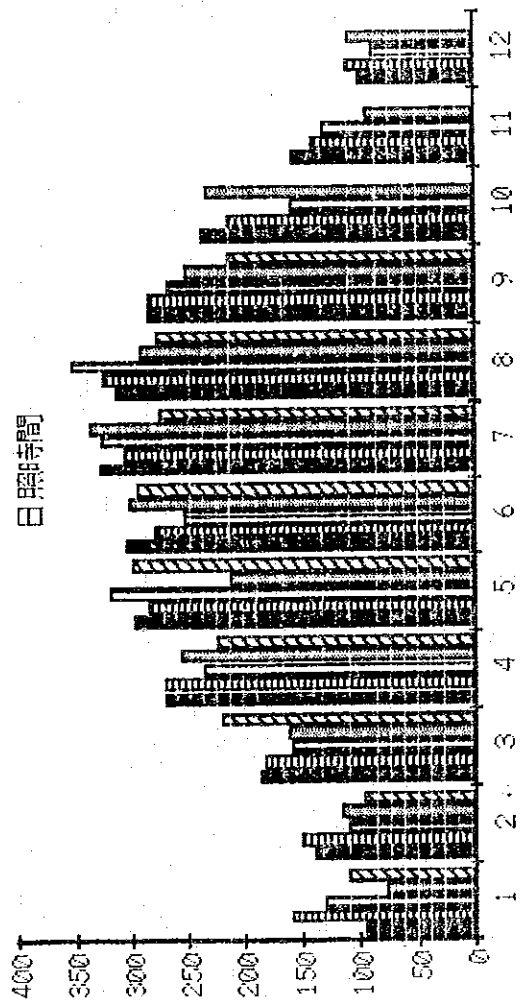
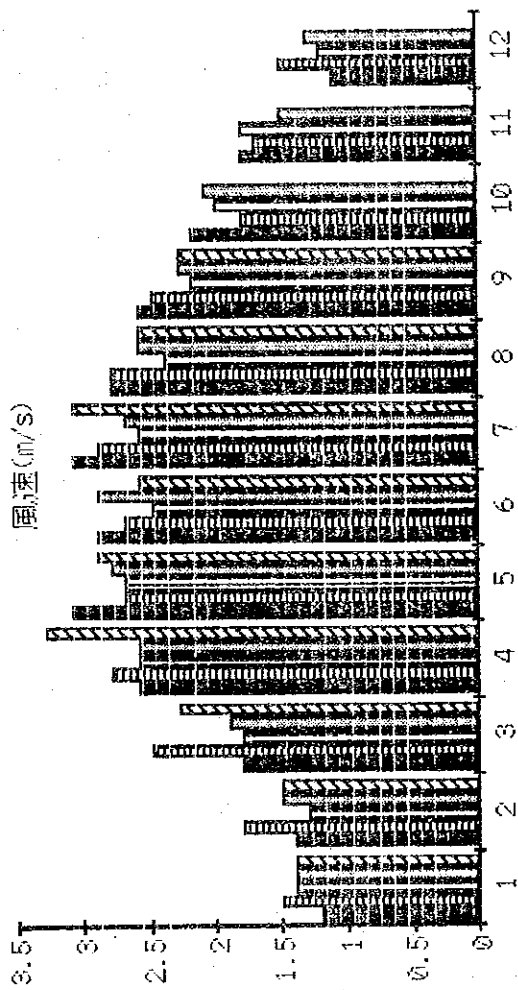
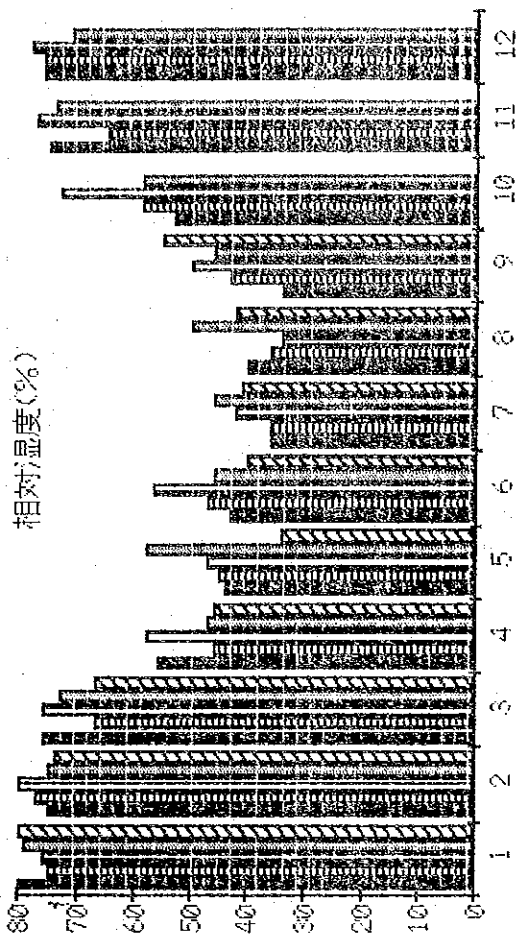


图-3.3.1(2) 气象条件变动特性：烏魯木齊气象台

で特色づけられる。月降水量の点では、4月から10月の期間の方が11月から3月の期間よりも多い。

各年の月降水量の特徴は下記のとおりである。

- 1985年は4月から6月にかけて40 mm～50 mm程度の降水があり、7、8月は少ないが9、11月に多くなっている。
- 1986年は4月から6月の降水量はさほど多くないが、取分け、9月に45.8mmと、12月に30.4mmが例年以上に降っている。
- 1987年は4月に58.7mm、6月に67.0mm、7月に57.6mmの降水があり、8月は極端に少なくなる。また、降雪期の10月に47.2mmを記録している。
- 1988年は5～9月の時期に降水が集中し、中でも5月の77.1mm、8月の60.2mmは例年よりもかなり多い。
- 1989年は5月が無降雨であり、6月に56.8mm、9月に61.9mmが降っている。

③ 降水量と蒸発量の関係

蒸発量は気温、相対湿度、地表の水分分布をかき乱す風の要素が強く作用するものであるが、烏魯木齊での気象の特性は降雨があるときは気温がきわめて低くなる。このため、降雨量の多い月は、気温は低く、日照時間は短く、相対湿度は高くなり、その結果、蒸発量は小さくなる傾向が認められる。

④ 地下水涵養量に対するコメント

夏季の降水量は蒸発量に較べると遙かに少ないけれども、調査対象地域および上流側では農業用水が年間8千万 m^3 程度使用されており、降水量の多い月には農地からの地下への浸透量がかなり多くなることが予測され、降水量の多い月は地下水位変動の面で水位上昇のインパクトを与えていると判断される。

なお、地下水位への直接的な影響を考える場合には、地表面から地下水面までの深さ、地下への浸透形態等が関与するので、影響が現れるまでの時間的な遅れを考慮しなければならない。

冬季の降雪に関しては、地下1.7～2.0 m程度まで凍結するため、地下水の大きな涵養源にはならないと考えられ、このことは中間報告書の示した水収支研究所の地下水涵養量の実測試験結果と矛盾しない。

3. 3. 2 降雨量解析

調査対象域での年降水量は165～340mmの範囲内にあることは気象概要で述べたとおりであるが、調査対象地域の降水量をより詳しく把握するために、烏魯木齊河の上、下流関係にある烏魯木齊市気象台（下流）と水利庁英雄橋（上流）の1984年から1987年までの日降水量データを基に、日降水量と月降水量の相関関係について検討した。

(1) 日降水量データ解析

日降水量データの相関係数計算はデータ全体と各月毎について検討した。計算結果は図-3.3.2および図-3.3.3に示すとおりであり、計算結果より次のことが明かとなった。

- データ全体での相関係数は0.28であり、日データでの相関は乏しい。
- 月毎のデータ列では、相関係数は6月の0.50と12月の0.75以外は相関は殆どない。

(2) 月降水量データ解析

月降水量データの相関係数計算結果は図-3.3.4に示すとおりであり、月降水量データでの相関係数は0.79である。このことは降水料の多い月は一般に上、下流とも降水量が多くなり、それとは反対に、降水量の少ない月は上、下流とも少なくなることを示している。

(3) 調査対象地域の降雨特性

1985年から1987年での烏魯木齊市気象台、水収支研究所（調査対象地域東端）および水利庁英雄橋での月降水量の対比を行った。図-3.3.5に示すように3観測地点での降水パターンは次のとおりである。

- 英雄橋での降水パターンは4月から7月に集中している。また、降水量も烏魯木齊市や扇状地に比べて多い。また、1986年9月には3観測所で同じような降り方をしている。
- 烏魯木齊市での特徴は夏季の降雨の他に毎年9月から10月にかけて降雪がある。
- 調査対象地域は水収支研究所に近く、ここでの降水パターンの特徴は烏魯木齊市の降水パターンとよく似ている。

年間降水量散布図

観測年度：1984年～1987年

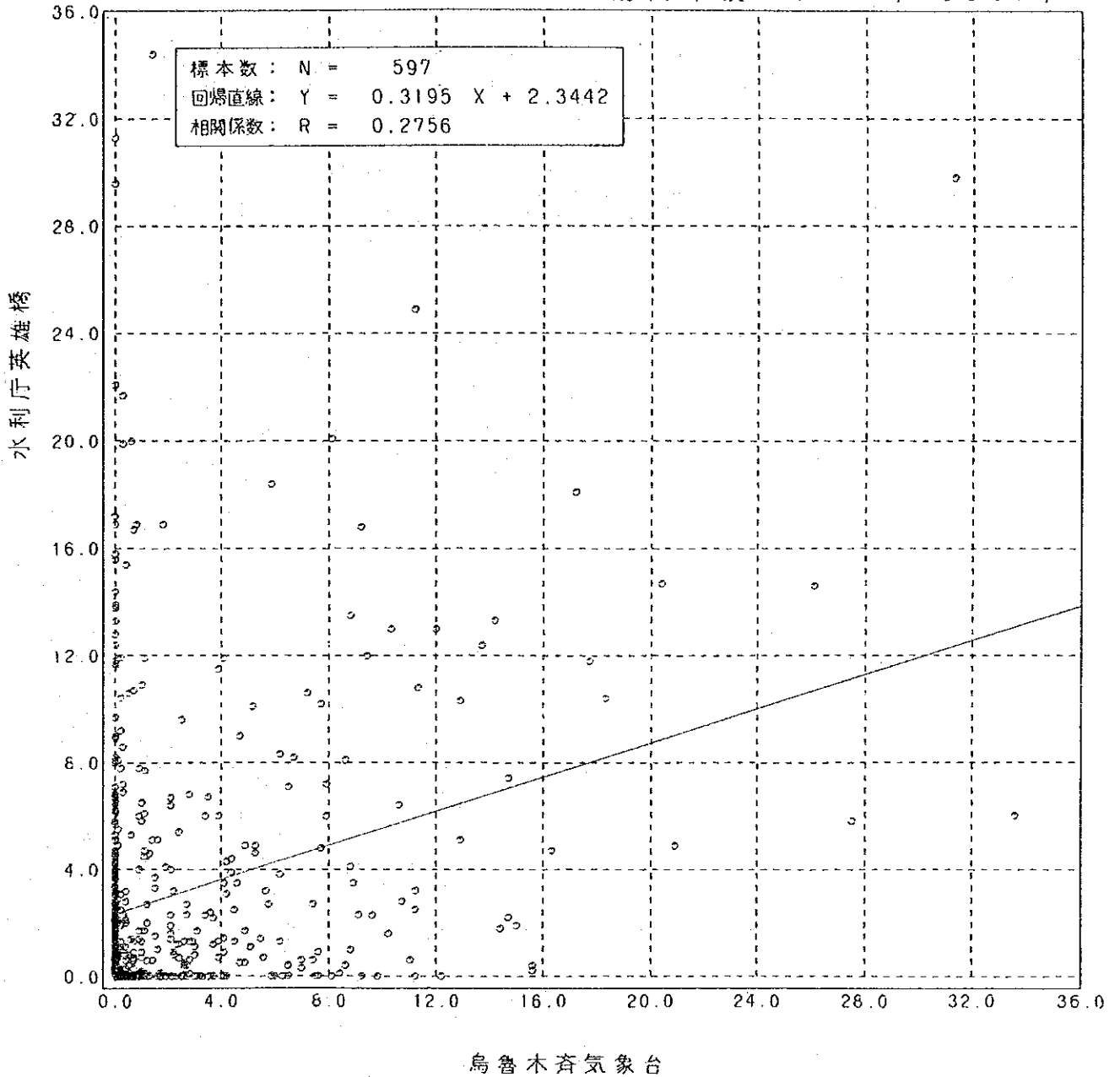


図-3.3.2 日降水量相関関係（全体）

月別降水量散布図 (観測年度: 1984年~1987年)

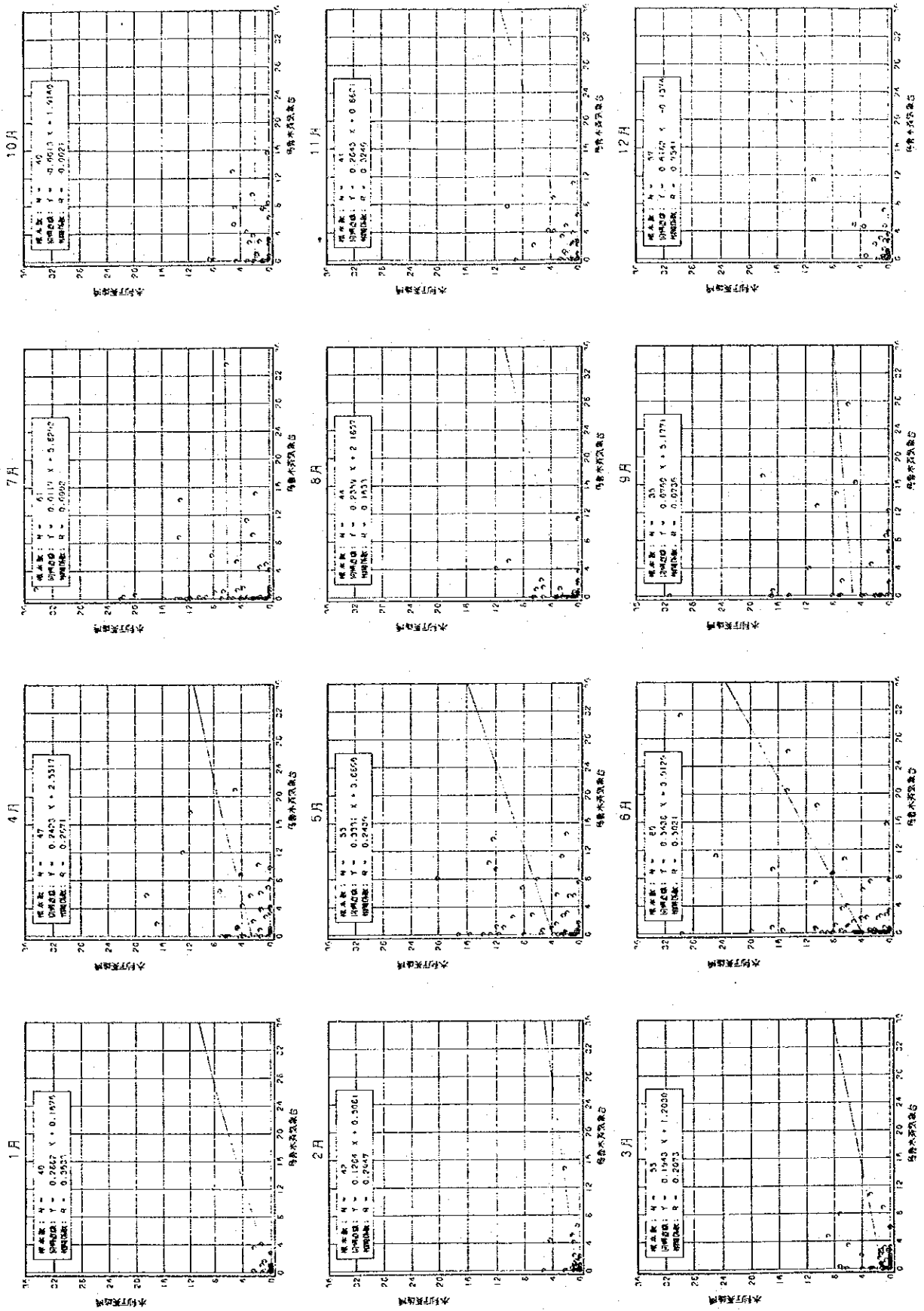
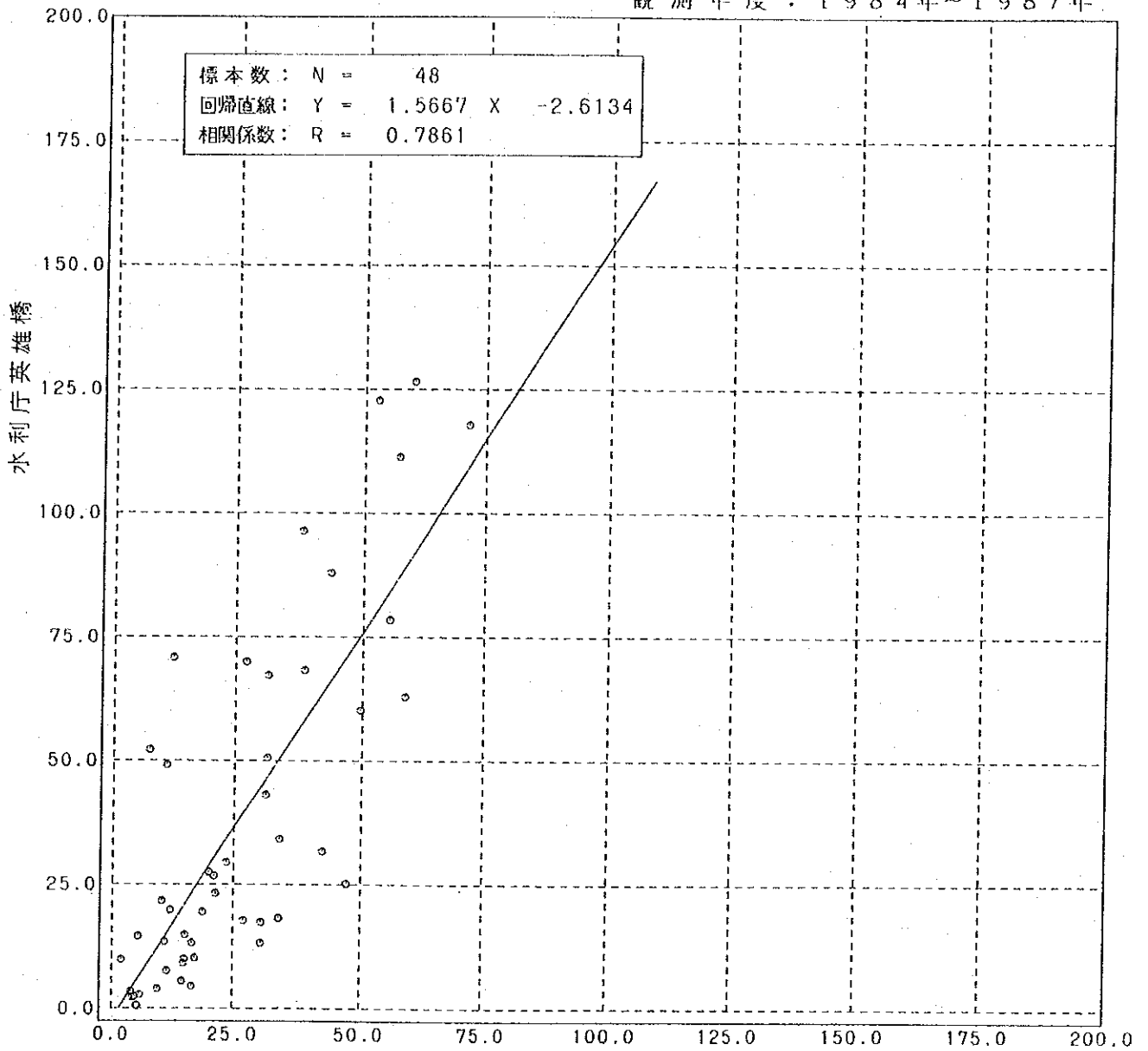


図-3.3.3 月別の日降水量相関関係

月合計降水量散布図

観測年度：1984年～1987年



烏魯木齊气象台

図-3.3.4 月降水量相関関係

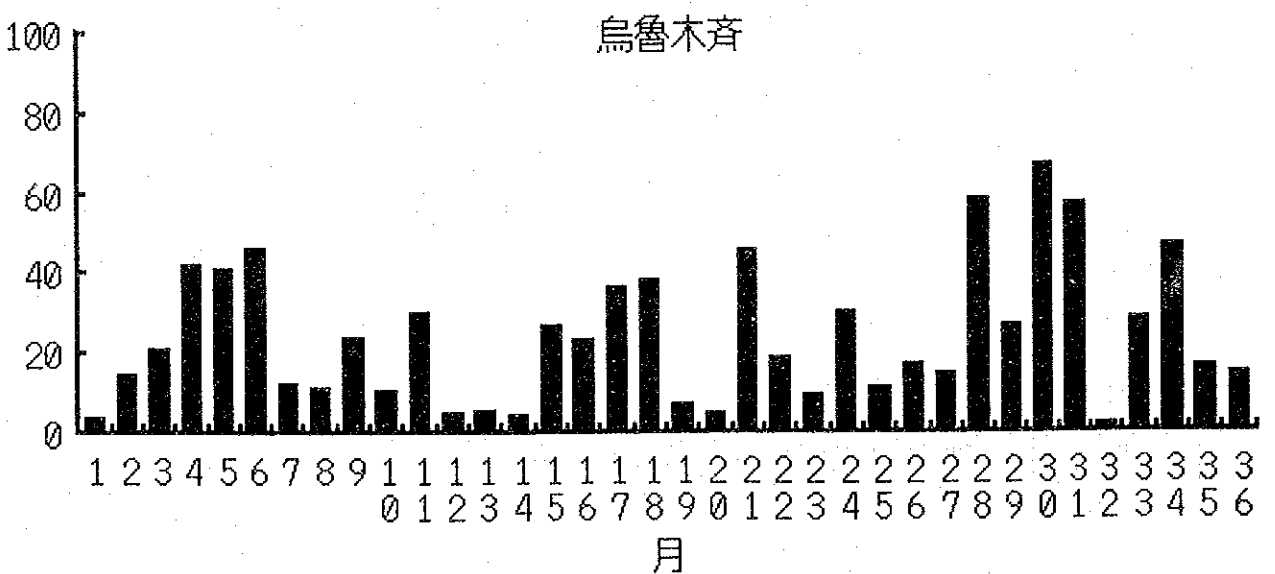
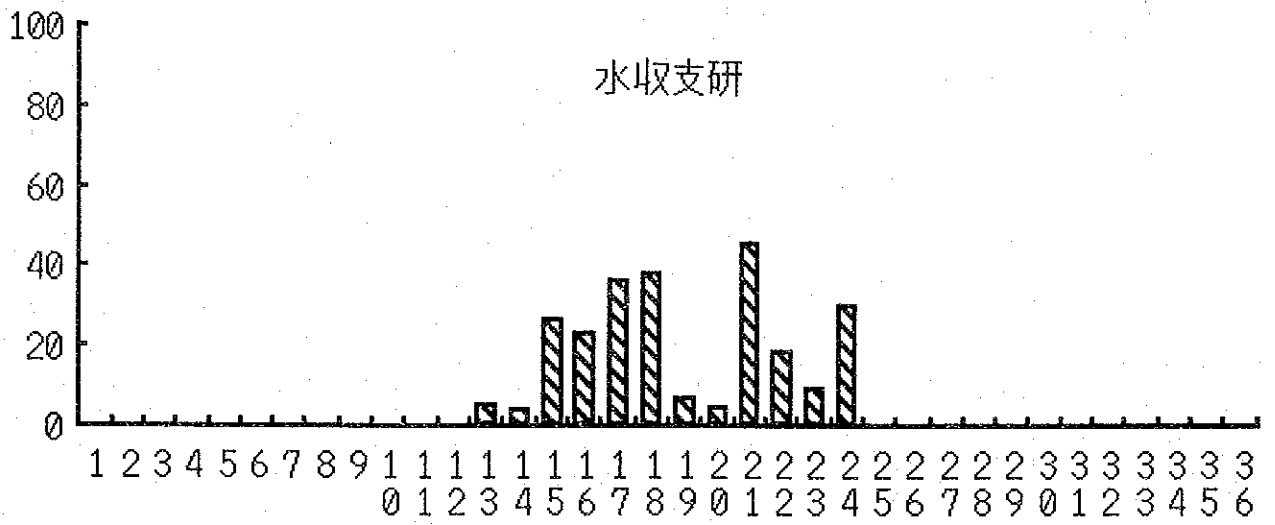
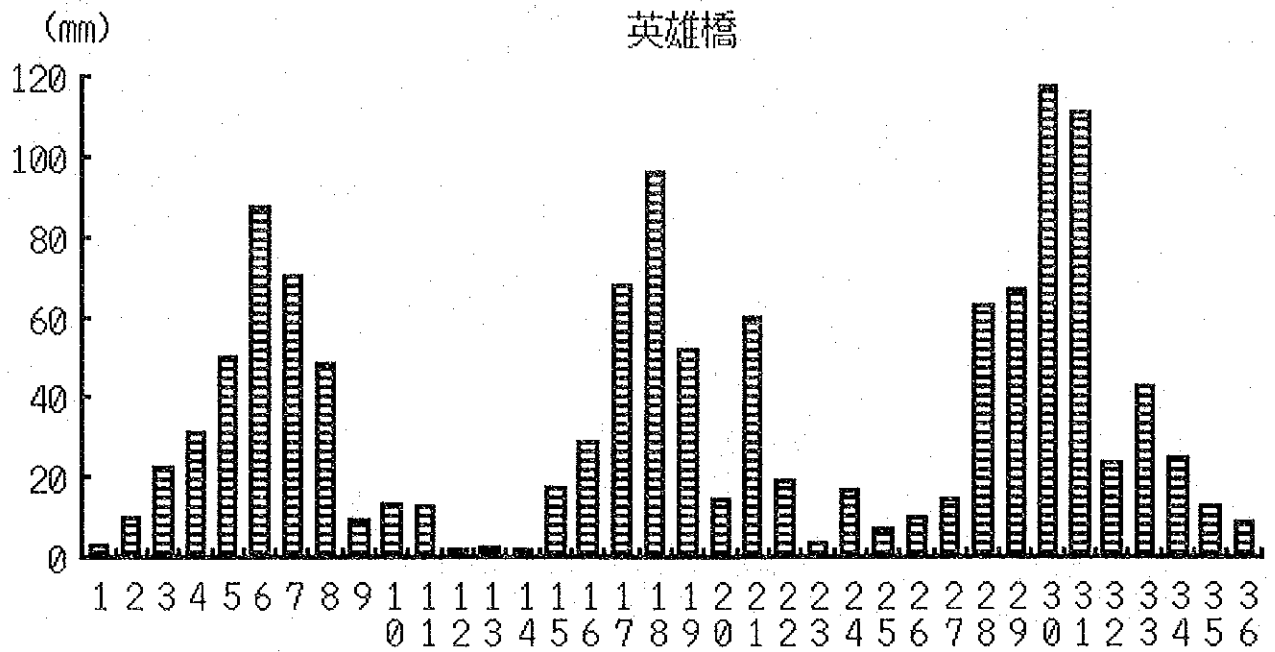


図-3.3.5 月降水パターンの比較

3. 3. 3 蒸発量解析

蒸発散現象には、広域の地表面から大気中へ失われる水蒸気の輸送過程であり、その中には自由水面からの蒸発、土壌面からの蒸発、植物の葉などに遮断された水の蒸発、植物による蒸散の4過程が含まれる。この蒸発散量は水収支計算で重要な要素であるが、その評価を直接的に行うことは難しい。

ここでは、蒸発散量推定の指標となる蒸発計蒸発量、ソンスウェイト法での推定蒸発量および土壌水分移動について取りまとめた。

(1) 蒸発計蒸発量

1985年から1987年までの英雄橋と烏魯木斉市との月蒸発計蒸発量を図-3.3.6に示す。英雄橋での蒸発量は山岳部であり、気温も低いことから、烏魯木斉市よりもはるかに蒸発量が少ない。これに対して、烏魯木斉市の場合は夏季の蒸発量が著しい。

調査対象地域の蒸発量は標高的に見て、烏魯木斉市での蒸発量に近いものと考えられる。

英雄橋および烏魯木斉市の各々の観測所での月蒸発計蒸発量と月降水量の関係を、図-3.3.7(1)および(2)に示す。1985年から1987年まで観測期間では、英雄橋での蒸発量と月降水量の格差は半分以上あり、蒸発量が降水量より少ないことはない。一方、烏魯木斉市の場合は、この格差が更に広がるが、冬季期間中の蒸発量と降水量はかなり接近したものとなっている。また、雨が多く降れば、日照時間も少なくなり、蒸発量も少なくなる傾向が認められる。

(2) ソンスウェイト(Thornthwaite)法による蒸発散量の推定

ソンスウェイト法による蒸発散量の推定は、丈の低い緑草で密に覆われた地表面から、水不足の起こらないように給水した場合に失われる蒸発散量を可能蒸発散量と定義し、それを気温だけの関数として次式のように表したものである。

$$E_t = 1.6 \left(\frac{10 T^a}{I} \right) \quad (3.3.1)$$

ここで、 E_t ：可能蒸発散量 (cm/month)、 T ：月平均気温 (°C) I ：熱示数である。

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i - 1.514}{5} \right)$$

$$a = (492,390 + 17,920 I - 77.1 I^2 + 0.675 I^3) \times 10^{-6}$$

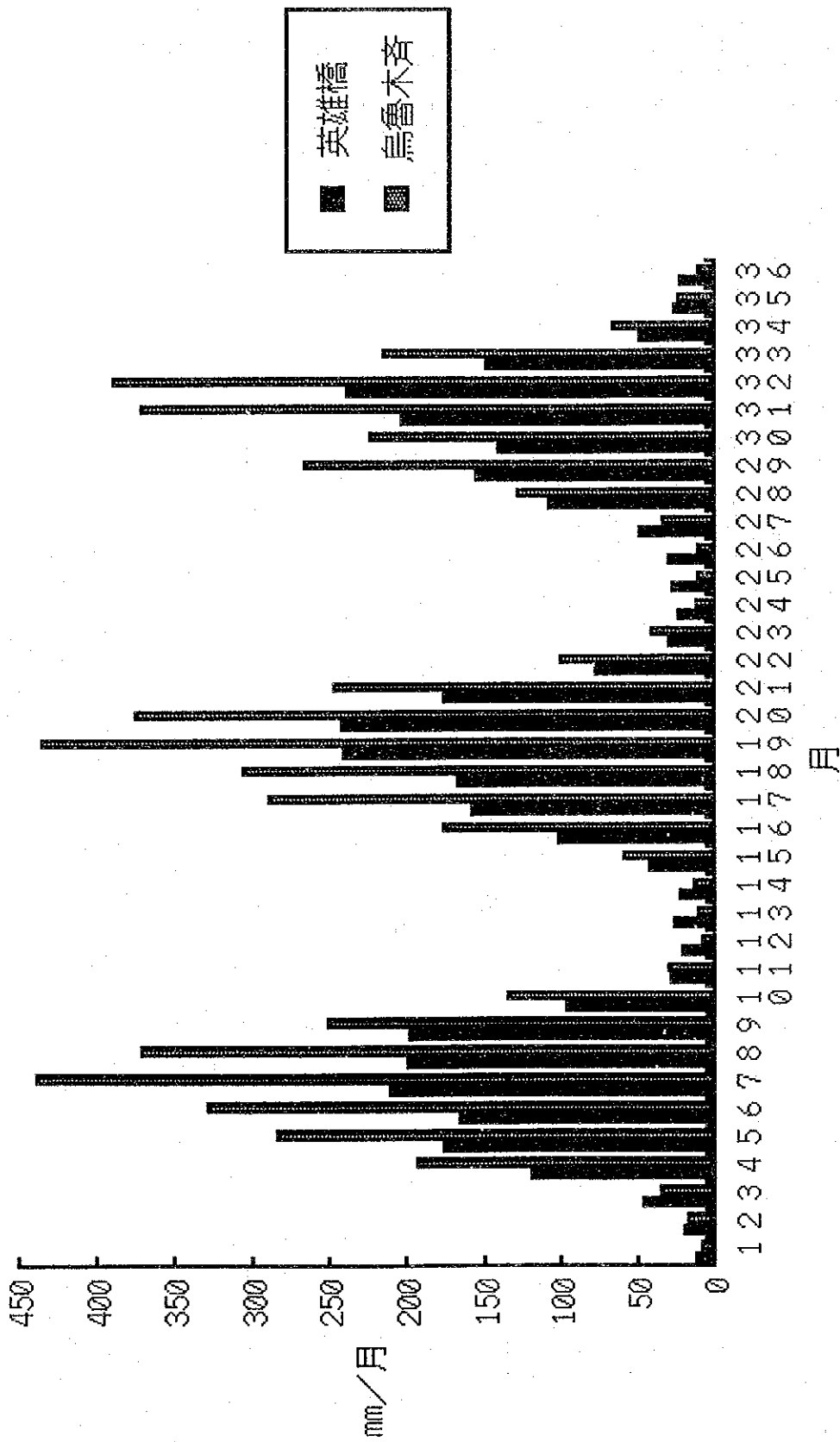


図-3.3.6 標高差による蒸発量の対比

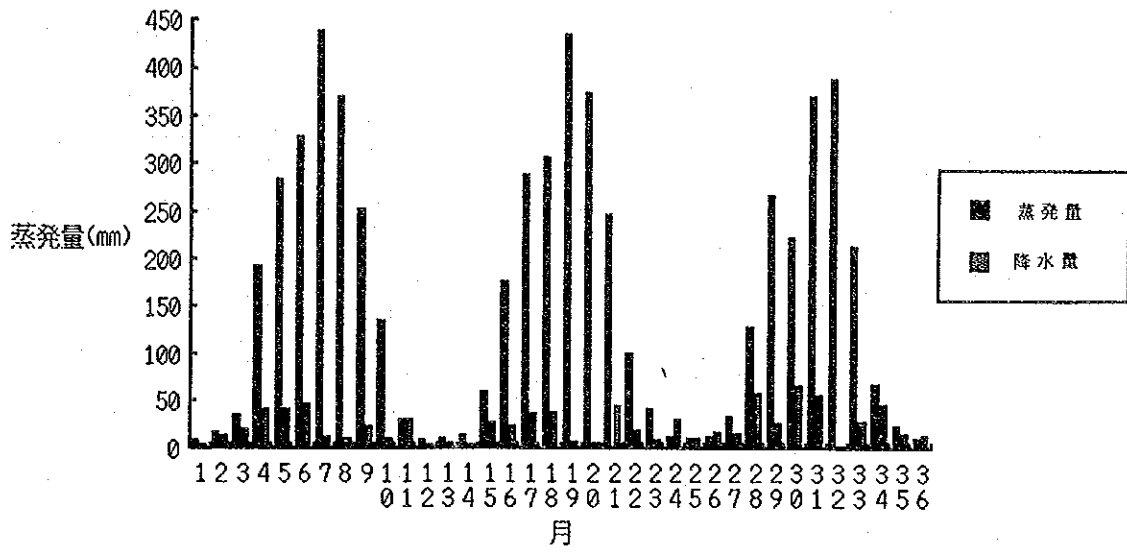


図-3.3.7(1) 月蒸発量計蒸発量と月降水量との関係：烏魯木齊

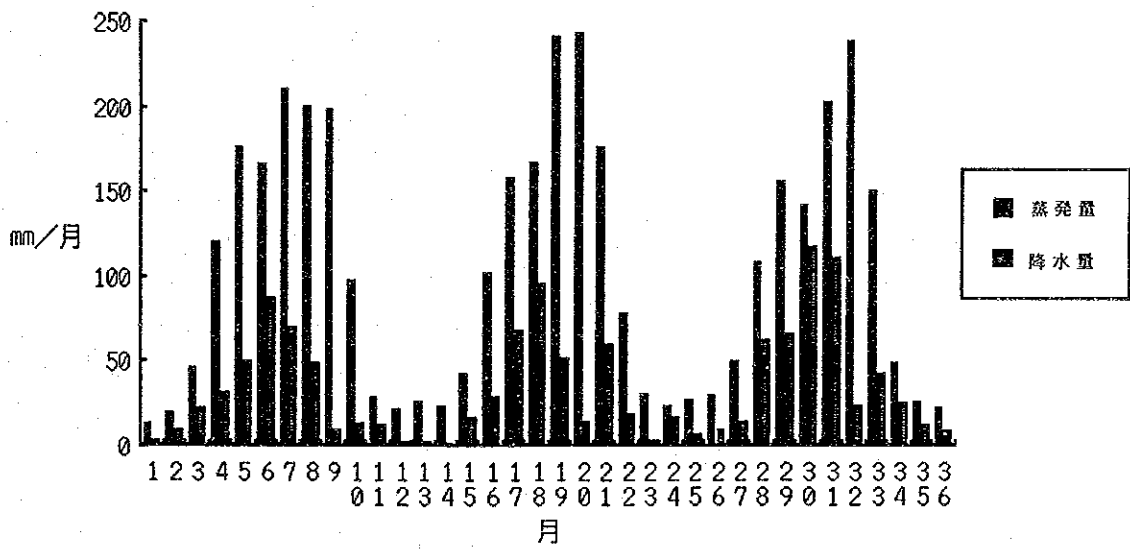


図-3.3.7(2) 月蒸発量計蒸発量と月降水量との関係：英雄橋

式(3.3.1)の関係は気温0~26.5℃の範囲について有効とされている。

この方法により調査対象地域について求めた蒸発量の推定値を表-3.3.1に示す。

ソンスウェイト法による推定値は蒸発計蒸発量に比べるとかなり小さな値となることから、風速、相対湿度、日照時間等の因子が気温の他にも大きく関連してくることが明らかとなった。

表-3.3.1 ソンスウェイト法による蒸発散量の推定

単位：cm/月

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
水 収 支 研 究 所	86	I=44.327 a=1.194											
	T	-8.7	-10.1	-1.6	7.8	17.1	19.4	24.4	21.9	17.0	6.2	-3.4	-8.5
	ET	0.0	0.0	0.0	3.1	8.0	9.3	12.3	10.8	8.0	2.4	0.0	0.0
	87	I=42.372 a=1.165											
	T	-9.1	-5.6	-2.8	8.3	15.7	17.3	24.4	23.3	16.9	2.7	-5.1	-6.1
	ET	0.0	0.0	0.0	3.5	7.4	8.2	12.3	11.7	8.0	1.0	0.0	0.0
鳥 魯 木 育 気 象 台	85	I=44.636 a=1.199											
	T	-14.1	-9.6	-6.1	10.3	15.2	20.3	24.4	22.3	15.7	6.9	-3.8	-9.2
	ET	0.0	0.0	0.0	4.4	7.0	9.9	12.3	11.0	7.2	2.7	0.0	0.0
	86	I=46.324 a=1.224											
	T	-11.7	-11.6	-0.9	8.5	17.5	20.0	24.9	22.4	17.5	6.7	-3.8	-10.2
	ET	0.0	0.0	0.0	3.7	8.1	9.6	12.5	11.0	8.1	2.5	0.0	0.0
87	I=43.566 a=1.183												
T	-11.4	-6.7	-3.2	9.0	16.3	18.0	24.5	23.6	16.4	3.5	-5.4	-7.7	
ET	0.0	0.0	0.0	3.8	7.6	8.6	12.3	11.8	7.7	1.2	0.0	0.0	

注：0℃以下の月ではEt=0と仮定する。

(3) 土壤水分移動

水収支研究所では1986年から①降水から土壤への地下水涵養量と、②地下水面からの蒸発量に関する野外試験を行っている。

この野外試験は地中に埋設された半径50cmの土壤カラムを用いて、涵養量と蒸発量を直接計測する方法で、実測の深度は地表面から0.5m、1.0m、2.0m、4.0m、6.0mの5深度であり、土壤カラムの土性は粘土と砂礫の2種類である。

① 降水から土壤への地下水涵養量

図-3.3.8(1)および図-3.3.8(2)に示すように、粘土カラムおよび砂礫カラムでの降水からの地下水涵養量の試験結果は次のとおりである。

- 粘土での地下水涵養量は1986年と1987年とも深度2.0mでの4月の涵養量が3.0mmと多い。また、10月12月にも降雪による涵養がある。これ以外の期間の涵養量は微量である。

- 砂礫カラムの場合は、深度が浅い方から深い方への時間的遅れの傾向が認められる。涵養量は0~0.5mm程度の範囲に含まれるものがほとんどである。

② 地下水面からの蒸発量

粘土カラムおよび砂礫カラムでの地下水蒸発量は各々図-3.3.9(1)および図-3.3.9(2)に示すように次のとおりである。

- 粘土での地下水蒸発は1986年と1987年で蒸発の多い深度が異なるが、蒸発計蒸発量との関連で見ると1987年の方が妥当な結果となっている。深度0.5mでの蒸発量は4月から10月の時期に1.0~2.0mm/月程度の蒸発がある。

- 砂礫カラムの場合も、深度が浅いほど蒸発量が多く、深度0.5mでの蒸発量は4月から10月の時期に1.0~2.5mm/月程度の蒸発があり、粘土カラムよりも大きい傾向にある。

③ 野外試験からみた地下水かん養量についての所見

地下水涵養量よりも地下水面からの蒸発量の方が年間を通じて大きく、降水による地下水への涵養は少ないものと判断される。また、降水による地下水への涵養があるとすれば、表流水が集まってくるような地形的な凹地でないと地下への涵養は

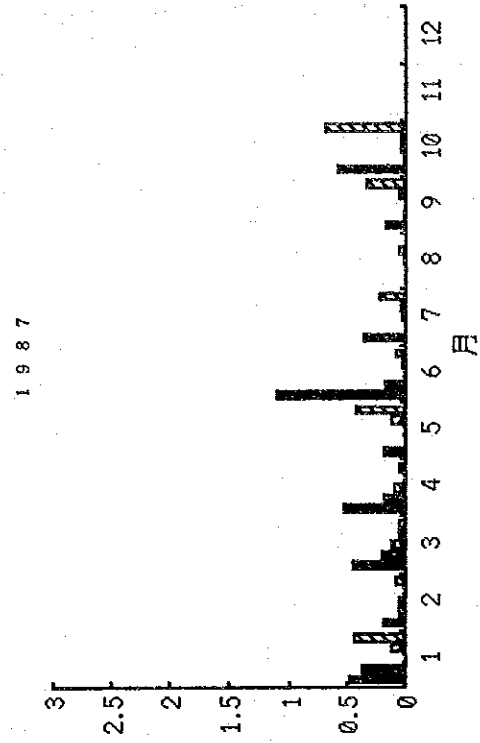
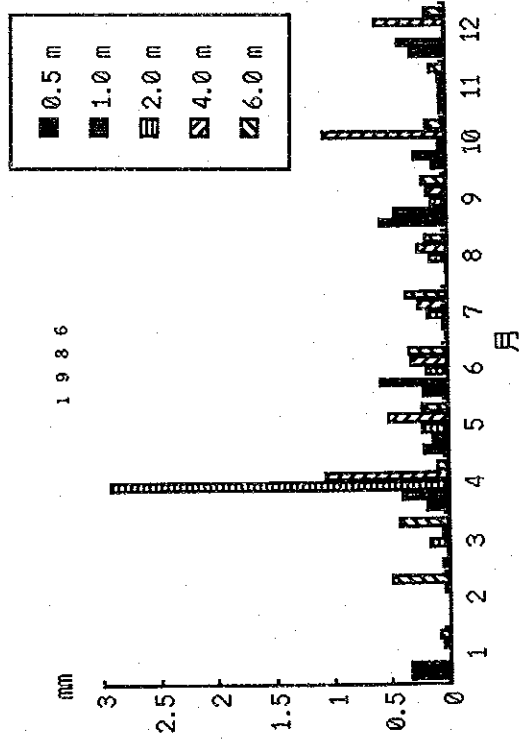
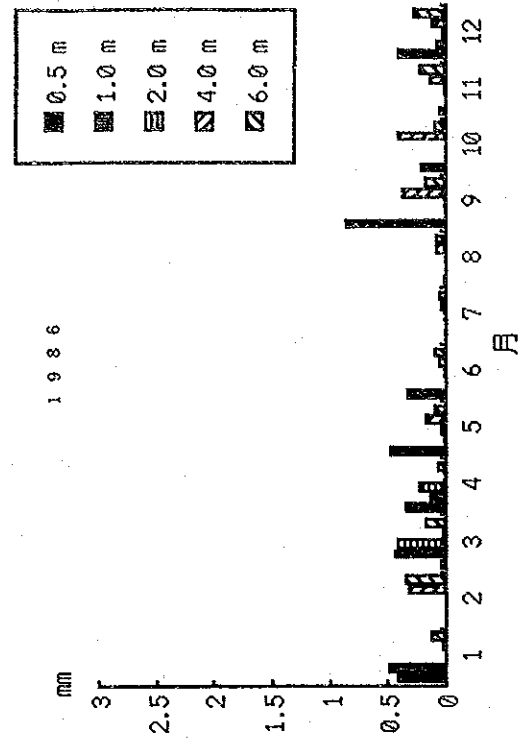


図-3.3.8(2) 砂礫カラムからの地下水蒸発量

図-3.3.8(1) 粘土カラムからの地下水蒸発量

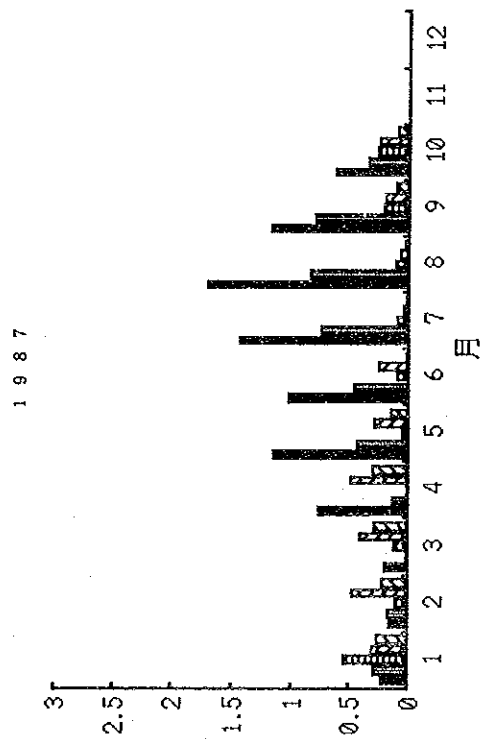
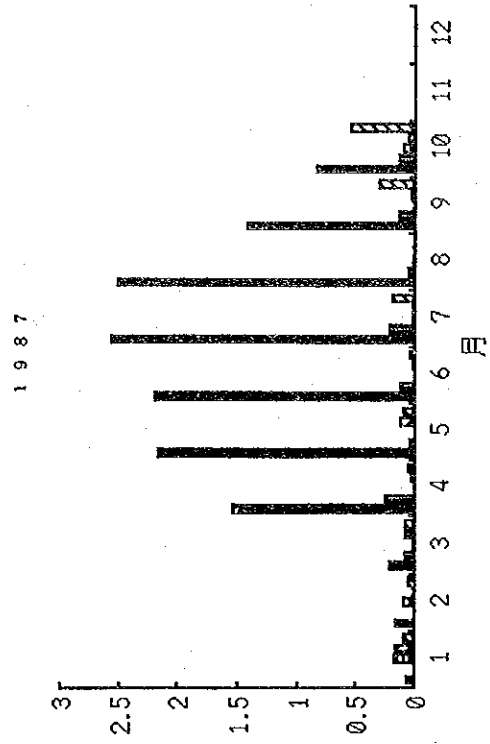
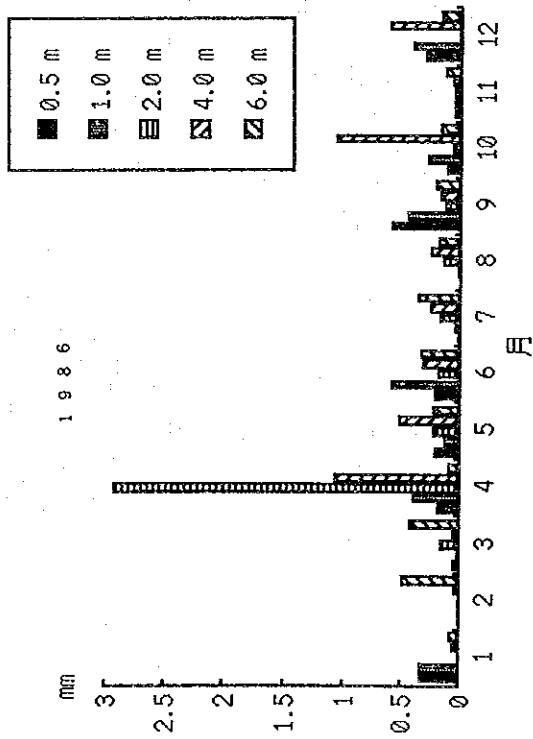
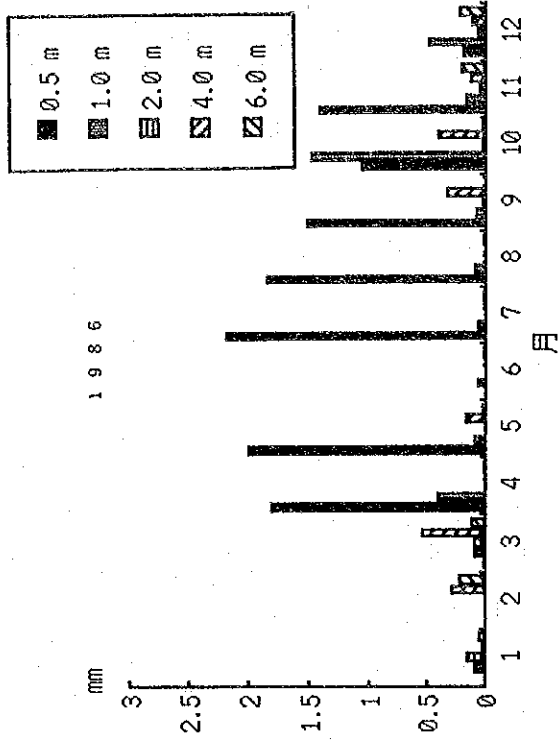


図-3.3.9(2) 砂礫カラムからの地下水涵養量

図-3.3.9(1) 粘土カラムの地下水涵養量

起こらない。

(4) 地下水涵養量に対するコメント

夏季の降水量は蒸発量に較べると遙かに少ないけれども、調査対象地域および上流側では農業用水が年間8500万 m^3 程度使用されており、降水量の多い月には農地からの地下への浸透量がかなり多くなることが予測され、降水量の多い月は地下水位変動にも水位上昇のインパクトを与えるものと判断される。

なお、地下水位への直接的な影響を考える場合には、地表面から地下水面までの深さ、地下への浸透形態等が関与するので、影響が現れるまでの時間的な遅れを考慮しなければならない。

冬季の降雪に関しては、地下1.7~2.0 m程度まで凍結するため、地下水の大きな涵養源にはならないと考えられ、このことは中間報告書に示した水収支研究所の地下水涵養量の実測試験結果と矛盾しない。

4 表流水

4.1 河川、湧水の概要

(1) 烏魯木齊河の概要

本調査対象地域の東側を流れる烏魯木齊河は、図-4.1.1に示すように、南山テンギョウ峰の1号氷河にその源を発し、后峽、前峽を経てツアイボーグ盆地に流入し、烏魯木齊台地を貫いて、五架渠に向い、最後に東道海子のあたりで砂漠に突き当たる全長2百km余りの河川である。

烏魯木齊河の上流部、山岳地域を流れる区間は、大西溝と呼ばれる。特に、源流部の3500mを越える山岳域では夏に降雪する。中流部は前峽の山岳部の出口から五架渠までで烏魯木齊河と呼ばれ、また、それより下流はロールン川と呼ばれる。

烏魯木齊河は夏季の融雪、降雨による流出特性を持ち、その季別の流出量は春(3-5月)9.8%、夏(6-8月)70.2%、秋(9-11月)15.8%、冬(12-2月)4.2%である。

烏魯木齊河からの農業用水の取水堰は山岳部からの出口付近に2箇所あり、上流側より、知青干渠取水堰、青年渠取水堰である。この付近の流れは清流であり、30m³/秒を越える洪水の時には、浮遊土砂が混入してくる。冬季には河川は凍結するが、その氷の下を水が流れる。

(2) 調査対象地域の近隣河川および湧水の概要

調査対象地域周辺の河川は、図-4.1.2に示すように、上流側には、大西溝、その支川である東白楊溝と西白楊溝があり、別水系の河川として干溝(降雨時のみ流出)がある。また、下流側には、地下水の湧出帯があり、その代表的なものは小泉溝、大泉溝および首宿溝である。これら河川および湧水の概要は表-4.1.1に示すとおりである。

表-4.1.1 調査対象地域の近隣河川および湧水の概要

河川名	源流標高 (EL m)	流域面積 (km ²)	年間流出量 (百万m ³)	流出係数	比流量 (lit/秒/km ²)	年平均流量 (m ³ /秒)
大西溝	4481	924	235.	0.65	3.07	7.390
東白楊溝	3465	18	1.89	0.22	3.33	0.060
西白楊溝	3530	71	8.83	0.25	3.93	0.306
干溝	3078	72	6.28	0.22	2.76	0.199
首宿溝	(湧水)		1.36			0.043
大泉溝	(湧水)		16.18			0.513
小泉溝	(湧水)		7.44			0.236

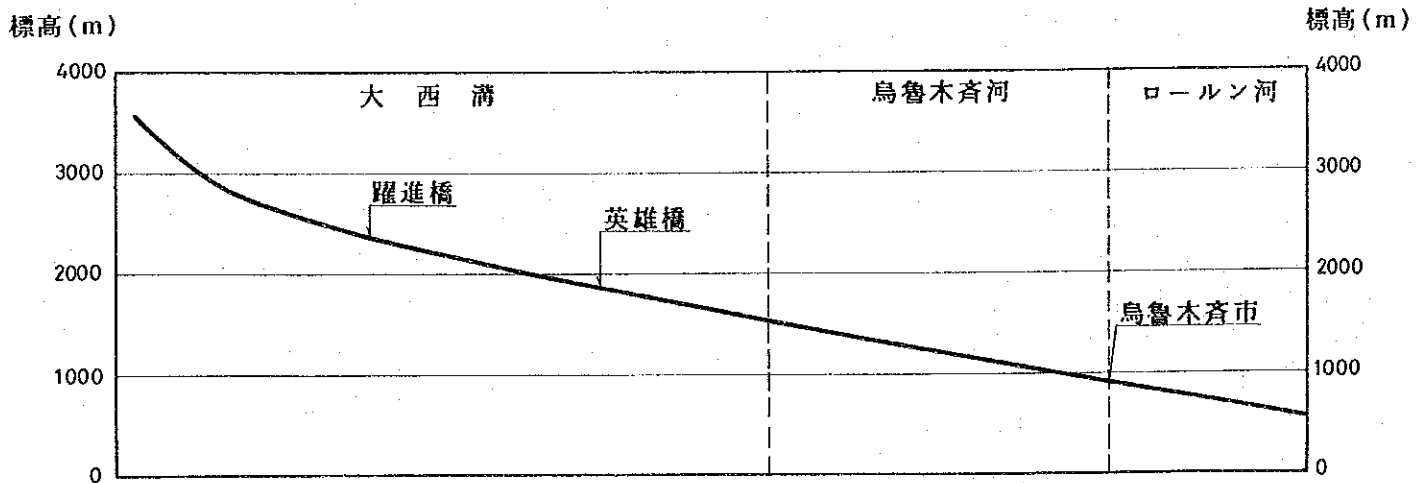
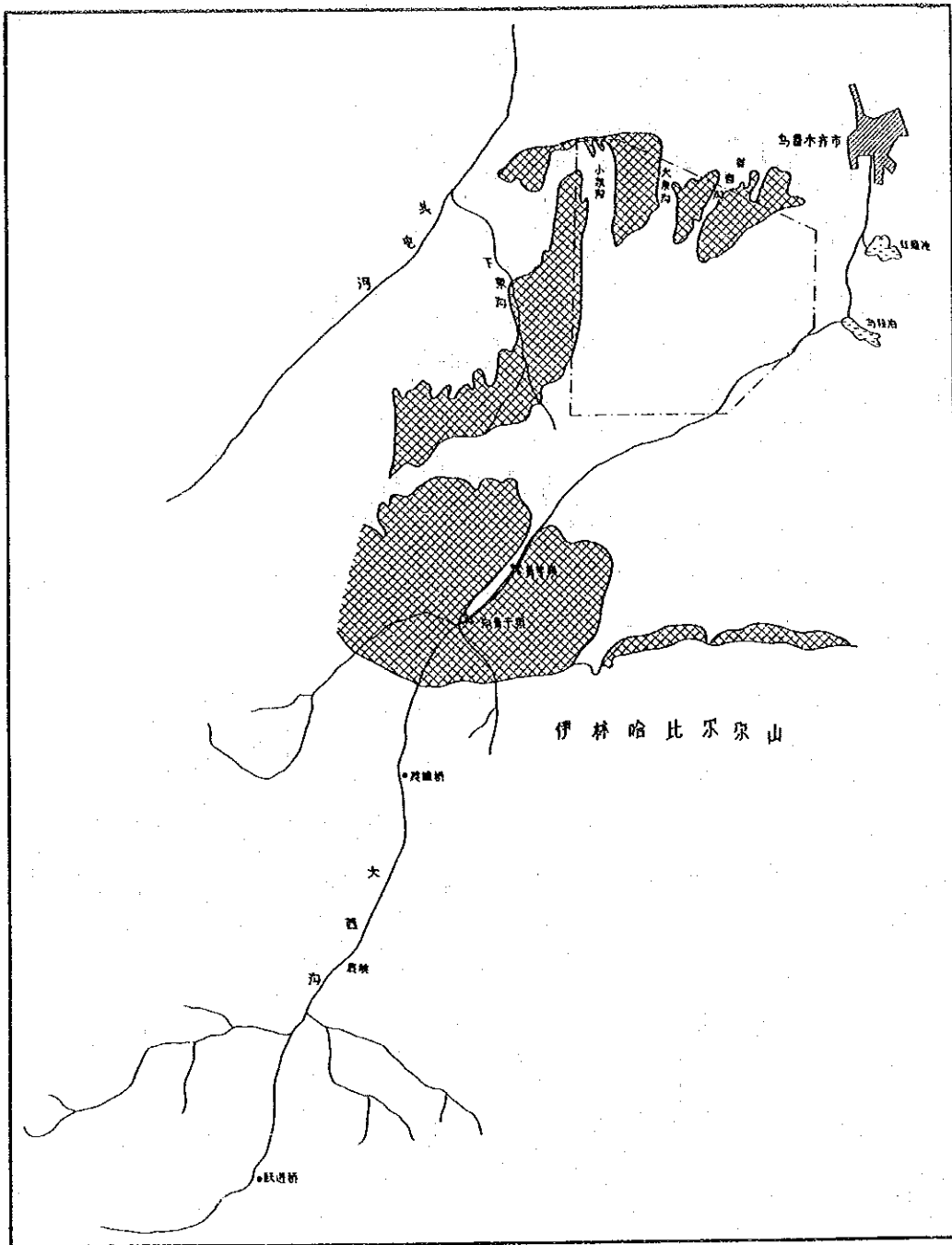


図-4.1.1 乌鲁木齐市河の概要図

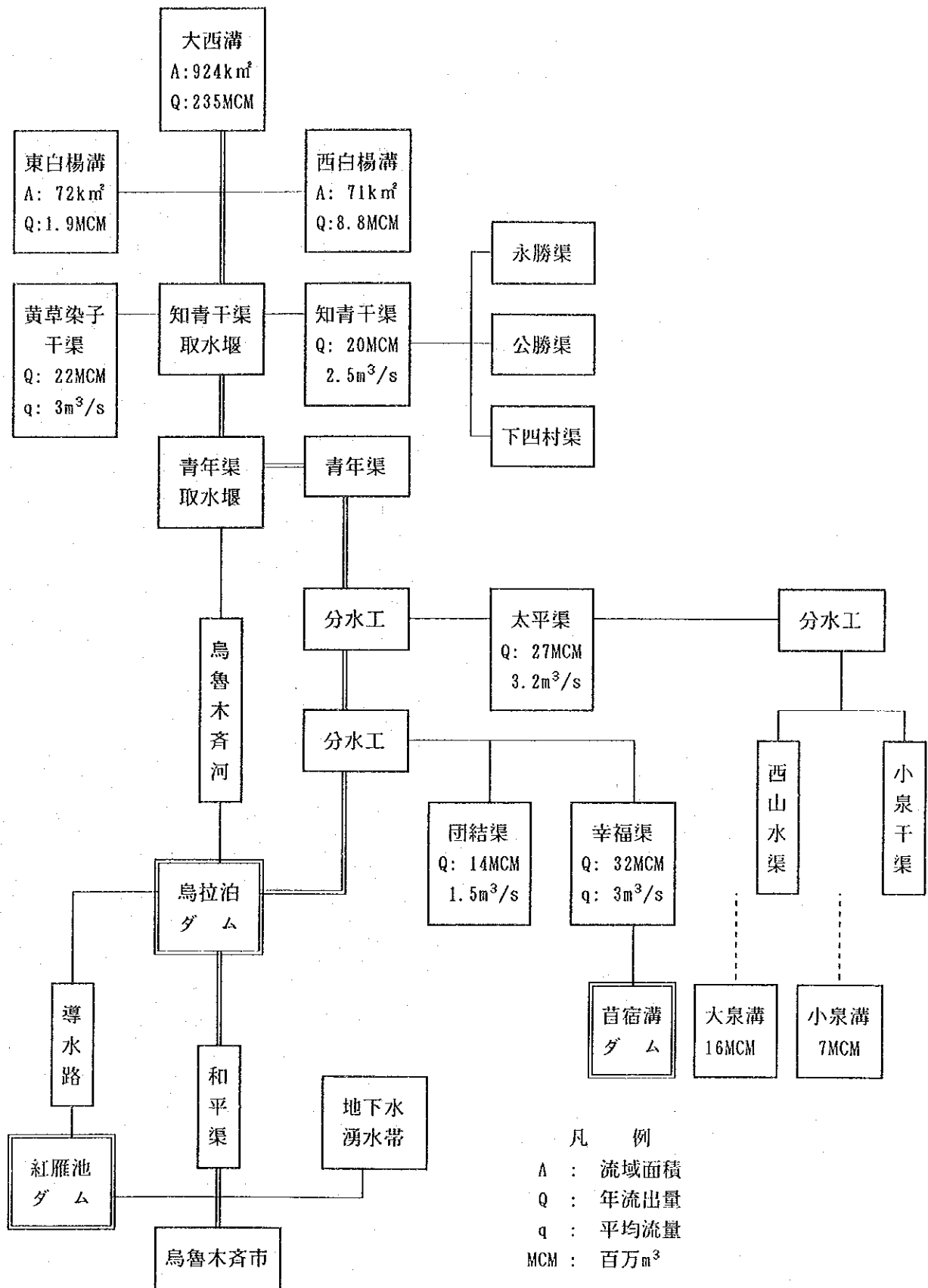


图-4.1.2 烏魯木齊河水系河川流況図

(3) 英雄橋での月流量変化

大西溝流域での流出特性は次のとおりである。

- ① 気温の上昇に伴う下記の融雪出水
- ② 降雨による出水：夏季に限られ、それ以外の降水は少なく、また、雪となって流出とは直接関係しなくなる。したがって、図-4.1.3に示すように、水利庁英雄橋での月平均流量は6月から8月にかけて増加する季節性の強い流出パターンである。

また、流出量の年隔差は夏季の降雨量の差と考えることができる。

1985年 - 1987年

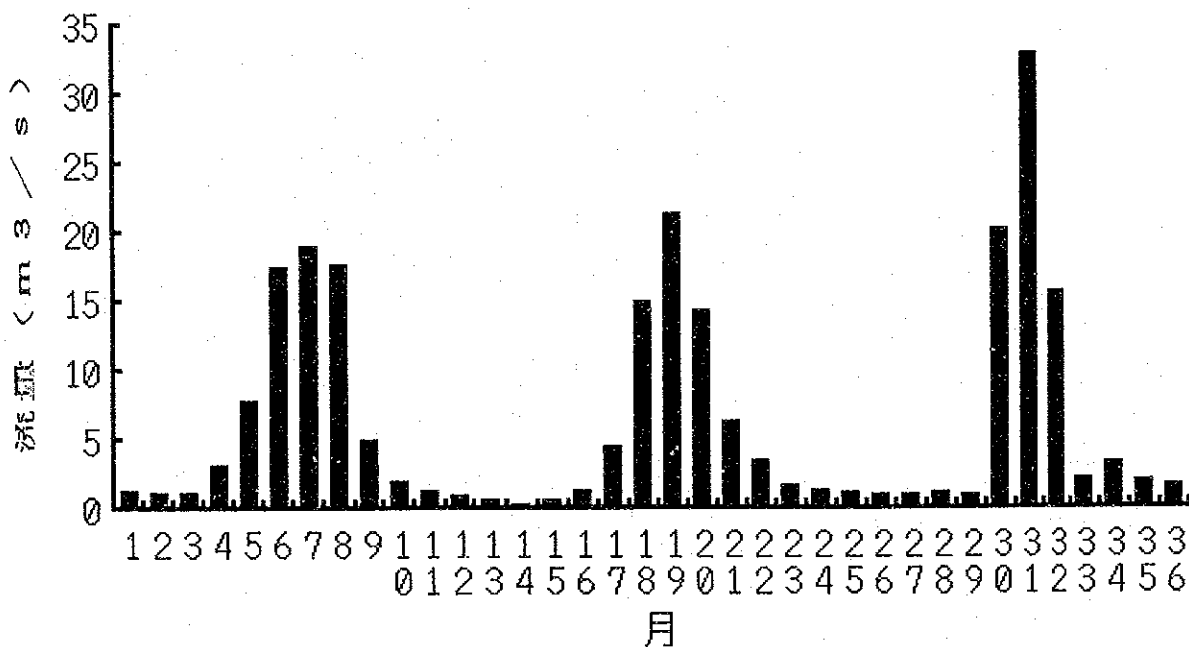


図-4.1.3 水利庁英雄橋での烏魯木齊河河川流量