

## 5) 熊本県下における放射能調査(平成23年度)

村岡 俊彦 豊永 悟史 北岡 宏道

### はじめに

本研究所(宇土市)では平成元年度より科学技術庁(現文部科学省)の委託を受け環境放射能水準調査を実施している<sup>1)</sup>。平成23年度の調査結果を取りまとめたので報告する。

### 調査方法

調査対象は一昨年度<sup>2)</sup>と同様である。測定方法は「放射能水準調査委託実施計画書(平成23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, 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及びキャンベラジャパンDSA-1000をそれぞれ用いた。

### 調査結果

宇土市における空間放射線量率調査と全ベータ放射能測定調査の結果を表1に示した。空間線量率調査結果は過去の値と同程度であった。また全ベータ放射能調査結果については、測定した25検体中3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2,3に示した。25検体の測定

を実施し,人工放射性核種を実施し,人工放射性核種として<sup>134</sup>Csが,大気浮遊じん,降水物及び茶から調査開始以来初めて検出された。

また,同じく人工放射性核種である<sup>131</sup>Iが平成23年3月に引き続いて降水物から検出された。これらの半減期は<sup>134</sup>Csが2年,<sup>131</sup>Iが8日であることから考えると,平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う福島原子力発電所の事故(以下「福島原発事故」という)の影響と推測された。

ただし,<sup>134</sup>Cs,<sup>131</sup>Iの検出は大気浮遊じんが第一四半期(4~6月採取分),降水物が4月採取分のみであり,以降は検出されていないことから福島原発事故の影響は一時的なものと思われた。

人工放射性核種である<sup>137</sup>Csも,大気浮遊じん,降水物,土壌及び茶から検出された。大気浮遊じんについては初の検出であり,<sup>134</sup>Cs同様福島原発事故の影響と推定された。一方,降水物,土壌及び茶はいずれも過去の検出値の範囲内の値であった。<sup>137</sup>Csの半減期は30年であることから,降水物,土壌及び茶については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。また,降水物からは7月以降検出されなかった。

なお,今回<sup>134</sup>Csが初めて検出されたが,月間降水物,荒茶では福島原発以前に検出された<sup>137</sup>Cs濃度よ

表1 モニタリングポストによる空間放射線量率調査及び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	空間放射線量率 (nGy/h)			全ベータ放射能 <sup>2)</sup>				
	最低値	最高値	平均値	降水量 (mm)	測定数 (回)	最低値 (Bq/ )	最高値 (Bq/ )	月間降水量(最高値) (MBq/km <sup>2</sup> )
平成23年 4月	26	38	28	-	-	-	-	-
5月	26	37	28	-	-	-	-	-
6月	25	52	29	-	-	-	-	-
7月	26	69	28	-	-	-	-	-
8月	25	49	27	-	-	-	-	-
9月	26	37	27	-	-	-	-	-
10月	26	42	28	-	-	-	-	-
11月	26	38	28	-	-	-	-	-
12月	26	39	28	-	-	-	-	-
平成24年 1月	26	57	28	32.5	6	ND	7.0	25
2月	26	50	29	158.2	11	ND	ND	ND
3月	26	63	29	199.3	8	ND	1.4	4.7
年間値	25	69	28	390.0	25	ND	7.0	ND~25
平成12~22年度の値 <sup>1)</sup>	21	78	28	平成元~22年度の値	ND	7.4	ND~40	

1:平成11年度以前は測定単位が異なる。

ND:不検出(測定値が計数誤差の3倍未満)

2:平成23年3月18日より平成23年12月27日まで福島原発事故に伴うモニタリング強化を実施したため欠測。

表2 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	平成23年度		平成元~22年度		平成23年度		平成元~22年度		単位
				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23年4月 ~平成24年3月	4	ND	0.050	ND	ND	0.045	ND	ND	ND	mBq/m <sup>3</sup>
月間降下物	宇土市	平成23年4月 ~平成24年3月	12	ND	0.12	ND	0.36	ND	0.11	ND	ND	MBq/km <sup>2</sup>
蛇口水	宇土市	平成23年6月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	mBq/
土壌 (草地)	西原村	0~5cm	1	40	36	96	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/kg乾土
		5~20cm	1	16	9.6	20	ND	ND	ND	ND	ND	MBq/km <sup>2</sup>
精米	合志市	平成23年10月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/kg乾土
		平成23年5月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	MBq/km <sup>2</sup>
野菜	合志市	平成23年5月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/kg精米
		平成23年5月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/kg生
荒茶	御船町	平成23年5月	2	0.20	0.54	ND	1.4	0.18	0.30	ND	ND	Bq/kg乾物
原乳	あさぎり町	平成23年5月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/

ND:不検出(測定値が計数誤差の3倍未満)

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>131</sup>I, <sup>40</sup>K)

試料名	調査地点	採取年月	検体数	平成23年度		平成元~22年度		平成23年度		平成元~22年度		単位
				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23年4月 ~平成24年3月	4	ND	ND	ND	ND	0.057	0.093	ND	ND	mBq/m <sup>3</sup>
月間降下物	宇土市	平成23年4月 ~平成24年3月	12	ND	0.31	ND	1.1	0.66	2.8	ND	ND	MBq/km <sup>2</sup>
蛇口水	宇土市	平成23年6月	1	ND	ND	ND	ND	130	260	120	260	mBq/
土壌 (草地)	西原村	0~5cm	1	ND	ND	ND	ND	250	240	240	290	Bq/kg乾土
		5~20cm	1	ND	ND	ND	ND	2500	4000	4000	8000	MBq/km <sup>2</sup>
精米	合志市	平成23年10月	1	ND	ND	ND	ND	210	180	230	230	Bq/kg乾土
		平成23年5月	1	ND	ND	ND	ND	14000	15000	15000	15000	MBq/km <sup>2</sup>
野菜	合志市	平成23年10月	1	ND	ND	ND	ND	21	5	33	33	Bq/kg精米
		平成23年5月	1	-	-	-	-	71	65	100	100	Bq/kg生
荒茶	御船町	平成23年5月	1	-	-	-	-	230	140	320	320	Bq/kg生
		平成23年5月	2	-	-	-	-	480	540	480	790	Bq/kg乾物
原乳	あさぎり町	平成23年5月	1	ND	ND	ND	ND	50	49	53	53	Bq/

ND:不検出(測定値が計数誤差の3倍未満) - -:分析対象外核種

りも低く(表2), 極微量レベルであった。

土壌(草地)の表層部(0~5cm, 40Bq/kg乾土)は平成22年度と同レベルであり, 全国的に見て高いレベルに位置している(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: 0.87~50Bq/kg乾土)<sup>3)</sup>。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, <sup>40</sup>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, <sup>40</sup>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て平成23年3月18日より平成23年12月27日まで, モニタリング強化として宇土市で採取した上水及び24時間の定時降下物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毎日行ったが, 人工放射性核種は検出されなかった。

また空間放射線量率調査についても福島原発事故以降も, 過去の値の範囲内で推移していた。

### ま と め

平成23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はともに過去の値とほぼ同程度であり, 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, 本県初となる<sup>134</sup>Csが検出され, <sup>131</sup>Iも平成23年3月に引き続いて検出された。これらは, 福島原発事故の影響と推定された。

ただし, <sup>134</sup>Cs, <sup>131</sup>Iの検出は, 毎月モニタリングを行っている降下物において, 4月採取分のみでの検出であり, 以降は検出されていないことから福島原発事故の影響は一時的なものと考えられた。

### 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) 豊永悟史, 上野一憲, 北岡宏道: 熊本県保健環境科学研究所報, 40, 66-67 (2010).
- 3) (財)日本分析センター: 環境放射線データベース <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*

## 6) 熊本県の酸性雨長期モニタリング調査結果 (2010 年度)

### - 県内 4 地点における降水試料調査結果 -

上野 一憲 豊永悟史 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。調査開始以来、既報<sup>2)</sup>のとおり採取装置の変更が行われた。人吉市での調査は 2007 年度で終了し、宇土市(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 2010 年度の調査結果について報告する。

#### 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(平成 22 年度)の別表平成 22 年度月割り表<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

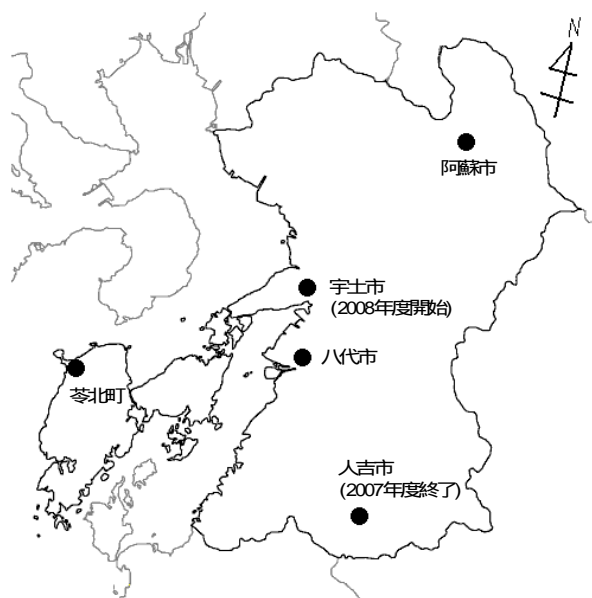


図 1 調査地点

下「EC」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

表 1 苓北町・八代市・阿蘇市・宇土市におけるイオン成分総括表

調査地点	pH	EC μS/cm	Cl <sup>-</sup> μg/m	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> μg/m	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> μg/m	H <sup>+</sup> μg/m	Na <sup>+</sup> μg/m	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μg/m	K <sup>+</sup> μg/m	Mg <sup>2+</sup> μg/m	Ca <sup>2+</sup> μg/m	年間降水量 mm	
苓北町 <sup>*</sup> n=37	平均	4.78 (4.52)	25 (25)	2.9 (2.7)	1.1 (0.97)	2.0 (1.9)	0.017 (0.030)	1.7 (1.5)	0.30 (0.25)	0.18 (0.14)	0.21 (0.19)	1474.6	
	最高	6.41	725	100	38	40	0.14	61	4.4	5.4	8.3	14	
	最低	3.85	8.1	0.35	0.31	0.86	0.00039	0.19	0.030	0.035	0.020	0.036	(1700.2)
八代市 n=47	平均	4.89 (4.61)	15 (17)	1.0 (0.99)	1.1 (1.0)	1.6 (1.7)	0.013 (0.024)	0.60 (0.56)	0.41 (0.38)	0.049 (0.053)	0.077 (0.071)	0.21 (0.21)	2004.0
	最高	6.43	408	43	61	46	0.14	24	13	1.9	4.1	20	(1715.7)
	最低	3.85	5.4	0.12	0.28	0.47	0.00037	0.059	0.117	0.012	0.007	0.026	
阿蘇市 n=48	平均	4.61 (4.52)	19 (16)	0.98 (0.73)	0.95 (0.76)	1.7 (1.6)	0.025 (0.030)	0.35 (0.27)	0.41 (0.32)	0.072 (0.092)	0.053 (0.047)	0.20 (0.15)	2190.9
	最高	6.62	130	12	17	17	0.17	7.5	9.3	2.1	1.1	4.2	(2655.3)
	最低	3.77	5.2	0.20	0.12	0.43	0.00024	0.019	0.046	0.015	0.0040	0.018	
宇土市 n=44	平均	4.69 (4.44)	16 (19)	0.64 (0.88)	0.79 (1.0)	1.4 (1.7)	0.021 (0.037)	0.33 (0.47)	0.33 (0.36)	0.035 (0.043)	0.046 (0.065)	0.13 (0.15)	1744.1
	最高	6.20	290	11	38	37	0.22	6.2	14	1.0	1.4	7.3	(1446.2)
	最低	3.66	5.0	0.087	0.00	0.38	0.00063	0.020	0.12	0.000	0.0035	0.014	

注) n : 検体数。平均は加重平均。( ) 内 : 2009 年度の成分平均濃度及び降水量。

\* : 検体未回収 (2011 年 3 月 7 日 ~ 3 月 28 日)

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。

### 調査結果及び考察

#### 1 前年度との比較

表1に2010年度の調査4地点におけるイオン成分総括表を示した。降水量は貯水量から算出した。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。

2010年度の年間降水量は、苓北町及び阿蘇市において前年度より225.6mm及び464.4mm減少した。苓北町においては、3月7日～3月28日の期間に試料回収が行われなかったため、イオン成分濃度に降水量を乗

じた沈着量については過小評価となった。八代市及び宇土市においては前年度より288.3mm及び297.9mmと増加した。調査4地点とも、過去3年間の平均降水量(苓北町：1754.7、八代市：2117.0mm、阿蘇市：2423.6mm、宇土市：1860.0mm)より少ない傾向にあった。

pHの年平均値は、苓北町で4.78、八代市で4.89、阿蘇市で4.61、宇土市で4.69と、4地点とも前年度より2.0～6.1%高いpHを示した。

ECの年間平均値は、苓北町で前年度と同じ25µS/cmで、4地点では最も高かった。次いで高かったのは阿蘇市で19µS/cmと前年度より3µS/cmと増加した。一方、八代市で15µS/cm、宇土市で16µS/cmと2～3µS/cm減少した。

表2 苓北町・八代市・阿蘇市・宇土市における月平均(加重平均)pH及びECと月別イオン成分沈着量

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>	
苓北町	4月	4	122.4	4.99	18	7.1	1.6	4.2	1.3	5.9	2.6	0.61	1.5	1.3	26	
	5月	5	242.7	5.49	15	12	2.8	7.1	0.77	11	2.4	1.5	3.0	6.5	48	
	6月	4	404.1	5.13	9.8	5.2	3.8	9.6	3.0	4.9	7.1	1.3	0.86	1.7	40	
	7月	3	203.0	4.74	17	7.3	2.5	5.9	3.7	6.2	2.5	0.42	1.3	0.64	30	
	8月	3	73.2	4.58	25	4.1	1.1	3.5	1.9	3.5	1.3	0.20	0.85	0.54	17	
	9月	4	87.1	4.51	26	5.3	1.5	3.7	2.7	4.5	1.3	0.14	1.0	0.39	20	
	10月	2	127.3	4.58	19	4.1	1.0	4.4	3.3	3.3	0.88	0.13	0.65	0.31	18	
	11月	3	49.5	4.59	41	7.7	1.4	3.1	1.3	7.1	0.89	0.21	1.7	1.1	25	
	12月	3	116.8	4.33	86	48	5.4	13	5.4	43	3.0	1.1	10	4.2	133	
	1月	2	1.5	4.01	582	1.9	0.51	0.69	0.14	1.9	0.11	0.054	0.49	0.56	6.3	
	2月	3	25.6	4.89	83	9.1	2.3	3.7	0.33	8.6	1.5	0.90	2.1	2.6	31	
	*3月	1	21.4	4.68	84	8.0	2.5	2.4	0.44	7.9	1.2	0.32	2.0	1.4	26	
	合計	37	1474.6				120	26	61	24	110	25	6.9	26	21	420
	八代市	4月	4	196.6	4.80	16	4.5	2.7	6.2	3.1	3.7	3.8	0.21	0.90	1.9	27
5月		6	243.8	5.27	17	4.0	3.1	6.0	1.3	3.6	4.2	0.38	1.2	4.6	28	
6月		4	543.5	5.10	19	5.6	8.1	15	4.3	4.6	14	0.33	0.98	2.0	55	
7月		4	466.1	5.09	11	6.9	3.5	6.8	3.7	5.8	4.9	0.33	1.08	0.82	34	
8月		4	88.9	4.67	14	2.2	1.9	4.0	1.9	2.1	3.0	0.092	0.51	0.82	16	
9月		4	81.3	4.77	26	2.9	1.2	2.2	1.4	2.6	1.2	0.098	0.57	0.51	13	
10月		4	117.3	4.69	13	1.6	1.6	4.0	2.4	1.4	2.6	0.048	0.25	0.51	14	
11月		6	49.8	4.51	11	3.9	2.7	4.3	1.5	3.7	2.6	0.17	1.0	2.3	22	
12月		4	101.9	4.52	34	21	4.9	8.8	3.1	19	4.0	0.55	4.7	4.2	71	
1月		1	7.3	4.08	29	1.3	1.1	1.6	0.61	1.3	0.91	0.070	0.37	0.76	8.0	
2月		3	55.5	4.55	19	2.4	1.7	4.1	1.6	2.3	2.8	0.18	0.53	1.1	17	
3月		3	51.9	4.76	19	1.9	1.7	2.7	0.90	1.7	1.8	0.084	0.47	1.4	13	
合計		47	2004.0				58	34	66	26	52	45	2.5	13	21	320
阿蘇市		4月	4	306.8	4.51	17	7.1	1.6	7.4	9.4	1.5	3.6	0.15	0.42	0.93	32
	5月	6	312.0	4.61	19	7.5	4.8	13	7.6	2.0	7.1	0.77	1.5	7.3	52	
	6月	4	396.0	4.57	18	7.4	5.5	12	11	1.3	9.4	0.41	0.37	1.2	48	
	7月	4	387.5	4.69	14	4.9	3.9	11	7.8	2.9	5.4	0.39	0.65	1.1	40	
	8月	3	93.2	4.51	26	2.5	3.0	5.2	2.8	2.0	4.1	0.24	0.46	0.77	21	
	9月	4	112.5	4.80	15	2.6	1.8	3.2	1.8	1.9	2.5	0.41	0.40	0.60	15	
	10月	4	163.6	4.81	11	1.5	0.97	3.4	2.5	0.81	1.5	0.18	0.13	0.31	11	
	11月	6	83.6	4.55	22	1.9	1.4	3.3	2.3	1.4	1.7	0.13	0.39	1.0	14	
	12月	4	135.9	4.62	31	12	4.1	7.6	3.3	10	4.1	0.43	2.6	3.5	48	
	1月	2	9.4	4.66	63	2.1	1.4	1.6	0.20	1.9	1.2	0.19	0.55	0.98	10	
	2月	4	100.8	4.44	35	8.7	2.7	6.2	3.6	5.5	4.5	0.43	1.5	2.5	36	
	3月	3	89.6	4.69	21	2.0	2.4	4.7	1.8	1.4	4.3	0.28	0.46	1.3	19	
	合計	48	2190.9				60	33	80	50	33	49	4.0	9.5	22	350
	宇土市	4月	4	193.4	4.64	15	3.6	1.9	5.5	4.4	2.6	3.0	0.16	0.64	0.93	23
5月		6	239.5	5.09	9.1	2.5	2.3	5.0	1.9	2.0	3.6	0.14	0.80	3.2	22	
6月		4	537.8	4.86	10	2.8	4.5	11	7.4	1.5	9.1	0.33	0.58	1.2	38	
7月		4	203.0	4.98	8.8	2.6	1.3	2.8	2.1	1.9	1.9	0.12	0.38	0.26	13	
8月		3	107.3	4.56	19	1.6	1.6	3.7	2.9	1.3	2.7	0.071	0.31	0.38	15	
9月		4	85.4	4.53	22	2.4	1.3	3.2	2.5	2.0	2.2	0.072	0.42	0.21	14	
10月		4	96.4	4.51	17	0.94	0.37	3.0	2.9	0.48	1.0	0.031	0.10	0.13	9.0	
11月		6	59.9	4.32	36	2.3	2.0	3.8	2.9	1.9	1.8	0.11	0.55	1.3	17	
12月		4	101.6	4.37	40	9.8	4.1	6.5	4.3	8.8	3.0	0.31	2.2	2.2	41	
1月		2	6.8	4.05	83	0.80	0.77	1.2	0.60	0.7	0.69	0.039	0.22	0.50	5.5	
2月		4	53.8	4.41	28	1.2	1.2	3.4	2.1	0.94	2.2	0.16	0.26	0.70	12	
3月		3	59.1	4.52	18	0.64	0.73	2.1	1.8	0.42	0.85	0.025	0.10	0.21	6.8	
合計		48	1744.1				31	22	51	36	25	32	1.6	6.6	11	220

\*検体未回収あり

イオン成分のうち、主に海塩由来成分である $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 及び $\text{Mg}^{2+}$ の年平均濃度は苓北町が最も高く、前年度値よりそれぞれ7.4, 13, 11%の増加であった。また、他の3地点については、八代市が1.0, 7.1, 8.5%, 阿蘇市が34, 30, 13%の増加で、宇土市が27, 30, 29%の減少であった。

降水の酸性化物質である $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 及び $\text{SO}_4^{2-}$ の年平均濃度は、前年度値よりそれぞれ苓北町が7.4, 13, 5.3%, 八代市が1.0, 10, -5.9%, 阿蘇市が34, 25, 6.3%, 宇土市が-27, -21, -18%の増減であった。宇土市を除く3地点について、 $\text{NO}_3^-$ の増加が見られた。

## 2 経月変化

表2に調査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、図2に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。

月別平均pHでは、苓北町の1月が4.01と最も低く、阿蘇市を除く3地点でも1月がともに年間で最低であった。2010年度の降水量は4地点とも1月が最も少なく10mmに満たなかったことと、冬期の暖房等化石燃料使用量増加や気象の影響と考えられた。阿蘇市は季節変動が少なかった。

本県では6月と7月に梅雨前線の影響を受けて降水量が1年の4~5割を占める。2010年度もこの期間に大雨の日が続き、6月と7月の合計降水量は苓北町で646.8mm、八代市で1009.6mm、阿蘇市で783.5mm、宇土市で740.8mm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この影響で4地点とも6月と7月が多かった。4地点の年間沈着量を比較すると苓北町が420meq/m<sup>2</sup>と最も多く、次いで、阿蘇市350meq/m<sup>2</sup>、八代市320meq/m<sup>2</sup>、宇土市220meq/m<sup>2</sup>の順であった。

苓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、 $\text{Cl}^-$ 及び $\text{Na}^+$ の沈着量が他の地点に比べて非常に多い。またこれら2成分の沈着量だけで年間総沈着量の約1/2を占めた。特に冬季の季節風の影響を受けやすい苓北町は、表2に示すとおり12月が他の地点に比べ倍以上の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3に苓北町、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2010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3に

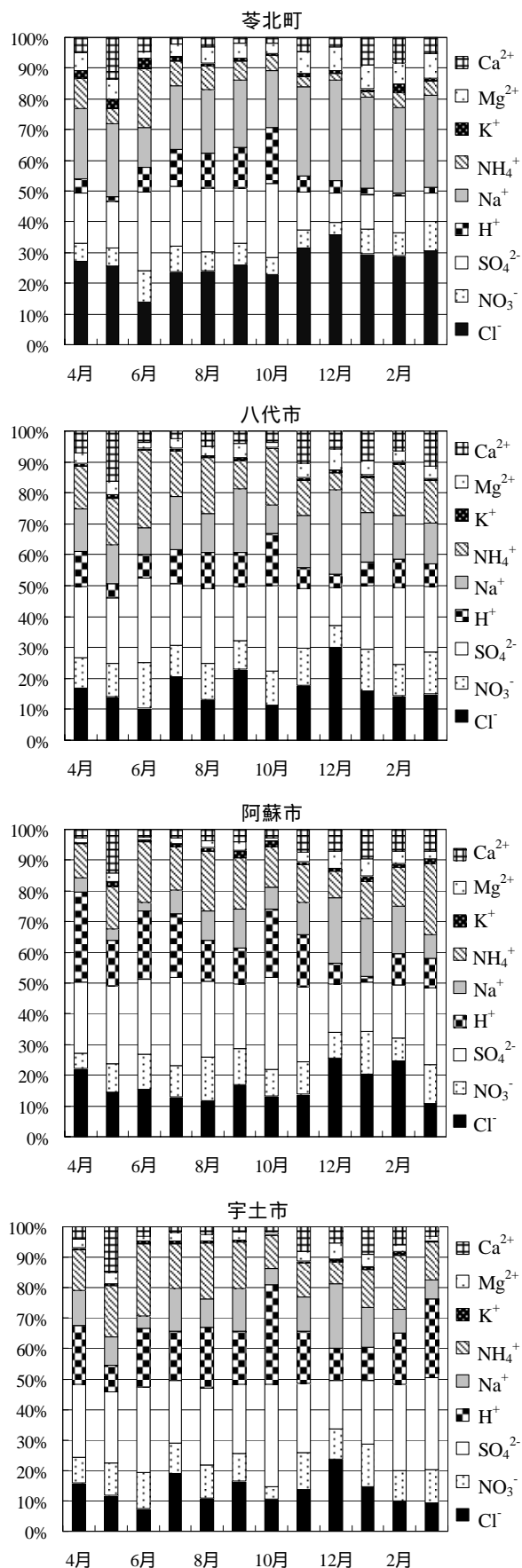


図2 苓北町・八代市・阿蘇市・宇土市における月間沈着量に対する各イオン成分沈着量の割合

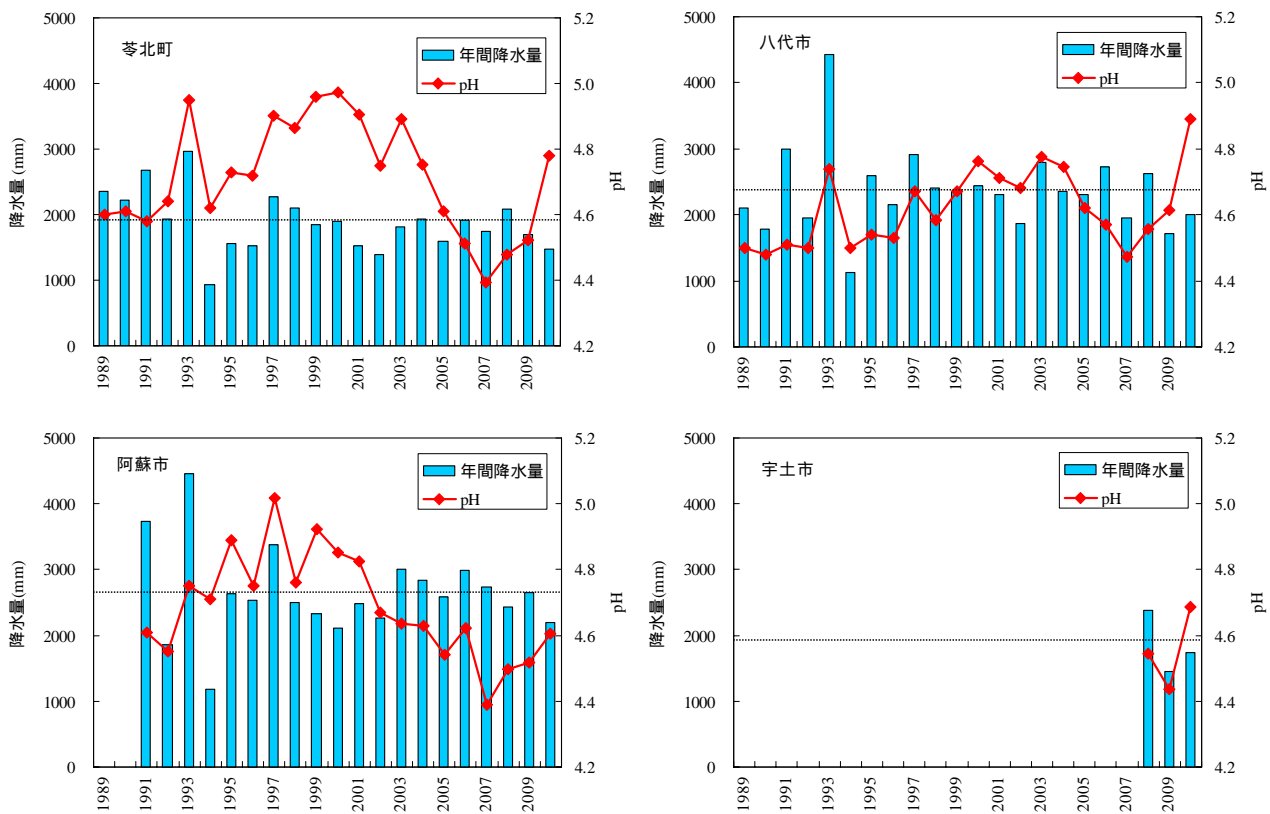


図3 苓北町・八代市・阿蘇市・宇土市における年間降水量及び年平均 pH の推移  
点線：調査開始年度から 2010 年度までの平均降水量

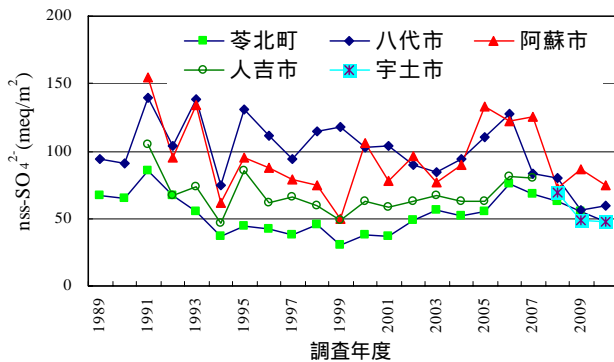


図4 nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>年間沈着量の経年推移

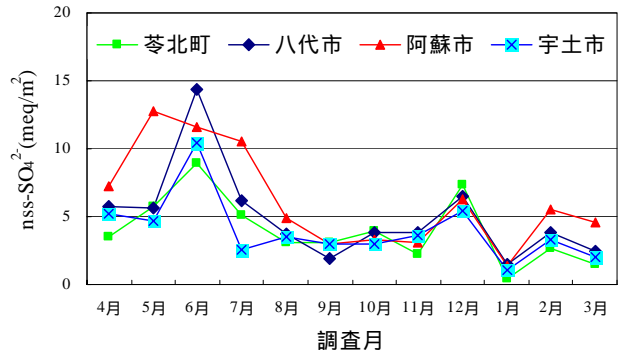


図5 nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間沈着量の経月推移

年間降水量及び平均 pH の推移を示した。2010 年度の平均 pH は、4 つの全調査地点において前年度より約 0.09 ~ 0.28 高かった。2000 年度以降、苓北町、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た。

降水の酸性化成分である SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> について、海塩由来の ss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> を除いた非海塩性成分の nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 年間沈着量の経年推移を図 4 に示した。調査開始から 2005 ~ 2007 年度までは苓北町及び人吉市については多少の増減を

繰り返しながら推移し、一方八代市及び阿蘇市については高めに推移した。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、nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 月間沈着量の経月推移を図 5 に示した。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、月間降水量が最も多い 6 月がピークとなった。一方、阿蘇市は 5 ~ 7 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、nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 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>5)</sup>。

同共同研究によると、九州全域での降水中のイオン成分が冬期には九州北部を中心に高いことから、季節風の影響を強く受けて大陸からの移流の影響も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>6)</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ことが望まれる。

#### 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, 40, 58 (2010) .
- 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22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) 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 .
- 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), 17 .



表3 苓北町・八代市・阿蘇市・人吉市・宇土市におけるイオン成分年間沈着量の推移

調査地	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>
苓北町	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	
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	
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
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
2008	2389.6	4.55	16	38	25	72	65	29	35	2.8	8.0	13	290	
宇土市	***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	

\*台風が影響したと考えられる降水資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

## 7) 熊本県宇土市における A 領域及び B 領域紫外線量(平成 22, 23 年度)

林 英明 豊永 悟史

### はじめに

太陽光線のうち、生物に有害な B 領域紫外線（以下「UV-B」という。）は成層圏にあるオゾン層で吸収される。このオゾン層は成層圏まで上昇したフロンガス等によって破壊されることが知られている。このため、フロンガス等の大気中濃度が上昇すれば、オゾン量が減少し、UV-B の地表への到達量が増加することが懸念されている。UV-B の増加は、皮膚ガンの増加、免疫機能や生態系への悪影響をもたらすと言われている<sup>1~3)</sup>。

本所においても、宇土市への新築移転を契機に、A 領域紫外線（以下「UV-A」という。）量及び UV-B 量の測定機器等を整備し、平成 7 年 6 月から観測を開始した。本報ではセンサー信号増幅回路修復後<sup>4)</sup>の平成 10 年 10 月以降の経年変化を見るとともに、平成 22, 23 年度の UV-A 量、UV-B 量及び全日射量の観測結果を中心に報告する。

### 測定方法等

UV-A 量、UV-B 量及び全日射量の測定機器及び設

置場所は、既報<sup>5)</sup>のとおりである。なお、UV-B 計の機器校正は、毎年 1 回メーカーで行っている。しかし、メーカーが製品の校正に使用していた UV-B 計準器に不具合（2001 年から 2008 年、2010 年）が生じたため、UV-B 値を有害紫外線モニタリングネットワーク<sup>6)</sup>で補正を行い、補正值を用いて経年変化等の解析を行った。なお、本年度より本所は有害紫外線モニタリングネットワークから脱退した。

### 測定結果と考察

#### 1 紫外線量及び全日射量の経年変化

図 1 に平成 10 年 10 月から平成 24 年 3 月までの UV-A、UV-B 及び全日射の日積算量の推移を示した。UV-B をはじめ、いずれの量も夏季に高く、冬季に低い季節変動を示した。また、UV-B の日積算量の最大値は平成 23 年 6 月 23 日の 50.97kJ/m<sup>2</sup>であった。

#### 2 平成 22, 23 年度の測定結果

表 1 に平成 22, 23 年度の UV-A、UV-B 及び全日射の日積算量月平均値及び年平均値を示した。期間中の UV-A、UV-B 及び全日射の日積算量年平均値は、平成

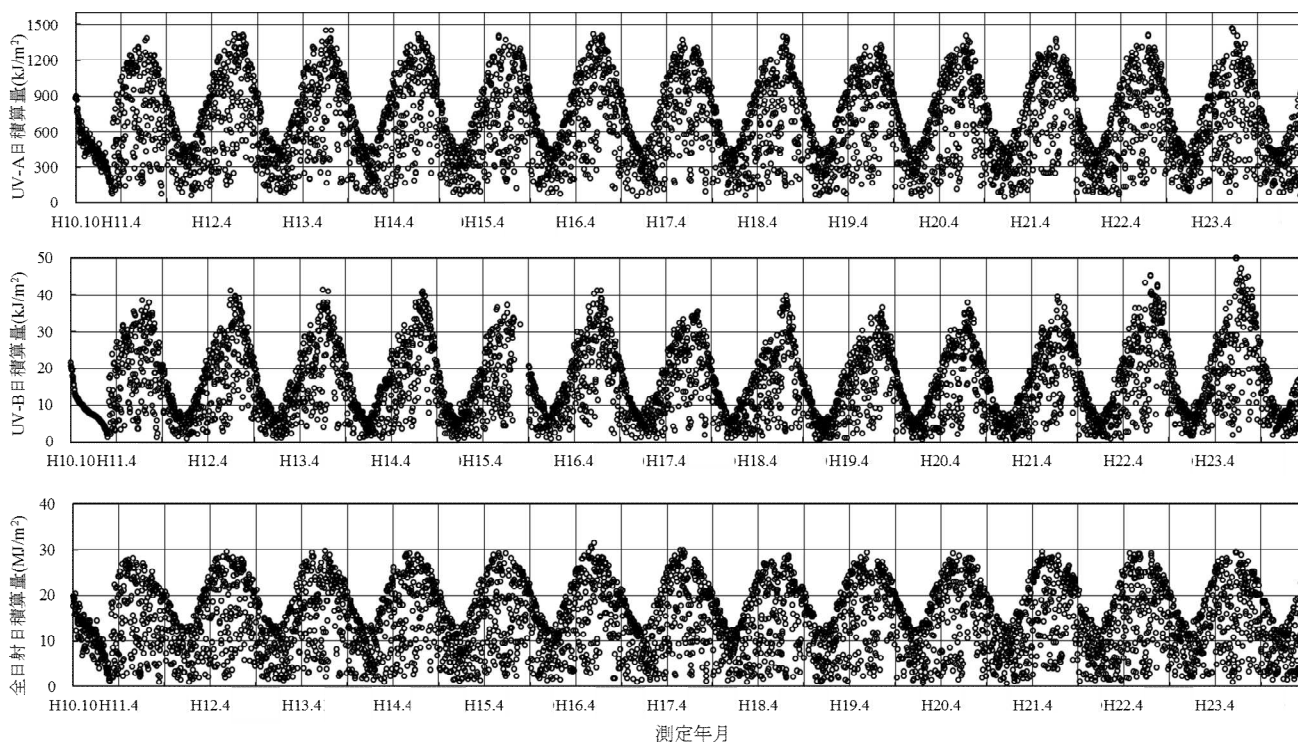


図1 UV-A、UV-B及び全日射の日積算量の推移(平成10年10月~24年3月)

表1 宇土市における紫外線量及び全日射量の日積算量<sup>\*</sup>)月平均値及び年平均値

(観測地点:本所屋上)

測定年月	測定 日数	UV-A (kJ/m <sup>2</sup> )	UV-B (kJ/m <sup>2</sup> )	UV-A+UV-B (kJ/m <sup>2</sup> )	UV-B/UV-A	全日射 (MJ/m <sup>2</sup> )
平成22年 4月	30	727.6	17.9	745.5	0.0246	16.4
5月	31	885.9	23.3	909.2	0.0263	19.5
6月	30	784.5	21.7	806.2	0.0276	15.4
7月	31	884.5	26.9	911.5	0.0305	17.4
8月	29	1015.0	32.3	1047.3	0.0318	20.2
9月	30	819.3	24.9	844.2	0.0304	16.8
10月	31	548.9	15.4	564.4	0.0281	11.9
11月	30	455.4	9.9	465.3	0.0217	11.6
12月	30	308.7	5.8	314.4	0.0186	7.9
平成23年 1月	28	343.2	6.9	350.1	0.0201	8.9
2月	28	483.2	9.9	493.1	0.0205	12.1
3月	31	653.8	14.9	668.7	0.0228	16.3
4月	30	817.1	20.5	837.6	0.0251	19.2
5月	31	753.7	22.6	776.3	0.0300	15.9
6月	30	727.3	23.3	750.7	0.0321	14.0
7月	31	977.0	33.1	1010.0	0.0338	19.2
8月	31	920.7	31.0	951.7	0.0336	18.2
9月	30	786.2	24.3	810.5	0.0309	16.1
10月	29	554.6	15.6	570.2	0.0281	12.1
11月	30	394.3	9.3	403.6	0.0236	9.1
12月	29	323.6	6.1	329.7	0.0187	8.5
平成24年 1月	31	360.1	6.7	366.9	0.0186	9.5
2月	29	401.3	9.0	410.3	0.0223	9.7
3月	31	549.1	12.9	562.0	0.0235	13.5
年平均値(平成23年度)	30	659.2	17.5	676.7	0.0253	14.5
(平成24年度)	30	630.4	17.9	648.3	0.0267	13.8

\* ) 日積算量:0時から24時までの時積算量の累積量。

表2 月別降水日数<sup>\*\*)</sup>の年度比較

測定月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	計
平成22年度	14	11	18	15	14	9	7	5	14	5	8	7	127
平成23年度	8	13	19	9	15	9	8	7	3	4	13	13	121

\*\* ) 0.5mm以上の雨量が観測された日数

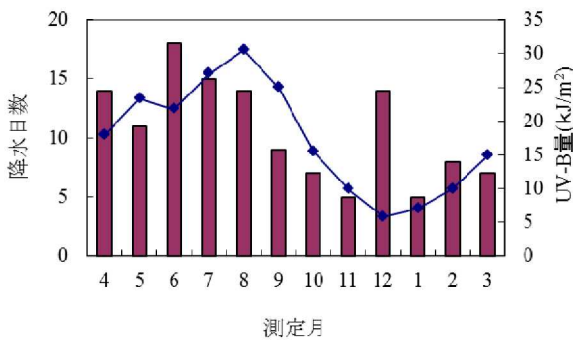


図2 UV-B量と降水日数の関係(平成22年度)

■ 降水日数      ◆ UV-B量 (日積算量月平均値)

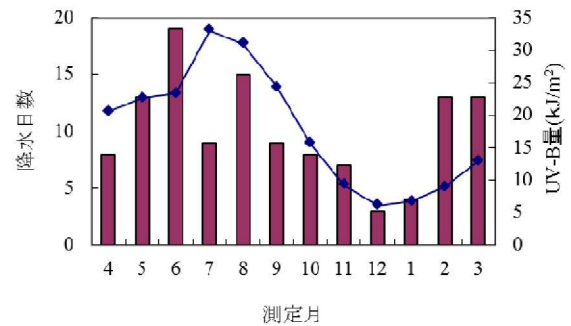


図3 UV-B量と降水日数の関係(平成23年度)

■ 降水日数      ◆ UV-B量 (日積算量月平均値)

22年度ではそれぞれ 659.2kJ/m<sup>2</sup>, 17.5kJ/m<sup>2</sup> 及び 14.5MJ/m<sup>2</sup>,平成23年度ではそれぞれ 630.4kJ/m<sup>2</sup>, 17.9kJ/m<sup>2</sup>,13.8MJ/m<sup>2</sup>であった。表2に宇土市(本所)で観測した平成22年度と平成23年度の月別降水日数を示した。平成23年度の年間降水日は平成22年度に比べ6日間少なかった。

南中高度が最も高い夏至(6月21日)を中心に各日積算量は年間で最も高くなることが考えられる。しかしながら平成22年度においては6月と7月は10日間以上の降水があった影響を受け8月に年間最高値を示した(図2)。平成23年度においては6月,9月と比べ7月に降水日数が少なく7月に年間最高値を示した(図3)。

UV-A, UV-B 及び全日射の日積算量月平均値の最低値はいずれも12月であり,平成22年度ではそれぞれ 308.7kJ/m<sup>2</sup>, 5.8kJ/m<sup>2</sup>及び7.9MJ/m<sup>2</sup>,平成23年度ではそれぞれ 323.6kJ/m<sup>2</sup>,6.1kJ/m<sup>2</sup>,8.5MJ/m<sup>2</sup>であった。一方,UV-A, UV-B 及び全日射の日積算量月平均値の最高値は平成22年度ではいずれも8月でありそれぞれ 1015.0kJ/m<sup>2</sup>, 32.3kJ/m<sup>2</sup>及び20.2MJ/m<sup>2</sup>,平成23年度ではいずれも7月でありそれぞれ 977.0kJ/m<sup>2</sup>,33.1kJ/m<sup>2</sup>, 19.2kJ/m<sup>2</sup>あった。また,UV-A日積算量月平均値に対するUV-B日積算量月平均値の比(UV-B/UV-A)は,0.0186~0.0338であり,7月~9月の夏季,特に8月にUV-Bの占める割合が大きい傾向を示した。

図4にUV-AとUV-Bとの各日積算量の関係を示した。両者間の相関係数(R)は0.965(R<sup>2</sup>=0.931, n=721)であり,これまでの報告と同様に極めて密接な正の相関関係が認められた。また,紫外線(UV-A+UV-B)量と

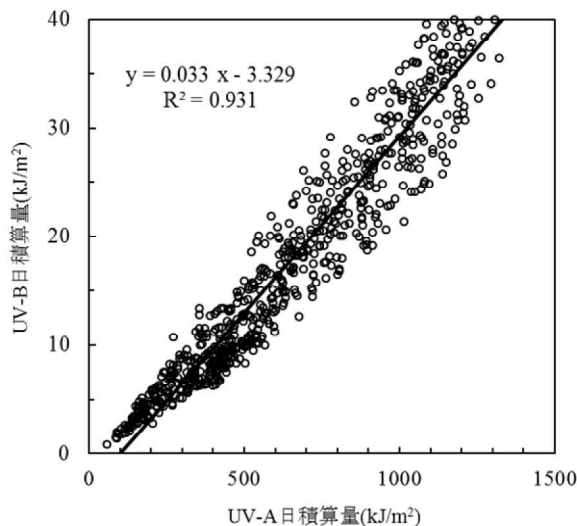


図4 UV-AとUV-Bとの関係(日積算量)  
(n=721)

全日射量との間の相関係数についても0.965(n=721)と,同様に正の相関関係が認められた。

### 3 UV-B時積算量の時間変化

UV-B時積算量の時間帯別変化を日周変化として検討した。

図5に平成22年4月~平成23年3月,図6に平成23年4月~平成24年3月の測定時間ごとの時積算量(月平均値)の変化を示した。その結果,7,8月が年間で最も大きい山を示した。

1日の最大時積算量の出現時間帯は,ほとんどの月で12~13時(平成22年11月,平成23年4,10月は11時~12時)であった。12~13時の時積算量は各月の日積算量の16%(平成23年5月)~22%(平成22,23年1月)を占めた。また,夏季(7~9月)の8~9時の時積

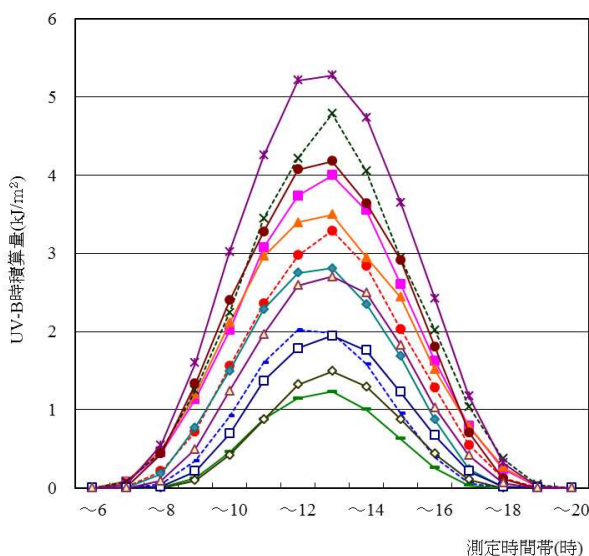


図5 UV-B時積算量の時間帯別変化

● H22年4月    ● H22年5月    ● H22年6月    ● H22年7月  
 ● H22年8月    ● H22年9月    ● H22年10月    ● H22年11月  
 ● H22年12月    ● H23年1月    ● H23年2月    ● H23年3月

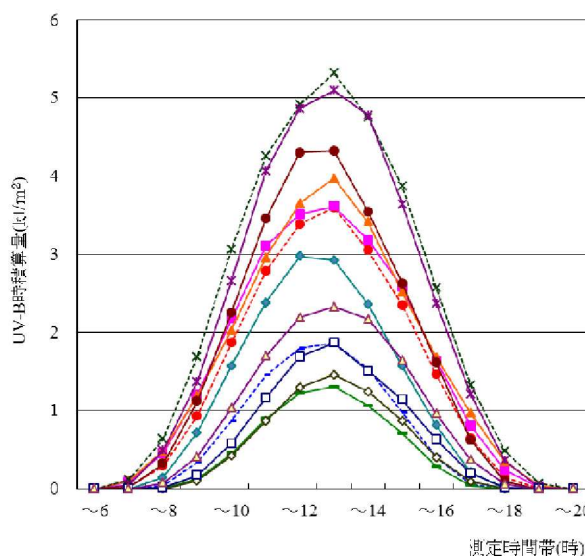


図6 UV-B時積算量の時間帯別変化

● H23年4月    ● H23年5月    ● H23年6月    ● H23年7月  
 ● H23年8月    ● H23年9月    ● H23年10月    ● H23年11月  
 ● H23年12月    ● H24年1月    ● H24年2月    ● H24年3月

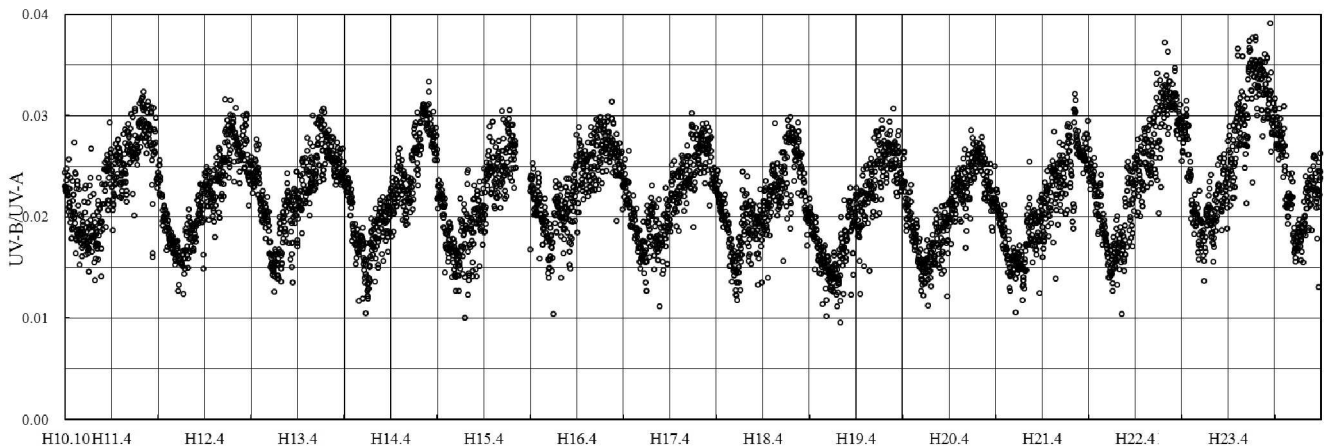


図7 UV-B/UV-A(日積算量)比の経年推移

算量 (1.12~1.69kJ/m<sup>2</sup>) は冬季 (12 月) の時積算量の最高値 (12~13 時 : 1.30kJ/m<sup>2</sup>) と同程度であり、夏季においては早朝より紫外線対策が必要であることを示唆している。

UV-B と UV-A の日積算量の比を図 7 に示した。図 1 で示したように、個々の季節変動は夏季に高く、冬季に低くなる傾向があるが、UV-B/UV-A 比も同様な傾向を示した。これは夏季に比べ南中高度が低い冬季では大気を通気する距離が長くなることから、オゾン層の影響を受けやすい UV-B が UV-A より地表に到達しにくくなることを表している。

#### ま と め

平成 22,23 年度に本所で UV-A 量, UV-B 量及び日射量を観測した結果, UV-A 量, 日射量については概ね横ばいの傾向にあった。

UV-B 量については平成 11 年度から平成 21 年度まで, 最高値は約 40 kJ/m<sup>2</sup> で推移しており概ね横ばいの傾向にあったが, 平成 22, 23 年度の最高値は 45.31kJ/m<sup>2</sup>, 50.97kJ/m<sup>2</sup> と高かった。

UV-A, UV-B 及び全日射の日積算量は夏季に高く, 冬季に低くなる季節変動が認められた。また, 平成 22 年 4 月から平成 24 年 3 月までの UV-A, UV-B 及び全日射の日積算量の年平均値は, 平成 22 年度においてそれぞれ 658.9kJ/m<sup>2</sup>, 17.3kJ/m<sup>2</sup> 及び 14.4MJ/m<sup>2</sup> であり, 平成 23 年度においてはそれぞれ 630.7kJ/m<sup>2</sup>, 17.9kJ/m<sup>2</sup> 及び 13.8MJ/m<sup>2</sup> であり, 平成 21 年度<sup>7)</sup> に比べ平成 22 年度及び平成 23 年度ともに UV-A 及び全日射は低く, UV-B は高めであった。UV-B/UV-A は 0.0186~0.0338

であり, 夏季に UV-A 量に比べて UV-B 量の割合が増加する傾向を示した。

UV-A 量と UV-B 量間及び紫外線 (UV-A+UV-B) 量と全日射量間にはいずれも正の相関関係が認められ, 全日射量の変化が紫外線量の増減に影響を与えることを示した。

UV-B の 1 日の最大時積算量 (月平均値) は平成 22 年 11 月及び平成 23 年 4,10 月を除く月で 12~13 時に, また年間最大時積量 (月平均値) は 7,8 月に出現した。

#### 文 献

- 1) 滝沢行雄:“環境保健入門(小泉明, 村上正孝編), からだの科学・臨時増刊”, p.96(1990), (日本評論社).
- 2) 環境庁環境保健部保健調査室訳:“WHO 環境保健クライテリア 14 紫外線”, p.1(1980); { WHO : “Environmental Health Criteria 14 Ultraviolet Radiation”, (1979). Geneva}.
- 3) 市橋正光:日本医事新報, No.3969, p.1(2000).
- 4) 植木 肇:熊本県保健環境科学研究所報, **28**, 80(1998).
- 5) 植木 肇, 福島宏暢:熊本県保健環境科学研究所報, **29**, 71(1999).
- 6) <http://db.cger.nies.go.jp/gem/ozon/uv/uv.html>
- 7) 上野一憲, 松本依子:熊本県保健環境科学研究所報, **39**, 93(2009).

## 8) 菊池地域における湧水の特徴について

永田 武史 小笹 康人 廣畑 昌章\*

### はじめに

古くから、湧水は飲用水や生活用水として利用されてきた。現在でも湧水は地域住民の共有財産として利用管理されているものが多い。熊本県には多数の湧水が存在し、その多くが地域により整備されている。環境省の「日本名水百選」に4箇所、「平成の名水百選」に4箇所がそれぞれ選定されている。

湧水の水質は周辺の地下水を代表するものと考えられ、湧水の分布状況やその水量及び水質変化を継続的に把握することによって、地下水涵養量の変化や化学物質による地下水汚染の状況を捉えることができると考えられる。

本県においては、かつて荒牧ら<sup>1)</sup>によって、昭和59年から平成4年にかけて県内各地の湧水の位置、利用状況及び湧水に関する伝承などが調査され、「水は伝える熊本の湧泉」という書籍にまとめられた。また、著者らも、県内各地の湧水について水質調査を実施し、その特性を報告してきた<sup>2-5)</sup>。今回、菊池地域（菊池市、合志市及び大津町）で調査を実施した。その結果の一部として水質汚濁防止法上の有害物質であるフッ素（フッ化物イオン）及び硝酸性窒素について若干の知見を得たので報告する。

### 調査方法

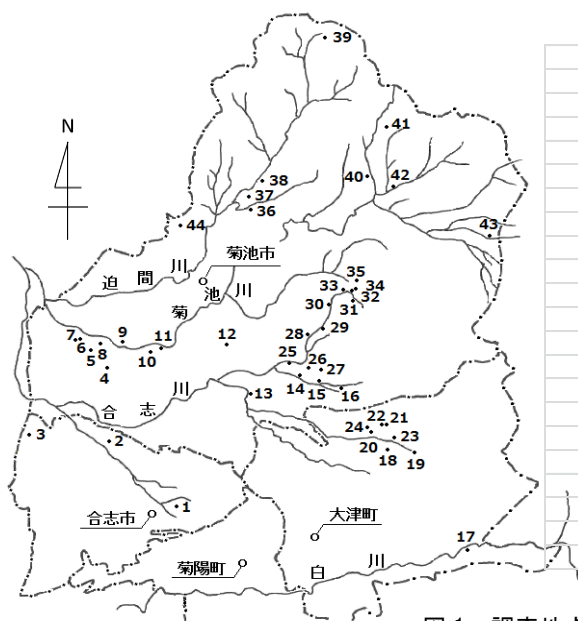
今回調査を行った菊池地域及び調査地点の位置を図

1に示す。菊池地域の特徴として、東部は阿蘇外輪山の一部を成す山地となっており、西部から南西部にかけては平野になっている。また、中部から南部にかけては、菊池台地が東西方向に広がっている。菊陽町と大津町の南部を除く菊池地域の大部分が菊池川及び合志川等の支流の流域である。また、菊陽町及び大津町南部には東西に白川が流れている。菊池台地南部の地下水の一部及び白川流域における地下水は熊本市に向かって流動していると考えられている<sup>6)</sup>。

本調査は平成22年11月27日、12月25日、平成23年3月27日の3回に分けて、荒牧らが調査した湧水地点を参考に、合計44地点の湧水を調査した。内訳は菊池市33地点、合志市3地点、大津町8地点である。大津町の1地点（No.17）については、白川流域に位置するが、その他の43地点については、菊池川本流あるいは迫間川、合志川などの菊池川支流の流域に位置する。

採水は、極力湧出場所で行い、直接採水が困難な湧水においては、可能な限り外部からの影響が小さいと考えられる場所で採水した。

調査項目及び分析方法は、pH、EC(導電率)は電極法、陽イオン(Na<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>)、陰イオン(F<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、Br<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)のHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>を除くイオン成分はイオンクロマトグラフ法、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は硫酸滴定法により求めた。



1	野付天満宮(平井川)	23	初生神社
2	観音堂(江良)	24	圓滿寺
3	下の井川	25	杉井川
4	三万田	26	榎平
5	板井	27	前えん川
6	合田湧水井戸横	28	杉谷さんの水
7	合田湧水井戸	29	乙姫湧水
8	前川水源	30	菅原神社(小川区)
9	清水水源	31	上小川道路脇の湧水
10	びわ池	32	小川・九の峰水源横の井戸
11	お宮さんの水	33	伊勢神宮下の湧水
12	森北豊田神社	34	井水さん(下前)
13	観音堂(出分)	35	若木水源
14	杉井さん(小原)	36	清水川
15	出水さん	37	善龍寺
16	神の森の水	38	竜門小学校
17	明神ヶ池	39	大滝
18	水の山水源	40	立門
19	真木の湧水	41	心福寺
20	諏訪水源	42	木護
21	池の谷の水源	43	菊池水源竜ヶ淵
22	池の谷の水源下湧水	44	男水

図1 調査地点の位置及び名称

\*環境生活部環境保全課



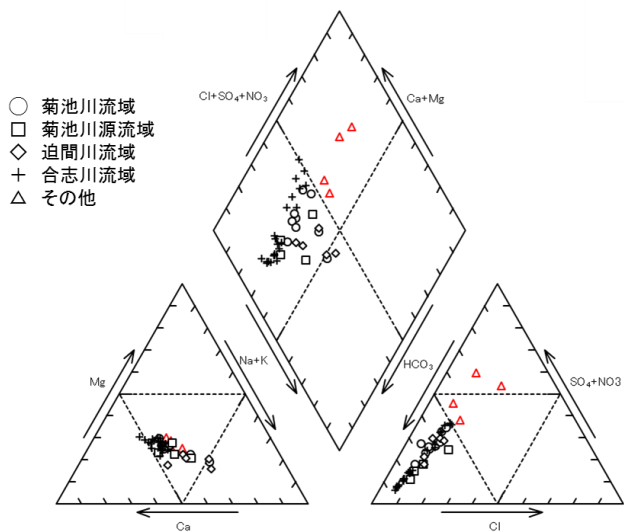


図2 湧水のトリリニアダイアグラム

## 結果

### 1 湧水水質の概要

調査結果を表1に示す。また、トリリニアダイアグラムを図2に示す。図2上では便宜的に44地点の調査地点を菊池川流域9地点(No. 4~12)、菊池川源流域4地点(No. 40~43)、迫間川流域5地点(No. 36~39, No. 44)、合志川流域22地点(No. 13~16, 18~35)、その他(No. 1~3, 17)にグループ化して表示した。

今回調査した地点の大部分にあたる37地点でアルカリ土類炭酸塩型の水質を示した。一方、菊池川流域の1地点(No. 6)及び迫間川流域の2地点(No. 37, 44)でアルカリ炭酸塩型を示した。また、その他に属する4地点(No. 1~3, 17)でアルカリ土類硫酸塩型の水質を示した。

### 2 有害物質の濃度分布

#### (1) フッ化物イオン (F<sup>-</sup>)

フッ化物イオン濃度に関しては、全ての地点で環境基準(0.8mg/l)を下回った。菊池川流域の2地点(No. 6, 7)及びNo. 17で比較的高い値(0.21~0.39mg/l)を示した。これらの地点でフッ化物のイオン濃度が比較的高くなる原因は不明であるが、No. 6, 7は旧七城町に位置し、周辺に七城温泉及び植木(平島)温泉があり、特に、平島温泉はフッ化物イオンの濃度が比較的高く、30mg/lを超える源泉も存在する<sup>7)</sup>。また、七城町に隣接する山鹿市菊鹿町においても、井水中のフッ化物イオン濃度が最高で6.5mg/lを示した事例があり<sup>8)</sup>、アルカリ炭酸塩型の水質を示すなどの共通点がある。

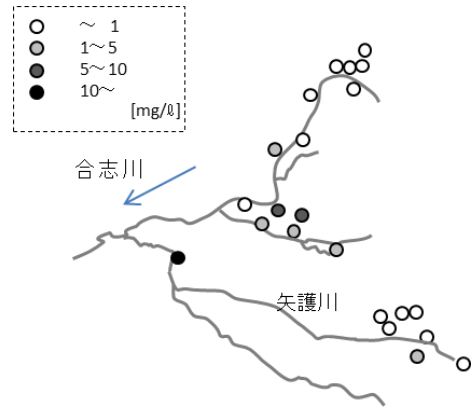


図3 合志川流域における湧水中の硝酸性窒素の濃度分布

表2 合志川流域22地点における湧水中の硝酸性窒素と他のイオン成分等との相関係数

pH	0.382
EC	0.891
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.742
F <sup>-</sup>	0.471
Cl <sup>-</sup>	0.985
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.024
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.183
Na <sup>+</sup>	0.751
K <sup>+</sup>	0.428
Mg <sup>2+</sup>	0.888
Ca <sup>2+</sup>	0.924

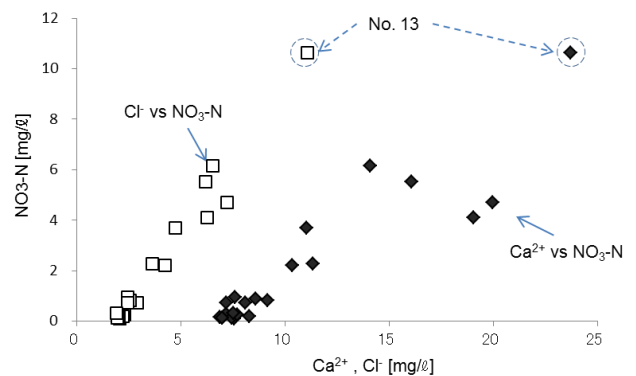


図4 湧水中の硝酸性窒素と塩化物イオン及びカルシウムイオンとの関係

ある。また、No. 17に関しては、阿蘇地域に隣接しており、阿蘇山のカルデラ内ではフッ素イオン濃度が比較的高い湧水が多数存在し<sup>2)</sup>、アルカリ土類硫酸塩型の水質を示すなどの共通点がある。

#### (2) 硝酸性窒素 (NO<sub>3</sub>-N)

硝酸性窒素は水中の硝酸イオン濃度から算出され、その結果は表1に示すとおりである。今回の調査でNo.

1 及び No. 13 で環境基準 (10mg/ℓ) を超える硝酸性窒素が検出された。

このうち No. 13 は合志川流域に位置する。No.13 を含めた合志川流域 22 地点の湧水における、硝酸性窒素の濃度分布を図 3 に示す。合志川の源流域に近い湧水では硝酸性窒素の濃度が 1mg/ℓ を下回っていたが、下流に移るにつれ、硝酸性窒素の濃度が高くなる傾向がみられた。この地域における硝酸性窒素と他のイオン成分との相関係数を表 2 に示す。陽イオンではカルシウムイオン (Ca<sup>2+</sup>) との相関係数が 0.924 と高く、またマグネシウムイオン (Mg<sup>2+</sup>) との相関係数も 0.888 と比較的高い値を示した。陰イオンでは塩化物イオン (Cl<sup>-</sup>) との相関係数が 0.985 と特に高い値を示した。

一方、リン酸イオン (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) や硫酸イオン (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) との相関は高くなかった。図 4 に硝酸性窒素と Cl<sup>-</sup>、Ca<sup>2+</sup> との関係を示す。地点 No. 13 で硝酸性窒素が高い要因としては、Ca<sup>2+</sup> との相関から畑地における施肥、及び Cl<sup>-</sup> との相関から家畜排せつ物の影響の可能性が考えられるが、一般的に施肥の影響は SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の濃度に出る事例が多いので、当該地点では家畜排せつ物の影響が比較的大きいと考えられる。しかし、汚染機構の詳細な解明のためには窒素同位体比の分析などの手法を組み合わせる必要がある。

今回調査を実施した湧水のうち、28 地点は昭和 62 年に荒牧らによって採水調査が実施されている。硝酸性窒素については、表 1 に昭和 62 年の調査の値を併せて記載する。今回の調査と荒牧らの調査結果を比較すると、28 地点のうち、23 地点で硝酸性窒素の濃度の上昇が見られ、28 地点の硝酸性窒素の平均濃度も、今回は 3.3mg/ℓ であり、昭和 62 年の値 (1.7mg/ℓ) に対して 2 倍近い値であった。最も濃度上昇が大きかった地点は No.13 であり、昭和 62 年は 2.5mg/ℓ であったものが今回の調査では 4 倍近い 10.6mg/ℓ であった。

一方、今回の調査で環境基準を超過した No. 1 については、濃度上昇の大きさは 1.3 倍程度だった。No.1 及び No. 13 について他のイオン成分を含めた比較を図 5 に示す。No. 1 においては重炭酸イオンが減少している以外には濃度の変化がほぼ横ばいであるのに対して、No.13 においては、硫酸イオンを除くイオン成分の濃度が大幅に上昇していた。No. 13 におけるイオン成分濃度の変化の原因について不明であるが、硫酸イオンが増加していないことから施肥以外の要因が大きいと考えられる。

なお、富家らは行政統計資料である農林業センサスのデータ用い、昭和 35 年から平成 17 年にかけての熊

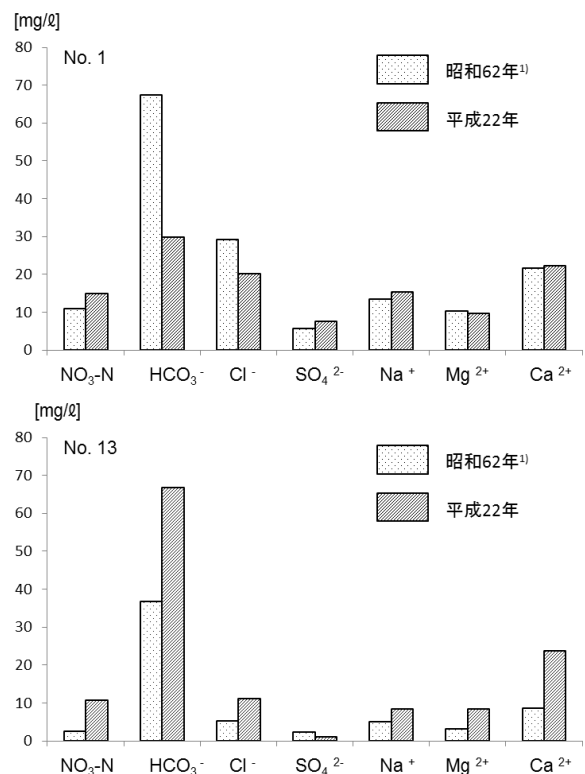


図 5 No. 1 及び No. 13 における各イオン成分の経年変化

本市及び周辺地域の土壌浸透水の硝酸性窒素濃度の推算を行なっている<sup>9)</sup>。この推算によると、No.13 が位置する菊池市旧旭志村では、畑地への施肥による土壌浸透水の硝酸性窒素濃度への寄与は 3.0mg/ℓ 以下であるのに対して、家畜排せつ物による寄与は昭和 55 年以降 30mg/ℓ を超過しているとの推算結果を示しており、熊本市周辺地域の硝酸性窒素濃度の経年的な上昇傾向と合致していると結論づけている。

## まとめ

菊池地域の 44 地点の湧水について、水質調査を実施した。その結果、有害物質のフッ化物イオンについては全地点で環境基準を下回った。一方、硝酸性窒素は 2 地点で環境基準を超過した。合志川流域では硝酸性窒素の濃度について、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 及び Cl<sup>-</sup> との相関係数が高い値を示した。荒牧らが昭和 62 年に実施した調査結果と比較した結果、当時と比較して、大部分の湧水において硝酸性窒素が上昇している傾向がみられた。

今後、湧水を定期的に監視し、硝酸性窒素等の有害物質の濃度変化を把握することにより、地下水汚染の機構解明や対策の策定に寄与することができると期待される。



## 文 献

- 1) 荒牧一利, 田中浩二, 古江研也, 米田正: “水は伝える熊本の湧泉” 熊本の湧泉研究会(2004).
- 2) 廣畑昌章: 熊本県保健環境科学研究所報, 26,64, (1996).
- 3) 廣畑昌章, 小笹康人: 熊本県保健環境科学研究所報, 35,117 (2005).
- 4) 廣畑昌章, 小笹康人: 熊本県保健環境科学研究所報, 36,68(2006).
- 5) 小笹康人, 廣畑昌章, 有村友希: 熊本県保健環境科学研究所報, 40,68(2010).
- 6) 熊本県環境生活部環境保全課: 「熊本地域硝酸性窒素削減計画」(2005)
- 7) 熊本県衛生公害研究所: “熊本県鉱泉誌第Ⅱ巻”(1978).
- 8) 山口勝也, 松岡良三, 樋口義則: 熊本県保健環境科学研究所報, 30,42(2000).
- 9) 富家和男, 糸満尚貴, 松山賢司, 柿本竜治, 川越保徳: 水環境学会誌, 34,1 (2011).

表 1 調査結果

番号	地点名	調査日	水温 (°C)	pH	EC ( $\mu S/cm$ )	Na <sup>+</sup> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	F <sup>-</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	Br <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)
1	野付天満宮(平井川)	H22.11.27	17.5	6.4	301	15.3	<0.1	8.0	22.3	9.6	<0.05	20.2	<0.03	0.07	0.03	7.5	29.9	14.8	1.1
2	観音堂(江良)	H22.11.27	15.5	7.2	206	12.6	<0.1	7.8	14.9	6.0	0.06	10.8	<0.03	<0.05	0.11	12.9	50.7	5.9	
3	下の井川	H22.11.27	21.2	7.1	218	11.4	<0.1	7.7	17.5	6.6	<0.05	6.8	<0.03	0.1	0.10	18.6	51.2	6.6	
4	三万田	H22.11.27	19.3	6.7	272	12.6	<0.1	6.6	24.2	9.9	<0.05	9.0	<0.03	0.08	0.12	16.5	72.4	5.0	5.6
5	板井	H22.11.27	18.2	7.3	190	10.7	<0.1	4.6	16.9	6.1	0.09	6.7	<0.03	<0.05	0.19	6.4	67.1	4.0	1.3
6	合田湧水井戸横	H22.11.27	19.8	7.4	233	24.5	0.1	5.9	14.0	5.4	0.36	9.5	<0.03	0.09	0.38	8.6	79.4	5.3	
7	合田湧水井戸	H22.11.27	19.5	7.3	227	18.6	<0.1	6.0	16.2	6.2	0.21	9.5	<0.03	0.08	0.24	8.7	71.2	5.3	
8	前川水源	H22.11.27	18.4	7.3	197	10.5	<0.1	4.6	18.0	6.4	0.08	6.5	<0.03	<0.05	0.17	7.0	69.5	4.3	1.21
9	清水水源	H22.11.27	18.0	7.3	184	9.9	<0.1	4.5	16.7	6.0	0.08	6.1	<0.03	<0.05	0.17	6.3	68.2	3.5	0.2
10	ひわ池	H22.11.27	18.3	7.3	131	7.6	<0.1	3.8	11.4	4.1	0.07	3.7	<0.03	<0.05	0.18	5.2	53.5	1.5	0.5
11	お宮さんの水	H22.11.27	18.8	6.7	220	11.4	<0.1	6.9	19.7	6.6	0.06	7.7	<0.03	<0.05	0.36	11.8	55.4	4.8	2.3
12	森北豊田神社	H22.11.27	14.6	8.0	156	9.3	<0.1	4.4	13.4	5.2	<0.05	3.4	<0.03	<0.05	0.32	7.5	61.6	3.5	4.8
13	観音堂(出分)	H22.11.27	13.5	7.8	231	8.4	<0.1	1.9	23.7	8.5	<0.05	11.1	<0.03	<0.05	0.07	1.1	66.7	10.6	2.5
14	杉井さん(小原)	H22.11.27	18.4	6.7	198	8.7	<0.1	4.7	19.0	7.0	0.05	6.3	<0.03	<0.05	0.09	9.8	52.8	4.1	1.6
15	出水さん	H22.11.27	17.3	7.1	113	5.4	<0.1	1.7	11.3	3.9	0.06	3.6	<0.03	<0.05	0.07	3.7	39.4	2.3	1.3
16	神の森の水	H22.11.27	16.6	7.7	117	5.4	<0.1	1.7	11.0	4.2	0.06	4.7	<0.03	<0.05	0.09	1.6	41.6	3.7	0.8
17	明神が池	H22.12.25	19.6	6.5	242	12.7	<0.1	4.5	19.2	8.4	0.39	8.1	<0.03	<0.05	<0.02	50.1	33.3	1.2	0.8
18	水の山水源	H22.12.25	16.2	6.8	121	6.1	<0.1	2.2	10.3	4.0	0.07	4.2	<0.03	<0.05	0.08	3.8	35.4	2.2	
19	真木の湧水	H22.12.25	16.0	7.2	96.4	5.3	<0.1	2.0	8.1	3.1	0.07	2.9	<0.03	<0.05	0.07	3.9	41.2	0.72	
20	諏訪水源	H22.12.25	15.2	8.0	84.1	5.1	<0.1	1.8	7.2	2.5	0.07	2.2	<0.03	<0.05	0.11	3.2	41.4	0.28	
21	池の谷の水源	H22.12.25	15.2	8.2	83.5	4.6	<0.1	1.6	7.6	2.6	0.07	2.0	<0.03	<0.05	0.17	2.6	45.4	0.11	
22	池の谷の水源下湧水	H22.12.25	15.2	8.0	83.1	4.6	<0.1	1.5	7.4	2.6	0.07	2.0	<0.03	<0.05	0.12	2.6	43.4	0.14	
23	初生神社	H22.12.25	15.5	7.7	86.5	4.8	<0.1	1.7	7.7	2.6	0.07	2.3	<0.03	<0.05	0.11	3.1	41.1	0.27	
24	圓満寺	H22.12.25	15.5	7.8	91.7	4.6	<0.1	1.5	8.3	3.4	0.07	2.2	<0.03	<0.05	0.12	1.9	48.9	0.21	
25	杉井川	H22.12.25	16.4	8.1	92.2	5.3	<0.1	1.7	8.6	2.4	0.06	2.4	<0.03	<0.05	0.12	2.9	41.9	0.89	0.2
26	榎平	H22.12.25	16.3	7.3	167	6.2	<0.1	2.5	16.1	5.6	<0.05	6.2	<0.03	<0.05	0.13	3.8	49.4	5.5	1
27	前えん川	H22.12.25	16.3	7.6	153	6.1	<0.1	2.2	14.1	4.8	0.05	6.5	<0.03	0.06	0.09	2.9	42.2	6.2	0.9
28	杉谷さんの水	H22.12.25	17.8	6.7	233	10.2	<0.1	6.2	20.0	8.1	<0.05	7.2	<0.03	<0.05	0.14	13.6	56.9	4.7	2
29	乙姫湧水	H22.12.25	16.4	7.6	94.2	4.7	<0.1	1.2	9.2	2.8	0.05	2.6	<0.03	<0.05	0.09	3.4	41.7	0.84	0.2
30	菅原神社(小川区)	H22.12.25	15.2	7.5	85.5	4.4	<0.1	1.2	7.6	2.8	0.05	2.5	<0.03	<0.05	0.06	2.7	40.5	0.94	0.1
31	上小川道路脇の湧水	H22.12.25	14.7	8.0	77.0	4.3	<0.1	1.4	7.0	2.2	0.05	2.0	<0.03	<0.05	0.07	3.5	36.6	0.14	
32	小川・丸の崎水源横の井戸	H22.12.25	15.0	7.9	81.2	4.4	<0.1	1.4	7.2	2.5	0.05	2.4	<0.03	<0.05	0.08	2.7	37.7	0.72	
33	伊勢神宮下の湧水	H22.12.25	14.6	7.9	76.7	4.4	<0.1	1.3	6.9	2.2	0.05	2.0	<0.03	<0.05	0.07	3.5	37.6	0.16	
34	井水さん(下前)	H22.12.25	14.8	8.1	77.6	4.5	<0.1	1.4	7.0	2.2	<0.05	1.9	<0.03	<0.05	0.07	2.7	39.6	0.13	0.1
35	清水水源	H22.12.25	15.9	7.9	83.7	4.6	<0.1	1.4	7.5	2.7	0.06	1.9	<0.03	<0.05	0.07	1.9	43.0	0.33	0.1
36	清水川	H23.3.27	17.1	6.8	118	7.4	<0.1	5.0	8.8	3.1	0.07	3.7	<0.03	<0.05	0.20	5.6	40.6	1.3	1.7
37	善龍寺	H23.3.27	16.1	6.8	117	9.6	<0.1	5.4	6.5	2.7	0.06	3.2	<0.03	<0.05	0.20	6.8	34.2	1.8	
38	竜門小学校	H23.3.27	16.4	7.2	129	8.3	<0.1	5.4	9.2	3.0	0.09	5.0	<0.03	<0.05	0.28	7.0	38.3	2.5	1.68
39	大滝	H23.3.27	13.8	7.4	53.6	3.4	<0.1	1.2	4.7	1.1	<0.05	2.1	<0.03	<0.05	0.04	3.2	21.0	0.28	0.1
40	立門	H23.3.27	16.3	7.4	54.7	4.1	<0.1	1.6	3.6	1.3	<0.05	2.1	<0.03	<0.05	0.11	2.3	21.2	0.56	0.17
41	心燈寺	H23.3.27	13.8	7.6	65.8	3.7	<0.1	0.8	6.0	1.8	<0.05	2.2	<0.03	<0.05	0.05	3.1	29.3	0.38	0.28
42	木麩	H23.3.27	15.5	7.4	63.8	4.0	<0.1	1.2	4.7	1.5	<0.05	3.9	<0.03	<0.05	0.08	3.5	20.4	1.0	1.17
43	菊池水源壺ヶ淵	H23.3.27	13.8	7.2	74.7	4.3	<0.1	1.8	5.7	2.4	0.06	2.4	<0.03	<0.05	0.17	2.6	32.2	0.26	
44	男水	H23.3.27	16.8	6.9	211	15.5	<0.1	14.9	12.0	3.8	0.07	8.9	<0.03	<0.05	0.72	13.8	57.8	2.6	3.73