

9)火山性河川水に由来する化学成分の地下水中における挙動 - 水田における耕作の影響 -

今村 修 松本 尚己

はじめに

白川中流域一帯は、熊本都市圏の重要な地下水涵養源と考えられている。本地域では水理・水量に関する調査^{1)~11)}は多いが、水質に関する調査^{1), 2)}は少ない。さらに、水田の用水と排水については、非耕作期の調査²⁾があるものの、耕作期の水質変化については調査例がないと思われる。

筆者らは、大津町岩坂地区を中心として化学成分の地下水中における挙動を調査しているが、今回、水田に湛水された灌漑用水の水質に及ぼす耕作の影響を調査したので報告する。

調査及び実験方法

1 調査地点及び採水

白川中流域大津町岩坂に設置されている浅井戸観測井に隣接する水田(18アール, 1,800m²)で、水田に給水する直前の用水(以後、「流入水」と記す。)と水田から落ちる排水(以後、「流出水」と記す。)を採取し、水質を調査した。調査地点は図1に示す。

なお、同地域で用いられる灌漑用水は、白川から取り入れられている。

白川中流域大津町岩坂の概要は、既報³⁾の通りである。

調査は、2007年7月18日、8月9日、8月22日、9月20日の4回実施し、流入水は、用水路から水田へ引き込むために設置されている塩化ビニルパイプから落ち

るところを採水した。流出水は、水田から排水路へ落ち込むところを採水した。

2 測定項目及び測定方法

測定項目は、pH、導電率(以後、「EC」と記す。)のほか、F⁻、C⁻、NO₃⁻、PO₄³⁻、SO₄²⁻、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺及びHCO₃⁻のイオン成分及びSiO₂、T-N、T-P、DO、COD、Fe、Mnである。

試料は研究所に持ち帰り、重金属を除き直ちに分析を行った。重金属は酸固定後冷蔵庫に保管し、後日分析した。

pHは、メトラ製セブンマルチ、ECはTOA製CM-60Gを用いて測定した。HCO₃⁻は、4.3アルカリ度から計算により求め、それ以外のイオン成分は、Dionex製DX-500を用いてイオンクロマトグラフ法で分析した。また、SiO₂は、モリブデンイエロー法、T-N及びT-Pは、銅・カドミウムカラム還元法及びペルオキシ二硫酸カリウム分解法(同方法に準拠した分析方法を用いているBLTEC swAAtを使用した)、DOはウインクラー・アジ化ナトリウム変法、CODは100過マンガン酸カリウム法、Fe及びMnはICP-MS(Agilent製7500ce)を用いて分析した。

結果及び考察

調査時における流入出水の各成分の基本統計量を表1に示す。

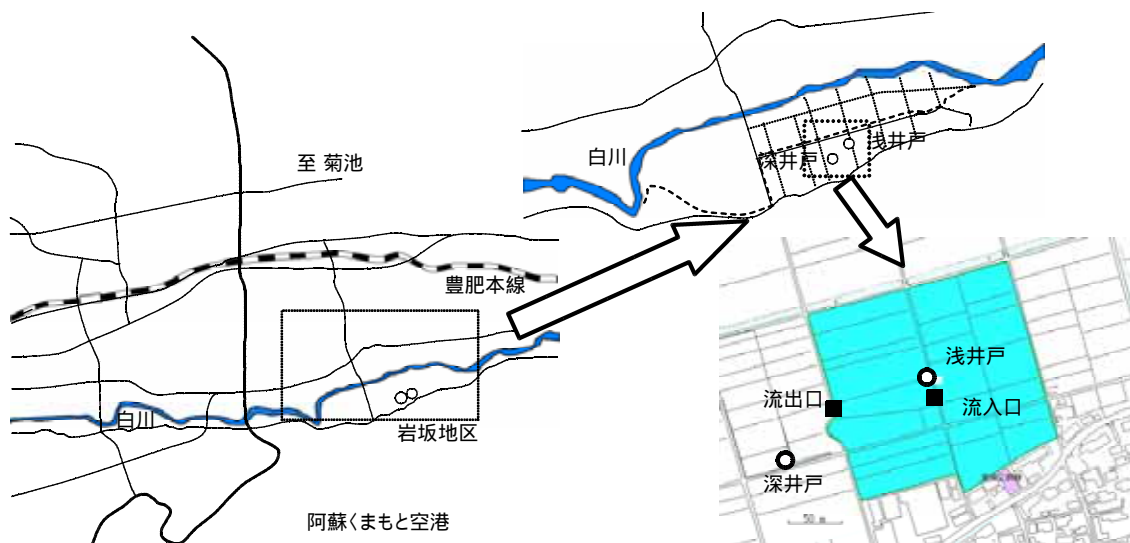


図1 調査地点(右下図の流入口, 流出口のある水田が今回調査した水田, 濃い部分は、冬季に調査された水田)

表1 流入出水の各成分の基本統計量

項目	単位		7/18	8/9	8/22	9/20	平均	最大	最小	CV, %
pH		流入水	7.9	8.2	8.3	8.1	8.1	8.3	7.9	2.1
		流出水	9.4	8.0	8.1	7.5	8.3	9.4	7.5	9.8
EC	μ S/cm	流入水	210	260	290	300	270	300	210	15
		流出水	190	260	290	310	260	310	190	20
F ⁻	mg/L	流入水	0.50	0.54	0.56	0.57	0.54	0.57	0.50	5.7
		流出水	0.65	0.58	0.57	0.55	0.59	0.65	0.55	7.4
Cl ⁻	mg/L	流入水	7.3	8.7	10	11	9.3	11	7.3	17
		流出水	7.1	8.8	10	11	9.2	11	7.1	18
NO ₃ ⁻	mg/L	流入水	4.4	3.4	3.2	4.2	3.8	4.4	3.2	15
		流出水	0.34	0.34	1.1	1.0	0.68	1.1	0.34	59
		浅井戸*	27	7.4	5.4	3.9	11	27	3.9	99
PO ₄ ³⁻	mg/L	流入水	0.10	0.12	0.14	0.17	0.13	0.17	0.10	23
		流出水	0.28	0.36	0.19	0.41	0.31	0.41	0.19	31
SO ₄ ²⁻	mg/L	流入水	44	53	62	69	57	69	44	19
		流出水	45	54	62	67	57	67	45	17
Na ⁺	mg/L	流入水	11	14	16	16	14	16	11	17
		流出水	10	13	15	16	14	16	10	20
K ⁺	mg/L	流入水	4.0	4.5	5.2	5.4	4.8	5.4	4.0	14
		流出水	3.5	4.3	4.7	6.1	4.7	6.1	3.5	23
Mg ²⁺	mg/L	流入水	7.0	8.1	9.3	10	8.6	10	7.0	15
		流出水	5.9	8.3	9.5	10	8.4	10	5.9	22
Ca ²⁺	mg/L	流入水	16	17	20	24	19	24	16	19
		流出水	13	18	20	23	19	23	13	23
HCO ₃ ⁻	mg/L	流入水	48	59	63	63	58	63	63	74
		流出水	35	63	64	73	59	73	35	28
SiO ₂	mg/L	流入水	40	39	45	44	42	45	39	7.0
		流出水	32	49	39	31	38	49	31	22
T-N	mg/L	流入水	1.2	0.85	0.91	1.0	0.99	1.2	0.85	15
		流出水	0.26	0.51	0.42	0.41	0.40	0.51	0.26	26
T-P	mg/L	流入水	0.073	0.073	0.091	0.083	0.080	0.091	0.073	11
		流出水	0.12	0.16	0.086	0.16	0.13	0.16	0.086	27
DO	mg/L	流入水	8.4	8.4	7.9	8.0	8.2	8.4	7.9	3.2
		流出水	15	9.1	10	6.3	10	15	6.3	36
COD	mg/L	流入水	1.3	1.7	2.9	1.5	1.9	2.9	1.3	39
		流出水	2.2	4.3	2.5	2.4	2.9	4.3	2.2	34
Fe	mg/L	流入水	0.45	0.82	0.072	0.61	0.49	0.82	0.072	65
		流出水	0.35	0.40	0.004	0.090	0.21	0.40	0.004	92
Mn	mg/L	流入水	0.066	0.083	0.079	0.057	0.071	0.083	0.057	17
		流出水	0.013	0.030	0.0005	0.0033	0.012	0.030	0.0005	110

* 大津町岩坂地区を中心として実施している調査において、水田の流入・流出水と同日に採取した隣接浅井戸の分析結果

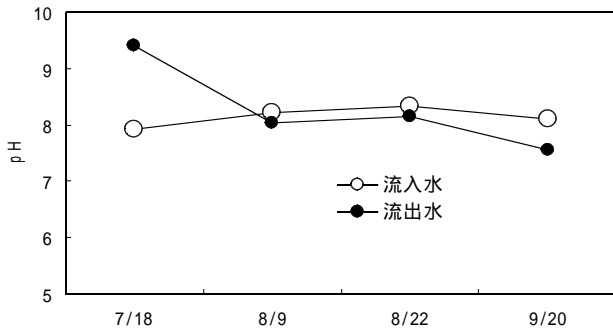


図2 pHの経日変化

pHの経日変化を図2に、NO₃⁻の経日時変化を図3に示す。pHは、7月18日には流入水より流出水の方が高かったが、その後の調査日では流出水の方が少し低くなった。

NO₃⁻濃度は、流入水と比較すると流出水は1/3から1/13と極めて低濃度であった。NO₃⁻が流出水で低濃度を示した原因は脱窒や稲による吸収が考えられる。また、浅井戸のNO₃⁻濃度は7月18日には、27mg/と高濃度を示した後徐々に低下し、9月20日には流入水と同程度の濃度まで低下した。

当水田では、5月30日に堆肥が投入されたあと、6月17日に尿素を含んだ肥料の施肥が行われており、尿素の分解により生じる水酸化物イオンの影響が7月18日の高い

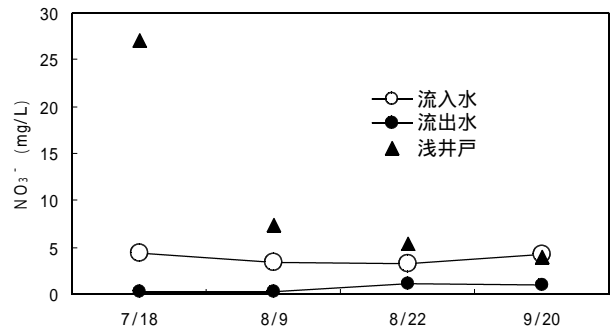


図3 NO₃⁻の経日変化

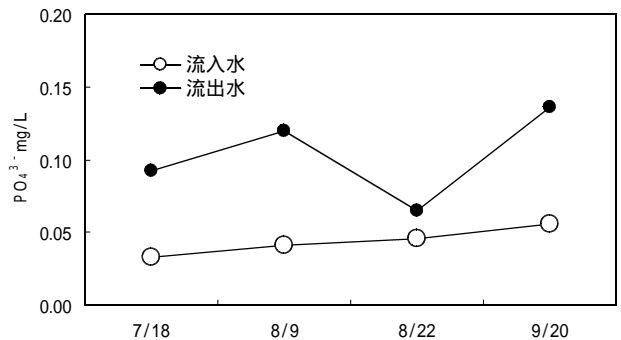


図4 PO₄³⁻の経日変化

表2 夏期及び冬期での各成分の調査結果平均値

項目	単位	冬期		夏期	
		流入水	流出水	流入水	流出水
pH		7.5	8.0	8.1	8.3
EC	μS/cm	360	350	270	260
F ⁻	mg/L	0.70	0.71	0.54	0.59
Cl ⁻	mg/L	13	13	9.3	9.2
NO ₃ ⁻	mg/L	4.3	2.2	3.8	0.7
PO ₄ ³⁻	mg/L	---	---	0.1	0.3
SO ₄ ²⁻	mg/L	87	88	57	57
Na ⁺	mg/L	19	19	14	14
K ⁺	mg/L	5.6	5.3	4.8	4.7
Mg ²⁺	mg/L	12	12	9	8
Ca ²⁺	mg/L	26	26	19	19
HCO ₃ ⁻	mg/L	69	69	58	59
SiO ₂	mg/L	49	44	42	38
T-N	mg/L	---	---	1.0	0.4
T-P	mg/L	---	---	0.1	0.1
DO	mg/L	10	11	8	10
COD	mg/L	2.9	3.0	1.9	2.9
Fe	mg/L	0.48	0.26	0.49	0.21
Mn	mg/L	0.053	0.027	0.071	0.012

pHとして現れたものと考えられる。この後施肥は行われていない

また、7月18日に浅井戸で高濃度を示したのは、尿素肥料の分解・酸化により生成したNO₃⁻が土壤に吸着されにくいことから浅井戸まで到達したものと考えられる。

図4にPO₄³⁻の経日変化を示す。PO₄³⁻は、流入水と比較して流出水の方が高濃度を示した。岩坂地区水田の上層土壤はりん酸吸収係数が1,350と高く⁸⁾、肥料中のPO₄³⁻は土壤に固定されやすい。このことから、一旦取り込まれたPO₄³⁻が、還元状態になった土壤から徐々に再溶出され流出水で高濃度を示したことが考えられる。

さらに、6月17日に投入された肥料には緩効性のりんが含まれていることも、流出水の方が長期間高濃度を示した理由の一つと考えられる。

その他のイオン成分は、流入水と流出水でほとんど変化がみられなかった。

平成10年度に同地域の水田で非耕作期に調査(以後、「冬期」と記す。)された流入水と流出水の結果を耕作期である今回の調査(以後、「夏期」と記す。)結果と合わせて表2に示す。

NO₃⁻は、冬期においても今回の夏期と同様流出水で濃度が低下していた。しかし、流出水のNO₃⁻平均濃

度が冬期に約50%に低下したのに比べ、耕作期である夏期には約18%にまで大きく低下した。夏期の対象水田(図1中右下の浅井戸に隣接した水田)の面積が1,800m²であるのに対し冬期の対象水田(図1中右下の網掛け部分)の面積が30,645m²²⁾と夏期の約17倍の面積があることを考慮すると、夏期の低下率はさらに大きいものと考えられる。この原因としては、冬期には稲を植えずに湛水のみされていたことから、夏期には稲による吸収のほか脱窒や温度が影響していると考えられる¹²⁾。

ま と め

水田に湛水された灌漑用水の水質に及ぼす水稲耕作の影響を調査した。pH は施肥後一時的に流入水と比較して流出水で高い値を示し、尿素肥料の分解により生じた水酸化物イオンの影響が考えられた。

NO₃⁻ は、流入水と比較して流出水で低濃度を示した。さらに、非耕作期で調査した結果と比較するとその低下は大きかった。これは、脱窒や稲による吸収のほか、温度が影響していることが考えられた。また、施肥約1ヶ月後の7月18日に浅井戸で高濃度を示した。このことは、尿素肥料の分解・酸化により生成したNO₃⁻が土壤に吸着されにくいことから浅井戸まで到達したものと考えられた。

謝 辞

岩坂地区等の資料を提供して頂いた大津町環境保全室環境保全係、水田の流入出水の採取並びに施肥量データ提供等にご協力頂いた松村精夫様に心より感謝致します。また、観測井の井戸水採取にあたってご協力頂いた熊本市、協和計器、器材を貸与して

頂いた(株)アジアプランニングに深謝致します。

参 考 文 献

- 1) 馬場正寛, 岩男明良, 新屋拓郎, 村上睦子, 津留靖尚, 廣野岩男, 田島幸治: 熊本市環境総合研究所報, 50 (1997).
- 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
- 3) 今村 修, 松本尚己: 熊本県保健環境科学研究所報, 36, 74 (2006).
- 4) 古閑美津久: 日本地下水学会 2004 年秋季熊本大会 公開シンポジウム要旨集(2004).
- 5) 熊本県, 国際航業株式会社: 平成11年度熊本地域における水循環検討調査報告書(2000).
- 6) 嶋田 純: 日本水文科学会誌, 34, 81 (2004).
- 7) 市川 勉: Let's 不思議講演会要旨「熊本地域の地下水保全」, (2006).
- 8) 熊本地下水研究会: トヨタ財団 2000 年助成研究報告書「地域の歴史的遺産を活用した地下水保全システムの研究」, (2001).
- 9) 環境保全部水保全課, アジアプランニング株式会社: 平成 10 年度熊本地域地下水かん養水質調査事業業務委託報告書(1999).
- 10) 熊本県, 熊本市: 平成 6 年度熊本地域地下水総合調査報告書(2003).
- 11) 小笹康人: 熊本県保健環境科学研究所報, 36, 63 (2006).
- 12) 田淵俊雄, 篠田鎮嗣, 黒田久雄: 農業土木雑誌, 61, 23 (1993).