

## 5) 熊本県下における放射能調査（平成 24 年度）

村岡 俊彦 豊永 悟史 北岡 宏道

### はじめに

本研究（宇土市）では平成元年度から科学技術庁（現文部科学省）の委託を受け環境放射能水準調査（以下「放射能調査」）を実施している<sup>1)</sup>。平成 24 年度の調査結果を取りまとめたので報告する。

### 調査方法

調査には昨年度<sup>2)</sup>までの調査対象の他、モニタリングポストによる空間放射線量率調査を、平成 24 年度から荒尾市、熊本市、八代市、天草市、水俣市にて新たに開始した。測定方法は「放射能水準調査委託実施計画書（平成 24 年度）」（文部科学省）及び既報<sup>1)</sup>に基づいた。測定装置は次のとおりである。モニタリングポストによる空間放射線量率調査はアロカ MAR-21（宇土市）、アロカ MAR-22（荒尾市、熊本市、八代市、天草市、水俣市）。定時降水中の全ベータ放射能測定調査はアロカ JDC-3201B（ベータ線自動測定装置）、ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線放出核種分析調査はキャンベラジャパン GC-3018 及び GC-3020 をそれぞれ用いた。

### 調査結果

空間放射線量率調査の結果を表 1-1、1-2 に示した。宇土市における空間線量率調査結果は過去の値と同程度であった。他の地点の調査結果はいずれも宇土市より高い値を示しているが、これは宇土市の地点が地上 14.5m であるのに対し、宇土市以外の地点は地上 1m 付近に設置されていること、これに加えて周囲の建物・地質等の立地条件に由来する放射線量の違いを反映しているものと考えられる。ただし、これら調査結果は、九州の他の地点の平均値データと比較して特に高いレベルではなかった<sup>3)</sup>。宇土市における定時降水中の全ベータ放射能測定調査の結果を表 2 に示した。

測定した 88 検体中 4 検体から検出されたが、その値は過去の値と同程度であった。

核種分析調査結果を表 3、4 に示した。前年度検出された<sup>2)</sup>人工放射性核種  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{131}\text{I}$  は平成 24 年度は検出されなかった。

人工放射性核種である  $^{137}\text{Cs}$  は、土壌及び茶から検出されたが、いずれも過去の検出値の範囲内の値であ

った。 $^{137}\text{Cs}$  の半減期は 30 年であることから、福島原発事故以前の核実験等による寄与も大きいものと考えられた。

特に、土壌（草地）の表層部（0～5cm）では、42 Bq/kg 乾土と福島原発事故以前の全国データ（平成 22 年度草地採取分検出試料数 42、平均 11 Bq/kg 乾土、濃度範囲 0.87～50 Bq/kg 乾土）<sup>3)</sup>と比較すると高いレベルで検出されている。これはプルトニウムの同位体比調査から長崎原子爆弾由来と考えられている<sup>4)</sup>。なお、 $^{40}\text{K}$  は分析したほぼ全ての環境試料から検出されているが、 $^{40}\text{K}$  は自然放射性核種の代表核種であり、環境中に広く存在しているためである。

福島原発事故を受けたモニタリング強化として宇土市で採取した上水（平日 1.5 ℓ採取し、四半期単位で 1 試料とする）のゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線放出核種分析調査を行ったが、人工放射性核種は検出されなかった。

同様のモニタリング強化として、宇土市で月 1 回サーベイメータによる地上 1m での空間放射線量率調査を実施したが 39～50 nGy/h 前後の低いレベルで推移していた。

また、北朝鮮の地下核実験に伴うモニタリング強化として、平成 25 年 2 月 12 日～2 月 21 日の期間、大気浮遊じん、及び降下物についてゲルマニウム半導体検出器を用いた核種分析を行ったが、人工放射性核種は検出されなかった。

### まとめ

平成 24 年度の熊本県における環境放射能水準調査の空間放射線量率及び全ベータ放射能の結果に、特に異常な値は認められなかった。

核種分析測定調査については、前年度は、本県初となる  $^{134}\text{Cs}$  が検出され、 $^{131}\text{I}$  も平成 23 年 3 月に引き続いて検出され、福島原発事故の影響と推定されたが、平成 24 年度はこれら核種は検出されなかった。

### 謝辞

本調査にあたり、試料提供に御協力いただきました熊本県農業研究センターの生産環境研究所、茶業研究所、球磨農業研究所及び畜産研究所の関係各位に謝意

を表します。

参 考 資 料

- 1) 上野一憲, 塘岡 穰, 久保 清: 熊本県衛生公害研究所報, **20**, 55-56 (1990).
- 2) 村岡俊彦, 豊永悟史, 北岡宏道: 熊本県保健環境科学研究所報, **41**, 89-91 (2011).
- 3) (公財) 日本分析センター: 環境放射線データベース

ス <http://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/search.top>  
 4) Y.Saito-Kokubu, K.Yasuda, M.magara, Y.Miyamaoto, S.Sakurai, S.Usuda, H.Yamazaki, S.Yoshikawa: *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **273**, 183-186 (2007).

表 1-1 モニタリングポストによる空間放射線量率調査結果 (調査地点: 宇土市, 荒尾市, 八代市)

調査地点 採取年月	宇土市			荒尾市			八代市		
	最低値	最高値	平均値	最低値	最高値	平均値	最低値	最高値	平均値
平成24年 4月	27	40	28	32	48	34	49	61	52
5月	27	44	29	32	58	35	50	72	53
6月	27	59	30	32	66	36	49	76	53
7月	27	65	29	31	105	35	49	109	53
8月	27	38	28	32	48	34	50	70	53
9月	27	46	29	32	56	34	50	71	53
10月	27	59	29	32	69	35	50	121	53
11月	28	59	30	32	60	35	50	87	53
12月	27	66	30	33	80	35	50	89	53
平成25年 1月	27	40	29	32	53	34	50	69	53
2月	27	54	30	32	67	36	49	76	53
3月	27	64	28	32	79	35	50	103	53
年間値	27	66	29	31	105	35	49	121	53
平成12~23年度の値 <sup>※1,2</sup>	21	78	28	-	-	-	-	-	-

※1: 平成11年度以前は測定単位が異なるために除外。

※2: 宇土市以外の地点は平成24年3月より測定開始。

表 1-2 モニタリングポストによる空間放射線量率調査結果 (調査地点: 熊本市, 天草市, 水俣市)

調査地点 採取年月	熊本市			天草市			水俣市		
	最低値	最高値	平均値	最低値	最高値	平均値	最低値	最高値	平均値
平成24年 4月	36	56	37	47	62	49	40	65	42
5月	36	56	38	47	67	50	40	68	44
6月	35	77	39	46	78	51	39	71	44
7月	35	104	38	45	108	49	39	90	42
8月	35	49	37	47	61	49	39	51	42
9月	35	61	37	47	69	49	40	71	42
10月	36	74	38	47	78	50	40	94	43
11月	36	63	38	47	76	50	40	88	43
12月	36	72	38	47	69	49	40	75	42
平成25年 1月	36	51	38	46	72	49	40	63	42
2月	36	71	39	46	79	50	40	72	43
3月	36	115	38	46	79	49	40	86	42
年間値	35	115	38	45	108	49	39	94	43
平成12~23年度の値 <sup>※1,2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※1: 平成11年度以前は測定単位が異なるために除外。

※2: 宇土市以外の地点は平成24年3月より測定開始。

表 2 定時降水中の全ベータ放射能調査結果（調査地点：宇土市）

採取年月	全ベータ放射能				
	降水量 (mm)	測定数 (回)	最低値 (Bq/l)	最高値 (Bq/l)	月間総降下量 (MBq/km <sup>2</sup> )
平成23年 4月	132.1	8	ND	ND	0
5月	53.5	6	ND	3.0	5.9
6月	668.4	16	ND	ND	0
7月	381.4	11	ND	ND	0
8月	125.9	11	ND	ND	0
9月	122.2	5	ND	ND	0
10月	117.7	5	ND	ND	0
11月	96	7	ND	3.7	25
12月	85.3	6	ND	1.5	8.1
平成24年 1月	41.5	2	ND	ND	0
2月	104.4	3	ND	ND	0
3月	97.6	8	ND	1.9	3.5
年間値	2026.0	88	ND	3.7	42
平成元～23年度の値*	□		ND	7.4	ND～40

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍未満） \*：月間総降下量は各年度毎の年間最大値の範囲を示す

表 3 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線放出核種分析調査結果（<sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs）

試料名	調査地点	採取年月	検体数	<sup>137</sup> Cs				<sup>134</sup> Cs				単位
				平成24年度		平成元～23年度		平成24年度		平成元～23年度		
				最低値	最高値	最低値	最高値	最低値	最高値	最低値	最高値	
大気浮遊じん	宇土市	平成24年 4月 ～平成25年 3月	4	ND	ND	ND	0.050	ND	ND	ND	0.045	mBq/m <sup>3</sup>
月間降下物	宇土市	平成24年 4月 ～平成25年 3月	12	ND	ND	ND	0.36	ND	ND	ND	0.11	MBq/km <sup>2</sup>
蛇口水	宇土市	平成25年 3月	1	ND	ND	ND		ND	ND	ND		mBq/l
土壌 (草地)	0～5cm	西原村	平成24年 7月	1	42	36	96	ND	ND	ND	ND	Bq/kg乾土
					730	410	2300	ND	ND	ND	MBq/km <sup>2</sup>	
	5～20cm	西原村	平成24年 7月	1	16	9.6	20	ND	ND	ND	Bq/kg乾土	
精米	合志市	平成24年11月	1	ND	ND	ND		ND	ND	ND	Bq/kg精米	
野菜	大根	合志市	平成24年 5月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND		Bq/kg生
	ホウレン草	合志市	平成24年 5月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
荒茶	御船町 あさぎり町	平成24年 4月 平成24年 5月	2	ND	0.41	ND	1.4	ND	ND	ND	0.30	Bq/kg乾物
原乳	合志市	平成24年 8月	1	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/l

ND：不検出（測定値が計数誤差の3倍未満）

表 4 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線放出核種分析調査結果 ( $^{131}\text{I}$ ,  $^{40}\text{K}$ )

試料名	調査地点	採取年月	検体数	$^{131}\text{I}$				$^{40}\text{K}$				単位
				平成24年度		平成元～23年度		平成24年度		平成元～23年度		
				最低値	最高値	最低値	最高値	最低値	最高値	最低値	最高値	
大気浮遊じん	宇土市	平成24年 4月 ～平成25年 3月	4	ND	ND	ND	ND	0.057	0.092	ND	0.58	mBq/m <sup>3</sup>
月間降下物	宇土市	平成24年 4月 ～平成25年 3月	12	ND	ND	ND	1.1	ND	3.8	ND	91.0	MBq/km <sup>2</sup>
蛇口水	宇土市	平成25年 3月	1	ND	ND	ND	ND	150	120	260	mBq/ℓ	
土壌 (草地)	0～5cm	西原村	平成24年 7月	1	ND	ND	ND	250	240	290	Bq/kg乾土	
					ND	ND	ND	4400	2500	8000	MBq/km <sup>2</sup>	
	5～20cm	西原村	平成24年 7月	1	ND	ND	ND	210	180	230	Bq/kg乾土	
精米	合志市	平成24年11月	1	ND	ND	ND	ND	23	5	33	Bq/kg精米	
野菜	大根	合志市	平成24年 5月	1	-	-	-	88	65	100	Bq/kg生	
	ホウレン草	合志市	平成24年 5月	1	-	-	-	300	140	320		
荒茶	御船町 あさぎり町	平成24年 4月 平成24年 5月	2	-	-	-	-	550	570	480	790	Bq/kg乾物
原乳	合志市	平成24年 8月	1	ND	ND	ND	ND	50	49	58	Bq/ℓ	

ND:不検出(測定値が計数誤差の3倍未満)、-:分析対象外核種

## 6) 熊本県の酸性雨長期モニタリング調査結果 (2011, 2012 年度)

### 一県内4地点における降水試料調査結果一

古澤 尚英 上野 一憲 北岡 宏道

#### はじめに

熊本県では、1988年10月から県下における酸性雨の状況を把握するため、長期モニタリング調査を行っている<sup>1)</sup>。図1に調査地点を示した。2004年4月から採取装置を湿性沈着と乾性沈着を分けて採取する降水時開放型採取装置に変更した<sup>2)</sup>。人吉市での調査は2007年度で終了し、宇土市(熊本県保健環境科学研究所)に採取装置を移設して2008年度から新たに調査を開始した。本報では2011, 2012年度の調査結果について報告する。なお、人吉市の結果は一部の図表にのみ掲載し、解析には用いていない。

#### 調査方法及び分析方法

##### 1 調査地点及び降水採取方法

苓北町(苓北町立志岐小学校)、八代市(八代市役所)、阿蘇市(熊本県阿蘇保健所)及び宇土市(熊本県保健環境科学研究所)で小笠原計器製降水採取器US-300Dを用い、1週間ごとに降水の回収を行った。調査月の区切りは酸性雨全国調査実施要領(2011年度及び2012年度)の別表月割り表<sup>3)</sup>に従った。

##### 2 分析方法

pH測定は東亜ディーケーケー製HM-30Rを用い、複合電極はGST-5741Cを使用した。電気伝導度(以下「EC」

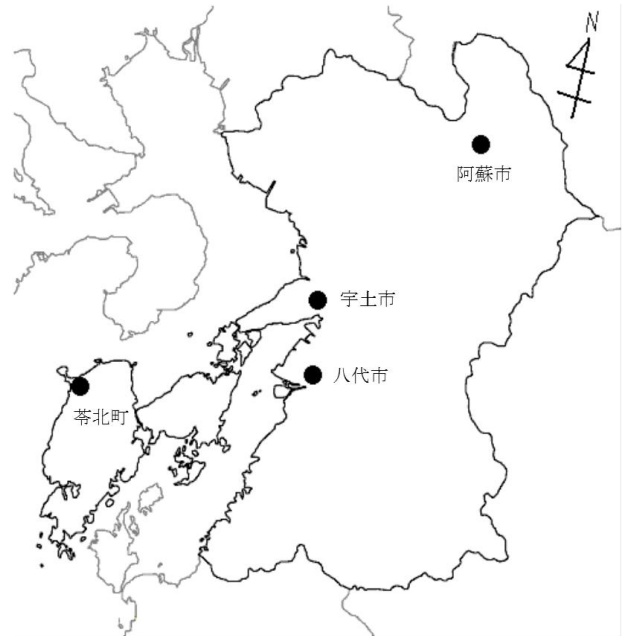


図1 調査地点

という。)測定には東亜ディーケーケー製のCM-30Rを用い、電導度セルにはCT-57101Bを使用した。なお、pH及びECは恒温水槽を使用して25℃で測定した。イオン成分分析はダイオネクス製DX500を用い、イオンクロマトグラフ法で行った。この分析条件は既報<sup>4)</sup>のとおりである。

表1 イオン成分総括表(2011)

調査地点	pH	EC μS/cm	Cl <sup>-</sup> μg/ml	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> μg/ml	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> μg/ml	H <sup>+</sup> μg/ml	Na <sup>+</sup> μg/ml	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μg/ml	K <sup>+</sup> μg/ml	Mg <sup>2+</sup> μg/ml	Ca <sup>2+</sup> μg/ml	年間降水量 mm	
苓北町 n=46	平均	4.70 (4.78)	21 (25)	1.8 (2.9)	0.88 (1.10)	1.7 (2.0)	0.020 (0.030)	1.1 (1.7)	0.24 (0.30)	0.14 (0.18)	0.13 (0.21)	1771.9 (1474.6)	
	最高	6.88	605	90	45	43	0.50	49	6.4	12	6.7	14	
	最低	3.30	5.2	0.37	0.22	0.49	0.00013	0.24	0.070	0.030	0.020	0.030	
八代市 n=46	平均	4.77 (4.89)	15 (15)	0.57 (1.0)	0.83 (1.1)	1.4 (1.6)	0.017 (0.013)	0.30 (0.60)	0.33 (0.41)	0.038 (0.049)	0.040 (0.077)	1912.4 (2004.0)	
	最高	6.50	436	12	86	36	0.42	7.7	17	1.3	1.6	14	
	最低	3.38	3.7	0.11	0.20	0.34	0.00032	0.070	0.10	0.010	0.010	0.030	
阿蘇市 n=44	平均	4.81 (4.61)	14 (19)	0.52 (0.98)	0.74 (0.95)	1.5 (1.7)	0.015 (0.025)	0.23 (0.35)	0.31 (0.41)	0.11 (0.072)	0.040 (0.053)	0.17 (0.20)	2823.3 (2190.9)
	最高	6.00	168	8.8	13	24	0.19	6.4	4.6	1.7	1.0	4.3	
	最低	3.71	2.4	0.090	0.10	0.12	0.0010	0.020	0.060	0.020	0.010	0.030	
宇土市 n=47	平均	4.71 (4.69)	14 (16)	0.48 (0.64)	0.64 (0.79)	1.3 (1.4)	0.019 (0.021)	0.24 (0.33)	0.25 (0.33)	0.038 (0.035)	0.030 (0.046)	0.082 (0.13)	2427.2 (1744.1)
	最高	5.87	193	15	34	18	0.28	8.3	4.6	1.6	1.2	6.2	
	最低	3.55	2.9	0.080	0.080	0.23	0.00135	0.030	0.080	0.010	0.0	0.010	

注) n: 検体数。平均は加重平均。 ( ) 内: 2010年度の成分平均濃度及び降水量。

表2 イオン成分総括表(2012)

調査地点	pH	EC μS/cm	Cl <sup>-</sup> μg/ml	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> μg/ml	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> μg/ml	H <sup>+</sup> μg/ml	Na <sup>+</sup> μg/ml	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μg/ml	K <sup>+</sup> μg/ml	Mg <sup>2+</sup> μg/ml	Ca <sup>2+</sup> μg/ml	年間降水量 mm	
荅北町 n=47	平均	4.75 (4.70)	23 (21)	2.3 (1.8)	0.86 (0.88)	1.7 (1.7)	0.018 (0.020)	1.3 (1.1)	0.27 (0.24)	0.19 (0.14)	0.17 (0.13)	0.21 (0.19)	1555.8
	最高	6.06	260	52	8.6	15	0.19	30	3.2	2.7	3.9	3.5	(1771.9)
	最低	3.71	5.8	0.34	0.13	0.41	0.00087	0.18	0.040	0.010	0.020	0.030	
八代市 n=46	平均	4.72 (4.77)	17 (15)	0.88 (0.57)	0.86 (0.83)	1.7 (1.4)	0.019 (0.017)	0.48 (0.30)	0.34 (0.33)	0.043 (0.038)	0.065 (0.040)	0.19 (0.14)	1848.0
	最高	5.83	132	21	7.9	11	0.20	12	2.3	0.59	1.6	2.8	(1912.4)
	最低	3.70	4.1	0.10	0.17	0.28	0.0015	0.060	0.080	0.010	0.010	0.020	
阿蘇市* n=18	平均	4.60 (4.81)	21 (14)	0.92 (0.52)	0.79 (0.74)	1.8 (1.5)	0.025 (0.015)	0.34 (0.23)	0.37 (0.31)	0.22 (0.11)	0.065 (0.040)	0.25 (0.17)	1056.2
	最高	6.44	126	6.5	14	15	0.17	3.8	3.8	4.5	0.92	5.9	(2823.3)
	最低	3.78	5.3	0.29	0.12	0.34	0.00036	0.040	0.060	0.040	0.010	0.070	
宇土市 n=47	平均	4.70 (4.71)	16 (14)	0.74 (0.48)	0.68 (0.6)	1.4 (1.3)	0.020 (0.019)	0.39 (0.24)	0.29 (0.25)	0.048 (0.038)	0.051 (0.030)	0.10 (0.082)	2106.8
	最高	5.82	98	8.7	6.6	11	0.20	5.3	3.5	0.65	0.84	1.7	(2427.2)
	最低	3.69	4.2	0.10	0.14	0.23	0.0015	0.040	0.090	0.010	0.010	0.010	

注) n: 検体数。平均は加重平均。( ) 内: 2011年度の成分平均濃度及び降水量。

\*: 九州北部豪雨の影響で欠測(2012年7月2日~2013年2月25日)

### 調査結果及び考察

表1に2011年度、表2に2012年度の調査4地点におけるイオン成分総括表を示した。なお、降水量は貯水量から算出し、平均pH、平均EC及び平均イオン成分濃度は加重平均により計算した。

#### 1 前年度との比較

2011年度は2010年度の結果と比較を行い、2012年度は2011年度の結果と比較を行った。

##### 1.1 2011年度と2010年度の比較

年間降水量は、調査4地点において2010年度より荅北町297.3mm、八代市196.7mm、阿蘇市632.4mm、宇土市683.1mmそれぞれ増加した。

過去3年間(2008年度~2010年度)の平均降水量(荅北町1754.7、八代市2117.0mm、阿蘇市2423.6mm、宇土市1860.0mm)よりも、八代市、阿蘇市、宇土市は多く、荅北町はほぼ変わらない結果となった。

pHの年平均値は、荅北町4.70、八代市4.77、阿蘇市4.81、宇土市4.71と、前年度比-0.12~0.20のpHを示した。

ECの年平均値は、荅北町21μS/cm、八代市15μS/cm、阿蘇市14μS/cm、宇土市14μS/cmであった。

イオン成分のうち、主に海塩由来成分であるCl<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>及びMg<sup>2+</sup>の年平均濃度は荅北町が最も高いが、前年度値よりそれぞれ38、35、38%の減少であった。また、他の3地点については、八代市が40、50、48%、阿蘇市が47、34、25%、宇土市が22、39、35%の減少であった。

降水の酸性化物質であるCl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>及びSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の年平均濃

度は、全測定地点で前年度より減少し、それぞれ荅北町が38、18、15%、八代市が40、27、13%、阿蘇市が47、22、12%、宇土市が22、25、7.1%の減少であった。

##### 1.2 2012年度と2011年度の比較

年間降水量は、2011年度より荅北町216.1mm、八代市64.4mm、宇土市320.4mmそれぞれ減少した。阿蘇市は2012年7月に起きた九州北部豪雨の影響で降水採取器が7月~翌年2月の期間中使用不可になったため、測定値は4月~6月、及び3月の4ヶ月間のデータより算出した値となっている。

過去3年間(2009年度~2011年度)の平均降水量(荅北町1576.9、八代市1877.4mm、阿蘇市2556.5mm、宇土市1872.5mm)より宇土市は多い傾向にあった。また、荅北町、八代市においてはほぼ変わらない結果となった。

pHの年平均値は、荅北町4.75、八代市4.72、阿蘇市4.60、宇土市4.70と、前年度比-0.21~0.05のpHを示した。

ECの年平均値は、荅北町23μS/cm、八代市17μS/cm、阿蘇市21μS/cm、宇土市16μS/cmであった。

イオン成分のうち、主に海塩由来成分であるCl<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>及びMg<sup>2+</sup>の年平均濃度は前年度値よりも荅北町が27、25、29%、八代市が53、59、63%、阿蘇市が75、48、64%、宇土市が53、67、69%の増加であった。

降水の酸性化物質であるCl<sup>-</sup>及びSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の年平均濃度は、前年度値よりそれぞれ荅北町が27、0.8%、八代市が53、20%、阿蘇市が75、21%、宇土市が53、7.8%の増加であった。また、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の年平均濃度は荅北町が-2.3%減少したが、八代市が3.4、阿蘇市が6.6%、宇土市が4.9%の増加であった。

表3 月平均（加重平均）pH及びECと月別イオン成分沈着量（2011）

調査地点	月	試料数	降水量 mm	pH	EC μS/cm	Cl <sup>-</sup> meq/m <sup>2</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/m <sup>2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/m <sup>2</sup>	H <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	Na <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	K <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	Mg <sup>2+</sup> meq/m <sup>2</sup>	Ca <sup>2+</sup> meq/m <sup>2</sup>	月間沈着量 meq/m <sup>2</sup>
荅北町	4月	6	58.4	4.94	41.9	8.50	2.20	4.95	0.58	8.13	1.13	1.45	2.35	3.32	32.6
	5月	4	151.7	4.64	26.8	4.06	1.71	4.26	3.01	3.56	1.77	0.54	1.37	2.88	23.2
	6月	4	540.9	5.11	9.1	12.36	3.05	7.55	5.37	10.82	2.40	1.11	2.22	2.16	50.0
	7月	4	160.2	4.78	14.0	0.59	0.26	0.97	3.18	0.49	0.44	0.04	0.13	0.08	6.2
	8月	4	246.7	4.60	21.3	10.92	4.26	8.01	7.34	9.66	3.97	0.50	2.03	0.86	47.6
	9月	4	31.7	5.15	17.3	2.04	0.27	0.90	0.31	1.90	0.62	0.19	0.39	0.22	10.0
	10月	6	169.3	4.64	18.3	6.26	1.42	5.92	3.36	5.08	1.78	0.52	1.11	0.93	26.4
	11月	4	80.2	4.49	38.3	11.08	1.50	4.69	2.39	9.38	1.42	0.31	2.18	0.96	33.9
	12月	4	21.6	4.20	76.7	4.59	2.05	2.95	1.29	4.75	1.41	0.17	1.15	0.57	18.9
	1月	3	31.0	4.21	50.1	2.93	1.21	2.72	1.85	2.72	0.96	0.09	0.66	0.34	13.5
	2月	4	102.7	4.42	33.7	7.88	2.52	6.22	4.08	6.83	2.11	0.37	1.77	1.49	33.3
	3月	4	177.5	4.64	30.3	16.42	3.15	8.02	3.52	15.06	3.54	0.95	3.65	2.75	57.1
	合計	51	1771.9				90	24	57	36	100	22	6.2	19	17
八代市	4月	6	49.9	4.37	44.7	2.87	4.04	4.69	1.98	2.39	3.68	0.18	0.78	2.29	22.9
	5月	4	193.0	4.68	20.2	2.12	2.09	6.07	3.83	1.60	3.42	0.20	0.64	2.79	22.7
	6月	4	454.4	5.27	6.2	5.25	2.49	4.64	4.51	4.35	3.02	0.23	0.75	0.68	25.9
	7月	3	211.2	5.06	9.2	0.18	0.24	1.01	2.10	0.18	0.59	0.00	0.00	0.11	4.4
	8月	4	344.4	4.70	14.7	5.44	5.11	9.25	6.83	4.64	5.54	0.18	0.85	1.03	38.9
	9月	4	100.7	5.84	4.6	0.65	0.42	0.86	0.00	0.66	1.23	0.08	0.17	0.45	4.5
	10月	6	129.9	4.78	12.7	1.69	1.05	3.79	2.58	1.36	2.02	0.03	0.21	0.52	13.2
	11月	4	74.4	4.58	20.8	2.52	0.88	3.30	2.21	1.97	1.40	0.08	0.43	0.48	13.3
	12月	4	21.6	4.52	28.7	0.68	1.03	1.37	0.64	0.69	0.87	0.04	0.20	0.50	6.0
	1月	3	30.6	4.33	34.9	1.07	0.73	1.92	1.52	0.68	1.14	0.03	0.15	0.40	7.6
	2月	4	149.1	4.53	23.3	3.49	3.10	8.26	4.44	2.79	4.63	0.34	0.74	1.56	29.3
	3月	4	153.2	4.57	22.5	3.07	3.01	7.24	4.56	2.60	4.67	0.39	0.76	2.06	28.4
	合計	50	1912.4				29	24	52	35	24	32	1.8	6	13
阿蘇市	4月	3	73.5	4.64	25.6	2.01	2.36	5.05	1.46	1.47	3.99	0.47	0.54	1.72	19.1
	5月	6	350.7	4.76	21.0	10.88	6.62	18.25	6.96	7.17	8.55	2.15	3.46	10.50	74.5
	6月	4	696.6	4.94	9.7	5.89	6.63	14.65	6.91	3.64	8.88	0.89	1.15	2.09	50.7
	7月	4	251.4	5.02	9.3	2.27	1.99	5.65	2.49	1.64	4.32	0.51	0.41	0.88	20.2
	8月	4	381.1	4.82	13.1	5.48	5.65	10.47	3.78	4.31	6.97	0.88	0.94	2.09	40.6
	9月	2	171.7	5.69	3.4	1.26	0.36	0.71	0.00	0.90	0.95	0.31	0.14	0.43	5.1
	10月	6	195.9	4.94	10.0	3.15	1.23	4.16	1.94	2.05	1.85	0.90	0.48	0.88	16.6
	11月	3	164.8	4.52	20.8	3.90	1.75	8.17	4.90	2.51	2.38	0.72	0.81	1.48	26.6
	12月	2	26.2	4.46	29.5	1.09	0.98	1.55	0.78	0.93	0.89	0.07	0.28	0.37	6.9
	1月	2	23.9	4.32	28.8	0.75	0.40	1.16	1.19	0.18	0.57	0.02	0.06	0.13	4.5
	2月	4	204.7	4.57	18.9	2.48	2.58	10.02	6.09	2.14	4.20	0.31	0.67	1.63	30.1
	3月	4	282.8	4.76	13.6	2.71	3.06	7.95	5.61	1.48	5.33	0.43	0.70	2.12	29.4
	合計	44	2823.3				42	34	90	40	28	49	7.7	9.7	24
宇土市	4月	4	53.1	4.42	28.5	1.54	1.75	2.81	2.11	1.13	1.56	0.10	0.35	0.90	12.2
	5月	6	191.8	4.56	21.4	2.81	3.06	10.18	5.71	1.75	5.32	0.20	0.63	2.68	32.3
	6月	4	842.4	5.10	6.7	7.13	4.21	8.42	8.36	5.50	5.14	0.65	0.69	0.84	40.9
	7月	4	253.9	4.86	11.3	2.29	2.21	6.08	2.52	1.88	4.50	0.13	0.42	0.38	20.4
	8月	4	368.8	4.54	18.8	6.97	6.07	11.13	10.98	5.61	6.34	0.28	1.21	0.74	49.3
	9月	4	74.7	5.48	4.2	0.57	0.18	0.51	0.00	0.42	0.62	0.04	0.12	0.11	2.6
	10月	6	167.4	4.68	14.5	2.31	1.21	5.44	3.32	1.82	1.76	0.26	0.41	0.75	17.3
	11月	4	76.4	4.59	18.8	2.63	0.60	2.83	2.27	2.03	0.80	0.16	0.50	0.34	12.2
	12月	4	21.9	4.28	36.9	0.70	0.56	1.55	1.09	0.57	0.91	0.06	0.16	0.22	5.8
	1月	3	29.7	4.34	25.2	0.49	0.29	1.39	1.47	0.17	0.36	0.02	0.05	0.12	4.4
	2月	4	153.0	4.48	21.5	2.85	2.00	6.79	4.55	2.06	2.54	0.20	0.63	1.07	22.7
	3月	4	194.1	4.50	21.2	2.57	3.07	7.19	5.78	2.03	4.30	0.35	0.80	1.84	27.9
	合計	51	2427.2				33	25	64	48	25	34	2.4	6.0	10

## 2 経月変化

表3に2011年度、表4に2012年度の調査4地点における月平均pH及びECと月別イオン成分沈着量を示した。また、図2に2011年度、図3に2012年度の月間沈着量に対する各イオン成分沈着量の占める割合を示した。

### 2.1 2011年度

月別平均pHについて、調査4地点において12月若しくは1月が年間で最低であった。中でも荅北町の12月が4.20と最も低く、降水量は阿蘇市を除く3地点で12月が最も少なかった。

本県では6月と7月に梅雨前線の影響を受け、例年であるならこの月に降水量が1年の4～5割を占める。しかし、2011年度は6月と8月の合計降水量が多く、荅北町で787.6mm、八代市で798.8mm、阿蘇市で1077.7mm、宇土市で1211.2mmであった。そのため、イオン成分濃度に降水量を乗じるイオン成分沈着量は、4地点とも6月と8月が多かった。

4地点の年間沈着量を比較すると、荅北町が350meq/m<sup>2</sup>と最も多く、次いで阿蘇市320meq/m<sup>2</sup>、宇土市250meq/m<sup>2</sup>、八代市220meq/m<sup>2</sup>の順であった。

表4 月平均（加重平均）pH及びECと月別イオン成分沈着量（2012）

調査地点	月	試料数	降水量 mm	pH	EC µS/cm	Cl <sup>-</sup> meq/m <sup>2</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/m <sup>2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/m <sup>2</sup>	H <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	Na <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	K <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	Mg <sup>2+</sup> meq/m <sup>2</sup>	Ca <sup>2+</sup> meq/m <sup>2</sup>	月間沈着量 meq/m <sup>2</sup>
荅北町	4月	6	139.2	4.99	27.1	13.05	2.06	5.73	1.42	12.00	2.66	3.35	3.06	2.84	46.2
	5月	4	19.7	3.89	71.5	0.87	0.66	2.65	2.54	0.51	0.69	0.07	0.18	0.35	8.5
	6月	4	426.2	4.99	11.3	9.94	3.72	7.66	4.36	8.87	5.41	0.55	2.00	1.43	40.0
	7月	3	174.2	4.69	23.0	4.78	2.94	6.04	3.54	4.54	4.22	0.26	1.01	0.74	28.1
	8月	4	41.7	4.51	30.8	3.48	0.82	2.21	1.29	2.92	0.58	0.16	0.67	0.56	12.7
	9月	4	128.9	4.85	21.1	11.46	0.91	3.52	1.82	9.87	0.97	0.26	2.21	0.76	30.0
	10月	4	202.9	4.83	13.6	6.35	1.35	4.92	2.97	5.41	1.22	0.22	1.26	0.94	24.6
	11月	4	82.7	4.68	44.6	16.12	2.64	4.96	1.73	14.39	1.74	0.39	3.60	2.28	47.8
	12月	4	60.5	4.54	60.8	16.08	2.37	5.36	1.73	14.38	1.40	0.44	3.73	2.40	47.9
	1月	3	47.6	4.38	55.8	6.95	0.58	1.88	1.99	6.01	0.39	0.15	1.39	0.51	19.8
	2月	4	112.3	4.65	19.8	5.44	1.52	4.46	2.48	4.72	1.56	0.30	1.20	0.88	22.6
	3月	3	119.7	4.89	22.1	7.34	2.08	5.90	1.53	6.24	2.19	1.33	1.82	2.34	30.8
	合計	47	1555.8			100	22	55	27	100	23	7.5	22	16	360.0
八代市	4月	6	167.0	4.84	17.8	5.25	2.15	6.77	2.38	5.30	3.45	0.26	1.51	3.35	30.4
	5月	4	25.4	3.94	72.9	1.00	1.24	4.19	2.88	0.54	2.06	0.09	0.19	0.95	13.1
	6月	4	521.4	5.17	7.1	5.54	3.14	6.30	3.52	4.36	6.00	0.32	0.94	1.05	31.2
	7月	3	300.6	4.75	14.7	3.92	4.30	8.31	5.32	3.61	5.68	0.24	0.72	1.03	33.1
	8月	4	48.4	4.69	18.2	1.03	0.78	2.06	0.98	0.88	1.06	0.04	0.18	0.40	7.4
	9月	4	190.8	4.76	13.0	3.26	1.38	5.15	3.27	2.41	2.00	0.09	0.53	0.89	19.0
	10月	4	155.5	4.63	18.1	3.24	1.80	5.66	3.58	2.61	2.46	0.14	0.58	0.64	20.7
	11月	4	73.2	4.85	31.0	7.52	2.35	4.20	1.02	6.91	2.10	0.21	1.76	2.21	28.3
	12月	4	50.9	4.56	44.5	7.09	2.21	4.25	1.40	6.36	1.91	0.21	1.64	2.05	27.1
	1月	4	72.7	4.62	21.1	0.89	0.57	1.72	1.74	0.75	0.79	0.04	0.17	0.26	6.9
	2月	4	133.2	4.64	16.2	1.84	1.64	5.07	3.06	1.51	2.43	0.11	0.37	0.70	16.7
	3月	3	108.9	4.26	44.2	5.04	3.96	11.85	5.94	3.50	4.81	0.28	1.29	3.76	40.4
	合計	48	1848.0			46	26	66	35	39	35	2.0	10	17	270.0
阿蘇市	4月	6	251.1	4.49	28.7	11.68	3.85	13.20	7.98	10.69	5.29	1.96	3.19	5.45	63.3
	5月	4	32.1	4.15	56.5	1.36	1.27	3.76	2.28	0.29	1.81	1.57	0.54	1.46	14.3
	6月	4	614.7	4.64	16.0	11.72	5.51	14.04	14.01	2.57	9.89	2.08	1.08	3.75	64.6
	*7月	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	*8月	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	*9月	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	*10月	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	*11月	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	*12月	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	*1月	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	*2月	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3月	4	158.3	4.85	19.2	2.65	2.78	8.59	2.20	2.17	4.76	0.38	0.86	2.70	27.1
	合計	18	1056.2			27	13	40	30	16	22	6.0	5.7	13	170.0
宇土市	4月	6	191.3	4.68	15.4	3.15	1.64	5.41	3.95	2.88	2.73	0.27	0.82	1.40	22.3
	5月	4	20.7	3.87	67.8	0.66	0.60	2.39	2.75	0.16	0.77	0.03	0.06	0.20	7.6
	6月	4	616.5	5.01	7.6	4.98	3.18	7.39	5.98	3.21	6.58	0.37	0.71	0.96	33.4
	7月	4	402.5	4.68	17.8	7.62	6.89	12.56	8.35	7.20	11.07	0.43	1.37	1.20	56.7
	8月	3	84.0	4.85	12.9	1.18	0.67	1.53	1.18	0.85	1.50	0.44	0.41	0.60	8.4
	9月	4	140.2	4.73	13.1	1.99	0.96	3.57	2.60	1.44	1.80	0.10	0.30	0.28	13.0
	10月	4	182.7	4.50	21.9	4.55	1.91	7.43	5.77	3.40	2.12	0.17	0.78	0.71	26.8
	11月	4	78.1	4.58	33.3	8.51	2.31	4.12	2.03	7.65	1.76	0.23	1.89	1.69	30.2
	12月	4	72.4	4.63	28.8	5.29	1.64	4.10	1.67	4.58	1.37	0.16	1.24	1.97	22.0
	1月	3	50.1	4.68	16.3	1.44	0.52	1.41	1.04	1.25	0.43	0.05	0.31	0.24	6.7
	2月	4	156.0	4.61	16.0	2.03	1.19	5.58	3.82	1.60	2.02	0.15	0.39	0.52	17.3
	3月	3	112.3	4.66	17.7	2.37	1.42	4.76	2.44	1.77	2.02	0.19	0.53	1.11	16.6
	合計	47	2106.8			44	23	60	42	36	34	2.6	8.8	11	260.0

\*九州北部豪雨の影響で2012年7月2日～2013年2月25日まで欠測

## 2. 2 2012年度

月別平均pHは、調査4地点とも5月が年間で最低の値を示し、中でも宇土市が最も低く3.87であった。pHが低かった月のイオン成分を見ると、4地点とも5月は降水量が少なく、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>沈着量が他のイオン成分に比べて高い値を示していた。このような結果となった原因として、5月は煙霧が多く観測されており<sup>5)</sup>、大陸からの越境移流の影響が示唆される。しかしながら、原因ははっきりしていない為、今後検討していく必要がある。

合計降水量は6月と7月に降水量が増え、荅北町で

600.4mm、八代市で822.0mm、阿蘇市で614.7mm（6月のみ）、宇土市で1019.0mmであった。イオン成分濃度に降水量を乗じるイオン成分沈着量は、6月と7月が多かった。阿蘇市を除く3地点の年間沈着量を比較すると、荅北町が360meq/m<sup>2</sup>と最も多く、次いで八代市270meq/m<sup>2</sup>、宇土市260meq/m<sup>2</sup>の順であった。

## 2. 3 荅北町海塩由来成分沈着量について

荅北町の調査地点は北方向200mと南西方向1.2kmに海岸を有している。このため海水の影響を受けやすく、Cl<sup>-</sup>



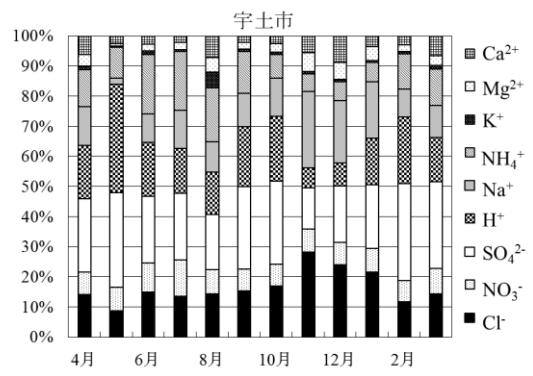
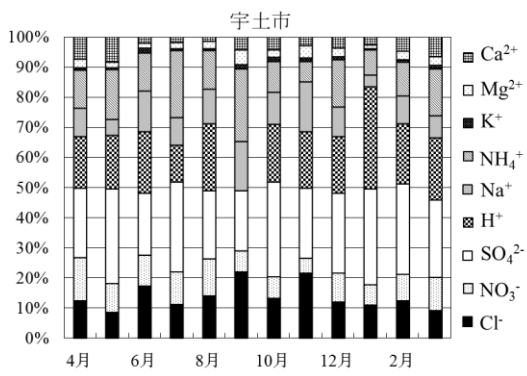
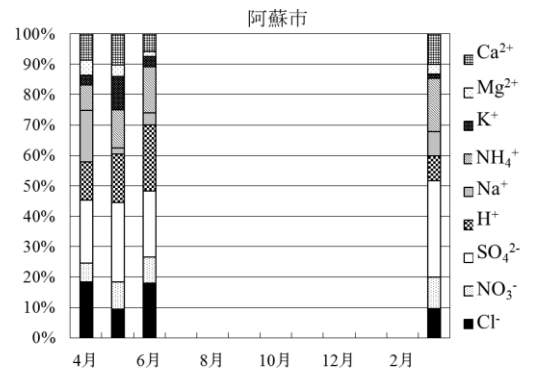
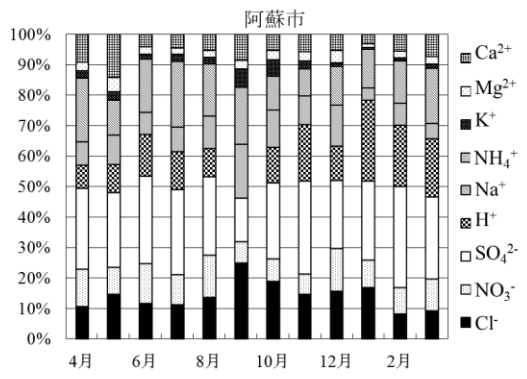
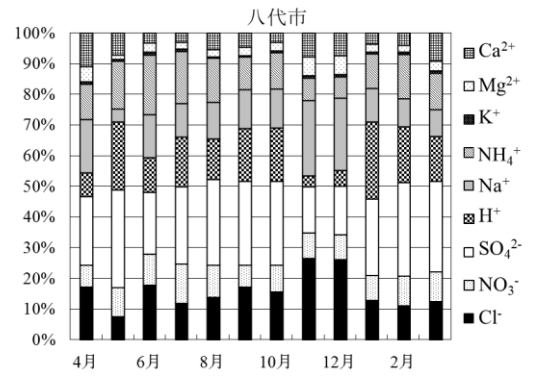
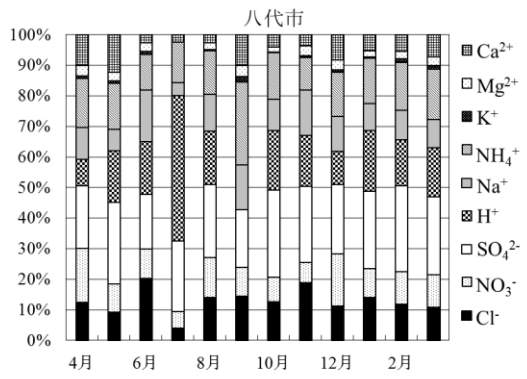
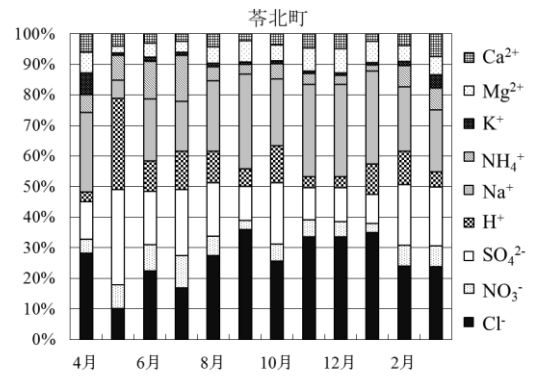
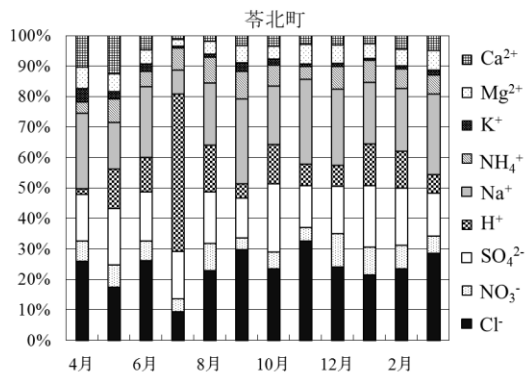


図2 月間沈着量に対する各イオン成分沈着量の割合 (2011)

図3 月間沈着量に対する各イオン成分沈着量の割合 (2012)

及び  $\text{Na}^+$  の沈着量が他の地点に比べて非常に多い。更に、これら 2 成分の沈着量の合計は年間総沈着量の約 1/2 を占めた。特に冬季に季節風の影響を受けやすい荅北町は、図 2 及び図 3 に示すとおり他の地点に比べ高い海塩由来成分の沈着量を示し、年間沈着量も同様であった。冬季の強い季節風で海水が飛沫化、飛散し、降水時に取り込まれたことで、海塩由来成分の濃度及び沈着量ともに増加したと推測された。

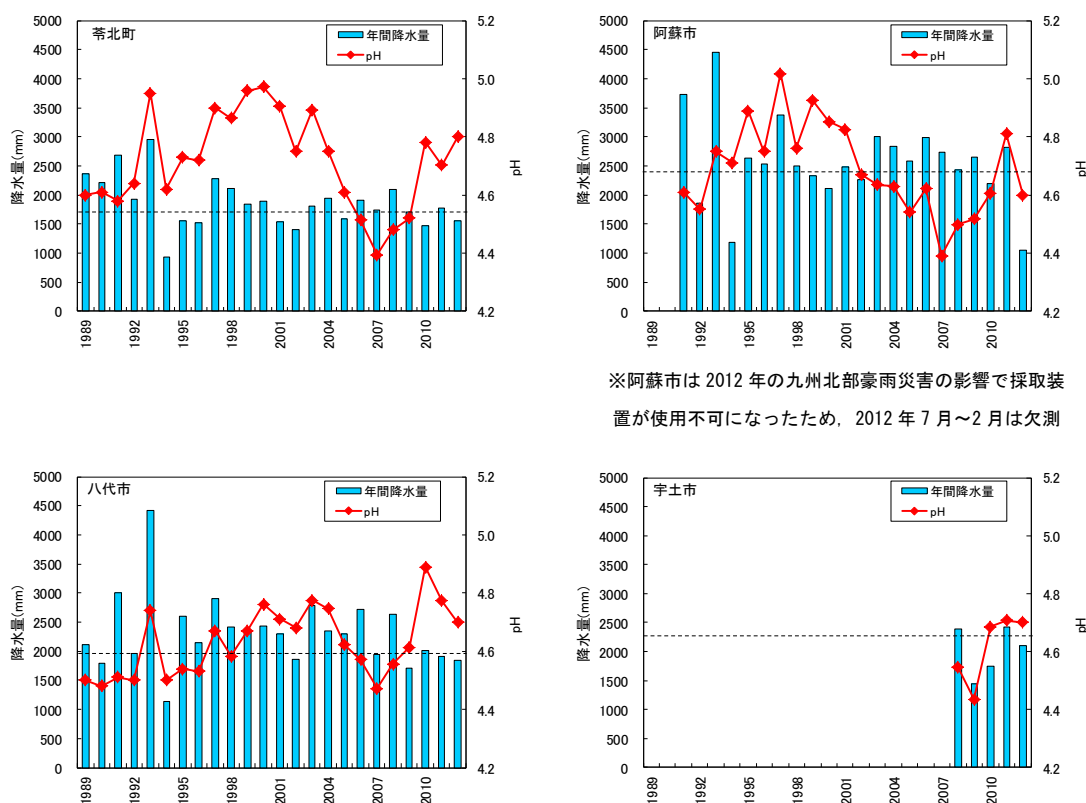
### 3 経年変化

表 5 に荅北町、八代市、阿蘇市、人吉市及び宇土市における調査開始年度から 2012 年度までの平均 pH、EC 及びイオン成分年間沈着量の推移を、また図 4 に年間降水量及び平均 pH の推移を示した。2011 年度の平均 pH は、荅北町、八代市で前年度よりそれぞれ 0.08、0.12 低い値を示し、阿蘇市、宇土市で前年度よりそれぞれ 0.20、0.02 高い値を示した。2012 年度の平均 pH は、荅北町で前年度より 0.10 高い値を示し、八代市、阿蘇市、宇土市で前年度よりそれぞれ 0.07、0.21、0.01 低い値を示した。2000 年度以降、荅

北町、八代市及び阿蘇市は下降傾向にあったが、2007 年度を境に再び上昇傾向に転じ、2010 年度から八代市は下降に転じた。

降水の酸性化成分である  $\text{SO}_4^{2-}$  について、海塩由来の  $\text{ss-SO}_4^{2-}$  を除いた非海塩性成分の  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  年間沈着量の経年推移を図 5 に示した。調査開始から 2005~2007 年度までは、荅北町及び人吉市は八代市及び阿蘇市より低めに推移した。2007 年度以降八代市は減少傾向に転じ、3 地点の差が少なくなっている。

次に、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$  年間沈着量の経月推移を図 6、図 7 に示した。2011 年度は、阿蘇市を除く 3 地点の沈着量はほぼ同様な季節変動を示し、8 月がピークとなった。一方、阿蘇市は 5~6 月の沈着量が多く、他の 3 地点と異なる傾向を示した。このことは、九州・沖縄・山口地方酸性雨共同研究の中で、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$  年間沈着量の 5 年間平均値が阿蘇市は他の共同研究の調査地点に比べて極端に多く、火山性ガスの影響と降水量が多いためと考えられている<sup>6)</sup>。一方、2012 年度は 2011 年度とほぼ同様の挙動を示しているが、荅北町は 6 月、八代市は 3 月、宇土市は 7 月に最も多い沈



※阿蘇市は 2012 年の九州北部豪雨災害の影響で採取装置が使用不可になったため、2012 年 7 月~2 月は欠測

図 4 年間降水量及び年平均 pH の推移

各図の点線は調査開始年度から 2012 年度までの平均降水量（阿蘇市は 2011 年度までの平均）

表5 イオン成分年間沈着量の推移

調査地点	年度	年間降水量 mm	pH	EC μS/cm	Cl <sup>-</sup> meq/m <sup>2</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/m <sup>2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/m <sup>2</sup>	H <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	Na <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	K <sup>+</sup> meq/m <sup>2</sup>	Mg <sup>2+</sup> meq/m <sup>2</sup>	Ca <sup>2+</sup> meq/m <sup>2</sup>	年間沈着量 meq/m <sup>2</sup>	
峇北町	1989	2358.7	4.60	22	130	21	80	59	100	26	3.1	26	21	470	
	1990	2215.1	4.61	28	230	21	87	54	180	23	4.9	48	22	670	
	*1991	2678.1	4.58	55	820	29	170	70	700	34	17	180	49	2100	
	*1992	1928.4	4.64	34	310	23	96	44	240	34	6.6	63	34	850	
	*1993	2961.8	4.95	20	270	19	80	33	210	23	8.2	59	32	740	
	1994	928.8	4.62	24	58	14	42	22	44	17	2.8	12	18	230	
	1995	1557.6	4.73	20	100	18	53	29	79	22	3.1	19	14	340	
	1996	1520.0	4.72	28	190	17	62	29	160	22	8.5	36	20	540	
	1997	2276.3	4.90	18	180	16	56	29	150	22	6.5	36	14	510	
	1998	2108.6	4.86	17	120	18	57	29	100	27	7.2	24	17	400	
	1999	1848.3	4.96	16	110	13	42	20	99	16	3.9	23	12	340	
	2000	1899.8	4.97	14	75	16	45	20	65	19	3.9	15	22	280	
	2001	1532.8	4.90	16	72	14	44	19	63	17	4.5	15	13	260	
	2002	1394.9	4.75	26	130	22	62	25	110	25	5.7	27	16	420	
	2003	1814.0	4.89	26	180	29	76	23	150	27	8.5	39	40	570	
	*2004	1938.0	4.75	78	900	28	150	34	780	24	31	180	50	2200	
	*2005	1591.7	4.61	48	320	26	92	39	300	22	12	65	24	900	
	*2006	1912.5	4.51	32	210	31	98	58	180	32	5.7	41	20	670	
	2007	1741.0	4.39	25	110	26	79	70	95	27	3.8	22	17	450	
	2008	2089.4	4.48	21	110	27	74	64	91	25	4.0	22	15	430	
2009	1700.2	4.52	25	130	27	68	51	110	24	6.3	26	16	460		
****2010	1474.6	4.78	25	120	26	61	24	110	25	6.9	26	21	420		
2011	1771.9	4.70	21	90	24	57	36	100	22	6.2	19	17	371		
2012	1555.8	4.80	23	102	22	55	27	90	23	7.5	22	16	365		
八代市	1989	2112.2	4.50	22	60	22	98	67	33	52	2.3	12	24	370	
	1990	1789.4	4.48	25	72	20	96	59	44	48	3.1	12	19	370	
	*1991	3004.9	4.51	24	140	34	150	93	90	72	0.51	2.5	28	610	
	1992	1960.6	4.50	25	80	26	110	62	53	58	3.6	14	24	430	
	*1993	4424.5	4.74	19	250	42	160	81	180	77	12	51	44	900	
	1994	1136.1	4.50	28	55	25	78	36	35	47	2.0	10	24	310	
	1995	2594.6	4.54	24	120	42	140	75	79	77	4.9	23	34	590	
	1996	2148.6	4.53	25	100	40	120	63	74	82	3.8	20	34	540	
	1997	2907.3	4.67	17	74	35	100	62	54	62	3.3	14	20	420	
	1998	2411.5	4.58	20	61	36	120	63	41	73	3.1	12	33	440	
	*1999	2360.4	4.67	25	130	46	130	50	100	77	4.8	25	43	610	
	2000	2438.5	4.76	19	80	41	110	42	58	69	3.1	17	48	470	
	2001	2302.4	4.71	19	70	37	110	44	54	69	3.4	14	30	430	
	2002	1863.3	4.68	21	59	38	96	39	46	68	2.8	12	24	380	
	2003	2788.9	4.77	18	85	47	110	46	67	82	5.1	16	23	480	
	2004	2356.4	4.75	22	120	44	110	42	99	62	5.2	24	35	540	
	2005	2305.2	4.62	19	110	45	120	53	83	65	6.6	21	31	530	
	2006	2722.5	4.57	20	98	62	140	72	78	83	4.2	20	33	590	
	2007	1946.0	4.47	20	67	31	91	65	59	42	2.4	13	25	390	
	2008	2631.3	4.56	16	54	31	85	71	46	41	3.0	10	14	360	
2009	1715.7	4.61	17	48	29	61	41	42	37	2.3	10	18	290		
2010	2004.0	4.89	15	58	34	66	26	52	45	2.5	13	21	320		
2011	1912.4	4.77	15	29	24	52	35	24	32	1.8	5.7	13	217		
2012	1848.0	4.70	17	46	26	66	35	39	35	2.0	10	17	274		
阿蘇市	1991	3729.9	4.61	18	77	34	160	92	47	70	8.6	11	31	530	
	1992	1861.2	4.55	24	73	22	100	52	39	41	5.4	14	58	400	
	1993	4452.6	4.75	14	93	32	140	79	50	45	5.8	15	48	510	
	1994	1190.8	4.71	19	33	17	65	23	22	27	5.4	7.9	31	230	
	1995	2637.2	4.89	14	57	30	100	34	40	69	7.3	14	38	390	
	1996	2540.6	4.75	15	53	28	92	45	39	53	4.6	12	30	360	
	1997	3383.9	5.02	10	52	31	84	32	41	50	8.5	18	37	350	
	1998	2494.8	4.76	13	31	26	78	43	26	40	4.0	9.1	29	290	
	1999	2337.0	4.92	10	25	19	53	28	23	27	2.4	6.7	11	190	
	2000	2114.3	4.85	28	44	31	110	30	38	76	7.0	15	57	410	
	2001	2483.4	4.83	14	38	23	82	37	31	57	6.8	10	18	300	
	2002	2268.1	4.67	18	48	29	100	48	32	60	7.8	8.1	16	350	
	2003	3007.4	4.64	19	80	30	87	62	42	60	7.0	10	20	400	
	2004	2829.9	4.63	20	100	31	96	65	57	56	9.5	14	23	450	
	2005	2590.9	4.54	23	74	38	140	74	56	61	8.3	17	29	500	
	2006	2982.5	4.62	17	43	39	130	71	32	67	4.2	11	29	420	
	2007	2736.7	4.39	19	51	41	130	110	38	67	3.7	11	29	480	
	**2008	2424.6	4.50	15	37	23	75	74	21	37	4.3	6.6	13	290	
	2009	2655.3	4.52	16	55	33	90	80	32	48	6.3	10	19	370	
	2010	2190.9	4.61	19	60	33	80	50	33	49	4.0	9	22	350	
2011	2823.3	4.81	14	42	34	90	40	28	49	7.7	10	24	324		
*****2012	1056.2	4.60	21	27	13	40	30	16	22	6.0	6	13	173		
人吉市	1991	2968.0	4.59	19	83	22	110	76	47	42	5.6	11	33	430	
	1992	1791.1	4.75	17	51	16	72	32	37	31	6.3	10	32	290	
	1993	4076.3	5.15	8.5	75	23	80	29	57	39	5.3	15	40	360	
	1994	1337.5	4.94	15	45	15	51	15	37	23	5.0	10	22	220	
	1995	2842.4	4.92	14	77	25	93	34	61	51	6.1	13	42	400	
	1996	2233.3	5.01	14	77	24	70	22	68	50	9.4	13	30	360	
	1997	2889.7	4.87	11	51	24	71	39	44	33	4.3	14	28	310	
	1998	2374.8	4.85	11	30	18	62	33	23	29	3.1	8.7	26	230	
	1999	2290.8	4.95	11	44	18	54	26	39	25	3.6	13	21	240	
	2000	1925.0	4.79	17	58	20	68	31	45	32	2.5	12	28	300	
	2001	1888.9	4.73	15	37	19	62	35	28	38	2.9	7.4	10	240	
	2002	2171.8	4.75	14	48	22	67	39	35	34	2.8	8.0	8.7	260	
	2003	2435.8	4.90	13	53	21	66	28	44	41	4.1	9.1	13	280	
	2004	2815.7	4.90	12	66	23	69	35	54	36	4.3	13	14	310	
	2005	2232.4	4.83	14	60	23	69	33	51	36	4.0	11	12	300	
	2006	2572.4	4.75	15	57	31	87	45	47	57	3.3	11	15	350	
	2007	1921.8	4.48	17	36	30	83	63	29	44	2.2	8.1	21	320	
	宇土市	2008	2389.6	4.55	16	38	25	72	65	29	35	2.8	8.0	13	290
		***2009	1446.2	4.44	19	36	23	52	53	29	29	1.6	7.7	11	240
		2010	1744.1	4.69	16	31	22	51	36	25	32	1.6	6.6	11	220
2011		2427.2	4.71	14	33	25	64	48	25	34	2.4	6.0	10	247	
2012		2106.8	4.70	16	44	23	60	42	36	34	2.6	8.8	11	261	

\*台風が影響したと考えられる降水試料を含めて計算した結果 \*\*欠測月（9月、10月）を含む \*\*\*欠測月（2月、3月）を含む  
 \*\*\*\*試料未回収を含む \*\*\*\*\*九州北部豪雨の影響による欠測月（2012年7月～2013年2月）を含む

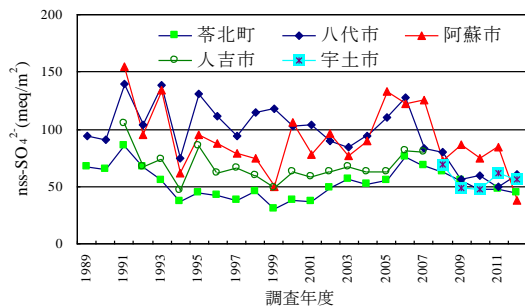


図5 nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>沈着量の推移

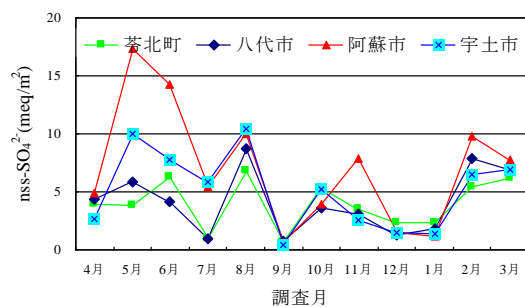


図6 nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間沈着量の推移(2011)

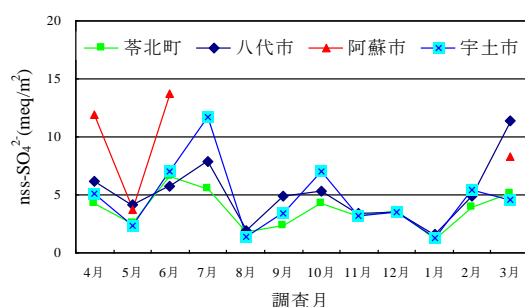


図7 nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間沈着量の推移(2012)

着量となった。

同共同研究によると、九州全域での降水中のイオン成分濃度が冬期には上昇する傾向にあり、九州北部は特に濃度が高くなる。このことから、冬季には季節風の影響を強く受けて大陸からの移流の影響を受けていると考えられ、光化学オキシダントとの関係を含めた解析を進める必要がある<sup>7)</sup>。併せて、本県では阿蘇山の火山活動に伴う火山性ガスの影響も認められることから、継続してpHやイオン成分等の動向を監視していく必要がある。

## 謝辞

本調査において、多大な御協力をいただいた苓北町企画政策課、八代市市民環境部環境課、熊本県阿蘇保健所及び同環境生活部環境保全課の関係各位に謝意を表します。

## 文献

- 1) 上野一憲, 松本依子, 北岡宏道; 熊本県保健環境科学研究所報, 41, 92 (2011) .
- 2) 松本依子, 緒方和博, 上野一憲, 今村 修; 熊本県保健環境科学研究所報, 37, 100 (2007) .
- 3) 全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部会 酸性雨全国調査実施要領 (平成 23, 24 年度)
- 4) 矢野弘道, 上野一憲, 木庭亮一, 植木 肇; 熊本県保健環境科学研究所報, 31, 78 (2001) .
- 5) 熊本県気象月報: 熊本地方気象台  
(<http://www.jma-net.go.jp/kumamoto/>)
- 6) 九州衛生環境技術協議会大気分科会九州・沖縄・山口地方酸性雨共同調査研究第1期調査報告書 (平成 21 年 3 月), 12.
- 7) 九州衛生環境技術協議会大気分科会九州・沖縄・山口地方酸性雨共同調査研究第1期調査報告書 (平成 21 年 3 月), 17.

## 7) 緑川下流左岸地域における井水中ふっ素濃度と井戸深度

小笹 康人

### はじめに

平成7年度から、県が実施した各種地下水質調査時にイオン成分等のデータを蓄積してきた。これを基にふっ素の濃度を、1kmメッシュごとに色区分し濃度分布状況を表した(図1)。これにより、阿蘇カルデラ内、緑川下流左岸地域等に、ふっ素の地下水に係る環境基準値(0.8 mg/l以下)を超える井戸が多く分布していることが判明し、ふっ素の地域偏在性が確認された<sup>1)</sup>。

緑川下流左岸地域の井水について、水質特性および地質分布と井戸深度に着目し、基準超過の原因を検討したので報告する。

### 調査方法

県内の井水中ふっ素(F)濃度の分布状況を表したメッシュ地図および井戸情報から、緑川下流左岸地域における基準超過井戸の詳細な分布範囲を特定した。

当該地域の水質をキーダイアグラム等で比較・解析し、ふっ素濃度基準超過井戸の特徴を求めた。

当該地域の地質断面図<sup>2)</sup>に調査井戸位置および井戸深度を重ね取水層を比較した。調査井戸のほとんどが民有井戸でストレナの位置が不明であるため、井戸底部までの複数の滞水層から取水していると仮定して、ふっ素濃度基準超過の原因を検討した。

本報では、使用したイオンクロマトグラフの機種の違いにより定量下限値に差異があったため、最も高い値の F:0.05 mg/l, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:0.1 mg/l, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>:0.03 mg/l, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:0.08 mg/l を定量下限値とした。

### 結果及び考察

緑川下流左岸地域(宇土市、熊本市富合町の一部)における62井戸(延べ69井戸)のふっ素濃度は、0.05~2.35 mg/l, 平均0.59 mg/lであった。ふっ素濃度基準超過井戸は、南北を緑川とJR三角線に挟まれ、東西は走潟町から国道3号線東側までの範囲に分布し、深度55mまでの井戸に見られた。その外側、雁回山山麓およびJR三角線より南側では基準超過井戸は見られず低い濃度であった。その分布状況を図2に示す。図中の縦横の線は地質断面線を示す。

当該地域の水質をキーダイアグラム(図3)で示す。

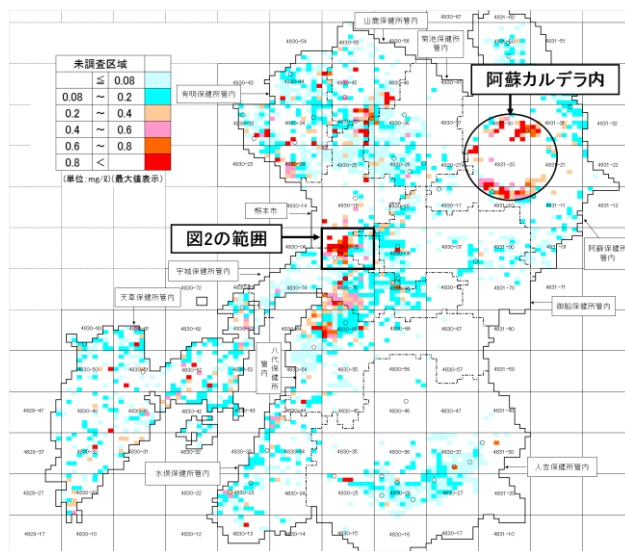


図1 県内の井水中のふっ素濃度分布状況

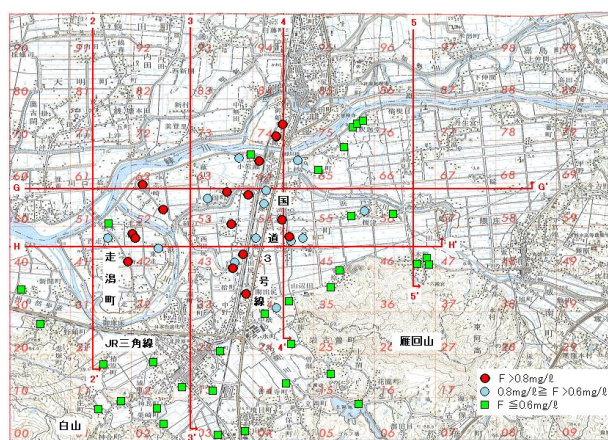


図2 緑川下流左岸地域の井水中のふっ素濃度分布

基準超過井水および基準値の約8割にあたる0.6 mg/lを超える井水のほとんどが、停滞性の水質を示す炭酸ナトリウム型(Ⅱ)で、一部が非炭酸ナトリウム型(Ⅳ)と中間型(Ⅴ)であった。さらに、基準超過井水はpH7.48~8.21と弱アルカリ性を示し、基準超過井水の35%にNH<sub>4</sub><sup>+</sup>が検出された。その濃度範囲は0.11~2.21 mg/lであった。

一方、炭酸カルシウム型(Ⅰ)、非炭酸カルシウム型(Ⅲ)およびⅢ型に近い中間型(Ⅴ)を示した井水のふっ素濃度は、0.05~0.46 mg/l, 平均0.11 mg/lと低い



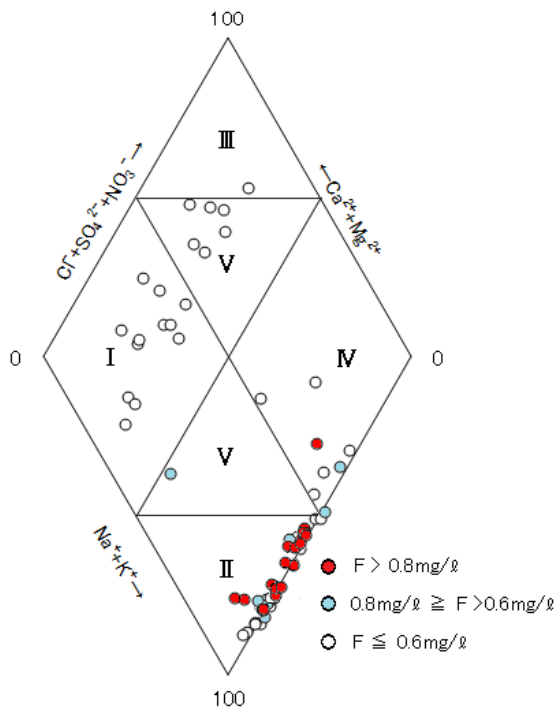


図3 緑川下流域左岸地域の水質

濃度であった。pHは5.94～7.50で弱酸性から中性を示し、これらの井水の多くが雁回山および白山山麓に分布していた。

緑川下流左岸地域は低地堆積物、有明粘土層の沖積層が広がる熊本平野南部に位置する。下位の地層には島原海湾層、託麻砂礫層、Aso-4およびAso-3火砕流堆積物が分布している。当該地域の地下水は有明粘土層が難透水性を示し、上位の低地堆積物層中に自由地下水を賦存させ、下位の島原海湾層中に賦存する地下水を被圧地下水としている。

東西方向のG-G'およびH-H'断面図に、その周辺の調査井戸を配置し、それぞれの井戸深度とふっ素濃度を重ね表示した(図4)。同様に、南北方向の3-3'および4-4'断面図に重ね表示した(図5)。

G-G'断面図から難透水性である有明粘土層中に掘削された井戸が存在していることがわかった。有明粘土層は約9千年前に形成された粘土層や砂層、火山灰層から成る未～弱固結の軟弱地質である。この厚い粘土層の間に挟まれた、やや透水性の良い砂層や火山灰層などの部分から、浅層地下水が取水できると考えられた。

G-G'断面図中の調査井戸深度は20～40 mで、すべて有明粘土層、島原海湾層または託麻砂礫層までの掘

削井戸である。これらの井水はすべて炭酸ナトリウム型(II)に属する水質を示し、ふっ素濃度が0.42 mg/l、0.59 mg/lの2井戸を除き、基準超過または0.6 mg/lを超える濃度であった。

H-H'断面図では、Aso-4層上部に達する井戸深度55 mまでの井戸では、多くが基準超過を示したが、深度100 m以上の井戸では基準超過はなかった。また、有明粘土層、島原海湾層の層厚が薄く、揚水管の大部分が御船層群中にある井戸では、濃度は0.11～0.18 mg/lと低かった。さらに、御船層群の高まりより東側ではAso-4より下位の地層に達する井戸でも、ふっ素濃度は0.12～0.15 mg/lと低かった。

3-3'断面図中、JR三角線の南側は有明粘土層、島原海湾層の端にあたり、これらの層が分布しないか薄い層で分布しているため、下位のAso-4が地表近くに分布している。よって、この周辺に位置する井戸は30～50 mの比較的浅い井戸深度であるが、いずれも揚水管の大部分がAso-4、Aso-4/3に掛かっている状況である。

すなわち、この周辺の井戸は有明粘土層、島原海湾層からの取水割合が少なく、Aso-4およびその下位の地層からの取水が多いと考えられた。ふっ素濃度は0.05～0.3 mg/lと低く、水質は炭酸カルシウム型(I)、中間型(V)であった。

4-4'断面図中に表示した、有明粘土層および島原海湾層からの取水と考えられる井戸深度15～30 mの調査井戸では、多くがふっ素濃度基準超過を示した。

南側に位置する揚水管の大半が御船層群に掛かる井戸では、ふっ素濃度は0.6 mg/l以下であった。しかし、井戸深度がAso-4あるいは御船層群に届くものの、揚水管の大部分が有明粘土層、島原海湾層にある井戸では、0.6 mg/lを超える濃度であった。

キーダイアグラムによる水質区分と各断面図における調査井戸深度から、炭酸カルシウム型(I)、非炭酸カルシウム型(III)および中間型(V)を示すこれらの井水は、多くが御船層群、大岳火山岩類中およびAso-4以深に掘削された井水であった。

これらのことから、調査井戸のストレーナ位置と数が判明しないものの、ふっ素基準超過井戸の分布状況と井戸深度範囲から推測すると、有明粘土層、島原海湾層および託麻砂礫層のいずれか、あるいはこれら全ての層からの取水が、高濃度ふっ素の原因と考えられた。このことは、これらの地層の端に当たり層厚が薄く、これらの地層からの取水割合が小さいと考えられる井戸では、ふっ素濃度が基準を超えることはなかったことから支持された。

### まとめ

ふっ素は土壤や岩石中に 200～500 mg/kg 程度含まれ、特に海成堆積層、火山性地層に多く含まれている。ふっ素は、アルミニウム錯体やヒドロキシフルオロアパタイト<sup>3)</sup>として土壤に強く吸着されているが、土壤還元化によりふっ素の溶出率の増大<sup>4)</sup>が報告されている。

また、帯水層中に雲母粘土鉱物が存在する場合、水質は還元的になりアルカリ性環境となる深層地下水には、ふっ素が溶出し易くなると報告されている<sup>5)</sup>。

以前報告された当該地域を含む1市6町におけるヒ素検出原因究明調査報告書<sup>6)</sup>において、当該地域には

停滞的で還元状態の地下水が分布していると報告されている。本報においても、基準超過の井水は停滞性の炭酸ナトリウム型(Ⅱ)を示すとともに弱アルカリ性の水質であった。さらに基準超過井水の35%にNH<sub>4</sub><sup>+</sup>が0.11～2.21 mg/lの濃度で検出された。このことから、停滞性および還元状態の地下水環境、弱アルカリ性の水質であることが判明した。

当該地域の地質図に、ふっ素基準超過井戸の分布と井戸深度を重ね解析した結果、有明粘土層、島原海湾層および託麻砂礫層のいずれか、あるいは全ての層からの取水が、高濃度ふっ素の原因と考えられた。

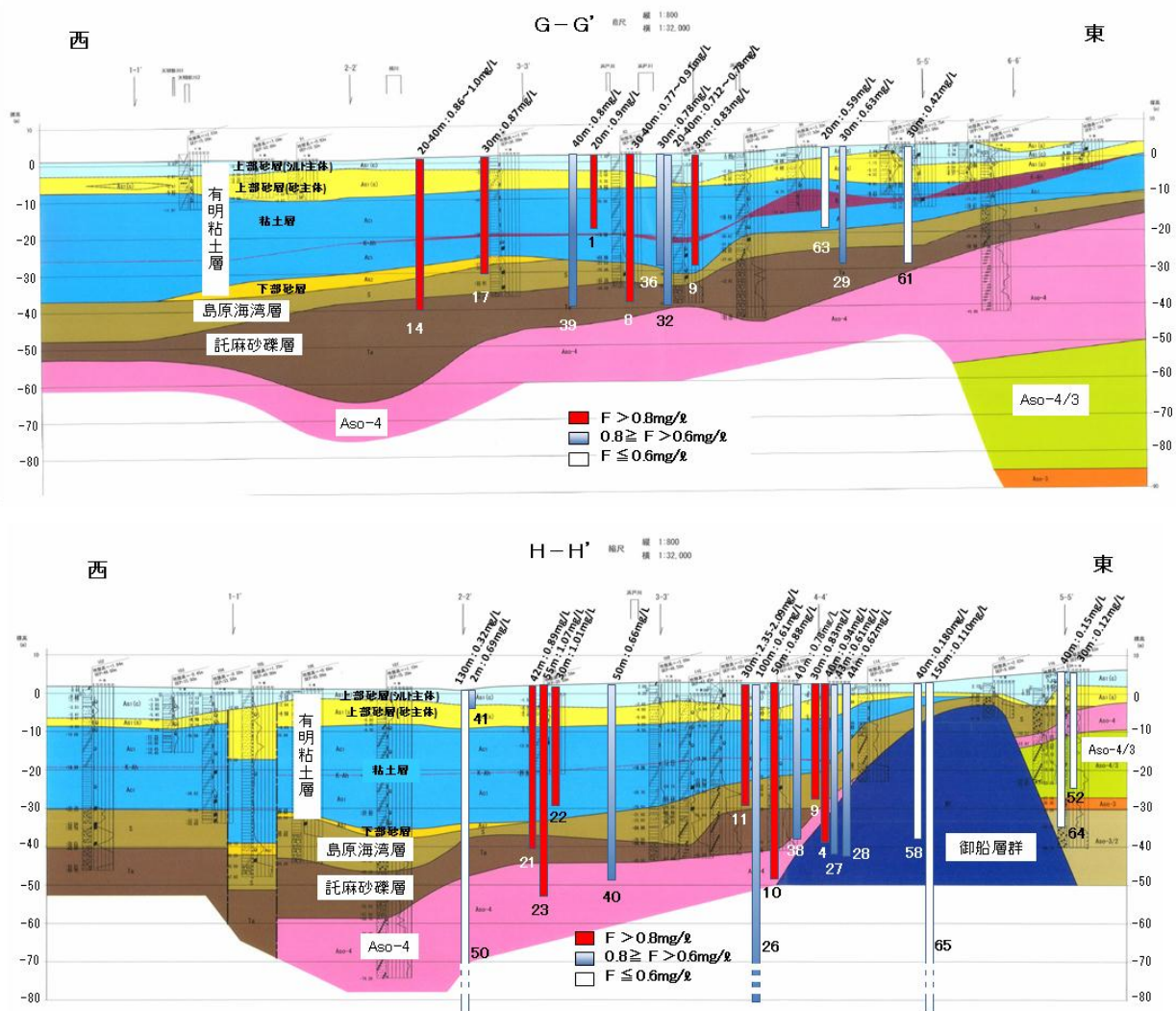


図4 地質断面図(G-G', H-H')と調査井戸の深度とふっ素濃度

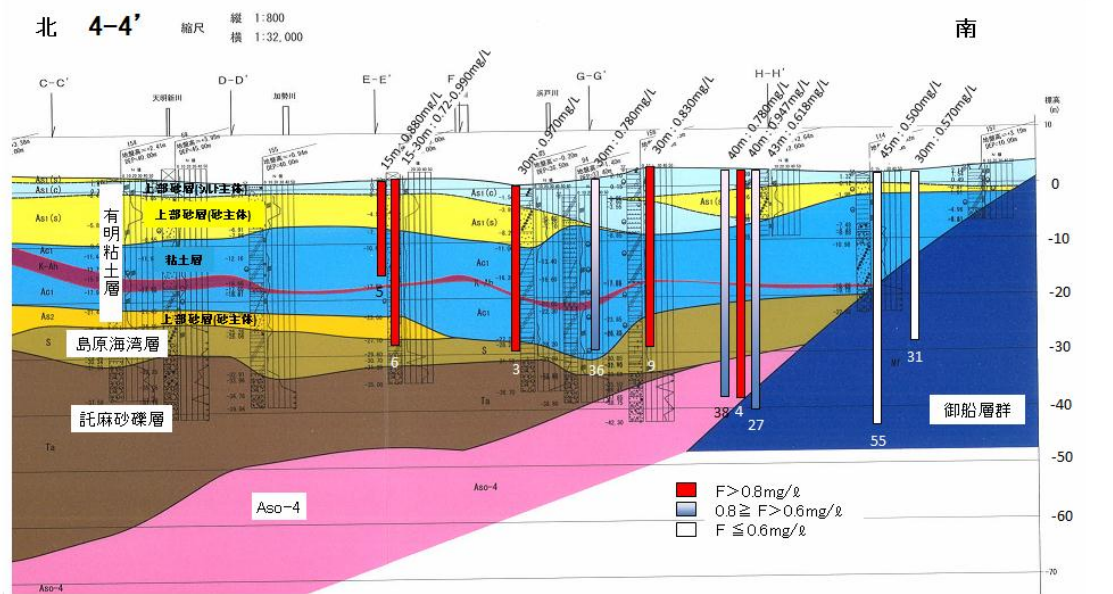
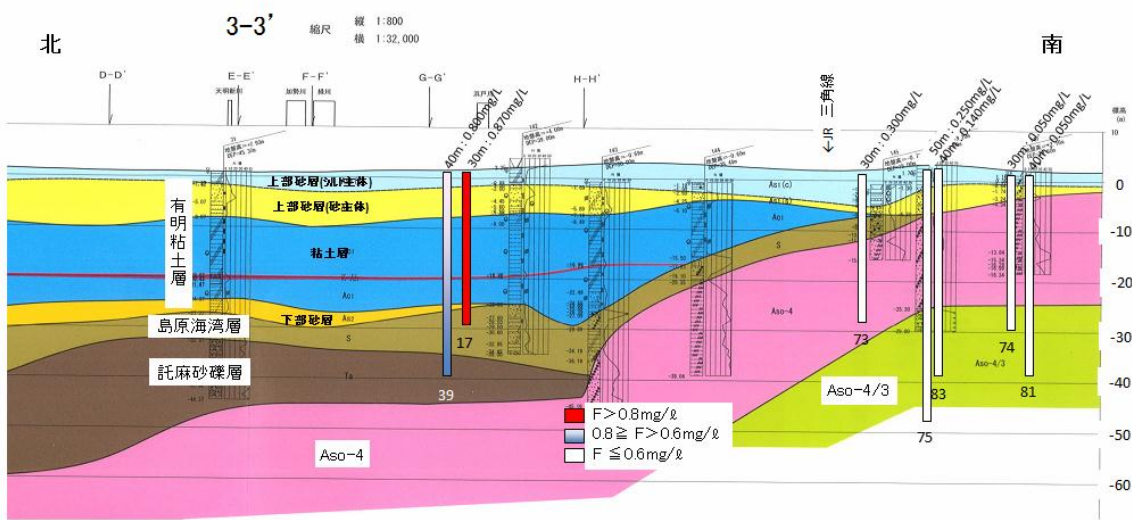


図5 地質断面図(3-3', 4-4')と調査井戸の深度とふっ素濃度

### 謝 辞

本報で記述、表示した当該地域の地質分布状況および断面図は、社)熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会編「熊本市周辺地盤図」から引用させていただいた。

また、本報の執筆に当たり環境立県推進課嘱託田中伸廣氏に詳細な地質情報や助言をいただいた。併せてここにお礼申し上げます。

### 文 献

- 1) 小笹康人：熊本県保健環境科学研究所報，33，43-48(2003)。
- 2) 社)熊本県地質調査業協会 地盤図編纂委員会編「熊本市周辺地盤図」，2003年。
- 3) 熊本県保健環境科学研究所：「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」，平成21年。
- 4) 結田康一：「ヨウ素およびフッ素の土壌・地下水系における分布と移行」，KURRI-KR，(1999)。
- 5) 島田允堯：応用地質技術年報，30，3-29(2011)。
- 6) 熊本県環境公害部環境保全課：地下水に係ると素検出原因究明調査について，平成4年3月。