

芦ノ湖の水質と芦ノ湖周辺の地下水の水質

平野富雄, 横山尚秀, 大木靖衛, 松尾禎士**, 渡辺修一**, 柳内志保子***

神奈川県温泉地学研究所*

Chemical Composition, Hydrogen and Oxygen Isotope Ratios for
Waters of Lake Ashi and Groundwaters of the Lake-side

by

Tomio HIRANO, Takahide YOKOYAMA, Yasue ŌKI, Sadao MATSUO,

Syuichi WATANABE and Shioko YANAGIUCHI

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

(Abstract)

Here are described differences of chemical composition and of hydrogen and oxygen isotope ratios of waters from Lake Ashi and groundwaters from lake-side drill wells in the Hakone caldera.

Total dissolved material of lake water amounts to 61.4ppm and those of groundwaters amount to 118.3~204.8ppm. Major differences between them are found in the bicarbonate and silicic acid.

Comparing hydrogen and oxygen isotope ratios of those waters, lake water is higher than groundwaters by 1.5~8.3‰ in δ_{DSMOW} and by -0.5~1.5‰ in $\delta^{18}\text{OSMOW}$ resulted by the selective surface fractionation of heavy water. Differences of those stable isotope ratios suggest that seepage of lake water may not contribute so much to the groundwaters of lake-side.

1. はしがき

芦ノ湖は箱根カルデラの西部に位置する火山爆発による堰き止め湖である。湖面標高723m, 湖岸線17.5km, 面積6.9km², 最大水深43.0m, 平均水深18.8mで貧栄養湖に分類されている (HORIE, 1962)。

寛文年間(1666~1670)に開さくされた深良用水(箱根用水とも云う)のために, 芦ノ湖の水利権は静岡県側にある。昭和39年(1964)頃から, 芦ノ湖周辺で水井戸が掘さくされ利用されだした。

* 神奈川県箱根町湯本997 〒250-03

** 東京工業大学理学部, 東京都目黒区大岡山2-12-1 〒152

*** 相模原保健所, 相模原市富士見6-5-8 〒229

神奈川県温泉地学研究所報告, 第13巻, 第5号, 55-64, 1982.

芦ノ湖の水質と芦ノ湖周辺の地下水の水質の資料が蓄積されたので、今後の研究の基礎資料に供するために報告する。

2. 芦ノ湖の水質

芦ノ湖の湖沼学的調査は比較的古くから始められ、明治26年(1893)の地質学雑誌に「箱根芦ノ湖の湖底の有様」についての記載がある。田中阿歌麿は明治34年(1901)頃より芦ノ湖の湖沼学的調査を開始し、その基礎を確立した(田中, 1903)。

芦ノ湖の水質分析は、田中阿歌麿の調査より約25年おくれ、菅原 健によって昭和2~3年(1927~28)に着手された。菅原は溶存酸素(DO)、珪酸(SiO₂)、硝酸性窒素(NO₃-N)、燐酸(P₂O₅)の成分を分析した。これらは浮遊性珪藻の消長との関係を調べる目的で分析された(菅原, 1933, 表1)。吉村信吉は昭和3~5年(1928~1930)にかけて芦ノ湖のpH(6.8)、溶存酸素(DO, 4.24cc/l; 水深39m)、総固形物(55.0mg/l)、カルシウムイオン(Ca²⁺, 2.0mg/l)、塩素イオン(Cl⁻, 0. mg/l)、珪酸(SiO₂, 10.6mg/l)、過マンガン酸カリ消費量(7.5mg/l)、アンモニア性窒素(NH₃-N, 0.125mg/l)の分析値を収積した(吉村, 1931, 1933, 1934)。

表1 菅原(1933)による芦ノ湖の水質分析

採水年月日 (昭和)	水 深 (m)	水 温 (°C)	DO (cc/l)	DO 飽 和 度 (%)	SiO ₂ (mg/l)	NO ₃ -N (mg/m ³)	P ₂ O ₅ (mg/l)
3. 2. 19	0	4.3	7.98	100	10.7	10	<0.01
	10	4.3	8.08	101	12.0	10	<0.01
	15	4.3	—	—	11.7	30	<0.01
	20	4.2	7.98	100	11.7	30	<0.01
	30	4.2	7.11	89	11.7	30	<0.01
	36	4.3	6.02	75	11.8	20	<0.01

昭和2年7月23日(1927)に第1回の分析がおこなわれ、9月11日、10月8日、11月10日、昭和3年1月5日、2月19日、4月29日、6月27日、7月8日、8月23日、9月9日の11回調査された。

表2* 芦ノ湖基本調査(神奈川県水産試験場)

採水年月日 (昭和)	水 深 (m)	水 温 (°C)	DO (cc/l)	DO (%)	pH	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe
8. 11. 4	0	15.1	6.39	99	7.1	1.71	6.77	2.01	0.060
	15	14.9	6.54	100	7.2	1.68	6.12	1.75	0.060
	20	9.3	7.40	100	7.0	1.49	6.78	1.76	(0.060)
	25	8.4	6.94	93	6.9	1.47	6.68	1.92	0.060
	33	7.8	6.13	81	6.6	1.64	6.51	1.96	0.068
平 均		11.1	6.68	95	7.0	1.60	6.57	1.88	0.062

* 本表に示した主湖盆のほかに、湖尻湖盆、箱根町沖、元箱根沖、塔ヶ島沖で水質調査がおこなわれている。

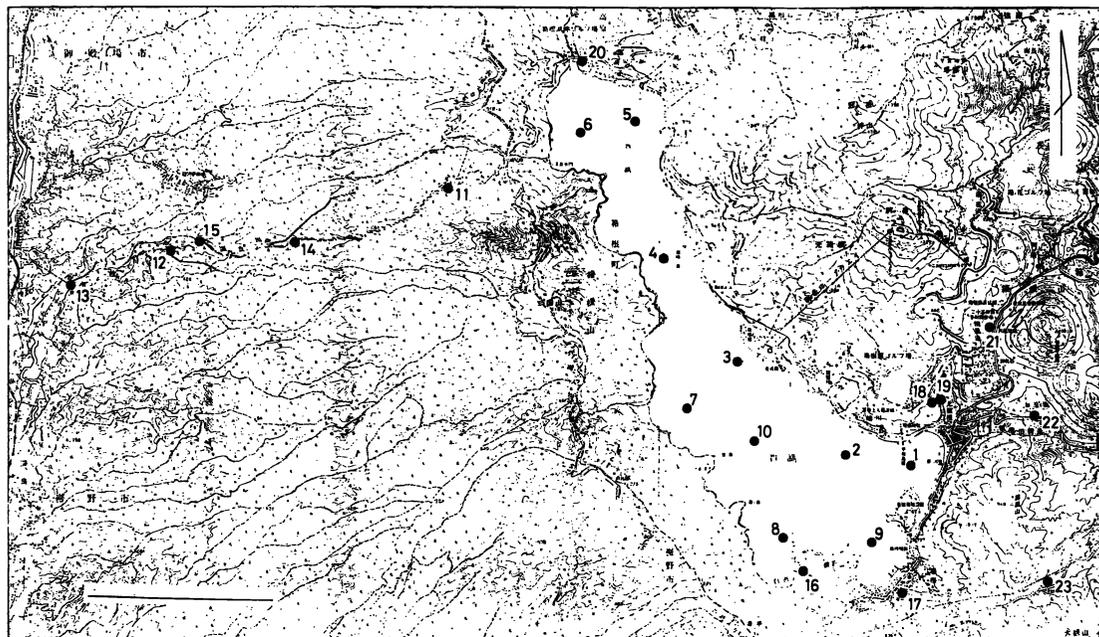


図1 採水場所 (この地図は国土地理院発行の1/5万図「箱根・裾野」を使用した)

湖水の主要溶存成分の組成が明らかにされたのは、神奈川県水産試験所が昭和6～15年（1931～1940）の間に実施した芦ノ湖基本調査においてである。この調査は芦ノ湖における魚族の繁殖に資するためになされた。特に昭和8～9年（1933～1934）の2年間に詳細な水質調査がおこなわれた。この調査は芦ノ湖が汚染される以前の状況を知る上でも貴重な資料となっている（神奈川県水産試験場，1931～1940，表2）。

昭和37年（1962）以来、芦ノ湖の水質分析データは小田原保健所試験室によって蓄積されている（たとえば、藤波ら，1977）。これらのデータの一部は神奈川県水質調査年表に収録されている（神

1933)における芦ノ湖の水質分析

(分析値の単位：mg/l)

Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	アルカリ度 CO ₂	P ₂ O ₅	NH ₃ -N	NO ₃ -N	SiO ₂	CO ₂	KMnO ₄ 消費量
2.04	10.1	15.4	0.011	0.010	0.007	13.75	0.44	2.9
1.97	10.8	—	0.013	0.009	0.006	12.85	0.78	2.2
2.04	9.9	—	0.013	0.009	0.006	11.21	1.11	2.2
2.10	9.2	—	0.015	0.009	—	12.60	1.11	2.5
1.97	10.4	13.2	0.017	0.010	0.007	14.45	1.33	4.1
2.02	10.1	14.3	0.014	0.009	0.007	12.97	0.95	2.8

表3 芦ノ湖の水

採水点	採水年月日 (昭和)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	電導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	蒸発残留物	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺
1	49.10.7	0	18.6	7.3	76.05	n. d.	1.55	4.45	5.91
2	49.10.7	0	18.6	7.5	72.10	47.7	1.43	4.24	5.68
3	49.10.7	0	18.7	7.5	71.89	47.5	1.37	4.16	5.70
4	49.10.7	0	18.8	7.4	72.28	48.5	1.37	4.22	5.67
5	49.10.7	0	18.7	7.4	72.90	47.2	1.36	4.22	5.84
6	49.10.7	0	18.8	7.5	73.24	n. d.	1.35	4.23	5.75
7	49.10.7	0	18.8	7.6	72.04	47.5	1.36	4.18	5.67
8	49.10.7	0	18.6	7.6	72.01	47.8	1.38	4.19	5.71
9	49.10.7	0	18.7	7.7	71.96	48.3	1.37	4.18	5.72
10	49.10.7	0	18.7	7.6	72.53	48.8	1.36	4.22	5.67
10	49.10.7	5	18.5	7.3	71.91	48.3	1.36	4.11	5.63
10	49.10.7	10	18.3	7.6	71.93	46.0	1.35	4.09	5.65
10	49.10.7	20	8.3	6.4	75.54	n. d.	1.48	4.35	5.98
10	49.10.7	30	7.2	6.3	75.51	47.0	1.44	4.39	5.93
10	49.10.7	40	7.0	6.3	75.32	47.1	1.43	4.49	6.01
表層10試料の平均値					72.70	47.9	1.39	4.23	5.73

電導度測定温度：25°C

表4 芦ノ湖の水質汚濁を主体とした

採水点	水深 (m)	採水年月日 (昭和)	時刻 (時,分)	気温 (°C)	水温 (°C)	透明度 (度)	DO	DO飽和度 (%)
1	0	49.10.7	10:26	16.7	18.6	4.2	8.72	96.0
2	0	49.10.7	10:40	16.6	18.6	4.7	9.11	100.5
3	0	49.10.7	11:00	16.4	18.7	4.5	9.04	99.8
4	0	49.10.7	11:15	17.5	18.8	4.5	8.82	97.6
5	0	49.10.7	11:27	17.7	18.7	4.5	8.62	95.3
6	0	49.10.7	11:40	17.5	18.8	4.5	8.95	99.0
7	0	49.10.7	12:00	18.5	18.8	4.5	9.18	101.7
8	0	49.10.7	13:35	18.9	18.6	4.9	8.97	98.8
9	0	49.10.7	15:13	16.7	18.7	4.5	9.01	99.6
10	0	49.10.7	13:47	16.6	18.7	4.6	8.89	98.2
10	5	49.10.7			18.5		9.00	98.9
10	10	49.10.7			18.3		9.00	98.7
10	20	49.10.7			8.3		5.04	44.3
10	30	49.10.7			7.2		3.75	32.1
10	40	49.10.7			7.0		0.0	

質 (昭和 49 年 10 月 7 日)

(分析値の単位: ppm)

Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	H ₄ SiO ₄	CO ₂	総計	δD	δ ¹⁸ O
2.37	3.67	n. d.	25.9	11.0		—		
2.25	3.40	7.27	27.1	9.33		60.7		
2.23	3.40	8.51	27.1	9.57		62.0		
2.25	3.34	7.69	25.9	9.61		60.1		
2.25	3.42	8.67	27.1	10.1		63.0		
2.25	3.42	10.3	24.2	10.1		61.6		
2.25	3.38	8.61	27.1	9.28		61.8		
2.23	3.30	9.18	24.7	9.23		59.9		
2.25	3.38	8.92	26.5	9.74		62.1		
2.25	3.40	6.71	28.2	9.41		61.2		
2.25	3.38	9.39	26.5	9.41		62.0		
2.24	3.25	8.41	25.9	9.41		60.3		
2.41	3.56	n. d.	28.8	6.16		—		
2.43	3.67	8.77	28.2	6.46		61.3		
2.44	3.67	6.71	28.8	6.85		60.4		
2.26	3.41	8.43	26.4	9.44		61.4		

水質調査 (昭和 49 年 10 月 7 日)

(分析値の単位: ppm)

BOD	KMnO ₄ 消費量	PO ₄ ³⁻	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	一般細菌数 (1ml中)	大腸菌群 (MPN)
1.2	3.02	0.038	0.05	< 0.002	0.01	2100	920
0.9	3.02	0.040	0.03	< 0.002	< 0.01	33	130
0.8	2.38	0.039	0.04	< 0.002	< 0.01	125	79
0.8	2.57	0.043	0.04	< 0.002	< 0.01	210	45
0.6	2.56	0.040	0.04	< 0.002	< 0.01	33	11
1.0	2.52	0.033	0.04	< 0.002	< 0.01	18	2
1.0	3.02	0.050	0.03	< 0.002	< 0.01	26	23
0.9	2.45	0.054	0.04	< 0.002	< 0.01	15	33
1.4	2.63	0.067	0.04	< 0.002	< 0.01	115	350
1.3	2.63	0.024	0.04	< 0.002	0.01	31	70
1.3	3.37	0.073	0.03	< 0.002	< 0.01	15	70
0.9	3.15	0.037	0.04	< 0.002	0.04	71	13
0.8	1.71	0.032	0.04	< 0.002	< 0.01	—	20
0.8	1.51	0.102	0.03	< 0.002	0.20	44	17
0.7	1.19	0.045	0.04	< 0.002	0.46	13	14

(分析者: 柳内志保子)

奈川県, 1972~1981)。

筆者 (HIRANO) は, 昭和49年10月7日 (1974), 小田原保健所が実施した芦ノ湖現地調査に同行して, 10採水地点で15試料を採取し主要溶存成分を分析した (図1, 表3)。芦ノ湖の表層 (水深0m) 10個所で採水した試料の平均化学組成も表3にあわせて示した。昭和8年 (1933) の調査時の塩素イオン (Cl⁻) は2ppm前後であったが (表2), 昭和49年 (1974) の調査では3.41ppm (平均値) で, 約1.4ppm多い値を示した。

MATSUO, et al (1979) は, 昭和46年5月 (1971)~47年4月 (1972) の1年間, 箱根カルデラの降水, 湖水, 温泉, 地下水, 河川水等を採取し, それらの水素および酸素の安定同位体比をあきらかに

表5 深良用水の水

採水地	採水年月日 (昭和)	流量 (m ³ /sec)	水温 (°C)	pH	電導度 (μU/cm)	蒸発残留物	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺
11 深良用水静岡側出口	51.12.7		9.4	6.6		44.0	1.39	4.64	5.66
12 第二発電所	51.12.7		10.0	6.7		48.4	1.36	4.62	5.92
13 第三発電所	51.12.7	1.28	10.0	6.8		46.5	1.35	4.64	5.86

表6 深良用水付近

採水地	採水年月日 (昭和)	湧水量 (l/min)	水温 (°C)	pH	電導度 (μU/cm)	蒸発残留物	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺
14	51.12.7		7.3	6.4		42.2	0.94	3.69	5.04
15	51.12.7		13.7	6.7		66.8	0.37	5.03	5.62

表7 芦ノ湖周辺の

採水地	採水年月日 (昭和)	深さ (m)	水温 (°C)	pH	電導度 (μU/cm)	蒸発残留物	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺
16 畑引山水源	55.5.11	52		6.9		124.0	1.62	7.60	13.9
17 箱根水源	46.12.14		11.7	7.6	78.6		1.11	4.35	9.88
18 大芝第1水源	46.12.14	50	16.1	7.1	104.4		1.99	5.27	11.5
19 大芝第2水源	46.12.14	100	15.6	7.0	86.4		1.40	4.62	9.72
20 湖尻	53.2.24	70	15.0	6.2		83.8	0.87	5.99	9.59

電導度測定温度: 20°C

表8 芦ノ湖周辺の

採水地	採水年月日 (昭和)	水深 (m)	水温 (°C)	pH	電導度 (μU/cm)	蒸発残留物	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺
21 精進池	47.4.14	0	18.2	5.3	42.77		0.32	1.82	4.98
22 お玉ヶ池	47.4.14	0	17.0	7.7	51.54	49.8	0.64	3.32	5.95
23 須雲川	51.12.7		7.3	6.8		49.0	0.77	3.88	3.77

電導度測定温度: 20°C

した。湖水の水素 (δD_{SMOW}) および酸素 ($\delta^{18}O_{SMOW}$) の安定同位体比は、それぞれ $\delta D_{SMOW} = -42.6 \pm 0.8\%$, $\delta^{18}O_{SMOW} = -6.9 \pm 0.4\%$ の範囲にあった。

3. 深良用水の水質

芦ノ湖から流出する河川は、本来早川であったが、今ではその流出口（逆川口と呼ばれている）は水門でしめきられている。湖の水は、現在、寛文年間に開さくされた深良用水におよそ $1.67\text{m}^3/\text{sec}$ の割で流出している。昭和51年12月7日（1976）深良用水路を採勝し、用水と用水付近の湧水を採水して、それらの主要溶存成分の分析と水素および酸素の安定同位体比の測定をおこなった（図1、表

質（昭和51年12月7日）

（分析値の単位：ppm）

Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	H_4SiO_4	CO_2	総計	δD (‰)	$\delta^{18}O$ (‰)
2.34	3.67	8.24	27.8	10.1	1.67	65.5	-41.4	-6.91
2.30	3.48	8.49	27.8	9.63	1.11	64.7	-42.0	-6.92
2.28	3.46	8.58	26.7	9.63	1.11	63.6	-41.8	-7.05

の湧水の水質

（分析値の単位：ppm）

Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	H_4SiO_4	CO_2	総計	δD (‰)	$\delta^{18}O$ (‰)
2.20	3.22	5.19	23.8	14.8	1.67	60.6	-45.5	-7.13
2.97	4.59	0.	36.9	44.2	1.67	101.4	-45.3	-7.70

地下水の水質

（分析値の単位：ppm）

Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	H_4SiO_4	CO_2	総計	δD (‰)	$\delta^{18}O$ (‰)
4.45	3.20	0.53	82.7	85.2	5.55	204.8		
2.52	2.37	0.	53.1	59.3	1.96	134.6	-50.9	-8.4
3.84	3.48	10.5	51.8	68.3	5.89	162.6	-44.1	-6.4
3.00	2.89	7.59	43.7	61.4	5.50	139.8	-49.8	-8.2
2.53	3.91	16.2	27.6	51.6		118.3	-44.7	-7.44

地表水の水質

（分析値の単位：ppm）

Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	H_4SiO_4	CO_2	総計	δD (‰)	$\delta^{18}O$ (‰)
0.78	9.70	3.51	6.24	1.32	3.14	31.9	-35.1	-6.3
1.50	4.80	2.59	24.3	20.7	1.18	65.0	-51.4	-8.4
1.60	3.33	0.	22.7	35.9	1.11	73.1	-50.0	-8.10

5, 6)。

深良用水の試料とは云え、この水は当然のことながら芦ノ湖から流出している水なので、表3に示した湖水の水質と同じである。深良用水の静岡県側出口から御殿場線の岩波駅にほど近い第三発電所の間の約4kmを用水が流れる間に、その水質はほとんど変らなかった。

4. 芦ノ湖周辺の地下水の水質

昭和39年(1964)頃より開発されだした芦ノ湖周辺の地下水を採取し、それらの主要溶存成分の分析および水素、酸素の安定同位体比の測定をおこなった(図1, 表7)。

芦ノ湖周辺の地下水は採取地により(i)畑引山, 箱根地区, (ii)元箱根, 大芝地区, (iii)湖尻地区に分けられる。箱根園地区でも地下水は利用されているが、今回はそれらの試料は含まれていない。採水地区により、地下水の陰イオンの組成に次のような特徴が見い出せる(図2)。

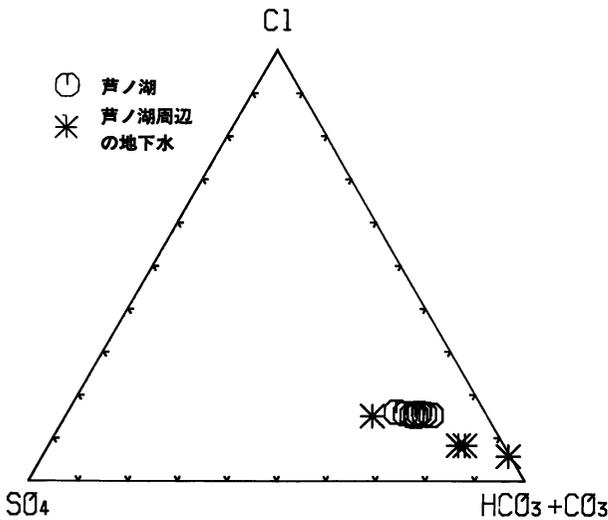


図2 湖水および地下水の陰イオン組成比

%, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = -8.4 \sim -6.4\%$ の範囲にあった。

(i) 畑引山, 箱根地区 …… 硫酸イオン (SO_4^{2-}) がほとんどなく、炭酸水素イオン (HCO_3^-) が多い (53.1~82.7 ppm)

(ii) 元箱根, 大芝地区 ——— 硫酸イオン (SO_4^{2-}) が7.59~10.5ppm 炭酸水素イオン (HCO_3^-) は43.7~51.8ppm

(iii) 湖尻地区 ——— ほかの地下水に比べて、炭酸水素イオン (HCO_3^-) が少なく (27.6ppm), 硫酸イオン (SO_4^{2-}) が多い (16.2ppm)

これらの水素および酸素の安定同位体比は、それぞれ $\delta\text{D}_{\text{SMOW}} = -50.9 \sim -44.1$

5. 芦ノ湖周辺の地表水

精進池, お玉ヶ池, 須雲川最上流部の表流水など芦ノ湖周辺の地表水の水質分析結果を表8に示した(図1)。精進池の総溶存物質量は31.9ppm, お玉ヶ池は65.0ppmであった。精進池の試料は、今までに箱根カルデラで採取された水(降水を除く)の中で最も稀薄なものであった。

6. まとめ

芦ノ湖の水と芦ノ湖周辺に掘られた水井戸の水質を比較すると次のような違いがある。

	芦ノ湖	芦ノ湖周辺の地下水
蒸発残留物	47.9 ppm	83.8 ~ 124.0 ppm
ナトリウムイオン (Na ⁺)	4.23	4.35~ 7.60
カルシウムイオン (Ca ²⁺)	5.73	9.57~ 13.9
マグネシウムイオン (Mg ²⁺)	2.26	2.52~ 4.45
塩素イオン (Cl ⁻)	3.41	2.37~ 3.91
硫酸イオン (SO ₄ ²⁻)	8.43	0 ~ 16.2
炭酸水素イオン (HCO ₃ ⁻)	26.4	27.6 ~ 82.7
珪酸 (H ₄ SiO ₄)	9.44	51.6 ~ 85.2
総溶存量	61.4	118.3 ~ 204.8
δD _{SMOW}	-42.6 ± 0.4 ‰	-50.9 ~ -44.1 ‰
δ ¹⁸ O _{SMOW}	-6.9 ± 0.4 ‰	-8.4 ~ -6.4 ‰

芦ノ湖の総溶存成分量は61.4ppm（蒸発残留物：47.9ppm）である。地下水は118.3~204.8ppm（蒸発残留物：83.8~124.0ppm）の範囲にあって湖水の2~3倍の溶存量である。溶存量の違いは主に炭酸水素イオン(HCO₃⁻)と珪酸(H₄SiO₄)である。一般に地下水の溶存成分は主として炭酸(H₂CO₃)によって地層からもたらされ、炭酸水素イオン(HCO₃⁻)が増えるほど陽イオン(K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺等)や珪酸(H₄SiO₄)が増える傾向がある。

湖尻地区の地下水は炭酸水素イオン(HCO₃⁻)は27.6ppmで比較的少なく、硫酸イオン(SO₄²⁻)が16.2ppmで、他の2地区の地下水の水質と異なっている。芦ノ湖を堰き止めた神山山崩堆積物が湖尻方面に広く堆積しているが、この堆積物中を大涌谷方面から硫酸イオン(SO₄²⁻)の多い地下水が流下している(平野ら, 1971)。湖尻地区の硫酸イオン(SO₄²⁻)の多い地下水は神山山崩堆積物中の地下水の寄与が大きいと思われる。

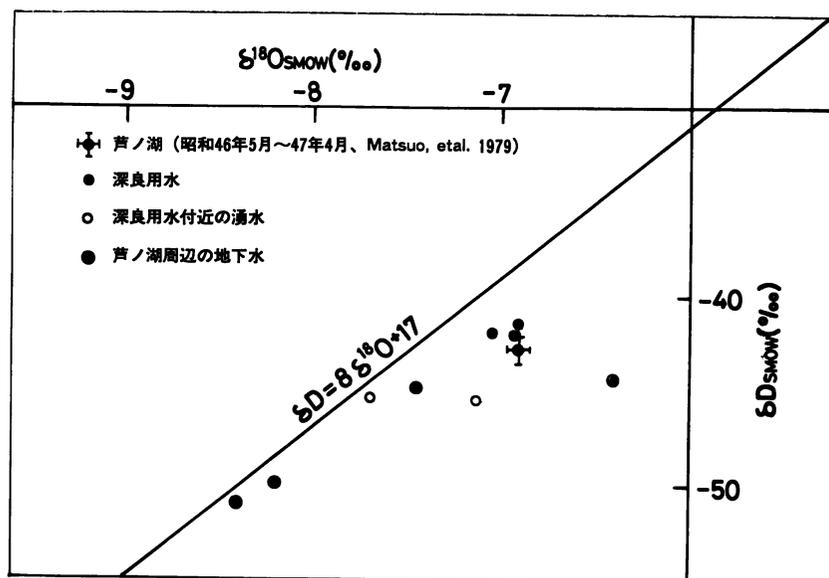


図3 湖水および地下水の水素、酸素の安定同位体比

芦ノ湖および芦ノ湖周辺の地下水の水素および酸素の安定同位体比 (δD_{SMOW} , $\delta^{18}O_{SMOW}$) を図3に示した。地下水に比べ、湖水の水素同位体比は1.5~8.3‰高く、酸素の同位体比は-0.5~1.5‰高い。

MATSUO, et al (1979) は、芦ノ湖およびその流域で採取した降水や地下水等の水素、酸素の安定同位体比の違いと、溶存する塩素イオン (Cl^-) 量によって湖水の水収支を計算した。湖水の42%が降水で、58%が地下水によって供給されている。また、湖水の88%が深良用水から流出し、12%が蒸発して収支を保っている (MATSUO, et al, 1979)。この水収支計算では芦ノ湖から地下水としての流出はないものとしてモデルが組み立てられている。芦ノ湖周辺の地下水の水素および酸素の安定同位体比が、湖水よりも低いことが MATSUO, et al (1979) の水収支モデルの根拠となっている。

7. 謝 辞

この報告書をまとめるにあたり次の方々のお世話になった。

小田原保健所試験室の元技師長藤波利喜雄氏、石井浩子氏には同所に蓄積された芦ノ湖の水質分析資料を提供していただいた。箱根町水道事業所の方々には、芦ノ湖周辺に掘られた水源井の採水をさせていただいた。神奈川県温泉地学研究所の平賀士郎研究部長からは有益な示唆を賜わった。天利俊照氏には図版の作成をしていただいた。以上の方々に厚くお礼申しあげます。なお、この調査は神奈川県温泉地学研究所温泉等研究調査費によった。

参考文献

- 藤波利喜雄, 高橋温子, 柳内志保子, 浅井照明, 岸川敏朗, 高原優子 (1977), 昭和51年度芦ノ湖水質調査結果について, 昭和52年度神奈川県公衆衛生学会講演要旨.
- 平野富雄, 大木靖衛 (1971), 箱根カルデラの地下水, 神奈川温研報告, Vol. 2, No. 3, 89-108,
- HORIE, S. (1962), Morphometric Features and Classification of all the Lakes in Japan, *Memoirs of the College of Science, University of Kyoto, Series B, Vol. 29, No. 3. Article 2, 191-262.*
- 神奈川県 (1972~198), 神奈川県水質調査年表 (昭和46年度~55年度).
- 神奈川県水産試験場 (1931~1940), 芦之湖基本調査, 業務報告.
- MATSUC, S., KUSAKABE, M., NIWANO, M., HIRANO, T. and OKI, Y. (1979), Water Budget in the Hakone Caldera using Hydrogen and Oxygen Isotope Ratios, *Isotopes in Lake Studies, 131-144, International Atomic Energy Agency, Vienna.*
- 菅原 健 (1933), 1927年~1928年に互る野尻湖及び芦の湖の溶存化学成分の季節的变化, 陸水学雑誌, Vol. 3, 33-37,
- 田中阿歌磨 (1903), 箱根芦ノ湖に於て観測せし水層同温深度線の傾斜に就きて, 地学雑誌, Vol. 15, 906-909.
- 吉村信吉 (1931, 1933, 1934), 日本の湖水の化学成分(I), (II), (III), 陸水学雑誌, Vol. 1, 25-31, Vol. 2, 67-75, Vol. 3, 71-82.