

11) 火山性河川水に由来する化学成分の地下水における挙動

— 白川中流域地下水中のイオン成分（第2報） —

木庭 亮一 奥村 登代美*

はじめに

白川中流域一帯は、透水性の高い火山灰土の上にあることから、この浸透水は熊本市圏の重要な地下水涵養源と考えられ、水質浄化の面でも評価されている。

前報¹⁾で、2006年10月から2007年6月までの大津・菊陽地区における、地下水及びかんがい用水のイオン成分の分析結果について報告したところであるが、今回2007年12月まで、最長で1年2ヶ月分の分析結果が得られたので、その結果について報告する。

調査及び実験方法

調査地点及び採水方法、並びに測定項目及び測定方法は、前報のとおりである。調査地点を図1に示す。浅井戸（深度20m、以後深度の文字は省略。）、深井戸（65m）で17回、迫井手（白川から取水）で14回、井戸A（150m）、井戸B（不明）で9回、井戸C（148m）、井戸D（約10m）で8回、井戸a（180m）で10回、井戸b（153.5m）、井戸c（143m）で2回、調査期間中採水を実施した。

研究所に持ち帰った試料は、直ちにpH、電気伝導度（以後「EC」と記す。）、イオン成分の分析を行った。

結果及び考察

1 岩坂地区のpH、EC及びイオン成分濃度

白川中流域大津町岩坂に設置されている観測井の浅井戸、深井戸及び水田の用水となっている迫井手のpH、EC及びイ

オン成分濃度の概況を表1に示す。また各地点の陰イオン成分（ HCO_3^- を除く）の経時変化について図2～図5、陽イオンの経時変化について図6～図9に示す。なお各地点のヘキサダイアグラムを図11に示した。

浅井戸のイオン成分の割合は、白川の水質を反映する迫井手のイオン成分と概ね似ており、また白川で高濃度を示すFと SO_4^{2-} を多く含んでいることから、白川の影響を受けていることが示唆された。浅井戸の供給源と推察される迫井手と各イオン成分の濃度を比較すると、 NO_3^- が大きく増加していた。迫井手の濃度より浅井戸が高い濃度を示していることから、水が地下へ浸透する途中で土壤中のNが溶出していることが伺える。また、7月に27mg/lの高濃度の NO_3^- が測定された要因として、5月末から6月に行われた施肥の影響が考えられた。

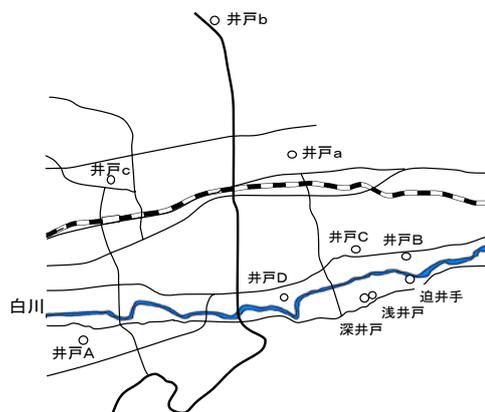


図1 調査地点

表1 調査地点（岩坂地区）の水質

	浅井戸 (n=17)					深井戸 (n=17)					迫井手 (n=14)				
	最小	最大	平均値	SD	CV %	最小	最大	平均値	SD	CV %	最小	最大	平均値	SD	CV %
pH	6.5	6.8	6.7	0.071	1.1	6.7	7.0	6.8	0.088	1.3	7.9	9.0	8.1	0.32	3.9
EC (μS/cm)	270	371	307	23	7.6	219	321	270	39	15	237	372	330	40	12
F ⁻ (mg/L)	0.50	0.77	0.66	0.067	10	0.28	0.53	0.39	0.069	18	0.51	0.77	0.65	0.076	12
Cl ⁻ (mg/L)	7.6	11	10	0.82	8.6	6.3	10	8.6	1.5	17	7.7	14	12	1.7	15
NO ₃ ⁻ (mg/L)	3.9	27	12	5.2	44	8.1	13	11	1.5	15	2.0	4.6	3.8	0.73	19
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	54	63	58	2.5	4.4	26	62	44	14	31	47	98	77	15	19
Na ⁺ (mg/L)	12	16	15	0.94	6.4	10	15	13	1.8	14	11	20	17	2.4	14
K ⁺ (mg/L)	5.6	7.3	6.6	0.41	6.2	4.0	5.7	4.9	0.64	13	4.1	5.9	5.3	0.50	9.4
Mg ²⁺ (mg/L)	8.4	11	10	0.74	7.6	7.7	11	10	1.4	14	7.6	13	11	1.6	14
Ca ²⁺ (mg/L)	18	27	22	2.5	11	15	23	19	3.1	16	17	28	23	3.3	14
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	33	55	47	6.1	13	46	60	54	3.3	6	52	69	63	4.9	7.9

* 育休代替臨時職員

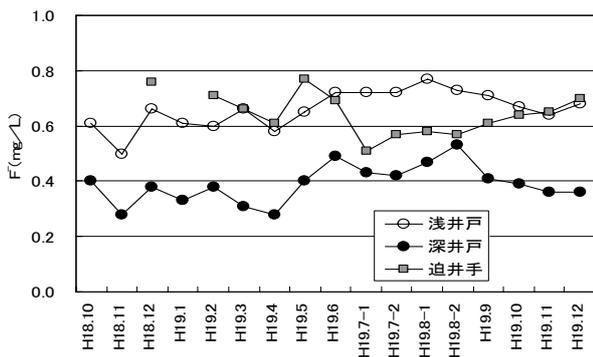


図2 F⁻の経時変化

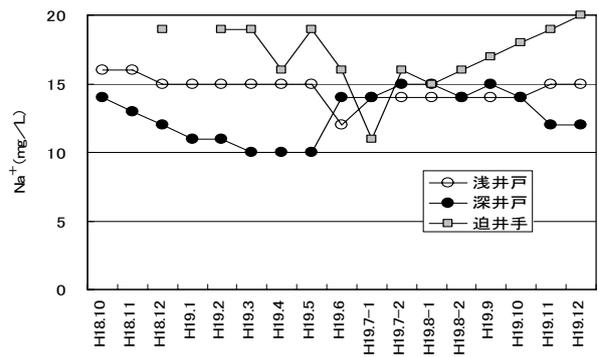


図6 Na⁺の経時変化

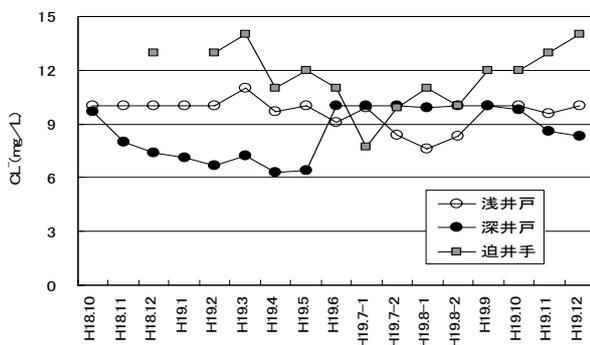


図3 Cl⁻の経時変化

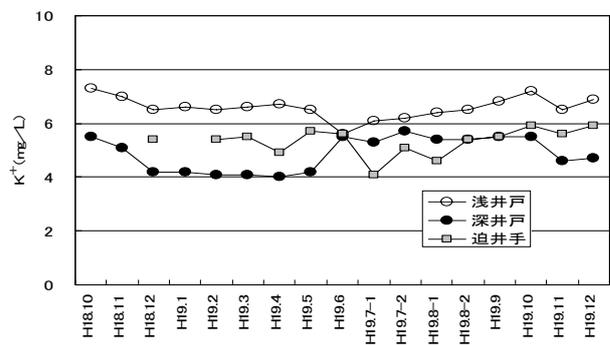


図7 K⁺の経時変化

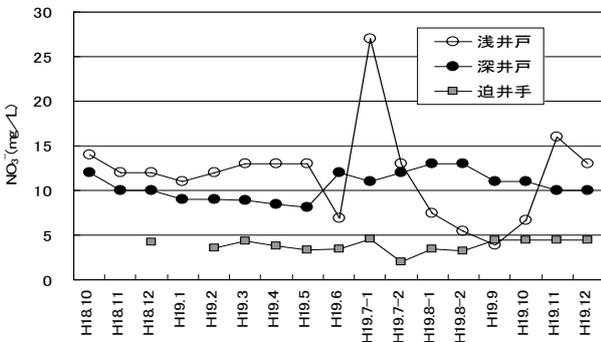


図4 NO₃⁻の経時変化

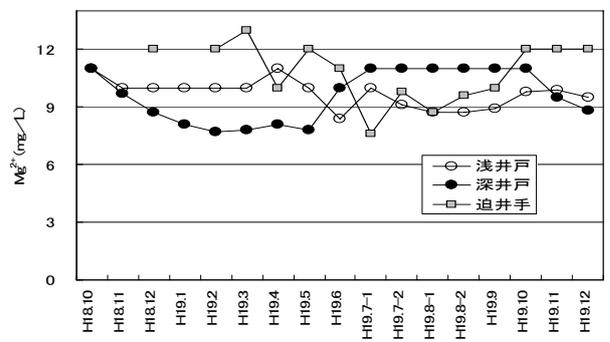


図8 Mg²⁺の経時変化

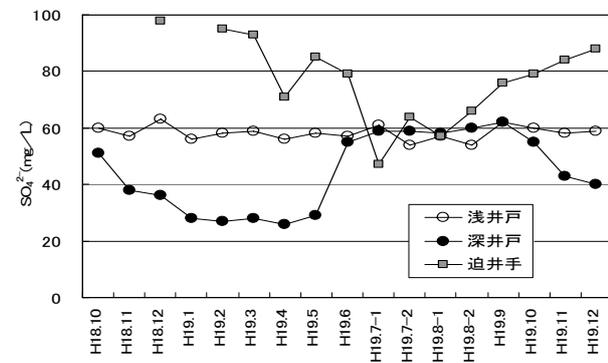


図5 SO₄²⁻の経時変化

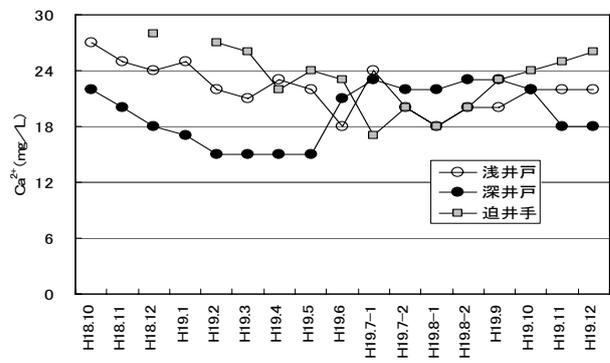


図9 Ca²⁺の経時変化

深井戸のイオン成分は、浅井戸と同様に白川で高濃度を示すFとSO₄²⁻を多く含んでいることから、白川の影響を受けていることが示唆された。図3～図9の経時変化のグラフから、イオン濃度は1月～5月の期間は低濃度を、7月～10月の期間は高濃度を示す変化が見られた。このような変化を示す要因として、この地域は阿蘇西麓等からの地下水の移流が報告されている²⁾ことから、1月～5月と7月～10月の期間に流入する地下水とでは、その割合に変化が生じていることが推察された。割合の変化が生じる要因として人的活動や、この地域の地質的構造等の様々な要因が考えられるが詳細は不明であった。その他NO₃は深井戸の供給源と推察される迫井手より常に濃度が高く、土壌からのNの溶出が伺える。また浅井戸で確認された大きな濃度変化はなかった。

迫井手の各イオン成分濃度は7月に最低値を示し、その後増減を繰り返しながら12月～3月にかけて最高値を示した。

迫井手は白川から取水される用水のため、雨などの影響を受けやすい。図10に各地の降水量を示すが、阿蘇地域では年間2000～4000mmの降水量があり、7月に降水量が最も多く、7月を過ぎると降水量は少なくなる。6月～7月にかけて白川中流域の上流にあたる阿蘇地域に多くの降水が降っていることから、水量の増加に伴う希釈により7月に最低値を示したと考えられた。

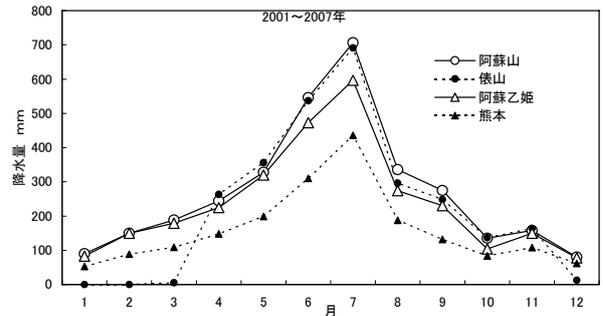


図10 各地の降水量

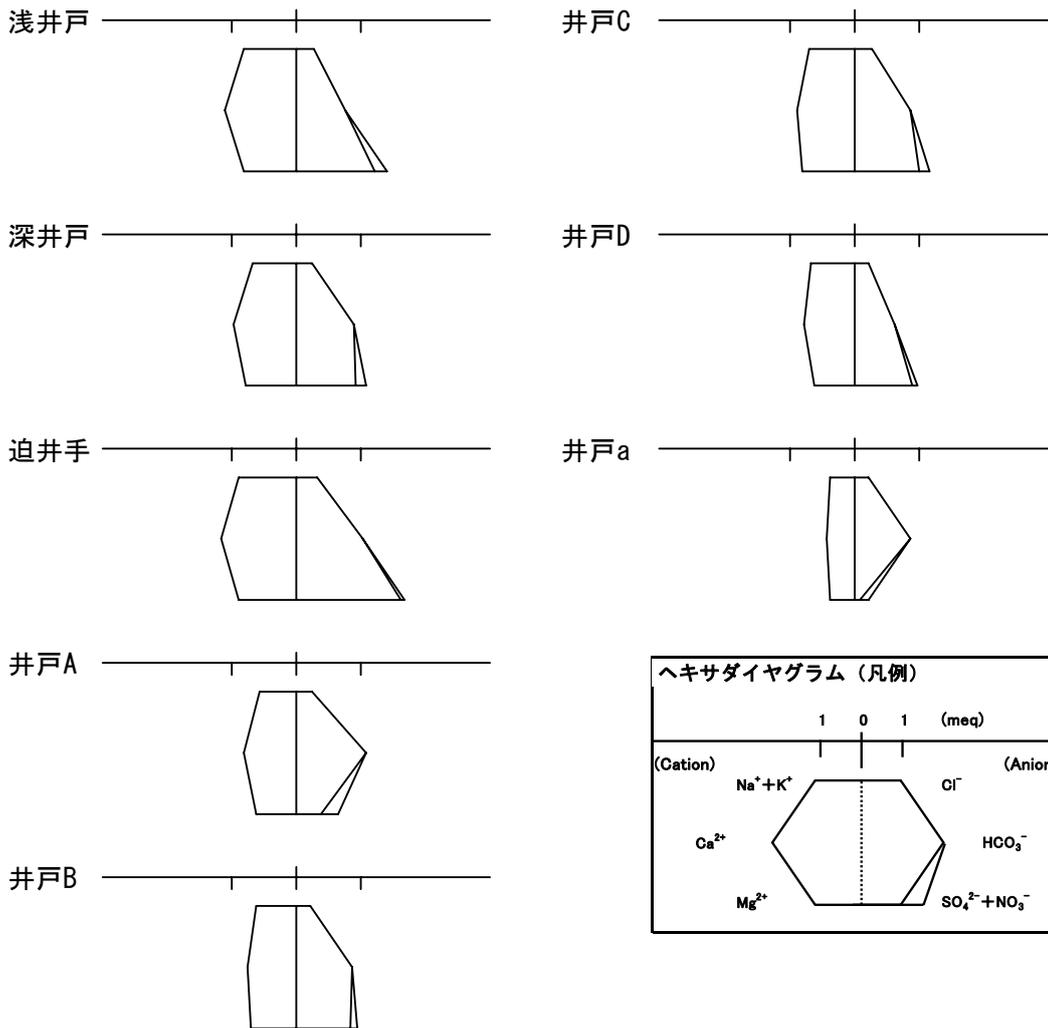


図11 各調査地点のヘキサダイアグラム

表2 その他の調査地点の水質

	井戸A (n=9)					井戸B (n=9)					井戸C (n=8)				
	最小	最大	平均値	SD	CV %	最小	最大	平均値	SD	CV %	最小	最大	平均値	SD	CV %
pH	7.0	7.2	7.1	0.049	0.69	6.8	7.1	6.9	0.07	1.1	6.8	7.1	6.9	0.09	1.4
EC (μS/cm)	224	242	231	6.4	2.8	195	300	239	34	14	260	280	271	6.9	2.5
F ⁻ (mg/L)	0.12	0.16	0.15	0.012	7.8	0.24	0.30	0.27	0.021	7.8	0.26	0.28	0.27	0.008	2.8
Cl ⁻ (mg/L)	8.2	9.3	8.8	0.41	4.7	6.1	10	8.0	1.4	18	8.8	10	9.5	0.48	5.0
NO ₃ ⁻ (mg/L)	16	17	16.3	0.50	3.1	4.7	8.9	6.3	1.31	21	7.8	10	8.9	0.65	7.3
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	14	23	18	3.6	20	26	57	40	10	26	44	52	49	2.88	5.9
Na ⁺ (mg/L)	9.5	11	11	0.6	5.8	10	14	12	1.3	11	13	14	14	0.52	3.8
K ⁺ (mg/L)	4	4.7	4.3	0.23	5.2	3.5	4.5	4.0	0.29	7.2	4.5	5.0	4.6	0.16	3.4
Mg ²⁺ (mg/L)	5.7	8.2	7.4	0.7	10	6.3	11	8.5	1.6	19	9.4	10	9.7	0.25	2.6
Ca ²⁺ (mg/L)	13	18	16	1.5	10	10	18	15	3.1	20	16	19	18	1.2	6.6
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	62	68	65	1.7	2.6	46	57	52	3.2	6.1	49	55	53	2.0	3.8

	井戸D (n=8)					井戸a (n=10)					井戸b (n=2)		井戸c (n=2)	
	最小	最大	平均値	SD	CV %	最小	最大	平均値	SD	CV %	最小	最大	最小	最大
pH	6.4	6.8	6.6	0.16	2.5	7.3	7.5	7.4	0.055	0.75	7.3	7.4	7.3	7.3
EC (μS/cm)	136	282	236	49.4	21	138	155	147	5.6	3.8	161	165	176	176
F ⁻ (mg/L)	0.38	0.64	0.47	0.096	20	<0.08	<0.08	-	-	-	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Cl ⁻ (mg/L)	2.4	13	7.9	3.39	43	5.9	10	7.7	1.5	20	7.9	8.7	6.3	6.8
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.93	9.2	4.9	2.32	47	8.2	12	9.5	1.2	13	17	18	15	15
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	11	60	43	16.84	40	2.3	5.3	3.5	1.0	29	1.4	1.8	4.3	5.1
Na ⁺ (mg/L)	7.2	15	12	2.49	20	5.6	7.5	6.9	0.52	7.5	6.1	7.6	6.7	8.2
K ⁺ (mg/L)	4.0	8.9	5.4	1.52	28	2.9	3.9	3.4	0.26	7.6	3.7	3.9	3.5	3.9
Mg ²⁺ (mg/L)	4.0	9.3	7.5	1.94	26	3.4	5.0	4.6	0.48	10	3.6	4.8	4.2	5.6
Ca ²⁺ (mg/L)	8.7	19	16	3.9	25	6.8	9.9	8.8	1.0	11	9.2	11	10	12
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	29	43	38	4.9	13	51	56	53	1.9	3.5	51	53	61	61

2 その他の調査地点のpH, EC及びイオン成分濃度

その他の調査地点として、白川に近い井戸 B, C, D 及び岩坂地区の下流に位置する井戸 A, 並びに白川から2.8~5km離れた菊池台地に位置している井戸 a, b, c の pH, EC 及びイオン成分濃度の概況を表2に示す。また各地点の陰イオン成分 (HCO₃⁻を除く) の経時変化について図12~図15, 陽イオンの経時変化について図16~図19に示す。なお、井戸 b, c については採水回数が2回のため図を省略した。

白川に近い井戸 B, C, D 及び下流に位置する井戸 A は、白川で高濃度を示す F と SO₄²⁻ を多く含んでいることから、白川の影響を受けていることが示唆された。ただ井戸 A は白川付近の井戸と比較して、若干 F と SO₄²⁻ が低い濃度を示したので、他の地下水による希釈、土壌中への吸着等が考えられた。また井戸 D は井戸の深さから浅層地下水に該当するが、浅井戸とは白川を挟み南北に分かれているので、浅井戸とは別の地下水脈であると考えられた。

また、井戸 B, 井戸 C は図13~図16, 図18~図19から分かるように、井戸 B は4月から12月までの期間中, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ で9月にピークを迎える一山型の変動を示し、井戸 C は同じイオン成分で、4月から12月まで概ね同じ値を示すならぬ動きを示した。さらに井戸 B はピークを迎える9月以外は、井戸 C のイオン成分濃度より低い濃度を示している。井戸 B のイオン成分の動きは、深井戸のイオン成分の動きと異なるが、イオン成分濃度の変化は、深井戸と同様に報告書に記載されている他の地下水による希釈、

土壌による吸着、溶出等も考えられる。

台地の井戸 a は、白川で高濃度を示す F と SO₄²⁻ が非常に少なく、白川の影響を受けておらず、4月から12月までの期間中、概ね同じ値を示すならぬ動きを示した。

まとめ

岩坂地区の浅井戸では施肥の影響と考えられる NO₃⁻ の濃度上昇が見られた。深井戸では各イオン成分 (F, HCO₃⁻ を除く) が1月~5月に低濃度、7月~10月の期間に高濃度を示す変化が見られた。迫井手では各イオン成分が7月に最低濃度を示した。要因として6月~7月にかけての降水量が考えられた。

その他、白川付近の井戸では、水質的には白川の影響を受けているが、イオン成分の動きから、他の地下水による希釈、土壌中への吸着等が考えられた。

台地の井戸は白川の影響を受けておらず、水質の変動が小さいことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 今村 修, 松本尚己: 熊本県保健環境科学研究所報, 36 (2006)
- 2) 熊本県, 熊本市: 熊本地域地下水保全対策調査報告書 (2005). 熊本県環境生活部環境保全課, 熊本市環境保全局

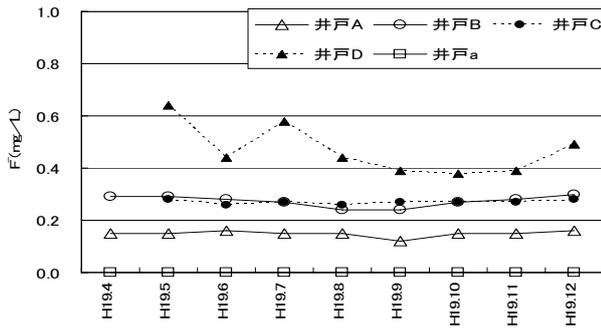


図 12 Fの経時変化

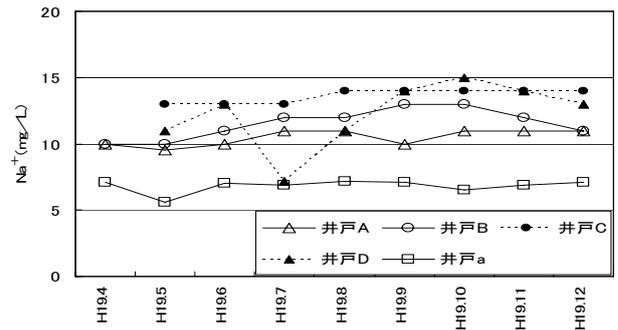


図 16 Na+の経時変化

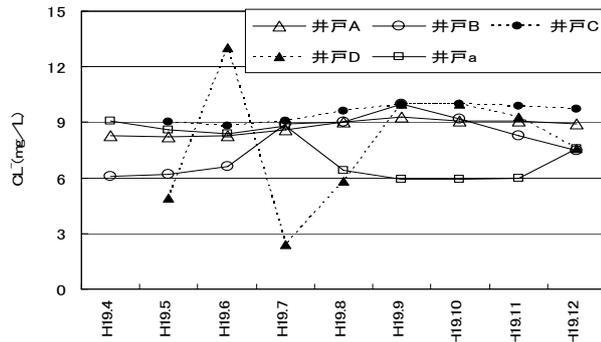


図 13 Cl-の経時変化

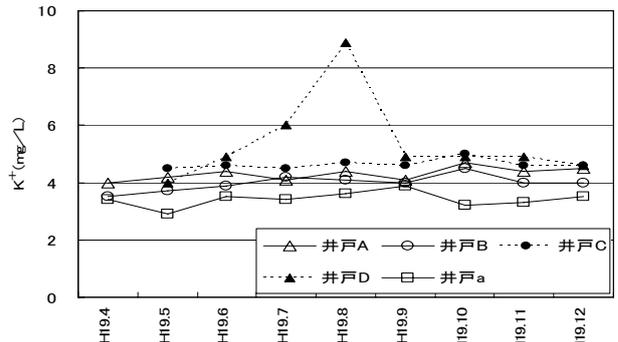


図 17 K+の経時変化

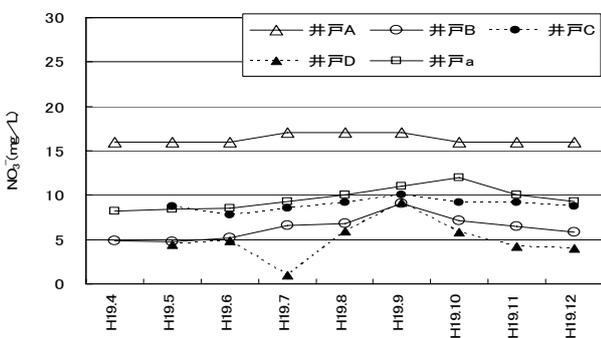


図 14 NO₃-の経時変化

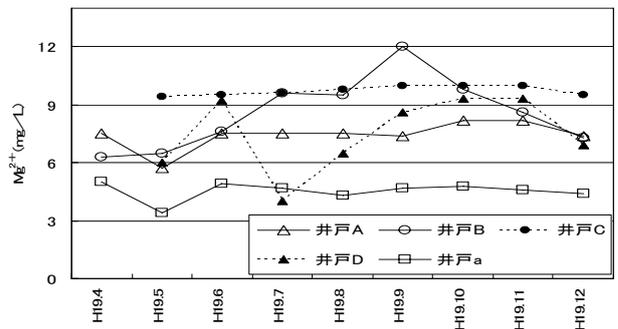


図 18 Mg²⁺の経時変化

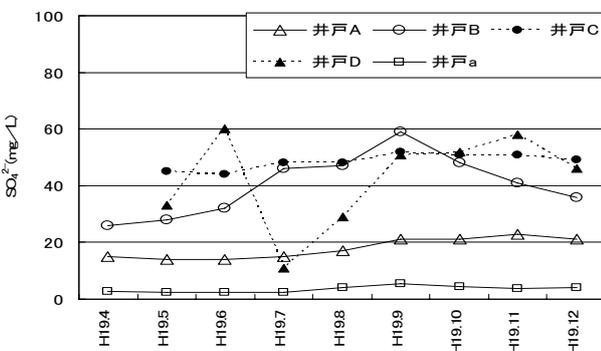


図 15 SO₄²⁻の経時変化

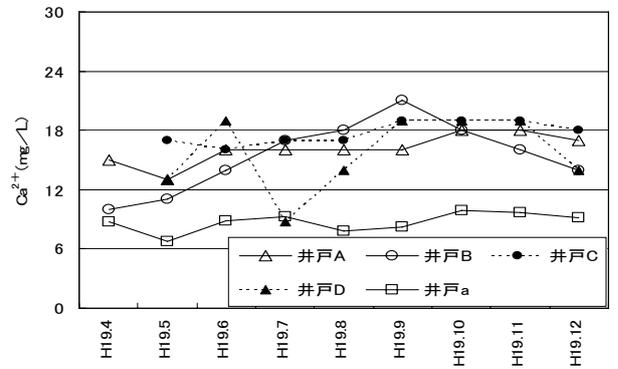


図 19 Ca²⁺の経時変化