

琉球大学学術リポジトリ

琉球諸島の島嶋の水質

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学理学部 公開日: 2009-08-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 兼島, 清, 平良, 初男, 渡久山, 章, 大森, 保, Kaneshima, Kiyoshi, Taira, Hatsuo, Tokuyama, Akira, Oomori, Tamotsu メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/12187

琉球諸島の島嶋の水質

兼島 清* 平良初男* 渡久山章* 大森 保*

Chemical Study of River and Ground Waters on Ryukyu Islands

Kiyoshi KANESHIMA, Hatsuo TAIRA, Akira TOKUYAMA and Tamotsu OOMORI

Abstract

Chemical and physical studies on 304 water samples collected from Iriomote-Island, Ishigaki-Island, Irabu-Island, Miyako-Island and northern part of Okinawa-Island during the last two years from 1977 to 1978 have been carried out for total 15 components such as water temperature, pH, electric conductivity, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^- , SiO_2 , $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ and COD.

From the studies above, the following results were obtained:

(1) High contents of chloride are observed in ground waters collected from wells located along with west side of Irabu-Island. The chloride concentrations are also high at north-west and south-west sides of Irabu-Island. They are, however, low at central part of the island.

The wells with high chloride concentration are observed at Yonaha Bay at Shimoji-cho, north and west sides of Kadekaru areas of Miyako-Island, which would largely be affected by sea water. The central part of Miyako-Island is also low in chloride concentrations.

The wells at central area of Kabira village at Ishigaki-Island are generally low in chloride contents and they increase toward the beach side of Kabira Bay. The reasons for the occurrence of high chloride content in a shallow well at rather far area from the beach toward mountain side, however, has not yet been well known.

(2) Key diagrams for chemical compositions on waters show that those on Iriomote-Island are composed of both $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ and NaCl types whereas the waters on Ishigaki-Island are made of not only $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ and NaCl types but also of intermediate of two types above. Most waters on Miyako-Island are grouped into $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ type with some scattering distributions of NaCl types of waters. It is characteristic for waters on northern part of Okinawa-Island that some part of waters are grouped into both $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ and NaCl types whereas the majority of them are grouped into intermediate type of both above. These types of waters are somewhat resemble to waters on Ishigaki-Island.

It will be said that all of waters studied are characteristic on islands isolated from the continents.

(3) The average chloride content at Irabu-Island, the smallest island in the area among all, is 160 ppm with great influence of sea water as compared with that in other larger islands. Among individual island studied, the average calcium content of 83.8 ppm is the highest in Miyako-Island

受付：1979年4月28日

* 琉球大学理学部化学科

affected from Riukiu Limestone, whereas it is the lowest at non carbonate area of northern part of Okinawa-Island. The highest average content of magnesium is observed at Irabu-Island with the value of 15.9 ppm, which is also low in Mg content at northern part of Okinawa-Island in which may receive least influence of sea water. Bicarbonate content as well as calcium content are high in waters from islands of limestone formation and are largely concerned with degree of saturation by calcium carbonate in relation of changes in pH values. The average sulfate content is the highest at Irabu-Island with a value of 34 ppm and is the lowest at northern part of Okinawa-Island which may be said that the most part of sulfate ions are brought from sea water.

(4) Geographical dependence of land derived chemical species as well as the influences of sea water have been studied to evaluate a pattern of mass transportation cycle in each area. It is known from the study that the land derived materials in waters are decreasing at islands in the order of Irabu, Miyako, Ishigaki, Iriomote and northern part of Okinawa Islands.

(5) COD values are largely dependent of absorption of ultraviolet radiation at 250 nm wave length, and the relation can be expressed as the following:

$$\text{COD}(\text{meq/l}) = 3.81 \times (\text{Ab}_{250})$$

(6) From the study of correlation coefficients among chemical components measured, it is said that the chemical species such as Na^+ , Mg^{++} , K^+ , SO_4^- and electric conductivity are highly correlated with chloride content and with each other, particularly in surface waters at many islands in which may receive large influences of sea water.

The waters at northern part of Okinawa, however, receive least influence of sea water and almost no correlation between Cl^- and SO_4^- in particular and lower correlations between Cl^- and other components such as Mg^{++} and electric conductivity are observed.

1. はじめに

琉球諸島は北緯24°から28°にまたがる広大な海域に広がる60余の島々からなり、亜熱帯性と海洋性気候に恵まれそのため高温多湿で年間の降水量も2000ミリをこし、他県とは異なる自然環境である(図-4)。また島は小さく多くの離島からできているためこれら島鳴の水は海水の影響を受けやすく、またサンゴ礁や琉球石灰岩で成り立った島々の水は石灰岩の影響も受けている。ところが西表島や沖縄北部ではケイ酸塩岩石から出来ているため、このような地域の水はケイ酸塩の影響を受けるなど、地質の変化と水質の変化と地域により色々と変化が見られ、水の研究や琉球石灰岩の研究には多くの材料がありこれらの地球化学的研究に好適なフィールドである。

沖縄本島、宮古島、石垣島の地下水や河川水については兼島(1965)¹⁾がその主成分について報告しており、また兼島ら(1973)²⁾(1977)³⁾(1978)⁴⁾は与那国島や南北両大東島さらに沖縄南部地区の水について調べ報告している。また渡久山(1972)⁵⁾や渡久山ら(1978)⁶⁾は石灰岩地方の水や沖縄北部の河川水について調べ報告している。

この研究は琉球諸島の島々で琉球石灰岩で出来た島と非石灰岩地域との地質を異にする地域の水を対照にして、その地質の相異と水質との関連から、石灰岩やケイ酸塩岩石の風化と水との関係、すなわち水や石灰岩の地球化学について研究すると共に、人間活動とその環境への影響、すなわち水質の汚染機構などについて研究をして行こうとするものである。

この研究では琉球石灰岩地域の水として西表島の豊原地区と宮古島や伊良部島さらに石垣島の

川平部落の水について調べ、また非石灰岩地域の水として西表島東部や北部の河川と沖縄北部の河川水さらに石垣島の中央部や北部の河川水を採水分析した。この研究は琉球石灰岩地域の水質を通じ琉球石灰岩と水の地球化学を明らかにするため1977年と1978年の2カ年にわたって文部省科学研究費の援助を受けて行った研究である。

2. 試 料

試料の採水場所は西表島では図1に示すように豊原地区では井戸や洞穴の水をさらに仲間川の下流から上流までの河川水、西表島北部では高那川、由珍川、大見謝川、マーレ川などの河川水など全部で36試料を採水し、また沖縄本島では図2に示すように河川水を65個採水した。また石垣島では図3に示すように河川水については島の中央部や川平部落周辺で34個の試料を採水した。また琉球石灰岩の水として伊良部島や宮古島、西表島、石垣島川平湾周辺などで試料を集めた。伊良部島では図4に示すように島の西側にある部落の井戸水48個の試料を、宮古島では図5に示すように全島にわたって主として井戸水を一部河川水合わせて102個の試料を採水し、石垣島では図6に示すように川平部落内の井戸水や池の水19個の試料を採水した。採水は1~2ℓのポリビンに取り、採水と同時に水温、pH、電気伝導度の測定を現場で行った。また一部の試料は口紙(No. 2)で口過し濃塩酸を5~10ml加えて重金属分析用とした。

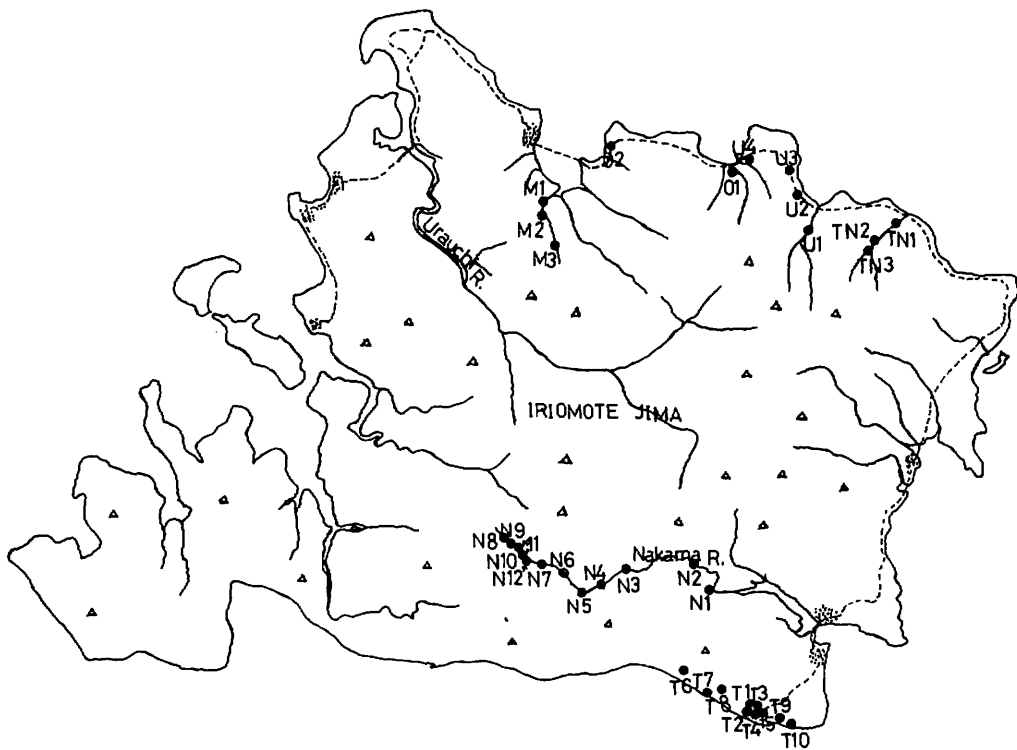


Fig. 1 Sampling points of river waters and ground waters on Iriomote Island.

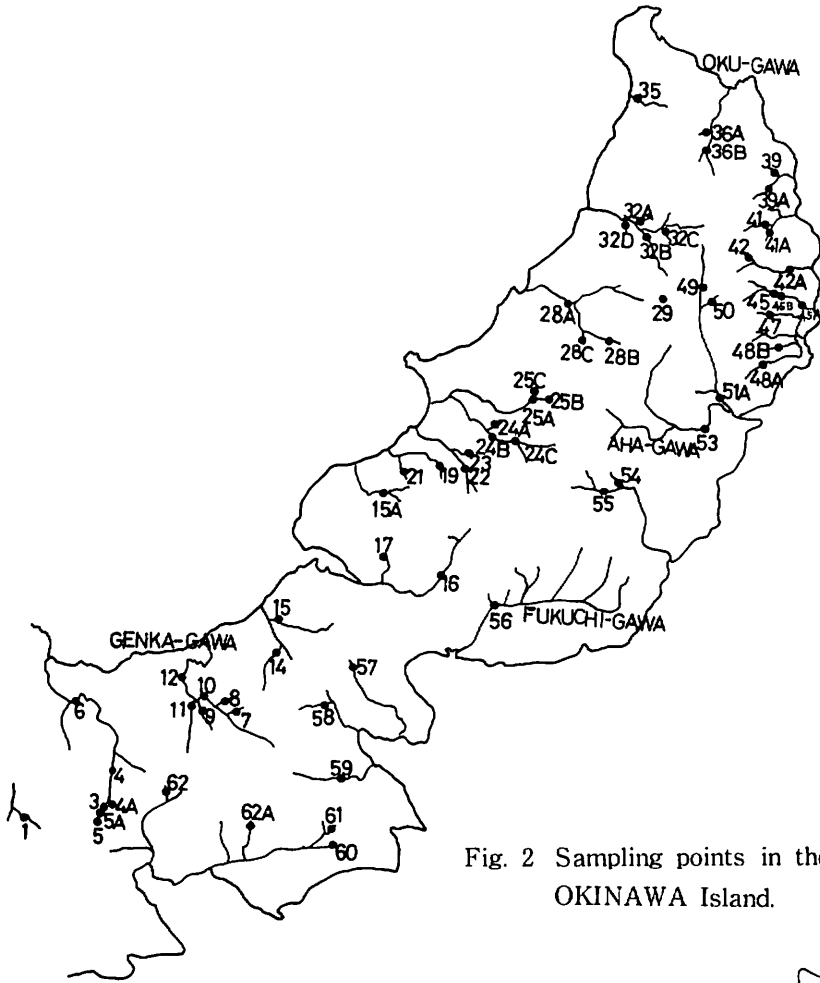


Fig. 2 Sampling points in the northern area of OKINAWA Island.

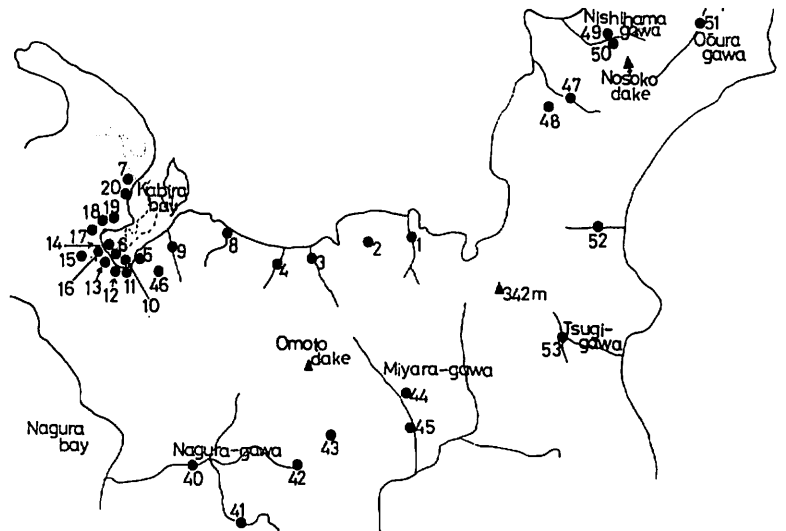


Fig. 3 Sampling points of river waters on Ishigaki Island.

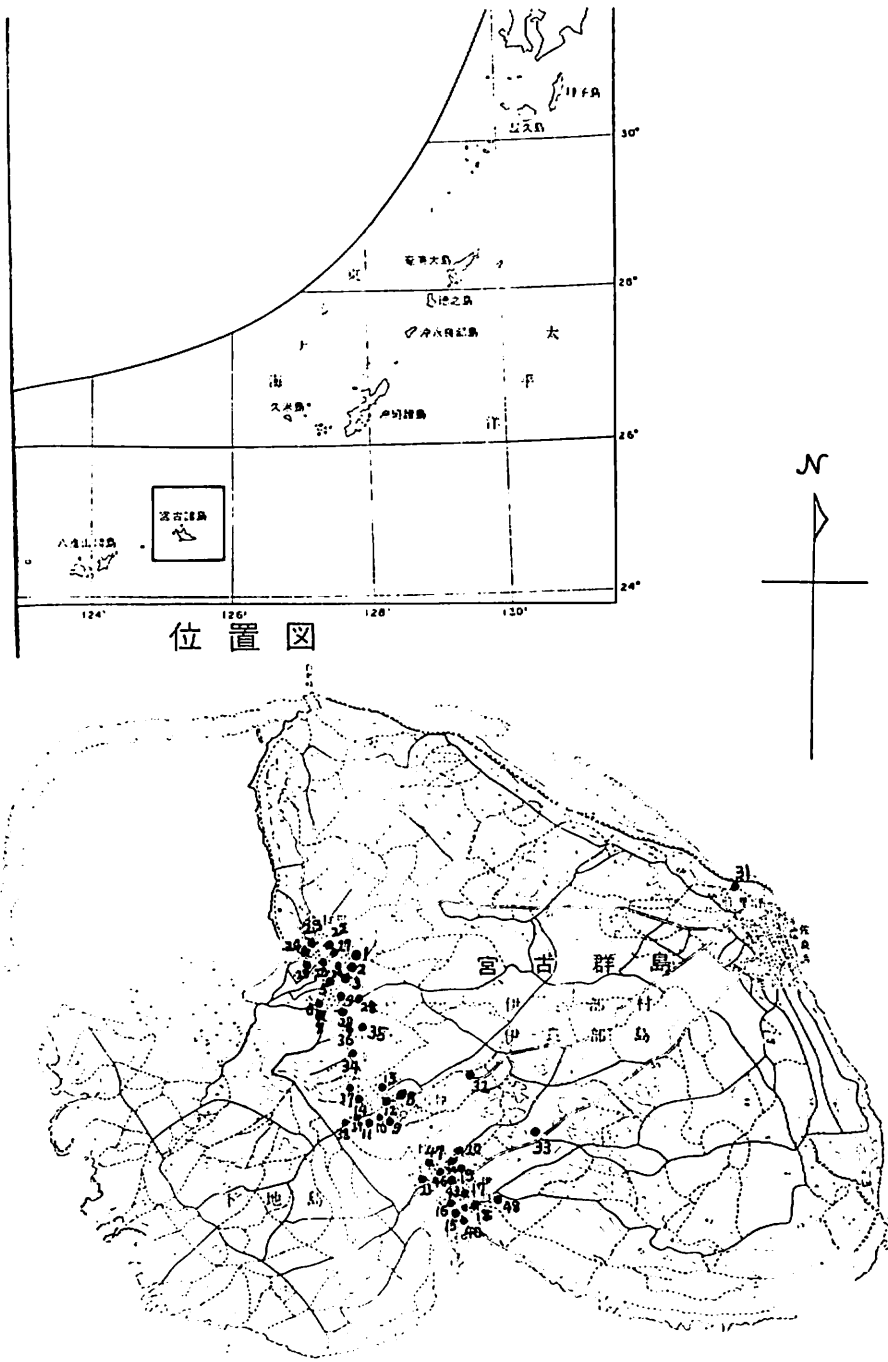


Fig. 4 Sampling points of ground waters on Irapu Island.



Fig. 5 Location of water sampling points on Miyako Island.

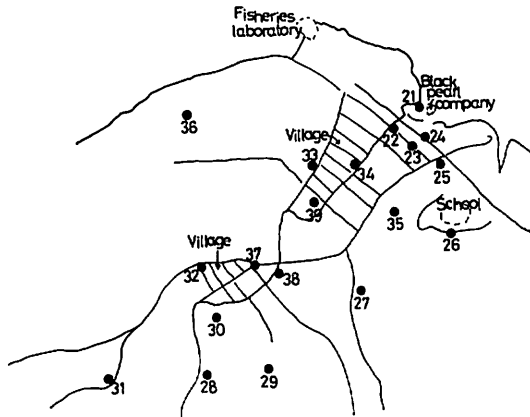


Fig. 6 Location of water sampling points on Kabira Village.

3. 測定方法

測定方法は電気伝導度は携帯水質計で、pHはガラス電極法で、 Ca^{++} 、 Mg^{++} はEDTA滴定法、 Na^{+} と K^{+} は原子吸光法、 Cl^{-} は硝酸銀滴定法、 HCO_3^{-} は0.02規定塩酸滴定法、 SO_4^{2-} は BaSO_4 として重量法、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 SiO_2 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ は比色法でCODは過マンガン酸カリ滴定法で行った。

4. 測定結果

分析結果を表1、表2、表3、表4、表5に示す。

5. 結果に対する考察

5.1 塩分濃度

5.1.1 伊良部島の塩分の分布

図7に伊良部島の塩分の分布を等塩分線図で示す。図に見るように伊良部島の塩分は伊良部島と下地島の間の水道部分で Cl^{-} が100ppmと高く島の中央部に入るにつれて順次低下し、最も低い値で60ppmを示している。そして伊良部島の北側の佐和田と南側の伊良部で300ppmと高い値を示すところがあり、明らかに海水の浸入のあることを示している。また佐良浜港の北側の前里添にあるサバオキの水も Cl^{-} が785ppmと高い値を示し、海水の影響が見られる。また現在使用中の伊良部島の2つの水源のボーリング井戸の水も150~271ppmと高い値であり、島の中央部にありながら、それより西側海岸よりにある国仲や長浜部落の井戸に比べ高い値を示すことは基盤が西から東に傾斜していることと井戸が深いことなどの条件のほかには水道使用量が許容量を越えていることが懸念され、そのことが海水影響をひきおこしているものと考えられる。このことは今後水道水の使用量や降水量などさらに検討して行く必要があるかと考えられるが、何れにせよ島の水道使用量には或る一定の限界のあることを示唆するもので、この限界以上の水道使用は水道としての価値を低下させるおそれがあるといわねばなるまい。

5.1.2 宮古島下地町の塩分の分布

宮古島下地町の与那覇湾から嘉手刈入江にわたる井戸水の塩分分布を等塩分線図にして図8に示す。図8に見えるように宮古島の中央部では Cl^{-} は35ppmと低い値を示すのに、与那覇湾では3000ppmを越すところもあり塩分の等濃度線は海岸線とは一致せず複雑に入りこんでいる。宮古島でも下地町の与那覇湾附近は基盤の泥岩が海岸近くで露出するのが干潮時に見られることから基盤が海面より低いため、海水の浸入が容易なためと見られ、また嘉手刈入江の北側とその西側海岸より塩分の高いところがあり、これは入江からの海水の浸入と西側海岸からの海水の浸入があるものと推定される。

5.1.3 石垣島川平部落内の塩分の分布

石垣島川平部落内の塩分の分布を塩分の等濃度線で図9に示す。図9で見えるように川平部落の井戸水は海岸ぎわは海水の浸入の影響で塩分が高い値を示している。しかし部落中央部は Cl^{-} が24ppmと低いところがあり塩分の少ない水がレンズ状に中央の琉球石灰岩地域にあり、石灰岩のない部落西側の山の方には海岸から離れているにもかかわらず塩分の高い水があり、山への風送塩

Table. 1 Chemical composition of waters collected on Iriomote Island

No.	pH	W.T. ℃	Ec $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ meq/ℓ
77-T-1	7.33	25.6	900	116	6.0	74.4	1.65	115	5.40
" 2	7.91	27.9	340	43	4.2	18.1	1.65	22	2.40
" 3	7.72	27.5	430	39	8.1	30.6	1.40	39	2.10
" 4	7.63	24.8	890	113	0.8	39.4	2.65	64	5.60
" 5	7.26	25.0	710	98	5.0	41.3	1.25	83	4.30
" 5b	7.29	25.2	670	100	6.0	41.3	1.23	85	4.80
" 6	7.42	27.0	250	13	7.1	27.8	1.86	46	0.90
" 7	7.77	26.1	310	21	6.0	28.8	1.30	49	1.10
" 7b	8.04	23.8	720	61	8.7	51.6	1.72	101	2.90
" 8	6.30	27.5	250	1.6	5.2	30.6	1.25	51	0.05
" 9	7.74	25.4	500	61	6.8	34.7	1.27	61	2.70
" 10	8.02	25.5	560	84	6.4	36.3	1.10	61	3.80
77-N-1	7.22	28.6	8300	54	160	1390	57.7	2500	0.53
" 2	7.18	27.5	530	7.5	9.0	92.0	4.30	142	0.28
" 3	7.48	26.3	220	3.0	2.1	15.0	1.17	24	0.27
" 4	7.54	26.2	120	2.8	2.1	15.0	1.15	23	0.23
" 5	7.55	25.0	118	2.9	2.1	15.0	1.17	24	0.50
" 6	7.63	25.0	110	3.3	2.4	18.8	1.20	28	0.30
" 7	7.57	25.6	120	2.7	2.4	17.8	1.17	27	0.29
" 8	7.53	26.9	116	3.0	2.1	15.6	1.23	24	0.23
" 9	6.80	25.0	190	13	4.7	19.4	1.15	26	1.10
" 10	7.48	26.0	129	2.8	2.4	18.1	1.25	26	0.32
" 11	7.31	25.6	118	3.4	2.4	16.3	1.32	23	0.34
" 12	7.31	25.8	116	2.1	1.9	16.9	1.25	26	0.21
77-TN-1	6.88	24.5	115	4.3	2.3	13.6	1.40	21	0.18
" 2	4.51	25.5	185	3.8	3.6	16.7	2.45	27	0.13
" 3	6.70	24.1	93	3.4	1.9	11.2	1.05	17	0.21
77-U-1	7.08	24.5	250	5.0	3.4	28.8	1.76	73	0.27
" 2	7.02	24.5	200	2.0	3.3	26.0	2.12	50	0.09
" 3	7.04	24.0	185	1.8	3.1	25.4	1.92	48	0.10
" 4	6.96	25.4	270	4.1	5.0	35.3	2.32	69	0.20
77-Om-1	7.32	24.0	128	2.1	2.1	17.4	1.23	32	0.14
" 2	7.08	26.0	330	6.2	5.8	35.9	1.82	82	0.33
77-Ma-1	7.23	24.4	152	3.2	2.9	21.1	1.57	39	0.22
" 2	7.26	23.0	135	2.3	2.6	18.9	1.57	35	0.18
" 3	7.18	23.0	151	1.9	2.7	20.1	1.70	36	0.16

Table. 1 Continued.

SO ₄ ²⁻ ppm	SiO ₂ ppm	COD meq/ℓ	NH ₃ -N μgat/ℓ	NO ₂ -N μgat/ℓ	date 1977	Locality
35.2	12.5	0.14	1.73	0.13	7/27	豊原, はいみ荘向い井戸
7.8	9.5	0.22	3.78	0.42	"	" 友利氏井戸
24.5	9.0	0.29	1.83	0.48	"	" " 北隣り井戸
32.0	13.8	0.10	1.33	0.19	"	" 部落東井戸
21.3	12.2	0.25	0.96	0.24	"	" 部落南流れ水
18.8	13.0	0.20	0.67	0.16	7/28	" "
9.6	18.3	0.49	2.12	0.33	"	はいみ田東洞穴中の流れ水
11.8	15.3	0.87	1.58	0.41	"	豊原の西洞穴の流れ川
14.2	8.6	0.25	1.39	0.61	"	豊原西洞穴内のたまり水
17.2	12.4	0.66	1.04	0.32	"	豊原西, 河川水
19.8	14.8	0.30	0.87	0.11	"	大原と豊原中間, 洞穴中
22.5	13.5	0.24	1.01	0.32	"	白石学園宿舎前浜河川水
350	15.0	0.48	4.11	0.09	7/29	仲間川本流曲るところ
20	3.7	0.26	3.40	0.04	"	" 西船着場近く
6.3	17.0	0.25	0.75	0.04	"	" 船着場
5.4	17.1	0.22	2.65	0.01	"	" 船着場より1キロ上流
5.1	17.6	0.15	0.81	0.04	"	" 船着場より1.5キロ上流
6.0	21.2	0.15	0.61	0.01	"	" N-5より約0.8キロ上流沢の水
5.4	19.2	0.13	0.75	0.01	"	" N-6より1キロ上流沢の木港あり
5.4	17.4	0.18	1.63	0.08	"	" N-7より約2キロ上流本流
7.5	20.0	0.05	2.17	0.10	"	" N-8より約0.25キロ下流沢
6.3	22.6	0.11	0.63	0.03	"	" N-9より約0.5キロ下流, 沢
5.7	17.6	0.09	2.28	0.09	"	" N-10より約0.25キロ下流, 沢
5.4	18.3	0.15	1.84	0.04	"	" N-7とN-11の中間支流
13.6	16.0	0.25	0.82	0.12	7/30	高那川河口近く
30.8	17.1	0.21	1.06	0.12	"	" 河口より約1.5キロ上流
8.2	14.9	0.32	0.94	0.14	"	" 河口より約2キロ上流
20.6	13.1	0.09	0.40	0.04	8/1	由珍川
7.0	14.5	0.18	0.47	0.14	"	道路わきの川
6.0	14.8	0.11	0.48	0.08	"	由珍川と大見謝川の中間の小さい川
5.7	16.4	0.25	0.38	0.04	"	赤離島の近くの川
4.2	13.0	0.10	0.32	0.04	"	大見謝川
8.2	11.0	0.13	1.99	0.05	"	タノラ川
5.7	16.4	0.16	0.25	0.05	"	マーレー川下流
5.4	16.7	0.11	0.44	0.05	"	" 中流
5.7	17.6	0.12	0.41	0.03	"	" 上流

Table. 2 Chemical composition of waters collected on 'Northern part of Okinawa Island.

No.	pH	W.T ℃	Ec $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm
77-H-1	7.23	14.5	115	4.6	3.7	16.7	0.35
" 3	6.60	20.0	131	6.7	4.6	14.1	0.60
" 4	6.50	17.3	121	7.5	4.1	14.4	0.55
" 4A	6.34	16.3	116	6.3	3.6	14.6	0.44
" 5	7.07	16.0	128	6.2	3.3	17.2	0.41
" 5A	6.78	15.7	122	8.0	4.3	14.1	0.48
" 6	7.40	19.5	130	9.1	4.4	14.2	0.57
" 7	7.00	17.5	66	1.5	2.5	12.3	0.46
" 8	7.29	15.9	105	6.2	2.3	14.7	0.50
" 9	7.28	16.0	110	9.7	3.4	14.6	0.50
77-H-10	7.31	17.5	111	7.2	3.0	14.1	0.44
" 11	7.29	15.5	95	4.8	2.5	13.6	0.44
" 12	7.75	21.0	122	9.1	3.0	16.0	0.71
" 14	7.38	14.5	105	5.4	2.7	15.8	0.53
" 15	8.05	15.6	190	22	4.1	16.9	1.01
" 15A	7.71	14.8	201	23	7.7	15.2	0.41
" 16	7.81	17.0	160	18	3.6	15.1	0.58
" 17	7.58	18.3	184	23	4.3	16.2	0.71
" 19	7.37	15.0	130	10	3.5	15.3	0.46
77-H-21	7.83	14.0	139	16	4.4	15.6	0.53
" 22	7.49	15.2	110	6.4	3.7	14.1	0.42
" 23	7.36	14.1	112	7.2	3.8	14.5	0.35
" 24A	7.45	14.9	96	5.0	3.1	16.1	0.35
" 24B	7.71	15.0	90	5.8	2.6	13.3	0.35
" 24C	7.05	15.9	83	3.8	2.8	12.0	0.35
" 25A	7.23	14.9	88	4.2	1.9	11.8	0.27
" 25B	7.01	15.0	89	3.3	2.3	13.6	0.53
" 25C	6.97	15.0	73	1.8	2.3	12.6	0.19
" 28A	7.70	15.0	119	8.0	3.0	15.3	0.62
" 28B	7.38	14.2	82	7.8	0.3	12.5	0.37
" 28C	7.48	16.1	131	9.8	3.5	15.7	0.57
" 29	7.20	15.5	100	4.3	2.3	15.1	0.53
77-H-32A	7.62	15.1	90	5.9	1.2	14.7	0.42
" 32B	7.48	15.0	109	5.1	2.4	16.3	0.58
" 32C	7.23	15.0	87	32	2.2	13.9	0.42
" 32D	7.60	15.3	150	7.8	3.9	21.1	0.78
" 35	7.51	16.5	191	8.5	5.7	25.8	0.71

Table. 2 Continued.

Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ meq/ℓ	SO ₄ ²⁻ ppm	SiO ₂ ppm	COD meq/ℓ	NO ₂ -N μgat/ℓ	Date 1977	Locality
26	0.36	9.4	14.1	0.10	0.18	12/ 1	轟の滝
20	0.71	6.6	15.3	0.14	0.41	"	羽地大川
21	0.52	11	15.9	0.06	0.06	"	"
21	0.48	11	20.9	0.08	0.12	"	" (支流)
23	0.42	17	17.9	0.05	0.19	"	" ("
22	0.54	11	14.7	0.09	0.14	"	" (本流)
21	0.64	11	16.7	0.06	0.11	"	" (ダム)
20	0.15	5.0	11.0	0.06	0.16	"	源河川 (支流)
22	0.39	8.2	19.6	0.09	0.17	"	" "
21	0.64	10	18.8	0.10	0.17	"	"
22	0.32	7.6	14.6	0.08	0.13	"	"
21	0.34	7.6	16.2	0.08	0.11	"	"
22	0.58	9.1	15.0	0.05	0.18	"	" (ポンプ場)
23	0.42	7.0	20.0	0.06	0.08	12/ 2	平南川(キャンプ場)
29	0.99	10	16.2	0.08	0.38	"	アザカ川 (滝)
26	1.37	15	19.4	0.04	0.17	"	饒波川
23	1.06	8.2	19.5	0.08	0.26	"	大保川
26	1.30	9.4	22.9	0.10	1.11	"	大エヌ川
23	0.65	8.8	19.5	0.06	0.30	"	外堀田川 (橋の下)
26	1.05	7.9	16.3	0.09	0.19	"	石浦川 (土滝拝所)
20	0.47	9.4	20.6	0.05	0.18	"	田嘉里川(ダムの上)
23	0.47	6.3	19.0	0.04	0.11	"	" (水源地)
23	0.39	9.4	22.8	0.06	0.44	"	比地川 (支流)
19	0.38	6.3	17.6	0.03	0.15	"	" (本流)
17	0.29	18	16.3	0.06	0.22	"	" "
17	0.25	7.9	16.8	0.02	0.20	"	奥間川 (本流)
23	0.17	7.0	16.6	0.05	0.40	"	" (支流)
21	0.15	4.4	14.1	0.03	0.16	12/ 3	" "
22	0.59	7.0	23.8	0.07	0.14	"	与那川(演習林入口)
18	0.28	5.7	19.7	0.05	0.14	"	" (道路行き止り)
22	0.67	8.2	26.8	0.05	0.13	"	" (支流)
22	0.32	8.6	25.1	0.02	0.08	"	スンバ川 (上流)
23	0.34	4.4	21.8	0.16	0.09	"	辺野喜川 (本流)
24	0.42	6.3	26.1	0.06	0.05	"	" (支流)
20	0.34	5.4	21.8	0.04	0.08	"	" "
33	0.51	7.6	27.0	0.15	0.12	"	" "
43	0.48	17	20.3	0.07	0.26	"	宜名真川(バス停北)

Table. 2 Continued.

No.	pH	W.T. °C	Ec $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm
77-H-36A	7.55	15.0	172	9.8	5.3	22.0	0.21
" 36B	7.54	15.0	117	6.6	3.6	15.6	0.46
" 39	7.40	14.0	187	12	5.2	23.4	0.71
" 39A	7.28	14.5	160	12	4.2	19.9	0.71
77-H-41	7.40	14.0	136	9.1	3.8	17.3	0.50
" 41A	6.90	16.0	160	8.0	4.5	22.3	0.60
" 42	5.92	18.0	120	8.0	3.5	14.8	0.50
" 42A	7.49	14.0	132	8.0	3.7	16.2	0.50
" 45	6.94	14.0	114	4.4	3.3	15.8	0.48
" 45A	7.25	16.0	120	5.2	4.0	16.0	0.46
" 45B	6.29	14.0	111	4.7	3.2	16.0	0.48
" 47	7.20	15.6	113	6.1	3.5	15.3	0.42
" 48A	7.42	15.7	138	10	4.7	20.6	0.65
" 48B	7.59	14.8	140	5.5	4.2	20.7	1.01
" 49	7.42	15.0	96	4.4	2.2	14.5	0.53
77-H-50	7.98	15.8	163	22	3.9	14.1	0.41
" 51A	7.71	15.7	111	7.6	2.8	14.6	0.57
" 53	7.54	15.0	100	7.8	2.2	14.1	0.74
" 54	7.69	15.5	98	5.4	2.2	13.9	0.57
" 55	7.45	14.8	90	4.6	2.4	13.0	0.46
" 56	7.31	20.2	137	9.6	3.0	13.5	0.74
" 57	7.21	16.4	170	12	4.2	17.5	3.16
" 58	7.20	16.2	120	6.4	3.7	15.1	0.60
" 59	7.25	18.0	146	11	3.5	16.0	0.85
77-H-60	7.01	18.0	173	10	3.8	23.1	1.31
" 61	7.17	17.8	84	8.5	2.0	15.6	0.64
" 62	7.15	15.0	88	3.8	2.5	15.1	0.34
" 62A	6.85	18.5	116	13	3.6	21.0	0.65

Table. 2 Continued.

Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ meq/ℓ	SO ₄ ²⁻ ppm	SiO ₂ ppm	COD meq/ℓ	NO ₂ ⁻ -N μgat/ℓ	Date 1977	Locality
40	0.64	7.6	18.4	0.05	0.06	12/ 3	奥川 (支流)
24	0.41	5.7	14.7	0.03	0.14	"	" (本流)
40	0.75	8.2	17.3	0.05	0.04	"	伊江川 (支流)
33	0.74	7.0	17.7	0.03	0.27	"	" (本流)
28	0.64	7.6	18.9	0.03	0.21	"	楚州川 (本流)
36	0.61	7.2	22.2	0.08	0.18	"	" (支流)
21	0.60	3.5	17.0	0.04	0.14	"	我地川 (ダムの下)
27	0.60	6.3	18.7	0.03	0.10	"	" (下流)
27	0.32	5.0	15.4	0.06	0.06	"	伊部川 (上流)
27	0.46	5.0	12.9	0.02	0.43	"	" (伊部橋下)
26	0.39	5.0	15.2	0.06	0.36	"	" (上流)
25	0.45	4.4	16.9	0.05	0.08	"	ウイヌ川
35	0.39	6.6	17.8	0.08	0.22	"	幸地川
35	0.48	5.7	18.2	0.06	0.40	"	安田川 (支流)
22	0.35	4.4	22.4	0.06	0.05	"	普久川 (上流)
24	0.91	4.7	19.2	0.03	0.27	"	" (支流)
22	0.56	4.7	21.2	0.10	0.14	"	" (下流)
21	0.51	6.0	11.4	0.06	0.11	"	安波川
20	0.40	7.0	24.2	0.04	0.15	12/ 2	新川川 (支流)
20	0.36	5.4	20.7	0.05	0.26	"	" (本流)
21	0.64	6.0	15.8	0.16	0.28	"	福地ダム)
30	0.70	11	22.3	0.33	11.8	"	慶佐次川
24	0.46	9.4	18.0	0.08	0.58	"	有銘川
24	0.65	11	20.0	0.12	0.28	12/ 1	有津川
33	0.80	8.2	32.0	0.07	0.08	"	汀間川 (上流)
22	0.54	7.9	24.1	0.04	0.14	"	" (支流)
25	0.26	7.6	16.9	0.14	0.12	"	大浦川
31	0.83	9.1	27.9	0.02	0.11	"	テマダ川

Table. 3 Chemical composition of waters collected on Irabu Island

No.	pH	W.T ℃	Ec μS/cm	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Cl ppm	HCO ₃ ⁻ meq/l	SO ₄ ²⁻ ppm
78-E-1	7.22	25.0	850	83.8	9.0	63.5	3.2	112.7	4.26	30
" 2	7.42	25.0	680	70.5	11.6	30.5	13.0	46.8	3.85	31
" 3	7.33	25.0	850	88.2	13.0	54.2	10.9	79.0	4.82	27
" 4	7.48	24.5	1100	78.1	21.9	94.1	55.3	142.9	4.93	43
" 5	7.37	26.0	830	74.9	12.4	71.2	11.7	107.4	3.9	31
" 6	7.46	25.5	900	75.1	13.9	83.1	13.9	136.5	3.88	28
" 7	7.47	25.0	1000	91.3	7.8	78.0	8.0	130.9	4.22	36
" 8	7.11	24.0	680	70.5	10.2	51.7	16.4	80.5	3.63	15
" 9	6.98	25.1	1000	100.	13.5	84.7	9.4	142.9	5.77	18
78-E-10	7.37	23.8	780	74.0	11.7	62.7	12.4	99.2	3.85	34
" 11	7.12	24.2	820	81.5	10.6	60.2	12.1	99.1	4.32	15.8
" 12	7.42	23.9	710	81.4	1.1	50.8	6.9	81.8	4.10	14.3
" 13	7.29	23.9	670	81.4	11.8	41.5	2.7	73.8	4.07	22
" 14	7.34	24.0	950	77.5	12.7	67.8	21.5	125.8	3.73	32
" 15	7.32	25.2	1100	80.1	22.9	134	20.2	233.3	4.71	53
" 16	7.41	24.2	1300	71.1	20.3	129	20.6	233.3	3.55	48
" 17	7.59	24.0	1100	63.4	17.3	110	23.2	198.9	3.17	38
" 18	7.67	24.5	1000	76.5	14.0	78.8	5.0	141.6	3.51	28
" 19	7.69	24.2	1150	63.9	18.3	102	33.8	189.2	3.25	41
78-E-20	7.41	24.5	810	66.9	13.0	54.2	10.8	87.8	4.04	28
" 21	7.62	25.8	1000	62.8	17.5	83.9	15.2	137.2	3.57	34
" 22	7.32	25.0	1300	78.5	23.4	127	26.8	220.5	4.45	57
" 23	7.32	25.0	1170	89.0	29.2	165	26.4	312.8	4.42	57
" 24	7.01	26.0	1190	88.6	29.5	202	24.9	356.3	4.57	61
" 25	7.07	25.5	1100	83.3	19.7	92.3	14.5	152.6	4.76	37
" 26	7.35	25.5	910	59.7	13.8	84.7	21.5	129.5	3.14	40
" 27	7.31	25.0	890	63.1	15.8	80.1	15.9	133.9	3.38	33
" 28	7.11	25.0	750	81.0	11.7	46.6	5.8	76.8	3.58	22
" 29	7.28	25.0	720	67.3	18.9	39.0	8.9	70.7	3.76	19
78-E-30	7.18	25.0	930	71.4	19.3	79.7	17.4	123.3	3.87	41
" 31	7.43	23.4	3100	66.1	55.1	400	15.3	785.6	3.28	111
" 32	7.18	24.3	1600	67.3	17.9	139	3.6	271.8	3.47	32
" 33	7.22	24.3	820	62.5	16.3	77.1	1.4	150.6	3.59	15
" 34	7.67	24.0	570	64.1	13.5	33.9	0.9	66.5	3.75	17
" 35	7.79	24.0	650	72.2	16.2	39.0	7.3	71.0	4.28	19
" 36	7.62	23.3	650	87.4	6.3	38.1	1.3	63.5	4.56	22
" 37	7.72	24.5	540	58.0	5.6	34.7	5.9	55.2	3.15	19
" 38	7.56	24.8	1450	93.0	16.9	113	17.9	195.6	4.52	40
" 39	7.89	24.2	830	77.8	13.6	71.2	19.4	110.7	4.26	33
78-E-40	7.26	24.2	1700	77.2	28.2	163	18.6	312.6	4.36	46
" 41	7.52	24.8	1300	74.3	20.1	151	13.8	284.9	3.59	45

Table. 3 Continued.

SiO ₂ ppm	DO ml/ℓ	COD meq/ℓ	NH ₃ -N μgat/ℓ	NO ₂ -N μgat/ℓ	PO ₄ ³⁻ -P μgat/ℓ	Date 1978	Locality
6.2	5.13	0.3	2.40	0.20	0.41	7/11	伊良部村 長浜, 佐和田恵任井戸
6.7	4.23	1.7	6.14	0.24	0.95	"	長浜, 島尻光子井戸
8.8	4.00	0.3	7.14	0.28	1.75	"	" 佐和田富男井戸
8.1	3.54	0.2	1.37	0.29	5.13	"	" 豊里盛吉井戸
9.5	3.41	0.8	8.42	0.48	5.47	"	" 国仲井戸
7.1	3.82	0.2	6.29	0.08	0.93	"	" 下地知良井戸
5.3	3.08	0.3	6.94	0.20	2.10	"	" 洲鎌哲井戸
5.2	4.36	0.1	3.43	0.14	1.39	"	国仲, 吉浜輝一井戸
5.8	0.35	1.9	17.1	4.66	0.43	"	" 吉浜広井戸
4.9	3.94	0.4	2.29	0.16	1.13	"	" 吉浜醸井戸
7.5	3.42	0.4	6.14	0.23	2.57	"	" 村田清吉井戸
5.7	4.92	0.2	7.20	0.16	1.41	"	" 下地ヶーキ店井戸
5.0	1.66	0.3	6.23	0.28	1.67	"	" 亀川(横)井戸
5.3	3.77	0.0	3.31	0.26	0.95	"	" 比嘉井戸
6.0	2.70	0.1	1.29	0.16	5.76	"	伊良部, 長山井戸
7.8	4.08	0.1	2.06	0.15	2.84	"	" 池間井戸
6.4	3.63	0.03	5.71	0.26	1.44	"	" 屋比久井戸
5.5	5.02	0.2	5.31	0.24	0.54	"	" 下地井戸
6.9	5.43	0.2	4.29	0.03	0.82	"	仲地, 平良井戸
5.6	5.11	0.0	1.66	0.10	1.62	"	" 平安山井戸
6.6	2.76	1.1	5.00	0.43	6.53	"	" 吉平井戸
6.9	4.31	1.0	3.71	0.56	0.77	7/12	佐和田, 塩川源蔵井戸
8.1	4.64	0.9	1.43	0.46	0.76	"	" 垣花井戸
6.9	4.87	0.8	1.91	0.46	4.26	"	" 与世田文雄井戸
8.1	3.74	0.1	7.23	0.32	8.06	"	" 川満勇井戸
9.0	4.73	0.8	0.91	0.39	2.94	"	" 平良井戸
7.9	4.89	0.9	1.83	0.23	1.26	"	" 国仲良榮井戸
4.3	3.14	1.0	14.4	2.5	1.96	"	長浜80番地井戸
6.1	4.25	0.7	1.09	0.28	5.46	"	" 洲鎌邦夫井戸
8.3	4.83	1.2	0.86	0.17	4.59	"	佐和田, 下地登井戸
1.8	3.53	0.6	1.77	0.25	0.43	"	佐良浜, サバオキ, 湧水
1.2	3.94	0.3	2.00	0.15	0.62	"	国仲揚水場
1.4	3.94	0.3	1.37	0.03	0.61	"	仲地揚水場
2.6	3.43	0.8	0.71	0.38	5.37	"	長浜, 安国井戸
2.9	3.04	4.5	0.80	0.34	2.09	"	" 玉寄井戸
2.7	2.97	1.3	1.00	0.20	4.34	"	" 玉寄西隣り井戸
6.3	1.75	1.5	10.2	0.74	1.93	"	国仲, 伊良部小西井戸
4.4	2.10	1.7	1.63	1.65	0.13	"	" 国仲部落西はずれ井戸
5.0	2.59	1.4	1.37	0.84	4.00	"	" E-38の東隣り井戸
5.2	2.90	0.5	1.11	0.19	1.26	"	伊良部, 製糖工場井戸
6.0	5.12	0.5	3.49	0.16	2.45	"	" 製糖工場北側井戸

Table. 3 Continued.

No.	pH	W.T °C	Ec $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ meq/ℓ	SO ₄ ²⁻ ppm
78-E-42	7.48	23.7	1450	71.9	16.2	99.2	26.7	189.0	3.61	40
" 43	7.58	24.0	1100	49.8	12.1	75.4	21.8	159.7	2.63	39
" 44	7.49	24.5	1100	72.1	11.8	63.6	20.8	134.1	3.00	23
" 45	7.52	24.2	1100	64.1	11.9	72.9	18.9	118.0	3.36	37
" 46	7.51	24.0	1200	66.9	14.2	83.1	20.5	149.1	3.37	37
" 47	7.59	24.2	1050	68.5	12.7	83.9	6.7	145.5	3.62	30
" 48	7.23	24.1	1050	83.3	9.1	76.3	1.5	141.2	4.20	13

Table. 4 Chemical composition of waters collected on Miyako Island.

No.	pH	W.T °C	Ec $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ meq/ℓ	SO ₄ ²⁻ ppm
78-M-1	7.44	25.0	500	73.5	1.5	30.8	1.5	58.8	3.10	22
" 2	7.49	25.0	520	79.6	2.7	40.1	0.6	61.8	3.45	25
" 3	8.08	26.5	580	65.9	3.9	53.2	1.0	73.5	3.23	20
" 4	7.56	25.0	590	76.0	5.3	37.8	4.1	60.8	3.50	16
" 5	7.49	25.0	550	81.4	8.3	34.2	1.1	54.4	3.66	17
" 6	7.50	25.0	550	85.0	2.2	33.3	2.7	47.9	4.03	22
" 7	7.53	25.0	510	74.2	4.0	27.5	3.4	47.8	3.22	15
" 8	7.52	25.5	700	85.0	37.1	40.5	3.1	63.2	3.81	25
" 9	7.58	25.0	650	77.6	0.2	41.9	12.0	65.7	3.68	5
78-M-10	7.57	23.4	1000	75.4	34.1	58.1	9.4	80.4	5.79	38
" 11	7.49	24.0	740	70.4	11.4	36.9	1.7	59.9	4.85	14
" 12	7.38	26.5	880	70.2	31.5	46.4	0.4	59.2	5.82	31
" 13	7.58	26.1	810	78.3	24.6	41.4	2.1	68.8	5.19	24
" 14	7.95	27.2	640	75.4	11.3	32.4	1.2	48.2	4.28	18
" 15	7.26	26.2	2300	71.9	13.6	205	2.5	497.4	3.90	97
" 16	7.49	29.0	600	86.5	5.3	26.1	0.3	27.3	4.30	30
" 17	7.80	27.0	750	84.6	16.3	43.2	1.0	72.0	4.13	19
" 18	7.39	24.0	810	94.0	1.1	40.1	19.1	58.6	4.65	33
" 19	7.43	23.4	540	87.5	18.6	23.9	0.7	38.5	3.76	18
78-M-20	7.72	23.0	690	77.8	6.8	39.6	3.9	68.1	3.95	23
" 21	7.56	23.7	720	88.2	6.0	43.2	2.3	71.8	4.01	26
" 22	7.49	23.5	590	89.9	7.6	26.1	2.5	44.0	4.05	18
" 23	7.49	23.9	1050	79.6	17.2	112	12.9	183.9	4.18	32
" 24	7.69	24.6	690	77.8	9.4	43.2	1.1	56.4	3.57	57
" 25	7.38	23.1	1600	126.9	25.4	161	8.2	314.1	3.65	100
" 26	7.30	23.8	660	96.9	6.1	24.8	8.4	25.5	4.35	23
" 27	7.38	23.2	580	93.3	14.1	22.5	2.5	36.5	4.26	14
" 28	7.65	25.5	500	77.1	14.4	31.5	0.8	50.5	3.36	20
" 29	8.05	26.5	550	59.6	5.6	52.3	2.8	75.0	3.13	23

Table. 3 Continued.

SiO ₂ ppm	DO ml/ℓ	COD meq/ℓ	NH ₃ -N μgat/ℓ	NO ₂ ⁻ -N μgat/ℓ	PO ₄ ³⁻ -P μgat/ℓ	Date 1978	Locality
6.8	5.28	0.6	4.29	0.19	3.37	7/12	仲地井戸
8.3	4.93	0.7	3.71	0.35	1.20	"	" 井戸
7.9	5.18	0.7	2.14	0.18	0.69	"	" "
5.0	5.81	0.4	1.77	0.14	0.98	"	" "
5.2	5.41	0.4	2.06	0.09	3.31	"	" トーフ屋井戸
5.3	4.90	0.6	1.37	0.16	5.30	"	" 上原井戸
1.4	4.62	0.6	2.94	0.10	0.93	"	伊良部洞穴製糖工場用水

Table. 4 Continued.

SiO ₂ ppm	DO ml/ℓ	COD meq/ℓ	NH ₃ -N μgat/ℓ	NO ₂ ⁻ -N μgat/ℓ	PO ₄ ³⁻ -P μgat/ℓ	Date 1978	Locality
4.0	4.90	0.0	1.25	0.06	0.45	7/14	宮古城辺町, 保良川, 泉
4.2	5.05	0.02	1.58	0.03	0.28	"	" 保良川の北 "
3.9	4.93	1.1	1.20	0.23	0.11	"	" マイバー, 泉
4.2	5.11	0.0	0.76	0.12	0.55	"	" 井戸
4.6	3.86	0.0	0.76	0.06	0.54	"	" 湧水
5.8	4.23	1.2	1.14	0.11	1.30	"	" 井戸
5.4	4.78	0.1	0.60	0.25	0.74	"	" 皆福本永朝信井戸
5.5	4.59	0.0	0.98	0.07	0.98	"	" 新城204 井戸
5.3	3.47	0.0	1.91	0.11	0.95	"	" 新城 井戸
11.4	4.39	1.6	1.36	0.72	5.48	"	平良市狩俣入口井戸
6.6	3.32	0.02	2.01	0.28	0.53	"	" 狩俣小面井戸
5.6	2.03	0.2	1.74	0.14	0.30	"	" 狩俣中前井戸
7.6	3.05	0.5	2.18	0.42	1.19	"	" 島尻入口井戸
5.5	5.37	2.0	1.69	0.43	1.21	"	" 島尻西流水
11.1	3.80	1.2	1.69	0.97	0.46	"	" 島尻生れ川隣井戸
4.9	4.10	0.4	1.91	4.88	0.23	"	" 島尻生れ川井戸
5.3	4.65	0.5	1.31	0.46	1.22	"	" 大浦入口井戸
8.5	4.13	0.3	1.42	1.64	0.41	"	" 大浦大里氏井戸
3.4	5.66	5.0	0.87	0.23	0.13	"	上野村大昭井戸
5.3	4.58	0.0	2.50	0.15	1.66	"	" 宮国湧水
3.7	4.69	2.7	1.69	0.27	0.15	"	" スガーニ南井戸
4.1	5.25	10.5	1.36	0.39	0.20	"	下地町スガーニ井戸
11.1	4.00	21.3	0.34	0.86	15.5	"	" 棚根井戸
7.2	2.27	2.6	2.56	0.31	1.22	"	" 棚根西井戸
6.7	3.15	1.1	1.09	0.25	0.58	"	" 井戸
5.5	2.11	0.1	0.54	0.18	0.22	"	嘉手苜井戸
4.1	5.13	37.1	3.54	0.74	0.88	"	上野村一地井戸
2.9	5.76	0.2	0.42	0.08	0.26	7/15	城辺町吉野井戸
3.6	5.10	0.4	1.58	0.31	0.28	"	" フタイダキ泉

Table. 4 Continued.

No.	pH	W.T °C	Ec $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Na ⁺⁺ ppm	K ⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ meq/ℓ	SO ₄ ²⁻ ppm
78-M-30	8.12	28.0	650	77.9	4.9	53.2	0.4	75.0	4.11	13
" 31	7.82	25.0	530	63.5	5.4	51.8	0.5	71.2	3.36	12
" 32	7.80	25.0	500	74.3	5.1	34.2	0.6	57.1	3.34	12
" 33	7.62	25.0	550	76.2	4.2	44.1	0.5	59.2	3.63	10
" 34	7.55	25.5	550	75.2	2.2	36.9	2.2	56.4	3.28	14
" 35	7.76	34.5	500	50.7	9.2	34.2	1.0	53.1	2.35	16
" 36	7.66	25.0	600	84.4	5.4	35.1	0.8	52.6	3.99	12
" 37	7.62	23.8	720	94.2	4.7	36.0	0.7	58.5	4.26	16
" 38	7.78	23.3	610	85.1	2.4	27.9	0.9	45.1	3.50	22
" 39	7.70	23.2	740	95.1	7.9	40.5	1.0	66.8	4.13	24
78-M-40	7.47	23.8	900	91.6	6.9	69.7	20.2	71.8	4.76	14
" 41	7.62	24.0	790	94.9	8.1	40.1	8.6	53.0	4.51	29
" 42	7.70	23.4	800	94.9	7.8	46.0	13.0	59.7	4.45	28
" 43	7.38	23.2	710	110.8	4.6	28.4	1.0	47.5	5.14	72
" 44	7.65	23.6	580	83.2	4.2	25.5	1.0	34.4	3.90	13
" 45	7.67	23.3	590	99.2	5.0	25.5	0.3	50.2	3.92	14
" 46	7.18	24.1	540	85.8	5.6	32.1	1.6	50.2	3.88	29
" 47	7.49	24.9	9500	132.9	199.5	1600	35.6	3025	3.77	407
" 48	7.65	25.1	2300	87.3	38.5	297	12.2	490.5	4.07	78
" 49	7.70	23.5	550	89.9	4.2	23.4	0.4	37.2	4.17	18
78-M-50	7.86	23.9	620	94.0	5.3	24.8	0.8	41.3	3.76	29
" 51	7.72	23.0	470	66.8	4.1	22.6	2.4	35.4	2.78	19
" 52	7.76	21.8	330	40.2	2.3	25.5	0.2	41.6	1.49	14
" 53	7.47	22.5	420	57.9	3.0	22.5	1.1	37.4	3.19	5
" 54	8.07	22.5	430	59.4	7.7	18.9	0.5	28.2	3.23	7
" 55	7.59	25.2	390	95.6	1.8	35.6	1.7	52.0	4.20	22
" 56	7.99	24.5	550	91.2	4.3	30.6	0.3	48.6	3.99	13
" 57	7.60	25.5	600	93.0	6.0	23.9	2.0	41.6	3.92	25
" 58	7.70	25.0	600	100	6.3	22.5	0.5	42.0	3.94	19
" 59	7.78	24.8	430	73.7	4.7	24.3	1.9	37.4	2.98	22
78-M-60	7.82	25.0	500	79.1	4.3	29.7	1.1	44.2	3.46	18
" 61	7.58	25.3	600	84.6	4.1	29.7	3.3	45.0	3.69	22
" 62	7.68	24.8	580	81.9	5.8	33.3	1.1	58.9	3.48	17
" 63	7.88	25.0	510	71.9	1.6	27.9	1.9	32.8	2.95	14
" 64	7.67	23.2	600	86.1	3.3	27.0	0.7	43.6	3.77	15
" 65	7.78	23.3	650	80.7	6.4	39.6	2.3	61.3	3.73	21
" 66	7.70	23.4	610	88.9	11.2	27.9	0.8	39.1	3.90	37
" 67	7.67	23.4	600	86.7	9.8	27.9	0.8	46.1	3.92	16
" 68	7.85	23.4	410	64.9	6.2	11.3	3.8	8.5	3.95	7
" 69	8.05	21.4	390	42.8	1.8	27.9	3.9	39.4	1.94	14
78-M-70	7.54	23.4	660	80.5	17.7	25.2	1.1	44.7	4.22	20
" 71	7.52	22.7	520	77.2	13.9	23.4	1.3	37.9	3.28	18

Table. 4 Continued.

SiO ₂ ppm	DO ml/ℓ	COD meq/ℓ	NH ₃ -N μgat/ℓ	NO ₂ -N μgat/ℓ	PO ₄ ³⁻ -P μgat/ℓ	Date 1978	Locality
5.2	4.59	0.4	0.63	0.09	0.10	7/15	城辺町バラオリ泉
5.0	5.84	0.2	0.72	0.10	0.77	"	" カニバナズ泉
4.5	5.35	2.6	0.98	0.09	0.83	"	" 新城水源地泉
4.8	5.23	0.2	0.92	0.10	0.64	"	" 泉
4.5	5.44	0.3	0.37	0.06	0.41	"	" 福里下地恵源井戸
5.2	5.47	1.9	2.53	2.02	0.11	"	" 浦底ダム
5.0	5.41	0.6	1.08	0.11	0.59	"	" 比嘉, 安谷屋トヨ井戸
5.6	3.47	0.3	0.65	0.25	0.64	"	平良市水源地泉
3.3	5.34	0.1	0.73	0.33	0.64	"	" 大野越井戸
4.5	5.18	0.1	0.55	0.18	0.59	"	" 西原大浦湾泉
10.6	1.77	1.9	0.45	0.30	21.3	"	" 西原玉本氏井戸
6.4	4.75	0.2	1.14	0.15	1.37	"	" 高良氏井戸
6.2	4.50	0.2	2.04	0.11	1.64	"	" 下原部落洞穴内
5.3	5.00	0.3	0.78	0.13	1.20	"	" 東添道平良氏井戸
3.6	4.88	0.0	0.65	0.10	0.75	"	" 盛加井戸
4.0	5.33	1.3	0.86	0.02	0.60	"	" 細竹井戸
4.6	4.21	0.7	0.89	0.42	0.84	"	下地町川満ボーリング井戸
3.8	4.78	0.5	0.84	0.15	0.96	"	" 川満海岸湧泉
5.4	4.21	1.6	1.70	1.10	1.94	"	" 川満ボーリング井戸
3.7	3.50	2.0	0.27	0.30	0.33	"	" 咲田西河川
5.3	4.21	0.0	0.73	0.30	0.84	"	" 積間ボーリング井戸
3.5	5.57	2.6	0.42	0.31	0.30	"	" 積間北 "
1.9	5.38	1.0	0.58	0.13	0.66	"	上野村積間東井戸
5.1	1.26	1.8	34.5	0.26	2.96	"	" 野原, 山の中の井戸
4.5	4.21	2.3	6.32	0.50	0.97	"	" 野原, 井戸
4.0	3.94	0.8	0.54	0.21	0.55	7/16	城辺町大瀬原共同井戸
4.2	3.96	0.5	1.20	0.19	0.33	"	" 下原湧泉
5.2	3.73	1.1	2.79	0.60	1.23	"	" 長間共同井戸
5.4	2.67	0.1	0.73	0.14	1.48	"	" 長間田名寛井戸
3.1	4.10	0.6	0.68	0.21	0.26	"	" 与並武の共同井戸
5.3	5.27	0.1	0.56	0.09	1.15	"	" 城辺水源地
4.2	4.80	0.4	0.60	0.05	1.03	"	" 仲原の井戸
4.7	4.85	0.1	0.82	0.07	0.73	"	" ムイガー湧泉
4.3	3.63	0.4	0.82	0.14	0.95	"	" 大原井戸
4.4	5.29	0.02	0.68	0.18	0.81	"	平良市盛加川洞穴
5.1	4.88	0.0	0.87	0.13	1.46	"	" ズザガー洞穴
4.4	5.08	0.0	0.67	0.00	0.79	"	" 白川ガー洞穴
4.7	5.10	0.0	0.76	0.06	0.78	"	" 大和川洞穴
7.2	0.68	1.5	52.8	1.30	9.99	"	" 久松部落東井戸
3.3	3.99	0.2	0.99	0.12	1.90	"	" 腰原井戸
5.6	4.00	0.1	0.35	0.07	4.64	"	" 腰原東井戸
3.7	3.02	0.4	1.06	0.71	1.17	"	" 七原井戸

Table 4 Continued.

No.	pH	W.T ℃	Ec $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Cl ⁻ ppm	HCO ₃ ⁻ meq/ℓ	SO ₄ ²⁻ ppm
78-M-72	7.90	22.0	360	40.9	0.6	25.2	0.2	40.7	1.50	15
" 73	7.99	21.9	390	38.8	3.3	36.9	0.5	47.8	1.64	20
" 74	7.62	27.9	950	91.0	31.4	70.3	18.7	93.6	6.38	15
" 75	7.77	27.0	920	113.5	15.2	59.3	17.3	84.8	6.33	57
" 76	7.32	24.3	1100	116.5	14.4	95.5	23.2	158.0	5.99	32
" 77	7.60	23.0	860	94.7	14.0	75.7	9.5	131.0	4.25	43
" 78	7.44	24.7	1600	106.1	8.7	161	10.2	291.8	5.13	62
" 79	7.63	23.8	1900	110.3	34.6	179	7.0	397.1	5.42	73
78-M-80	8.02	24.3	1040	95.4	2.7	85.6	12.4	183.3	7.19	7
" 81	8.09	23.1	900	87.2	15.0	86.5	15.6	143.1	4.53	33
" 82	7.58	25.0	1200	93.7	38.4	234	13.7	550	3.68	93
" 83	7.67	25.0	500	85.1	3.1	24.3	2.1	39.2	3.62	18
" 84	7.60	25.0	520	96.1	0.5	24.3	1.0	41.8	3.85	16
" 85	7.52	23.0	450	75.6	2.7	20.3	2.2	32.3	3.48	18
" 86	7.50	25.5	520	93.8	5.0	32.4	0.8	56.4	3.88	14
" 87	7.57	25.5	510	80.7	4.3	25.2	3.8	48.9	3.42	16
" 88	7.93	25.8	600	87.0	3.1	33.8	2.1	47.2	3.77	7
" 89	7.68	23.5	600	92.3	2.3	23.0	0.7	34.7	3.77	21
78-M-90	7.87	22.8	450	57.9	0.6	27.0	1.0	33.0	2.07	44
" 91	7.66	23.2	610	95.1	3.6	26.6	1.8	39.9	3.98	26
" 92	7.68	24.0	690	104.2	4.8	33.3	0.4	48.2	4.67	41
" 93	8.00	25.1	700	71.4	5.8	50.0	9.1	55.7	3.28	50
" 94	7.92	24.5	650	87.7	3.1	39.6	1.3	57.0	3.75	22
" 95	7.48	23.5	670	100.0	2.1	31.5	0.5	45.4	4.57	15
" 96	7.79	23.0	2800	91.4	54.1	420	17.0	711.3	4.13	115
" 97	7.61	23.0	600	80.2	3.8	26.1	1.5	68.5	3.55	4
" 98	7.60	24.0	620	94.7	4.7	27.0	1.4	45.0	4.25	17
" 99	7.66	23.8	4100	131.6	76.0	602	25.0	1032	5.77	184
78-M-100	7.52	23.0	550	92.1	3.5	23.0	0.5	37.4	4.19	17
" 101	7.46	23.5	2600	110.7	54.2	475	16.8	819.7	4.27	114
" 102	7.49	23.5	860	86.5	13.4	65.8	5.9	110.8	4.37	30

Table. 4 Continued.

SiO ₂ ppm	DO mℓ/ℓ	COD meq/ℓ	NH ₃ -N μgat/ℓ	NO ₂ -N μgat/ℓ	PO ₄ ³⁻ -P μgat/ℓ	Date 1978	Locality
2.2	5.33	0.2	1.05	0.04	0.51	7/16	平良市山中井戸
3.1	4.21	0.0	0.79	0.05	0.22	"	上野村野原岳井戸
13.4	0.78	1.6	121.6	1.42	21.3	"	下地町洲鎌井戸
6.6	3.42	0.1	1.21	0.28	0.90	"	" 上地井戸
8.3	2.75	0.5	1.70	0.38	3.47	"	" 与那覇井戸
5.3	4.14	0.0	1.02	0.12	1.62	"	" 与那覇南井戸
5.2	4.35	0.0	1.22	0.15	1.80	"	" " "
5.1	1.20	2.5	75.6	13.9	1.32	"	" 皆愛井戸
7.1	0.79	7.5	79.7	1.00	1.22	"	" 与那覇海岸井戸
12.4	4.84	0.4	0.61	0.54	4.72	"	" 来間島井戸
4.5	5.32	0.0	0.68	0.09	0.75	7/17	城辺町友利海岸湧泉
4.0	5.19	0.0	0.69	0.15	0.73	"	" 友利天川(洞穴)
5.0	4.21	2.1	0.64	0.15	0.89	"	" 宮古製糖井戸
3.3	4.65	0.1	0.90	0.17	0.53	"	" 花切井戸
5.7	4.76	0.0	0.78	0.15	0.95	"	" 元比嘉井戸
4.9	3.94	0.0	1.63	0.10	1.03	"	" 加治道井戸
4.8	4.21	7.6	1.92	0.50	0.79	"	" 福里公民館北
4.3	4.14	0.0	0.50	0.17	0.73	"	平良市野原越井戸
3.1	1.84	0.0	0.93	0.66	9.84	"	" 宮原小西井戸
5.0	4.49	0.1	0.50	0.16	0.67	"	" 宮原小北井戸
5.0	3.37	0.8	0.84	0.13	0.22	"	" 瓦原河川
9.1	4.65	0.5	0.57	0.22	5.21	"	" 増原井戸
4.2	4.83	0.2	1.36	0.72	0.69	"	" 佐川根河川
4.7	4.30	0.0	0.37	0.42	0.54	"	" 大野越水源地川
3.8	4.72	2.3	0.65	0.12	0.70	"	上野村新里海岸井戸
6.9	4.21	14.7	35.1	0.55	0.35	"	" 大嶺北井戸
3.8	4.27	2.5	0.73	0.38	0.85	"	下地町嘉手菊入江東井戸
5.6	4.35	3.2	0.22	0.18	3.31	"	" 与那覇井戸
3.5	4.58	3.0	0.73	0.10	0.54	"	" ツンフグ湧泉
3.7	4.06	1.7	0.80	0.05	0.70	"	" 川満湧泉
0.9	5.00	2.9	0.87	0.05	5.87	"	" " 井戸

Table. 5 Chemical composition of waters collected on Kabira area and Ishigaki Island

No.	Temp ℃	pH	Cl ⁻ ppm	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	HCO ₃ ⁻ meq/ℓ	SO ₄ ⁻ ppm	SiO ₂ ppm
I-77-1	24.0	7.58	30.8	9.4	6.0	19.2	1.2	0.77	7.1	27.2
" 2	24.4	7.22	47.5	9.5	3.3	29.1	1.9	0.51	8.4	33.2
" 3	23.2	7.58	25.2	2.7	1.5	18.7	1.5	0.22	4.3	34.4
" 4	23.0	6.99	28.5	1.7	1.9	18.1	1.4	0.12	5.0	28.9
" 5	23.5	8.78	3.0	6.9	0.8	3.7	4.1	0.53	2.8	7.9
" 6	23.5	7.22	190	6.5	12	124	5.2	0.21	2.5	29.1
" 7	23.5	8.55	5.0	9.6	1.3	3.7	0.9	0.52	2.5	6.5
" 8	23.9	7.22	35.3	6.1	2.7	24.8	1.7	0.31	7.7	30.5
" 9	23.9	7.00	29.4	2.4	2.0	19.2	1.9	0.18	12	32.1
I-77-10	23.7	7.20	32.3	5.2	1.8	20.9	2.1	0.28	8.1	31.5
" 11	25.4	7.40	43.3	8.9	3.7	31.3	2.4	0.64	9.7	30.8
" 12	24.0	7.28	30.0	2.6	2.0	19.8	1.8	0.17	6.7	31.1
" 13	27.6	6.88	40.1	9.5	2.9	24.2	1.8	0.51	6.7	20.7
" 14	25.8	7.33	48.6	22.8	3.9	29.7	2.3	1.52	6.7	21.8
" 15	24.0	5.50	48.6	2.5	4.0	31.3	2.7	0.12	17	23.7
" 16	28.0	6.78	490	15.9	34	257	14.8	0.59	74	19.1
" 17	30.8	7.10	8300	182	560	4750	226	1.87	1240	29.1
" 18	27.5	7.00	227	27.4	20	136	6.7	1.83	32	20.5
" 19	27.8	6.74	852	26.5	55	506	25.3	0.62	112	13.7
I-77-20	28.0	7.04	46.1	10.2	4.3	28.0	3.4	0.45	9.1	15.2
" 21	29.0	7.52	147	27.2	8.3	102	6.1	1.31	54	27.6
" 22	25.2	7.55	415	78.8	30	235	20.0	3.24	57	13.7
" 23	23.2	7.32	320	79.6	24	185	16.4	3.79	60	11.4
" 24	24.3	7.29	297	84.0	23	174	8.7	4.09	53	9.5
" 25	23.0	7.50	321	76.4	22	184	8.3	3.35	57	11.7
" 26	23.6	5.49	63.9	3.8	4.3	37.4	4.2	0.26	8.7	19.6
" 27	28.3	8.22	53.2	6.5	4.4	29.7	1.3	0.35	9.7	21.1
" 28	28.0	6.65	65.7	6.2	4.2	42.9	3.5	0.45	10.6	22.6
" 29	25.0	5.40	107	6.2	7.2	58.2	4.5	0.12	21.5	21.1
I-77-30	26.0	6.70	56.1	34.5	4.3	37.4	3.3	2.01	12.8	19.9
" 31	26.0	6.59	56.4	43.6	6.1	37.4	2.9	2.20	19.5	21.0
" 32	24.6	7.10	24.7	64.4	6.3	22.0	8.5	4.11	8.4	14.0
" 33	23.2	7.63	179	53.6	16.0	108	22.0	2.56	46.0	15.0
" 34	22.5	7.60	124	54.4	10.0	82.4	15.3	2.70	29.8	12.7
" 35	23.1	7.38	38.7	52.8	7.4	28.6	14.3	3.50	7.1	33.7
" 36	23.2	7.55	2295	123	171	1350	62.9	4.07	350	9.9
" 37	23.0	6.70	48.3	35.4	5.9	25.3	3.9	2.00	11.2	13.4
" 38	25.0	6.67	76.3	39.0	7.9	43.4	2.8	1.79	17.2	16.0
" 39	23.2	7.49	58.2	68.6	7.6	39.0	7.0	3.58	19.3	12.5
I-77-40	25.8	7.41	29.1	15.5	4.1	18.7	1.7	1.00	8.1	19.9
" 41	26.0	7.50	29.1	21.2	3.9	18.7	1.7	1.30	7.4	13.0

Table. 5 Continued.

NO ₂ -N μgat/ℓ	NH ₃ -N μgat/ℓ	PO ₄ -P μgat/ℓ	Cond μS/cm	COD meq/ℓ	Ab ₂₅₀	Date 1977	Locality
0.09	0.93	0.36	135	0.11	0.035	10/2	佐久田良川
0.42	5.11	0.47	230	0.39	0.104	"	赤いポスト(河川水)
0.05	1.07	0.12	124	0.13	0.034	"	新川
0.06	0.93	0.05	127	0.10	0.030	"	与那原川
0.89	4.34	5.64	82	0.25	0.087	"	雨水
0.11	1.23	0.09	800	0.26	0.069	"	下田原川
0.94	3.28	2.80	84	0.23	0.052	"	雨水
0.31	2.05	0.21	175	0.74	0.168	"	ピュリッタ川
0.12	0.95	0.11	130	0.50	0.148	"	吉原川
0.30	1.18	0.34	165	0.86	0.230	"	下吹川
2.64	32.1	5.27	210	0.73	0.182	"	豚舎近く(河川水)
0.18	0.89	0.12	148	0.51	0.132	"	下田原川
0.46	2.32	1.36	210	0.61	0.121	"	川平湾奥(河川水)
0.55	2.37	0.62	320	0.48	0.109	"	"
0.11	2.37	0.09	220	0.13	0.022	10/3	"
0.18	4.32	0.61	1900	0.56	0.160	"	"
0.22	4.21	0.26	26000	0.23	0.070	"	"
0.08	8.11	0.51	1050	0.23	0.055	"	"
0.38	5.89	0.82	3250	1.36	0.354	"	ひょうたん島(河川水)
1.21	7.05	1.43	250	0.56	0.122	"	川平小学校(河川水)
19.8	1.89	4.14	800	1.16	0.058	"	地表流水
0.00	4.92	1.86	2000	0.07	0.012	"	高嶺方(深井戸)
1.96	1.16	1.23	1400	0.08	0.010	10/4	糸満方(")
0.20	0.25	1.00	1400	0.07	0.010	"	松原方(")
0.08	0.69	0.92	1400	0.05	0.004	"	仲耕方(")
0.20	1.01	0.35	280	0.05	0.011	"	コースカガー(浅井戸)
0.19	4.74	1.45	260	0.14	0.022	"	バシヌカー(")
0.88	2.21	0.09	330	0.16	0.034	"	フーガカー(")
0.29	0.56	0.27	440	0.06	0.024	"	イセーヌカー(")
1.37	14.4	9.54	400	0.50	0.115	"	アラカー(")
0.26	0.79	1.83	480	0.07	0.020	"	スモヌカー(")
0.58	0.22	3.18	500	0.09	0.014	"	島袋方(深井戸)
0.54	1.52	1.75	1000	0.06	0.008	"	西垣方(")
0.17	1.16	1.55	780	0.05	0.014	"	中野方(")
0.65	2.26	1.83	450	0.07	0.008	"	波照間方(")
0.22	9.14	0.93	7600	0.70	0.017	10/5	水産試験所水源(")
0.14	0.77	2.40	360	0.03	0.001	"	深井戸水
0.19	1.07	0.29	490	0.05	0.006	"	石垣方(深井戸)
0.14	0.69	0.95	600	0.02	0.005	"	真地方(")
4.12	10.0	2.40	220	0.01	0.074	"	名蔵川
0.46	1.57	0.29	250	0.22	0.055	"	"

Table. 5 Continued.

No.	Temp °C	pH	Cl ⁻ ppm	Ca ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	HCO ₃ ⁻ meq/ℓ	SO ₄ ⁻ ppm	SiO ₂ ppm
I-77-42	25.0	7.40	33.1	10.8	4.9	20.9	1.7	0.83	6.7	23.7
" 43	23.8	7.30	26.3	1.8	1.9	16.5	1.6	0.25	3.6	20.5
" 44	25.0	7.50	28.0	11.6	4.0	21.4	1.3	0.92	7.7	22.9
" 45	24.8	7.48	28.8	10.7	3.7	19.2	1.5	0.81	5.3	23.7
" 46	23.5	7.41	34.4	3.8	2.4	22.5	1.7	0.37	6.7	27.7
" 47	24.0	8.05	55.0	19.7	8.7	32.4	1.9	1.49	9.4	20.3
" 48	24.0	7.76	60.3	23.9	9.4	37.9	1.9	1.83	10.3	30.7
" 49	25.6	7.90	67.4	28.4	11.0	44.0	2.2	2.22	9.7	27.0
I-77-50	25.0	7.92	63.5	26.4	12.0	40.7	1.9	2.14	8.4	24.3
" 51	24.7	7.88	77.7	30.1	12.0	45.1	1.9	2.10	10.6	21.7
" 52	25.9	7.80	56.8	36.7	8.5	30.2	1.6	2.00	14.2	17.7
" 53	26.8	7.24	44.0	15.0	7.8	26.4	1.1	1.13	7.4	17.7

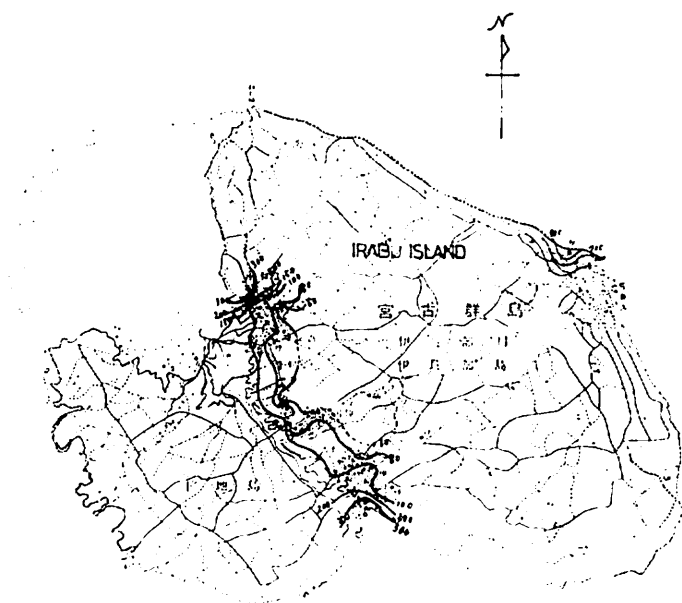


Fig. 7 Concentration contour line of chlorinity in Irabu Island.

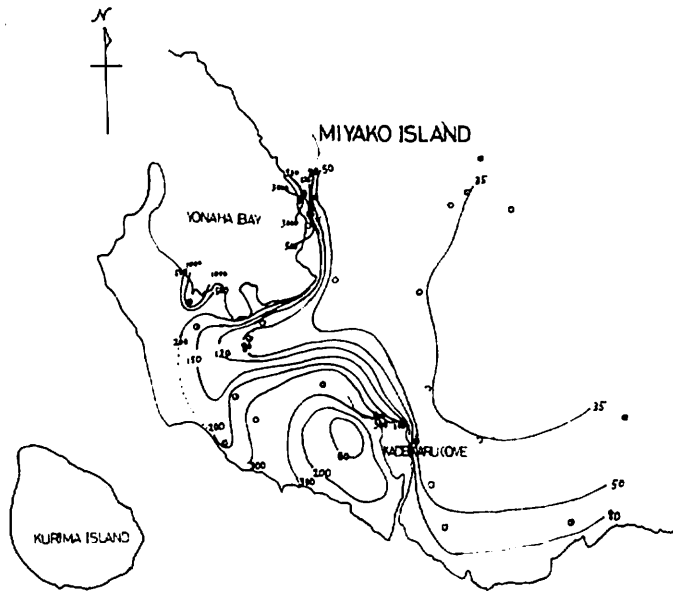


Fig. 8 Concentration contour line of chlorinity in Miyako Island.

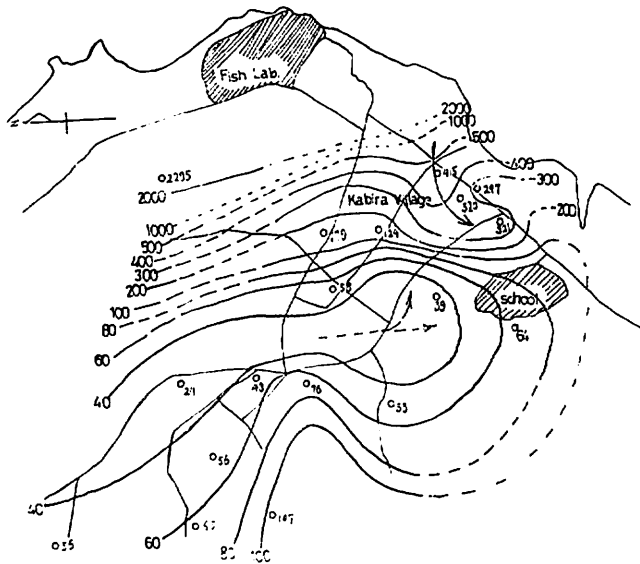


Fig. 9 Concentration contour line of chlorinity in Kabira area.

Table. 5 Continued.

NO ₂ -N μgat/ℓ	NH ₃ -N μgat/ℓ	PO ₄ ³⁻ -P μgat/ℓ	Cond μS/cm	COD meq/ℓ	Ab ₂₅₀	Date 1977	Locality
0.21	3.33	0.66	220	0.17	0.045	10/5	名蔵川
0.13	0.92	0.12	124	0.09	0.020	"	"
0.23	1.17	0.80	210	0.22	0.055	"	宮良川
0.20	3.02	0.49	190	0.20	0.038	"	"
0.11	1.29	0.08	162	0.14	0.030	10/6	川平(河川水)
0.09	1.62	0.62	340	0.17	0.025	"	吹通川
0.10	1.78	1.15	390	0.12	0.031	"	イトナ川
0.09	1.67	0.71	450	0.17	0.045	"	西浜川
0.17	4.35	0.55	420	0.21	0.045	"	"
0.13	2.45	0.38	480	0.19	0.043	"	大浦川
0.22	2.23	0.51	410	0.15	0.032	"	ソーシ川
0.22	3.12	0.46	280	0.29	0.090	"	通路川

の影響かとも考えられるが北海岸の河川水が30~40ppmと低い値に対し107ppmもあるのは興味あることである。また真珠会社近くの井戸に400~320ppmの高い塩分を示すのも川平湾からの海水の浸入が影響しているものと見られる。

5.2 水質組成

5.2.1 西表島の水質組成

西表島の水質組成をキーダイヤグラムにプロットしたのが図10である。図に見るように西表島の豊原地区の井戸水は重炭酸カルシウム型すなわちCa(HCO₃)₂型の水質組成を示し、また仲間川や島の北海岸側の河川水は食塩型(NaCl)に入る。これは豊原地区は琉球石灰岩層からなり、また河川水はケイ酸塩岩石の地質で風送塩の影響を受けたり直接海水の浸入のためとも見られる。

5.2.2 沖縄本島北部の水質組成

沖縄本島北部の水質組成をキーダイヤグラムに図示したのが図11である。図に見るように、沖縄北部の水は一部Ca(HCO₃)₂型に入り、さらに一部分はNaCl型で占められており、また他の一部はその中間型のものである。Ca(HCO₃)₂型に入るのは饒波川や大保川や大エヌ川など石灰岩地域を流れている河川水であり、NaCl型は海岸近くの海水や風送塩の影響を受けた水で、その中間型のNaClからCa(HCO₃)₂型に移行する中間的なのが大部分で西表島や宮古島のように明瞭にNaClとCa(HCO₃)₂型と区別されないのが特徴である。

5.2.3 宮古島の水質組成

宮古島の水質組成を図12に示す。宮古島の水質組成は大部分がCa(HCO₃)₂型に入る。これは島の大部分が琉球石灰岩でおわれているためであり、一部にNaCl型の水がある。このような水は塩分濃度の高いもので海水の混入による試料である。この島の水質の特徴はCa(HCO₃)₂が主で一部NaCl型もあるがバラツキが大きくCa(HCO₃)₂型にかたよっていることである。

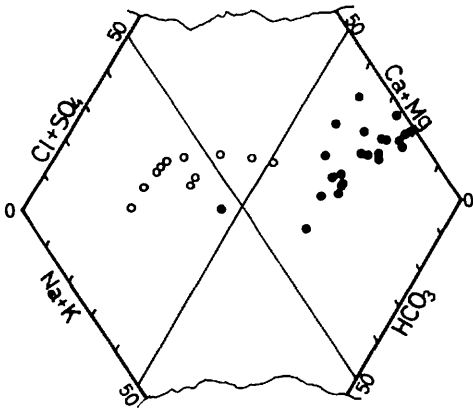


Fig. 10 Key diagram concerning chemical compositions in ground waters and river waters on Iriomote Island.
○ well water ● River water

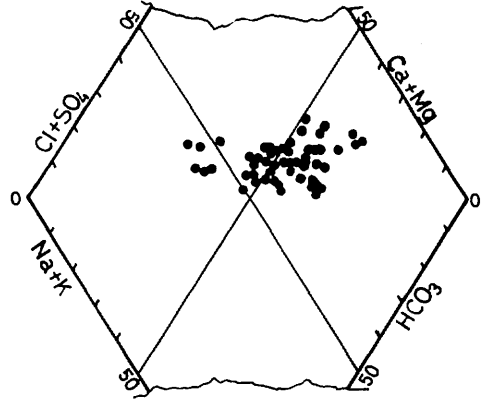


Fig. 11 Key diagram concerning chemical compositions in river waters on Northern Okinawa Island.

5.2.4 伊良部島の水質組成

伊良部島の水質組成を図13に示す。琉球石灰岩で全島をおおわれているこの島の水は $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型と NaCl 型の水の二つが半々である。それも西表島や沖縄北部などと比較してパラツキが少く海水を重炭酸カルシウムを含んだ水でうすめたような規則的に変化しているのが特徴である。

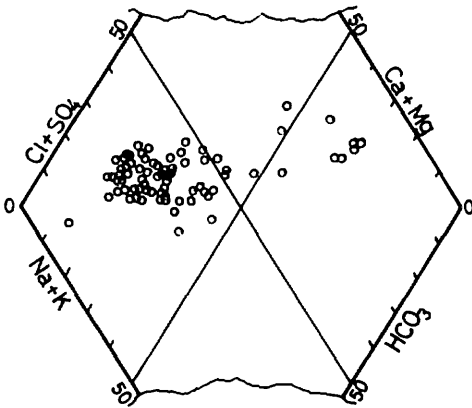


Fig. 12 Key diagram concernig chemical compositions in ground waters on Miyako Island.

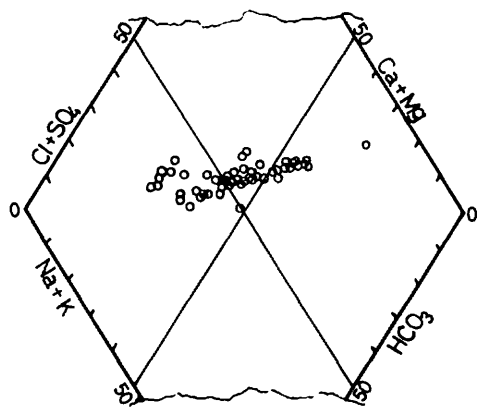


Fig. 13 Key diagram concernig chemical compositions in ground waters on Irabu Island.

5.2.5 石垣島の水質組成

石垣島の河川水や井戸水の水質組成を図14に示す。図には川平周辺の深井戸の水、川平周辺と石垣島北部海岸の河川水、川平西側の浅井戸、石垣島中央部と東部の河川水に区分して示してある。図に見るように川平周辺の井戸水はダイヤグラムの左端の部分から中央部をへて右端へと直線的に広がっているのが特徴で、これは水質組成がアルカリ土類重炭酸塩質の水から食塩型のアルカリ非重炭酸塩へと変化しているためである。しかしこれをもっと詳細に調べてみると、左端のアルカリ土類重炭酸塩の区分に入る井戸水はほとんど川平部落内の石灰岩地帯にある深井戸であり、石灰岩から溶け出した重炭酸カルシウムの影響によるものであり、また右端の食塩型のはほとんど川平部落西側の石灰岩のない地域の浅井戸の水であり、風送塩や其の他の影響によるためと見られる。また川平周辺と川平東側の石垣島北海岸の河川水はほとんど図の右端食塩型のアルカリ非重炭酸塩の区分に分布し、海水の影響を強く受けているのが見られる。これは北風の強い海風による風送塩によって大きな影響を受けたことを示している。これに反し石垣島中央部と北東部の河川水は図の中央部に分布し、或る程度石灰岩の影響も受けているが於茂登岳や野底岳のような 300メートル級の高山によって海風がさえぎられて北海岸の河川ほどに風送塩の影響は受けてないことを示している。全般的にみて川平周辺や石垣島の水質組成はアルカリ土類重炭酸塩と海水の混合によって成り立っていることを示しており、これは与那国島や南北両大東島の水質に類似し海洋上に孤立するサンゴ礁性の島の特有な水質である。

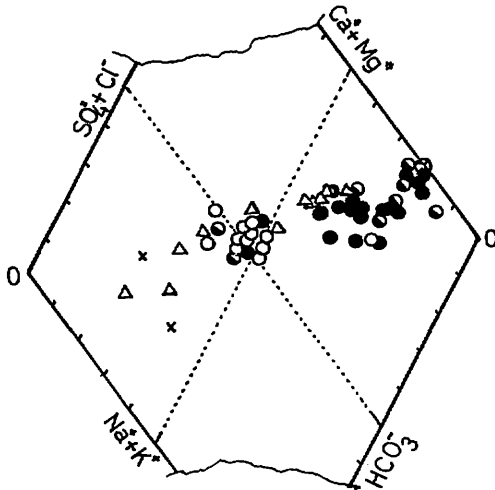


Fig. 14 Key diagram concerning chemical compositions in ground waters and river waters on Kabira area and Ishigaki Island.

△ deep well in limestone area of kabira.

● River waters in Kabira and northern coast of Ishigaki Isl.

⊗ sea water

●○ Shallow well in silicate rock area of Kabira.

○ River waters in central and northern area of Ishigaki Isl.

× Surface flow water (Rain water)

5.3 琉球諸島の各島々の水質の各種成分平均値の比較

5.3.1 Cl⁻濃度の平均値

明らかに海水の混入が大部分である試料を除外してその平均値を示すと西表島で 45.8 ± 11.9 ppm 沖繩北部で 24.8 ± 1.8 ppm 伊良部島で 160.0 ± 45 ppm 宮古島で 102.5 ± 42.5 ppm, 石垣島で 104.7 ± 56.3 ppm で琉球石灰岩で出来て、島の小さいところほど塩分濃度が高い。また同じ島内でも琉球石灰岩地域が非石灰岩地域より塩分濃度が高い、それは西表島の石灰地域の井戸水と非石灰岩地域の河川水を比較すると前者が 64.7 ± 23.6 ppm に対し河川水は 35.4 ± 10.8 ppm と低く、また石垣島でも川平部落内の井戸水が河川水に比較して高い値を示していることなどから明らかで、これは石灰岩層の下から海水が浸入し易いことと琉球石灰岩そのものに Cl⁻ が含まれてい

これが少しずつ溶出して来ていることなども考えられる。兼島(1965)の琉球石灰岩の粉質に Cl^- が平均0.01%含まれているとの報告はこれを裏付けするものとする。

5.3.2 Ca^{++} 濃度の平均値

Ca^{++} 濃度の平均値は西表島が 24.4 ± 17.2 ppm, 沖縄北部が 8.3 ± 1.6 ppm, 伊良部島が 74.4 ± 3.9 ppm, 宮古島が 83.8 ± 4.3 ppm, 石垣島が 24.6 ± 8.8 ppmである。宮古島が最も高い値を示し、沖縄北部が最も低い。これは宮古島や伊良部島は石灰岩の島であるため石灰岩の影響を強く受けていることを示している。西表島や石垣島でも石灰岩地域と非石灰岩地域の河川水とでは大きな差があり、西表島の場合、石灰岩地域の井戸水で平均 62.5 ± 35.1 ppm, 河川水で 3.6 ± 1.4 ppmと大きな差が見られる。

5.3.3 Mg^{++} 濃度の平均値

Mg^{++} 濃度の平均値は西表島が 3.9 ± 0.9 ppm, 沖縄北部が 3.4 ± 0.4 ppm, 伊良部島が 15.9 ± 3.1 ppm, 宮古島が 10.1 ± 3.2 ppm, 石垣島が 8.9 ± 3.7 ppmで、伊良部島が最も高く、沖縄北部が低い。これは石灰岩からの影響も考えられるが、それよりむしろ海水の影響が大きいものと見られる。それは島の小さいところでは Cl^- も高いことや与那国島など小さい島になるほど $\text{Mg}^{++}/\text{Cl}^-$ の比が海水に近いことなどから裏付けされる。

5.3.4 HCO_3^- 濃度の平均値

HCO_3^- は Ca^{++} と高い正の相関を示すことから、その濃度も Ca^{++} の平均値に似て宮古島と伊良部島が平均 3.9 ± 0.2 meq/lと高く、西表島 1.23 ± 0.79 meq/l, 沖縄北部が 0.54 ± 0.08 meq/l, 石垣島が 13.7 ± 0.44 meq/lを示す。石灰岩地域に高く非石灰岩地域の河川水に低い値を示し、 CaCO_3 の飽和度と深い関係のあることを示している。

5.3.5 pHの平均値

pHの平均値は西表島で 7.26 ± 0.28 , 沖縄北部で 7.29 ± 0.12 , 伊良部島で 7.40 ± 0.07 , 宮古島で 7.65 ± 0.05 , 石垣島で 7.26 ± 0.23 と石灰岩地帯で Ca^{++} の高い島ほどpHは高い値を示し、非石灰岩地域の河川水はpHが低い、そして HCO_3^- の平均値とよく類似し、 CaCO_3 の飽和度と深い関連が見られる。

5.3.6 SO_4^{2-} 濃度の平均値

SO_4^{2-} 濃度の平均値は西表島が 12.2 ± 4.1 ppm, 沖縄北部が 7.9 ± 0.9 ppm, 伊良部島が 34.0 ± 6.2 ppm, 宮古島が 28.8 ± 7.0 ppm, 石垣島が 18.7 ± 8.3 ppmを示し、伊良部島が最も高い。これも海水の影響が最も大きく、一部石灰岩などからの溶出も考えられる。それは陸水中の $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ の比が平均0.24で Cl^- 濃度が高くなるにつれて海水の比0.14の値に近づくことからいえることである。

5.3.7 SiO_2 の濃度の平均値

SiO_2 の濃度の平均値は西表島で 15.4 ± 1.6 ppm, 沖縄北部で 19.0 ± 1.3 ppm, 伊良部島で 5.9 ± 0.8 ppm, 宮古島で 5.0 ± 0.05 ppm, 石垣島で 21.3 ± 2.7 ppmと石垣島が最も高く、次に沖縄北部がそして西表島, 伊良部島, 最後に宮古島と低くなっている。これは非石灰岩地域の河川水に

SiO₂は最も多く含まれ、石灰岩地域の宮古島に低い値であり、地質やケイ酸塩岩石の風化と深い関連のあることを示すものである。

5.4 琉球諸島の島々の河川水、地下水中の溶存物質の地域による相違

琉球諸島の島鳴の河川水や地下水中の溶存物質の地域による相異を見るために、河川水、地下水に含まれる溶存物質の起源を海と陸源とに分けて考えてみた。これら異なる供給源から供給される量が地域によってどのように違うか、そしてこれらを通して各地域における河川水や地下水の水質のパターンを特徴づけして、各々の地域における水質のパターンを把握してみたい。そのため横軸にCl⁻濃度をとり縦軸にCa⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, SiO₂, HCO₃⁻の主成分の総量をプロットしてみると図15が得られる。

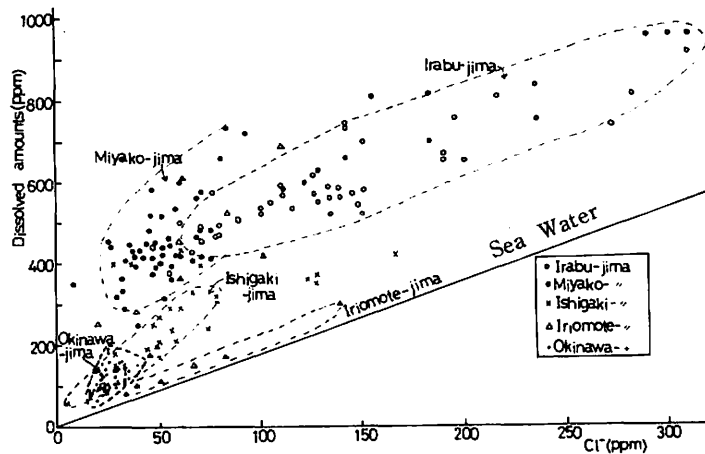


Fig. 15 Plots of dissolved amounts againsts Cl⁻ concentration.

図から次のようなことがいえる。沖縄本島北部、宮古島、伊良部島、石垣島、西表島の5地域で、各々の水が各々の水質パターンに分類できる。即ちこれらの地域における河川水や井戸水は海起源物質をどれだけ供給されているか、陸起源物質をどれだけ供給されているかによって地域ごとの特徴ある水質パターンを有していることである。

次に各地域の水を溶存物質量の多い順に並べその特徴をみると表6のようになる。

この表から次のことが言える。

陸起源物質量から次のようなことが推察される。即ち陸起源物質量の多少は水のある場所の地質環境をよく反映している。伊良部島、宮古島、西表島の豊原部落、石垣島の川平部落の井戸水(石垣島川平部落の井戸水にはこれから外れるのものもある)は石灰岩の分布する地域であり陸源物質の多いグループとして分類される。硅酸塩質岩石と石灰質岩石の分布する石垣島の河川水は陸源物質が少なく沖縄本島北部の河川水と同じグループに属するものから、陸源物質量の多い上記グループに接近した試料まで、と広がっている。しかも石垣島の河川水における陸起源物質量は海水から供給される成分量と正比例の関係にある。

川平部落の井戸水の1部には石灰岩層を掘りぬいた井戸であるにもかかわらず、陸起源物質量が150mg/ℓと少ない試料がある。このようなものは海岸近くと部落内にも2・3の例がある。沖縄本島北部河川水は陸源物質も海起源物質も最も少ないグループである。このグループにはまた石垣島河川水の一部と西表島河川水の一部も入る。

表6 琉球諸島における河川水, 地下水の化学組成

地域	Cl ⁻ 濃度(ppm)	全溶存物質質量(ppm)	陸起源と考える物質質量(ppm)
伊良部島 (井戸水)	50-320 の範囲に分布。字佐和田と字伊良部が高い。	400-1000の範囲にかなり一様に分布, 中では500-600の試料が多い。	250-450ppmの範囲にあり, 350程度の試料が多い。
宮古島 (井戸水)	20-320 の範囲に分布。中では30-70の範囲に入る試料が多い。	300-1000の範囲に分布。300-600の範囲に入る試料が多い。全溶存物質質量の多いのは下地町の上地, 与那覇, 皆愛, スガマ一帯の水である。全溶存物質質量が 250以下と少ないのは試料No52, 72, 73, 69と野原岳を中心とする地域であり, 250-330の範囲にある試料はNo 90, 35, 54, 53, 63でやはり野原岳を中心とする地域である。	250-450の範囲にある。Cl ⁻ 濃度が低い所(Cl ⁻ が30-70ppm) でバラツキが大きい。350程度のもが多い。全溶存物質質量の多い下地町の水は陸起源物質質量からも海起源物質質量からも伊良部島の水と似ている。
石垣島 (河川水)	30-80の範囲に分布。北部にある河川水(吹通川, 大浦川, 通路川など)の方が西部にある河川水より高濃度。	100-320の範囲にある。	100-200の範囲にある。Cl ⁻ 濃度の小さい河川水の方が陸起源物質質量も多い。
石垣島 (井戸水)	30-170 の範囲に分布。海近くの井戸水を除くと30-80の範囲に分布。	200-420の範囲にある。海近くでは海からの供給量が多く, 海から離れると岩石からの供給量が多い。海近くでも海から離れても全溶存物質質量は同じ程度になる。	100-350の範囲にある。Cl ⁻ 濃度の低い海から離れたところの井戸水の中には宮古島のものと同じ領域に入るのがある。海近くになると岩石からの供給量は少ない。
西表島 (河川水)	20-80の範囲に分布。仲間川は20-30の範囲にあり, 由珍川からマーレ川にかけては35-80の範囲にある。	80-170 の範囲に分布。中では80-100 の範囲に入る試料が多い。	20-90くらいにある。仲間川では40-90の範囲にあり, 由珍川からマーレ川にかけての水は20-30の範囲にあり, とても少ない。
西表島 (井戸水・豊原部落)	20-100 の範囲に分布。中では50-80の範囲に入るのが多い。	120-600の範囲に分布。中では250-500の範囲に入るのが多い。	350-500くらいに分布。中では200-400の範囲のが多い。
沖繩本島北部 (河川水)	15-40の範囲に分布。中では20-30 ppmの範囲に入るのが多い。	60-190 の範囲に分布。中では75-160 の範囲に入るのが多い。	50-150 の範囲に分布。中では50-100 の範囲に入るのが多い。

西表島の河川水には海起源物質は多いが、陸起源物質は20~50ppmと少ないグループがある。その地域は由珍川とマーレー川までの一帯である。これらの試料においては陸起源物質中50%以上が溶存SiO₂である。これらの地域と伊良部島や宮古島などとは陸地から溶出される量は本研究で扱った試料の範囲内では10倍も違うことになる。

5.5 島の大きさとCl⁻濃度

本研究で調べた島ではCl⁻濃度は島が小さい程高い値を示している。海起源物質の供給プロセスについては石垣島の河川水と井戸水を比較することによって推察を加えることができる。

石垣島の井戸水のCl⁻は海近くを除けば30-80ppmで河川水のそれと一致する。おそらく海近くの井戸水には海水が地下を通過して直接混入しているのであろう。海岸から離れた所の井戸水のCl⁻は風送塩起源が多いと思われる。

5.6 紫外外部吸収とCODとの関係

250nmの紫外外部吸収とCODとの関係をプロットしたのが図16である。図に見るように川平部落から川平湾に流されている人為的汚染の著しい下水と八重山水産試験場の水源を除外すると、明瞭な正の相関関係が紫外外部吸収とCODの間に見られる。そしてその間には $COD(meq/l) = 3.81 \times (Abs_{250})$ の関係がある。水の紫外外部吸収スペクトルに関しては多くの研究報告がなされており、それにはR. Bastian et al. (1957),⁸⁾ Armstrong (1963),⁹⁾ Cawse (1967)¹⁰⁾ や関口 (1976)¹¹⁾ 等は220nm以上の短波長の紫外外部吸収スペクトルが硝酸塩と深い関係にあることを報告しており、また半谷や小倉ら (1964)¹²⁾ (1965ab)¹³⁾¹⁴⁾ (1966),¹⁵⁾ (1968),¹⁶⁾ や Dobbs et al. (1972),¹⁷⁾ Mattson et al. (1974)¹⁸⁾ Balch et al. (1975)¹⁹⁾ や古賀ら (1976)²⁰⁾ は220nmから254nmの紫外外部吸収スペクトルとCODとの間に関係があり、硝酸塩や亜硝酸塩の含量を補正して有機物含量を紫外外部吸収の測定によって推定出来ることを報告している。しかし何れも250nmの吸収の値とCODの関係が著者らのものと一致はしていない。CODと紫外外部が正の相関をし、式の直線上にプロットされることは川平湾周辺の水は紫外外部吸収測定でCODを推定出来、またCODが有機物と関連深いことから有機物量ひいては汚染の度合の推定も或る程度可能であることを示唆するものである。しかし川平の下水や水産試験場水源の水のCODが紫外外部吸収に比較して高い値を示すことは紫外外部吸収に関係のないCOD成分の高い物質を含むためとも考えられ今後の検討が必要であろう。

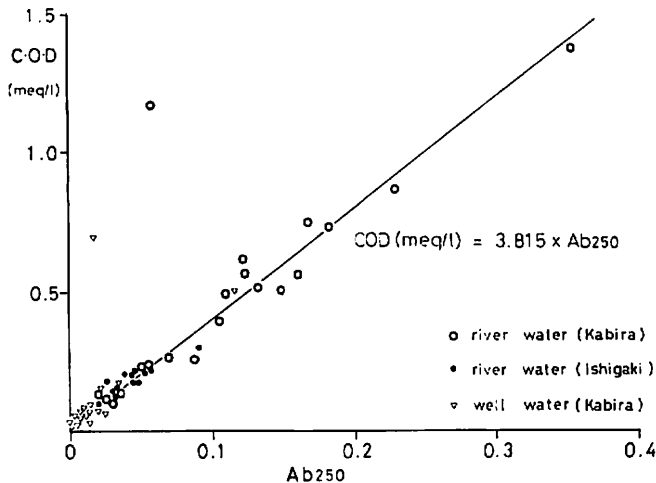


Fig. 16 Relationship between COD and absorbance of 250nm (Ab₂₅₀)

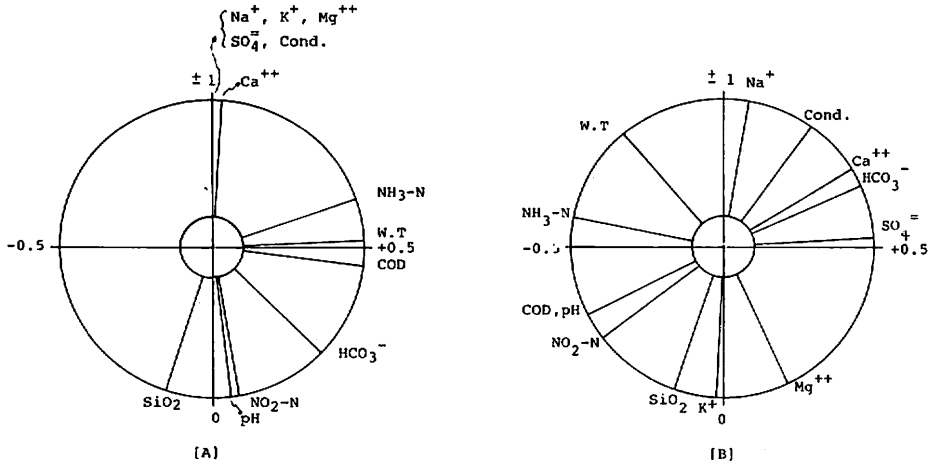


Fig. 17 Correlation coefficients between Cl^- and various chemical components in river waters(A) and ground waters (B) on Iriomote-Jima.

おり、また Cl^- 以外の各成分相互の関係も低い Cl^- との相関図を図17Bに示す。図での特徴はAに比べ Mg^{++} が相関性が低いこと、 HCO_3^- が割合に高くなっていることである。これはこの地域が琉球石灰岩層からなり、石灰岩からの Ca^{++} や HCO_3^- さらに Cl^- の供給によることなどが推定される。 Cl^- との相関性の低い成分間では表7と表8から明らかのように河川水中では pH と $\text{NO}_2^- - \text{N}$ が $r = -0.54$ を示すが地下水では $r = 0.64$ と逆になり、また河川水中で $\text{NO}_2^- - \text{N}$ と COD 間で $r = 0.70$ と高いこと等が特色である。

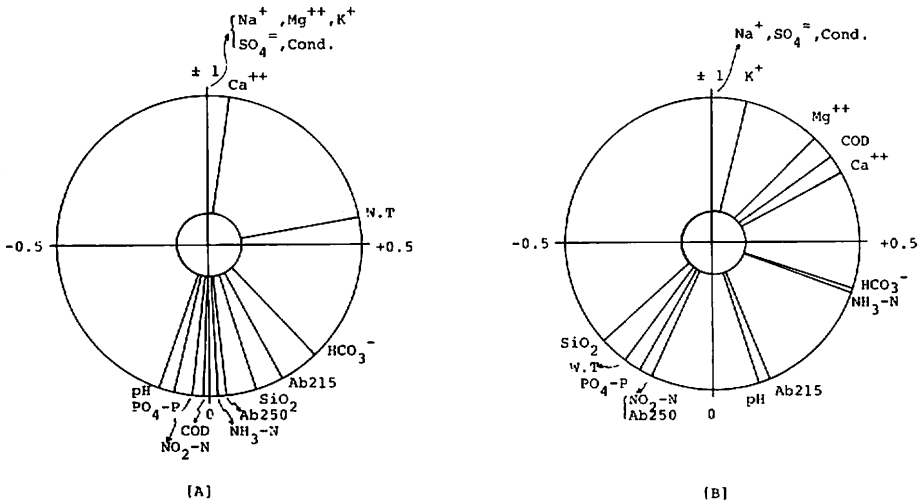


Fig. 18 Correlation coefficients between Cl^- and various chemical components in river waters (A) and ground waters (B) on Ishigaki-Jima.

5.7.4 沖縄本島北部について

沖縄本島北部の河川水については、 Cl^- との相関性が高い成分はわずかに Na^+ ($\gamma=0.95$), Mg^{++} (0.62)と伝導度 (0.72)であり、海水の影響が他地域に比較して低いことを示している。表13に示すように Cl^- 以外の他の成分間では Ca^{++} と HCO_3^- の間に $\gamma=0.93$, K^+ と NO_2-N が $\gamma=0.82$, Mg^{++} と伝導度が $\gamma=0.82$, K^+ とCODが $\gamma=0.69$ 等が比較的の高い相関性を示している。

6. まとめ

1977年から1978年の2ヶ年間に西表島、沖縄本島北部、石垣島、伊良部島および宮古島の5つの島々の河川水や井戸水、湧泉などから304個の水試料を集め、水温、pH、電気伝導度、 Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , SiO_2 , NH_3-N , NO_2-N , $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$, およびCODなど15項目の分析を行い次の結果を明らかにした。

1. 塩分の分布

a) 伊良部島では島の西側の下地島との間にそって塩分の高い井戸があり、特に島の北西部と南西部に海水の浸入しているところがみられ、島の中央部の方よりに塩分は低下している。

b) 宮古島の下地町与那覇湾にそって塩分の高い井戸がみられ、また嘉手刈入江の北側や西海岸ぎわにも塩分の高い井戸があり、海水の影響を強く受けているところがあり、島の中央部よりの方は塩分は低い。

c) 石垣島川平部落の石灰岩地帯の井戸は部落の中央部に塩分の低い井戸があり、川平湾側に海水の影響を受けた塩分の高い井戸がある。また川平の西側の高い山のあるところの井戸も高い塩分を含んでいるがその原因ははっきりしない。

2. 西表島、沖縄本島北部、石垣島、伊良部島および宮古島の水質組成をキーダイヤグラムに図示した。西表島は $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型と NaCl 型の2つのタイプから成り、沖縄本島北部は一部は $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型さらに一部は NaCl 型、そして大部分はその中間型の水質組成を示す。石垣島は $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型と NaCl 型およびその中間型があり沖縄本島北部に似たところがある。宮古島は大部分は $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型で一部 NaCl 型があるがそのばらつきが大きい。伊良部島は $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型と NaCl 型の二つが規則的に混合し合った型である。何れも海洋に弧立する島嶋特有の水質組成をもっているのが特徴である。

3. 各種成分の平均値を示し比較した。

Cl^- は伊良部島が160ppmと最も高く、沖縄本島北部が低く、島が小さいほど海水の影響は大きい。 Ca^{++} は宮古島が83.8ppmと最も高く、沖縄本島北部が低く宮古のような石灰岩地域は石灰岩の影響が大きい。 Mg^{++} は伊良部島が15.9ppmと最も高く沖縄本島北部が低く、島の小さいほど海水の影響を受けて大きな値を示している。 HCO_3^- は Ca^{++} と同じく石灰岩の島に高く沖縄本島北部で低い、pHと関連して石灰岩の飽和度と深い関係がある。 SO_4^{2-} は伊良部島が34ppmと最も高く、沖縄本島北部が低く海水の影響を受けているところほど高い。

4. 河川水や地下水に含まれる溶存物質の地域による差異を示すため、河川水や地下水に含まれる物質の起源を海起源と陸起源に分けて異なる供給源からの供給量を地域によってどのように異なるかを検討した。その結果沖縄本島北部、宮古島、伊良部島、石垣島、西表島の5つの地域の各々の水が各々異なる水質パターンに分類され、伊良部島、宮古島、石垣島、西表島、沖縄本島北部の順に陸源物質が減少していくことが明らかになった。

5. 紫外部吸収とCODが石垣島川平周辺の水において深い関係があり $\text{COD}(\text{meq}/\ell) = 3.81 \times$

Ab₂₅₀の式が成立することを確めた。

6. 各々の島の水の化学成分相互の間の相関関係について検討し、Cl⁻と相関の高い成分にNa⁺、と伝導度の2つは何れの島でもあることを確めた。Cl⁻とMg²⁺とは西表島の井戸水を除く他の試料では高い相関を示した。そして各島々について相関の高い成分について検討をした。

謝 辞

この研究は文部省の科学研究費の援助によって行われたものであり、またこの研究の一部の石垣島川平湾や石垣島の試料についての研究は東京大学海洋研究所や名古屋大学水圏研究所などと共同で行った特定研究「沖縄におけるさんご礁海域の生態系の研究」によって行われたものである。ここに記して感謝の意を表する。この研究を行うにあたっては多くの方々の好意と協力を得た、即ち石垣島では八重山水産試験場の玉城正雄場長にその分析に試験場の研究室の利用で世話になり、宮古島では城辺町教育委員会の小川勲教育長に、伊良部島では伊良部村教育委員会の久高義雄教育長にそれぞれ公民館施設の利用で協力を得ることが出来、また宮古島の試料採集には宮古支庁の兼島方俊氏や日生宮古支部長伊良部行一氏の協力を得た。また西表島では河川の案内や試料採集に琉球大学農学部附属熱帯農業研究施設の米盛重友氏や八重山商工高校の富川盛浩氏の協力を得た。協力を得た皆様に厚くお礼を申し上げる。また試料の採集と分析には分析教室の多数の学生の協力を得た。皆にお礼を申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 兼島清：沖縄の河川及び地下水の水質，工業用水，No81，30-37（1965）。
- 2) 兼島清，吉田一晴，平良初男，渡久山章：与那国島の水質，琉球大学理工学部紀要（理学篇）No16，162-180（1973）。
- 3) 兼島清，平良初男，渡久山章，大森保，西浜完治：南大東島および北大東島の池沼ならびに地下水の水質，琉球大学理工学部紀要（理学篇）No23，13-14（1977）。
- 4) 兼島清，大森保，山田保：沖縄本島南部地区の水質，琉球大学理工学部紀要（理学篇）No26，53-83（1978）。
- 5) 渡久山章：堆積環境における元素の移動，石灰岩地方の水(1)，琉球大学理工学部紀要（理学篇）No15，81-98（1972）。
- 6) 渡久山章，下地寛：沖縄本島北部河川水の水質的研究及び流出量，琉球大学理工学部紀要（理学篇）No26，31-52（1978）。
- 7) 兼島清：琉球諸島に産する各種石灰岩の比較，琉球大学理工学部紀要（理学篇）No8，23-54（1965）。
- 8) Bastian, R., Weberling, R., and Palilla, F., 1957. Ultraviolet spectrophotometric determination of nitrate. *Anal. Chem.* 29, 1795-1797.
- 9) Armstrong, F.A.J., 1957. Determination of nitrate in water by ultra-violet spectrophotometry. *Anal. Chem.* 35, 1292-1294.
- 10) Cawse, P.A., 1967. The determination of nitrate in soil solutions by ultraviolet spectrophotometry. *Analyst* 92, 311-315.
- 11) 関口恭一：降水の紫外吸収スペクトル，日化（10）1553-1557（1976）。
- 12) Hanya, T. and Ogura, N., 1964. Application of ultraviolet spectroscopy to the examination of dissolved organic substances in water. p. 447, In *advances in organic*

- biochemistry. Pergamon.
- 13) Ogura, N. 1965a. Ultraviolet absorption spectra of natural water. *J. Chem. Soc. Jap. Pure Chem. Sect.* 86, 1282–1288
 - 14) Ogura, N. 1965b. Relation between ultraviolet absorbance of natural water and some water qualities. *J. Chem. Soc. Jap., Pure Chem. Sect.* 86, 1286–1288.
 - 15) Ogura, N., and Hanya, T., 1966. Nature of ultraviolet absorption of sea water. *Nature (London)* 212, 758.
 - 16) Ogura, N., and Hanya, T., 1968. Ultraviolet absorbance as an index of the pollution of sea water. *J. water pollut. Control Fed.*, 40, 464–467.
 - 17) Dobbs, R.A., Wise, R.H. and Dean, R.B., 1972. The use of ultraviolet absorbance for monitoring the total organic carbon content of water and wastewater. *Water Res.*, 6, 1173–1180.
 - 18) Mattson, J.S., Smith, C.A. and Jones, T., 1974. Continuous monitoring of dissolved organic matter by UV-visible photometry. *Limnol. Oceanogr.*, 19, 530–535.
 - 19) Balch, N., Brown, D., Pym, R., Marles, E., Ellis, D., and Littlepage, J. 1975. Monitoring marine outfalls by using ultraviolet absorbance. *J. Wat. Pollut. Control Fed.* 47, 195–202.
 - 20) 古賀実, 桃原信一, 秋山高: 汚濁海水の TOC, COD, 紫外吸収スペクトル知見補遺, 工業用水No210, 38–43 (1976)。