

蒲田川流域における陸水の分布(1)

——崩壊地の概況と陸水の地球化学的特性——

矢野 勝 正・沢 田 豊 明

DISTRIBUTION OF GROUND WATERS IN THE GAMATA RIVER BASIN (1)

——General Condition of Landslide and the
Geochemical Characters of Ground Waters——

By *Katsumasa YANO* and *Toyoaki SAWADA*

Synopsis

Along the Gamata River basin, there exists numerous landslide. Knowledge of conditions under the landslide area is both useful and important for understanding the mechanism of the occurrence of the landslide in this area.

For investigation of geochemical features in this area, the authors determined the distribution and the change with time in the chemical composition of ground waters. This is, from August 1968 to November 1968, ground water Samples were taken at intervals of two weeks and the composition was determined.

Temperature, pH and conductivity values were measured in the field and chemical constituents such as Na^+ , K^+ , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ and Soluble SiO_2 were determined in the laboratory.

It was found that general tendencies were as follows:

- (1) The concentrations of Soluble SiO_2 increased after a rainy term.
- (2) The concentrations of $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ decreased after a rainy term.
- (3) The reverse relation of concentration was observed between the soluble SiO_2 and the $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$.
- (4) The variation of the concentrations of $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ and Soluble SiO_2 in after a rainy term, were large in the landslide area.

1. 緒 言

蒲田川流域は、山岳地域における風化、浸蝕作用の活発な地域として知られ、砂防工事および砂防のための調査研究が行なわれている。しかし、風化および浸蝕作用に関する地球化学的な調査、研究は北野¹⁾らによる研究の他に、あまり例がみられない。

著者らは昭和41年度より蒲田川流域のヒル谷流域において、土砂流出およびそれに密接に関係する土砂生産の実態を把握するために諸観測を行なってきた。これらの観測の一環としてヒル谷およびワル谷流域の岩石風化と崩壊予知を対象とした天然水の分析を行ない、陸水の地球化学的特性と風化・浸蝕の機構との関連性を追求している。なお、今回は昭和43年中に採水・分析を行なったものの結果を紹介し、中間報告とした

い。

2. 地質および天然水の経路

地表付近を流れる天然水の源およびその経路を明らかにすることは天然水の水質を理解するうえに必要なことである。調査流域の地質は Fig. 1 のとおりで、流域を流れる天然水は種々の岩石の中を流れ、その経路によって種々の水質を示すものと考えられる。測定結果を正しく解釈するために、その経路による天然水の系統図を Fig. 2-2 に示す。採水場所は Fig. 2-1 に示す。系統図をみると、採水地 5 および 6 を流れる天然水は同じように花崗斑岩の崩壊地を流れ、崩壊は採水地 6 より上流の方が進んでいる。なお採水地 5, 6 付近の岩石は変質あるいは風化が進んでいる。X線回折の結果、ハロイサイトと加水ハロイサイトなどの粘土鉱物が生成されている。採水地 5 および 6 を流れる天然水は合流して採水地 4 を流下するが渇水期は途中で消失し、本流には直接流れ込まない。採水地 7 および 8 を流下する天然水は古生層の粘板岩、チャートおよび凝灰岩から構成されている地域を通っている。これらの流域においては崩壊が少ないことが特徴である。この地域の表土には、カオリナイトなどの粘土鉱物が見られる。なお、採水地 8 を流下した天然水は渇水期には合流するまに消失している。採水地 1 を流れる天然水の流量の大半は採水地 7 を通過するものである。採水地 2, 9 および 10 を流れる天然水は未固結堆積物の中を流れている。これらは細粒で古生層のレキが多い下層と 30cm 前後のレキを主体とする古生層、花崗斑岩および安山岩からなる上層の 2 層に分けられる堆積物の境界を流れ、この地点で湧水しているものと考えられる。また、この地域の未固結堆積物中の主な粘土鉱物はハロイサイトおよびカオリナイトである。採水地 11 を流れる天然水は上記の未固結堆積物の上を流れワル谷本流に合流している。採水地 13 および 14 を流れる天然水はいずれも上記の古生層の地域を流れている。ワル谷本流は採水地 12 および 14 を流れている。崩壊は採水地 1 および 14 の付近に発達している。しかし、採水地 14 より上流にも古い崩壊の形跡が多くみとめられる。

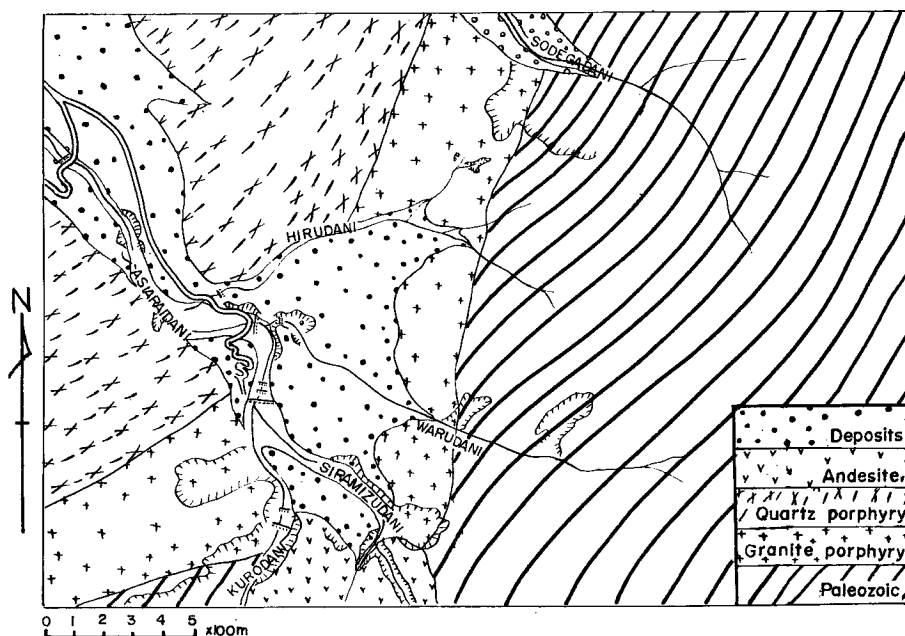


Fig. 1 Geological map of the Ashiarai-dani basin.

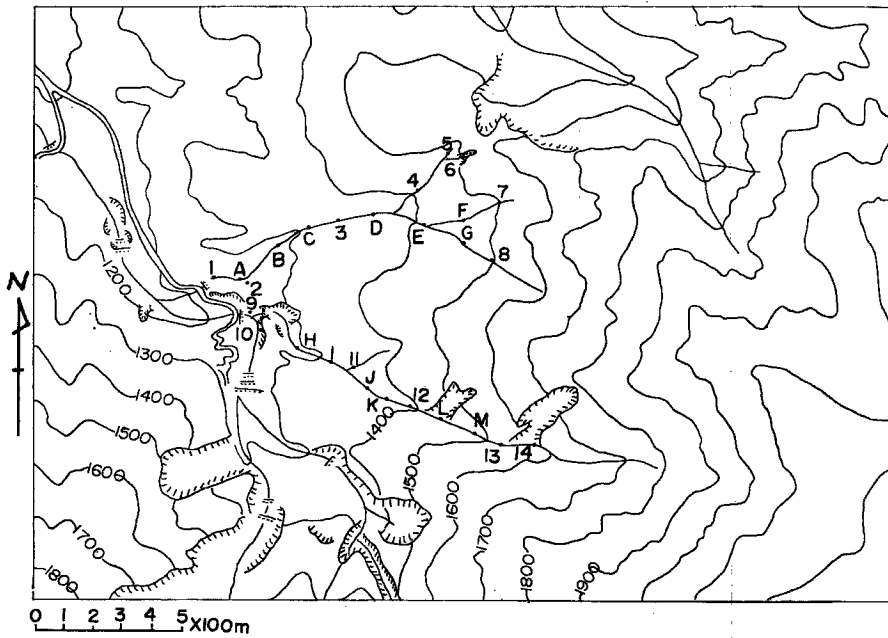


Fig. 2-1 Sampling point in the Ashiarai-dani basin.

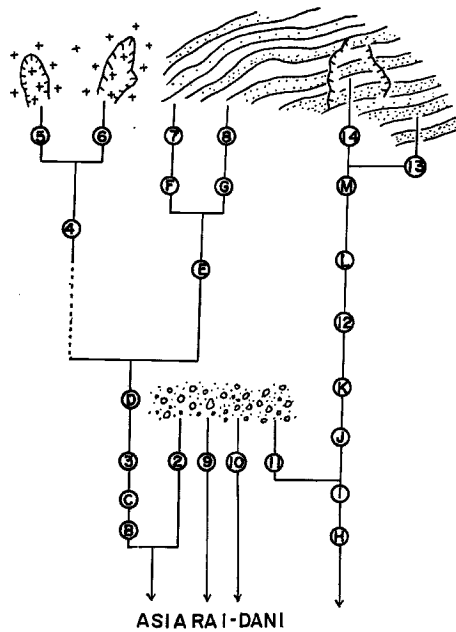


Fig. 2-2 Flow system of ground waters in the basin.

Table 1 Chemical analyses of ground waters in the Hiru-dani and the Waru-dani.

Localities	Date	Temperature °C	pH	Conductance $\mu\text{S}/\text{cm}$	SiO ₂ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ mg/l
No. 1	8/2	10.5	7.20	52.0	19	26	1.6	6.0
	8/9	14.6	7.40	63.9			2.1	
	8/20	12.0	8.30	46.4	20	1.5	1.8	6.0
	8/30	13.5	8.20	46.7	17	2.0	1.7	5.7
	9/10	10.0	7.63	42.3	19	2.7	1.6	6.0
	9/20	10.8	7.41	52.9	19	2.4	1.5	8.4
	9/30	10.2	7.40	48.8	3	2.2	2.0	8.1
	10/11	8.5	7.78	44.4	19	2.2	1.5	5.4
	10/21	8.6	7.48	45.2	20	3.5	1.9	5.7
	10/31		7.42	34.8	6	2.2	1.7	6.6
	11/11	7.8	7.82	27.4	20	2.0	1.7	7.2
	11/21	6.9	7.58	34.0	21	2.0	1.8	5.7
No. 2	8/2	8.5	6.99	55.5	17	2.2	1.5	7.5
	8/9	7.9	7.29	64.2			1.5	
	8/20	10.8	7.50	44.8	20	1.6	1.3	6.6
	8/30	10.8	7.84	55.4	17	2.1	1.4	7.8
	9/10	8.2	7.17	50.8	16	3.0	1.5	6.9
	9/20	9.5	7.32	60.7	4	2.8	1.5	6.9
	9/30	7.9	7.49	45.9	18	2.2	1.5	9.9
	10/11	8.4	7.60	45.9	19	2.1	1.5	7.5
	10/21	8.4	7.42	43.0	19	3.2	1.8	5.4
	10/31		7.73	35.0	4	2.2	1.8	6.9
	11/11	8.0	7.50	28.4	18	1.5	1.5	6.6
	11/21	6.0	7.53	31.8	19	1.6	1.7	5.4
No. 3	8/2	13.3	7.43	31.5	26	1.9	1.7	7.2
	8/9	14.0	7.57	47.0	26	2.4	1.6	5.4
	8/20	16.5	7.78	31.3	21	1.5	1.4	5.1
	8/30	12.0	7.82	45.2	16	1.6	1.4	5.6
	9/10	10.5	7.58	31.3	25	2.7	1.7	5.4
	9/20	13.2	7.64	48.6	2	2.2	1.9	14.1
	9/30	10.6	7.41	46.8	19	2.0	1.4	9.6
	10/11	7.2	7.69	46.2	12	1.8	1.6	7.2
	10/21	6.8	7.45	30.0	26	2.7	2.0	5.7
	10/31		7.59	34.6	19	2.1	1.8	6.9
	11/11	4.0	8.12	18.5	23	1.5	1.9	6.0
	11/21	1.8	7.40	24.6	24	1.6	1.9	6.6

Table 2 Chemical analyses of ground waters in the Hiru-dani and the Waru-dani.

Localities	Date	Temperature °C	pH	Conductance $\mu\text{S}/\text{cm}$	SiO ₂ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ mg/l
No. 4	8/2	14.5	8.10	134	7	1.7	2.2	14.1
	8/9	14.8	7.76	40.8	26	1.9	1.5	7.2
	8/20	14.2	7.70	30.9	26	1.9	1.4	5.1
	8/30	15.0	8.17	118	6	1.4	1.4	12.6
	9/10	10.0	8.38	132	7	2.0	2.0	9.9
	9/20	13.8	7.49	121	1	1.8	1.8	12.3
	9/30	10.2	7.50	45.9	19	2.2	1.5	8.7
	10/11	7.1	8.32	43.7	6	1.5	1.8	12.6
	10/21	9.6	7.38	98.5	8	2.0	2.4	7.8
	10/31		7.56	33.8	17	2.2	1.9	7.8
	11/11	7.0	8.33	113	6	1.4	2.1	16.5
	11/21	2.3	8.10	88.0	5	1.3	3.0	13.2
No. 5	8/2	12.0	8.2	211	8	1.7	1.7	19.4
	8/9	14.5	8.4	234	8	1.7	1.6	19.5
	8/20	13.2	7.59	32.8	21	1.9	1.4	6.0
	8/30	13.8	8.4	148	5	1.2	1.2	9.0
	9/10	15.0	8.3	190	7	2.2	1.7	15.6
	9/20	12.9	7.3	139	4	2.0	1.8	18.6
	9/30	14.7	7.43	45.9	20	2.1	1.5	9.0
	10/11	7.3	8.3	43.0	6	1.4	1.7	14.7
	10/21	9.4	7.18	178	6	2.0	1.8	14.4
	10/31		7.52	34.2	18	2.2	1.7	6.9
	11/11	6.8	8.48	119	6	1.4	2.0	17.1
	11/21	2.0	8.08	92.0	6	1.2	2.0	14.1
No. 6	8/2	12.2	8.27	178	6	1.6	1.9	16.8
	8/9	12.0	7.6	67.5	7	1.7	1.5	16.2
	8/20	13.8	7.45	31.2	22	1.8	1.3	4.9
	8/30	14.8	8.6	97.0	5	1.2	1.2	9.0
	9/10	14.0	8.3	158	6	2.5	2.0	8.1
	9/20	13.1	7.6	99.2	3	1.8	1.8	18.9
	9/30	14.3	7.5	46.4	20	2.2	1.4	7.2
	10/11	7.4	7.82	46.0	22	1.8	1.6	6.0
	10/21	9.0	7.38	133	5	2.2	2.4	12.3
	10/31		7.47	34.1	18	2.8	1.7	5.7
	11/11	7.1	8.32	118	6	1.4	2.0	16.2
	11/21	2.3	8.0	90.0	2	1.1	1.9	5.4

Table 3 Chemical analyses of ground waters in the Hiru-dani and the Waru-dani.

Localities	Date	Temperature °C	pH	Conductance $\mu\text{O}/\text{cm}$	SiO ₂ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ mg/l
No. 7	8/2	9.0	7.47	30.5	25	1.9	1.6	7.2
	8/9	9.0	8.1	46.0	2	0.2	1.5	4.2
	8/20	10.2	7.58	29.3	26	1.9	1.4	5.1
	8/30	10.0	8.2	41.1	17	1.5	1.4	6.0
	9/10	9.2	7.52	29.6	26	2.7	1.7	6.9
	9/20	10.4	7.29	40.3	2		0.9	5.9
	9/30	8.7	7.5	47.3	19	2.2	1.4	9.6
	10/11	7.0	7.59	47.2	23	1.8	1.7	6.3
	10/21	6.5	7.12	90.0	26	2.5	1.1	6.0
	10/31		7.54	34.4	16	2.4	1.7	6.0
	11/11	4.5	7.78	22.0	24	1.6	1.8	5.1
	11/21	4.0	8.4	23.0	2	1.5	1.9	6.3
No. 8	8/2	10.1	7.51	70.8	4	0.6	0.7	5.7
	8/9	10.2	8.08	45.8	22	1.7	1.4	6.6
	8/20	8.8	7.49	67.9	11	2.9	0.4	6.3
	8/30	8.0	7.62	49.0	17	1.6	0.6	6.6
	9/10	9.0	7.5	63.7	14	3.2	0.7	8.4
	9/20	11.6	7.29	52.0	2	1.5	1.8	13.5
	9/30	8.4	7.5	48.0	19	2.0	1.4	6.9
	10/11	7.2	7.52	48.0	14	2.1	0.6	8.1
	10/21	6.8	7.32	25.4	25	2.5	1.9	5.7
	10/31		7.49	32.7	18	2.2	1.5	6.6
	11/11	4.2	7.64	21.2	24	1.4	1.9	5.4
	11/21	5.8	7.31	47.2	15	1.9	0.8	7.2
No. 9	8/2	8.8	7.1	58.2	17	2.2	1.4	8.1
	8/9	8.0	7.73	60.0	4	0.4	1.2	8.1
	8/20	9.0	7.12	56.2	17	2.8	1.1	6.3
	8/30	10.2	7.6	52.1	11	2.2	1.4	5.7
	9/10	8.7	7.1	51.5	2	1.8	1.4	6.0
	9/20	9.7	7.19	54.8	17	2.2	1.2	6.6
	9/30	8.0	7.62	69.8	18	2.6	1.5	10.5
	10/11	13.0	7.12	69.0	17	2.1	1.3	6.9
	10/21	8.4	7.58	39.0	19	3.0	1.9	6.6
	10/31		7.5	33.7	18	2.2	1.7	7.2
	11/11	8.8	7.24	34.0	17	1.5	1.4	6.3
	11/21	9.3	7.2	40.8	17	1.9	1.4	6.3

Table 4 Chemical analyses of ground waters in the Hiru-dani and the Waru-dani.

Localities	Date	Temperature °C	pH	Conductance $\mu\text{S}/\text{cm}$	SiO ₂ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ mg/l
No. 10	8/2	12.0	7.94	56.8	2	1.1	1.3	6.3
	8/9	10.5	6.70	136	20	4.0	1.9	13.2
	8/20	12.0	6.62	136	11	4.1	1.8	8.1
	8/30	13.8	6.97	127	20	4.5	2.0	10.2
	9/10	12.0	6.86	118	19	6.0	2.0	8.4
	9/20	12.2	6.92	119	20	5.0	1.8	12.3
	9/30	10.1	7.45	68.8	15	2.4	1.5	10.5
	10/11	15.0	6.68	68.2	19	4.8	1.9	12.0
	10/21	8.2	7.52	39.8	19	2.7	1.9	6.6
	10/31	10.0	6.65	90.0	20	4.1	1.6	12.0
	11/11	9.0	6.90	80.0	19	3.5	1.9	10.2
No. 11	8/2	12.0	7.63	81.5	12	2.4	0.5	7.5
	8/9	11.0	8.17	87.0	12	2.2	0.4	8.1
	8/20	13.0	7.74	86.7	9	2.3	0.3	6.6
	8/30	13.8	7.94	37.5	11	2.2	0.7	7.5
	9/10	9.2	7.66	71.6	12	3.5	0.7	6.0
	9/20	10.8	7.42	38.1	10	2.6	0.6	9.9
	9/30	8.1	7.6	65.8	2	2.6	0.5	8.4
	10/11	9.2	7.63	65.2	11	2.2	0.5	8.1
	10/21	8.2	7.18	90.0	20	4.2	1.2	9.0
	10/31		7.6	30.0	18	2.2	1.3	7.2
	11/11	7.0	7.65	40.8	10	1.5	0.6	7.2
	11/21	6.8	7.63	31.5	5	1.5	1.6	6.9
No. 12	8/2	12.0	6.33	132	8	0.6	1.6	8.1
	8/9	10.0	7.01	100	20	2.4	0.7	9.6
	8/20	10.2	7.31	100	10	2.9	0.6	6.0
	8/30	12.0	7.70		14	2.5	1.0	9.6
	9/10	9.0	7.28	97.0	19	4.0	1.4	7.8
	9/20	10.0	7.51	92.1	20	3.4	0.8	11.7
	9/30	8.8	7.56	64.8	17	2.4	1.4	9.6
	10/11	8.6	7.38	65.0	8	2.7	0.7	9.3
	10/21	8.2	7.2	89.3	20	2.7	0.9	6.9
	10/31		7.3	30.5	18	2.0	1.3	7.8
	11/11	6.8	7.49	69.8	18	2.0	0.9	9.0
	11/21	6.7	7.58	31.0	3	1.3	1.7	6.3

Table 5 Chemical analyses of ground waters in the Hiru-dani and the Waru-dani.

Localities	Date	Temperature °C	pH	Conductance $\mu\text{S}/\text{cm}$	SiO ₂ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ mg/l
No. 13	8/2	8.0	7.62	100	19	2.5	1.3	10.2
	8/9	8.0	7.79	100	22	2.4	0.7	10.5
	8/20	7.8	7.71	100	22	2.8	0.6	6.6
	8/30	9.9	7.76	99.0	2	0.2	0.9	5.7
	9/10	8.0	7.57	100	20	3.5	1.0	8.1
	9/20	8.0	7.39	97.6	20	3.1	0.8	10.5
	9/30	8.4	7.37	67.0	4	2.4	1.4	10.2
	10/11	6.8	8.0	66.3	2	2.9	0.7	9.0
	10/21	8.4	7.30	91.0	20	2.7	0.8	8.4
	10/31		7.48	33.3	18	2.4	1.6	8.4
	11/11	6.2	7.75	61.4	21	2.0	0.9	7.8
	11/21	7.0	7.52	30.8	26	1.6	1.5	5.4
No. 14	8/2	11.0	7.4	1080	23	3.0	0.7	8.7
	8/9	15.0	7.68	112	2	0.4	0.7	5.4
	8/20	11.0	7.29	100	22	3.1	0.4	5.7
	8/30	12.8	8.04	83.2	2	1.1	0.7	7.2
	9/10	8.2	7.00	98.0	22	4.2	0.8	8.4
	9/20	10.0	7.31	87.6	23	3.4	0.7	8.1
	9/30	7.6	7.4	67.2	18	2.4	1.4	10.2
	10/11	8.4	7.2	67.7	13	2.8	0.7	8.7
	10/21	8.3	7.23	88.0	21	3.0	0.7	6.9
	10/31		7.48	31.0	18	2.0	1.3	8.4
	11/11	3.0	7.39	72.0	22	2.2	0.8	8.4
	11/21	6.5	7.60	31.0	19	1.8	1.5	6.9
A	8/20	12.9	7.0	52.7	6	0.4	1.1	5.1
	9/20	11.8	7.22	54.9	4	0.4	1.8	6.9
	10/21	7.0	7.35	35.6	20	2.5	1.3	5.4
	11/21	7.5	7.45	43.0	4	2.7	1.5	6.6
B	8/20	11.8	7.32	33.8	24	1.9	1.2	6.0
	8/20	11.8	7.41	40.6	6	1.7	1.7	12.9
	10/21	7.2	7.49	28.6	24	2.7	1.5	5.7
	11/21	1.9	7.48	29.6	24	2.3	1.8	5.7
C	8/20	12.0	7.4	30.6	25	1.9	1.4	6.3
	9/20	12.0	7.31	34.2	6	2.5	1.7	13.8
	10/21	6.2	7.47	25.4	25	2.7	1.6	5.7
	11/21	2.0	7.40	25.8	26	2.1	1.8	5.4

Table 6 Chemical analyses of ground waters in the Hiru-dani and the Waru-dani.

Localities	Date	Temperature °C	pH	Conductance $\mu\text{S}/\text{cm}$	SiO ₂ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ mg/l
D	8/20	13.0	7.34	30.8	25	1.9	1.3	4.8
	9/20	12.6	7.36	34.7	6	1.8	1.7	12.6
	10/21	6.0	7.4	26.4	25	2.7	1.5	5.7
	11/21	1.8	7.48	25.3	24	2.1	1.8	4.5
E	8/20	13.3	7.63	45.5	9	0.1	1.1	4.8
	9/20	11.0	7.40	48.2	7	2.5	1.7	12.9
	10/21	6.8	7.48	26.3	26	2.7	1.5	6.0
	11/21	3.3	7.51	25.0	26	2.2	1.8	5.4
F	8/20	13.0	7.38	30.4	26	1.9	1.3	5.4
	9/20	10.9	7.42	32.2	7	1.8		13.5
	10/21							
	11/21	3.5	7.49	23.9	6	2.0	1.8	5.7
G	8/20	12.0	7.21	68.0	13	2.3	0.4	6.3
	9/20	13.4	7.61	72.4	5	2.2	1.8	14.1
	10/21							
	11/21	2.2	8.05	96.0	9	1.5	1.9	14.1
H	8/20	13.5	7.93	133	20	5.0	1.8	8.4
	9/20	12.0	7.52	162	3	0.6	1.8	8.1
	10/21	8.3	7.18	90.0	20	4.5	0.9	6.6
	11/21	7.1	7.5	34.8	19	1.3	1.6	7.8
I	8/20	8.0	7.81	135	20	5.1	1.7	9.3
	9/20	11.0	7.58	169	18	7.2	1.8	8.7
	10/21	8.2	7.2	88.0	19	4.2	0.9	6.6
	11/21	7.0	7.55	33.3	20	1.4		7.2
J	8/20	11.2	7.66	112	20	3.8	1.0	8.1
	9/20	10.9	7.61	121	16	4.8	1.2	7.8
	10/21	8.2						
	11/21	7.2	7.51	32.4	18	1.3	1.6	6.6
K	8/20	11.0	7.20	100	20	2.7	0.7	7.5
	9/20	10.3	7.42	117	18	4.2	0.9	7.5
	10/21	8.4	7.32	87.0	20	4.2	0.9	6.9
	11/21	7.4	7.49	32.0	20	1.2	1.6	8.1

Table 7 Chemical analyses of ground waters in the Hiru-dani and the Waru-dani.

Localities	Date	Temperature °C	pH	Conductance μS/cm	SiO ₂ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ mg/l
L	8/20	10.0	6.93	94.0	8	0.4	0.5	4.8
	9/20	9.8	7.28	98.0	20	3.5	0.7	7.2
	10/21	8.5	7.5	26.9	18	4.2	1.0	7.2
	11/21	7.2	7.52	32.2	19	1.6	1.6	6.6
M	8/20				11	2.7		4.8
	9/20					3.7		6.6
	10/21	8.8	7.18	90.0	19		1.0	
	11/21							

3. 測定および測定結果

水質分布を明らかにする目的で、ヒル谷およびワル谷を対象とし昭和43年8月20日、9月20日、10月21日および11月21日の4回の採水を行なった。採水地は Fig. 2-1 の1~14 および A~M である。また、水質変動を調査するため、ヒル谷およびワル谷を対象とし、8月~11月の期間内に月平均3回(計12回)の採水を、Fig. 2 の1~14 地点について行なった。なお、降雨の際の採水は行なっていない。採水はポリエチレン製のビンを使用し、採水と同時に現地で水温、pH および電導度を測定した。

分析方法は下記のとおりである。Ca²⁺+Mg²⁺: 試水 50 ml をとり、緩衝溶液 1 ml, Mg-EDTA 溶液 1 ml および指示薬としてエリオクロム・ブラック T (EDT) 混合溶液数滴を加え、EDTA 標準溶液で赤色が完全に青色に変わる点を終点として滴定した。Na⁺, K⁺: Na⁺ は 589 mμ, K⁺ は 780 mμ でそれぞれ炎光分析を行なった。溶存 SiO₂: 試水 20 ml をとり、塩酸 (1+3) 1 ml, モリブデン酸アンモニウム10% 溶液 1 ml を加えよく混合し、生ずる黄色を20分後に光電比色計にて 410 mμ で比色した。

採水した試水の分析結果はそれぞれ Tables 1, 2, 3, 4, 5, 6 および 7 に示す。

4. 結果の考察

降水、降水物から天然水中への元素供給は、この地域においてはほぼ一様であると考えられ、その供給量もこの地域では無視できる程度であろう。従って、この地域における天然水中の元素含量の大部分は岩石、土壌から供給されたものと考えて考察を行ないたい。

4.1. 天然水中の元素含量の相互関係

Figs. 3-1, および 3-2 からわかるように、ヒル谷流域において、Ca²⁺+Mg²⁺ と溶存 SiO₂ の含量関係に顕著な2つの集団がみとめられる。それらは Table 8 のとおり区別される。ここで注目されることは採水地 1, 2, 3, 7 および 8 におけるものはほぼA集団に属し、採水地 4, 5 および 6 におけるものはB集団に属していることである。しかし、採水地 4, 5 および 6 におけるものでA集団に属しているものもあり、このことから採水地 4, 5 および 6 における天然水の溶存 SiO₂ と Ca²⁺+Mg²⁺ の含量関係がA, B 集団の間を変動していることが考えられる。なお、ワル谷流域においては、Figs. 3-4, 3-5 および 3-6 にみられるように、以上のような関係はみとめられなかった。

4.2. 天然水中の元素の含量変動

a) 採水地 1: 元素含量の変動量の大きいものは溶存 SiO₂ で、変動における元素間の相関、および雨量との相関はみとめられない。しかし、pH と電導度の間に逆の相関がみられる。

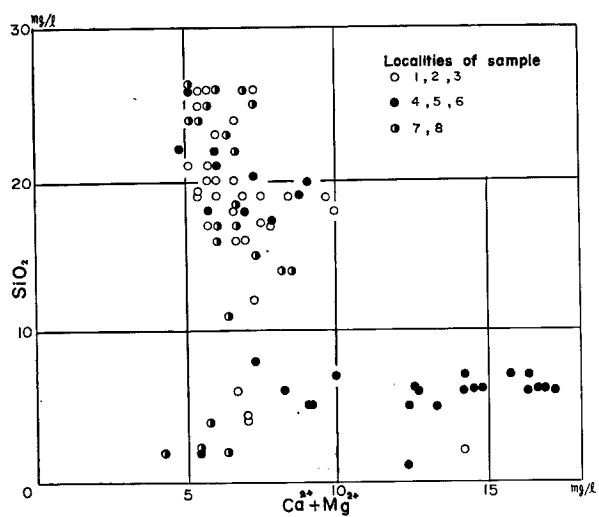


Fig. 3-1 Relationship between Soluble SiO_2 and $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ in the Hiru-dani basin.

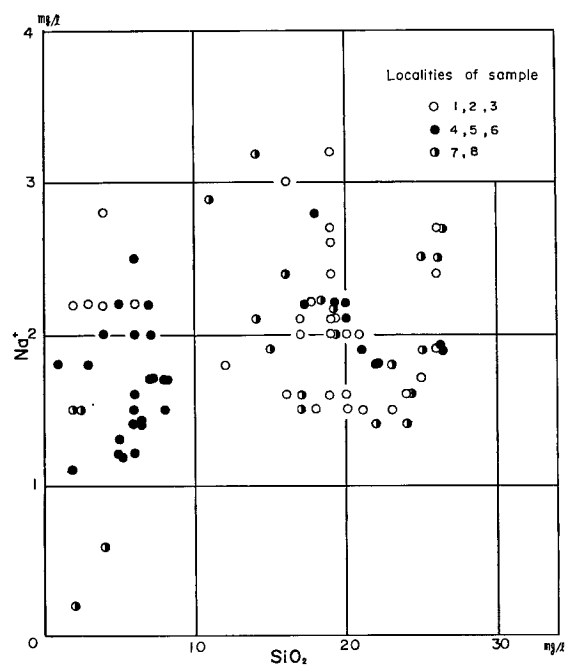


Fig. 3-2 Relationship between Na^+ and Soluble SiO_2 in the Hiru-dani basin.

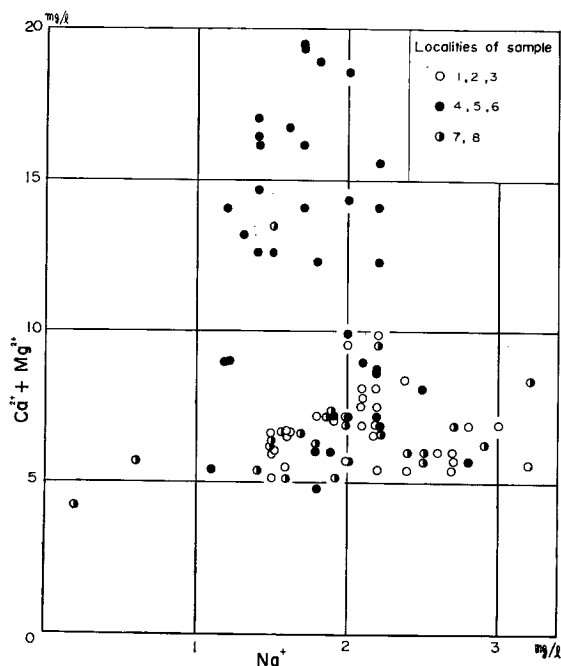


Fig. 3-3 Relationship between $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ and Na^{+} in the Hira-dani basin.

Table 8 The group of chemical composition of ground waters in the Hiru-dani basin.

	SiO_2	$\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$	Locality numbers
A group	15~25 mg/l	5~10 mg/l	1, 2, 3, 7, 8
B group	2~ 8 mg/l	12~17 mg/l	4, 5, 6

b) 採水地 2 : 元素含量の変動量の大きいものは溶存 SiO_2 で少ないものは $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ となっている。変動における元素間の相関は、わずかではあるが Na^{+} と K^{+} の間に逆の相関がみられる。

c) 採水地 3 : 元素含量の変動の大きいものは溶存 SiO_2 で、小さいものは K^{+} となっている。溶存 SiO_2 と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ との間には逆の相関がみられる。雨量と Na^{+} の間にわずかではあるが逆の相関がみとめられる。

d) 採水地 4 : 元素含量の変動量は全要素について大きい。溶存 SiO_2 と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ との間に逆の相関、pH と電導度の間にはやや正の相関がみとめられる。雨量との関係は、pH、電導度および溶存 SiO_2 において正の相関がみとめられ、 $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ においては逆の相関がみとめられる。

e) 採水地 5 : 元素含量の変動量は K^{+} をのぞいて他のものは大きいことが特徴である。溶存 SiO_2 と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ との間には逆の相関、pH と電導度の間にやや正の相関がみられる。雨量との関係は、pH、電導度および $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ において逆の相関がみられ、溶存 SiO_2 においては正の相関がみられる。

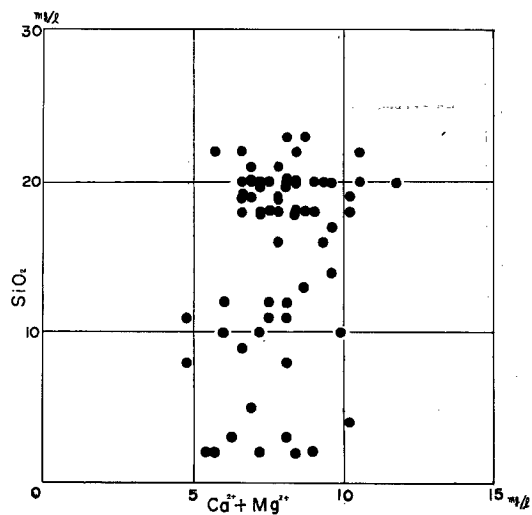


Fig. 3-4 Relationship between soluble SiO_2 and $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ in the Waru-dani basin.

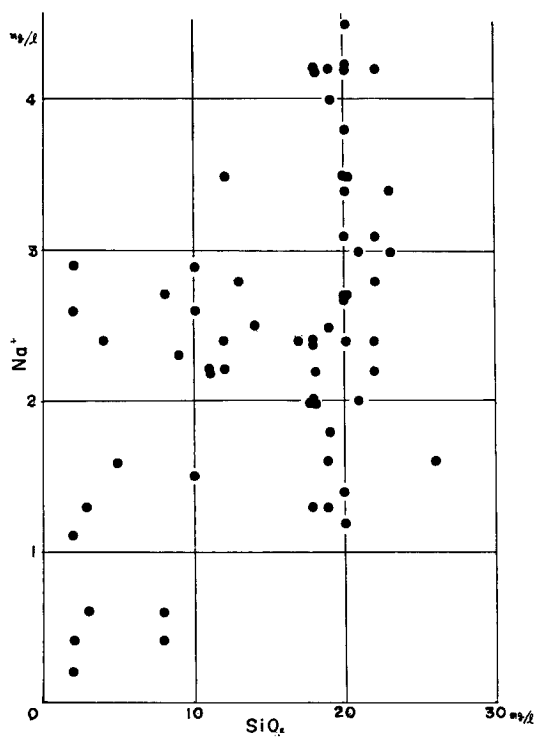


Fig. 3-5 Relationship between Soluble SiO_2 and Na^+ in the Waru-dani basin.

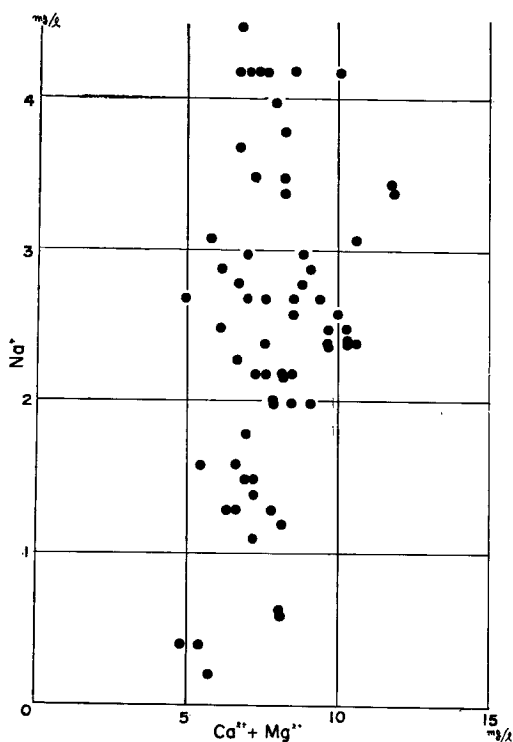


Fig. 3-6 Relationship between Na^+ and $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ in the Waru-dani basin.

f) 採水地 6 : 元素含量の変動量は全ての要素において大きくなっている。溶存 SiO_2 と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ の間には逆の相関, pH と電導度の間には正の相関がみられる。雨量との間で, 溶存 SiO_2 は正の相関, $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$, pH および電導度は逆の相関がみられる。

g) 採水地 7 : 元素含量の変動量は全ての要素において大きくなっている。溶存 SiO_2 と Na^+ の間には正の相関がみられるが, 相関がみだれるところでは pH と電導度の正の相関もみだれている。雨量との相関はみとめられない。

h) 採水地 8 : 元素含量の変動量は全ての要素に大きく現われている。元素の含量関係は溶存 SiO_2 と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ の間に逆の相関がみとめられる。雨量との相関はみとめられない。

i) 採水地 9 : 元素含量の変動量は一般に大きく現われている。溶存 SiO_2 と Na^+ の間に相関がみとめられる。雨量との関係は, わずかに電導度において正の相関がみとめられ, その他のものにはとみとめられない。

j) 採水地 10 : 元素含量の変動量は一般に大きい。溶存 SiO_2 と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ と Na^+ の間には正の相関がみとめられ, pH と電導度の間には逆の相関がみられる。雨量との関係は, 溶存 SiO_2 において逆の相関がある。

k) 採水地 11 : 元素含量の変動は一般に大きい。元素間, 雨量との間には相関がみとめられない。

l) 採水地 12 : 元素含量の変動は一般に大きい。溶存 SiO_2 と雨量との間に逆の相関がみとめられる。

m) 採水地 13 : 元素含量の変動は一般に大きい。

n) 採水地 14 : 元素含量の変動は一般に大きい。溶存 SiO_2 と Na^+ との間に正の相関がみとめられる。

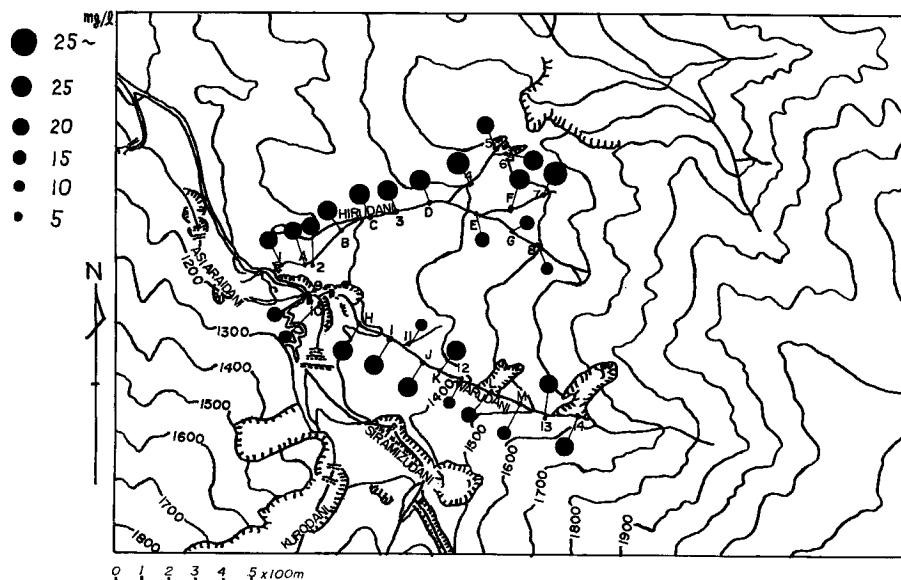


Fig. 5-1 Distribution of $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 20 August 1968.

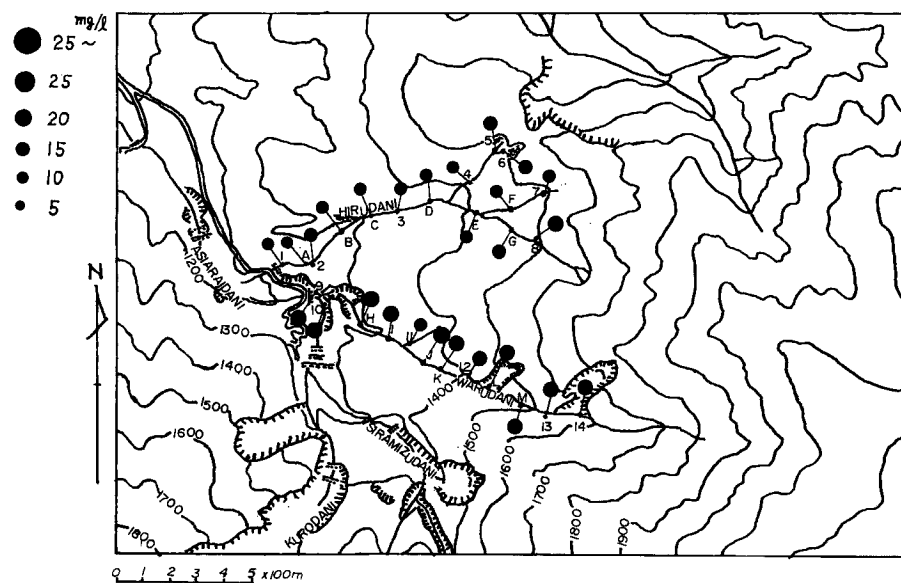


Fig. 5-2 Distribution of Soiluble SiO_2 20 August 1968.

4.3. 天然水中の元素分布

a) 8月20日：溶存 SiO_2 , K^+ 濃度はヒル谷流域全体について大きい傾向にある。 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, Na^+ , pH および電導度はワル谷流域全体について大きい傾向にある。

b) 9月20日：溶存 SiO_2 , Na^+ 濃度はワル谷流域において大きい傾向を示す。 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, K^+ 濃度がヒル谷流域で大きくなっている。崩壊地付近では pH, 電導度が大きくなっている。

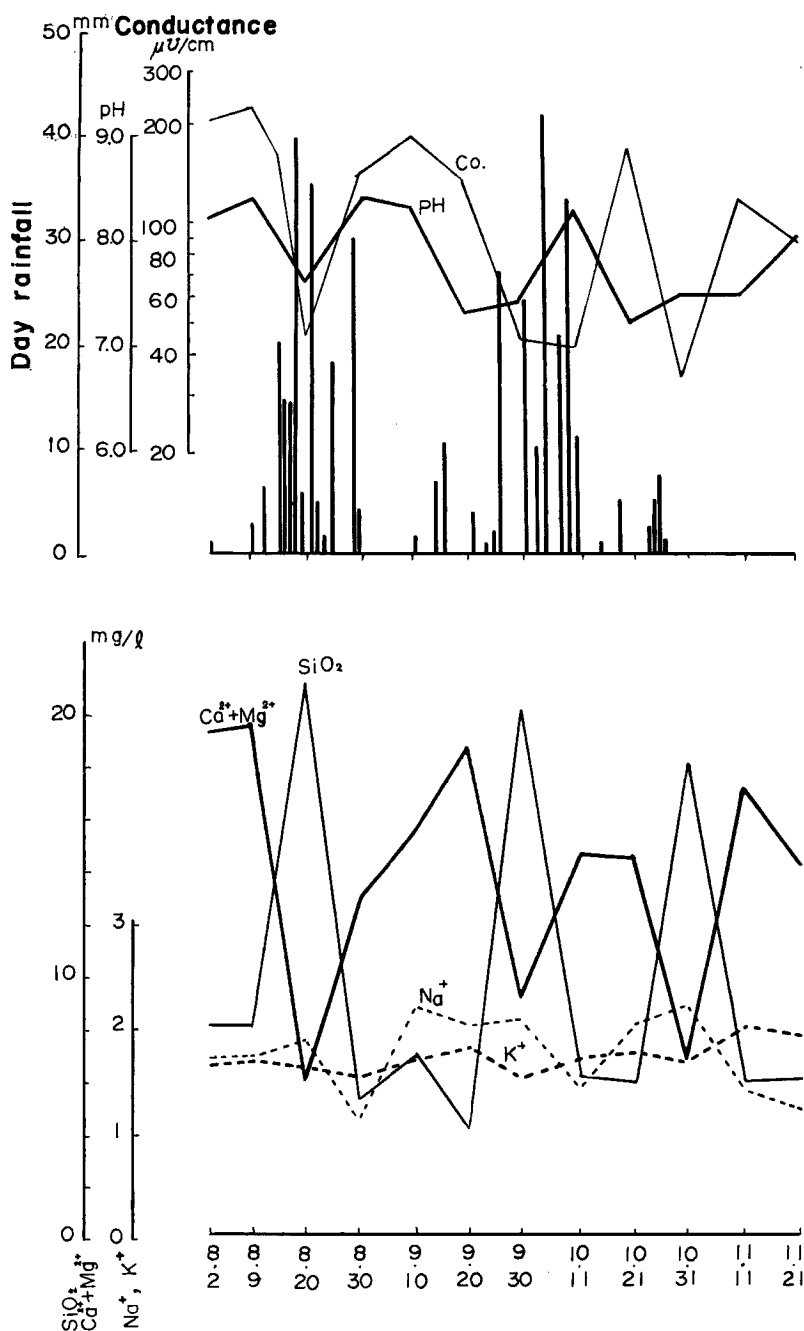


Fig. 6 Variation of Soluble SiO_2 , $Ca^{2+}+Mg^{2+}$, Na^+ , K^+ , pH, conductance and rainfall in locality No. 5.

c) 10月21日： SiO_2 、 K^+ 濃度はヒル谷流域において大きい傾向にある。 $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ 、 K^+ 、pH および電導度は崩壊地において大きい傾向にある。溶存 SiO_2 は崩壊地付近において小さい傾向にある。

d) 11月21日：溶存 SiO_2 、 Na^+ は崩壊地において小さい傾向を示す。pH、電導度は崩壊地で大きい傾向を示す。 Na^+ はヒル谷流域において大きい傾向を示す。 $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ 、 K^+ は分布に差がみとめられない。

以上、a)、b)、c) および d) について総括すると、ヒル谷流域とワル谷流域との間では元素分布が逆の傾向を示す場合が多く、崩壊地とその他の地域についても元素濃度分布に逆の傾向が認められる。その例として、8月20日の溶存 SiO_2 と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ の分布を Figs. 5-1 および 5-2 に示す。しかし、採水日によってその関係が逆になることもあり、このことは含量の変動のこととも関連するので、今後の重要な課題となるものと思われる。

4.4. 崩壊と陸水の地球化学的特性との関係

以上の結果を総括してみると、崩壊地と未崩壊地における陸水の化学的特性に相違が認められる。その中で特に注目すべきものは、溶存 SiO_2 と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ の間の逆の相関である。その1例を Fig. 6 に示す。さらに、この逆の相関は降雨との間に関連性が認められる。つまり、崩壊地では未崩壊地に比較して、降雨があると溶存 SiO_2 の濃度が大きくなり、 $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ の濃度が小さくなる傾向が認められる。降雨期外には $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ の濃度が大きいのは花崗斑岩に捕獲された石灰岩に由来しており、これが降雨によって薄まり、逆に降雨によって地表面が乱され、地表面付近の溶存 SiO_2 が多量に溶け出すものと解釈できる。従って、このように溶存 SiO_2 が降雨の影響を受けやすいということは岩石の風化が進んでいるということの1つの目安になるものと考えられる。

5. 結 語

天然水中の元素量の相互関係、分布および変動についての測定結果については、上記に述べたとうりである。これらの結果と崩壊との関係を明らかにすることが本調査の目的であったが、調査期間中にこの流域内で明確な崩壊が認められず、崩壊との関係については考察することができなかった。しかし、崩壊が進行中の所と崩壊のない所との差は元素含量において認められる。つまり、崩壊地において降雨量と溶存 SiO_2 および $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ との間に相関が認められ、溶存 SiO_2 と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ の間には逆の相関が認められることが今回の調査で明らかとなった。

これらの元素含量の差がはたして岩石の崩壊にむすびつく岩石の風化の程度をあらわしているかどうかということは今後に残された大きな問題点であると考えられる。

今後の調査は本流の採水分析よりも源流部、崩壊部、湧水について採水を行ない、調査流域を拡大し、今回の調査において特に注目される元素含量変動について調査を実施し、あわせて岩石の風化に関する実験的研究を行ないたい。

最後に、本調査、分析および報告に際して、京都大学防災研究所砂防部門、富山大学教育学部加藤化学研究室、相馬地学研究室および富山工業専門学校布村化学研究室の方々から適切な助言および御協力をいただいたことをここに深謝致します。

参 考 文 献

- 1) 北野 康・金森 悟・加藤喜久雄：伊吹山周辺水系（姉川本川および草野川）の水質による岩石風化、崩壊の調査、災害の地域的特異性に関する基礎的総合研究、昭41, pp. 72~78.