

2

SJ 199 80-25

配布限定

本資料は、H14年2月28日付けで登録区分
変更する。

(技術情報グループ)

地下水データ収集調査報告書

(昭和55年度)

昭和56年1月

株式会社 ダイヤコンサルタント

この資料は動力炉・核燃料開発事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者だけに配布するものです。したがってその取扱いには充分注意を払って下さい。なお、この資料の供覧、複製、転載、引用等には事業団の承認が必要です。



配布限定

2 SJ 199 80-25

地下水データ収集調査報告書
(昭和55年度)

昭和56年1月

東京都豊島区池袋3丁目1631番地

株式会社 ダイヤコンサルタント

取締役社長 朱雀智介

要 旨

本調査は、地下深部に人工的に作られた空洞の地下水の挙動を把握する目的で、南大夕張炭
鉱・高島炭鉱および東谷鉱山において実施したものである。

調査結果を要約すれば、以下のようなになる。

(1) 南大夕張炭鉱

- (i) 本炭鉱は、古第三系のほろかべつ幌加別・ゆうはり夕張・わかなべ若鍋およびほろたい幌内の各層から構成されている。いずれも堅硬緻密であり、不透水性と考えられる。
- (ii) 本炭鉱の湧水は、湧出母岩が堅硬緻密なため、裂か水と考えられる。その湧出量は全体で9~12(ℓ/分)と比較的少ない。
- (iii) 本炭鉱の地下増温率は1.9(℃/100m)で、日本平均地下増温率(3℃/100m)に比べて低い。
- (iv) 湧水の起源は油田塩水が続成作用の過程で変化したもので、水文循環から全く孤立しているものと考えられる。

(2) 高島炭鉱

- (i) 本炭鉱は、古第三系のふたごしま二子島・はしま端島・おきのしま沖ノ島およびいおうしま伊王島の各層から構成されている。
- (ii) 本炭鉱の地下増温率は3.9(℃/100m)で、日本平均地下増温率(3℃/100m)に比べて高い。
- (iii) 本炭鉱の湧水は、形態からみて二つに分類できる。すなわち、断層からの湧水と地層か

らの湧水である。前者の湧水量は200 (ℓ/分)、後者のそれは10 (ℓ/分) 程度である。特に北部断層からの湧出量が多い。その他に、湧出形態は明らかではないが、斜坑・蛸瀬四中段・六本卸・六卸上部で湧出しており、その湧出量は全体で2450 (ℓ/分) である。

(iv) 本炭鉱の湧水のうち、断層からの湧水は海底から断層を通過して浸入してきた海水が比較的長期間、断層中に閉じ込められていたものと考えられる。それに対して、地層からの湧水は、地層の堆積時の汽水が地層中に閉じ込められたもので、水文循環から全く孤立して存在しているものと考えられる。

(3) 東谷鉱山

(i) 本鉱山は、二畳系の平尾台石灰岩から構成され、部分的に岩脈(白亜系)が侵入している。

(ii) 本鉱山の湧水は、諫山坑道 (SL 250 m)、深部探鉱坑道 (SL 120 m) および東谷輸送路でみられ、いずれも石灰岩中の断層あるいは割れ目から湧出している。湧出量(11月上旬)は深部探鉱坑道で700 (ℓ/分)、諫山坑道で1 (ℓ/分)、東谷輸送路で2 (ℓ/分) 程度である。

(iii) 坑内水は循環性地下水であり、比較的流動性に富むものと考えられる。

調査期間および調査氏名

調査期間 昭和55年8月11日～昭和56年1月20日

調査者氏名	技術監修	技術士	石井政次
	主任技術者	理学博士 技術士	大村一夫
			桜本勇治
			佐藤宏他

目 次

1. ま え が き	1
2. 調査概要および調査方法	2
3. 調 査 結 果	3
3-1. 三菱石炭鉱業株式会社南大夕張鉱業所	3
3-1-1. 鉱山の概要	3
1) 位 置	3
2) 沿 革	3
3) 地 形	3
4) 地 質	7
5) 操業状況	10
3-1-2. 気 象	13
3-1-3. 湧水状況	14
1) 坑 内	14
2) 坑 外	15
3-1-4. 湧水の性質	17
1) 試 料	17
2) 分析方法	19
3) 結果と考察	20
3-2. 三菱石炭鉱業株式会社高島鉱業所	25
3-2-1. 鉱山の概要	25
1) 位 置	25
2) 沿 革	25
3) 地 形	25
4) 地 質	25
5) 操業状況	35
3-2-2. 気 象	37

3-2-3.	湧水状況	38
1)	坑内	38
2)	坑外	41
3-2-4.	湧水の性質	42
1)	試料	42
2)	分析方法	44
3)	結果と考察	46
3-3.	三菱鉱業セメント株式会社九州事業所東谷鉾山	51
3-3-1.	鉾山の概要	51
1)	位置	51
2)	沿革	51
3)	地形	51
4)	地質	54
5)	操業状況	56
3-3-2.	気象	57
3-3-3.	湧水状況	58
1)	坑内	58
2)	坑外	59
3-3-4.	湧水の性質	62
1)	試料	62
2)	分析方法	64
3)	結果と考察	65
4.	ま と め	71

参 考 文 献

本文中の図表

図- 1	調査対象鉱山位置図	1
図- 2	調査の流れ図	2
図- 3	三菱石炭鉱業株式会社 南大夕張鉱業所の位置図	3
図- 4	南大夕張 鉱業所周辺の地形図	4
図- 5	" の水系図	5
図- 6	" の地質図	8
図- 7	" の地質断面図	9
図- 8	" の標準地質柱状図	10
図- 9	" 概況図	11
図-10	坑内状況図	12
図-11	月間降水量の推移図	13
図-12	月平均気温の推移図	14
図-13	流量測定地点図	16
図-14	試料採取地点	18
図-15	湧水温度と深度との関係図	20
図-16	トリリニャー・ダイヤグラム	23
図-17	Li/Na-K/Na 図	24
図-18	三菱石炭鉱業株式会社 高島鉱業所の位置図	25
図-19	高島鉱業所周辺の地形図	26
図-20	" 地質図	29
図-21	" 標準地質柱状図	30
図-22	飛島区域の地質断面図	32~34
図-23	高島 鉱業所および坑内の概況図	36
図-24	日間降水量の推移図	37
図-25	坑内湧水地点図(飛島区域)	39
図-26	水質分析用試料採取地点図	43
図-27	湧水温度と深度との関係図	46

図-28	トリリニヤー・ダイヤグラム	49
図-29	Li/Na-K/Na 図	50
図-30	三菱鉱業セメント株式会社 東谷鉱山の位置図	51
図-31	東谷鉱山周辺の地形図	52
図-32	” 地質図	55
図-33	” 概況図	56
図-34	月間降水量の推移図	57
図-35	月平均気温の推移図	58
図-36	東谷鉱山湧水箇所地点図	60
図-37	平尾台の水系図	61
図-38	湧水地点および湧泉の位置図	63
図-39	湧水温度と深度との関係図	65
図-40	トリリニヤー・ダイヤグラム	70

表-1	調査対象鉱山一覧表	1
表-2	月間降水量	13
表-3	月平均気温	14
表-4	坑内湧水個所一覧表(南大夕張鉱業所)	15
表-5	表流水流量測定結果	15
表-6	夕張ダム流下量	17
表-7	分析試料一覧表	17
表-8	水質分析法	19
表-9	溶存化学組成一覧表	21
表-10	月間降水量	37
表-11	湧水個所一覧表	38
表-12	高島鉱業所における主な湧水	40
表-13	分析試料一覧表	43
表-14	水質分析法	45
表-15	溶存化学組成一覧表	47
表-16	層序表	54
表-17	月間降水量	57
表-18	月平均気温	58
表-19	主な湧水個所の状況	59
表-20	分析試料一覧表	62
表-21	水質分析法	64
表-22	溶存化学組成一覧表	66~67
表-23	岩質一覧表	71
表-24	”	72

1. ま え が き

本調査は、地下人工空洞に関する地下水の挙動を把握するための基礎資料を得る目的で、石灰石鉱山および石炭鉱山を対象として実施したものである。

調査対象とした鉱山の一覧を表-1に、位置を図-1に示す。

表-1 調査対象鉱山一覧表

鉱山の種類	名 称	所 在 地
石炭鉱山	三菱石炭鉱業株式会社南大夕張鉱業所	北海道夕張市南部東町地内
	三菱石炭鉱業株式会社高島鉱業所	長崎県西彼杵郡高島町地内
石灰石鉱山	三菱鉱業セメント株式会社九州事業所東谷鉱山	福岡県北九州市小倉南区地内

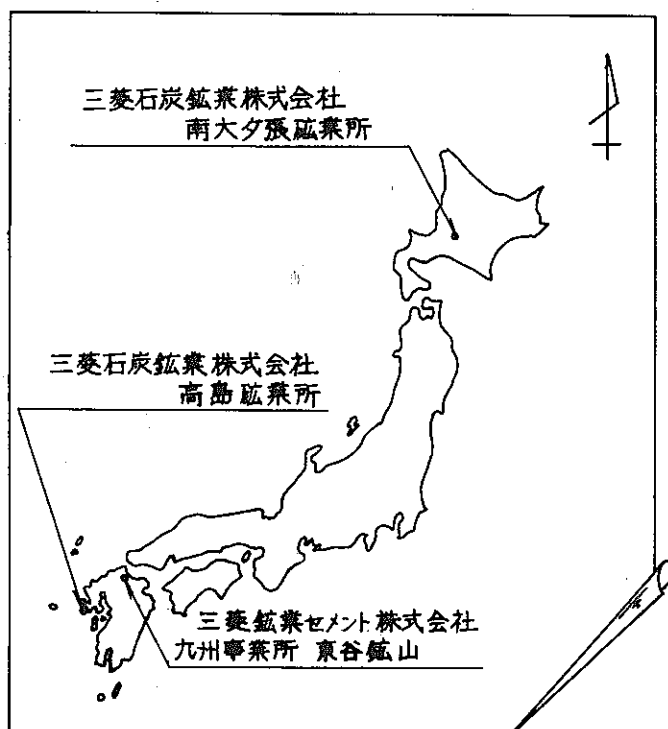


図-1 調査対象鉱山位置図

2. 調査概要および調査方法

調査は、既存資料の収集・整理を主体としたが、坑内湧水状況の現地概要調査および坑内湧水の水質調査も併せて実施した。調査の概略をフローシートに示すと図-2のようになる。

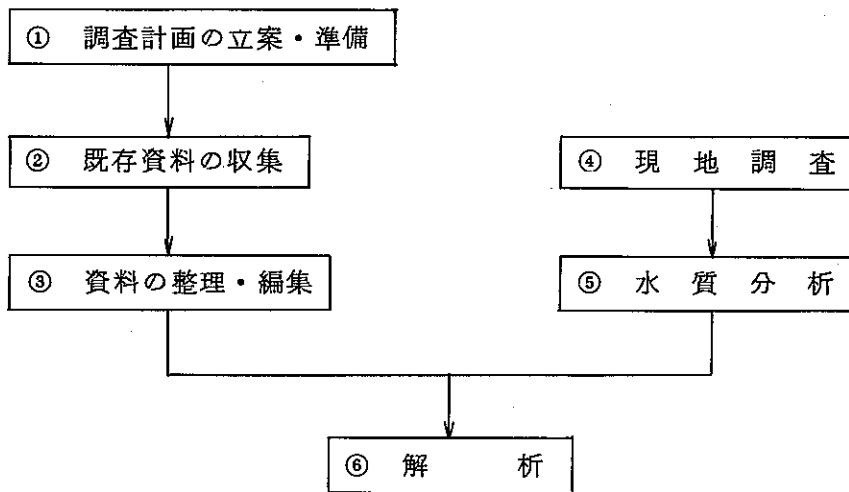


図-2 調査の流れ図

- ① 調査計画の立案・準備：実施計画を立案し、鉾山と打合せ、調整にあたった。
- ② 既存資料の収集：鉾山の概要、地質に関するデータ、地下水に関するデータや気象データについて入手可能な資料を収集した。
- ③ 資料の整理・編集：収集した資料を目的に合わせ整理・編集した。
- ④ 現地調査：坑内および坑外の湧水状況や操業状況の把握に努め、既存資料の補充を行った。
- ⑤ 水質分析：坑内湧水の起源を把握し、水量の予測を行う目的で、代表的と考えられる坑内湧水を採取し、水質分析を行った。分析項目および方法は、湧水の性質の項で、詳細に述べる。
- ⑥ 解析：以上の調査結果をもとにして、対象鉾山における地下水の性質やその挙動について考察した。

3. 調 査 結 果

3-1. 三菱石炭鉱業株式会社南大夕張鉱業所

3-1-1. 鉱山の概要

1) 位 置

本鉱業所は札幌市の東方約60kmの北海道夕張市にある。札幌より清水沢まで国鉄が、清水沢より本鉱業所まで三菱石炭鉱業株式会社鉄道が通じている。また、札幌より道路が通じている。本鉱業所の位置を図-3に示す。

2) 沿 革

本地域は新鉱開発区域の指定を受け、昭和41年10月に開発工事に着手した。昭和45年8月に営業に移行し、当時としては最新の中央管制システムを採用し、採炭・保安の管理にあっている。現在は年産約110万tの規模で操業中である。

3) 地 形

本鉱業所は図-3、4に示すように、芦別岳(標高1727m)および夕張岳(標高1668m)のおりなす夕張山地の西側に位置し、周囲は地層や地質構造に左右されて、標高600~800mの山塊が南北に連なる^{そどうさんよき*}走向山稜を形成している。

本鉱業所付近の水系は図-5に示すように、夕張岳や鉱業所の山塊を源とし、いずれも地層の走向(NS)にほぼ直交して流下し、シュウパロ川となり、^{ひたひた*}縦谷を形成している。シ



図-3 三菱石炭鉱業株式会社南大夕張鉱業所の位置図

- *1 走向山稜： 硬軟岩層の互層が傾いている場合、硬岩部は山稜となり、軟岩部は侵食により谷部となる。山稜の伸びは、地層の走向と一致するのでこの名がある。
- *2 縦 谷： 侵食に弱い岩層部分が差別侵食により谷とされた所で、傾斜する硬軟互層の場合には走向谷に同義で、走向山稜に隣接する。

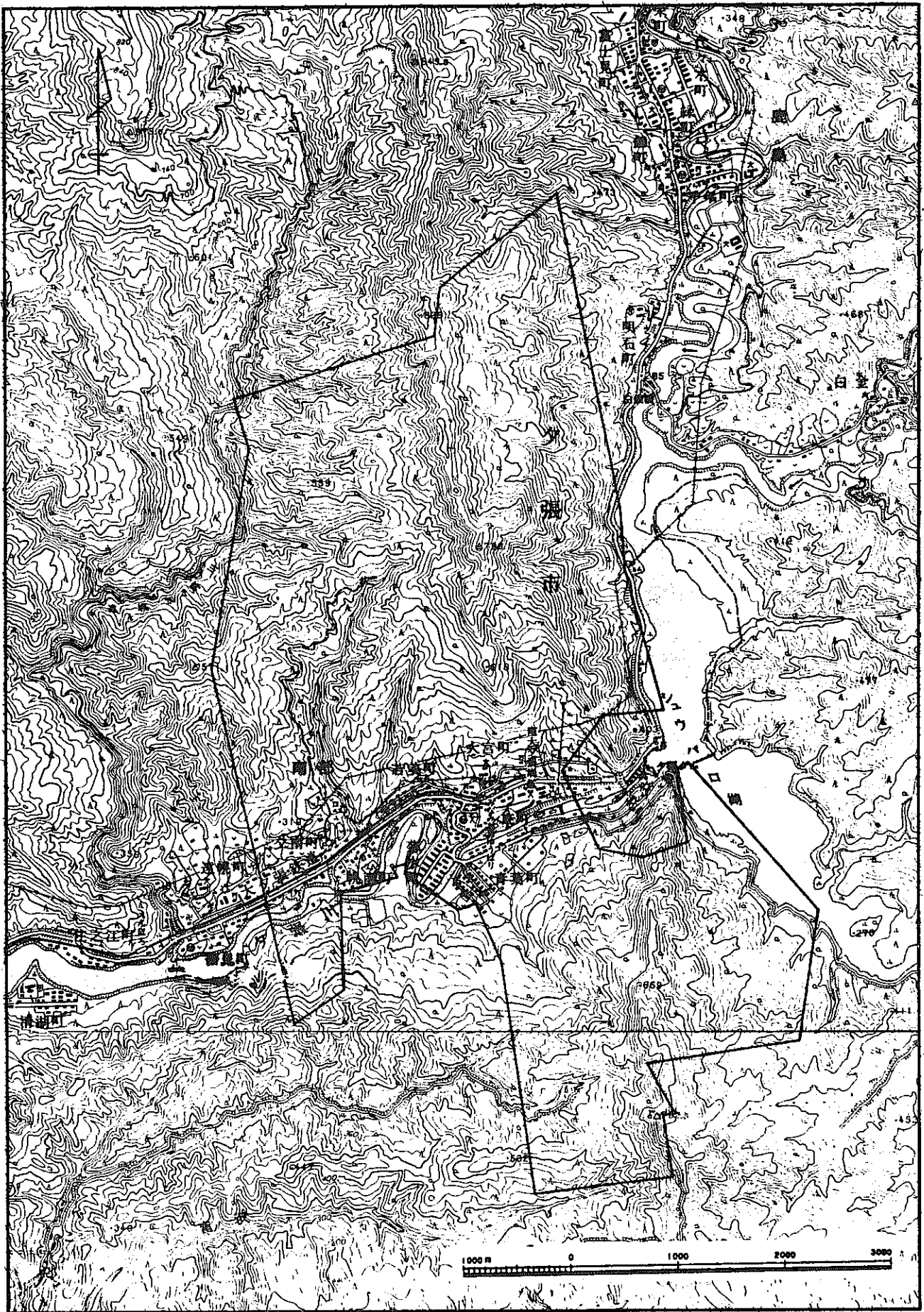


図-4 南大夕張鉱業所周辺の地形図
 (△は鉱区を示す)

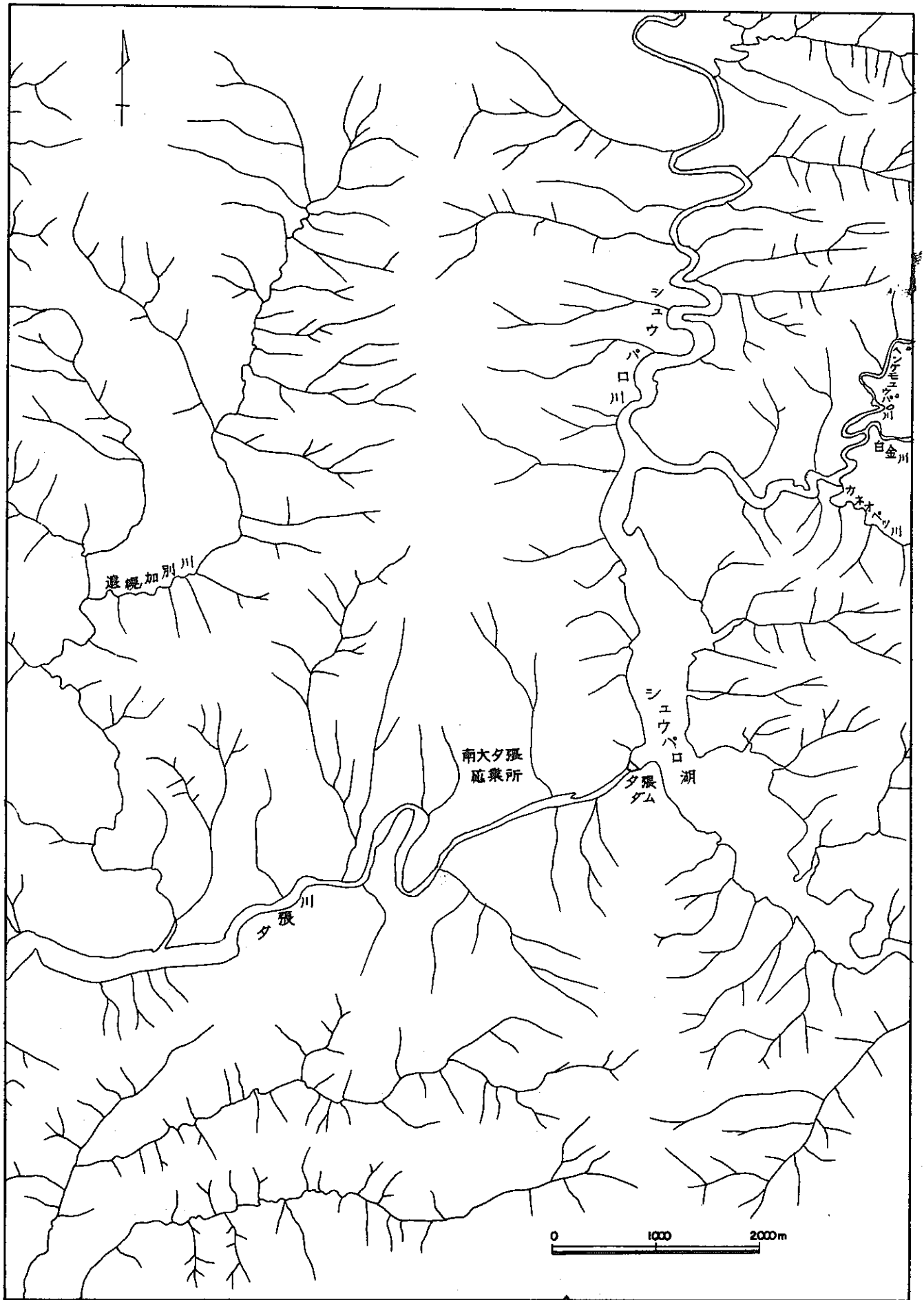


図-5 南大夕張 鉱業所 周辺の水系図

ユウパロ川は夕張ダム地点より地層の走向にほぼ直交して先行川^{＊3}となり、横谷^{＊4}を形成している。このようにこの付近は、地層の走行にほぼ平行方向と垂直方向の水系が顕著に認められる。

＊3 先行川： 山地の形成以前に流路が決定されており、現在はその山地を横切って流れる川。

＊4 横谷： 山地を直角に横切る谷。地層や褶曲山脈の走向に直交して川が流れる。褶曲山脈の隆起後も以前の経路を維持しているものを先行谷という。

以上は地学事典（平凡社）よりの抜粋

4) 地 質

本地域は、白亜系の^{えぞ}蝦夷層群を基盤とし、これを不整合に覆う古第三系の^{いしかり}石狩層群および^{ほろな}幌内層群から構成されている。本地域の地質図・地質断面図および標準地質柱状図を、それぞれ、図-6、図-7、図-8に示す。

i) 白 亜 系

本地域の基盤をなす^{えぞ}蝦夷層群は、下位より、^{うらかわ}浦河層および^{はこがち}函淵層からなり、全層厚は1500 m(+)におよぶ。

浦河層は灰色頁岩からなり、海成層である。一方、函淵層は主として砂岩からなり、炭層を境に下部層と上部層に細分されている。下部層は、凝灰岩・砂岩・頁岩および炭層の互層からなり、非海成層である。それに対して上部層は灰色頁岩を挟む砂岩からなり、海成層である。

ii) 古第三系

(1) 石狩層群

石狩層群は、下位より、^{のほりかわ ほろかべつ}登川・^{ゆりばり}幌加別および^{わかたべ}夕張の各層からなる。

(a) 登川層：本層は函淵層を不整合に覆う、層厚20~30mの地層で、灰白~帯青淡灰色砂岩・暗灰~黒色頁岩および砂質頁岩の互層からなる。炭層は、1~3枚あるが、稼行可能なものはない。

(b) 幌加別層：本層は、層厚100mの地層で主として、不透水性の淡灰~暗灰色頁岩からなり、石灰質の団塊を介在する。

(c) 夕張層：本層は、層厚150~180mの地層で、灰~淡灰色砂岩および暗灰色頁岩の互層からなる。稼行炭層(上層・本層・下層)を夾在する。

(d) 若鍋層：本層は、層厚70~160mの石狩層群中唯一の海成層で、灰~帯青暗灰色砂岩および暗灰色頁岩の互層からなる。

(2) 幌内層群

^{ほろな}幌内層は、^{わかたべ}若鍋層を不整合に覆う海成層で、主として均質緻密な暗灰色頁岩からなる。層厚は、600 m(+)である。

本地域の地質構造を概観すると、図-6、7に示すように、北北西-南南東方向の断層と同方向の褶曲が卓越しており、次いで、北北東-南南西方向の断層が発達している。北北西-南南東系の大きな断層としては、西から東へ向かってローソク岩断層・

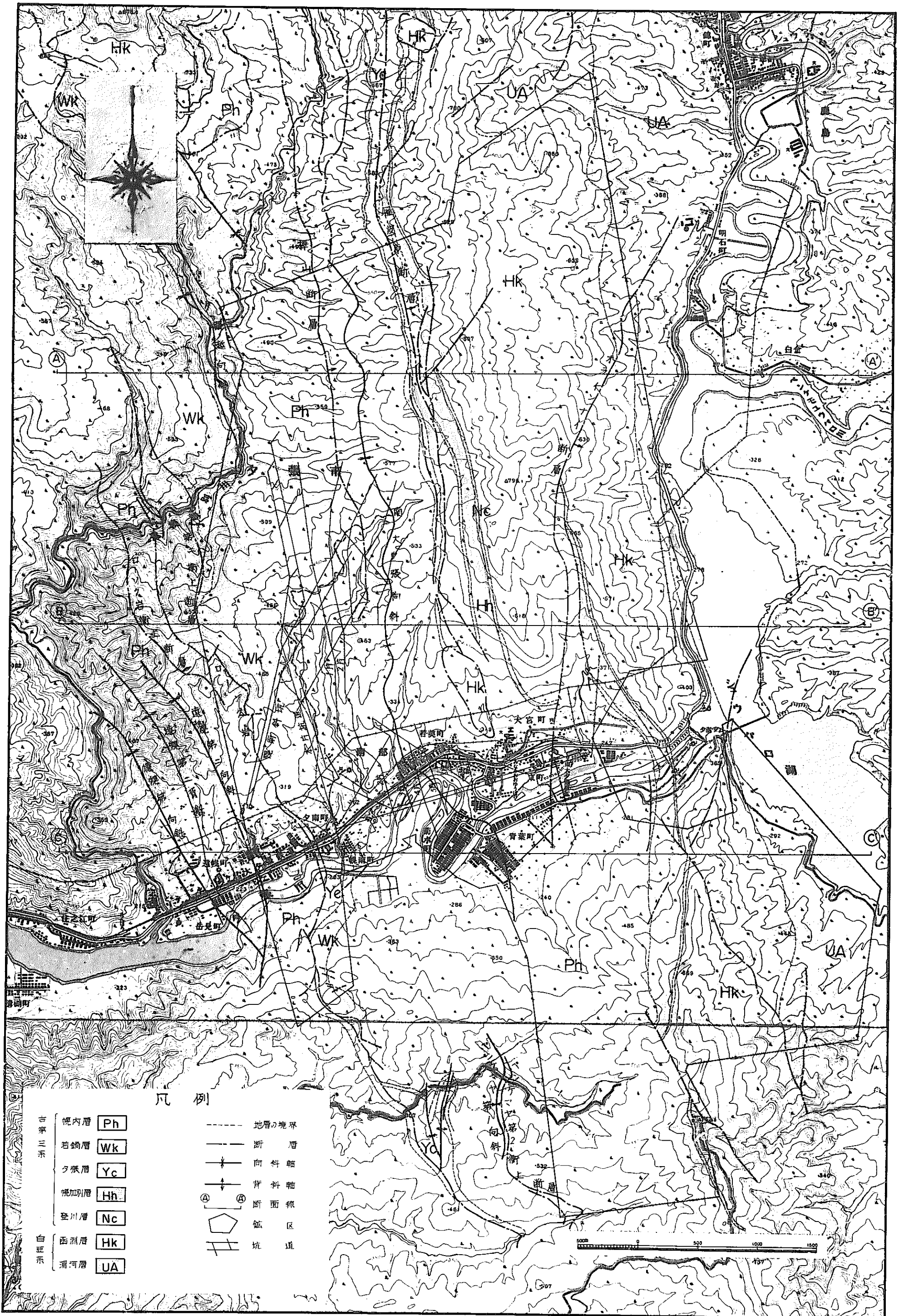
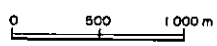
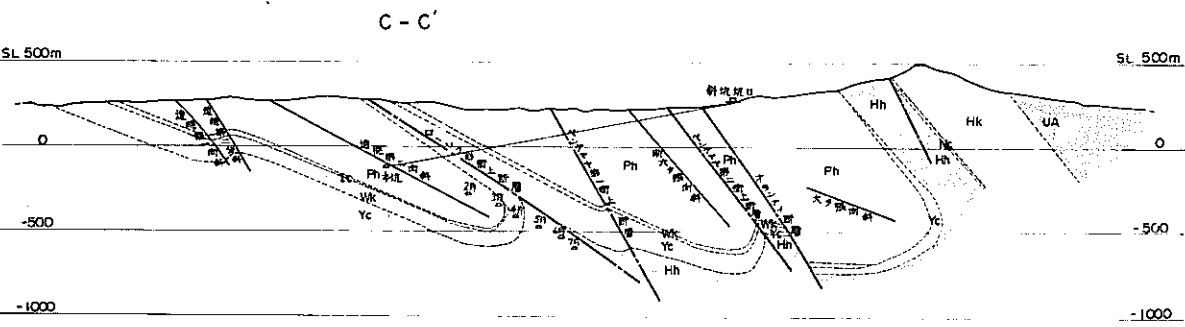
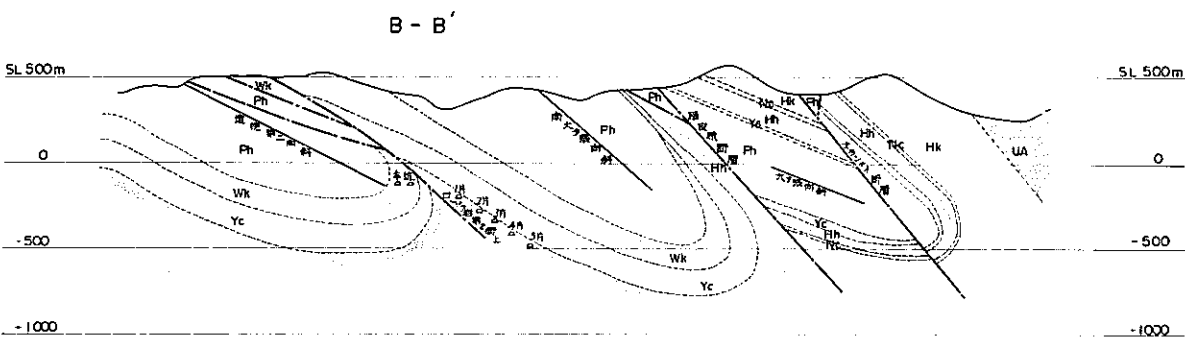
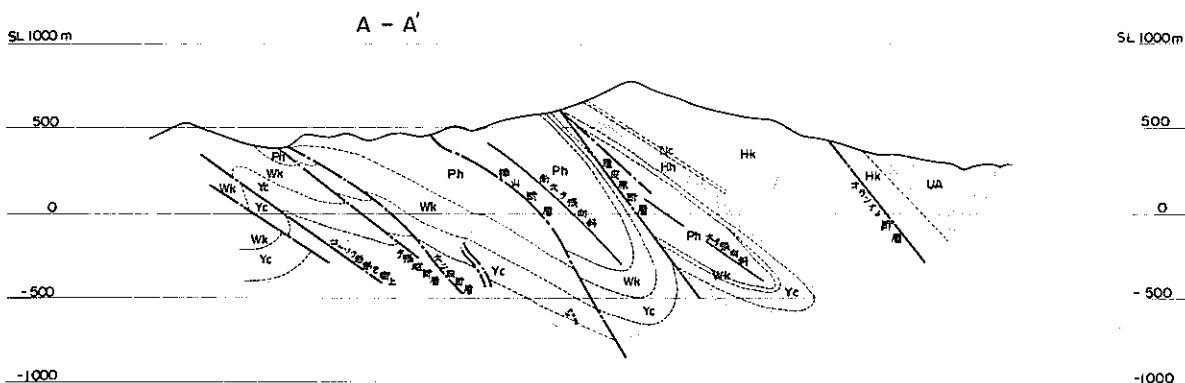


図-6 南大夕張砒業所周辺の地質図



- 凡 例
- | | | | | |
|------------------|-------------|-----|---|----|
| 古
第
三
系 | 俣内層 | Ph | ----- 地層の境界
——— 断 層
——— 何断層割物
○ 傾道(断面線に
投影した位置) | |
| | 武井層 | Ic | | |
| | 石鏡層 | Wk | | |
| | 夕張層 | Yc | | |
| | 櫻川層 | Nc | | |
| | 白
土
系 | 白土層 | | Hk |
| | 岩河層 | UA | | |

図-7 南大夕張磁業所周辺の地質断面図

層	序	柱状	層厚	岩相	
古 第 三 系	幌 内 層 群	幌 内 層		600m+	ほとんど無層理の均質緻密な暗灰色頁岩からなる。
	夕 張 層		① ② ③ 150 180 m	灰~淡灰色の砂岩、暗灰色の頁岩の互層からなる。 ①上層 層厚 2.5 m ②本層 " 5 m ③下層 " 3 m	
					幌 加 別 層
		登 川 層		20 30 m	砂岩、頁岩の互層で、1~3枚の炭層を挟む。
	白 亜 系	蝦 夷 層 群	函 洲 層		400 500 m
浦 河 層				1000m+	灰色の頁岩層

図-8 南大夕張鉱業所周辺の標準地質柱状図

かばやま かんびばら
樺山断層および雁皮原断層がほぼ平行に走っている。北北東-南南西系の大きな断層としては、オランナイ断層がある。なお、これらの断層の走行は、地層の走行方向とほぼ一致している。

5) 操業状況

稼行炭層は夕張層の上層、中層、下層で、図-7、8に示すように南大夕張向斜の西翼の一卸および三卸のSL-600 m以浅である。

鉱業所の概況を図-9に、坑内の概況を図-10に示す。

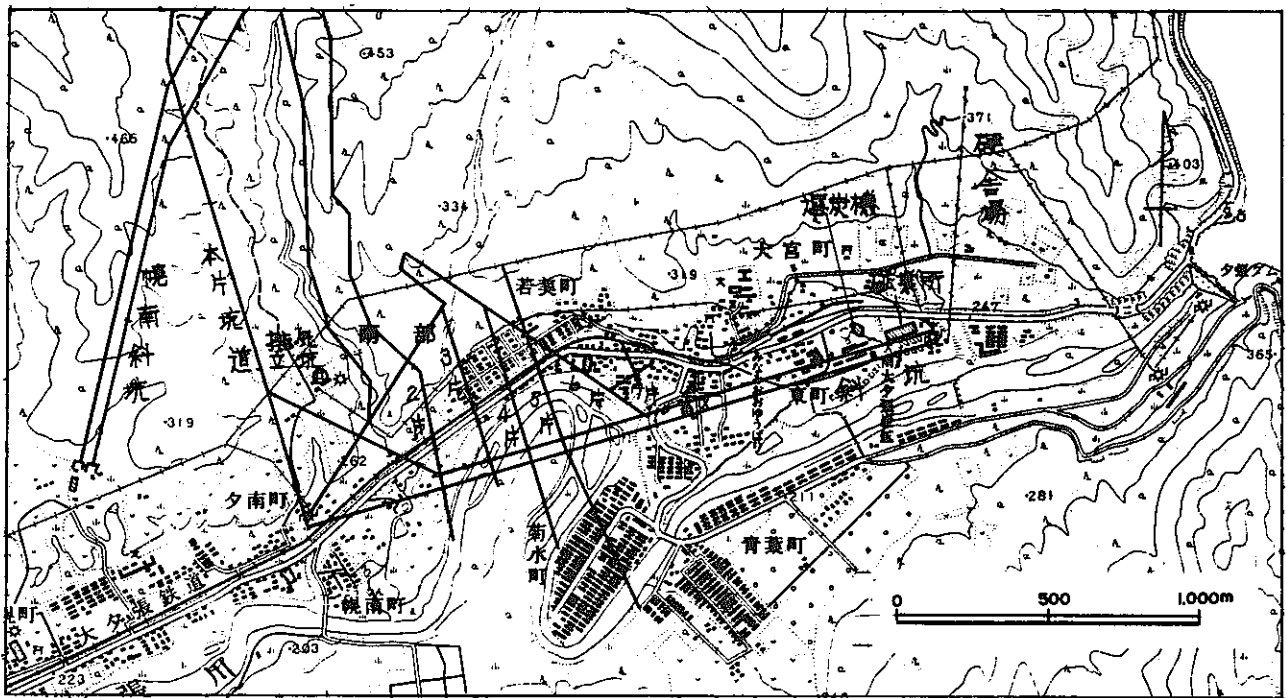


図-9 南大夕張砒業所概況図

(i) 採 炭

坑道の維持上、えんそうせんこうばんしたかいかけ沿層先行盤下追掛方式を採用し、かたばんむきらよへき片盤向長壁式総ばらし方式を採っている。炭層が厚い場合はスライシング方式で上段払を先行している。先行沿層坑道および沿層ガス抜きボーリングの実施やエアブラスターによる無爆薬採掘で保安の確保に努め、採掘後は、スラッジにセメントを混入し流送充填を行っている。

(ii) 運 搬

ベルトコンベヤー方式であり、中央管制室で制御している。

(iii) 通 気

立坑と幌南第二斜坑の2系統で送風しており、採掘場は独立分流方式をとっている。

(iv) 排 水

流送充填や散水用水の排水のため、坑内各所にポンプを設置して排水を行っている。

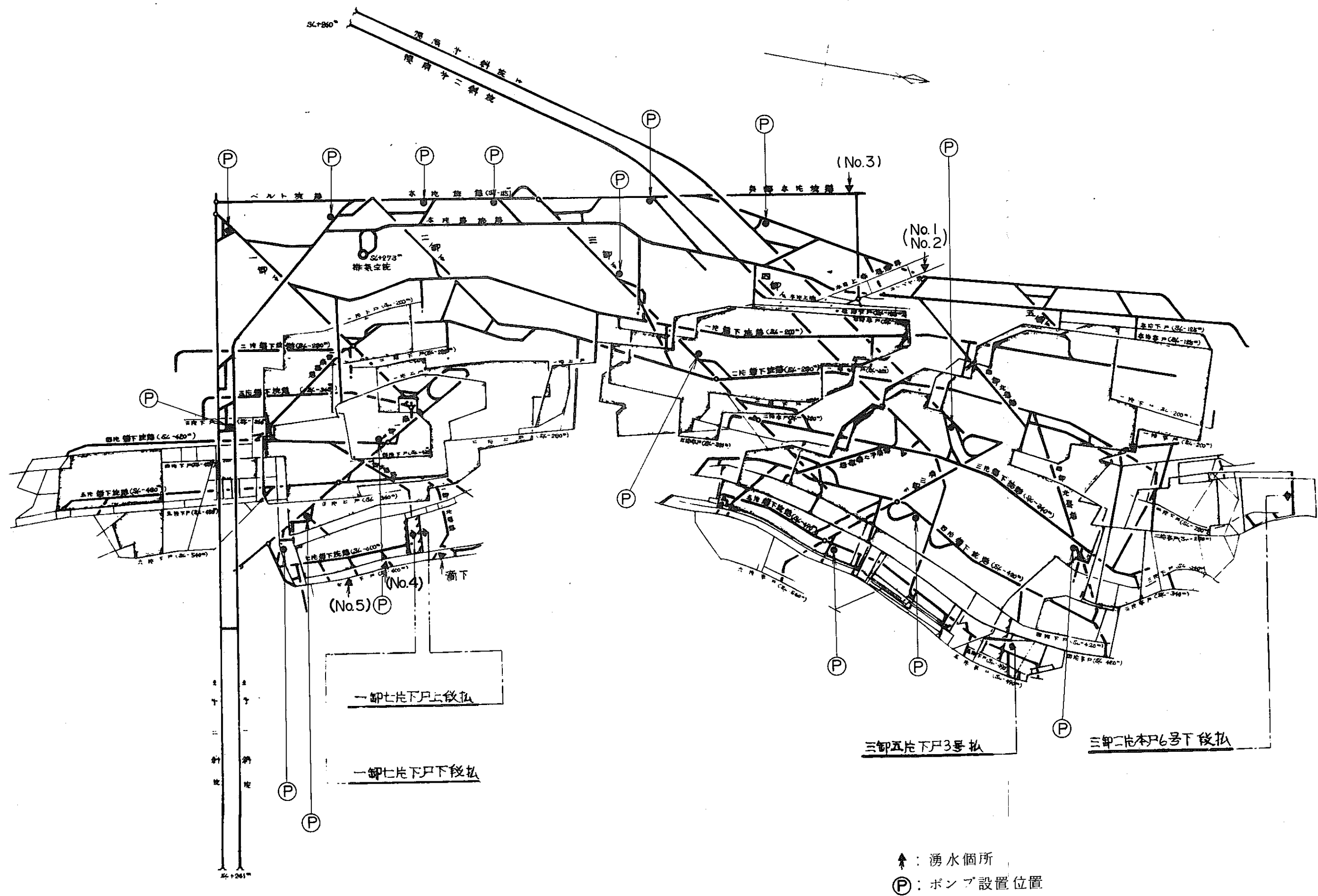


図-10 坑内状況図

3-1-2. 気 象

1) 降 水 量

本鉱業所周辺の月間降水量を表-2に、月間降水量の推移を図-11に示す。

表-2 月 間 降 水 量

		単位 mm												
年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
51		—	—	—	63.7	109.9	108.0	77.5	114.8	208.3	203.7	244.7	75.7	(1206.3)
52		64.1	83.4	132.8	105.3	144.2	47.4	53.3	162.5	151.6	37.8	178.4	135.8	1297.1
53		87.6	105.7	51.5	13.4	148.3	135.5	—	151.5	109.7	113.8	95.2	113.1	(1205.3)
54		107.3	74.1	57.1	57.2	48.2	166.7	77.3	124.2	214.2	212.1	175.5	48.0	1361.9
55		53.8	39.0	150.7	116.4	128.7	141.0	102.0	166.4	38.0	—	—	—	(936.0)

注) 降水量の測定は夕張ダム(図-9参照)で実施されている。

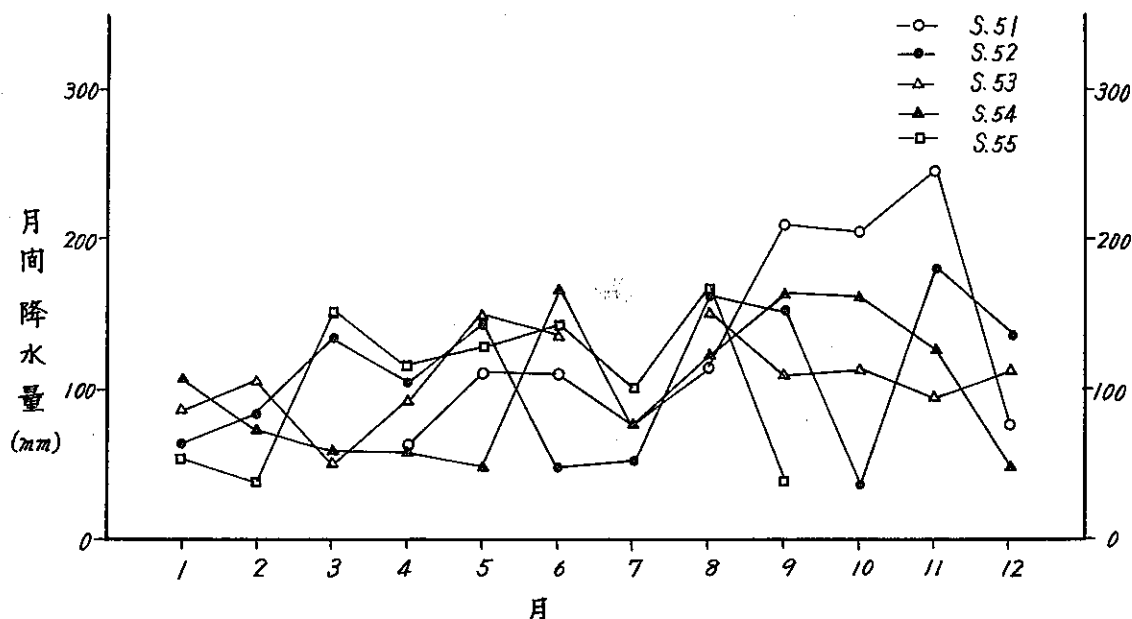


図-11 月間降水量の推移図

年間降水量は1300～1400mmであり、11月から4月にかけて積雪し、積雪量は100～200cmである。

2) 気 温

本鉱業所周辺の月平均気温を表-3に、月平均気温の推移を図-12に示す。

表-3 月平均気温

単位 ℃

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
51	-	-	-	4.8	11.7	15.2	19.3	17.3	14.5	8.3	0.3	-5.7	-
52	-11.8	-11.4	-2.5	3.1	9.7	15.4	20.5	20.0	16.1	9.4	3.3	-4.4	5.6
53	-10.0	-12.0	-4.4	3.3	10.5	16.9	22.5	21.2	14.7	7.8	1.8	-4.5	5.7
54	-9.5	-5.5	-3.9	2.4	9.3	16.3	18.1	20.2	14.7	11.1	1.1	-6.0	5.7
55	-8.8	-11.8	-5.1	1.2	9.5	16.4	17.8	16.9	14.5	-	-	-	-

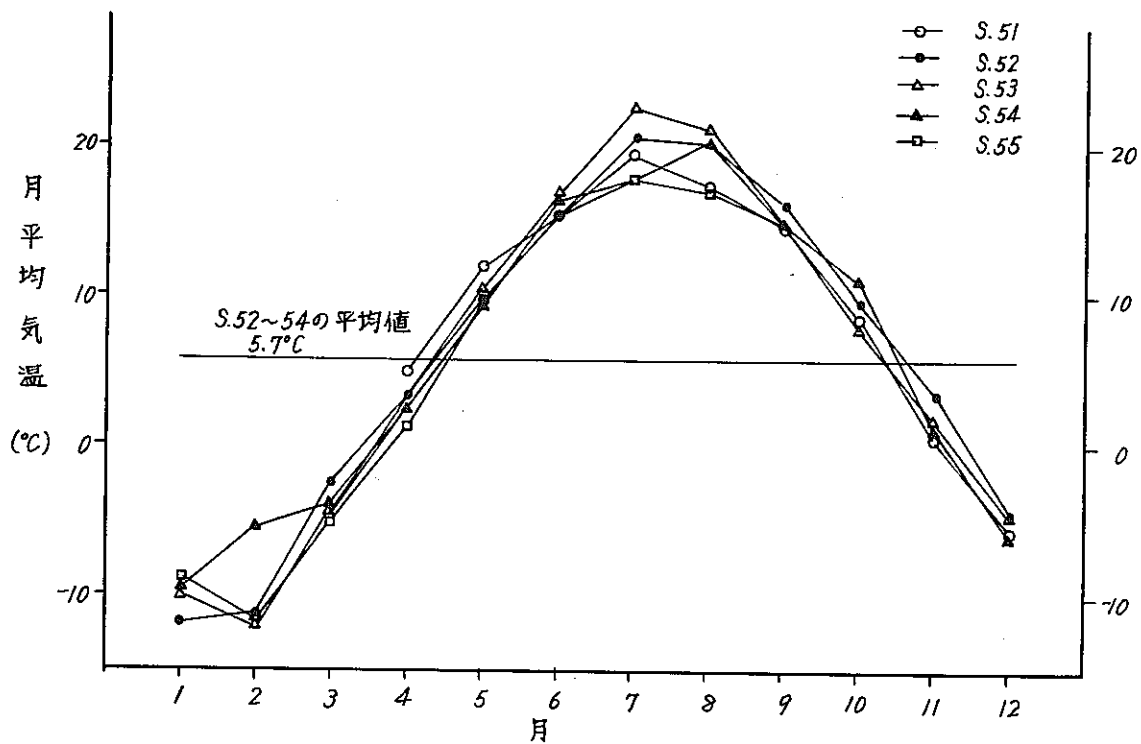


図-12 月平均気温の推移図

昭和52年から54年にかけての年平均気温は5.7℃であり、月平均気温の最高値と最低値の較差は約30℃である。

3-1-3. 湧水状況

1) 坑内

坑内での湧水状況を把握し、湧水と地質条件との関係を明らかにする目的で、1980年10月上旬に現地調査を実施した。坑内の湧水地点を図-10に、湧水状況を表-4に示す。

表-4 坑内湧水個所一覧表

試料No	採取個所	深度(m)	湧出母岩	湧出量 ($l/分$)
1	本片上添本層コンベヤー昇	515 (SL-45)	夕張層本層(石炭層) ガス抜きボーリングより湧出	-
2	本片上添本層コンベヤー昇	515 (SL-45)	夕張層本層(石炭層) 本層の割れ目から湧出	0.8
3	奥部本片坑道	565 (SL-125)	若鍋層の砂岩と幌内層の頁岩 の境界部、水抜きボーリングから湧出	5.2
4	一卸七片第3立入	900 (SL-600)	幌加別層の頁岩	滴下
5	一卸七片下層切替北向	850 (SL-600)	夕張層の頁岩	3~5 (?)

炭層および岩盤からの湧水は4~5個所と少ない。湧出量も全体で9~12 $l/分$ (13~17 $m^3/日$)と少量であり、若鍋層と幌内層の境界部からの湧出が目立つ程度である。また、湧出母岩は特定の地層に限定されている訳ではない。この他に岩盤坑道掘進中に坑壁が湿る程度のものがみられた(南大夕張鉱業所談)。

湧出母岩である夕張層の炭層・頁岩、若鍋層の砂岩および幌加別層の頁岩は、肉眼的にみて、いずれも堅硬緻密である。藤島(1960)は、夕張層の砂岩の空隙率は4~9%、砂質頁岩および頁岩のそれは3~6%と報告している。これらのことから、本炭鉱の湧水は岩盤あるいは炭層の割れ目に包蔵されている裂か水と考えられる。

2) 坑外

坑外においては、表流水の流量測定を実施した。流量測定を実施した地点を図-13に示す。流量測定結果を表-5に、夕張ダム流下量を表-6に示す。

表-5 表流水流量測定結果

試料No	測定個所	標高(m)	流量 ($m^3/分$)
1	オランナイ沢	245	1.34
2	滝ノ沢	245	1.77
3	ボン滝ノ沢	240	0.75
4-1	五層沢	215	4.35
4-2	ウエホロカベツ川	210	7.30

注) 測定は10月22日に行なったが21日9:00から22日9:00にかけて20.0mmの降雨があった。

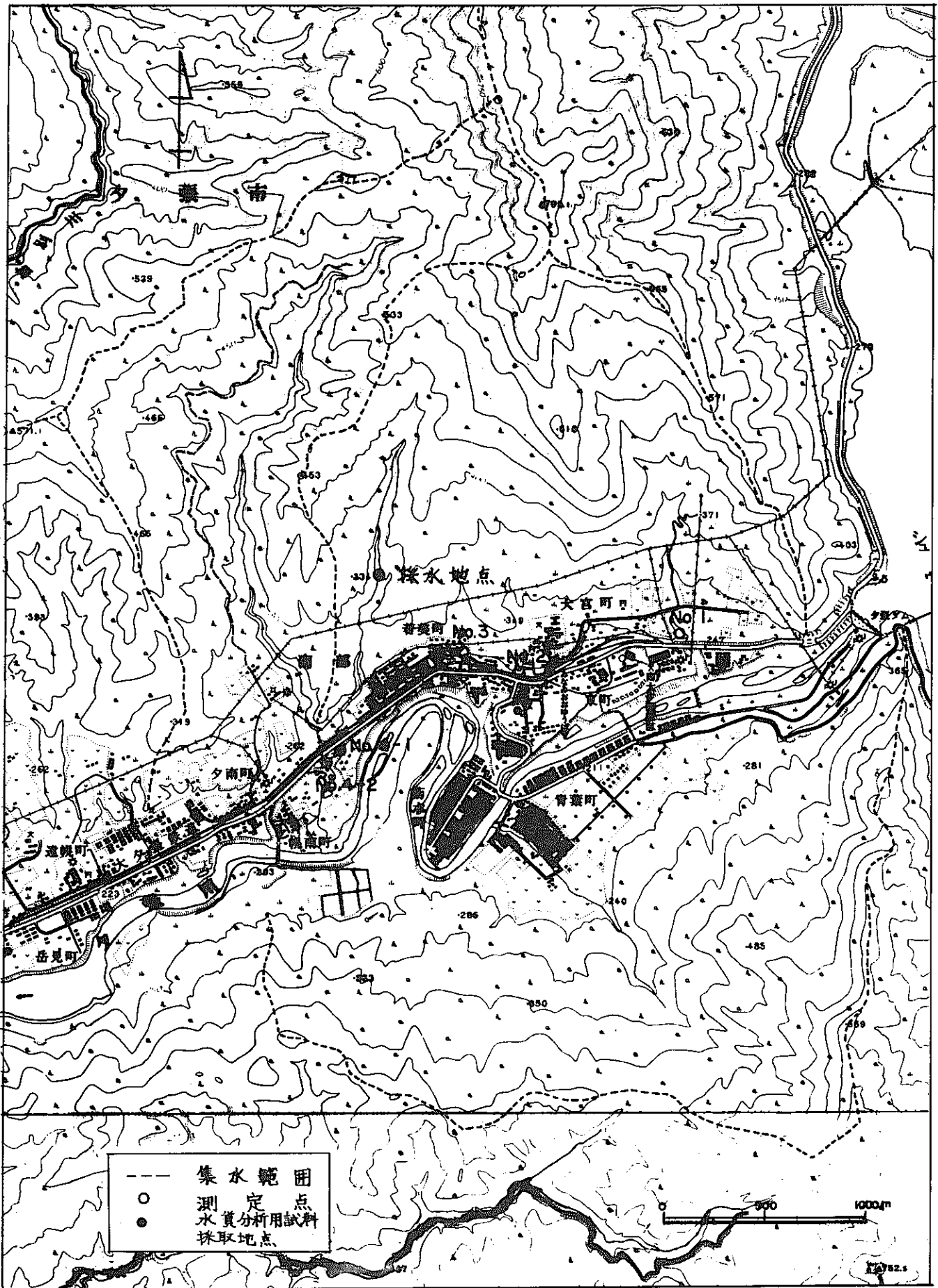


図-13 流量測定地点図

表-6 夕張ダム流下量 (平均)

単位 t/日

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
51	751	1,001	994	1,801	3,701	1,501	1,656	1,447	342	797	2,337	658
52	800	1,001	1,452	2,273	6,004	2,319	1,777	1,441	771	627	489	1,257
53	1,289	1,290	588	1,294	4,883	1,903	1,720	1,392	335	307	905	763
54	502	971	848	2,249	2,825	2,420	2,202	1,316	1,108	2,851	2,216	1,591
55	1,100	1,071	879	2,426	4,942	1,814	-	-	-	-	-	-

各河川で1個所のみ流量測定であるが、No.1からNo.4にかけては幌内層の緻密な暗灰色頁岩が厚く分布しており、降雨による河川水量の増減があっても地下浸透は少なく坑内水の増減には影響しないと考えられる。

3-1-4. 湧水の性質

1) 試料

1980年10月上旬、本鉱山の坑内湧水の起源を把握し、水量の予測を行う目的で、代表的と考えられる坑内湧水を採取した。また、比較検討を行うために、本地域の表流水を採取した。試料一覧を表-7に、試料採取地点を図-13、14に示す。

表-7 分析試料一覧表

試料番号	採取箇所	深度米 (m)	湧出母岩	湧出量
1	本片上添本層コンベヤー昇	515(45)	夕張層の石炭層(本層)ガス抜きボーリングから湧出	-
2	本片上添本層コンベヤー昇	515(45)	夕張層の石炭層(本層)割れ目から湧出	0.8 l/min
3	奥部本片坑道	565(125)	若鍋層の砂岩と幌内層の頁岩との境界部水抜きボーリングから湧出	5.2 l/min
4	七片第3立入	900(600)	幌加別層の頁岩	滴下程度
5	七片下層切替北向	850(600)	夕張層の頁岩	3~5 l/min (?)
6	遠幌加別川	0	流域には、幌内層の頁岩が分布。表流水	4.4 m ³ /min

* 地表面下, ()内は海面下

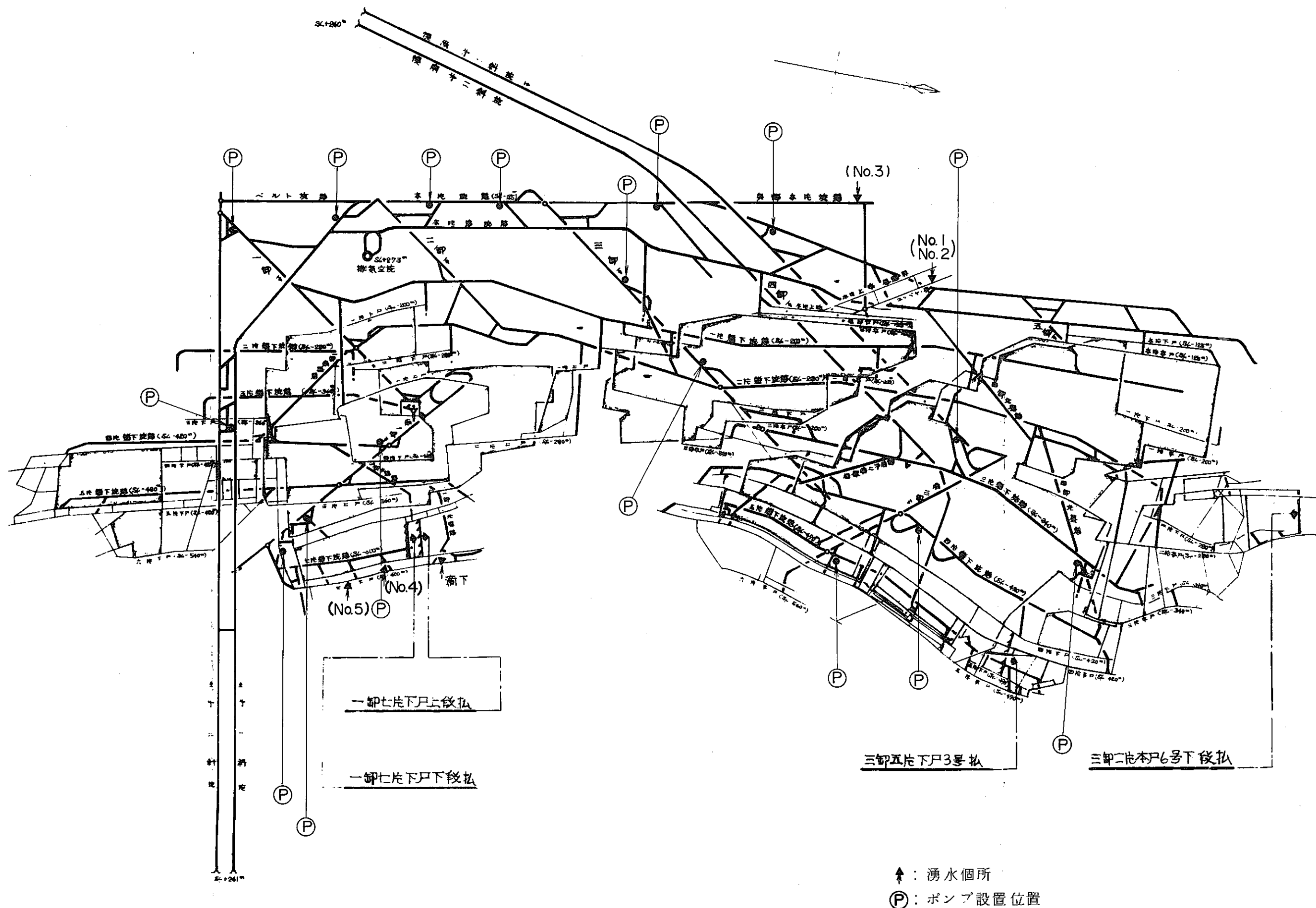


図-14 試料採取地点

2) 分析方法

現地調査では、水温・電気伝導度・pH・RpH・Mアルカリ度および湧出量（または、流量）を測定し、2価鉄の発色操作を行った。また、同時に、溶存化学組成分析用の試料をポリエチレン製試料ビン（1ℓ）に採取した。

水温・電気伝導度・pH・RpH・湧出量および溶存化学組成の分析法は、表-8に示す通りである。

表-8 水質分析法

	分析項目		分析方 法
	記 号	名 称	
現 地 測 定 ・ 分 析	Temp., °C	水 温	標準温度計で補正した1/10度目盛の水銀温度計にて測定
	EC, μV	電 気 伝 導 度	オルガノ株式会社製のAB-N型導電率計により測定し、1°Cにつき2%の温度補正を施し、18°Cにおける電気伝導度をμVで求める。
	pH, RpH	水素イオン濃度	pH: 標準色列によるpH比色セットを用いて測定 RpH: 試水を試験管にとり、充分振とうして試水中のCO ₂ を放出させた後、pHを測定
	Alkalinity (HCO ₃ ⁻)	アルカリ度 (重炭酸イオン)	BCG-MR (ブロムクレゾールグリーン-メチルレッド) 混合指示薬を用い、0.05N-H ₂ SO ₄ で滴定
	Q	湧 出 量	容器により測定
室 内 分 析	Cl ⁻	塩 素 イ オン	硝酸第二水銀による滴定法
	SO ₄ ²⁻	硫 酸 イ オン	比濁法
	Na ⁺	ナトリウムイオン	イオン電極法
	K ⁺	カリウムイオン	炎光光度法
	Li ⁺	リチウムイオン	炎光光度法
	Ca ²⁺	カルシウムイオン	原子吸光法
	Mg ²⁺	マグネシウムイオン	原子吸光法
	NH ₄ ⁺	アンモニウムイオン	吸光光度法
	Fe ²⁺	第一鉄イオン	オルソフェナントロリンによる吸光光度法 現地で発色操作を行い、実験室で吸光度を測定した。
	T-Fe	全 鉄	原子吸光法
SiO ₂	ケ イ 酸	モリブデン黄法	

3) 結果と考察

試料の分析結果として、溶存化学組成一覧を表-9に示す。

(i) 水温

地下水の水温は、限定された地域ではほぼ一定の割合で、深度を増すにつれて上昇するのが普通である。本地区の地下増温率を把握するために、湧水の温度と深度との関係を検討した。その結果を図-15に示す。

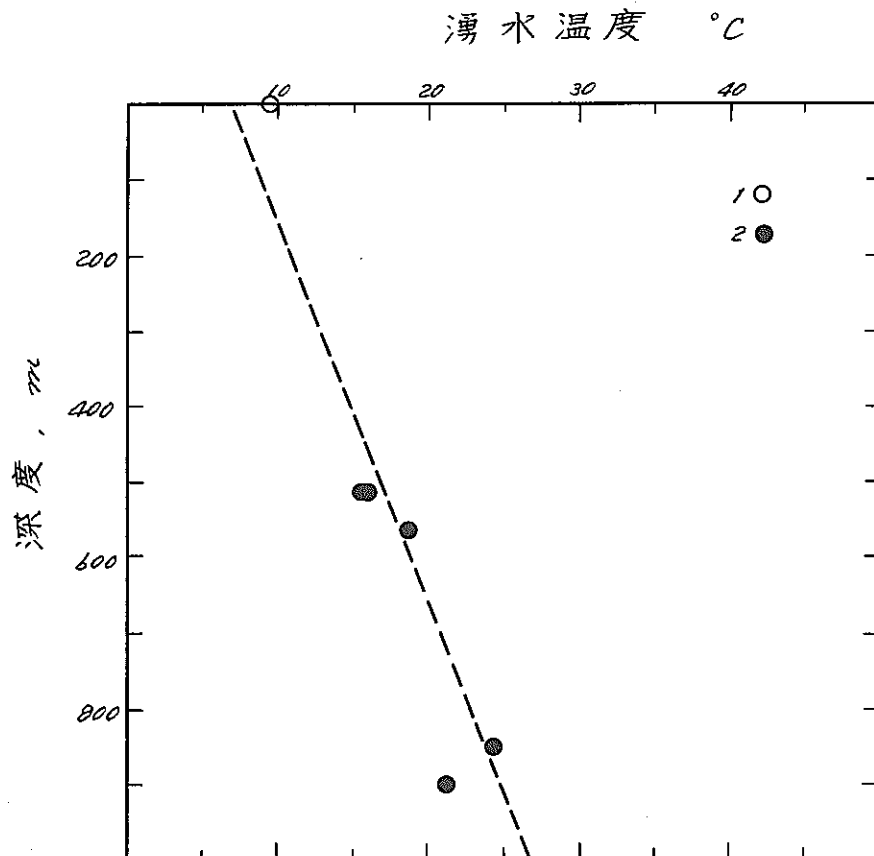


図-15 湧水温度と深度との関係図

1：表流水 2：坑内湧水
深度：地表面からの深さ

表-9 溶存化学組成一覽表

採水地点	處 1		處 2		處 3		處 4		處 5		處 6	
水 温 (°C)	15.6		16.0		18.8		21.1		26.8		9.5	
電気伝導度 (μO , 18°C)	5175		6605		6846		4465		6719		283	
pH (R p H)	8.4		8.1 (8.2)		8.1 (8.4)		8.5 (8.5)		7.9 (8.1)		7.8 (7.9)	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
K ⁺	7.4	0.189	8.4	0.215	8.2	0.210	4.8	0.123	9.0	0.230	1.5	0.038
Na ⁺	1800	78.30	2100	91.35	1800	78.300	1200	52.200	1700	73.950	48	2.088
Li ⁺	2.2	0.317	2.6	0.375	3.7	0.533	0.99	0.143	1.5	0.216	0.074	0.011
Ca ²⁺	3.8	1.896	1.5	0.749	1.8	0.898	1.3	0.649	1.2	0.600	2.2	1.098
Mg ²⁺	7.5	0.617	7.5	0.617	8.2	0.674	4.2	0.345	7.6	0.625	6.6	0.543
Fe ²⁺	1.6	0.057	0.1以下		0.3	0.010	0.1以下		0.2	0.007	0.1以下	
NH ₄ ⁺	1.5	0.083	1.2	0.066	3.9	0.216	0.4	0.002	3.8	0.211		
陽イオン合計		81.459		93.372		80.841		53.713		75.839		3.778
HCO ₃ ⁻		58.997		72.75		29.15		4.04*2		4.03		2.05
SO ₄ ²⁻	5以下	0.104以下	5以下	0.104以下	5以下	0.104以下	4.6	0.957	5以下	0.104以下	7.5	1.560
Cl ⁻	400	11.28	740	20.868	1800	50.760	580	16.356	1500	42.3	7.9	0.222
陰イオン合計*1		70.381		93.722		80.014		57.713		82.704		3.832
SiO ₂	10		9.2		8.8		1.6		1.2		9.5	
全 鉄	20		0.056		0.21		0.51		0.65		0.42	
K/Na × 10 ² (重量比)	0.4		0.4		0.45		0.40		0.53		3.13	
Li/Na × 10 ³ (%)	1.2		1.2		2.1		0.83		0.88		1.54	
湧 出 量 (l / min)	-		0.8		5.2		滴下程度		3~5		4400	

*1 SO₄²⁻が5 ppm以下の場合、5 ppmとして計算した。

*2 総アルカリ度 (CO₃²⁻ + HCO₃⁻) を示す。

本鉾山の坑内湧水の温度は、図-15に示されるように、深度に対して一定の割合で上昇する傾向が認められる。すなわち、100 mに1.9℃の増温率（最小自乗法により算出）を示す。このことから、本地域の地下増温率は1.9℃/100 mと推定される。この値は、日本の平均地下増温率（3℃/100 m）に比べて低い値である。

(ii) pHおよびRpH

本鉾山の坑内湧水は、pH7.9~8.5、RpH8.1~8.5の弱アルカリ性を示し、pHとRpHの差は、ほとんど認められない。表流水は、pH7.8、RpH7.9と弱アルカリ性を示し、坑内湧水と同様、pHとRpHの差は、ほとんど認められない。

(iii) 溶存化学組成の特徴

本鉾山の坑内湧水および表流水のトリリニャー・ダイアグラムを図-16に示す。なお、同図には、参考までに、標準海水および油田塩水のデータ（太秦ほか、1960）を示した。

図-16に示されるように、本鉾山の坑内湧水は、主要溶存化学組成によって2つの型に分類することができる。それらは、 $\text{Na}^+ \cdot \text{HCO}_3^-$ 型のNo.1、No.2およびNo.4、 $\text{Na}^+ \cdot \text{Cl}^-$ 型のNo.3およびNo.5である。石炭層からの湧水（No.1、2）は前者のグループに属し、海成層からの湧水（No.3）は後者のグループに属している。なお、海成層からの湧水（No.3）の化学組成は、油田塩水にきわめて類似している。

一方、本地域の表流水は、中間型に分類され、一般的な河川水の性質を示す。

(iv) 坑内湧水の起源

一國・鈴木（1974）は、東北地方の食塩泉を成因論的に研究し、 $\text{Li}/\text{Na}-\text{K}/\text{Na}$ 図を用いることによって、食塩泉を油田塩水類似の型と食塩に富む熱水類似の型に分類できると報告している。この考えに基づいて、本鉾山の坑内湧水の Li/Na と K/Na との関係を検討した。その結果を図-17に示す。

本鉾山の坑内湧水は、図-17に示されるように、油田塩水、熱水のどちらにも属さない特異な組成を示す。一國・鈴木（1974）は、粘土質堆積物の続成作用に伴うリチウムの放出がカリウムの放出に先行するならば、油田塩水がより高い温度・圧力条件下におかれた時、このような組成のものを生成することも可能であると指適している。したがって、本鉾山の坑内湧水は、地層の堆積時の汽水ないし海水が地層中に閉じ込められ、続成作用の過程で変化したもので、水文循環からまったく孤立しているものと考えられる。

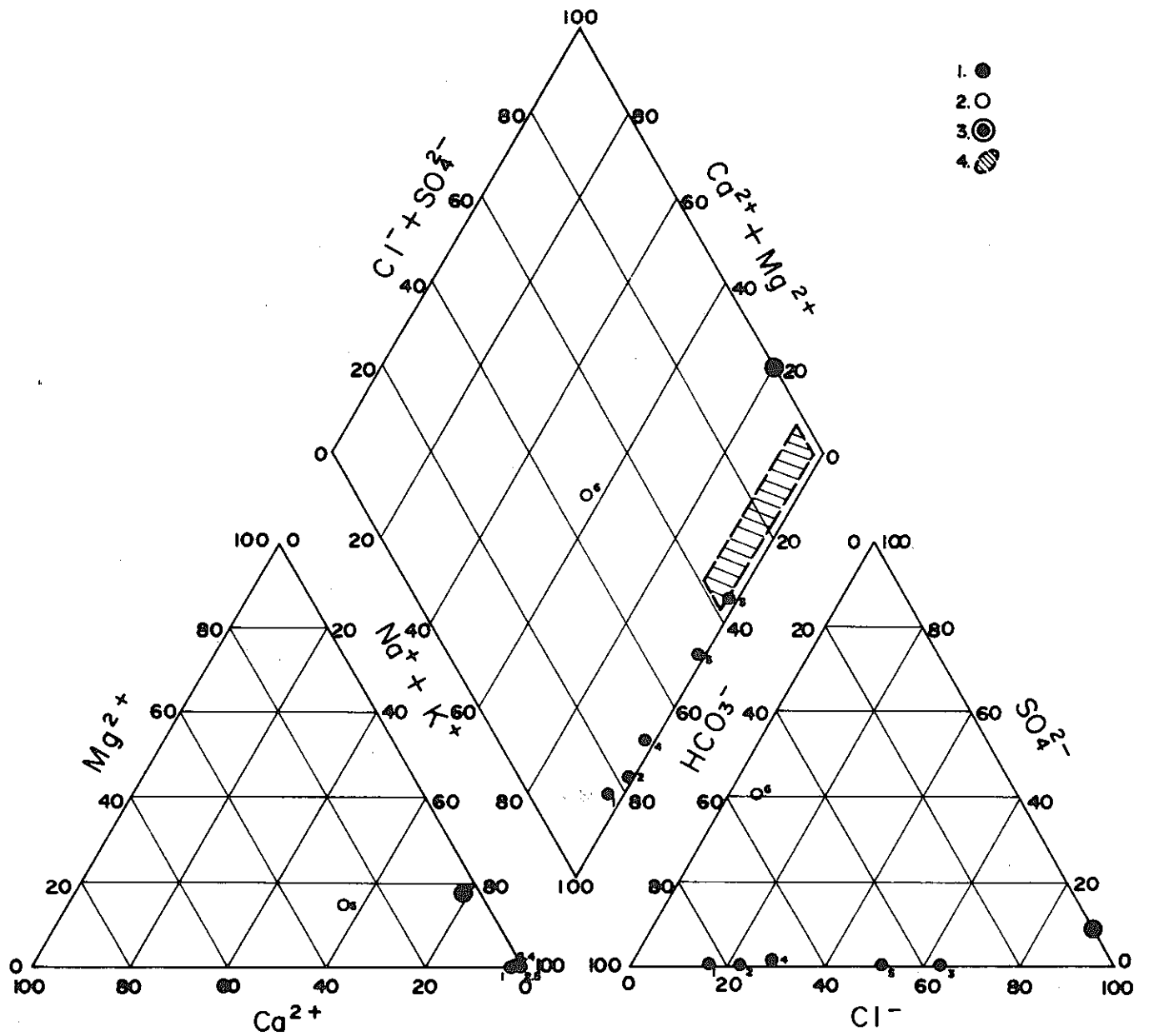


図-16 坑内湧水のトリリニャーダイアグラム

1: 坑内湧水 2: 地表水 3: 標準海水 4: 油田塩水の範囲
 3、4は太妻・那須(1960)、太妻ほか(1960)から引用
 記号に付随する番号は表-7の試料番号に同じ

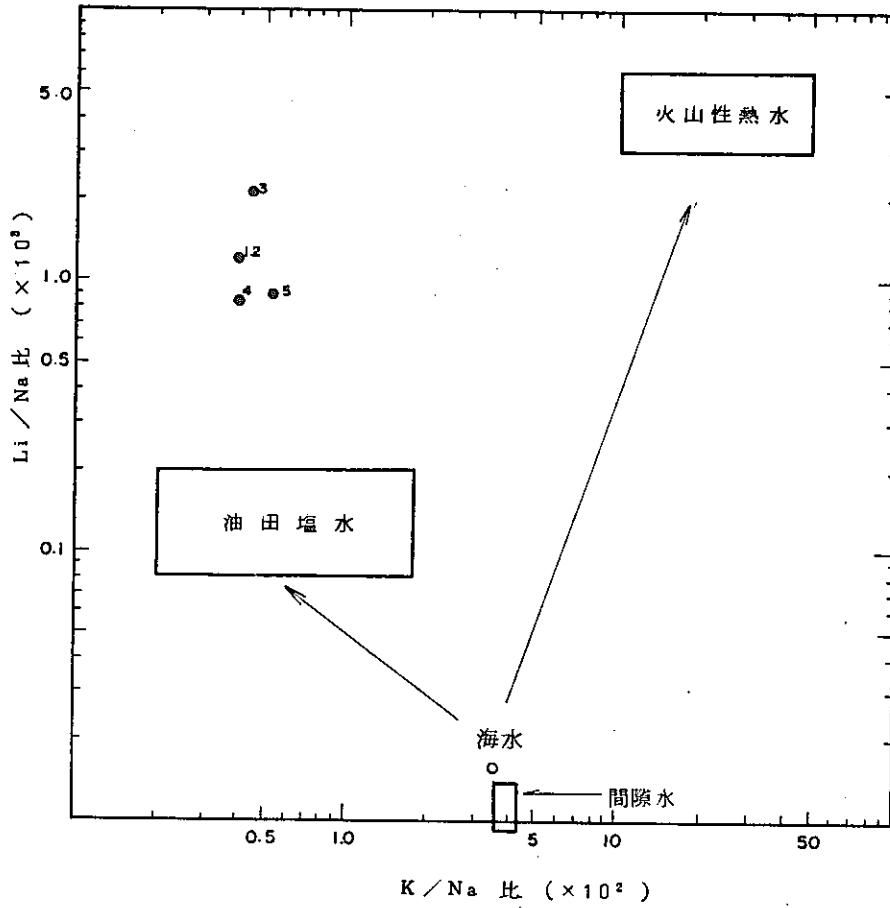


図-17 Li/Na-K/Na 図

●：坑内湧水

記号に付随する番号は表-9の
試料番号に同じ

3-2. 三菱石炭鉱業株式会社 高島鉱業所

3-2-1. 鉱山の概要

1) 位置

本鉱業所は長崎市の南西約15kmの洋上に浮かぶ高島にある。長崎市大波止との間に船便が通じており、所要時間は約50分である。行政的には長崎県西彼杵郡高島町に属する。本鉱業所の位置を図-18に示す。

2) 沿革

本炭鉱は、西暦1700年頃、肥前平戸の領民五平太によって開かれたとされている。1817年に当時の佐賀藩主鍋島侯の所有となった。1868年に英国人グラバー氏との共同経営により、2本の立坑を開削し、我が国最初の洋式機械化炭鉱を開いた。当時の立坑（北溪井坑）は現存している。1874年に官営となり、1882年に岩崎弥太郎が買収した。1907年に二子斜坑を開削し、島南部海底下地域に拡大した。1957年に二子立坑、坑底坑道等を骨幹とする深部開発工事に着手した。1965年に揚炭を開始し、SL-900mレベルまで採炭し1973年に終掘した。1969年より飛島区域の開発に着工し、1973年より、採炭を開始した。現在は、高島から西方に約6km離れた洋上飛島区域の一卸SL-600m以浅で年産60~70万tの規模で操業中である。

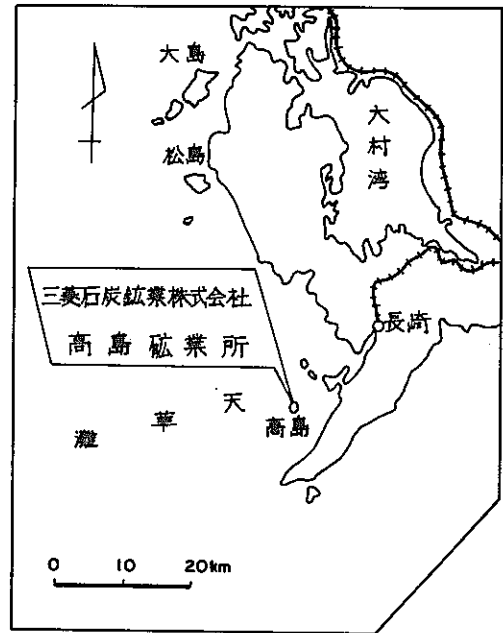


図-18 三菱石炭鉱業株式会社 高島鉱業所の位置図

の立坑（北溪井坑）は現存している。1874年に官営となり、1882年に岩崎弥太郎が買収した。1907年に二子斜坑を開削し、島南部海底下地域に拡大した。1957年に二子立坑、坑底坑道等を骨幹とする深部開発工事に着手した。1965年に揚炭を開始し、SL-900mレベルまで採炭し1973年に終掘した。1969年より飛島区域の開発に着工し、1973年より、採炭を開始した。現在は、高島から西方に約6km離れた洋上飛島区域の一卸SL-600m以浅で年産60~70万tの規模で操業中である。

3) 地形

高島と二子島は現在陸続きとなって周囲約6.4km、面積約1.24km²の小島である。島中央部（標高約115m）が最も高く、約10~15°の傾斜をなしている。島北部では急崖で接する所がある。

また、海底の深度は西方に漸増し、現在稼行中の飛島区域の海底の深度は約70mである。高島の地形ならびに鉱区を図-19に示す。

4) 地質

本地域の地質は、家坂ほか（1971）により、詳細に研究されている。

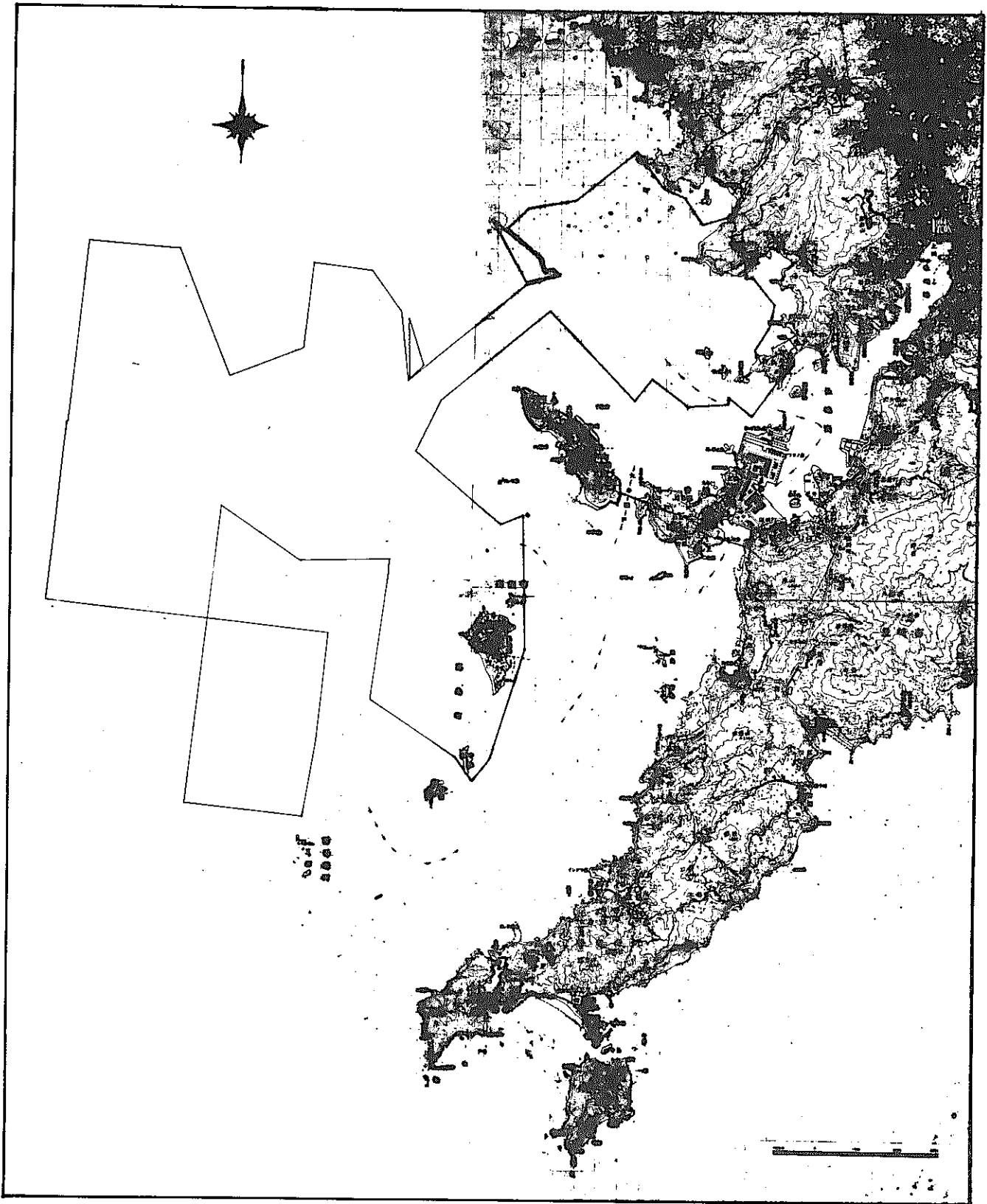



図-19 高島礮業所周辺の地形図

( は鉞区を示す)

本地域は、変成岩類を基盤とし、白亜系の三ッ瀬層および石炭を挟む古第三系の地層が分布している。本地域の地質図および標準地質柱状図を、それぞれ図-20、図-21に示す。

i) 基盤岩類

本地域の基盤岩は^{そのま}彼杵変成岩と呼ばれ、三郡変成岩類、三波川変成岩類のどちらに属するのか問題になっている岩石である。野母半島、三ッ瀬に露出しており、結晶片岩、閃緑岩、輝緑岩、蛇紋岩および花崗岩からなる。結晶片岩は、主に黒色片岩・緑色片岩であり、まれに石灰岩および珪岩の薄層を挟む。

ii) 白亜系

(1) 三ッ瀬層

三ッ瀬層は、基盤岩類を不整合に覆う、層厚700 m(+)の地層で、礫岩・砂岩および青紫～赤紫色頁岩の不規則な互層からなる。本層は淡水成であるが、最上部は、端島坑内では海成層となっている。

iii) 古第三系

本地域の古第三系は、白亜系を不整合に覆って発達し、下位より^{こうやき}香焼層・^{ふたごしま}二子島層・^{はしま}端島層・^{おきしま}沖ノ島層および^{いおうじま}伊王島層からなる。全層厚は1000～2000 m(+)におよんでいる。

(1) 香焼層

香焼層は三ッ瀬層を不整合に覆う。三ッ瀬層と類似の礫岩、砂岩、青紫～赤紫色の頁岩の不規則な互層からなる。三ッ瀬層にくらべて、砂岩がやや優勢となり、節理やき裂も発達していない。層厚は約300 mで大部分が淡水成層と考えられている。

(2) 二子島層

二子島層は最下部 Lower Orthaulax Japonicus Zone と呼ばれる貝化石帯があり、下位の香焼層に整合に重なる。主として砂岩、頁岩の互層からなり、礫岩や炭層を伴う。層厚は、端島約280 m、飛島地区75～90 mであり、汽水～浅海成層とされている。

(3) 端島層

端島層は本地域の主要な挟炭層で、青灰色中粒～細粒石英質砂岩、灰白色含礫砂岩、暗灰色頁岩および砂質頁岩の互層からなる。飛島区域では走向がNW-SEで傾斜は20～30°である。

下位より新五尺層、十八尺層、^{ばんと}磐砥層・^{ごま}胡麻層・上三尺層および上八尺層など5～

8枚の炭層を挟み全炭層厚は14~20mであるが、現在稼行対象となっているのは新五尺層、十八尺層、磐砥層および胡麻層の4層である。層厚は北から南、東から西へと厚さを増し、同時に炭層も肥厚し、良質となる。現在は閉坑しているが端島および二子坑では火成岩(ソレイアイト質玄武岩)が炭層にシート状に併入あるいは断層に沿って、貫入しており、石炭の焼化現象がおこり“ヤケ”と呼ばれている。産する化石より汽水~一部淡水成層とされている。

(4) 沖ノ島層

沖ノ島層は、通常端島層の上に整合に重なる浅海成層~一部汽水成層であり、海緑石砂岩帯により、上下2層に細分されている。

(a) 下部沖ノ島層：本層は、主として砂管を多量に含む浅海成の灰白色中粒~含礫砂岩よりなり、上部程粗粒砂岩が優勢となるが、下部には暗灰色~灰色頁岩・炭質頁岩および炭層を挟む。

(b) 上部沖ノ島層：本層は、主として暗灰色~暗緑灰色砂質頁岩および緑色細粒砂岩よりなる。海緑石はしばしば濃集帯を成しているのが見られるが、特に最下部のものは特徴的である。

(5) 伊王島層

伊王島層は、厚さ500m以上の浅海成層~一部汽水成層で、千畳敷礫岩層により上・下2層に細分されている。

(a) 下部伊王島層：本層は、厚さ約250mで、下部は、約40mのいわゆる出崎礫岩にはじまり、中部は青灰含礫砂岩~砂岩を主とし、炭^{すみくい}噴砂岩と呼ばれる、人頭大~拳大の石炭礫を多く含む砂岩がある。上部は主として炭質頁岩を挟む青灰色砂岩と雲母質細粒砂岩~泥岩の互層からなる。層厚は230~250mであり、沖ノ島層とは整合、不整合の両説がある。

(b) 上部伊王島層：本層は主として雲母質砂岩~泥岩の互層からなり、下部層とは整合関係である。層厚は約200mである。伊王島層は浅海成~一部汽水成層とされている。

本地域の地質構造は西方の海に向かって開いた数個の半盆状構造を呈し、これらは幾本かの断層で境されている。

断層はNW-SE系のものが多い。飛島区域はいずれも正断層のENE-WSW系の北

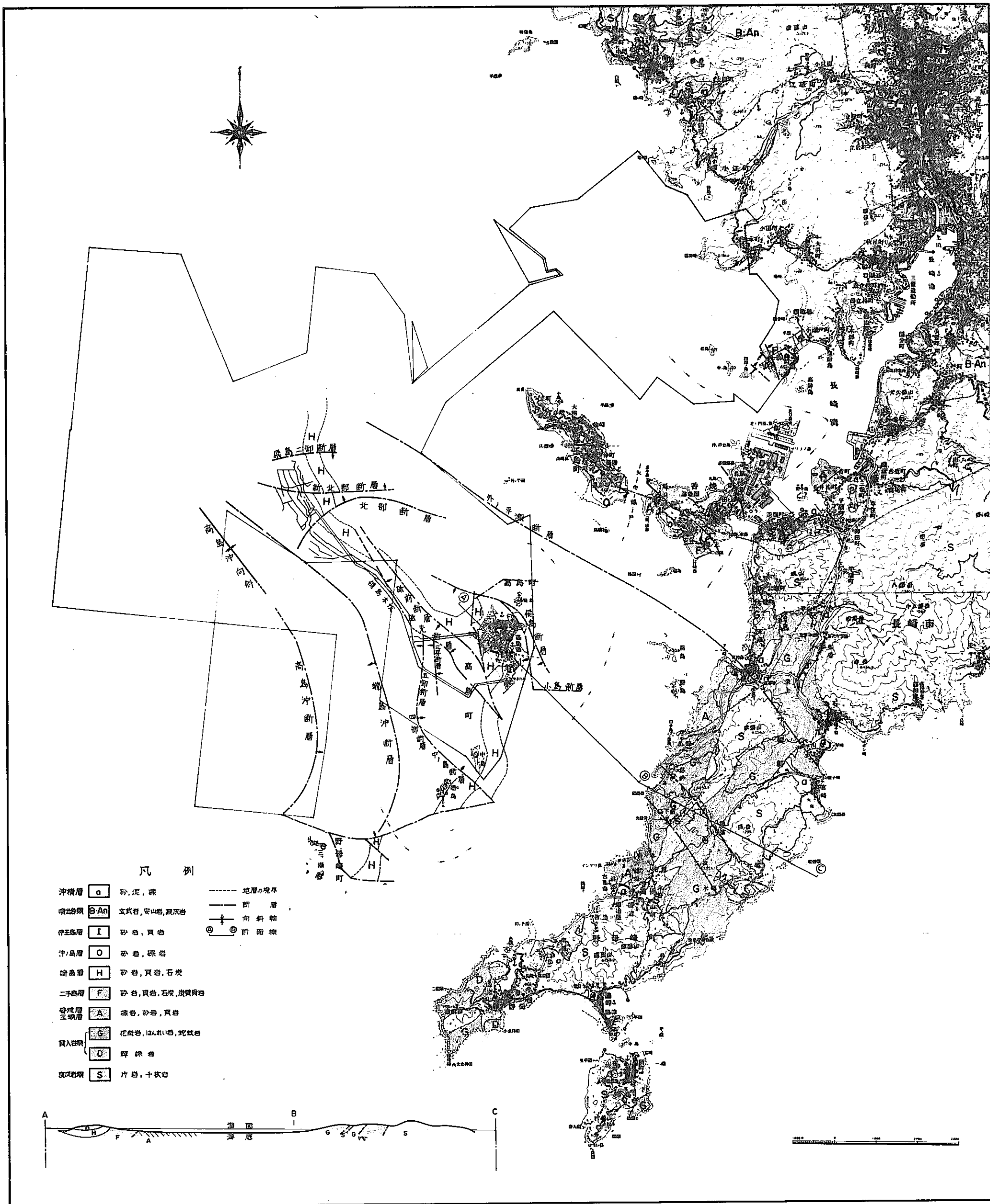


図-20 高島砒業所周辺の地質図

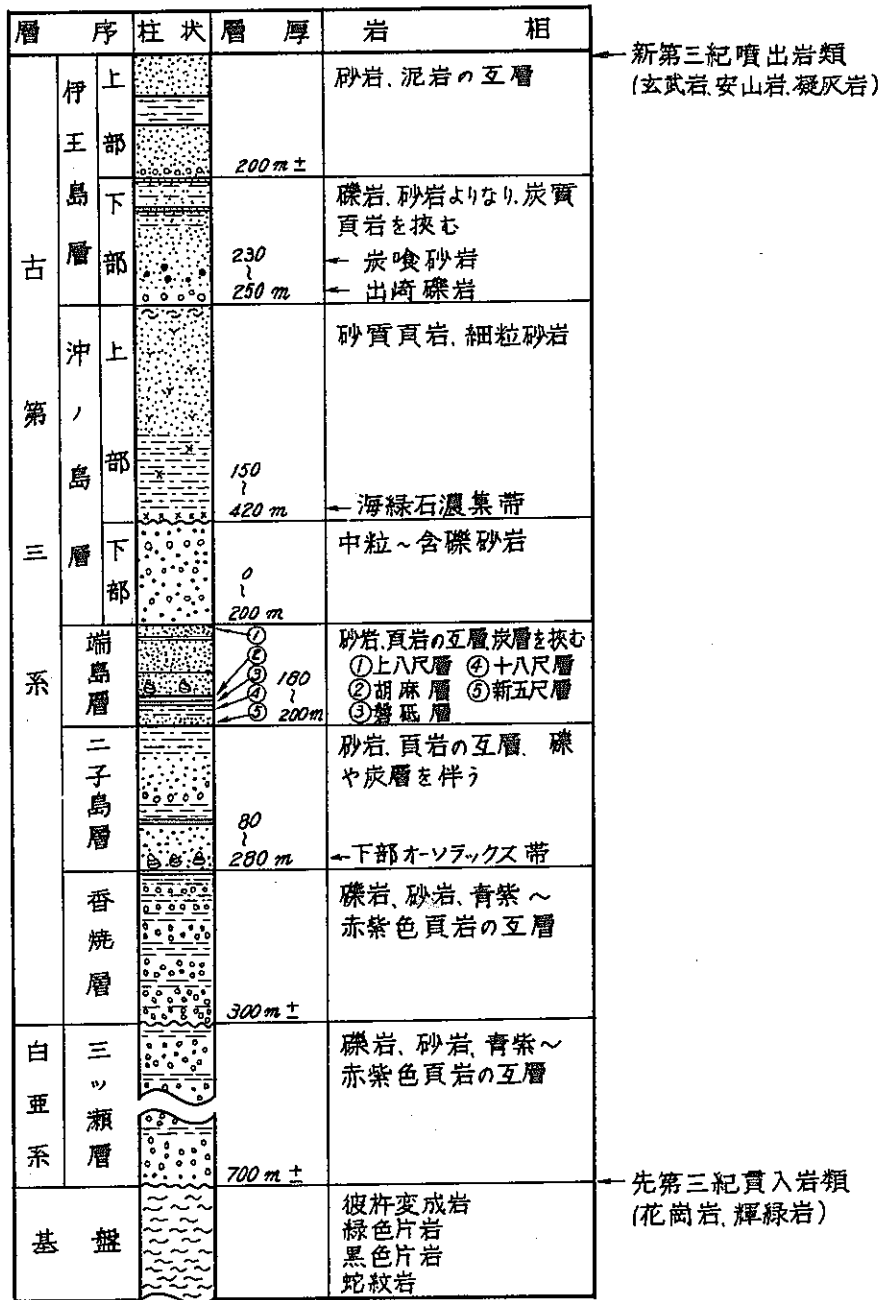


図-21 高島礪業所周辺の標準地質柱状図

部断層（傾斜 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，落差 100 m ）とE-W系の新北部断層（傾斜 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ；落差 100 m ）で規制されている。

また，家坂，他（1971）は，古第三系，特に二子島層，端島層，沖の島層の層厚の変化状況や端島層の炭層の発達状況と炭質の変化などから堆積盆の中心は端島の西方～南西方にあるとしている。

飛島区域の地質断面を図-22に示す。

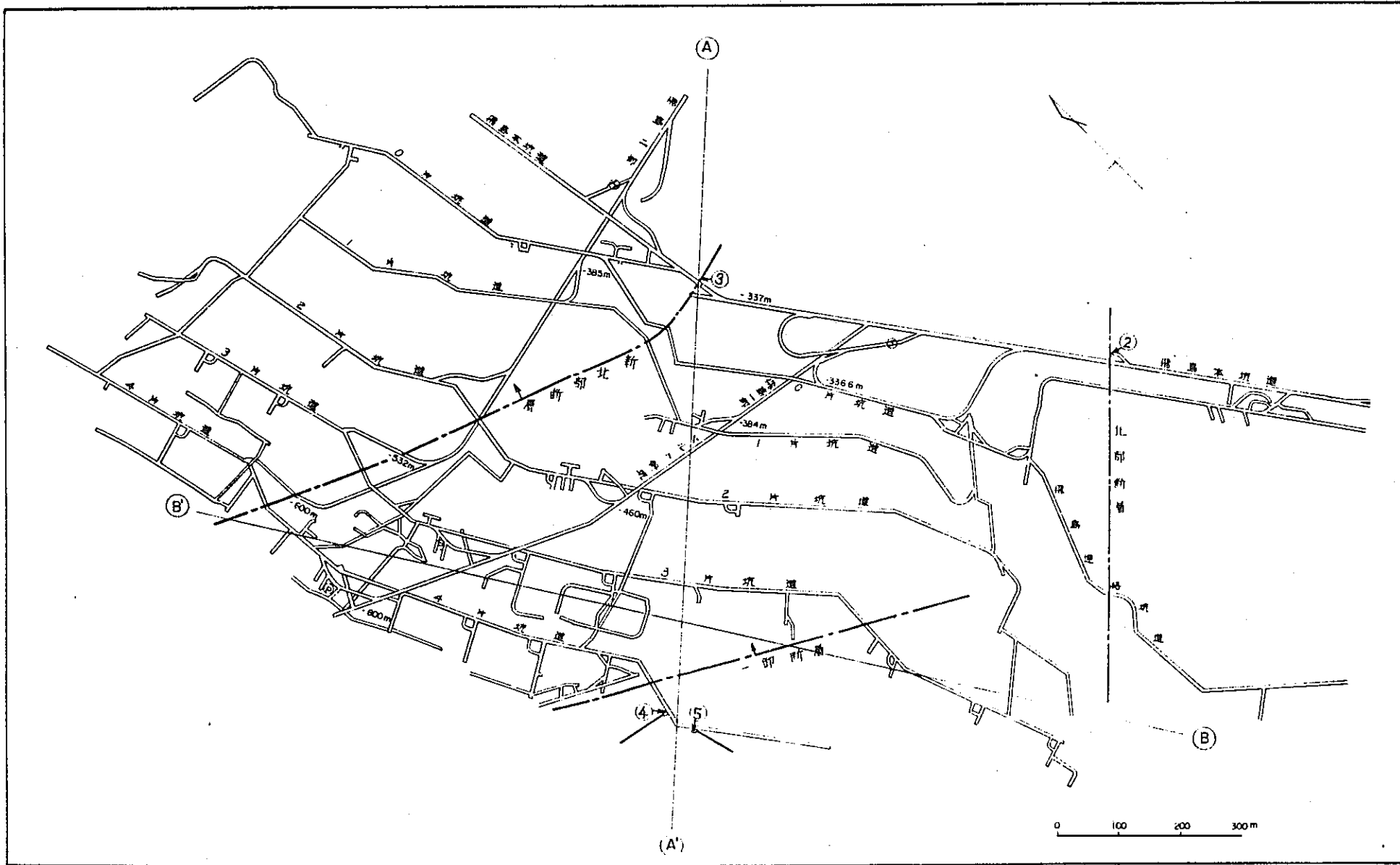


図-22-1 断面線の位置

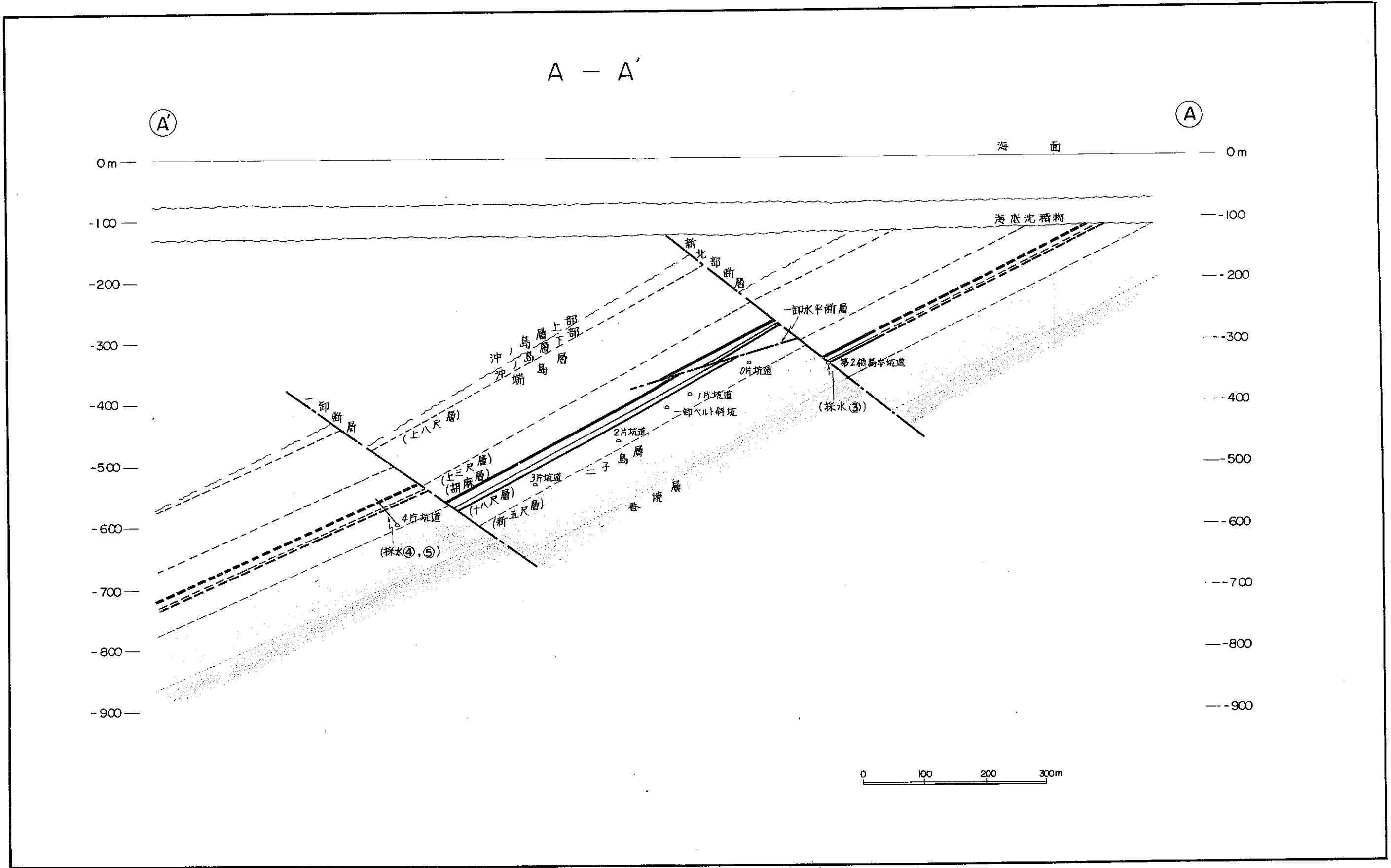


図-22-2 飛島区域の地質断面図

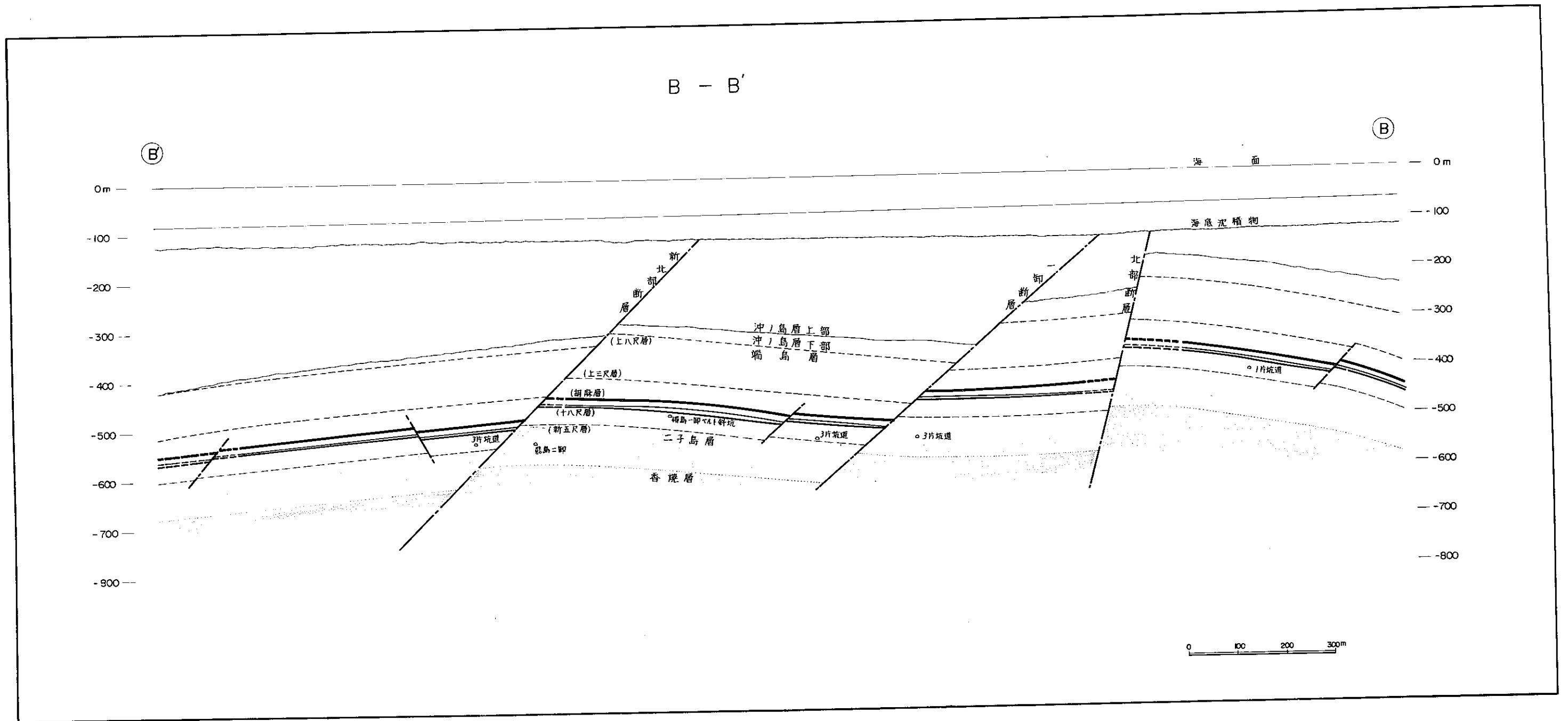


図-22-3 飛島区域の地質断面図

5) 操業状況

稼行炭層は端島層の新五尺層，十八尺層，磐砥層および胡麻層の4層で，飛島区域の一卸，二卸と六卸区域のSL-600 m以浅で稼行中である。鉱業所の概況および坑内の概況を図-23に示す。

i) 採 炭

炭層より約20 m下の岩盤内に設けた片盤坑道から50～150 m間隔に水平目抜坑道を掘削して払長100～200 mの片盤向長壁式採炭法で上位の胡麻層から十八尺層まで累層採掘をしている。ガス抜ボーリング等により保安に努めている。採掘跡は選炭 とフライアッシュセメントミルクの混合物を流送充填し，自然発火の防止，坑廃水の対策，ばいじんの対策にあたっている。

ii) 通 気

第一，第二斜坑および二子立坑の3坑口から扇風機により入気を行い，飛島区域に分流し，蛸瀬立坑から排気を行っている。

iii) 排 水

流送充填や散水，冷房水をポンプでバックに集約し，さらに二子立坑で揚水し排水を行っている。坑口での排出量は $6.7\text{m}^3/\text{分}$ 程度である。

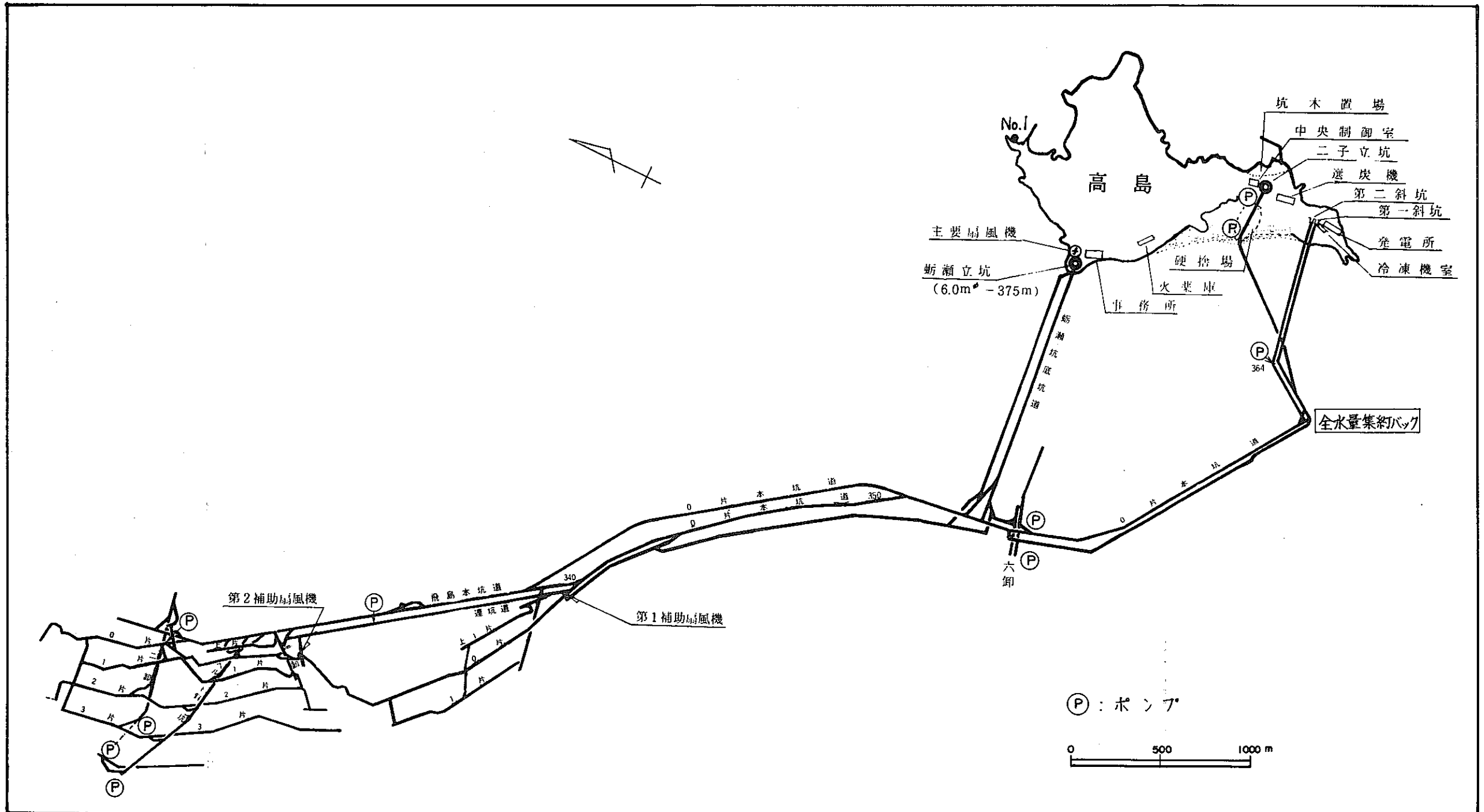


図-23 高島砒業所および坑内の概況図

3-2-2. 気 象

本鉱業所周辺の月間降水量を表-10に、月間降水量の推移を図-24に示す。

表-10 月 間 降 水 量

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
51	29.5	185.0	127.5	123.0	186.7	258.0	417.0	166.0	378.0	158.5	53.0	97.5	2179.7
52	29.0	61.5	88.5	169.2	185.5	420.0	85.0	218.6	84.0	29.0	103.0	64.2	1537.5
53	92.5	26.5	58.5	150.0	55.0	356.2	29.5	166.0	120.0	55.0	63.0	67.5	1239.7
54	98.0	148.5	141.2	240.0	84.5	560.0	273.0	390.5	47.0	91.0	91.5	79.0	2243.7
55	119.3	35.0	151.5	179.5	288.5	256.0	—	—	—	—	—	—	(1029.8)

注) 降水量の測定は長崎気象台で行われている。

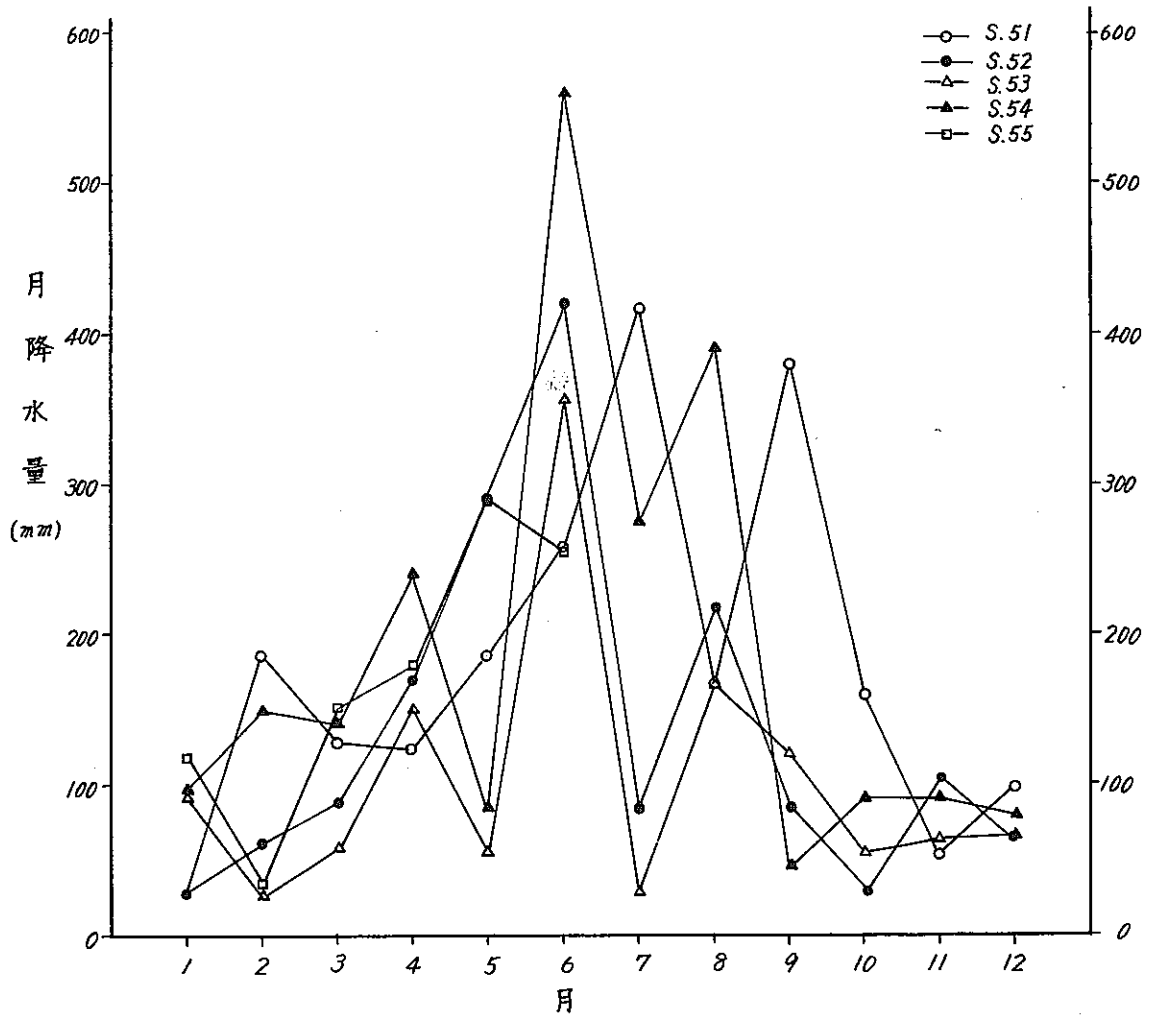


図-24 月間降水量の推移図

年降水量は 1200 ~ 2200 mm と年毎に大きな差がみられる。

3-2-3. 湧水状況

1) 坑内

坑内での湧水状況を把握し、湧水と地質条件との関係を明らかにする目的で、1980年11月中旬に現地調査を実施した。坑内の湧水地点を図-25に、湧水状況を表-11に示す。

表-11 坑内湧水個所一覧表

№	湧水地点	深度(m)	湧出母岩	湧出量(ℓ/分)
②	飛島本坑北部断層水抜坑道	337	断層湧水	200
③	飛島本坑新北部断層	337	断層湧水	坑壁より多数滴下している
④	飛島一卸四片坑道№8BO座	600	端島層探炭ボーリングから湧出	10
⑤	飛島一卸四片坑道№9BO座	600	端島層探炭ボーリングから湧出	滴下

注) 深度は海水面からの値である。

№2 および №3 地点の湧水は、断層から湧出するものである。№2 地点の湧水は、二子島層の礫岩と香焼層の赤紫色頁岩が北部断層で相接している個所から湧出している。№3 地点の湧水は、二子島層の砂質頁岩と端島層の十八尺層が新北部断層で相接している個所から湧出しており、坑壁から多数滴下している程度である。№4 および №5 地点の湧水は、四片坑道の BO 座の天盤に掘削された探炭ボーリング孔（昭和55年4月掘削）から湧出するものである。ボーリング柱状図からみて、№4、5 地点の湧水は、端島層の炭層および砂岩から湧出していると考えられる。

飛島区域の端島層の掘削に伴う湧水に関しては以下のような現象が観察されている。

上位の胡麻層が累層採掘の最初の対象となり磐砥層、十八尺層の順となるが、胡麻層沿層掘進において数10ℓ/分程度の湧水あるいはボーリング孔より湧水を見ることが多い。しかし逐次減少していき、1~2週間で消滅に近い状態に至る。胡麻層の払においても、主に天盤のき裂から滴下する程度の湧水がみられるが長期にわたり継続することはない。その他の炭層では胡麻層にみられるような湧水はおこらない。これは胡麻層の天盤が主に砂岩からなり、帯水性あるいは透水性がよいため胡麻層採掘時に湧水し、その他の炭層の採

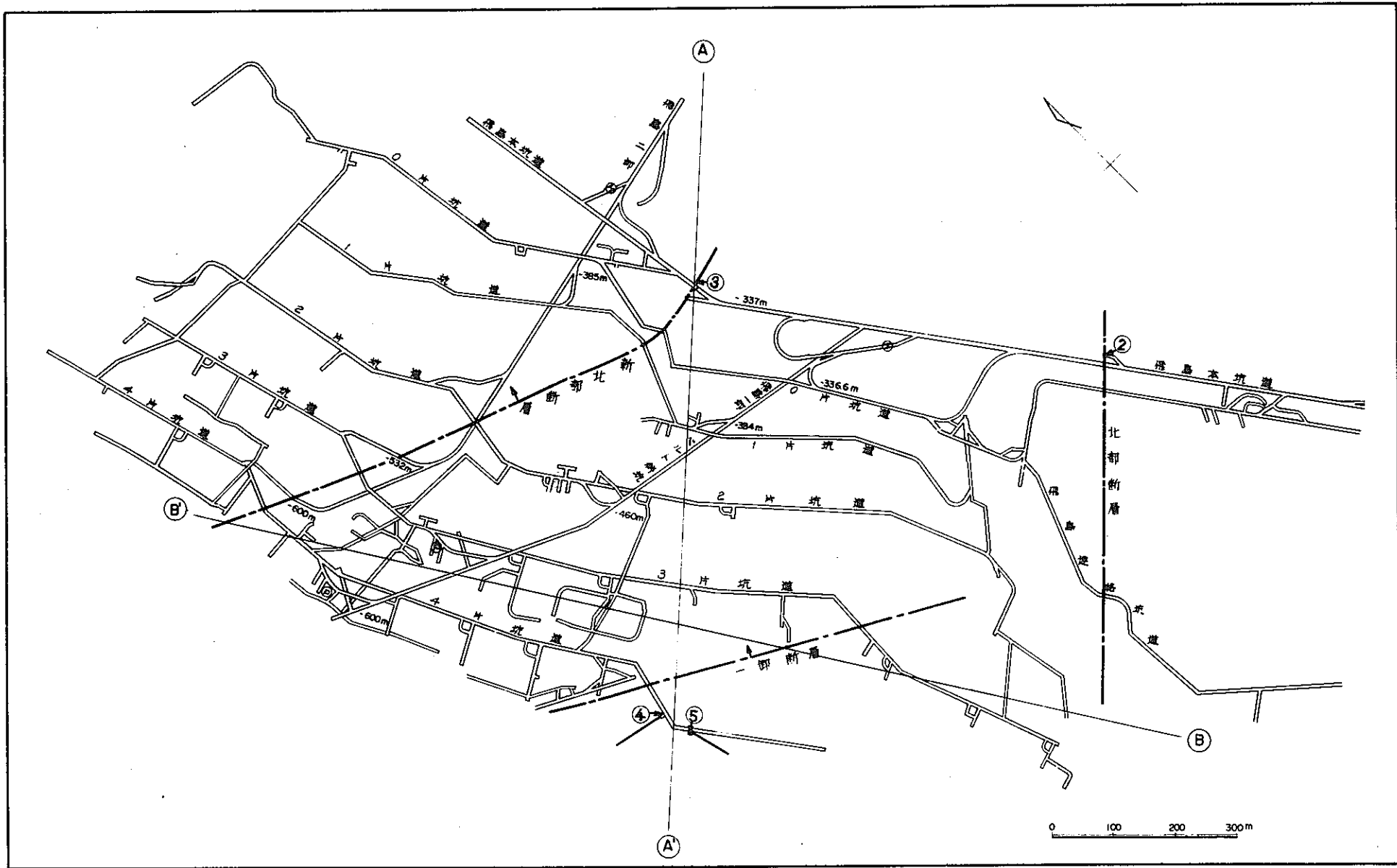


图-25 抗内湧水地点图 (飛島区域)

②~⑤: 湧水地点

掘に移るまでにほとんど消滅状態に至るためと考えられている。

飛島区域開発において昭和44年～47年にかけて掘削された飛島本坑の湧水状況は当時の資料によれば以下のようなものである。

飛島本坑道は九卸の起点から飛島二卸にかけて延長約2.6km掘削されているが、途中起点から約100 m地点で八卸断層（落差10～20 m）、約480 m地点で九卸断層（落差約10～20 m）、約1450 mで北部断層、約2100 m地点で新北部断層に達しており、八卸断層と九卸断層の間では二子島層、九卸断層と北部断層の間では香焼層、北部断層と新北部断層の間には二子島層、新北部断層から奥は端島層が分布している。各々の地層で坑道掘削に先行して穿たれたボーリング孔あるいは坑壁のき裂から湧水しており、少ない所で50ℓ/分程度、多い所で1000 ℓ/分程度の湧水量が記録されている。また切羽の進展に伴って、湧水的位置は切羽側に移行し、後方の湧水は減衰してくる。減衰から消滅の時間は短いもので2～3日、長いもので4ヶ月程度であるが、減衰の様子は記録がないので明らかではない。しかし現在飛島本坑で観察される湧水は、 $\#3$ （図-25参照）の新北部断層で滴下程度であり、ほとんど $\#2$ 地点（図-25参照）の北部断層に集中している。

なお、下部レベルでこれらの断層を貫通した時はほとんど出水していなかった。

従って、現在飛島区域で観察される湧水は上部レベル（SL-337 m）で断層からの湧水、下部レベル（SL-600 m）では、端島層からの湧水が主であると考えられる。

この他に、坑口から飛島区域間で過去における採掘より尾を引いた湧水があって現在排水中のものがある。湧出母岩は明らかでないが湧水場所と湧出量は表-12に示す通りである。

表-12 高島鉱業所における主な湧水

場 所	内 容	湧出量ℓ/分(m^3 /日)
斜 坑	第一斜坑および第二斜坑の明治42年掘削以来の湧水	300 (432)
蛸瀬四中段	蛸瀬立坑の第四中段坑道（SL-209 m）に旧古洞水を集水して揚水している。	400 (576)
六 本 卸	坑中央部の深側にかけて広がる旧二子炭鉱採掘区域の湧水	600 (864)
六 卸 上 部	六卸区域浅部の採掘による湧水	S.55.8現在で1150 (1656) 目下減衰中
飛島本坑道	主に北部断層貫縫個所の湧水	200 (288)
合 計		2650 (3816)

2) 坑 外

高島は小島であり河川等は見られない。降雨は大部分海へ流下するが、島北部に 1868 年に掘削され、現存している立坑（北溪井坑）では降雨による水位上昇が観察されている。

3-2-4. 湧水の性質

1) 試料

1980年11月中旬、本鉾山の坑内湧水の起源を把握し、水量の予測を行う目的で、代表的と考えられる坑内湧水を採取した。また、比較検討を行うために、本地域の海水を採取した。試料一覧を表-13に、試料採取地点を図-23, 26に示す。

表-13 分析試料一覽表

試料番号	採取箇所	深 度* (m)	湧 出 母 岩	湧 出 量
1	南風とまり	0	海 水	—
2	飛島本坑北部断層水抜坑道	337	断層湧水	200 l/min
3	飛島本坑新北部断層	337	断層湧水	側壁より多数 滴下する程度
4	四片坑道№8 BO座	600	端島層 探炭ホーリングから湧出	10 l/min
5	四片坑道№9 BO座	600	端島層 探炭ホーリングから湧出	滴下程度

* 海水面下

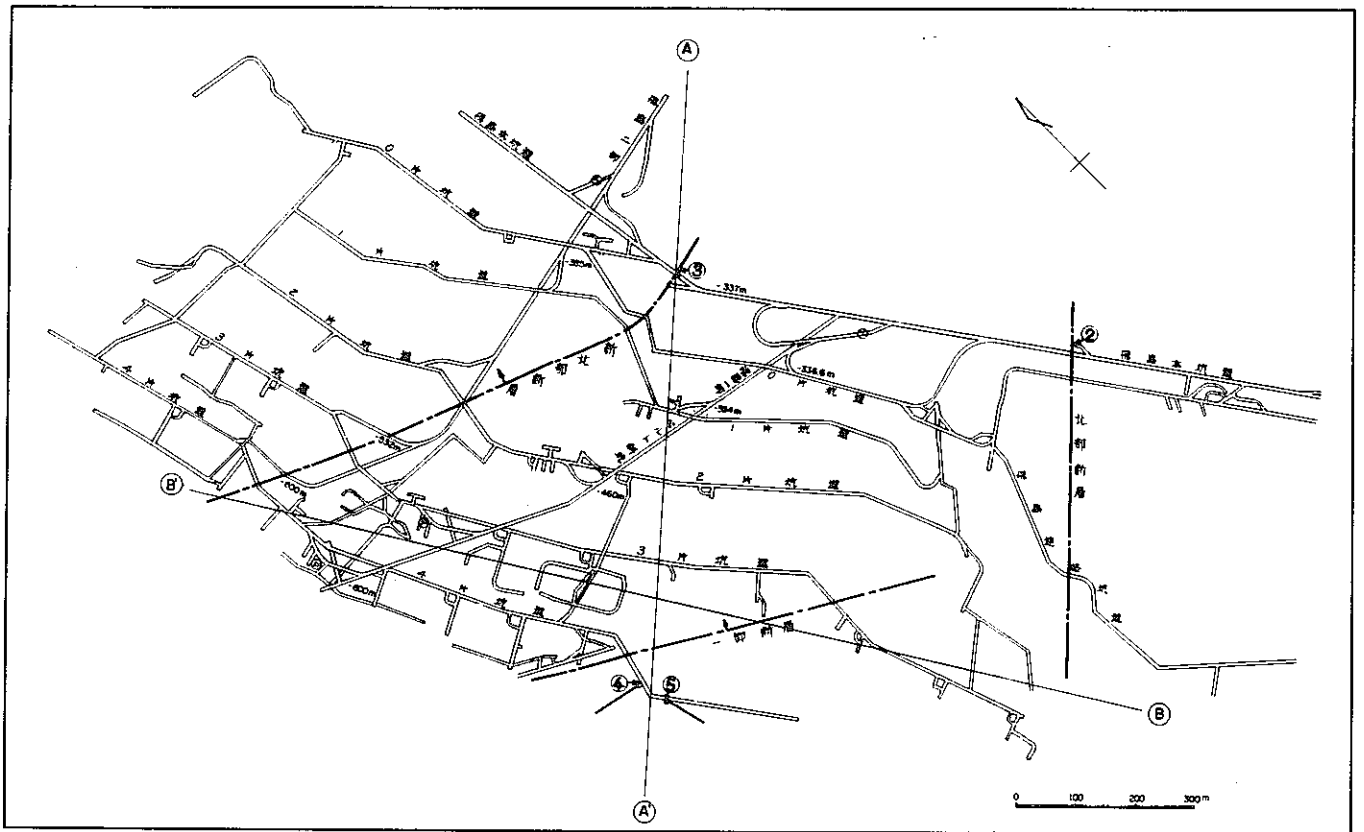


図-26 水質分析用試料採取地点図(②~⑤)

2) 分析方法

現地調査では、水温・pH・RpH および湧出量を測定し、 Fe^{2+} ・T-Fe および NH_4^+ 分析用試料、その他の溶存化学組成分析用試料を別々にポリエチレン製試料ビンに採取した。なお、 Fe^{2+} 、T-Fe および NH_4^+ 分析用試料については、現地で試料100 ml当たり塩酸(6N)を1 ml加え、酸性にして実験室へ持ち帰った。

水温・電気伝導度・pH・RpH・湧出量および溶存化学組成の分析法は、表-14に示す通りである。

表-14 水 質 分 析 法

	分 析 項 目		分 析 方 法
	記 号	名 称	
現 地 測 定 ・ 分 析	Temp., °C	水 温	標準温度計で補正した1/10度目盛の水銀温度計にて測定
	pH, RpH	水素イオン濃度	pH: 標準色列によるpH比色セットを用いて測定 RpH: 試水を試験管にとり、充分振とうして試水中のCO ₂ を放出させた後、pHを測定
	Q	湧 出 量	容器により測定
室 内 分 析	EC, μΩ	電 気 伝 導 度	東亜電波工業株式会社製CM-IDB型電導度計により測定し、1°Cにつき2%の温度補正を施し、18°Cにおける電気伝導度をμΩで求める。
	Alkalinity (HCO ₃ ⁻)	ア ル カ リ 度 (重炭酸イオン)	BCG-MR (ブロムクレゾールグリーン-メチルレッド) 混合指示薬を用いて、0.02N-H ₂ SO ₄ で滴定
	Cl ⁻	塩 素 イ オ ン	硝酸第二水銀による滴定法
	SO ₄ ²⁻	硫 酸 イ オ ン	重 量 法
	Na ⁺	ナトリウムイオン	炎光光度法
	K ⁺	カリウムイオン	炎光光度法
	Li ⁺	リチウムイオン	炎光光度法
	Ca ²⁺	カルシウムイオン	EDTA滴定法
	Mg ²⁺	マグネシウムイオン	EDTA滴定法
	NH ₄ ⁺	アンモニウムイオン	蒸留後滴定、吸光光度法(ネスラー法)
	Fe ²⁺	第一鉄イオン	オルソフェナントロリンによる吸光光度法
	T-Fe	全 鉄	オルソフェナントロリンによる吸光光度法
	SiO ₂	ケ イ 酸	モリブデン青法

3) 結果と考察

試料の分析結果として、溶存化学組成一覧を表-15に示す。

(i) 水 温

地下水の水温は、特定の地区ではほぼ一定の割合で、深度を増すにつれて上昇するのが普通である。本地域の地下増温率を把握するために、湧水の温度と深度との関係を検討した。その結果を図-27に示す。なお、同図には、渡辺ほか(1963)のデータが含まれている。

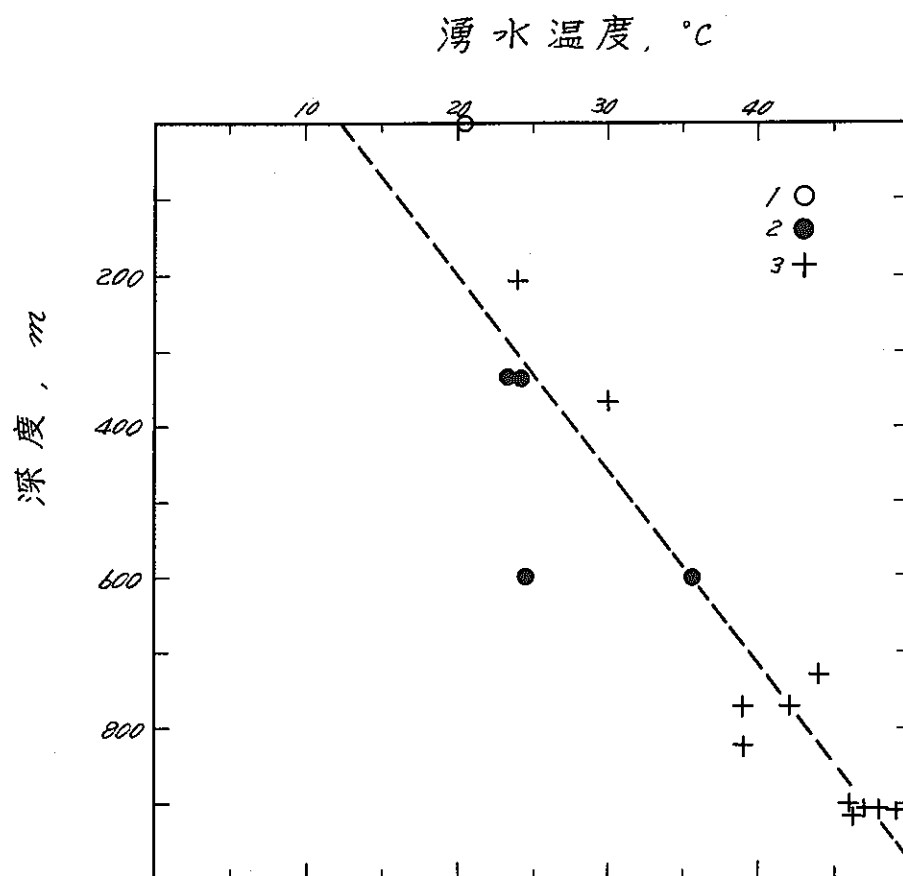


図-27 湧水温度と深度との関係図

- 1 : 海水 2 : 坑内湧水
 3 : 坑内湧水, 渡辺ほか(1963)
 から引用

本鉱山の坑内湧水の温度は、図-27に示されるように、深度に対して一定の割合で上昇する傾向が認められる。すなわち、100 mに3.9°Cの増温率(最小自乗法により算出)を示す。このことから、本地域の地下増温率は3.9°C/100 mと推定される。この値は、日本の平均地下増温率(3°C/100 m)に比べて高い値である。

表-15 溶存化学組成一覽表

採水地点	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5	
水温 (°C)	20.4		23.3		24.4		35.6		24.5	
電気伝導度 (μS, 18°C)	37700		37100		36700		31400		32700	
pH (R p H)	8.2(8.2)		7.7(7.9)		8.0(8.1)		7.5(7.7)		7.9(7.9)	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
K ⁺	644	16.486	319	8.166	223	5.709	130	3.328	145	3.712
Na ⁺	11100	482.85	10200	443.7	10200	443.7	9200	400.2	10100	439.35
Li ⁺	0.19	0.028	0.60	0.088	0.56	0.082	0.99	0.145	1.12	0.163
Ca ²⁺	372	18.563	929	46.357	873	43.563	594	29.641	505	25.200
Mg ²⁺	1310	107.682	1170	96.174	1070	87.954	184	15.125	334	27.455
Fe ²⁺	-	-	0.04以下	0.001以下	0.05	0.002	0.84	0.030	0.97	0.035
NH ₄ ⁺	-	-	3.8	0.211	1.4	0.078	8.8	0.488	9.8	0.543
陽イオン合計*1		625.609		594.697		581.088		448.957		496.458
HCO ₃ ⁻		2.19		2.18		1.91		1.70		3.40
SO ₄ ²⁻	2660	553.28	2480	515.84	2040	424.32	4.0	0.083	204	4.243
Cl ⁻	19100	538.62	18800	530.16	19200	541.44	16000	451.20	16700	470.94
陰イオン合計		596.138		583.924		585.782		452.983		478.583
SiO ₂	0.0		2.3		2.6		7.8		6.0	
全鉄	0.03		0.06		0.79		3.06		3.61	
K/Na × 10 ³ (重量比)	5.8		3.2		2.2		1.4		1.4	
Li/Na × 10 ³ ("	0.017		0.059		0.055		0.108		0.111	
湧出量 (L/時)	-		200		多数滴下する程度		10		滴下程度	

*1 Fe²⁺ が 0.04 ppm 以下の場合、0.04 ppm として計算した。

(ii) pHおよびRpH

本鉾山の坑内湧水は、pH7.5~8.0、RpH7.7~8.1の弱アルカリ性を示し、いずれも海水に比べて低い値である。また、pHとRpHとの差は、ほとんど認められない。

(iii) 溶存化学組成の特徴

本鉾山の坑内湧水および海水のトリリニヤー・ダイヤグラムを図-28に示す。なお、同図には、参考までに、油田塩水のデータ(太秦ほか, 1960)を示した。

図-28に示されるように、本鉾山の坑内湧水は、いずれも $\text{Na}^+\cdot\text{Cl}^-$ 型を示す。この中、断層湧水(No. 2, 3)は、海水に近い性質を示すのに対し、端島層からの湧水(No. 4, 5)は、油田塩水に近い性質を示す。

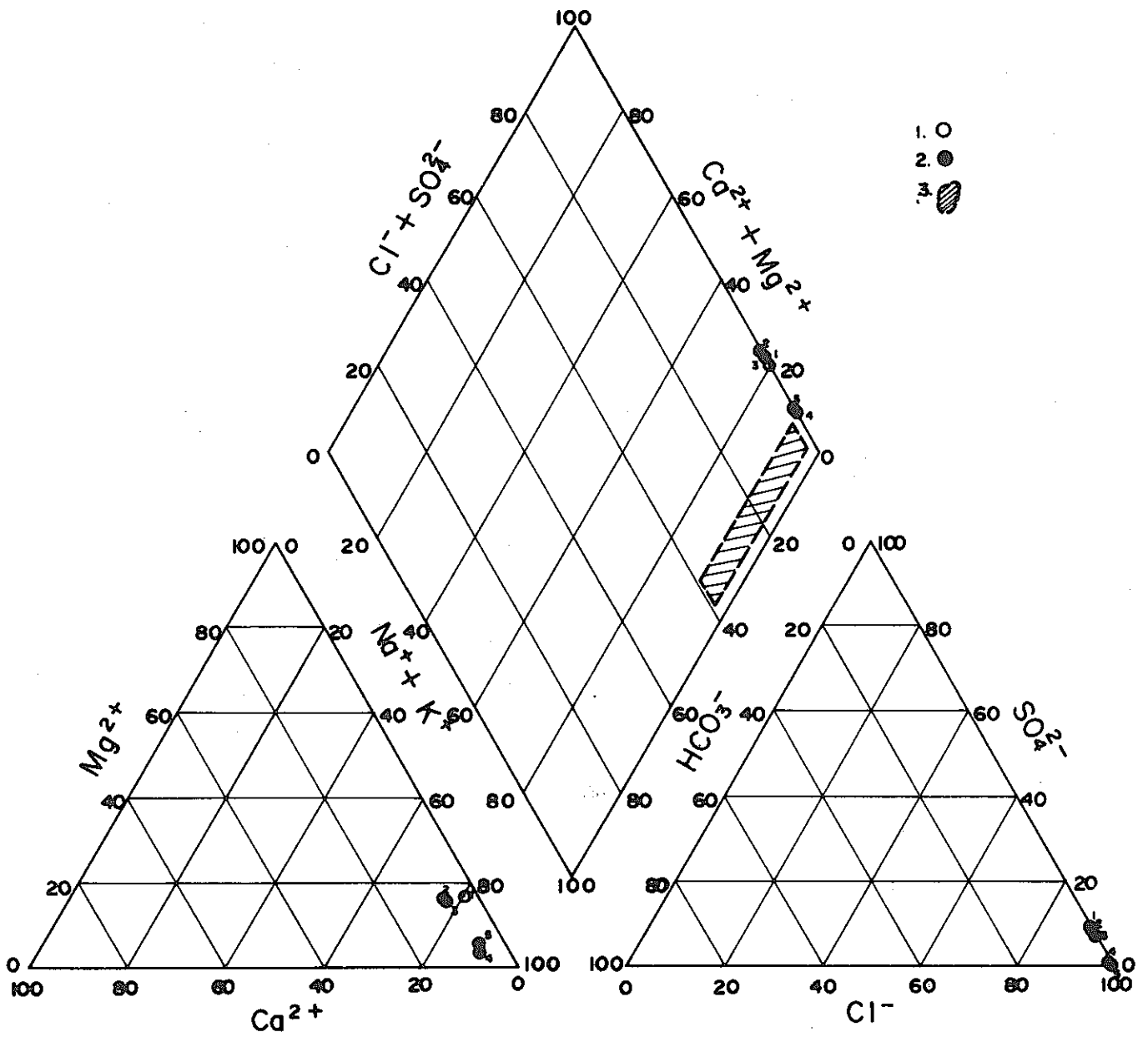


図-28 坑内湧水のトリリニヤーダイヤグラム

1:海水 2:坑内湧水 3:油田塩水(太秦ほか,1960)
 記号に付随する番号は表-15の試料番号に同じ

(V) 坑内湧水の起源

一國・鈴木(1974)は、東北地方の食塩泉を成因論的に研究し、 $Li/Na-K/Na$ 図を用いることによって、食塩泉を油田塩水類似の型と食塩に富む熱水類似の型に分類できると報告している。この考えに基づいて、本鉱山の坑内湧水の Li/Na と K/Na との関係を検討した。その結果を図-29に示す。

図-29に示されるように、本鉱山の坑内湧水の中、断層湧水は海水と油田塩水の間での性格をもっているのに対して、端島層からの湧水(No. 4, 5)は、油田塩水的である。

したがって、断層湧水(No. 2, 3)は、海底から断層を通して浸入してきた海水が比較的長期間、断層の中に閉じ込められていたものと考えられる。それに対して、端島層からの湧水(No. 4, 5)は、地層の堆積時の汽水が地層中に閉じ込められたもので、水文循環からまったく孤立して存在しているものと考えられる。

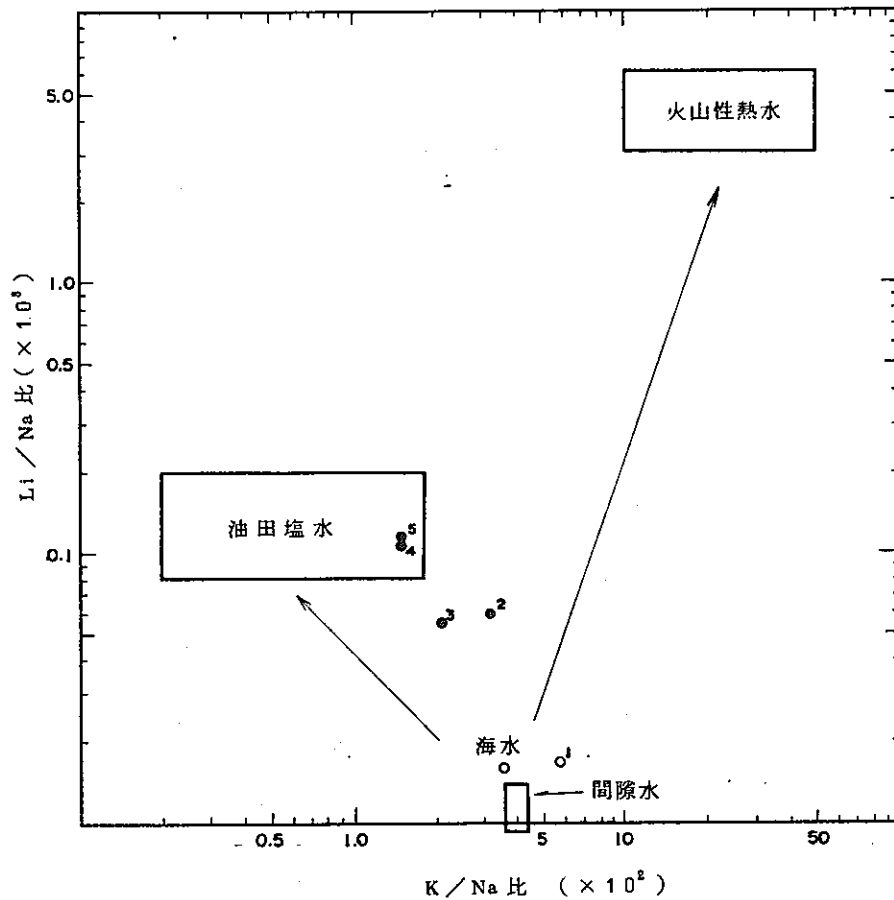


図-29 $Li/Na-K/Na$ 図

○：海水 ○：坑内湧水
記号に付随する番号は、表-15の試料番号と同じ

3-3. 三菱鉱業セメント株式会社東谷鉱山

3-3-1. 鉱山の概要

1) 位置

本鉱山は小倉の南方約13kmの北九州市小倉南区の南端にある。小倉より国鉄日田彦山線がまた、国道332号線が現地に通じている。本鉱山の位置を図-30に示す。

2) 沿革

本鉱山はすでにセメント生産を開始していた黒崎工場にセメント用原石を供給する目的で、昭和30年（1955年）開始工事に着工し、昭和31年（1956年）よりグローリーホール採掘を開始した。昭和38年

（1963年）に東谷工場が発足し、セメント

生産が始まった。昭和42年（1967年）からベンチカット工法による採掘を開始した

（グローリーホール採掘は昭和45年に廃止）。昭和48年（1972年）に現三菱鉱業セメント社となり現在に至っている。

現在は石灰石を月産100万t採掘し、東谷工場、黒崎工場および荊田工場に輸送しセメントを生産している。

3) 地形

本鉱山の事務所や工場のある低地は小倉-田川構造線による地溝帯あるいは香春グラベンと呼ばれている。図-31に示すように、この東側に平尾台と呼ばれるカルスト台地^{*1}が広がり、石灰岩の採掘が行なわれている。平尾台は標高400~600mで北北東より南南西に延びた長径約6km、短径約2kmの楕円状を呈し、北縁部以外は200~300mの急崖をなしている。平尾台には約250個のドリーネ^{*2}が点在している。このドリーネの多くは石灰岩に貫入している塩基性火成岩脈に沿って発達しており、岩脈の表面風化が先行し、次いでこの周囲の石灰岩の溶蝕が促進されたため形成されたと考えられている。一方、不動滝鐘乳洞上に並んでいる10数個のドリーネは除々に浸食されて発達し、例えば平尾ポリエのようなポリエ^{*2}を形成している個所もある。鐘乳洞も発達しており、形態から垂直洞と



図-30 三菱鉱業セメント株式会社東谷鉱山の位置図



図-31 三菱鉱業セメント株式会社東谷鉦山の位置図 (□は鉦区を示す)

水平洞に分かれ、垂直洞は通称「ガマ」と呼ばれ諫山坑道でも遭遇している。一方水平洞は千仏洞等いずれも平尾台の北東部に分布しSL300～400mに集中している。

平尾台北部は石灰岩が墓石状に林立し、いわゆるカッレンフェルト^{*4}を形成し、台地北縁の貫山（標高712 m）山塊に連なっている。

*1 カルスト台地： 石灰岩などの可溶性岩の分布する台地で、カルストはアルプス山脈の石灰岩からなる台地をいう固有名詞である。

*2 ドリ ー ネ： カルスト地域にみられる漏斗状の穴（通常20cm内外、深さ数cm～100 m）。おち込み穴、すりばち穴ともいう。

*3 ポ リ エ： カルスト地域にみられる溶蝕盆地。

*4 カッレンフェルト： 地表に露出した石灰岩が溶蝕によって多くの小溝を生じたとき小溝間に鋭い稜として残された突出部をカッレンといい、カッレンが多数ある場所をカッレンフェルトという。

4) 地 質

本地域は二疊系，白亜系および第四系の地層から構成されている。本地域の地質図および層序をそれぞれ図-32および表-16に示す。

1) 二 疊 系

本地域に分布する二疊系は，田川変成岩，呼野古生層および平尾台石灰岩である。

田川変成岩は主に弱変成の千枚岩および黒色準片岩からなり，平尾台の東南～南部の斜面に分布している。

呼野古生層は主に粘板岩，砂岩およびチャートからなり，平尾台の北～北西部斜面に分布し，田川変成岩と対峙している。

平尾台石灰岩は平尾台の大部分を占め，後述する平尾花崗岩類の貫入により熱変成作用を受け再結晶している。

田川変成岩および呼野古生層はいずれも見掛け上平尾台石灰岩の下盤をなし，石灰岩との境界面は石灰岩側に $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 傾斜している。平尾台の西部で呼野古生層と平尾台石灰岩が，平尾台の東部で田川変成岩と平尾台石灰岩が断層で接している以外は整合関係にあるものと考えられている。

ii) 白 亜 系

本地域に分布する白亜系は，平尾花崗岩類および岩脈類である。いずれも，平尾台石灰岩に貫入している。

平尾花崗岩類は平尾台の北西部および南西部に分布し，北西部の平尾台石灰岩との接触部は微花崗岩と石灰岩とが複雑に交錯している。また南西の貫入部では接触鉞床を形成している。

岩脈類は，主に塩基性のコウ斑岩である。この岩脈は平尾台石灰岩のほぼ全域にわた

表-16 層 序 表

層 序	地 層
第 四 系	沖 積 層
	供 積 層
白 亜 系	火 成 岩 岩 脈 (中 性 ~ 塩 基 性)
	平 尾 花 崗 岩 類
二 疊 系 ↓ ?	平 尾 台 石 灰 岩
	呼 野 古 生 層
	田 川 変 成 岩

注) 田川変成岩と呼野古生層とは本地域では，直接的な関係が明らかでないので，それらの変成度のみからみて，一応前者が後者の下位にあるものとした。

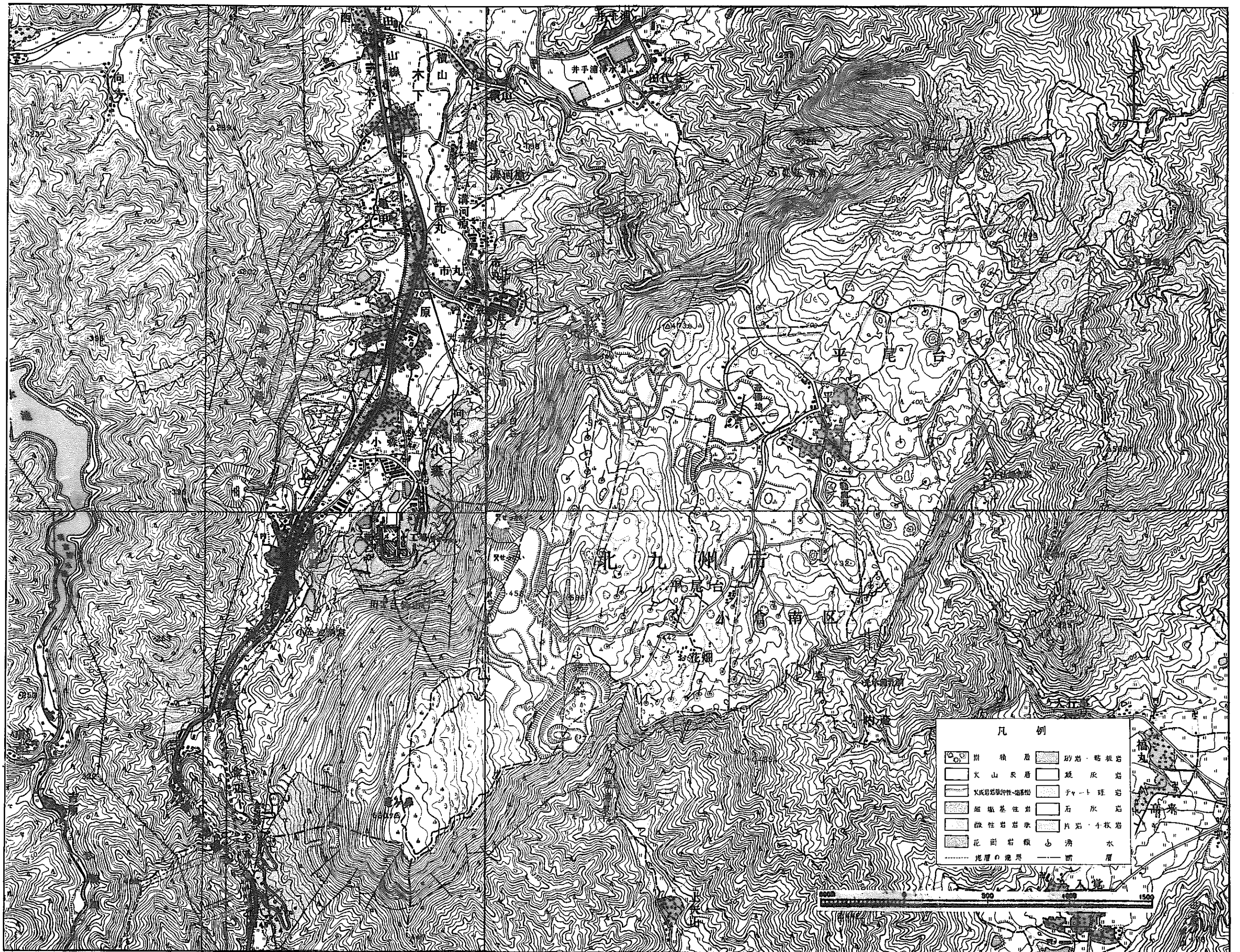


図-32 東谷鉦山周辺の地質図

って貫入しており、平尾台の南西部から中央部にかけては、走向がほぼN-S、平尾台の北西部では走向がNE-SWのものが顕著であり、傾斜はほぼ垂直である。

III) 第四系

本地域に分布する第四系は、阿蘇火山灰および崩積層である。前者は平尾台平尾ポリエ内に分布し、後者は香春グラブの西端に分布している。

本地域の地質構造は香春グラブに伴う、走向がほぼ南北の左ずれ断層群に大きく規制されている。

この断層群の主断層は小倉-田川断層と呼ばれている。

5) 操業状況

グローリーホール法による採掘は昭和45年(1970年)に終掘し、現在は平尾台でのベンチカット採掘が主たるものである。鉱山の概況を図-33に示す。

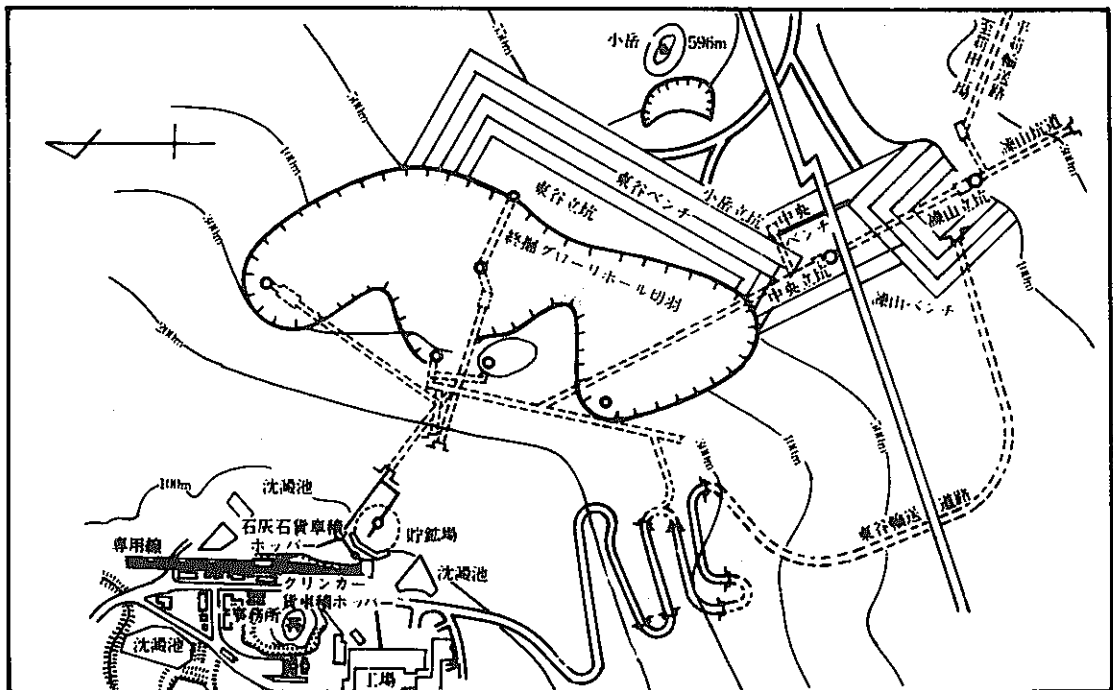


図-33 東谷鉱山の概況図

平尾台の露天採掘はベンチカットで東谷ベンチ、小丘ベンチおよび諫山ベンチで行われている。採掘された石炭岩は立坑を通じて諫山坑道(SL250m)に集荷後破碎され、東谷工場・黒崎工場および荻田工場へ輸送してセメントを生産している。

3-3-2. 気 象

1) 降水量

本鉾山周辺の月間降水量を表-17に、月間降水量の推移を図-34に示す。

表-17 月別降水量 (単位mm)

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
50	86	124	79	278	62	369	82	75	169	118	129	78	1649
51	30	205	101	243	215	289	303	173	354	212	98	112	2335
52	21	52	149	241	224	356	164	172	43	82	156	56	1716
53	100	68	99	77	61	286	51	101	116	113	88	91	1251
54	84	137	176	169	155	700	229	111	204	131	81	66	2243

注) 降水量の測定は本鉾山により実施されている。

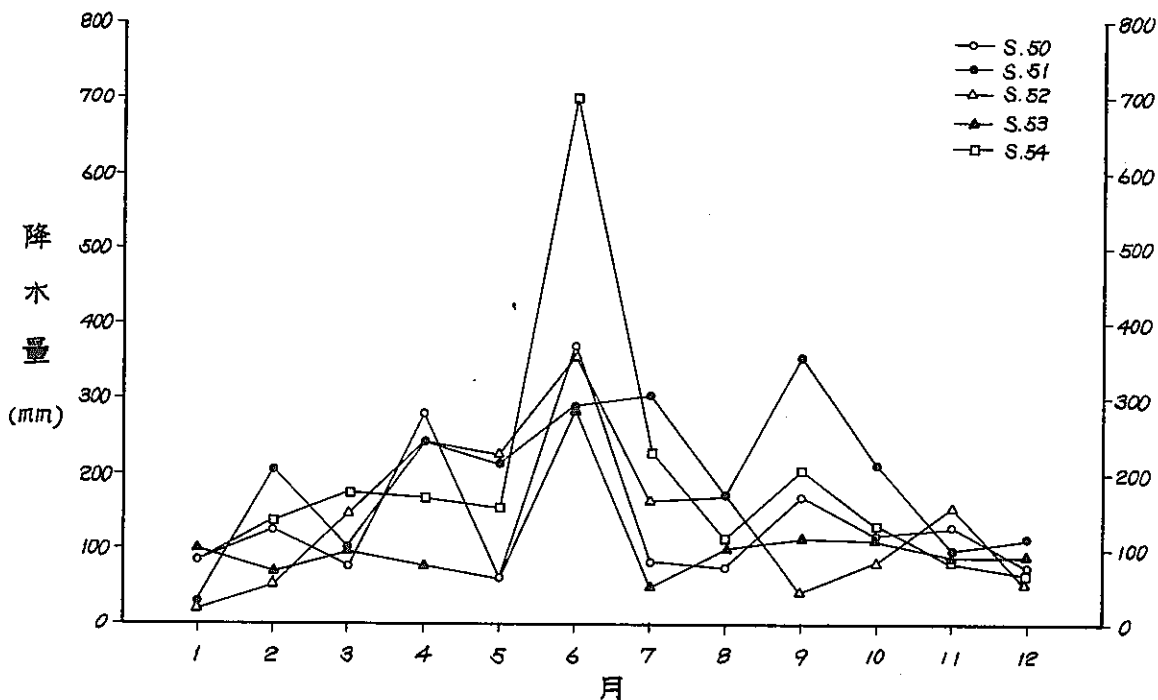


図-34 月別降水量の推移図

過去5年間の年間降水量には大きな変動があり、1200～2300 mmである。冬期間に5 cm程度の積雪がある。

ii) 気 温

本鉱業所周辺の月平均気温を表-18に、月平均気温の推移を図-35に示す。

表-18 月 平 均 気 温

(単位 °C)

年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
50	2.9	3.3	6.0	11.6	16.5	20.8	26.1	25.8	22.7	16.6	10.6	5.5	14.0
51	2.1	5.9	6.8	11.9	17.6	20.6	23.2	25.3	18.4	14.3	8.0	5.3	13.3
52	1.6	1.2	6.8	12.7	16.6	20.9	25.8	24.3	21.9	14.5	12.0	6.8	13.8
53	4.5	4.0	6.2	11.5	17.0	22.1	27.0	26.0	21.8	14.0	10.1	5.9	14.2
54	5.3	6.0	7.0	11.3	16.6	22.0	24.6	26.1	21.6	15.7	9.3	6.2	14.3

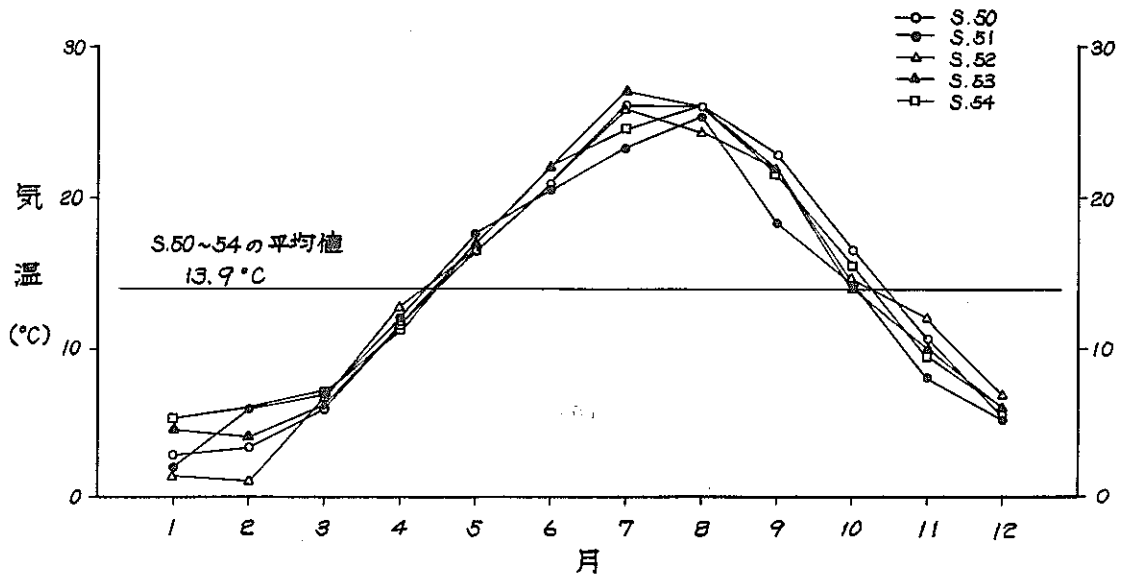


図-35 月平均気温の推移図

過去5年間の年平均気温は13.9°Cであり、月平均気温の最高値と最低値の較差は約22°である。

3-3-3. 湧水状況

1) 坑 内

坑内での湧水状況を把握し、湧水と地質条件との関係を明らかにする目的で、1980年11月中旬に現地調査を実施した。坑内の湧水地点を図-36に、主な湧水状況を表-19に示す。

表-19 主な湧水個所の状況

№	湧水個所	地表からの 深 度 (m)	湧 出 母 岩	湧出量 ℓ/分 (m ³ /日)
1	深部探鉱坑道	380	石 灰 岩	700(1008)
2	諫山坑道	117	石灰岩の割れ目より湧出	0.7(1.0)
3	東谷輸送路	210	石灰岩の割れ目より湧出	2(2.9)

深部探鉱坑道 (SL120m) での主な湧水は、坑口より約700m付近に存在する断層から湧出するものである。

諫山坑道での湧水は、滴下程度のもを含め10数地点で認められる。いずれも石灰岩の割れ目より湧出している。表-19に挙げた本坑道の湧水地点は湧出量が最も多かった所である。

東谷輸送路での湧水は、トンネル口より915mの地点で認められ、石灰岩の割れ目より湧出している。

2) 坑 外

平尾台の水系の研究は、土田(1969)により詳細に行われている。この研究結果に今回の調査結果を加え、以下に平尾台上の水系について略記する。また水系図を図-37に示す。

平尾台の水系は、以下のように分類される。

(i) 平尾台石灰岩上に水源がないもの

(ii) 平尾台石灰岩上に水源があり台上に水系が乗るもの

(iii) 平尾台斜面に開口部を有し、台下に流出する水系

(i)に属するものとしては広谷、水源池帰水、芳谷がある。前者二つは平尾花崗岩を水源とし、後者は田川変成岩を水源とする。

(ii)に属するものとしてはカワ帰水、光水洞の湧水、えのは淵等がある。このうち、カワ帰水を除いてはきわめて微弱な湧水である。カワ帰水は、火成岩岩脈あるいはその風化部に水源を有している。

(iii)に属するものとしては千仏鐘乳洞、不動滝、塩坪、牧坂湧泉、小糸池湧泉などがある。このうち小糸池湧泉は呼野古生層と平尾台石灰岩の境界部、その他は田川変成岩と平尾台石灰岩の境界部より流出している。

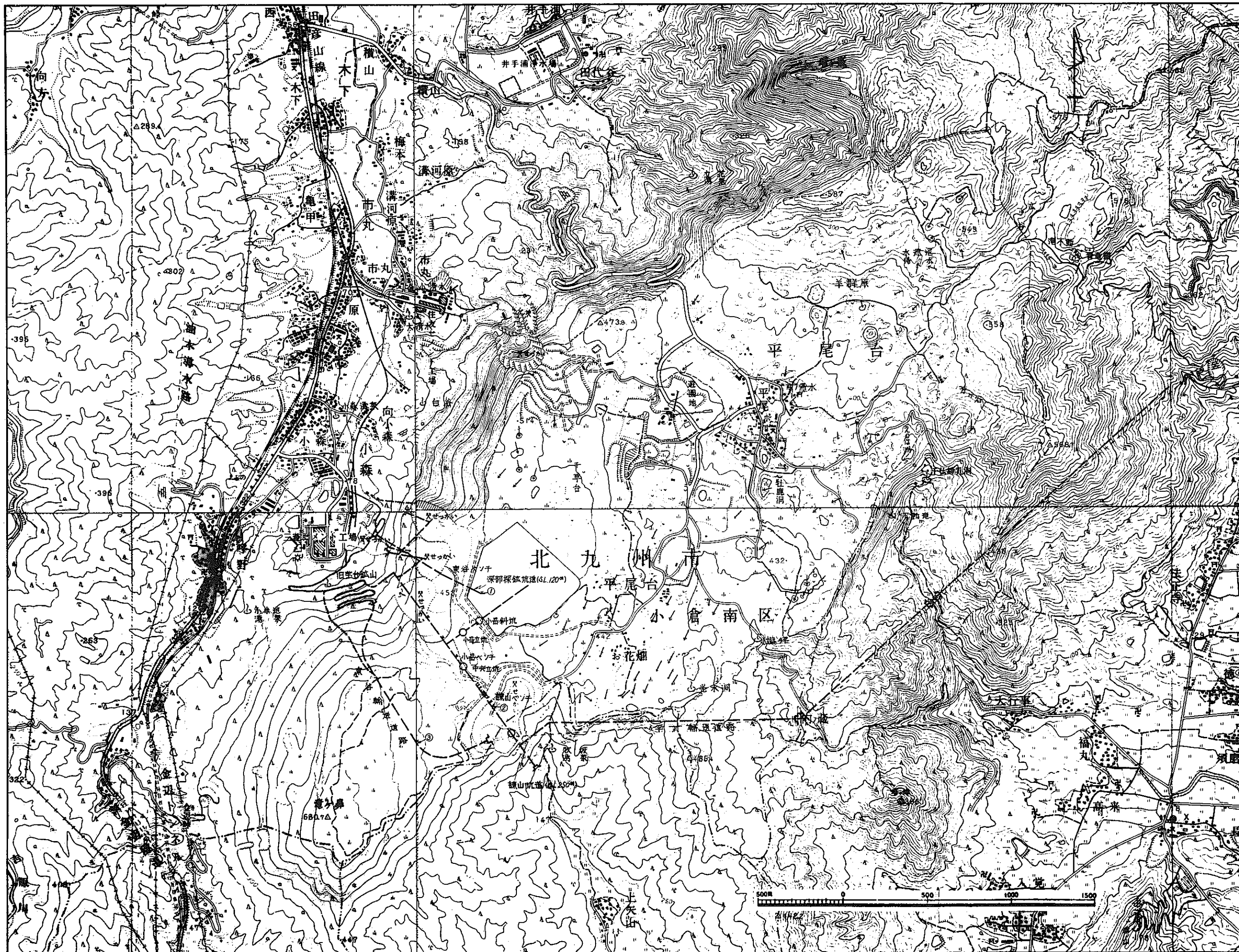


図-36 東谷鉦山湧水個所地点図

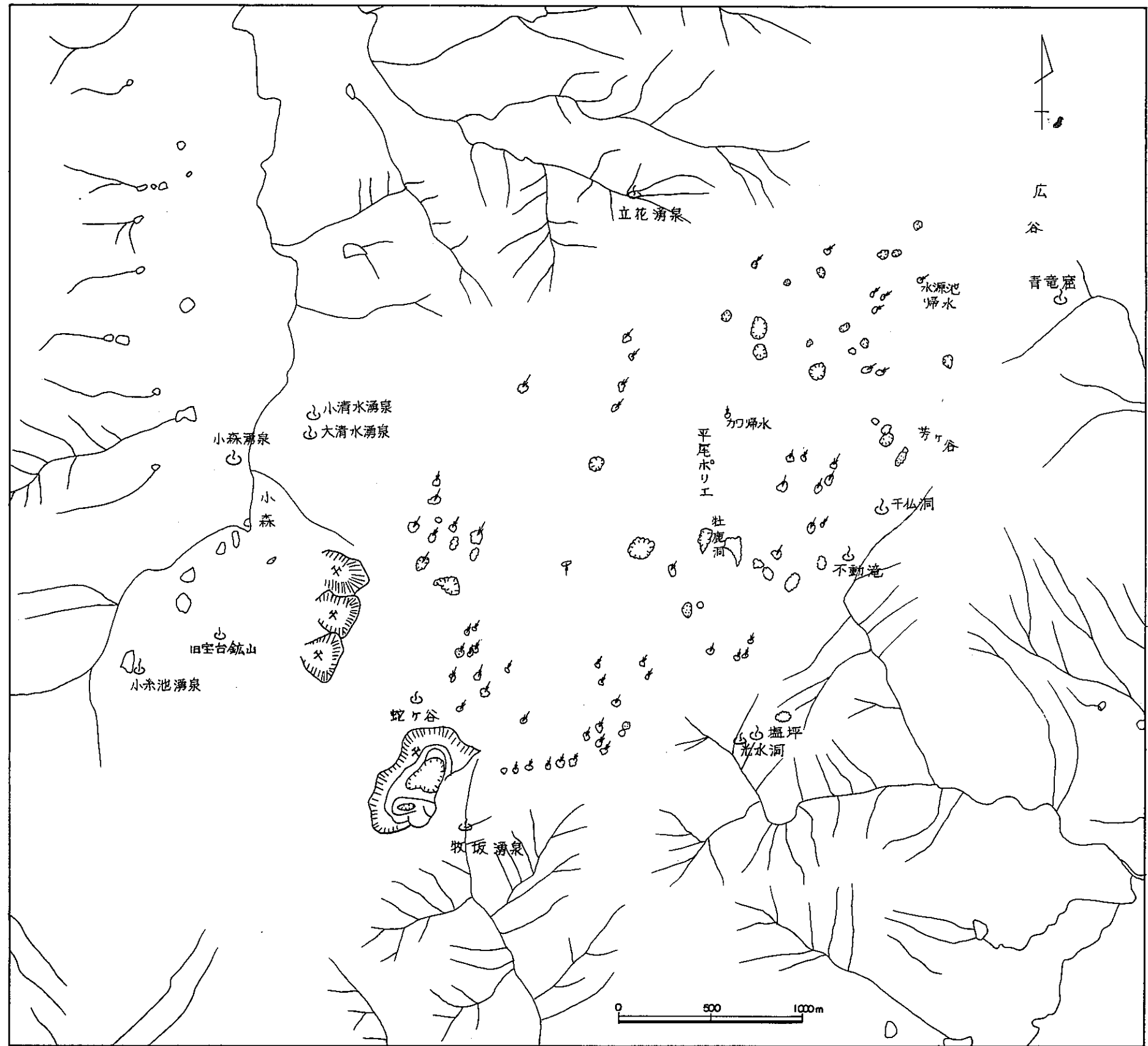


図-37 平尾台の水系図

3-3-4. 湧水の性質

1) 試料

1980年11月中旬、本鉱山の坑内湧水の起源を把握し、水量の予測を行う目的で、代表的と考えられる坑内湧水を採取した。また、カルスト台地縁辺の湧泉について現地調査を実施した。調査した坑内湧水および湧泉を表-20に、湧水地点および湧泉の位置を図-38に示す。なお、表-20、図-38には、1976年7月下旬に調査した湧泉が含まれている。

表-20 分析試料一覧表

試料番号	採取箇所	深度*および標高 (m)	湧出母岩	湧出量
1	深部探鉱坑道	380	石灰岩	700 l/min
2	諫山坑道	117	石灰岩割れ目より湧出	0.7 l/min
3	東谷輸送路	210	石灰岩割れ目より湧出	2 l/min
4	大清水湧泉	70	呼野古生層	—
5	小森湧泉	40	沖積層	—
6	宝台	120	石灰岩と花崗岩との境界部から湧出	—
7	白谷	150	石灰岩と呼野古生層との境界部から湧出	—
8	立花	150	石灰岩と呼野古生層との境界部から湧出	—
9	小清水湧泉	70	呼野古生層	—
10	青竜窟	400	石灰岩と花崗岩との境界部から湧出	—
11	千仏洞	300	石灰岩と田川変成岩との境界部から湧出	—
12	不動滝	290	石灰岩と田川変成岩との境界部から湧出	—
13	塩坪	340	石灰岩と田川変成岩との境界部から湧出	—
14	小糸池湧泉	100	石灰岩と呼野古生層との境界部から湧出	—

* 地表からの深度、No.4~14は湧出地点の標高を示す。

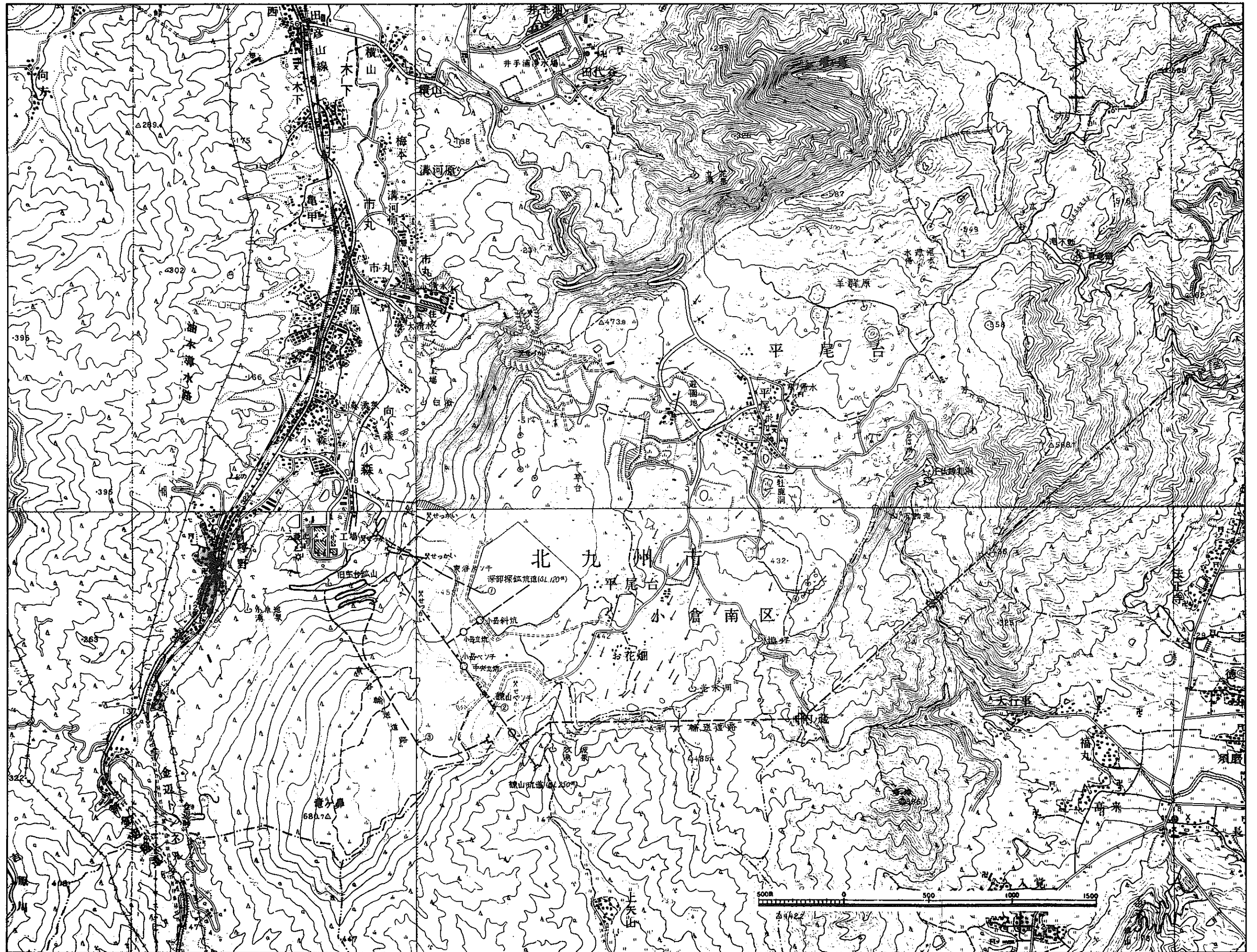


図-38 湧水地点および湧泉の位置図

2) 分析方法

現地調査では、水温・電気伝導度・pH・RpHおよび湧出量を測定し、 Fe^{2+} およびT-Fe分析用試料、その他の溶存化学組成分析用試料を別々にポリエチレン製試料ビンに採取した。なお、 Fe^{2+} およびT-Fe分析用試料については、現地で試料100ml当たり塩酸(6N)を1ml加え、酸性にして実験室へ持ち帰った。ただし、カルスト台地縁辺の湧泉については、試料採取および湧出量の測定を行わなかった。

水温・電気伝導度・pH・RpH・湧出量および溶存化学組成の分析法は、表-21に示す通りである。

表-21 水質分析法

	分析項目		分析手法
	記号	名称	
現地測定・分析	Temp., °C	水温	標準温度計で補正した1/10度目盛の水銀温度計にて測定
	EC, μS	電気伝導度	オルガノ株式会社製のA B-N型導電率計により測定し、1°Cにつき2%の温度補正を施し、18°Cにおける電気伝導度を μS で求める。
	pH, RpH	水素イオン濃度	pH: 標準色列によるpH比色セットを用いて測定 RpH: 試水を試験管にとり、充分振とうして試水中の CO_2 を放出させた後、pHを測定。
	Q	湧出量	容器、四角せきにより測定
室内分析	Alkalinity (HCO_3^-)	アルカリ度 (重炭酸イオン)	B C G-M R (ブロムクレゾールグリーン-メチルレッド) 混合指示薬を用い、0.02N- H_2SO_4 で滴定
	Cl ⁻	塩素イオン	硝酸第二水銀による滴定法
	SO_4^{2-}	硫酸イオン	比濁法
	Na^+	ナトリウムイオン	炎光光度法
	K^+	カリウムイオン	炎光光度法
	Ca^{2+}	カルシウムイオン	EDTA 滴定法
	Mg^{2+}	マグネシウムイオン	EDTA 滴定法
	NH_4^+	アンモニウムイオン	蒸留後吸光光度法
	Fe^{2+}	第一鉄イオン	オルソフェナントロリンによる吸光光度法
	T-Fe	全鉄	オルソフェナントロリンによる吸光光度法
SiO_2	ケイ酸	モリブデン青法	

3) 結果と考察

試料の分析結果として、溶存化学組成一覧を表-22に示す。なお、同表には、1976年7月下旬の調査結果が含まれている。

(i) 水 温

地下水の水温は、限定された地域ではほぼ一定の割合で、深度を増すにつれて上昇するのが普通である。本地域の地下増温率を把握するために、坑内湧水および平尾台石灰岩の下盤より湧出する湧泉の温度と深度との関係を検討した。その結果を図-39に示す。ただし、湧泉の場合は、平尾台（平均標高約500 m）と湧泉との標高差を深度とした。

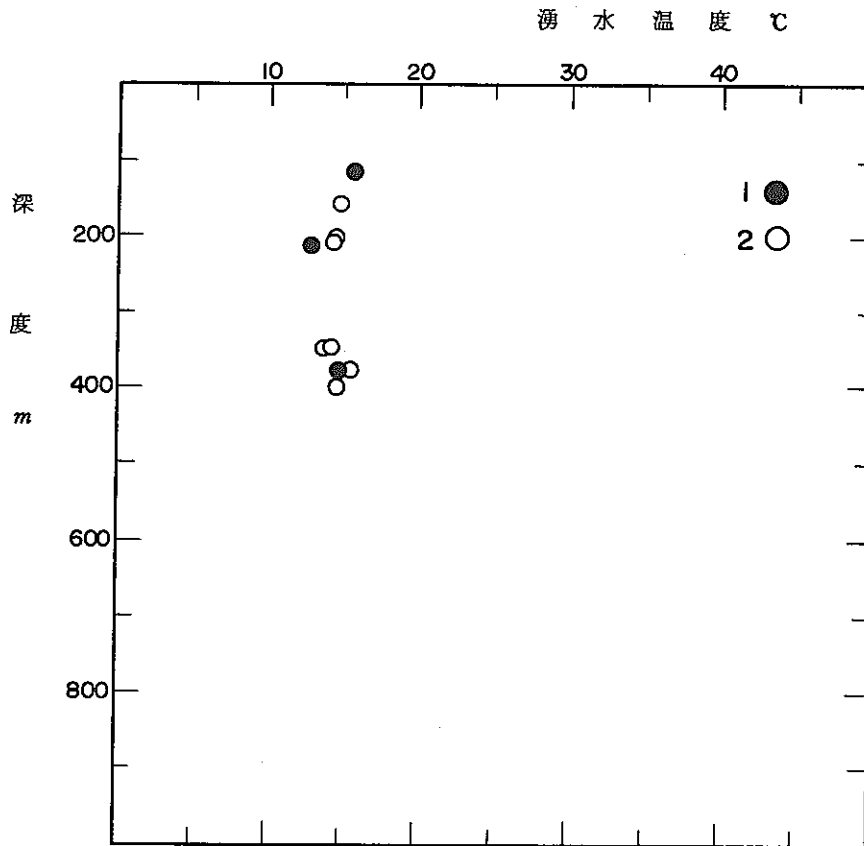


図-39 湧水温度と深度との関係図

1 : 坑内湧水 2 : 坑外湧水
深度 : 地表面からの深さ, ただし, 石灰岩の下盤側より湧出する湧泉については, 平尾台の平均標高(約500 m)と湧水地点の標高との差を深度とした。

表-22-1 溶存化学組成一覽表

採水地点	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6		No. 7	
水温 (°C)	14.6		15.5		12.7		17.5		16.9		15.2		14.0	
電気伝導度 (μS, 18°C)	255		207		182		368		372		243		295	
pH (R _p H)	7.9(7.9)		7.9(7.9)		7.9(7.9)		7.4(7.9)		6.3(6.9)		7.8(-)		7.6(-)	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
K ⁺	1.2	0.031	1.1	0.028	0.6	0.015	0.84	0.021	2.61	0.067	0.34	0.009	0.35	0.009
Na ⁺	3.6	0.157	3.1	0.135	3.1	0.135	3.20	0.140	16.9	0.735	2.32	0.101	2.78	0.121
Li ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ca ²⁺	52.9	2.640	45.7	2.280	40.8	2.036	43.2	2.156	47.2	2.355	47.3	2.360	57.3	2.860
Mg ²⁺	1.0	0.082	1.0	0.082	0.5	0.041	0.66	0.054	7.83	0.644	0.82	0.067	1.77	0.146
Fe ²⁺	0.12	0.004	0.04以下	0.001以下	0.04以下	0.001以下	—	—	—	—	—	—	—	—
NH ₄ ⁺	0.42	0.023	0.39	0.022	0.31	0.017	—	—	—	—	—	—	—	—
陽イオン合計*1		2.937		2.548		2.245		2.371		3.801		2.537		3.136
HCO ₃ ⁻		2.19		1.99		2.01		1.852		2.016		2.278		2.524
SO ₄ ²⁻	11.9	0.248	9.5	0.198	5.3	0.110	13.0	0.271	99.0	2.060	14.0	0.291	26.0	0.541
Cl ⁻	7.2	0.203	5.1	0.144	6.7	0.189	4.0	0.113	10.0	0.282	4.0	0.113	5.0	0.141
陰イオン合計		2.641		2.332		2.309		2.236		4.358		2.682		3.206
SiO ₂	1.4		1.5		1.2		—		—		—		—	
全鉄	0.25		0.03		0.05		—		—		—		—	
K/Na × 10 ² (重量比)	—		—		—		—		—		—		—	
Li/Na × 10 ³ ()	—		—		—		—		—		—		—	
湧出量 (L/時)	700		0.7		2		—		—		—		—	

注) No. 4~8 のデータは 1976年7月下旬に試料採取, 分析を行ったものである。
ただし、No. 4, 5 の水温・電気伝導度および pH (R_pH) は今回の調査結果である。

表-22-2 溶存化学組成一覽表

採水地点	No. 8		No. 9		No. 10		No. 11		No. 12		No. 13		No. 14	
水温 (℃)	13.7		17.4		12.6		14.5		14.3		14.6		14.5	
電気伝導度 (μS, 18℃)	229		366		100		204		307		340		309	
pH (R p H)	7.7(-)		7.5(7.7)		7.6(7.6)		7.9(7.9)		7.9(7.9)		7.9(7.9)		7.7(7.7)	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
K ⁺	0.42	0.011												
Na ⁺	3.27	0.142												
Li ⁺	—	—												
Ca ²⁺	3.71	1.851												
Mg ²⁺	0.66	0.054												
Fe ²⁺	—	—												
NH ₄ ⁺	—	—												
陽イオン合計*1		2.058												
HCO ₃ ⁻		1.688												
SO ₄ ²⁻		0.146												
Cl ⁻		0.113												
陰イオン合計		1.947												
SiO ₂	—	—												
全鉄	—	—												
K/Na × 10 ² (重量比)	—													
Li/Na × 10 ³ ()	—													
湧出量 (ℓ/時)														

本鉦山の坑内湧水および平尾台石灰岩の下盤より湧出する湧泉の温度は、図-39に示されるように、深度と無関係で、ほとんど一定の値（12.6～15.5℃）を示す。このことは、本鉦山の地下水とその容器である石灰岩との間には熱的平衡状態が成り立っていないことを示唆している。

すなわち、本鉦山の地下水は、比較的流動性に富むと考えられる。

(II) pHおよびRpH

本鉦山の坑内湧水は、いずれもpH7.9，RpH 7.9の弱アルカリ性を示す。カルスト台地縁辺の湧泉のうち小森湧泉（No.5）を除くすべてのものは、pH7.4～7.9，RpH7.6～7.9の中性ないし弱アルカリ性を示し、坑内湧水とほとんど同じである。それに対し、小森湧泉は、pH6.3，RpH6.9の中性を示す。また、pHとRpHとの差は、他の湧泉および坑内湧水に比べて大きい。

(iii) 溶存化学組成の特徴

本鉦山の坑内湧水およびカルスト台地縁辺の湧泉のトリリニヤー・ダイヤグラムを図-40に示す。ただし、カルスト台地縁辺の湧泉のデータは、1976年7月下旬時のものである。

図-40に示されるように、本鉦山の坑内湧水およびカルスト台地縁辺の湧泉（ $\#4 \sim 8$ ）は、いずれも $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型に属している。このこと、および溶存化学組成が少ない（表-22参照）ことなどから、これらはいずれも循環性地下水と考えられる。小森湧泉（ $\#5$ ）以外の湧泉の化学組成は、本鉦山の坑内湧水にきわめて類似しているのに対し、小森湧泉は、それとは少し異なった性質を示す。このことは、坑内湧水と小森湧泉以外のカルスト台地縁辺の湧泉（ $\#4$ 、 $\#6 \sim 8$ ）とは同一水系の地下水であり、小森湧泉は、これらとは異なった水系の地下水であることを示唆している。

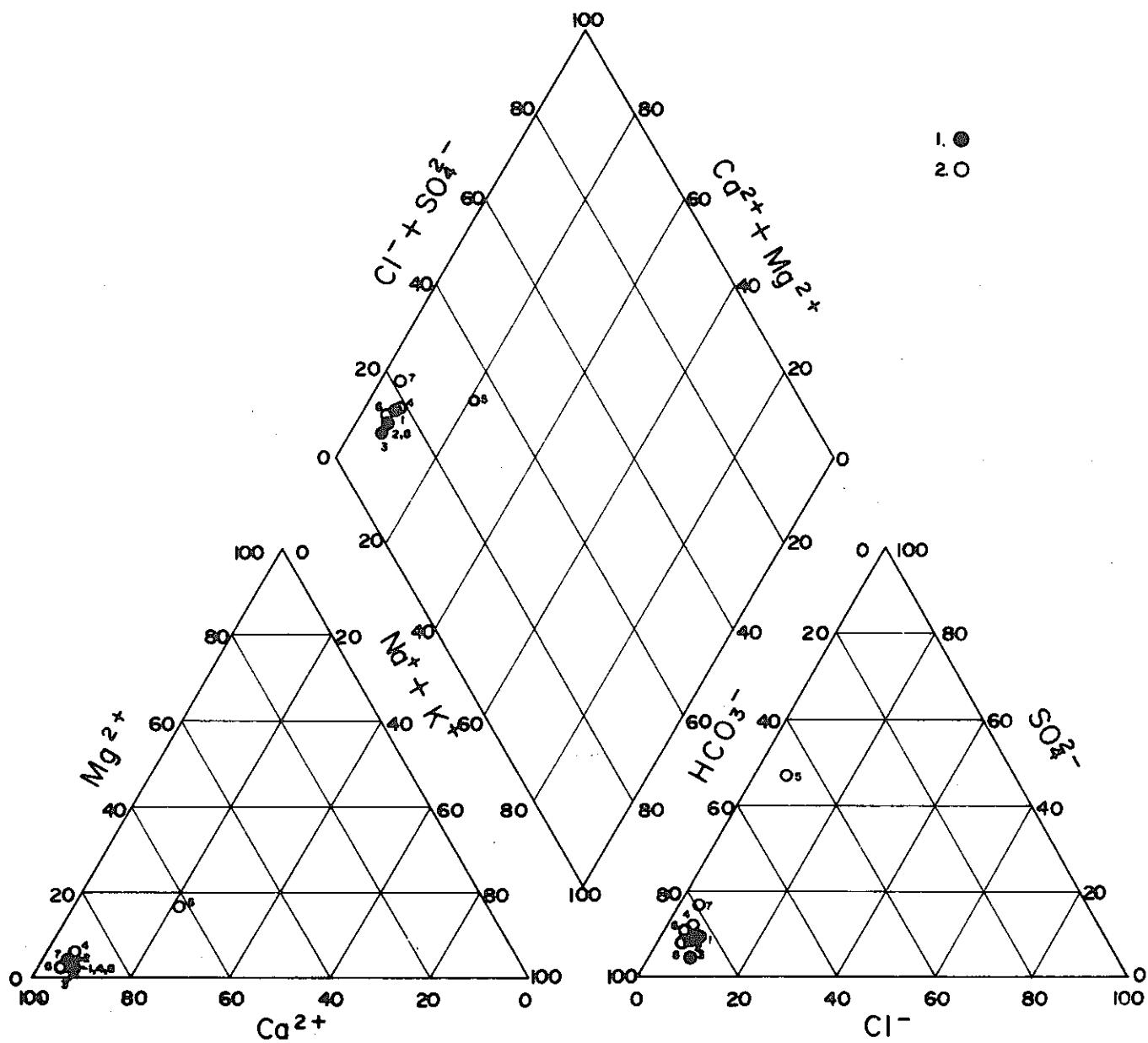


図-40 坑内湧水のトリリニアードイヤグラム

1: 坑内湧水 2: 坑外湧水

記号に付随する番号は表-22の試料番号と同じ

4. ま と め

本調査は、地下深部に人工的に作られた空洞に関する地下水の挙動を把握する目的で、南大夕張炭鉱・高島炭鉱および東谷鉱山において実施した。

調査結果を要約すれば、以下のようになる。

(1) 南大夕張炭鉱

- (i) 本炭鉱は、古第三系の幌加別・夕張・若鍋および幌内の各層から構成されている。各層の岩質は表-23に示す通りである。

表-23 岩 質 一 覧 表

地 層 名	岩 質
幌 内 層	ほとんど無層理の均質緻密な暗灰色の頁岩からなる
若 鍋 層	灰～帯青暗灰色の砂岩と暗灰色の頁岩の互層からなる
夕 張 層	灰～淡灰色の砂岩と暗灰色の頁岩の互層からなる
幌 加 別 層	淡灰～暗灰色の頁岩からなる

いずれも堅硬緻密であり、不透水性層と考えられる。

- (ii) 本炭鉱の湧水は、前述したように、湧出母岩が堅硬緻密なため、裂か水と考えられる。

その湧出量は全体で9～12ℓ分と比較的少ない。

- (iii) 本炭鉱の地下増温率は1.9℃/100mで、日本平均地下増温率(3℃/100m)に比べて低い。

- (iv) 湧水の起源は油田塩水が続成作用の過程で変化したもので、水文循環から全く孤立しているものと考えられる。

(2) 高島炭鉱

- (i) 本炭鉱は、古第三系の二子島・端島・沖ノ島および伊王島の各層から構成されている。

各層の岩質は表-24に示す通りである。

表-24 岩質一覽表

地層名	岩質
伊王島層	砂岩, 泥岩の互層
沖ノ島層	含礫砂岩, 細粒砂岩, 砂質頁岩からなり, 海緑石の濃集帯を介在する
端島層	砂岩, 頁岩の互層からなり, 炭層を挟む
二子島層	砂岩, 頁岩の互層からなり, 礫や薄炭層を挟む

(ii) 本炭鉱の地下増温率は $3.9^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ で日本平均地下増温率($3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)に比べて高い。

(iii) 本炭鉱の湧水は, 形態からみて二つに分類できる。すなわち, 断層からの湧水と地層からの湧水である。前者の湧出量は 200 l/分 , 後者のそれは 10 l/分 程度である。特に北部断層からの湧出量が多い。その他に, 湧出形態は明らかではないが, 斜坑・蛸瀬四中段・六本卸・六卸上部で湧出しており, その湧出量は全体で 2450 l/分 である。

(iv) 本炭鉱の湧水のうち, 断層からの湧水は海底から断層を通して浸入してきた海水が比較的長期間, 断層中に閉じ込められていたものと考えられる。それに対して, 地層からの湧水は, 地層の堆積時の汽水が地層中に閉じ込められたもので, 水文循環から全く孤立して存在しているものと考えられる。

(3) 東谷鉱山

(i) 本鉱山は, 二疊系の平尾台石灰岩から構成され, 部分的に岩脈(白亜系)が侵入している。

(ii) 本鉱山の湧水は, 諫山坑道($SL250\text{m}$), 深部探鉱坑道($SL120\text{m}$)および東谷輸送路でみられ, いずれも石灰岩中の断層あるいは割れ目から湧出している。湧出量(11月上旬)は深部探鉱坑道で 700 l/分 , 諫山坑道で 1 l/分 程度, 東谷輸送路で 2 l/分 である。

(iii) 坑内水は循環性地下水であり, 比較的流動性に富むものと考えられる。

参 考 文 献

- 家坂貞男・松村稔・平田和彦(1971):高島炭鉱における沖ノ島層と端島層の層位関係について, 松下久道教授記念論文集, pp.165~170.
- 一國雅己・鈴木勸子・加藤武雄(1974):食塩泉の化学的特徴, 温泉化学, Vol.25. pp. 21~25。
- 太秦康光・那須義和(1960):油田塩水と温泉の化学成分の比較, 日化, Vol.81. pp. 401~404。
- 木下重教・石島洋二・後藤籠彦・中村 章(1978):石狩炭田における主要夾炭層炭石の強度試験結果(第1報)―幌内層, 幾春別層, 幌加別層岩石の強度特性―,
北海道大学工学部研究報告, 第90号, pp. 11~21
- 木下重教・石島洋二・後藤籠彦・中村章(1978):石狩炭田における主要夾炭層岩石の強度試験結果(第2報)―登川夾炭層, 夕張夾炭層, 美唄夾炭層, 岩石の強度特性―,
北海道大学工学部研究報告, 第90号, pp. 23~36
- 杉崎隆一(1963):地下水の起源と由来―その化学的考察―
用水と廃水, Vol. 5, № 11, P. 1~13
- 地質鉱床及探査専門委員会(1968):三菱高島炭鉱・東邦亜鉛対州鉱山, 現地研究会
日本鉱業会誌, Vol. 84, № 958, pp. 53~61
- 地質調査所編集(1960):「日本鉱産誌V-a主として燃料となる鉱石」―石炭―,
東京地学協会
- 土田耕造(1969):石灰岩台地における水系について, 石灰石, Vol. 121, № 9, pp. 8~15
- 土井和己(1980):わが国における放射性廃棄物隔離の地球科学上の問題, 日本原子力学会誌,
Vol. 22, № 8, pp. 543~550
- 長尾捨一・小山内熙・酒匂純俊(1954):5万分の1地質図幅, 大夕張,
北海道開発庁
- 藤島泰隆(19?):炭鉱における坑内水水質について, 北炭技報
- 藤島泰隆(1960):夕張26号試験錐における夕張層岩石の孔隙率および浸透率測定報告, 北炭技報
- 松下久道・永井利明・金子宜弍(1969):平尾台およびその周辺の地質構造(九州北部の地質構造の研究―その1)
九州大学理学部 研究報告 地質学之部, 第9巻, 第1号, pp. 112~119

松本達郎・野田光雄・宮久三千年(1962)：日本地方地質誌「九州地方」，朝倉書店

山本栄一・日隈四郎・冢坂貞男・有松憲生・二司哲夫(1967)：高島炭田および端島沖海域の
探査，鉱山地質，Vol. 17，No. 84，pp. 200~213

渡辺浩康・日隈四郎・二司哲夫・油屋宏雄：高島鉱業所・二子坑・端島坑の坑内水について，
九州炭鉱技術連盟会誌，Vol. 16，No. 2，p. 18~30