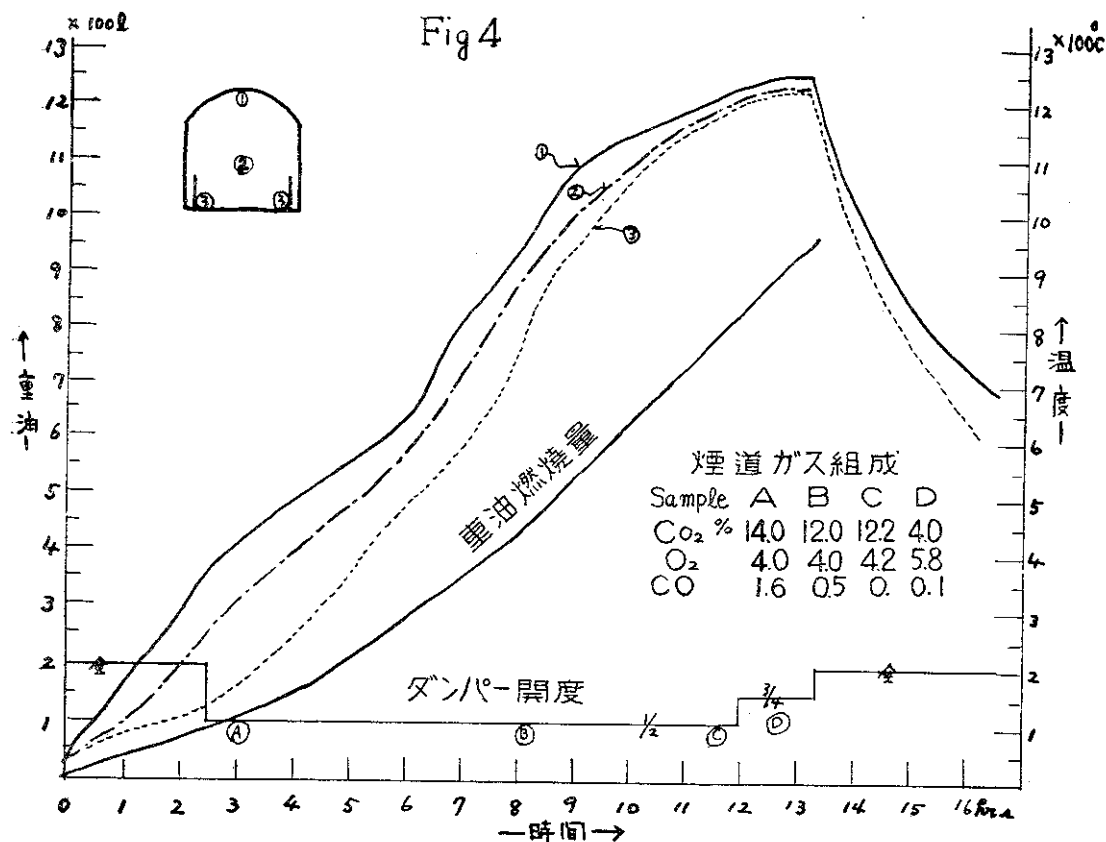




、ダンパー開度1/2 の場合でも尚重油燃焼量に相当な余裕があることは煙道ガス組成から見ても明らかで、この内容の窯では煙道を1/3 程度縮小したほうがよいと思われる。この窯の換窯で得られる経済効果としては、①従来登り窯で用いていた松薪は1 回に約 5.5 丈を要していたが次第に入手困難となり価格高騰し、割り手間等雑費を含めた燃料費は約40%の引下げとなる。また天候に影響をうけない。

②早朝より火入れすれば夕刻には終了するので深夜ないし終夜の作業を必要としないし、窯詰め、窯焚き、窯出しの作業に従事する人員が少くてよい。

③この窯 2.5 回分が登り窯 1 回分に相当するので素地釉薬等に変化があった場合早急に対策を立てられる。

④不時の注文や、多量の注文に応じうる、等と極めて大きなものがあり、設備費の償却も容易である。

3.2.3 (題目) 鹿児島市周辺の地下水の水質について 1)

黒川 達爾雄
養 輪 迪 夫

1 まえがき

鹿児島県では、工場誘致推進のため、これまでに、県企画調査室が主体となり、工場適地調査を行って来て居るが、その一環として、鹿児島—谷山地区臨海工業地帯造成計画の基礎をなす、工業用水についての調査を、昭和35年8月より同年10月にわたって行った。

当時は、これに対し水質分析を担当、谷山—鹿児島地区の約60個の既存の井戸から採水しその試料につき分析を行った。

本報では、その概要を報告する。

Ⅱ 谷山—鹿児島市の地質の概要

当地区周辺の地質は、南西部は時代未詳の中生層を、北および北東部は、第三紀中葉以後の噴出にかかわる輝石安山岩類と、活動間隙期に堆積した凝灰質堆積物(新第三紀層)を、基盤として、これらを不整合に覆う軽石流堆積物からなっている。軽石流堆積物は、熔結凝灰岩および未溶結の軽石凝灰角礫岩からなり、地域面積の80%以上を占めて広く分布している。軽石流堆積物は、基盤の地形に左右されて、厚さは不定であるが、一般に一軽石流30m前後で最上部の軽石流(熔結部殆どなし)は、厚い所で80~100mに達する。

軽石流堆積物中に存在する凝灰質粘土砂層礫層の厚さは、2～3 mで、厚い所では20 m以上に達し、植物破片のほか、局部的には浅海棲動物の化石を産する。

以上のような地質が、後にのべるように、当地区地下水の水質に種々影響を及ぼしている。

■ 河川

当地区には、第1図及び第2図に示すように、鹿児島市に甲突川、新川、脇田川、谷山市に永田川、和田川等の河川があり、それらは略々東南方向に流れ鹿児島湾に注いでいる。

このうち、甲突川は古期輝石安山岩の山地にその源を発し、主として軽石流堆積物の分布地帯を南東に流下しており、河口にかけて新川とともに、広い複合三角州平野を形成している。この甲突川は、有史以前には、現在の位置よりも現在の西田橋やや上流から北東の方向へいづる附近を流れていたものと推定されており、旧川筋にあたる、此の地域の地下水の研究に興味ある問題を与えている。

新川、脇田川は流域は狭長で、河川沿いに沖積地が狭

く発達している。

稲荷川は、鹿児島市街地の北北東に広く展けている吉野台地（軽石流堆積物で構成されている）の水を集めて南流する。

永田川は流域の西半は中生層からなり、上流部支流は全て中生層中を略北東に流れ本流と合する。本流は軽石流堆積物中を流れ、特に中流部以下は侵蝕されやすい、未熔結部を南一南東流するので、沖積地がよく発達している。

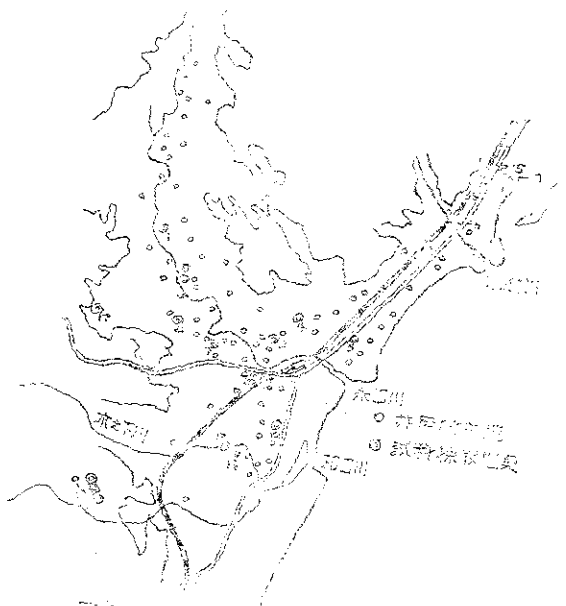
和田川流域上流部は中生層からなり、中流部玉利附近で表流は全く伏設している。

■ 水質

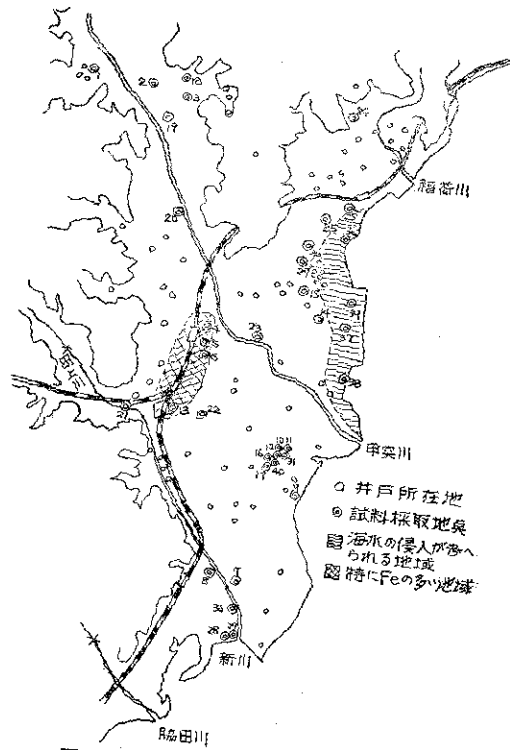
(a) 試料

試料は谷山—鹿児島市の既存の井戸から採取した。谷山市では、一部の業務用及び被圧深井戸以外は、民家所有の深さ5 m以内の浅井戸が多く、鹿児島市では10 m以下40～50 mの深さの井戸から採水しているものが多い。尚試料の採取には、一部ポリエチレンびん、大部分は焼酎用一升びんを用いた。

(b) 分析



第1図 谷山市概略図



第2図 鹿児島市概略図

分析試験項目とその結果は第1表に示す。分析方法は、文献 2)4)5) により行った。

14	電話局	91	20.0	1416	33.4	1.8	1.8	82.9	—	39.4	22.3	10.7	0.015	45.9	424
15	高島屋	—	20.0	1516	27.1	1.7	2.6	101.9	—	49.3	14.4	10.1	0.017	75.1	499
16	竹垣	—	—	4465	15.2	4.4	1.9	16.7	—	14.0	10.7	4.4	tr	87.7	100
17	伊敷川清湯	15	19.2	4415	14.2	5.2	2.2	15.5	—	19.1	5.4	3.9	—	87.5	255
18	伊敷川清湯	—	—	7164	11.7	1.3	0.6	15.5	12.9	15.4	3.2	2.9	—	76.5	—
19	玉江湯	29	22.0	5498	17.4	1.4	2.0	8.4	26.2	20.0	4.9	3.9	0.007	70.2	162
20	宝酒造	75	18.5	8497	6.1	1.6	0.9	10.9	7.7	8.4	3.2	1.9	0.007	75.9	215
21	鹿兒島ハム	36	20.0	11160	8.5	1.5	1.6	8.7	15.5	7.7	2.2	1.6	tr	76.7	146
22	吉留食品	22	19.5	2250	27.6	6.3	2.7	33.8	62.3	57.1	9.1	10.0	tr	69.2	454
23	鹿兒島乳業協同組合	10	21.0	5350	10.3	0.9	0.7	18.4	20.8	7.0	5.2	2.0	0.027	59.2	170
24	福星寺水原池	—	18.0	8960	7.3	1.7	0.9	12.0	9.6	9.5	2.3	2.0	tr	68.3	162
25	銀星バチンコ	4	21.0	1750	39.7	5.7	3.7	48.7	9.8	7.1	5.3	11.0	0.18	52.4	503
26	城山湯	25	19.5	8749	23.5	4.3	1.8	24.6	29.3	22.8	9.8	5.4	0.003	64.3	227
27	白水館	60	22.0	8013	11.1	0.9	3.7	8.0	29.9	4.5	3.2	1.4	0.072	73.6	165
28	市と畜場	46	20.0	—	8.1	0.4	2.0	1133.7	214.3	50.7	98.5	29.7	0.017	63.3	3284
29	安樂酒造	45	20.0	—	14.0	2.4	17.6	4708.2	688.1	266.1	350.5	117.2	0.068	63.1	—
30	鹿兒島物産	48	—	—	13.1	—	3.5	235.6	70.9	10.9	23.2	6.7	0.037	46.4	892
31	鹿兒島物産	66	21.4	—	16.4	10.2	29.7	2345.8	487.4	146.1	57.5	89.7	tr	56.7	9701
32	鹿兒島物産加工	61	21.0	—	12.5	1.5	13.9	2796.4	308.2	100	223.4	65.4	0.006	69.6	5041
33	市と畜場	60	22.0	—	11.7	0.9	9.7	1757.7	219.4	69.1	150.0	44.1	0.083	70.4	3877
34	自治会館	60	20.0	—	11.7	1.3	4.9	388.6	23.9	11.8	20.4	6.3	2.72	72.6	3770
35	第一倉庫	91	22.5	—	14.3	1.9	2.3	491.7	114.7	16.6	25.2	8.1	tr	75.7	1114
36	第一倉庫	—	23.5	—	24.7	2.8	55.0	4503.2	444.0	127.9	183.2	65.3	1.825	38.9	8653
37	中央青果冷蔵庫	—	21.4	—	13.4	3.1	15.0	1852.1	217.1	58.8	131.2	35.4	0.388	56.7	3800
38	鹿兒島酸素	—	22.0	—	17.0	0.5	16.4	852.2	123.0	22.2	45.1	13.5	0.058	71.4	1651
39	中山水産	—	24.0	—	27.1	4.3	90.7	16523.0	2194.5	406.5	1099.8	310.5	0.453	44.1	37962
40	竹垣	—	—	—	13.5	7.3	6.5	1140.3	—	229.5	94.9	53.6	tr	39.9	2832

(1) アルカリ度

アルカリ度は、メチルオレンジを指示薬とした pH4.3 アルカリ度で $\times 10^{-4} \text{eq/l}$ で表はしている。確率紙を使用した累積頻度分布を第3図に示す。全体の平均値約 $8 \times 10^{-4} \text{eq/l}$ 、鹿児島市の平均値約 $10 \times 10^{-4} \text{eq/l}$ 谷山地区 $7 \times 10^{-4} \text{eq/l}$ であるが、鹿児島市の試料は深井戸関係が多く、谷山市のものは浅井戸関係が多いということから一般にいわれている地下水においては下層程アルカリ度が増すという傾向が、当地域においても成立しているものと考ええる。河川では脇田川 9.7、田上川 7.6 で永田川 8.9 (いずれも $\times 10^{-4} \text{eq/l}$) である。

(2) 酸度

酸度はフェノールフタレンを用いる pH 8.4 酸度で、 $\times 10^{-4} \text{eq/l}$ で表はして居る。累積頻度分布を第4図に示す。

鹿児島市地区の方がやや高い傾向が見られる。河川では脇田川 1.5、田上川 1.0、永田川 2.6 ($\times 10^{-4} \text{eq/l}$) である。

(3) KMnO_4 消費量

KMnO_4 消費量は、第5図に示すように試料の約80% が 2 ppm 以下であるが、全国各地工業用井戸水 (以下これに準ずる) についての平均値 4 ppm よりかなり少く良質である。河川では脇田川 3.4、田上川 4.1、甲突川 2.8 である。

(4) Cl^-

Cl^- は 50 ppm 以下のものについては $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ を使用する分光光度計による比色法、50 ppm 以上のものについては $\text{As}_2\text{N}_2\text{O}_3$ によるモール法を用いた。頻度分布を第5図に示す。

谷山市においては 5 ~ 20 ppm の範囲のものが試料の約83% を占めているが、鹿児島市では 5 ~ 100 ppm と広い分布を示し、更に全国工業用井戸水のそれと比べやや高い値を示している。

なお鹿児島市の一部には、第1表からもわかるように海水混入の疑いのある地域がある。これらのなかには冷房用水の需要の増大に伴って、地下水の汲上げ量が増大した結果によるのではないかと考えられるものがある。今後定期的に調査を続けて行く方針である。

このような塩水化の地域は別として、鹿児島市地下水に一般に比較的に Cl^- が多いのは、市街地で人口密度が高く、人工的な汚染が行われていることと、現在の鹿児島市の平野部がかつては海底であった事によるものではないかと考える。河川では脇田川 11.4 田上川 9.8、甲突川 7.2、永田川 17.4 (いずれも ppm) で永田川を除いて本邦河川の平均値 10.3 mg/l に近い値を示している。

(5) SO_4^{2-}

SO_4^{2-} は EDTA を使用する容量法により求めた。頻度分布を第7図に示す。当地区の平均値は 12 ppm で全国平均値の 5 ppm に比べ前出 Cl^- と同様な高い値を示す。

河川では永田川 15.6、脇田川 9.4、田上川 7.7、甲突川 7.8 で本邦河川の平均値 12.3 mg/l と比べ永田川以外はやや低い値を示している。

(6) 硬度、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}

硬度、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} はいずれも EDTA を使用する、滴定法により求めた。頻度分布を第8、9、10図に示す。

硬度は当地区平均 2.3°dH で全国平均 1°dH より高い値を示す。谷山地区では一般に硬度、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ともに鹿児島より少い値を示している。特に Mg は差が大きい、これは Cl^- と関係して予想されることである。又河川では、本邦平均 Ca^{2+} 9.8 ~ 15.4 mg/l、 Mg^{2+} 3.4 mg/l に比べ、永田川を除いてはいずれの河川も Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ともに低い値を示す。

(7) Fe

Fe は全鉄として、o-フェナンスロリンを使用する吸光度法により求めた。当地区は全般的に Fe は微量であるが、第2図に示すように、比較的 Fe の多い地域がある。

その原因として、田上川の侵蝕運搬作用によるものとの説があるが、尚一層の調査が必要と思はれる。

(8) SiO_2

SiO_2 はモリブデン酸アンモンを使用する、吸光度法により、比色ケイ酸のみを求めた。頻度分布図を第11図に示す。当地区地下水の著しい特徴は SiO_2 が多いことである。即ち全国平均約 10 ppm に対し当地区平均 68 ppm である。先にのべたように、当地区には軽石流堆積物が広く厚く分布して居るが地下水が流動中にこれら軽石流堆積物から SiO_2 を溶出するものと考えられる。谷山地区は鹿児島市地区にくらべ第10図に示すように SiO_2 が少い。これは谷山地区でも深井戸の水のそれが高い事から考えて試料の多くが、浅井戸の水である事によるのであらうと思われる。(この問題は他の成分の場合についても考慮する必要がある。) このようなことから地下水中の SiO_2 を測定することにより、その地下水の流動状況或いは流動経過を推定出来るのではないかと考えられる。河川水中の SiO_2 も当然多く本邦河川の一般についていわれている、12.4 ~ 15 ppm よりもはるかに大きい値を示す。

(9) 蒸発残渣

蒸発残渣についての頻度分布図を、第12図に示す。当

地区の平均は160ppmである。蒸発残渣が比較的多い一つの原因は SiO_2 が多いことにもよるであろう。

(C) $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$ 当量比

水質について若干の考察を加えるため $\text{Ca}^{2+}-\text{Cl}^-$ 当量関係図をとり第13図に示した。

鹿児島市伊敷地区は $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$ が2.0~4.2でその比が高く、谷山市ではNo 9, 10, 11, 17の山間部湧水が1.12~1.34で同じような組成を有して居る。又他の井戸については永田川の1.09に近い組成のものが多く谷山市の浅井戸が灌漑用水路の漏水に由来し、永田川に還流しているとの主張の一つの根拠をなしている。

又鹿児島市においては海水侵入の疑のある試料については、海水の当量比に近い値を示しており、No 7.25ではその比が0.24, 0.2と小さくなり、今後海水侵入の可能性のあることを示している。

一般的に見て当地区は $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$ の比が全国のそれに比べてやや小さい。

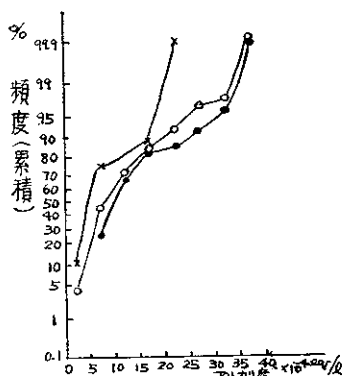
V おわりに

以上谷山—鹿児島市地区の地下水の全般的な水質についてその概要を述べた。要約すると当地区の(河川水)地下水は SiO_2 を多く含み、此の点問題があるが、その他の点では比較的良好な水質のものであること、又鹿児島市の一部にはFe含有の多い地帯があり、此の原因については、今後一層研究すべき問題点があること及び塩水化の地帯については定期的に測定を続ける必要のあること等々を知り得た。

本調査にあたっては、本県企画調査室竹崎徳男係長及び郡山栄技師の御協力を得、又分析の一部は鹿児島文理学部学生朝隈純孝、豊永功記、中釜律子、前広子、本堀淳の諸君の御協力を得たことを附記し、諸氏に厚く感謝致します。

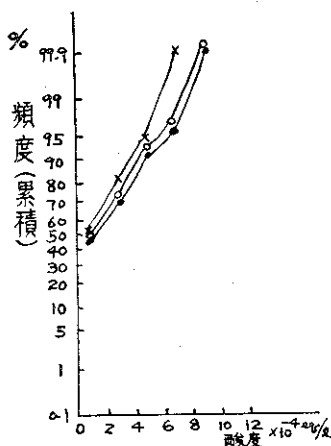
文 献

- 1) 鹿児島・谷山地区工業用水調査中間報告：
鹿児島県企画調査室
- 2) 鹿児島のおいたち：鹿児島市観光課
- 3) 工業用水試験方法 JIS KO101
- 4) 三宅泰雄，北野康，水質化学分析法，地人書館
- 5) 実験化学講座，地球化学，丸善
- 6) 蔵田延男：日本の工業用水，日刊工業
- 7) 菅原健：現代化学，岩波講座，岩波書店
- 8) 恒吉正己：唐湊地区における含鉄地下水の研究
鹿児島県地学会誌 No 9 (昭和33年)

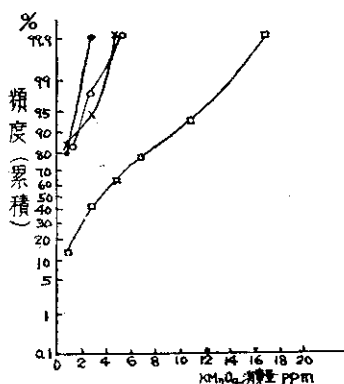


第3図 アルカリ度頻度分布図

X 谷山市地区
● 鹿児島市地区
○ 谷山—鹿児島綜合



第4図 酸度分布図



第5図 KMnO_4 消費量頻度分布図

□ 全国工業用井戸水 (以下同様)

