

資料

## 曾於市における硝酸性窒素による地下水汚染について

西中須 暁子      切 通 淳一郎      瀬 戸 加奈子<sup>1</sup>  
濱 島 俊 郎<sup>2</sup>      小野原 裕 子<sup>3</sup>      大淵脇 久 治  
宮 田 義 彦

### 1 はじめに

地下水の保全対策として、現在26項目について「地下水の水質汚濁に係る環境基準」が設定され、水質汚濁防止法に基づく水質状況の常時監視が行われている。硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は、1999年に環境基準項目に追加されており、全国の環境基準超過の割合は5.5%と他の基準項目に比べ高い<sup>1)</sup>。

本県における硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の環境基準超過率は3.5%と報告されており<sup>2)</sup>、全国同様比較的高い水準を示している。

環境基準を超過する硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素が報告されている都城盆地の曾於市において、2004年度から地下水調査を開始しており、今回末吉・財部地区全域に範囲を広げて汚染の全体的な状況を把握するための調査・解析を行ったので報告する。

### 2 調査方法

#### 2.1 調査対象地域及び調査期間等

対象地域：本県北東部に位置し、宮崎県に接する曾於市の一部（旧末吉町及び旧財部町）

調査地点：末吉・財部地区の全域 20地点  
（民家の井戸）

調査時期：2005年8月及び2006年2月の2回

調査項目：硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、pH、EC、COD、イオン成分（Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、F<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）

#### 2.2 調査対象地域の概要

対象地域は農村地域で、調査地点の周辺では田畑や森林が多く見られた。

また、小規模な牛舎や鶏舎が点在し、20地点のうち5箇所まで牛舎が併設されていた。

地下水は主に生活雑用水として利用されている。ほとんどの井戸が、深さ20m以下の浅井戸であった。

この地域は火砕流堆積物（シラス）に覆われている<sup>3)</sup>。

### 2.3 分析方法

硝酸性窒素：イオンクロマトグラフ法

亜硝酸性窒素：イオンクロマトグラフ法

pH：ガラス電極法

EC：電気伝導度計による

COD：JIS K 0102 17

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>：中和滴定法

その他のイオン：イオンクロマトグラフ法

### 3 結果及び考察

#### 3.1 硝酸性窒素の濃度分布

各地点の水質調査結果を表1に、調査地点及び硝酸性窒素濃度分布を図1に示す。

今回、硝酸性窒素濃度が環境基準値の10mg/Lを超過したのは2地点（地点11、17）で、地点11は2004年度の調査においても基準を超過した<sup>4)</sup>。なお、亜硝酸性窒素はいずれの地点でも検出されなかった。

基準を超過した2地点を除いた18地点の中で、7地点が硝酸性窒素が5mg/L以上を示し、さらにそのうちの5地点が8月、2月の両調査ともに高い値を示した。7地点のうち、4地点は旧末吉町、3地点は旧財部町であった。また、5mg/L以上を示した全9地点のうち7地点が深さ20m以下の浅井戸であり、残り2地点のうち1地点は深さ45m、もう1地点は不明であった。

2004年度に当該地域で行った調査では、地点11で13.9mg/L、地点20で4.3mg/L、2003年度に行われた常時監視調査では、地点11で9.1mg/L、地点20で5.3mg/Lを示して

1 鹿児島県屋久島保健所

〒891-4311

鹿児島県熊毛郡屋久町安房650

2 鹿児島県立薩南病院

〒897-1123

鹿児島県南さつま市加世田高橋1968-4

3 鹿児島県環境生活部環境管理課

〒890-8577

鹿児島市鴨池新町10番1号

おり<sup>4)5)</sup>、今回の調査において大きな変化はみられなかった。

表1 地下水の水質調査結果

(単位: mg/L)

地点		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	最大	最小
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	8月	5.2	2.4	7.5	0.25	3.6	0.95	2.6	4.4	1.6	4.3	12	7.3	5.5	3.7	3.7	1.9	12	6.7	0.88	5.1	12	0.25
	2月	5.9	1.7	7.7	0.25	1.8	1.1	2.1	4.9	1.7	5.1	12	9.1	2.9	2.1	4.2	2.4	10	7.2	0.93	4.8	12	0.29
水温(°C)	8月	20.5	20.2	21.2	20.8	18.2	22.0	21.8	18.5	26.2	17.5	20.8	25.5	21.0	19.0	26.5	19.5	23.0	20.5	19.5	18.3	26.5	17.5
	2月	17.0	15.5	13.6	16.6	12.5	13.0	17.8	17.3	11.5	16.4	18.0	16.5	19.5	13.5	13.2	17.5	16.9	17.2	17.7	18.0	19.5	11.5
pH	8月	6.5	6.6	6.5	6.7	6.6	6.6	6.5	6.3	7.0	6.3	6.2	6.4	6.1	6.4	6.8	7.0	6.0	6.5	6.9	6.2	7.0	6.0
	2月	6.6	6.7	6.4	6.6	6.6	6.5	6.4	6.3	7.0	6.3	6.1	6.5	6.3	6.7	6.8	6.9	6.1	6.4	6.8	6.1	7.0	6.1
EC(mS/m)	8月	20.3	8.5	16.4	6.4	10.2	7.2	11.2	14.1	7.8	13.0	29.6	16.0	15.8	15.9	14.6	16.2	23.2	17.6	8.4	16.4	26.9	6.4
	2月	20.9	8.5	17.8	7.1	8.4	8.2	11.3	16.1	8.4	13.9	31.6	17.0	15.3	15.4	15.9	15.1	21.4	17.4	8.9	16.9	31.6	8.4
Na <sup>+</sup>	8月	13.0	6.8	10.6	6.0	8.2	5.6	6.9	9.2	7.0	9.5	16.7	7.8	8.3	14.9	11.6	13.3	17.7	11.6	8.2	9.5	17.7	5.6
	2月	14.1	6.1	10.9	6.3	6.7	5.9	6.7	9.9	6.7	9.8	18.0	8.5	8.1	15.3	12.2	11.9	17.6	10.9	8.6	9.8	18.0	5.9
K <sup>+</sup>	8月	13.2	4.8	5.6	1.1	3.6	3.8	4.6	7.6	3.1	6.9	8.7	5.4	3.5	6.1	4.7	5.0	8.0	6.7	4.0	4.6	13.2	1.1
	2月	4.4	4.4	5.3	1.3	3.4	4.0	3.9	6.4	3.1	5.3	8.8	5.7	3.3	4.7	3.9	5.6	5.8	6.3	4.1	4.8	8.8	1.3
Mg <sup>2+</sup>	8月	3.1	1.1	3.0	1.0	1.8	1.1	1.9	2.1	1.4	2.0	4.3	2.9	2.8	2.2	2.5	2.5	2.8	3.3	1.2	3.8	4.3	1.0
	2月	3.8	1.1	3.0	1.0	1.3	1.3	1.8	2.2	1.4	2.1	4.5	2.7	2.6	1.5	2.6	2.1	2.0	3.1	1.3	3.8	4.3	1.0
Ca <sup>2+</sup>	8月	14.5	6.8	14.0	4.9	7.0	5.6	10.2	10.3	5.5	7.2	27.6	14.8	15.2	10.5	10.9	11.7	17.6	14.7	4.8	13.9	27.6	5.6
	2月	18.3	7.7	16.1	7.0	6.5	7.2	10.7	12.6	6.5	9.1	29.5	15.9	16.0	12.4	13.2	11.7	16.9	14.1	6.5	15.6	29.5	6.5
F <sup>-</sup>	8月	0.09	0.03	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	0.01	0.02	0.04	0.02	0.09	0.01
	2月	0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02	0.03	0.01	0.05	0.01
Cl <sup>-</sup>	8月	10.5	4.8	8.5	4.5	4.8	3.3	6.5	7.2	5.0	11.6	34.9	8.0	9.3	11.4	10.7	17.7	18.7	8.7	6.8	9.6	34.9	3.3
	2月	8.9	4.9	8.9	4.5	4.5	4.1	5.9	7.6	5.1	13.0	36.0	6.7	6.3	9.2	11.5	15.2	16.2	8.6	6.9	9.9	36.0	4.1
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	8月	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	2月	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8月	23.3	10.8	33.4	1.1	16.0	4.2	11.7	19.5	7.2	19.0	53.8	32.3	24.5	16.4	16.5	8.6	57.4	30.0	3.9	22.7	57.4	1.1
	2月	26.2	7.9	34.1	1.2	8.0	5.1	9.6	21.8	7.5	22.6	56.5	40.5	12.8	9.7	18.6	10.6	45.7	32.1	4.1	21.6	45.7	1.2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	8月	22.4	1.0	7.2	5.1	4.4	3.1	8.7	16.1	3.8	8.9	6.2	13.3	18.1	10.3	10.3	11.9	8.8	9.7	4.0	15.8	22.4	1.0
	2月	20.3	0.5	6.7	4.8	1.5	3.0	7.0	16.8	3.4	7.1	5.3	9.6	27.3	10.0	10.2	10.7	7.6	10.2	3.5	15.7	27.3	0.5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8月	48.8	34.6	42.3	24.9	29.6	30.9	35.0	28.9	29.5	22.0	47.2	29.4	26.0	45.9	42.5	39.9	29.5	47.0	30.7	35.0	48.8	22.0
	2月	53.3	33.4	43.8	26.2	32.3	31.5	36.0	31.4	28.1	21.2	44.0	28.3	26.2	51.5	40.0	33.7	32.5	35.9	31.7	36.6	53.3	21.2
COD	8月	0.5	0.8	0.7	0.6	0.5	0.7	3.1	0.9	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	3.1	0.5
	2月	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.5

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の環境基準: 10mg/L

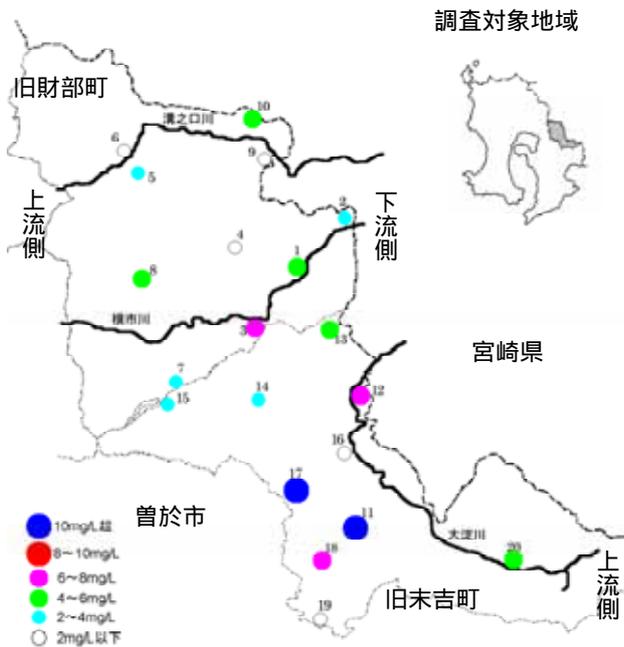


図1 調査地点及び硝酸性窒素濃度分布

### 3.2 イオン成分について

各項目間の相関係数は表2に示すとおり、硝酸性窒素濃度とK<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>濃度との間にそれぞれ

高い相関がみられた。

表2 各項目間の相関係数

	pH	EC	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	COD
硝酸性窒素	-0.68	0.90	0.74	0.74	0.78	0.88	-0.42	0.70	0.19	0.31	0.19
pH		-0.59	-0.36	-0.45	-0.55	-0.61	0.60	-0.38	-0.28	0.03	0.00
EC			0.86	0.83	0.88	0.97	-0.23	0.85	0.41	0.54	0.18
Na <sup>+</sup>				0.74	0.62	0.74	-0.13	0.80	0.28	0.60	0.26
K <sup>+</sup>					0.69	0.72	0.06	0.64	0.34	0.55	0.12
Mg <sup>2+</sup>						0.90	-0.20	0.65	0.53	0.53	0.16
Ca <sup>2+</sup>							-0.30	0.81	0.40	0.51	0.12
F <sup>-</sup>								-0.30	0.32	0.17	0.04
Cl <sup>-</sup>									0.10	0.37	0.09
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>										0.20	-0.09
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>											0.02

次に各地点の水質組成をヘキサダイアグラムにより図2に示す。このヘキサダイアグラムにより水質組成は大きく5タイプに分けることができた。

基準を超過した2地点はそれぞれCa-Cl型、Na・K-Cl型を示した。基準値以下であるが硝酸性窒素濃度が、5mg/Lを超えた7地点においては、地点10を除きCa-HCO<sub>3</sub>型を示した。また、硝酸性窒素濃度が5mg/L未満の地点は、Na・K-HCO<sub>3</sub>型またはCa-HCO<sub>3</sub>型を示した。

また、硝酸性窒素濃度の高い地点では、K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>の濃度が高い傾向が見られた。硝酸性窒素による地下水汚染の一般的な原因としては、事業場排水や家畜排泄物、生活雑排水、施肥等がある。窒素成分、

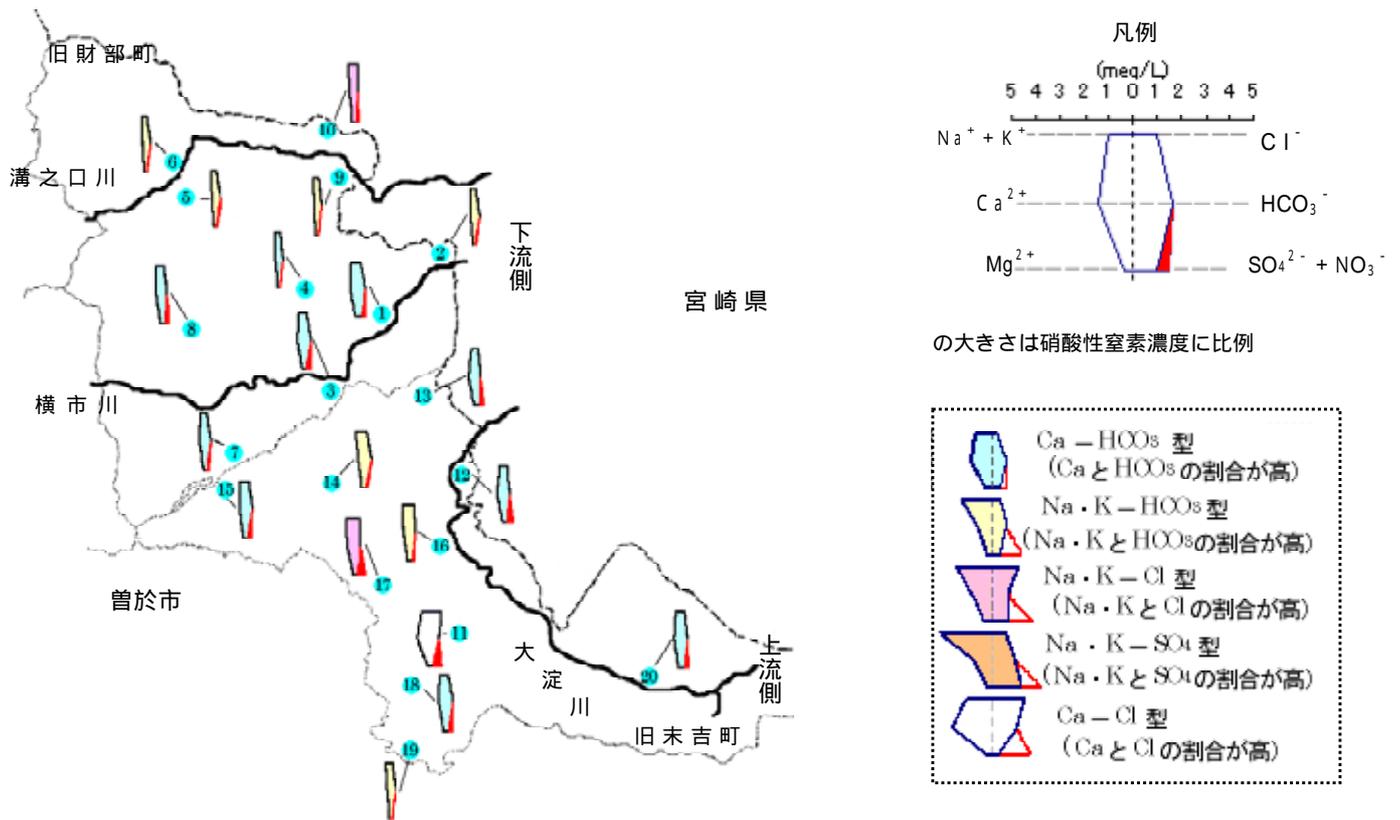


図2 各地点におけるイオン成分のヘキサダイアグラム

$K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  は家畜糞尿中に多く含まれ,  $Ca^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  は肥料に含まれる<sup>5)6)7)</sup>。今回高濃度の硝酸性窒素が検出された地点では, これらのイオン成分の濃度が他の地点と比べて高かったことから, 家畜排泄物や肥料などの影響がうかがえる。

次に各地点の水質組成をトリリニアダイアグラムにより図3に示す(年2回の調査の全てをプロットしている)。トリリニアダイアグラムによると水質組成は図3中の4タイプに大別される。調査地点の多くは, 炭酸カルシウム型を示した。これは最も一般的な地下水の水質で, 様々な用途に広く利用されているタイプである。一部の地下水は 炭酸ナトリウム型を示した。これは深い位置に存在する被圧地下水の水質を示しており, 深いために人為的な影響が少ないとされている。硝酸性窒素濃度が高かった地点の水質は, 非炭酸カルシウム型を示した。このタイプの地下水は温泉水や汚染地下水などの水質とされ, 一般に様々な用途には適さないとされている。このように, 硝酸性窒素濃度の高かった地下水は, 人為的な汚染の影響を受けている可能性が高いと考えられる。

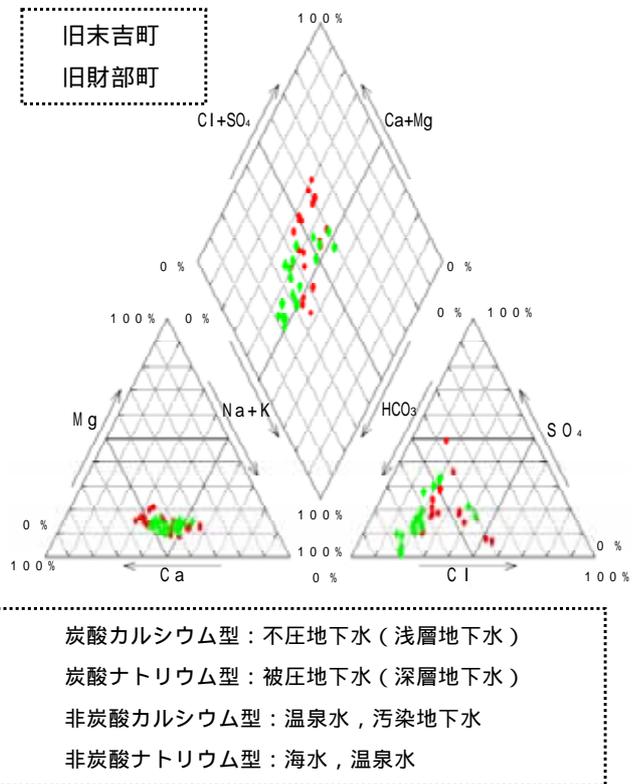


図3 地下水のトリリニアダイアグラム

### 3.3 季節変化について

地下水質の季節変化を調べるために、硝酸性窒素が基準超過した2地点と、これとは明らかに水質の異なる1地点における、8月と2月のヘキサダイアグラムを図4に示す。

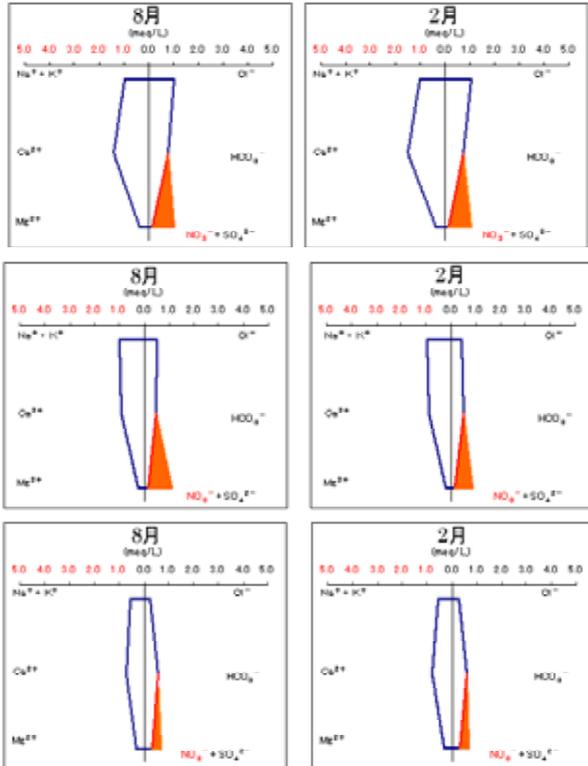


図4 各地点における8月及び2月の水質  
(上図:地点11, 中図:地点17, 下図:地点20)

夏季の8月と冬季の2月とでは、表1の水温に若干の変化は見られたものの、硝酸性窒素やその他の溶存成分に顕著な違いは見られず、図4の水質を表すヘキサダイアグラムでは、8月、2月ともほぼ同形を示していることから、地下水質の季節的な変化は小さいと考えられる。

### 4 まとめ

都城盆地の旧末吉・財部町における地下水を調査・解析した結果、以下のようにまとめられる。

- 1) 旧末吉町10地点、旧財部町10地点、計20地点のうち比較的近くに位置する2地点で硝酸性窒素濃度が環境基準値を超過した。このうち1地点は2004年度の調査でも基準を超過していた。
- 2) 地域別に見ると、旧末吉町では10地点中2地点で硝酸性窒素濃度が環境基準値を超過し、4地点で5 mg/L以上を示した。一方旧財部町では、環境基準値を超過した地点は無かったものの、10地点中3地点で硝酸性窒素濃度が5 mg/L以上を示した。

- 3) 環境基準を超過した2地点を含め、硝酸性窒素濃度が高い地点のほとんどが、深さ20m以下の浅層地下水であった。また、硝酸性窒素濃度と $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Cl^-$ 濃度の間には高い相関がみられた。
- 4) 硝酸性窒素濃度が高い地点では、低濃度の地点に比べて $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Cl^-$ 濃度が高かったことから、これらの成分を多く含む家畜排泄物や肥料などの影響が推測された。
- 5) 8月と2月の年2回の水質を比較したところ、夏季と冬季の間に大きな違いは見られず、季節的な変動は小さいと考えられる。

### 5 おわりに

調査を行った地域における硝酸性窒素による地下水汚染は、その多くが浅層地下水であることや、当該地域の地質が透水性のよいシラス土壌であることなどから人為的汚染の影響は短期間で顕れると予想される。また、季節的な水質の変化が小さかったことや、同一井戸におけるここ数年間の硝酸性窒素濃度に大きな変動が見られなかったことから、一時的ではなく恒常的な汚染または、既に汚染された土壌による汚染であると考えられる。今回の調査では比較的狭い範囲で強い汚染が見られたことから、当該地域における重点的な地下水の調査とともに土地の利用状況の観点からも詳細な調査を行う必要があると考えられる。

最後に、調査にあたり、ご協力頂いた曾於市職員の方々に深く感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 環境省；平成16年度地下水質測定結果（2005年12月）
- 2) 鹿児島県；平成16年度公共用水域及び地下水の水質測定結果（2005）
- 3) 鹿児島県；鹿児島県地質図
- 4) 瀬戸加奈子，西中須暁子，他；大淀川上流における硝酸性窒素による地下水汚染について，本誌，6，97～100（2005）
- 5) 建設産業調査会；地下水ハンドブック，1287（1998）
- 6) 鹿児島県農政部畜産課；家畜ふん尿処理利用の手引，40～52（1987年12月）
- 7) 硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引；公害研究対策センター，60～83（2002）