

山形県庄内平野の工業用水源調査報告

森 和 雄\* 後藤 隼次\*\*

Areal Investigation on the Ground-water Resources  
for Fabric Industry on the Shōnai Plain,  
Yamagata Prefecture

by

Kazuo Mori & Hayaji Gotō

Abstract

The river Mogami, the largest river in Yamagata prefecture shows the discharge in 148 m<sup>3</sup> per sec. on 185 days of the year.

The utilized water quantities for fabric industry in Sakata city and the vicinities amount to 56,000 m<sup>3</sup> per day, containing 36,000 m<sup>3</sup> per day in ground-water.

The free water in the Shōnai plain is generally poor in quantity and not good in quality, except in sand dunes along the Japan Sea.

The confined water in the Sakata city and the vicinities has 6 aquifers for depth of about 500 m. Among them the aquifers locating from 110 m to 170 m in depth is best in quality, but the shallower aquifer yields some methane gas.

In the northern part of this area, there is the artesian water in the aquifer locating from 20 m to 40 m in depth. It is over 10,000 ohm-cm in the water resistivities and 11~12° C in the water temperature.

要 旨

酒田臨海工業地帯での工業用水の使用量は56,000 m<sup>3</sup>/dayであり、そのうち地下水の汲み上げ量は36,000 m<sup>3</sup>/dayとなつている。

その北方の砂丘地には工場用地造成計画による3,219,100 m<sup>2</sup>があり、これら工業地帯への給水を目的とした工業用水道が着工され、最上川の表流水10万 m<sup>3</sup>/dayを取水することになつている。

酒田市街地一円では地下500 mの間に6カ所の帯水層があり、110~170 mの第3帯水層はガスを伴わなない比較的良好な地下水となつている。また320 m以下の第5、第6帯水層も今後期待できる帯水層である。

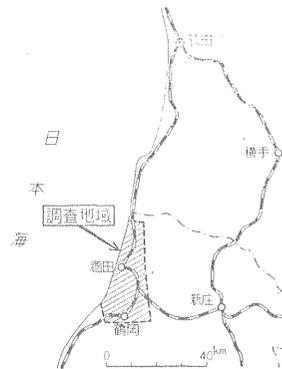
平野一円で広く利用されている第1、第2帯水層(酒田市街において60~90 mの深度)は、酒田付近では還元性の地下水であり、多量のガスを伴ない水質は不良であるが、その延長である北方の遊佐町一帯の30~50 mの深度の井戸は、自噴高1 m以上を持つ場合もあり、水質最も良く、水温11~12°Cの低温である。これは今後水質、水温を問題とする工業業種には好適の水源と

目される。

良質の被圧地下水は日向川より北方においてのみ得られる。

海岸には大規模な砂丘が発達しており、砂丘地下水は、場所にもよるが、比較的豊富で、水質的にもある程度期待できる。

平野部の自由面地下水は、一般に不良であるが、最上川の流域の一部にはその伏流と見られるものがある。また日向川・月光川の上流部扇状地には良質の地下水が存在する。



第1図 調査地位置図

\* 地質部

\*\* 技術部

1. ま え が き

本調査は昭和35年10月8日より同10月23日の間に実施したもので、水理地質を森和雄、水質分析を後藤隼次が担当している。

庄内平野は最上川・赤川・月光川・日向川などによってつくられた沖積平野であり、豊穰なる水田地帯として知られている。

平野の中心部を東西に流れる最上川は山形県最大の河川であり、最上郡舟形村堀内における建設省観測によれば、平水量148.78 m<sup>3</sup>/sec、濁水量48.18 m<sup>3</sup>/secとなっている。

平野は南北に長い形をなしており、東は出羽丘陵山麓に接し、西は日本海に面し、北は鳥海山麓、南は湯殿山麓に連らなっている。

海岸際には北北東から南南西の方向に走る砂丘が発達

第1表 庄内平野の工業用水取得量一覧

工場名	所在地	総取得量 (m <sup>3</sup> /day)	水源別 取得量 (m <sup>3</sup> /day)	井戸諸元										
				井戸 番号	深度 (m)	井戸 口径 (吋)	ポンプ	馬力	ポンプ 口径 (吋)	揚水量				
K. K. 鉄興社酒田工場	酒田市新町光ヶ丘	39,500	地下水 30,000 上水道 7,000 海水 2,500	2	15.2	12	タービン	40	6	1,500				
				3	225.0	8	タービン	20	6	1,500				
				4	33.0	8	タービン	20	6	1,200				
				6	18.2	8	タービン	10	4	1,000				
				7	120.0	8	渦巻	15	5	1,500				
				8	15.2	12	タービン	20	6	(2,000)				
				9	15.2	12	ヒューガル	10	5	1,500				
				10	15.2	12	ヒューガル	10	5	1,500				
				11	128.0	8	ヒューガル	7.5	5	1,000				
				12	15.2	10	渦巻	7.5	4	1,000				
				13	114.9	8	タービン	20	5	2,400				
				14	15.2	10	渦巻	7.5	5	1,000				
				16	24.5	12	渦巻	15	6	2,500				
				17	20.0	12	渦巻	15	6	3,000				
				18	20	12	タービン	20	6	2,000				
				19	142.0	12	水中ポンプ	—	—	1,500				
				20	159.0	12	水中ポンプ	—	—	3,000				
				花王石鹼K. K. 酒田工場	酒田市新町光ヶ丘	2,970	地下水 2,640 上水道 330	1	21.0	12	タービン	20	4	
								2	21.0	10	〃	20	4	
								3	21.0	10	〃	20	4	
4	21.0	10	〃					15	4					
5	21.0	10	〃					20	4					
6	21.0	12	〃					15	4					
日新電化K. K. 酒田工場	酒田市新町光ヶ丘	14,650	地下水 3,600 上水道 50 海水 11,000	1	—	14	タービン	30	8					

し、その延長は 35 km、最大幅 3 km、最高標高 64.3 m となっている。

最上川下流部には当平野最大の都市酒田市があり、河口には酒田港がある。酒田港は現在 1 万トン岸壁が新たにつくられつつあり、その背面には小規模ながら臨海工業地帯が発達している。

また住時から油田・ガス田地帯として知られる地であり、吹浦・余目・砂越地区には油井が散在し、現在もその開発が行なわれている。

南部の赤川左岸には、庄内藩の城下町として栄えた鶴岡市がある。

鉄道は羽越本線、陸羽西線が走り、道路は東北地方の裏幹線である 1 級国道 7 号線、その他 2 級国道などが走っている。

## 2. 水利用の現況

酒田市臨海工業地帯には、K. K. 鉄興社・花王石鹼 K. K. ・日新電化 K. K. などの工場があり、第 1 表に示すように工業用水の総使用量は、56,000 m<sup>3</sup>/day であり、そのうち地下水の汲み上げ量は 36,000 m<sup>3</sup>/day になっている (第 1 表参照)。

現在県および市では北部一帯の砂丘地に工場予定地 (3,219,101m<sup>2</sup>) を計画設定しており、既存工場ならびに

今後の誘致工場のため、公営工業用水道を計画し、着工の段階となつている。この水源は最上川の表流水であり、10 万 m<sup>3</sup>/day の給水計画で 37 年度より一部給水可能となつている (第 2 図参照)。

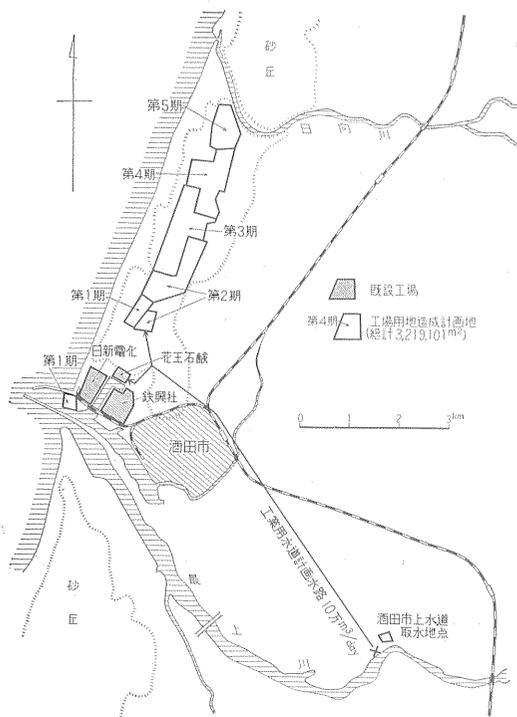
酒田市上水道水源の主水源は、最上川右岸にあり、表流 14,000 m<sup>3</sup>/day、伏流水 6,000 m<sup>3</sup>/day、計 20,000 m<sup>3</sup>/day となつている。そのほかに市上水道水源として左岸の新堀水源 (浅井戸)、北部日向川と瀬川に挟まれた土地に八幡水源 (浅井戸)、最上川右岸砂丘周辺の豊里にも補助水源 (浅井戸) がある。

鶴岡市の上水道水源は、赤川の伏流を 11,000 m<sup>3</sup>/day 取水している。その他余目町には最上川左岸に 2 つの浅井戸の上水道水源、右岸松山町・砂越町にも浅井戸の町営簡易上水道水源をもつている。

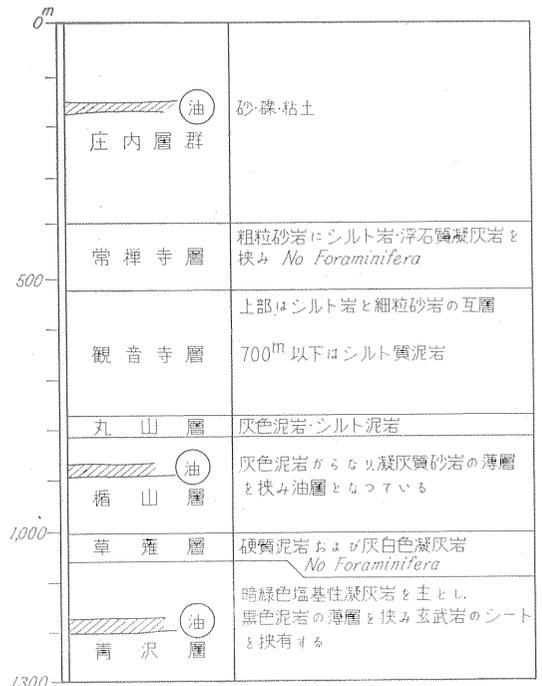
一般に浅層地下水は、砂丘地帯と最上川の流域近くの一部とを除いては、水質が悪く飲料に適さないものが大部分である。そこでかんがい用水路から引水して、直接飲料水としているものが多い。また南部の赤川流域一帯では、西部の砂丘末端部の湧水あるいは砂丘地の浅層地下水に水源を求め、4~5 km もの送水管を埋設して共同で導水している例も見られる。酒田・鶴岡両市の上水道では、市街地のための給水にとどまらず、周辺の部落まで比較的広範囲の給水区域を有している。

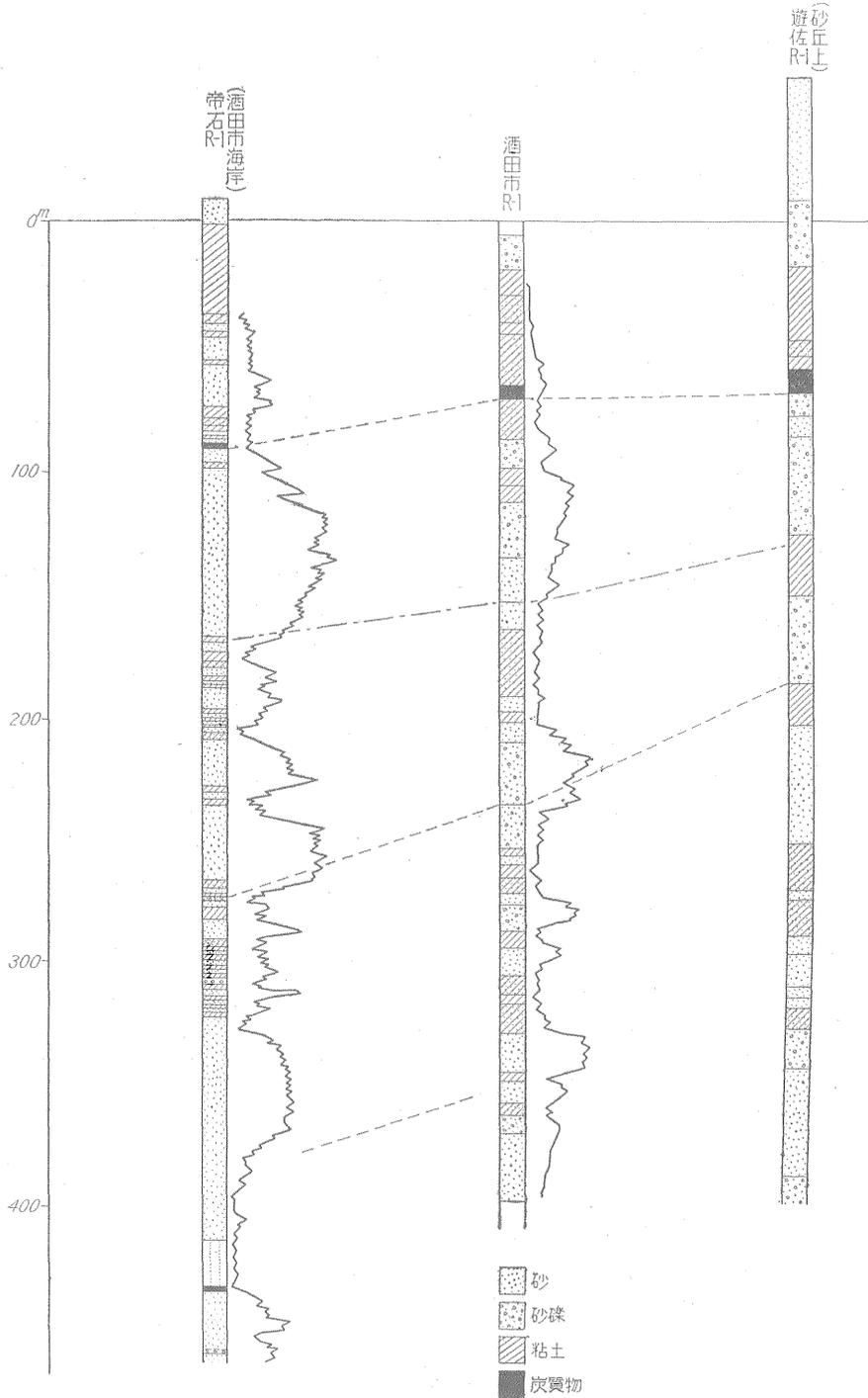
砂丘地の地下水は平野部の浅層地下水より概して良質

第 2 表 余目 SK 1 の地質層序 (地質ニュース引用)



第 2 図 酒田市工場地帯の概図





第 3 図 試掘井の地質柱状図と電気検層図

であり、臨海工業地帯の工業用水としても多量に利用されている。

また酒田市街地から北西方向にかけての一带は、いわゆる掘抜井戸の分布地帯であるが、地下水にガスが含まれており、家庭燃料として利用しているところがある。

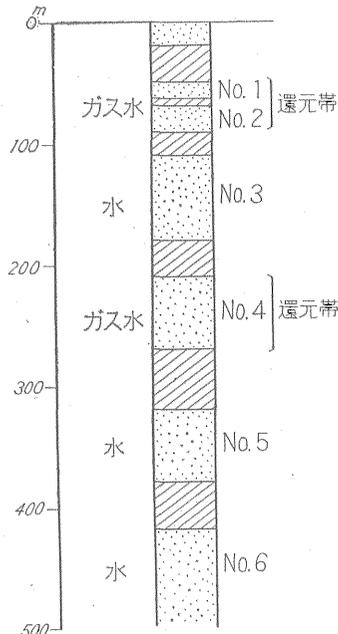
その北部の遊佐・南遊佐などにおいては、ガスを含まない自噴井が散在し、これらは良水を湧出している。

### 3. 地下地質と帯水層

この地域は油田地帯として知られており、帝国石油K.K.・石油資源K.K.、その他によつて1,000～2,000 mの油井・ガス井があちこちに掘さくされている。

第2表はその1つである余目町に試掘された井戸を例として、平野部の地下地質を示したものである。

このうち庄内層群とは、第四紀から第三紀の上部層と見られる地層が含まれているが、第四紀と第三紀とは岩質的に区別が困難であり、境界部は判然としていない。しかし地下水の場合はこの庄内層群が対象であり、とくにその上層部が主となっている。



第4図 酒田市の深井戸帯水層の模式柱状図

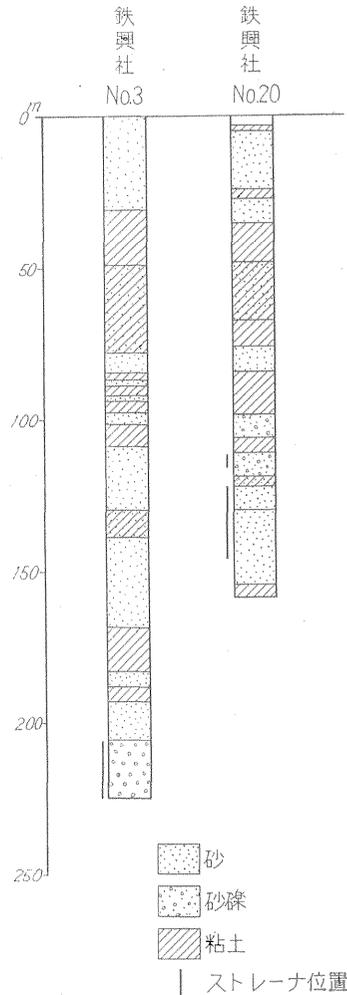
酒田市にある「帝石R-1井」「酒田市R-1」のさく井地質柱状図およびその電気検層曲線図によると、地下水の存在する砂、あるいは砂礫層は(1)50～60 m、(2)70～90 m、(3)110～170 m、(4)210～270 m、(5)320～380 m、(6)440～500 mとなる。以上を第1～第6帯水層と名づける。そのうち現在利用されているのは第4帯水層までである。

電気検層図で100 m以浅では比抵抗が低く、第1、第2帯水層ともにガス水となっており、最上川河口部で酒田天然ガスK.K.がガス採取に利用している(第3図・第4図参照)。

第3帯水層は現在鉄興社で取水するが、ガスを含まない地下水となっている。また第4帯水層は鉄興社の3号井の1井だけが利用しており、第1、第2帯水層同様ガス水となっている。

第5～第6帯水層は、東北地方天然ガス開発利用調査報告によれば、ガスを含まない地下水とされているが、現在利用している井戸がないため確認はできない。また同報告書によれば、コアの珪藻分析結果で380 mまでは海成のものがみとめられず、非海成の珪藻が検出されたと報告されている。

第3図の上部の破線の部分には炭質物がみとめられ、



第5図 酒田市の稼働中の深井戸柱状図

また第3帯水層下部に当る2番目の破線部は、沖積層の基底部と推定される。

第1～第2帯水層が平野全般において、掘抜井戸として利用されている帯水層であり、これらが主として調査対象となつている。その帯水層深度は第6図に示す通りであり、第2帯水層は月光川・日向川の上流部で20m以浅であり、西に向かうにしたがつて深度を増し、砂丘周縁の東で80m、酒田市工業地帯で90～100mとなつている。第1帯水層は東部では利用されておらず、本橋付近で40m、酒田市街地東部で50mとなつている。前者が無色水であるのに対し、後者は場合により着色水である特徴がある。

#### 4. 自由面地下水

当平野の自由面地下水は、砂丘地あるいは最上川流域の一部、月光川・日向川の扇状地などを除いた大部分の平野部で、水質が一般に悪くほとんど利用されていない。

最上川流域には表流の影響を受けると考えられる自由面地下水が存在し、水比抵抗として表流12,000  $\Omega$ -cm に対し、自由面地下水6,000～8,000  $\Omega$ -cm を示す一帯がみとめられる。第7図に示す自由面地下水の透水帯がそれであり、立川町の一部、右岸の砂越町南部一帯など、また余目町市街地東部より、北西方向に帯状に長く伸びる高い比抵抗部がみとめられ、これらは最上川の旧河川敷と関係を持つものと考えられる。以上の地区には上水道水源井、簡易水道水源井などが分布しており、一般に6～7mの深度の大口径の浅井戸が用いられている。これらの水源は最上川の水位が敏感に影響し、また井戸設置当時はそれほど鉄分の多くないものでも年々多くなる傾向がみとめられている。

北東の日向川・瀬川の両河川に挟まれた一帯は扇状地をなし、水比抵抗8,000  $\Omega$ -cm 前後の地下水があり、酒田市上水道八幡水源井など、豊富な水を得ているところがある。

砂丘地一帯には平野部と違つた厚い砂層中に存在する自由面地下水が比較的豊富に存在する。とくに平野部東側には砂丘地下水の末端湧水が所々にみとめられる。

鉄興社・花王石鹼の敷地内の浅井戸は、砂丘地下水を取水している。鉄興社では約10井で20,000  $m^3/day$  の揚水量をえているが、酒田港に近接している関係から海水の混入が考えられ、水比抵抗100～300  $\Omega$ -cm の地下水となつている。その北にある花王石鹼では4,200～6,000  $\Omega$ -cm であり、その他砂丘地下水は酒田市上水道の補助水源井にも利用されている。最上川左岸の砂丘周縁の坂野辺新田、里森、広岡新田、地道などの湧水あるいは地下水は、東方の3～4 km の部落の水源ともなつている。

砂丘地下水は海岸近くにおいて、塩分がやや多いが、東縁部になるにしたがつて良質になる傾向がある。水比抵抗は海岸近くを除いたものについて、3,000～6,000  $\Omega$ -cm 台を示している。

砂丘地下水は、直上からの汚染が容易であり、工場における廃液その他が浸透しやすく、井戸設備には充分注意すべきであろう。

月光川北方の野沢部落の北には、熔岩の末端の湧水池がみられ、豊富な水はかんがい用水としても利用されている。

#### 5. 被圧地下水

酒田市における第1および第2帯水層は平野部で広く掘抜井戸として利用されており、その深度分布は前述、第6図に示した通りである。

これらの被圧地下水の過半は自噴しており、自噴帯は第6図に示すように、酒田市の北部より、砂丘末端以東の平野部に広く分布する。最上川左岸側ではわずかに自噴する程度のものが、狭い範囲に分布している。自噴帯の中で最も自噴量の多いものは月光川流域の遊佐町を中心とした一帯で、自噴高が1m以上のものが数多くみられる。

水比抵抗の測定結果(第7図参照)のうち第2帯水層について、月光川を中心とした遊佐町一帯では18,000～15,000  $\Omega$ -cm の高い比抵抗を示し、それを取りかこみ、北西方向と南方に伸びた10,000  $\Omega$ -cm の部分が分布する。これは背面に広く分布する熔岩の中、あるいはその上下を流れる地下水が、月光川の形成した扇状地中に潜流となつて流れているものと考えられる。

次に日向川右岸には西方に向かつて8,000  $\Omega$ -cm の地下水が分布し、それを取りかこむ7,000  $\Omega$ -cm が北側において、遊佐方面の水比抵抗8,000  $\Omega$ -cm とを分断する形で、西より東に食込んでいる。

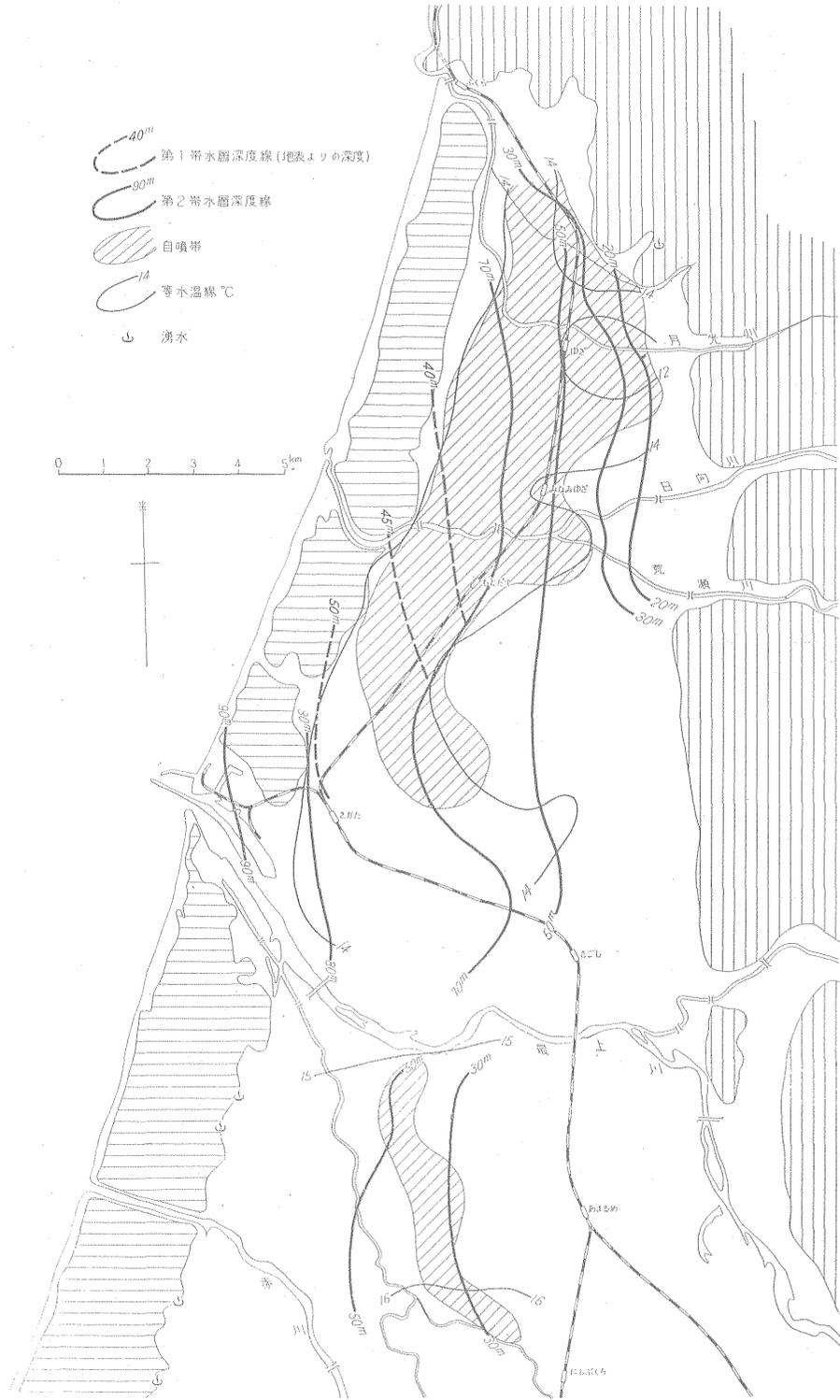
これらの2者は、それぞれ主供給源を異にする地下水と考えられる。

月光川下流部より南部に向かつて4,000～2,000  $\Omega$ -cm と低い値を示し、ガスを含む水質の悪い地下水が分布する。

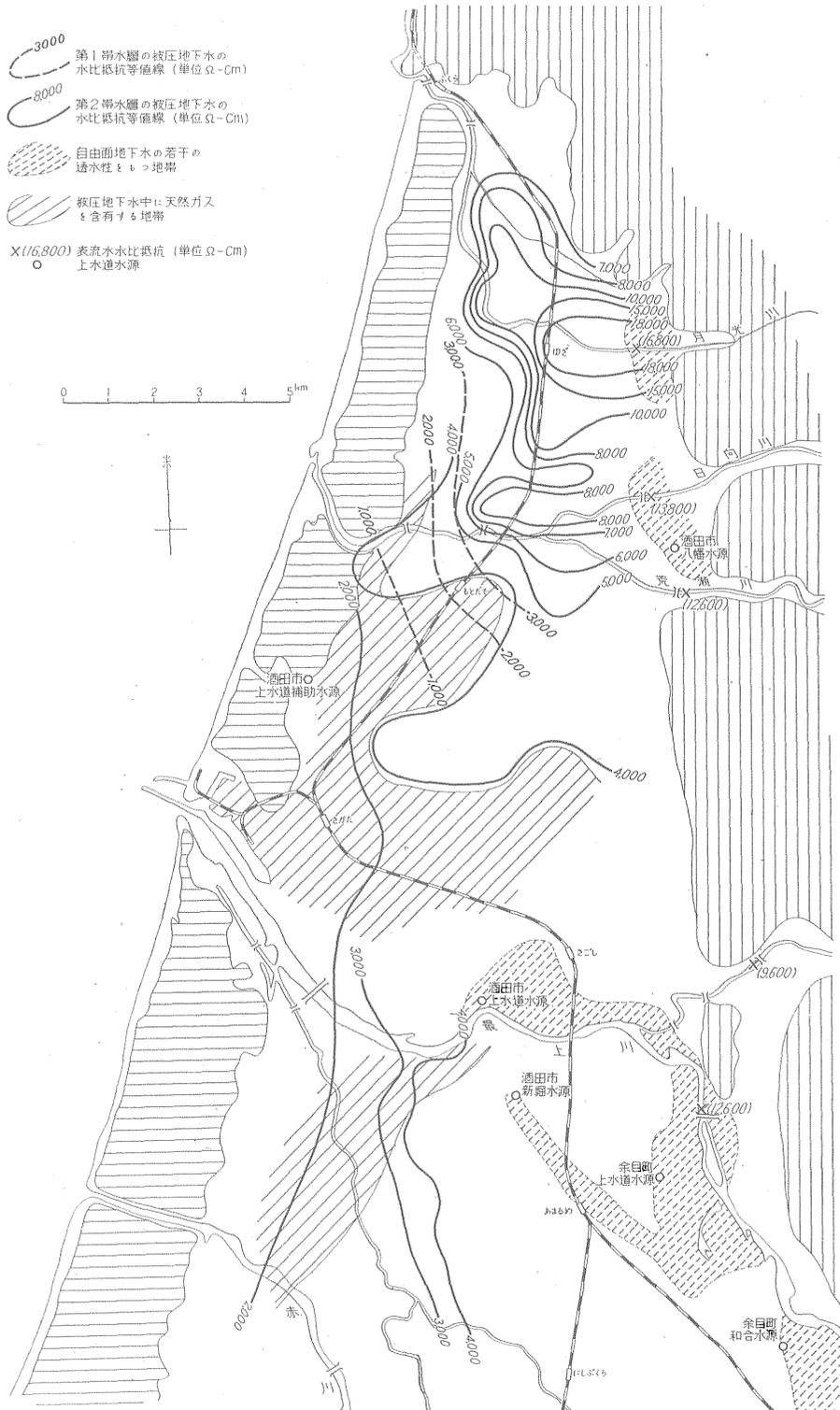
最上川左岸については4,000～3,000～2,000  $\Omega$ -cm と東から西に向かつて下降しており、水質の悪い割りにガス量も少ない。

最上川河口右岸一帯に井戸群を設け、第1、第2帯水層よりガス採取を行なつている、酒田天然ガスK.K.があり、既存工場地帯および工場予定地一帯は、還元帯に属する最も水質の悪い地帯となつている。

日向川下流部の兩岸を中心として、利用されている第



第6図 庄内平野地下水埋図 その1



第7図 庄内平野地下水理図 その2

1 帯水層は着色水が多く、同一地区の第1, 第2 帯水層を比較すると第1 帯水層は比抵抗が低く、水質は悪い。水比抵抗は 3,000~1,000  $\Omega$ -cm 以下となつている。

鉄興社においては第1, 第2 帯水層をさげ、第3 帯水層を利用し、110~170 m 間にストレーナを設けた井戸を多く利用し、ガスをほとんど含まず 3,300~3,900  $\Omega$ -cm となつている。しかし第4 帯水層を利用する鉄興社 No. 3 井はガスを含み 2,200  $\Omega$ -cm となつている。

水温は第6 図に示すように、月光川流域の遊佐町の高い比抵抗を示す部分で、11~12°C の低温であり、その他最上川右岸側では13~15°C の間であるが、左岸側では15~16°C となり、巨視的には北から南に向かつて徐々に上昇している傾向が見られる。

## 6. 水位降下と揚水量

資料不足のため個々の帯水層について検討することができないが、鉄興社 No. 20 井の第3 帯水層を利用する159 m 深度、12 吋口径のさく井当時の資料によれば、静水位 4.5 m、揚水水位 14.8 m で、揚水量は 4,300 m<sup>3</sup>/day となつている。

また花王石鹼の No. 1 井は砂丘地下水であり、深度 23 m、ストレーナは 4 m 以下孔径 10 吋の井戸で自然水位 2 m、揚水水位 3.5 m、揚水量は 2,400 m<sup>3</sup>/day となつている。

## 7. 水質分析結果

第8 図に示した49 点を選定し、水質分析を行ない、その結果を第3 表に示した。

No. 1 から No. 5 までの試料は平野を流れるおもなる河川水であり、No. 6 から No. 29 までの試料は自由地下水であり、このうち No. 20 から No. 29 までは砂丘地帯の地下水である。また No. 30 から No. 49 までの試料は被圧地下水であるが、このうち No. 36 から No. 47 まではガスを含むものである。この地域の水は以上の5 種類に区別し、説明の便宜上それぞれ次のような記号を用いた。

河川水……………	⑤
自由地下水 (平野部) ……	⑥
自由地下水 (砂丘地) ……	⑥'
被圧地下水 ……	⑦
被圧地下水のうち } ……	⑦'
ガスを伴なうもの } ……	⑦''

分析結果のうち地表からの汚染をかなり受けていると考えられるもの (No. 22, 23, 24 および 29)、還元帯の井戸 (No. 40 および 41) などについては参考までに数字は示してあるが、一般的な水質についてはこれを除外

して考察した。

河川水 ⑤ でとくにあげられる特徴は No. 4 の最上川の  $\text{SO}_4^{2-}$  が高い値を示していることである。これはその上流の支流流域に存在する温泉、鉱泉などの影響によるものと考えられる。参考までに注1) 最上川における  $\text{SO}_4^{2-}$  の1 年間の季節変化をみると、春に少なく冬に多い傾向で 6 ppm から 36 ppm までの間でかなり大幅の変化をしている。

## 8. 地下水諸成分の特徴

**pH, RpH** pH は ⑥ では平均 6.0, ⑥' は平均 6.6 でいずれも微酸性である。⑦ は平均 7.2, ⑦' は平均 6.8 でいずれも中性に近い値を示す。

RpH は pH と RpH との差をみると ⑥ では 0.7, ⑥' では 0.4, ⑦ では 0.2, ⑦' では 0.5 内外となつている。このことから、

- (1) 全般的に自由地下水が被圧地下水より free  $\text{CO}_2$  が多いこと、
- (2) 自由地下水では砂丘地帯のものが free  $\text{CO}_2$  が多いこと、
- (3) 被圧地下水ではガスを伴なうものの方が free  $\text{CO}_2$  が多いことがわかる。

**$\text{HCO}_3^-$**  ⑥ は 25.6~86.6 ppm の広範囲の値を示すが、全般的にみれば 40 ppm 以上のものが多く、平均は 38.3 ppm である。被圧地下水は自由地下水よりも全般的に多い傾向は明らかにみられるが、かなり大きな幅の変化がみられる。すなわち C に属するものでは平野の北部では 83~242 ppm、平野の南部余目町の No. 48, および 49 ではそれぞれ 113~142 ppm を示している。

しかし北部でも月光川および日向川に沿つた ⑦ では、16~52 ppm で少ない傾向がみられる。⑦' に属する第1 帯水層では約 200 ppm 以上、第2 帯水層では 108~190 ppm の値を示している。

**$\text{Cl}^-$**  ⑥ は 10 ppm 台の値を示すものが多く、平均 15.5 ppm である。⑥' は 13~50 ppm でかなり広い範囲の変化を示すが、全般的にみて 20 ppm 以上の高い値を示すものが多い。砂丘地帯の地下水に若干  $\text{Cl}^-$  の多い傾向がみられる。これは海水の塩分が風雨で運ばれ、透水性のよい砂に浸透したものと考えられる。この傾向は後で述べる  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  にも明らかにみられる。⑦ と ⑦' は多少の違いはみられるが、大体 10~35 ppm の範囲である。

**$\text{NO}_2^-$**   $\text{NO}_2^-$  は少数の試料を除いてほとんど検出されない。

注1) 加藤多喜雄著水質分析と試薬, p.145

第3表 庄内平野地下水

No.	試料採取地点	深度 (m)	Tw (°C)	pH	RpH	Dis. O <sub>2</sub> (cc/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)
1	日向川(鳥海橋)	表流	16.0	7.1	7.3	—	28.1	9.1	0.00	7
2	荒瀬川(八幡橋)	〃	15.5	7.1	7.4	—	26.2	11.2	0.00	5
3	相沢川	〃	16.5	7.0	7.3	—	34.2	11.6	0.00	5
4	最上川(荘内橋)	〃	16.5	6.9	7.1	—	18.3	11.2	0.00	20
5	赤川(羽黒橋)	〃	16.0	6.9	7.1	—	19.5	9.1	0.00	4
6	酒田市八幡水源		17.0	6.6	7.1	3.56	52.5	10.5	0.00	9
7	砂越町茨野小牧新田水道		18.0	5.8	6.5	1.16	32.9	18.2	0.02	13
8	酒田市上水道水源		15.8	6.3	6.7	0.53	45.1	14.0	0.00	16
9	砂越町平田水道水源	6.0	18.0	6.3	7.1	0.59	86.6	16.1	0.00	14
10	松山町松嶺水源1号	8.0	16.0	5.8	6.6	1.03	58.6	19.6	0.00	18
11	余目町千河原	4.9	16.0	5.8	6.8	—	79.3	51.9	0.00	7
12	酒田市新堀水道浄水場	7.0	14.2	5.9	6.5	—	42.7	18.6	0.00	20
13	余目町余目跡水道水源	5.5	14.0	5.8	6.6	—	44.5	16.5	0.00	13
14	〃余目第二簡易水道	6.1	16.3	5.6	6.4	0.00	25.6	12.6	0.02	20
15	〃余目上水道水源	6.5	18.5	5.6	6.8	—	46.9	13.3	0.00	16
16	〃和合上水道水源	6.2	15.7	5.6	6.5	0.00	39.7	11.2	0.00	20
17	立川町西興野簡易水道	4.5	14.5	6.3	6.8	—	25.6	10.2	0.00	21
18	〃最上土地改良区	16.0	14.6	6.4	7.2	—	82.7	25.6	0.14	13
19	余目町京島	浅井戸	15.5	5.6	6.2	—	18.9	35.1	0.00	32
20	酒田市西荒瀬簡易水道	3.5	14.0	6.6	6.9	3.56	31.1	50.9	0.00	4
21	酒田市花王石けんK.K.酒田工場1号	21.2	13.0	6.9	7.1	—	53.7	47.4	0.00	27
22	〃日新電化K.K.酒田工場	不明	13.7	6.8	7.1	—	59.2	248.4	0.00	39
23	〃鉄興社K.K.9号	15.2	15.1	7.1	7.5	—	115.9	1,662.7	0.00	72
24	〃〃16号	24.5	14.4	6.7	7.1	—	146.4	8,333.8	0.00	1,130
25	〃荒沢部落水道	2.5	14.0	6.7	7.0	—	34.2	26.7	0.00	14
26	〃十里塚	3.0	15.5	5.8	6.6	—	29.9	42.8	0.00	10
27	〃広野地区簡易水道	湧水	13.0	6.8	7.1	5.86	36.6	40.3	0.56	13
28	〃広岡新田	5.5	15.0	6.4	6.8	—	25.6	13.3	0.00	13
29	〃浜中	8.5	14.0	6.4	6.9	—	57.3	114.7	0.00	28
30	富岡	44.0	14.5	6.9	7.3	—	52.5	21.0	0.60	10
31	小服部	36.4	13.2	8.0	8.1	0.30	242.8	11.9	0.00	0
32	遊佐	41.8	11.2	6.8	7.0	6.47	16.5	10.2	0.00	5
33	下内	23.8	14.5	7.2	7.4	1.29	93.9	16.1	0.00	0

山形県庄内平野の工業用水源調査報告 (森 和雄・後藤隼次)

水 質 分 析 結 果

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Na <sup>+</sup> (ppm)	Fe <sup>2+</sup> (ppm)	Fe <sup>3+</sup> (ppm)	Ca <sup>2+</sup> (ppm)	Mg <sup>2+</sup> (ppm)	Total Hardness (ドイツ)	Total SiO <sub>2</sub> (ppm) 比 色	KMnO <sub>4</sub> cons. (ppm)	備 考
0.0	1.1	6.8	Total Fe (0.05)		6.6	3.1	1.6	14.8	2.0	
0.0	1.2	8.3	(0.17)		6.4	3.1	1.5	14.0	4.0	
0.0	1.1	11.2	(0.15)		7.7	3.9	2.0	16.5	—	
0.0	1.8	7.9	(0.45)		7.8	3.1	1.8	17.0	—	
0.0	1.0	5.1	(0.28)		5.9	3.3	1.6	6.5	7.2	
0.0	2.0	8.8	0.01	0.07	14.1	4.9	3.1	22.0	3.2	
0.0	2.1	12.2	0.05	0.03	12.8	5.7	3.1	29.5	4.6	
0.0	1.6	11.1	3.30	0.70	13.4	2.1	2.4	24.8	4.3	
0.0	1.7	16.4	0.02	0.02	20.7	7.4	4.6	25.5	—	
1.4	2.8	15.7	0.88	1.18	15.9	5.7	3.5	29.5	—	
0.0	4.5	25.5	0.86	0.05	27.4	7.9	5.7	40.0	3.4	
0.0	1.7	13.6	0.80	0.02	11.5	5.2	2.8	24.0	10.8	
0.0	2.1	12.5	0.39	0.06	11.8	4.1	2.6	41.0	7.0	
0.7	1.6	9.4	0.19	0.00	8.4	3.9	2.1	28.0	21.0	
0.0	1.6	10.5	0.73	0.00	12.9	4.6	2.9	32.5	10.2	
0.0	1.4	8.8	0.97	0.00	12.0	4.5	2.7	34.5	1.7	
0.0	1.2	9.0	0.00	0.21	12.5	4.3	2.7	13.5	1.7	
0.0	7.0	15.4	0.97	0.00	17.3	8.0	4.3	46.0	7.0	
0.0	12.4	30.6	0.00	0.26	8.1	3.7	2.0	36.5	30.0	
0.0	3.1	28.7	0.44	0.19	6.2	5.6	2.2	17.4	2.3	
0.7	5.7	27.2	5.00	0.00	8.5	8.7	3.2	22.0	8.1	
0.0	10.4	123.4	0.51	0.10	16.0	25.4	8.1	19.2	4.3	
15.0	45.0	860.0	3.68	0.00	107.6	25.9	21.0	25.0	30.4	
2.2	190.0	4,515.0	3.52	0.08	248.2	549.4	161.4	25.4	62.0	
0.0	2.5	15.0	0.04	0.02	9.0	7.7	3.0	20.0	2.5	
0.1	3.8	19.9	0.15	0.00	7.5	7.5	2.8	20.5	3.4	
0.0	4.3	23.5	0.00	0.00	8.9	10.8	3.7	17.5	8.7	
0.0	1.5	17.6	0.00	0.00	5.6	6.0	2.3	21.5	3.4	
0.0	41.8	66.7	0.00	0.00	15.8	11.7	4.9	24.0	29.2	
0.1	4.7	12.4	3.84	0.00	9.3	4.6	2.4	43.8	4.6	自 噴
0.5	7.7	94.8	0.25	0.00	2.3	1.4	0.6	49.0	50.8	淡褐色 自 噴
0.0	2.5	5.9	0.13	0.00	4.0	1.6	0.9	23.5	—	自 噴
0.9	5.0	12.8	0.27	0.06	14.7	7.1	3.7	50.0	—	

No.	試料採取地点	深度 (m)	Tw (°C)	pH	RpH	Dis. O <sub>2</sub> (cc/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)			
34	鳥海農業協同組合	63.8	12.3	7.1	7.4	0.52	42.7	11.9	0.26	7			
35	刈	屋	47.5	13.0	7.1	7.4	0.00	83.6	13.0	0.00	5		
36	上	市	神	78.5	13.3	7.1	7.4	—	108.6	11.9	0.00	0	
37	酒田市	布	目	49.3	14.0	6.9	7.4	—	268.4	24.2	0.00	0	
38	〃	萩	島	62.0	13.8	7.0	7.4	—	361.7	23.5	0.00	0	
39	〃	吉田	新田	73.0	14.0	7.0	7.4	—	154.9	18.9	0.00	0	
40	〃	本	泉	74.5	13.0	7.0	7.3	—	334.9	61.0	0.00	0	
41	酒田市	堀抜	鉢泉	不明	13.0	6.6	7.4	—	656.4	27.0	0.00	0	
42	〃			225.0	16.3	6.9	7.3	—	302.0	89.5	0.00	4	
43	〃	〃		13号	114.9	14.7	6.7	7.2	—	190.9	19.3	0.00	0
44	〃	〃		19号	142.0	14.3	6.9	7.3	—	170.8	17.9	0.00	0
45	酒田市	大	宮	70.0	13.8	6.4	7.1	—	162.3	35.4	0.00	0	
46	余目町	新	堀	51.0	15.5	6.6	7.1	—	126.9	27.7	0.00	0	
47	〃	板	戸	51.0	15.0	6.8	7.2	0.00	145.2	31.2	0.00	0	
48	〃	宮	増	根	51.0	15.5	6.8	7.4	0.00	142.7	24.2	0.00	0
49	〃	生	田	45.5	15.9	7.0	7.4	0.00	113.5	27.7	0.00	0	

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ㊦と㊦'は全般に多く検出され、その値は4~27 ppmの広範囲であるが、平均値は15.2 ppmである。㊦'のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>はCl<sup>-</sup>と同じような汚染の影響が考えられる。㊦は0~7 ppmの値を示すが㊦'は全く検出されない。

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ㊦は1.2~7.0 ppmの範囲であるが、全体としては2.0 ppm以下の値が多い。㊦'は㊦より高い値を示し、平均値は3.5 ppmである。㊦と㊦'はほぼ同じ値を示し、平均4.8 ppmで㊦、㊦'より高い。

Na<sup>+</sup> ㊦は8.8~15.7 ppmの範囲で平均値は11.9 ppmである。㊦'は㊦の平均値より全体が多く平均21.8 ppmを示す。㊦では12 ppm前後の値を示すが、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>でみられたように平野北部の月光川および日向川の沿岸に少ない傾向がみられる。㊦'は16.4~46.1 ppmの範囲で最上川の右岸で若干少ない傾向がみられる。

Fe<sup>2+</sup>およびFe<sup>3+</sup> Fe<sup>2+</sup>は㊦では0.01~0.97 ppm、㊦'では0.00~5.00 ppm、また㊦では0.11~3.84 ppm、㊦'では0.67~4.30 ppmの範囲の値を示すが、なかでも㊦'が最もばらつきが多い。

Fe<sup>3+</sup>は㊦では0.00~1.18 ppm、㊦'では0.00~0.19 ppm、また㊦では0.00~0.12 ppm、㊦'では

0.00~0.18 ppmの範囲の値を示す。

一般的にはFe<sup>2+</sup>の形が多いが、㊦だけはFe<sup>3+</sup>の形で検出されるものもかなりみとめられる。

Total Feは一般的に㊦、㊦'より㊦、㊦'の方に多い。

Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> (硬度) ㊦と㊦'では大きなばらつきは少なく、

㊦……Ca<sup>2+</sup> 13.6 ppm Mg<sup>2+</sup> 5.0 ppm

㊦'……Ca<sup>2+</sup> 7.6 〃 Mg<sup>2+</sup> 7.7 〃

とほぼ平均値を示すが、Mg<sup>2+</sup>/Ca<sup>2+</sup>の値を取ると、㊦では0.37、㊦'では1.01となり、Ca<sup>2+</sup>に対してMg<sup>2+</sup>の占める割合が後者の方が大きな値を示している。これは前述のCl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Na<sup>+</sup>などと同様風送塩による影響の一端と考えられる。

また ㊦……Ca<sup>2+</sup> 12.7 ppm Mg<sup>2+</sup> 6.3 ppm

㊦'……Ca<sup>2+</sup> 18.3 〃 Mg<sup>2+</sup> 11.6 〃

内外の値を示すが最上川右岸の部では若干多い傾向がみられる。ドイツ硬度で表わすと㊦、㊦'では平均3度、㊦、㊦'では5度内外である。

SiO<sub>2</sub> ㊦では22.0~46.0 ppmの範囲であるが、平均28.3 ppmである。㊦'では17.4~22.0 ppmで一般的に非常に小さい値を示している。㊦、㊦'との違い

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Na <sup>+</sup> (ppm)	Fe <sup>2+</sup> (ppm)	Fe <sup>3+</sup> (ppm)	Ca <sup>2+</sup> (ppm)	Mg <sup>2+</sup> (ppm)	Total Hardness (ドイツ)	Total SiO <sub>2</sub> (ppm) 比色	KMnO <sub>4</sub> cons. (ppm)	備 考
0.0	3.6	9.8	0.11	0.00	7.1	3.9	1.9	43.5	14.2	自 噴
0.1	4.7	12.8	0.24	0.00	14.2	7.2	3.7	46.0	12.2	〃
1.4	4.6	16.4	0.88	0.06	14.3	6.4	3.5	53.0	9.9	〃
3.3	6.9	38.4	3.58	0.00	23.4	14.7	6.7	49.0	17.2	
1.0	5.4	46.1	3.12	0.12	52.8	23.7	12.9	44.4	—	自 噴
1.1	4.3	19.9	1.13	0.00	26.3	11.3	6.3	42.5	16.6	〃
4.4	8.3	135.1	2.16	2.24	13.4	6.2	3.3	51.0	76.3	淡褐色
8.8	10.0	141.1	3.94	0.00	48.8	20.4	11.5	60.6	83.3	淡褐色
6.8	10.2	61.7	4.04	0.00	33.1	17.4	8.6	54.6	25.7	
4.0	3.4	25.3	4.16	0.14	22.8	10.3	5.6	49.6	15.7	
1.4	3.9	26.4	4.30	0.18	20.5	9.6	5.1	53.0	7.8	
2.0	4.5	22.0	4.00	0.00	22.5	11.7	5.8	55.0	23.6	
2.0	3.6	23.1	0.67	0.00	13.1	10.1	4.2	47.4	30.9	
1.2	3.9	33.5	3.38	0.00	13.8	9.8	4.2	65.0	14.0	自 噴
1.8	6.4	27.2	0.60	0.12	15.1	5.4	3.4	60.6	16.6	〃
1.6	5.5	30.8	0.84	0.00	11.3	4.0	2.5	65.4	8.4	〃

はみとめられず、全般に多く、No. 32を除き、40.0～65.4 ppm となっている。

KMnO<sub>4</sub> 消費量 ㊦と㊦'では1.7～21.0 ppmの広範囲の値を示すが全般に少なく平均6.1 ppmの値を示す。㊣、㊣'では4.6～50.8 ppmの広範囲の値であるが、全体として10 ppm台が多く平均17.3 ppmの値である。

第8図は河川㊤、自由面地下水㊦、㊦'被圧地下水㊣、㊣'の別に溶存成分の量、水質組成などを示したものであり、円の大きさが溶存成分の大小、扇形の部分が各イオンのミリグラム当量を百分率で示した組成を表現している。自由面地下水の採取点はおもに砂丘地あるいは河川水の浸透を受ける地点が多く、平野部全般の水質とはみられない。しかし採取した試料のなかでは自由面地下水の方が、比較的被圧地下水より溶存成分が少ない。また日向川以北での被圧地下水はとくに溶存成分が少ない。

自由面地下水の水質組成は㊦と㊦'で次のように区別できる。

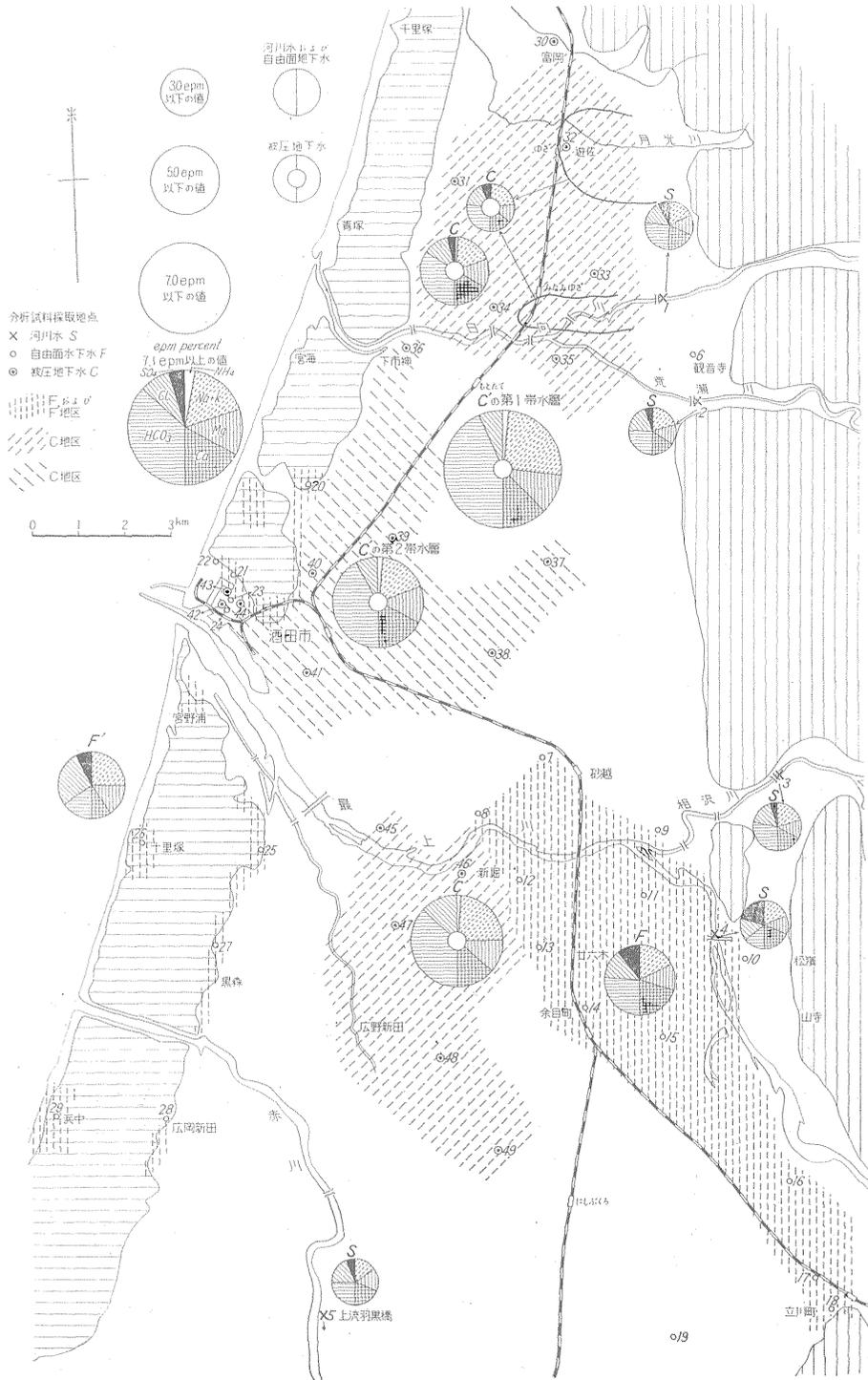
	陰 イ オ ン		陽 イ オ ン		
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
㊦	52.0	27.2	34.6	40.4	25.0
㊦'	31.4	53.4	50.6	18.4	31.0

すなわち㊦では溶存成分の50%以上が、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>の重炭酸塩からなり、普通の地下水ととくに違った点はみとめられないが、㊦'では全量の53.4%をCl<sup>-</sup>が占め、また陽イオンでは全量の約51%を(K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>)が占めている。このことは前にも述べた海水の間接的な影響がその原因となつているものと考えられる。

被圧地下水では陰イオンの70%近くが重炭酸であるような化学組成を示し、それほどの特徴はみとめられないが、㊣'にはSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>がほとんど検出されない。

### 9. 調査所見

平野部北部の鳥海山系からの供給による良質・低温な被圧地下水は、水温・水質を問題とする工業には適した水源となるものと考えられる。ただし自噴帯であり、揚水による自噴圧の減少は必至であり、今後開発にはその



第8図 庄内平野における分析試料採取地点および溶存成分と水質組成

点を考慮に入れるべきである。

酒田市一円および工場敷地造成予定地一帯は平野全体からみて、被圧地下水の水質が悪い地帯に属する。60～100 m の第 1、第 2 帯水層、210～270 m の第 4 帯水層はともにガス水であり、無難なものは第 3 帯水層の 110～170 m となる。320 m 以下の帯水層は、石油試掘時の資料のみで判然とはしないが、今後水質の究明が必要である。第 3 帯水層を利用する井戸については安全を見積つて 1 井当り 1,500 m<sup>3</sup>/day はえられるものとする。

また砂丘地下水は鉄興社、花王石鹼などの例から 20 m 前後の井戸で 1,000～1,500 m<sup>3</sup>/day はえられるものと考えてよい。また砂丘地の中心に近いほど水質はよくなる。

今後の誘致工場については、被圧地下水・砂丘地下水・工業用水道の 3 者を利用すれば一工場でかなりの水量はえられるであろう。

最上川左岸についての被圧地下水は水量・水質ともに大きな期待はもてないとみるべきである。

日向川上流部の扇状地一帯は浅層地下水が良質であり、酒田市上水道八幡水源の例からみても今後もある程度取水は可能であろう。

（昭和 35 年 10 月調査）

#### 文 献

- 1) 地質調査所：7 万 5 千分の 1 地質図幅「酒田」および同説明書，1934
- 2) 地質調査所：最近発見された新油田，新ガス田（その 3），地質ニュース，No. 74，1960
- 3) 加藤多喜雄：水質分析と試薬，ケミカルタイムズ社，1957
- 4) 石油技術協会：東北地方天然ガス開発利用調査報告，1957