

5) 熊本県内における放射能調査（平成 25 年度）

宮本 俊 村岡 俊彦* 豊永 悟史 北岡 宏道

はじめに

本研究所（宇土市）では平成元年度から科学技術庁（現原子力規制庁）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。平成 25 年度の調査結果を取りまとめたので報告する。

調査方法

調査項目及び測定方法^{1~6)}は「放射能水準調査委託実施計画書（平成 25 年度）」（原子力規制庁）及び既報⁷⁾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。県内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。宇土市と宇土市以外の地点を比較すると、宇土市以外の地点では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（39 地点：14.7~60.6nGy/h）と比較して特に高いレベルではなかった⁸⁾。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 93 検体中 5 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。平成 23 年度⁹⁾に検出された人工放射性核種¹³⁴Cs、¹³¹I は平成 24 年度¹⁰⁾及び平成 25 年度は検出されなかった。

人工放射性核種である¹³⁷Cs は、土壌及び荒茶から検出されたが、いずれも福島原発事故前の検出値の範囲内の値であった。

特に、土壌（草地）の表層部（0~5cm）では、39Bq/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 0.87~50Bq/kg 乾土）⁸⁾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¹¹⁾。なお、⁴⁰K は分析したほぼ全ての環境試料から検出されているが、⁴⁰K 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策として宇土市で採取した蛇口水（平日 1.5L 採取し、濃縮を行い、四半期単位で 1 試料とする。計 4 検体）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の強化策として、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 39~41nGy/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の強化については、平成 25 年度は北朝鮮が核実験を実施しなかったため、行っていない。

まとめ

平成 25 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、福島原発事故の影響と推定される¹³⁴Cs 及び¹³¹I は、平成 24 年度に続き、平成 25 年度も検出されなかった。

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) 文部科学省放射能測定法シリーズ, No.1, 全ベータ放射能測定法2訂, (1976)
- 2) 文部科学省放射能測定法シリーズ, No.7, ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリ—3訂, (1992)

* 現熊本県環境生活部環境局環境保全課

- 3) 文部科学省放射能測定法シリーズ, No.13, ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法, (1982)
- 4) 文部科学省放射能測定法シリーズ, No.16, 環境試料採取法, (1983)
- 5) 文部科学省放射能測定法シリーズ, No.17, 連続モニタによる環境γ線測定法改訂, (1996)
- 6) 大気中放射性物質のモニタリングに関する技術的参考資料, (2003)
- 7) 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).
- 8) (公財)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>
- 9) 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).
- 10) 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, **42**, 134-137 (2012).
- 11) Y.Saito-Kokubu, K.Yasuda, M.magara, Y.Miyamoto, 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)

採取年月	宇土市(地上高14.5m)			荒尾市(地上高1m)			八代市(地上高1m)		
	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25年 4月	27	50	28	32	67	35	50	73	52
5月	27	40	28	32	54	34	49	66	52
6月	26	61	29	32	91	35	50	89	53
7月	26	40	27	32	55	34	49	60	52
8月	23	50	28	32	69	35	50	69	53
9月	27	43	28	32	56	35	50	69	53
10月	26	34	28	32	43	34	49	59	52
11月	27	58	28	33	90	35	50	89	53
12月	27	37	37	32	56	35	50	64	53
平成26年 1月	27	50	28	32	70	35	50	79	53
2月	27	44	29	32	58	36	50	76	54
3月	27	60	28	32	64	35	50	70	53
年間値	23	61	29	32	91	35	49	89	53
平成12~24年度の値 ^{※1,2}	21	78	28	31	105	35	49	121	53

※1: 宇土市は平成元年から実施しているが、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(地上高1m)			天草市(地上高1m)			水俣市(地上高1m)		
	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25年 4月	36	65	38	47	79	49	40	70	42
5月	36	51	37	47	67	49	40	61	43
6月	35	76	38	47	86	50	39	84	43
7月	35	63	37	46	60	50	38	56	42
8月	35	61	38	48	66	51	40	66	42
9月	36	61	38	48	77	51	40	65	44
10月	36	44	37	48	60	50	40	55	43
11月	36	86	38	48	91	50	40	95	43
12月	36	51	38	48	68	50	40	57	43
平成26年 1月	36	71	38	48	88	50	40	78	43
2月	36	60	39	48	78	51	40	83	44
3月	35	64	38	47	68	50	40	70	42
年間値	35	86	38	46	91	50	38	95	43
平成24年度の値	35	115	38	45	108	49.5	38	95	43

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 ²)
平成25年 4月	137.1	10	ND	2.1	42.2
5月	57.5	5	ND	ND	0.0
6月	271.7	11	ND	ND	0
7月	174.3	8	ND	ND	0
8月	692.1	9	ND	ND	0
9月	109.4	5	ND	ND	0
10月	116.6	8	ND	ND	0
11月	66.2	7	ND	2.0	16.3
12月	62.8	8	ND	1.7	3.8
平成26年 1月	45.6	3	ND	ND	0
2月	122.6	10	ND	ND	0
3月	128.9	9	ND	ND	0.0
年間値	1984.8	93	ND	2.1	62.3
平成元～24年度の値*			ND	7.4	ND～42

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 (^{137}Cs , ^{134}Cs)

試料名	調査地点	採取年月	検体数	^{137}Cs						^{134}Cs						単位
				平成25年度		平成元～原発事故前		原発事故後～平成24年度		平成25年度		平成元～原発事故前		原発事故後～平成24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	最低値	最高値	最低値	最高値	
大気浮遊じん	宇土市	平成25年4月 ～平成26年3月	4	ND	ND	ND	ND	ND	0.050	ND	ND	ND	ND	ND	0.045	mBq/m ³
月間降下物	宇土市	平成25年4月 ～平成26年3月	12	ND	ND	ND	0.36	ND	0.12	ND	ND	ND	ND	ND	0.11	MBq/km ²
蛇口水	宇土市	平成25年6月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	mBq/L
土壌 (草地)	0～5cm	西原村	平成25年7月	1	39	36	96	40	42	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/kg乾土
					430	640	23000	410	730	ND	ND	ND	ND	ND	ND	MBq/km ²
	5～20cm	西原村	平成25年7月	1	18	9.6	20	16	16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/kg乾土
					1200	640	1400	1000	1100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	MBq/km ²
精米	合志市	平成25年11月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/kg精米	
野菜	大根	合志市	平成25年6月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/kg生
	ホウレン草	合志市	平成25年5月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
荒茶	御船町 あさぎり町	平成25年5月 平成25年4月	2	ND	0.20	ND	1.4	ND	0.54	ND	ND	ND	ND	ND	0.30	Bq/kg乾物
原乳	合志市	平成25年8月	1	ND	ND	ND	ND	ND	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)

※平成23年3月11日に原発事故が発生し、平成22年度大気浮遊じん第4四半期及び月間降下物(3月)、平成23年度大気浮遊じん第1四半期、月間降下物(4～6月)及び荒茶の調査の一部については影響があったものと推測される。

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 (¹³¹I, ⁴⁰K)

試料名	調査地点	採取年月	検体数	¹³¹ I						⁴⁰ K						単位
				平成25年度		平成元～原発事故前		原発事故後～平成24年度		平成25年度		平成元～原発事故前		原発事故後～平成24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	最低値	最高値	最低値	最高値	
大気浮遊じん	宇土市	平成25年 4月 ～平成26年 3月	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.099	ND	0.58	0.057	0.093	mBq/m ³
月間降下物	宇土市	平成25年 4月 ～平成26年 3月	12	ND	ND	ND	ND	ND	1.1	ND	2.1	ND	91	ND	3.8	MBq/km ²
蛇口水	宇土市	平成25年 6月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	130	120	260	130	150	mBq/L	
土壌 (草地)	0～ 5cm	西原村	平成25年 7月	1	ND	ND	ND	ND	ND	240	240	290	250	250	Bq/kg乾土	
					ND	ND	ND	ND	ND	2600	4000	8000	2500	4400	MBq/km ²	
	5～20cm	西原村	平成25年 7月	1	ND	ND	ND	ND	ND	200	180	230	210	210	Bq/kg乾土	
					ND	ND	ND	ND	ND	13000	12000	15000	13000	14000	MBq/km ²	
精米	合志市	平成25年11月	1	ND	ND	ND	ND	ND	24	5	33	21	23	Bq/kg精米		
野菜	大根	合志市	平成25年 6月	1	-	-	-	-	-	94	65	100	71	88	Bq/kg生	
	ハウレン草	合志市	平成25年 5月	1	-	-	-	-	-	290	140	320	230	300		
荒茶	御船町	平成25年 5月	2	-	-	-	-	-	440	490	480	790	480	570	Bq/kg乾物	
	あさぎり町	平成25年 4月														
原乳	合志市	平成25年 8月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	48	49	58	50	50	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

※平成23年3月11日に原発事故が発生し、平成22年度大気浮遊じん第4四半期及び月間降下物(3月)、平成23年度大気浮遊じん第1四半期、月間降下物(4～6月)及び荒茶の調査の一部については影響があったものと推測される。

6) 熊本県の酸性雨長期モニタリング調査結果 (2013年度)

— 県内4地点における降水試料調査結果 —

古澤 尚英 出納 由美子

はじめに

熊本県では、1988年10月から県内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¹⁾。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間開放型採取装置に変更した²⁾。図1に調査地点を示した。本報では2013年度の調査結果について報告する。なお、2008年まで調査を行っていた人吉市の結果は既報³⁾を参照されたい。

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。

調査月の区切りと降水試料の回収日は、酸性雨全国調査実施要領の別表月割り表⁴⁾に従った。

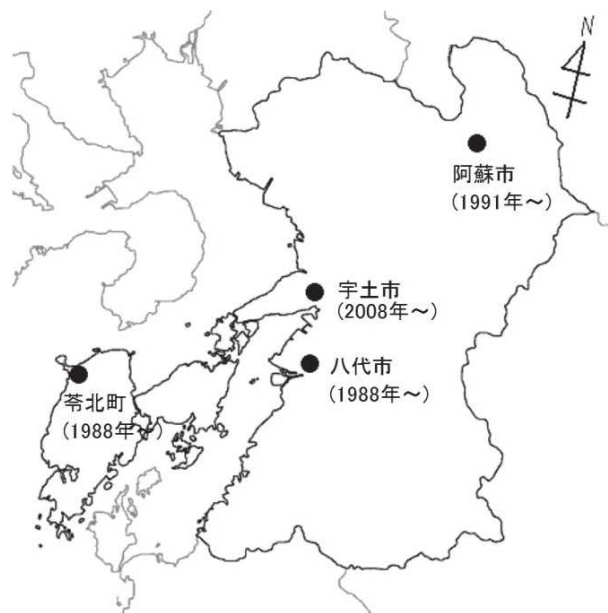


図1 調査地点

表1 イオン成分総括表

調査地点		pH	EC μS/cm	Cl ⁻ μg/mL	NO ₃ ⁻ μg/mL	SO ₄ ²⁻ μg/mL	H ⁺ μg/mL	Na ⁺ μg/mL	NH ₄ ⁺ μg/mL	K ⁺ μg/mL	Mg ²⁺ μg/mL	Ca ²⁺ μg/mL	年間降水量* mm
苓北町 n=44	平均	4.71 (4.75)	26 (23)	2.9 (2.3)	0.92 (0.86)	2.0 (1.7)	0.020 (0.018)	1.7 (1.3)	0.24 (0.27)	0.19 (0.19)	0.18 (0.17)	0.32 (0.21)	1400.4 (1555.8)
	最高	5.19	75	11	4.9	4.9	0.057	6.3	0.797	0.88	0.64	1.6	
	最低	4.25	11	0.44	0.18	0.61	0.0065	0.22	0.036	0.049	0.032	0.088	
八代市 n=46	平均	4.86 (4.72)	14 (17)	0.87 (0.88)	0.78 (0.86)	1.4 (1.7)	0.014 (0.019)	0.51 (0.48)	0.32 (0.34)	0.060 (0.043)	0.070 (0.065)	0.20 (0.19)	1825.4 (1848.0)
	最高	5.29	48	6.1	3.1	4.2	0.037	3.8	0.77	0.26	0.52	1.1	
	最低	4.44	4.7	0.27	0.16	0.46	0.005	0.13	0.10	0.022	0.014	0.045	
阿蘇市** n=46	平均	4.54 (4.60)	23 (21)	1.3 (0.92)	1.1 (0.79)	1.9 (1.8)	0.029 (0.025)	0.45 (0.34)	0.493 (0.37)	0.14 (0.22)	0.077 (0.065)	0.24 (0.25)	2455.9 (1056.2)
	最高	5.20	76	4.6	3.4	4.9	0.15	1.6	1.2	0.28	0.37	0.43	
	最低	3.81	6.2	0.31	0.20	0.57	0.0063	0.10	0.11	0.044	0.014	0.043	
宇土市*** n=33	平均	4.69 (4.70)	15 (16)	0.62 (0.74)	0.75 (0.68)	1.4 (1.4)	0.021 (0.020)	0.33 (0.39)	0.27 (0.29)	0.038 (0.048)	0.046 (0.051)	0.12 (0.10)	1968.3 (2106.8)
	最高	5.39	44	2.7	1.7	3.5	0.083	1.7	0.65	1.6	0.21	0.41	
	最低	4.08	3.7	0.23	0.11	0.27	0.0040	0.17	0.026	0.012	0.017	0.016	

注)n:検体数。平均は加重平均。()内:2012年度の成分平均濃度及び降水量。

*測定地点で回収した雨水重量より計算した値。

**九州北部豪雨の影響で2012年3月26日~2012年7月1日、2013年2月25日~2013年3月25日の期間のみ測定。

***2013年9月2日~2013年12月2日まで降水量のみ測定、2014年1月24日~2月10日まで欠測。

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」という。）測定には東亜ディーケーケー製 CM-30R を用い、電導度セルは 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 DX-500 及び ICS-1600 を用い、イオンクロマトグラフ法で行った。

DX-500 の分析条件は、カチオンでは IonPac® CS-12A のカラムを用いた。溶離液として 20mM メタンサルフォン

表 2 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 ⁻ meq/m ²	NO ₃ ⁻ meq/m ²	SO ₄ ²⁻ meq/m ²	H ⁺ meq/m ²	Na ⁺ meq/m ²	NH ₄ ⁺ meq/m ²	K ⁺ meq/m ²	Mg ²⁺ meq/m ²	Ca ²⁺ meq/m ²	月間沈着量 meq/m ²
荅北町	4月	6	119.0	4.52	34.2	8.61	3.17	9.94	3.55	7.55	3.63	0.59	2.14	2.64	41.8
	5月	3	115.7	4.64	17.7	1.43	1.20	4.63	2.61	1.12	1.34	0.36	0.44	1.82	15.0
	6月	4	230.2	4.97	10.8	4.01	1.36	2.93	2.45	3.76	1.62	0.29	1.22	0.95	18.6
	7月	2	15.9	4.48	43.0	1.70	0.66	1.06	0.53	1.46	0.70	0.06	0.38	0.30	6.8
	8月	3	112.7	4.66	20.5	5.25	2.31	3.54	2.46	4.60	1.88	0.21	1.15	0.80	22.2
	9月	3	272.1	5.19	11.9	13.66	0.80	4.39	1.76	11.91	0.54	0.52	2.33	1.23	37.1
	10月	4	104.7	5.04	25.1	10.39	0.84	4.13	0.96	8.77	0.52	0.35	1.95	2.37	30.3
	11月	4	105.3	4.49	57.0	26.36	2.40	7.34	3.37	23.12	1.70	0.61	5.69	2.36	72.9
	12月	3	59.9	4.25	74.7	18.77	2.09	5.50	3.37	16.51	1.38	0.43	1.12	4.70	53.9
	1月	2	19.7	4.53	65.1	4.35	1.56	2.01	0.58	4.52	0.75	0.14	1.18	1.26	16.4
	2月	4	133.6	4.50	28.5	10.02	1.56	6.63	4.22	8.56	2.11	0.63	1.52	1.23	36.5
	3月	6	111.5	4.91	27.5	9.93	2.88	5.63	1.35	8.68	2.66	2.50	2.02	2.63	38.3
	年間合計	44	1400.4			114	21	58	27	101	19	6.7	21	22	389.7
八代市	4月	5	130.3	4.69	20.8	3.21	2.59	7.53	2.63	2.51	5.56	0.36	1.16	2.59	28.2
	5月	4	95.6	4.70	18.8	1.09	1.48	4.56	1.87	0.97	1.85	0.13	0.28	2.44	14.7
	6月	4	309.9	5.17	7.9	3.91	1.85	4.26	2.08	3.66	3.43	0.27	0.97	1.28	21.7
	7月	3	61.7	5.18	12.0	1.98	1.21	1.43	0.40	1.80	1.18	0.07	0.52	0.65	9.3
	8月	3	375.1	5.10	9.3	7.55	3.72	5.96	2.99	7.05	4.30	0.57	1.79	2.33	36.3
	9月	4	334.0	5.29	4.7	2.55	0.86	3.19	1.70	1.95	1.78	0.22	0.39	0.74	13.4
	10月	4	114.6	5.15	7.2	2.07	0.85	2.81	0.80	1.70	1.66	0.07	0.33	0.42	10.7
	11月	4	59.7	4.56	47.7	10.30	3.01	5.28	1.62	9.76	2.40	0.40	2.62	3.07	38.5
	12月	3	70.4	4.48	30.4	4.43	1.80	4.16	2.30	4.00	1.97	0.15	0.93	1.21	20.9
	1月	2	21.8	4.55	43.1	2.46	1.00	1.86	0.60	2.39	0.92	0.07	0.55	0.88	10.7
	2月	4	126.2	4.44	22.6	1.91	1.40	6.18	4.60	1.36	2.48	0.18	0.23	0.86	19.2
	3月	6	126.0	4.58	24.8	3.33	3.32	7.19	3.30	3.01	5.30	0.29	0.77	1.75	28.3
	年間合計	46	1825.4			45	23	54	25	40	33	2.8	11	18	251.7
阿蘇市	4月	5	159.2	4.45	33.5	7.12	4.76	13.34	5.60	5.10	5.10	0.88	2.00	5.41	49.3
	5月	3	111.2	3.81	75.9	14.52	1.53	6.16	16.93	0.50	1.75	0.51	0.41	1.27	43.6
	6月	4	408.0	4.80	15.7	12.35	3.46	9.23	6.34	7.57	8.55	2.02	2.71	2.46	54.7
	7月	4	382.3	4.58	24.0	13.87	14.26	20.46	9.87	11.95	18.23	1.07	2.96	4.76	97.4
	8月	3	292.0	4.82	12.3	4.08	3.66	8.84	4.39	2.32	7.98	0.74	0.69	1.35	34.1
	9月	3	303.1	5.13	6.2	2.63	0.96	3.68	2.22	1.52	1.79	0.34	0.35	0.65	14.1
	10月	4	205.4	5.20	7.8	4.51	1.04	2.42	1.29	2.30	1.63	1.46	0.68	1.61	16.9
	11月	4	79.0	4.57	31.9	4.39	2.48	5.90	2.13	3.96	2.91	0.33	1.12	2.88	26.1
	12月	3	55.0	4.18	50.2	6.63	1.33	3.81	3.64	3.79	1.72	0.18	1.24	1.19	23.5
	1月	3	38.1	4.25	54.3	2.71	2.06	3.89	2.15	2.56	2.61	0.20	0.58	0.99	17.8
	2月	4	157.1	4.42	24.1	4.11	1.67	6.72	5.91	1.65	3.46	0.47	0.43	1.09	25.5
	3月	6	265.6	4.45	30.1	10.97	6.89	15.04	9.41	5.12	11.33	0.74	2.36	5.28	67.2
	年間合計	46	2455.9			88	44	99	70	48	67	8.9	15.5	29	470.2
宇土市	4月	6	143.1	4.43	28.9	3.72	3.38	10.29	5.28	3.19	3.63	0.26	1.13	3.04	33.9
	5月	3	99.5	4.52	17.3	0.65	0.95	3.24	2.98	0.33	0.94	0.05	0.12	0.27	9.5
	6月	4	216.1	4.88	9.8	2.29	1.35	3.30	2.86	1.94	2.14	0.13	0.50	0.49	15.0
	7月	2	169.1	4.57	22.2	5.11	4.64	6.95	4.51	5.03	6.06	0.32	1.13	1.30	35.0
	8月	4	418.2	4.82	10.4	4.09	3.89	7.73	6.29	3.43	5.52	0.24	0.78	1.01	33.0
	*9月	1	423.2	5.39	3.7	4.41	0.75	2.40	1.70	3.44	0.61	0.13	0.61	0.34	14.4
	*10月	0	110.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
	*11月	0	64.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
	12月	3	72.5	4.40	28.4	3.02	1.38	3.24	2.88	2.32	1.19	0.10	0.81	0.70	15.6
	1月	2	20.2	4.52	19.3	1.52	0.56	1.31	0.61	1.52	0.42	0.06	0.34	0.33	6.7
	**2月	2	49.8	4.08	44.3	1.89	0.72	3.61	4.13	0.36	0.91	0.05	0.23	0.53	12.4
	3月	6	180.8	4.53	24.1	4.64	4.13	8.70	5.27	3.99	5.75	0.40	1.09	2.30	36.3
	年間合計	33	1968.3			31	22	51	36	26	27	1.7	6.7	10	211.9

*2013年9月2日～2013年12月2日まで降水量のみ測定 **2014年1月24日～2月10日まで欠測

酸溶液を用い、1.0mL/min の流速で分析を行った。

また、アニオンでは IonPac[®] AS-12A のカラムを用いた。溶離液として 2.7mM Na₂CO₃、0.3mM NaHCO₃ 混合溶液を用い、1.5mL/min の流速で分析を行った⁵⁾。

ICS-1600 の分析条件は、カチオンでは Dionex IonPac[™] CS16 のカラムを用いた。溶離液として 30mM メタンスルホン酸溶液を用い、1.0mL/min の流速で分析を行った。

また、アニオンでは Dionex IonPac[™] AS23 のカラムを用いた。溶離液として 4.5mM Na₂CO₃、0.5mM NaHCO₃ 混合溶液を用い、1.2mL/min の流速で分析を行った。

調査結果及び考察

表 1 に 2013 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計算した。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。

宇土市は 2013 年 9 月 2 日～12 月 2 日まで、雨水採水装置の故障により、降水量のみ測定を行った。また、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 2012 年 7 月～2013 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計算した値となっている。そのため、2012 年度との比較は行っていない。

1 前年度との比較

年間降水量は 2012 年度と比べ、苓北町 155.4mm、八代市 22.6mm、宇土市 138.5mm と、それぞれ減少した。

pH の年平均値は、苓北町 4.71、八代市 4.86、宇土市 4.69 であり、前年度と比べ -0.04～0.14 の値を示した。

EC の年平均値は、苓北町 26 μS/cm、八代市 14 μS/cm、宇土市 15 μS/cm であり、前年度と比べ -3.5～2.9 μS/cm の値を示した。

イオン成分のうち、主に海塩由来成分である Cl⁻、Na⁺ 及び Mg²⁺ の年平均濃度は前年度値よりも、苓北町が 24.8、24.3、6.2%、八代市が -0.6、5.0、8.1%、宇土市が -15.8、-16.5、-10.0% の変動であった。

降水の酸性化物質である NO₃⁻ 及び SO₄²⁻ の年平均濃度は、前年度値より苓北町が 6.8、16.0%、八代市が -8.3、-16.0%、宇土市が 11.4、-0.9% の変動であった。

2 経月変化

表 2 に 2013 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 2013 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

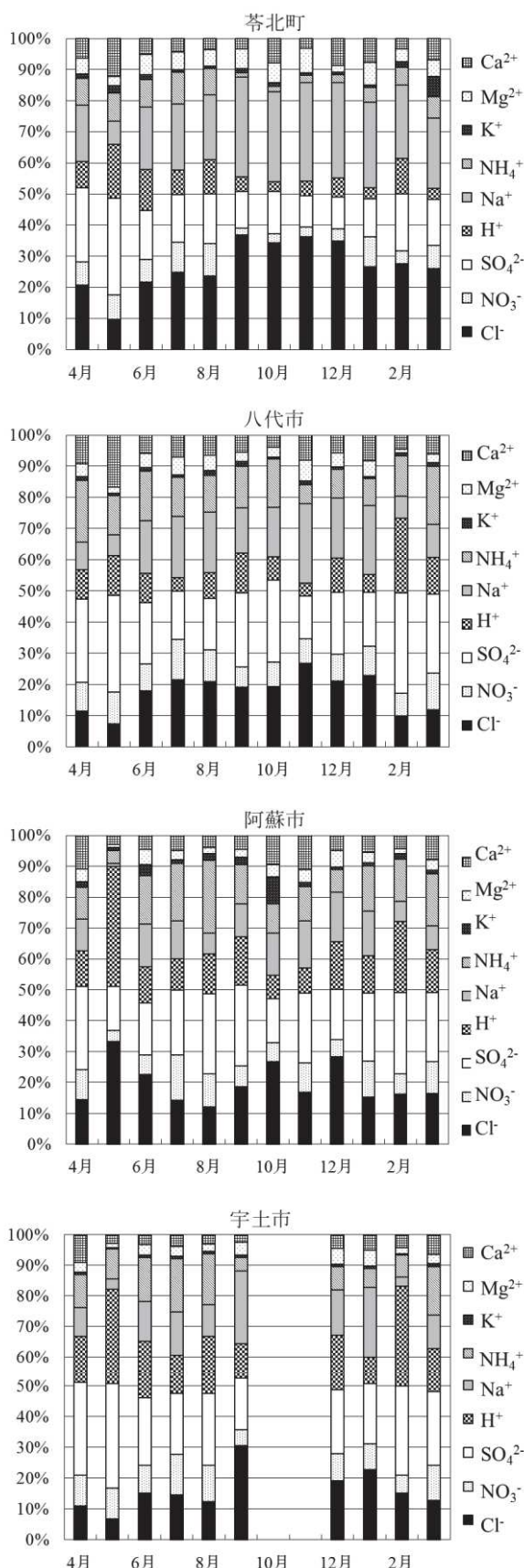


図 2 月間沈着量に対する各イオン成分沈着量の割合

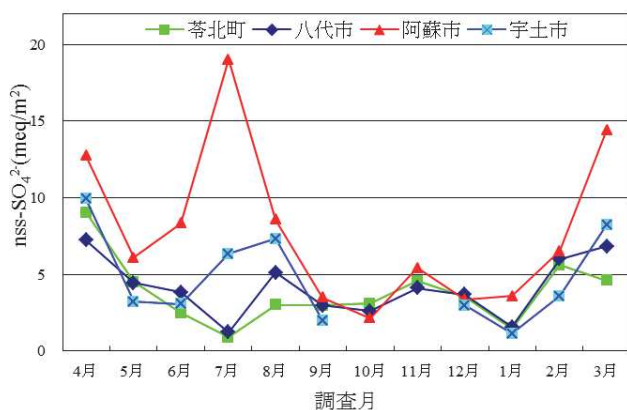


図3 nss-SO₄²⁻月間沈着量の推移

割合を示した。イオン成分沈着量はイオン成分濃度に降水量を乗じて計算した。

降水の酸性化成分である SO₄²⁻について、海塩由来の ss-SO₄²⁻を除いた非海塩性成分 nss-SO₄²⁻月間沈着量の経月推移を図3に示した。

月別平均 pH の最低値は、阿蘇市は5月、苓北町は12月、八代市と宇土市は2月であり、2013年度 pH の最低値は阿蘇市の5月で3.81であった。また、2月の月平均 pH は4地点とも低い値を示す傾向にあった。

阿蘇市の5月のイオン成分は Na⁺に対して Cl⁻が非常に多く、非海塩由来の汚染があったと考えられる。しかし、原因がはっきりしない為、今後検討していく必要がある。

pH が低かった月の降水量を見ると、4地点とも12月は降水量が少なく 55.0mm~72.5mm であった。降水量が少ないと降水中成分濃度が高くなり、pH は低くなったと考えられる。

また、2月は苓北町、八代市、阿蘇市の3地点の降水量126.2mm~157.1mm に対し、宇土市の降水量が少なく49.8mm であった。降水量の差が pH にも影響を及ぼしたと考えられ、苓北町、八代市、阿蘇市の3地点は pH が4.42~4.50 であったのに対し、宇土市は pH が4.08と、他の3地点より低い値を示していた。

図2より、2月~5月は、4地点とも SO₄²⁻沈着量が他のイオン成分より高い割合を示していた。この原因として、越境移流の影響が示唆される⁶⁾。酸性雨を含む越境大気汚染は大きな社会問題となっており、今後両者の関係は検討していく必要がある。

合計降水量は6月、8月、9月が多く、苓北町で615.0mm、八代市で1019.0mm、阿蘇市で1003.1mm、宇土市で1057.5mm であった。一方で、イオン成分沈着量

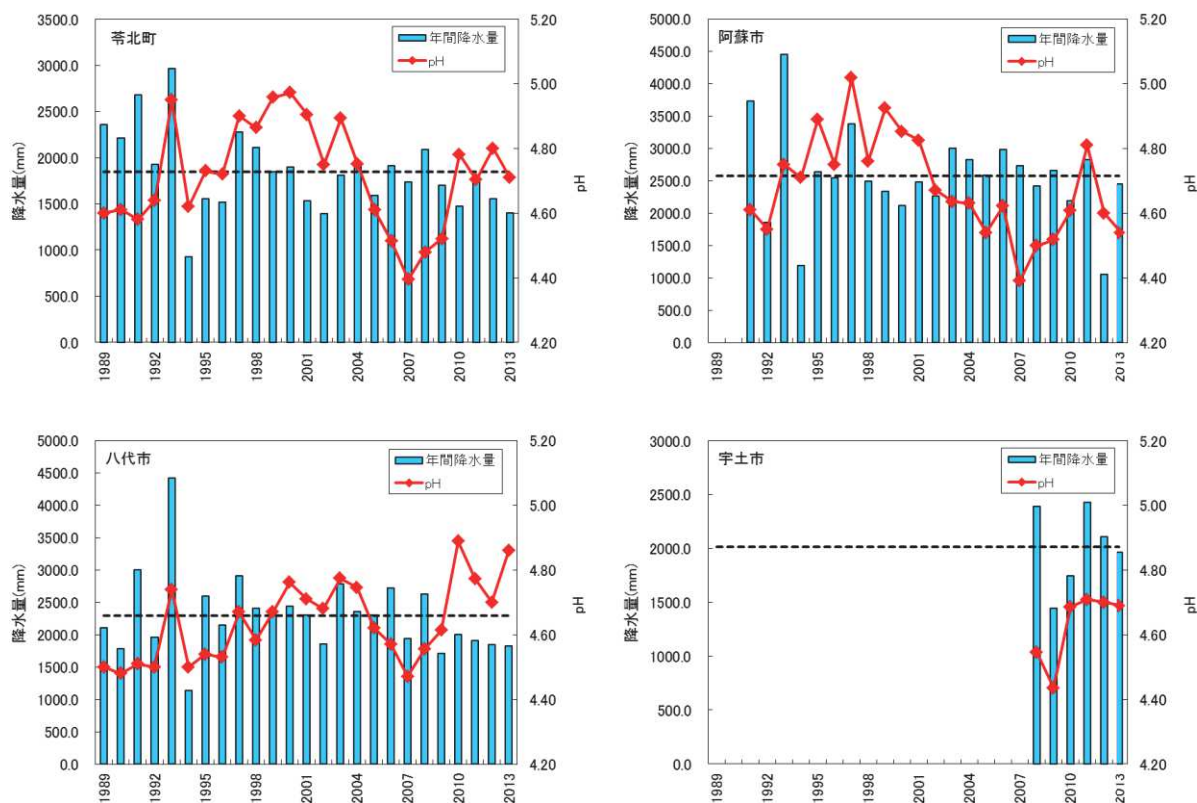


図4 年間降水量及び年平均 pH の推移

は、苓北町、八代市は11月が最も多く、阿蘇市は7月、宇土市は3月が多かった。4地点の年間沈着量を比較すると、阿蘇市が469.0 meq/m²と最も多く、以下、苓北町394.4 meq/m²、八代市249.9 meq/m²、宇土市219.3 meq/m²の順であった。

図3から、nss-SO₄²⁻月間沈着量は阿蘇市を除く3地点ではほぼ同様な季節変動を示し、3月～4月が最も多かった。一方、阿蘇市は7月の沈着量が多く、他の3地点と異なる傾向を示した。nss-SO₄²⁻年間沈着量の5年間平均値が阿蘇市を含む九州中部は、他の調査地点に比べて多く、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⁶⁾。

Cl⁻及びNa⁺はそのほとんどが海塩由来であるが、苓北町の年間沈着量は他の地点より多く(表2)、これら2成分の沈着量の合計は年間総沈着量の約1/2以上を占めている。苓北町は北方向200mと南西方向1.2kmに海岸を有しており、特に冬季の11月、12月に季節風の影響を受け、海水が飛沫化、飛散して降水時に取り込まれることで、Cl⁻及びNa⁺の沈着量が多くなる傾向にあると推測された。

3 経年変化

図4に年間降水量及び平均pHの推移を、また、表3に苓北町、八代市、阿蘇市及び宇土市における調査開始年度から2013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示した。

年平均pHは、八代市で前年度より0.14高い値を示し、苓北町、宇土市で前年度より0.09、0.01低い値を示した。2000年度以降、苓北町、八代市及び阿蘇市はpHが低くなる傾向にあったが、2007年度を境に再び上昇傾向に転じ、2011年度から阿蘇市は下降に転じた。八代市はpHが2007年度から上昇後、2010年度から下降に転じたが、2013年度に再び上昇した。また、苓北町及び宇土市は、2010年度から年平均pHは4.70～4.80で推移している。

次に、nss-SO₄²⁻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、苓北町は八代市及び阿蘇市より低めに推移した。しかし、2007年度以降八代市は減少傾向に転じたため、八代市と苓北町、宇土市の3地点は差が小さくなってきている。阿蘇市は2007年から濃度が減少しているが、他の3地点よりも高い濃度を推移している。

また、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⁶⁾、特にnss-SO₄²⁻

は中国の排出量と相関関係にあることが報告されている⁷⁾。

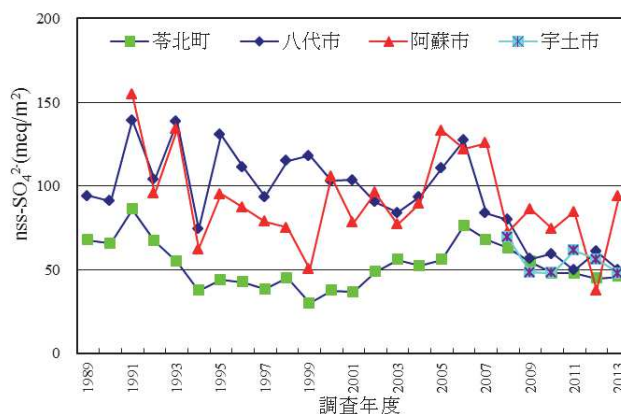


図5 nss-SO₄²⁻年間沈着量の推移

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、八代市環境部環境課、熊本県阿蘇保健所及び同環境生活部環境局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) 古澤尚英, 上野一憲, 北岡宏道; 熊本県保健環境科学研究所報, 43, 138 (2013) .
- 4) 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25年度), (2013) .
- 5) 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) .
- 6) 九州衛生環境技術協議会大気分科会, 山口県環境保健センター; 九州・沖縄・山口地方酸性雨共同調査研究第Ⅲ期調査報告書(平成25年7月), 11-17 (2013) .
- 7) 大石興弘, 濱村健吾, 藤川和浩, 村野健太郎; 大気環境学会誌, 49 (4), 198-206 (2014) .

表3 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 ⁻ meq/m ²	NO ₃ ⁻ meq/m ²	SO ₄ ²⁻ meq/m ²	H ⁺ meq/m ²	Na ⁺ meq/m ²	NH ₄ ⁺ meq/m ²	K ⁺ meq/m ²	Mg ²⁺ meq/m ²	Ca ²⁺ meq/m ²	年間沈着量 meq/m ²
芥北町	1989	2358.7	4.60	21.6	130	21	80	59	100	26	3.1	26	21	470
	1990	2215.1	4.61	28.3	230	21	87	54	180	23	4.9	48	22	670
	1991 ⁽¹⁾	2678.1	4.58	55.2	820	29	170	70	700	34	17	180	49	2100
	1992 ⁽¹⁾	1928.4	4.64	33.6	310	23	96	44	240	34	6.6	63	34	850
	1993 ⁽¹⁾	2961.8	4.95	19.5	270	19	80	33	210	23	8.2	59	32	740
	1994	928.8	4.62	23.5	58	14	42	22	44	17	2.8	12	18	230
	1995	1557.6	4.73	20.1	100	18	53	29	79	22	3.1	19	14	340
	1996	1520.0	4.72	27.6	190	17	62	29	160	22	8.5	36	20	540
	1997	2276.3	4.90	18.1	180	16	56	29	150	22	6.5	36	14	510
	1998	2108.6	4.86	16.8	120	18	57	29	100	27	7.2	24	17	400
	1999	1848.3	4.96	16.4	110	13	42	20	99	16	3.9	23	12	340
	2000	1899.8	4.97	14.2	75	16	45	20	65	19	3.9	15	22	280
	2001	1532.8	4.90	15.7	72	14	44	19	63	17	4.5	15	13	260
	2002	1394.9	4.75	25.7	130	22	62	25	110	25	5.7	27	16	420
	2003	1814.0	4.89	26.1	180	29	76	23	150	27	8.5	39	40	570
	2004 ⁽¹⁾	1938.0	4.75	78.1	900	28	150	34	780	24	31	180	50	2200
	2005 ⁽¹⁾	1591.7	4.61	47.6	320	26	92	39	300	22	12	65	24	900
	2006 ⁽¹⁾	1912.5	4.51	32.4	210	31	98	58	180	32	5.7	41	20	670
	2007	1741.0	4.39	25.4	110	26	79	70	95	27	3.8	22	17	450
	2008	2089.4	4.48	21.2	110	27	74	64	91	25	4.0	22	15	430
2009	1700.2	4.52	24.6	130	27	68	51	110	24	6.3	26	16	460	
2010 ⁽⁴⁾	1474.6	4.78	24.8	120	26	61	24	110	25	6.9	26	21	420	
2011	1771.9	4.70	21.0	90	24	57	36	100	22	6.2	19	17	371	
2012	1555.8	4.80	22.9	102	22	55	27	90	23	7.5	22	16	365	
2013	1400.4	4.71	25.8	114	21	58	27	101	19	6.7	21	22	394	
八代市	1989	2112.2	4.50	22.2	60	22	98	67	33	52	2.3	12	24	370
	1990	1789.4	4.48	25.2	72	20	96	59	44	48	3.1	12	19	370
	1991 ⁽¹⁾	3004.9	4.51	24.1	140	34	150	93	90	72	0.5	2.5	28	610
	1992	1960.6	4.50	25.2	80	26	110	62	53	58	3.6	14	24	430
	1993 ⁽¹⁾	4424.5	4.74	18.9	250	42	160	81	180	77	12	51	44	900
	1994	1136.1	4.50	28.1	55	25	78	36	35	47	2.0	9.9	24	310
	1995	2594.6	4.54	23.7	120	42	140	75	79	77	4.9	23	34	590
	1996	2148.6	4.53	25.2	100	40	120	63	74	82	3.8	20	34	540
	1997	2907.3	4.67	16.8	74	35	100	62	54	62	3.3	14	20	420
	1998	2411.5	4.58	20.0	61	36	120	63	41	73	3.1	12	33	440
	1999 ⁽¹⁾	2360.4	4.67	24.8	130	46	130	50	100	77	4.8	25	43	610
	2000	2438.5	4.76	18.9	80	41	110	42	58	69	3.1	17	48	470
	2001	2302.4	4.71	19.1	70	37	110	44	54	69	3.4	14	30	430
	2002	1863.3	4.68	20.8	59	38	96	39	46	68	2.8	12	24	380
	2003	2788.9	4.77	18.1	85	47	110	46	67	82	5.1	16	23	480
	2004	2356.4	4.75	21.9	120	44	110	42	99	62	5.2	24	35	540
	2005	2305.2	4.62	18.8	110	45	120	53	83	65	6.6	21	31	530
	2006	2722.5	4.57	19.7	98	62	140	72	78	83	4.2	20	33	590
	2007	1946.0	4.47	19.7	67	31	91	65	59	42	2.4	13	25	390
	2008	2631.3	4.56	15.7	54	31	85	71	46	41	3.0	10	14	360
2009	1715.7	4.61	17.0	48	29	61	41	42	37	2.3	10	18	290	
2010	2004.0	4.89	14.9	58	34	66	26	52	45	2.5	13	21	320	
2011	1912.4	4.77	15.0	29	24	52	35	24	32	1.8	5.7	13	217	
2012	1848.0	4.70	17.4	46	26	66	35	39	35	2.0	9.9	17	274	
2013	1825.4	4.86	14.0	45	23	54	25	40	33	2.8	11	18	250	
阿蘇市	1991	3729.9	4.61	18.4	77	34	160	92	47	70	8.6	11	31	530
	1992	1861.2	4.55	24.4	73	22	100	52	39	41	5.4	14	58	400
	1993	4452.6	4.75	13.7	93	32	140	79	50	45	5.8	15	48	510
	1994	1190.8	4.71	18.9	33	17	65	23	22	27	5.4	7.9	31	230
	1995	2637.2	4.89	14.3	57	30	100	34	40	69	7.3	14	38	390
	1996	2540.6	4.75	14.6	53	28	92	45	39	53	4.6	12	30	360
	1997	3383.9	5.02	10.0	52	31	84	32	41	50	8.5	18	37	350
	1998	2494.8	4.76	12.6	31	26	78	43	26	40	4.0	9.1	29	290
	1999	2337.0	4.92	10.3	25	19	53	28	23	27	2.4	6.7	11	190
	2000	2114.3	4.85	28.4	44	31	110	30	38	76	7.0	15	57	410
	2001	2483.4	4.83	13.9	38	23	82	37	31	57	6.8	9.7	18	300
	2002	2268.1	4.67	18.0	48	29	100	48	32	60	7.8	8.1	16	350
	2003	3007.4	4.64	18.5	80	30	87	62	42	60	7.0	10	20	400
	2004	2829.9	4.63	19.8	100	31	96	65	57	56	9.5	14	23	450
	2005	2590.9	4.54	23.5	74	38	140	74	56	61	8.3	17	29	500
	2006	2982.5	4.62	17.0	43	39	130	71	32	67	4.2	11	29	420
	2007	2736.7	4.39	19.3	51	41	130	110	38	67	3.7	11	29	480
	2008 ⁽²⁾	2424.6	4.50	15.0	37	23	75	74	21	37	4.3	6.6	13	290
	2009	2655.3	4.52	15.7	55	33	90	80	32	48	6.3	10	19	370
	2010	2190.9	4.61	19.1	60	33	80	50	33	49	4.0	9.5	22	350
2011	2823.3	4.81	14.0	42	34	90	40	28	49	7.7	10	24	324	
2012 ⁽⁵⁾	1056.2	4.60	21.0	27	13	40	30	16	22	6.0	6.0	13	173	
2013	2455.9	4.54	22.6	88	44	99	70	48	67	8.9	16	29	469	
宇土市	2008	2389.6	4.55	15.5	38	25	72	65	29	35	2.8	8.0	13	290
	2009 ⁽³⁾	1446.2	4.44	19.2	36	23	52	53	29	29	1.6	7.7	11	240
	2010	1744.1	4.69	15.7	31	22	51	36	25	32	1.6	6.6	11	220
	2011	2427.2	4.71	14.0	33	25	64	48	25	34	2.4	6.0	10	247
	2012	2106.8	4.70	15.7	44	23	60	42	36	34	2.6	8.8	11	261
	2013 ⁽⁶⁾	1968.3	4.69	14.9	31	22	51	36	26	27	1.7	6.7	10.3	219

(1) 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 (2) 欠測月(9月, 10月)を含む (3) 欠測月(2月, 3月)を含む
(4) 試料未回収を含む (5) 九州北部豪雨の影響で2012年3月26日~2012年7月1日, 2013年2月25日~2013年3月25日の期間のみ測定
(6) 2013年9月2日~2013年12月2日まで降水量のみ測定分、2014年1月24日~2月10日まで欠測を含む

7) 熊本県における九州新幹線鉄道の騒音調査

古澤 尚英 豊永 悟史 出納 由美子 北岡 宏道

はじめに

九州新幹線の鹿児島ルートは平成 13 年度に着工し、平成 16 年 3 月に新八代駅～鹿児島中央駅区間が部分開業した。平成 23 年 3 月には博多駅～鹿児島中央駅区間が全線開業し、現在、熊本駅には毎日 100 本を超える新幹線が発着している。

新幹線鉄道騒音の環境基準は、住居の用に供される地域（Ⅰ類型）が 70dB 以下、商工業の用に供される地域（Ⅱ類型）が 75dB 以下となっており、新設の新幹線鉄道に関しては、開業後直ちに達成することとなっている¹⁾。熊本県内での新幹線鉄道騒音調査は、部分開業前の平成 15 年度から始まり、平成 15 年度～平成 19 年度は新八代駅以南について、全線開業した平成 23 年度以降は県内全域の沿線上において、新幹線鉄道騒音の環境基準達成状況を把握するために調査を行った。

本報では、部分開業後の平成 16 年度～平成 25 年度間の調査結果について、環境基準の達成状況をまとめ、最大騒音レベルと列車速度の解析を行ったので報告する。

測定・評価方法

騒音測定は、環境省、熊本県、熊本市、八代市及び水俣市が調査を行い、これらの結果から、標準測定点である軌道中心から 25m の測定点で測定したデータのみ解析した。

測定した地点数は、同一地点において、上り車線側と下り車線側の両側で測定している場合は、2 地点とした。また、同一年度に複数回測定を行った地点は最も新しい測定データを採用した。

環境基準達成率は各年度の測定地点が異なるため、過去のデータを累積して算出した^{*}（以下「累積測定地点数」）。

なお、環境基準の評価量は、上り下りを合わせて連続して通過する 20 本の列車について、列車毎の最大騒音レベル ($L_{A,Smax}$) の大きさが上位 10 本のもののエネルギー平均値を次式によって計算し、整数値を評価量とした。この評価量から環境基準を評価した。

$$\bar{L}_{A,Smax} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{(L_{A,Smax,i})}{10}} \right\} \text{ (dB)}$$

n : データ数 ($n=10$)、 $L_{A,Smax,i}$: 上位半数のうち i 番目の最大騒音レベルの値 (dB)

平成 16 年度～平成 19 年度（部分開業）の騒音測定・評価は、「新幹線鉄道に係る環境基準について¹⁾」に基づき、新八代駅以南の 22 地点で行った。なお、指示値と暗騒音の差が 10dB 未満の場合は、「騒音レベル測定方法 附属書 2（参考²⁾」により指示値の補正を行った。

平成 23 年度～平成 25 年度（全線開業）の騒音測定・評価は、「新幹線鉄道騒音測定・評価マニュアル³⁾」に基づき、新八代駅

以北（全線開通後開始）：58 地点、新八代駅以南：30 地点で行った。

測定結果

県内の九州新幹線鉄道路線図を図 1 に示す。地図は、ESRI ジャパンの全国市区町村界データ^{4), 5)} と国土交通省が公表している鉄道データ⁶⁾ の GIS 情報から作成した。

また、平成 16 年度～平成 25 年度の測定地点と評価量を表 1 に示す。

累積測定地点数と環境基準達成率を図 2 に示す。また、図 2 の平成 25 年度測定結果における地域別環境基準達成率を図 3 に示す。

1 環境基準達成状況

表 1 より、Ⅱ類型地域（6 地点）の環境基準の達成率は 100% となっており、Ⅰ類型の地域のみ未達成の地域がある。

騒音対策工事は一定の騒音減少効果が得られており^{8), 9)}、九州新幹線でも全区間で新設時に騒音対策工事が行われている。また、開通後に環境基準を超過した地点では更に騒音対策工事が行われている。

平成 16 年度～平成 19 年度（部分開業）に環境基準を超過していた 12 地点のうち 7 地点で騒音対策工事後に評価量が下がったが、環境基準より低くなったのは、八代市坂本町鶴喰（上）、水俣市南福寺（上）の 2 地点で、図 2 のとおり、全体の環境基準達成率は 50%前後でほとんど変化がなかった。

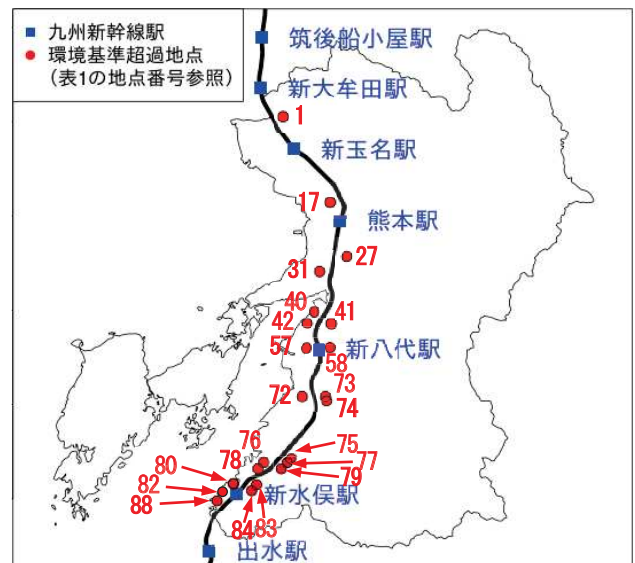


図 1 九州新幹線路線図

※昨年度 A, B, C の 3 地点で測定を行い、今年度に A, D, E の 3 地点で測定を行ったとすると、2 年間の累積測定地点数は A, B, C, D, E の 5 地点となり、重複した A 地点の評価量は今年度のデータを用いる。

表1 平成16年度～平成25年度における全測定地点の評価量 (dB)

地点番号	測定地点	地域類型	測定地点側上下の別	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度
1	南関町宮尾	I	下					75	75	75
2	玉名市石貫①	I	上					64		
3	玉名市石貫②	I	下					68		
4	玉名市石貫③	I	下					70		68
5	玉名市玉名大坊	I	下					68		
6	玉名市両迫間上迫間	I	上					68		
7	玉名市両迫間下迫間	I	上					69		69
8	玉名市津留下津留	I	下					66		
9	玉東町稲佐①	I	下					67		
10	玉東町稲佐②	I	下					70		70
11	玉東町山口	I	下					69		67
12	玉東町白木	I	下					68		
13	玉東町上白木①	I	下					68		
14	玉東町上白木②	I	下					69		69
15	熊本市太郎迫町	I	上					61		61
16	熊本市釜尾	I	上					66		67
17	熊本市池田	I	上					70		73
18	熊本市花園	II	上					68		67
19	熊本市島崎	I	上					66		64
20	熊本市田崎	I	上					66		
21	熊本市蓮台寺	II	上					66		
22	熊本市島町	I	上					65		
23	熊本市刈草	I	上					68		
24	熊本市白藤	I	上					65		
25	熊本市川尻	I	上					64		
26	熊本市富合町杉島	I	下					64		
27	熊本市富合町清藤	I	下					72	71	
28	熊本市富合町田尻	I	下					69		
29	宇土市新松原町①	II	下					67		
30	宇土市新松原町②	I	下					68		
31	宇土市旭町	I	上					71	69	66
32	宇城市不知火町小曾部	I	下					68		
33	宇城市不知火町高良①	I	下					67		
34	宇城市不知火町高良②	I	下					65		
35	宇城市不知火町魚松	I	上					68		
36	宇城市松橋町豊崎	I	下					67		
37	宇城市松橋町浅川	I	下					68		
38	宇城市松橋町砂川	I	上					67		
39	宇城市小川町住吉	I	下					66		
40	氷川町網道	I	上					71	68	
41	八代市鏡町宝出①	I	上							72
42	八代市鏡町宝出①	I	下							71
43	八代市鏡町宝出②	I	上					69		69
44	八代市鏡町宝出②	I	下							70
45	八代市鏡町貝洲	I	上					68		
46	八代市鏡町両出①	I	上							67
47	八代市鏡町両出②	I	下					67		69
48	八代市鏡町両出②	I	下					66		
49	八代市鏡町両出③	I	上					66		
50	八代市千丁町古閑出①	I	上					65		
51	八代市千丁町古閑出②	I	上					69		
52	八代市千丁町古閑出③	I	上							66
53	八代市千丁町古閑出③	I	下							69
54	八代市千丁町新牟田	I	下					65	66	
55	八代市島田町①	I	上					67	68	67
56	八代市島田町①	I	下							67
57	八代市島田町②	I	上					70	74	75
58	八代市島田町②	I	下							75
59	八代市中片町	I	上	64				68	65	69
60	八代市中片町	I	下							68
61	八代市宮地町①	I	上	66				70	65	
62	八代市宮地町②	I	上	65						
63	八代市宮地町②	I	下	67						
64	八代市宮地町③	I	上							68
65	八代市宮地町③	I	下							68
66	八代市宮地町④	I	上							65
67	八代市宮地町④	I	下							67
68	八代市宮地町⑤	I	上							66
69	八代市宮地町⑤	I	下							67
70	八代市古籠町	I	上	68					69	69
71	八代市坂本町西部	I	上	70	69					
72	八代市坂本町鶴喰	I	上	73		71	70	69		68
73	八代市坂本町鶴喰	I	下							71
74	八代市坂本町田上	I	下		74					
75	芦北町桑原	I	下	74		72	71			
76	芦北町田川①	I	上	75	71					
77	芦北町田川②	I	下	78	76			73		72
78	芦北町宮崎	I	上	76		72	71			
79	芦北町宮崎	I	下	75		71	71			
80	津奈木町岩城浜崎①	I	上	69	73					
81	津奈木町岩城浜崎②	I	下	70						
82	津奈木町岩城浜崎③	I	上	75				70		69
83	津奈木町岩城久子	I	下	71		70	71			
84	津奈木町小津奈木	I	下		73					
85	水俣市初野西原	II	上	72						72
86	水俣市長野町	II	上	70						
87	水俣市長野町	II	下	67						
88	水俣市南福寺	I	下	71		71	68	71		71

※網掛け■は環境基準超過

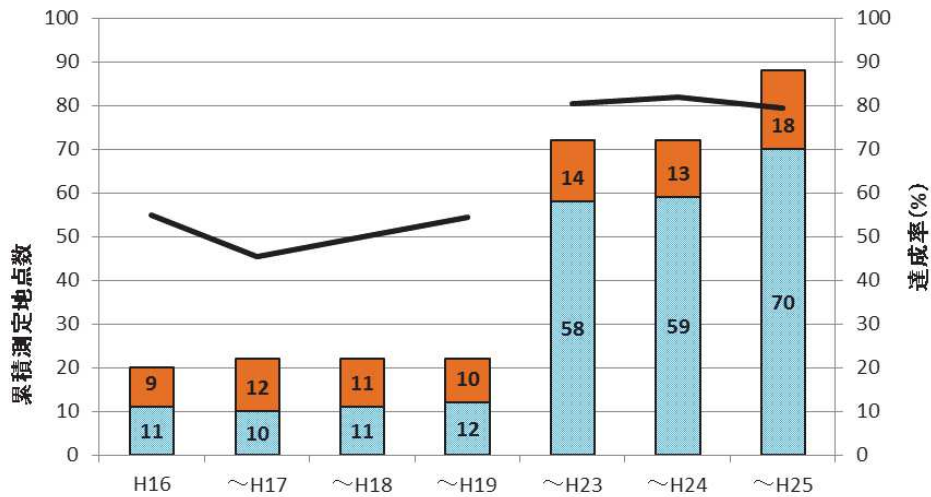


図2 平成16年度～平成25年度の環境基準達成率

■ 環境基準達成地点 ■ 環境基準超過地点 — 達成率(%)

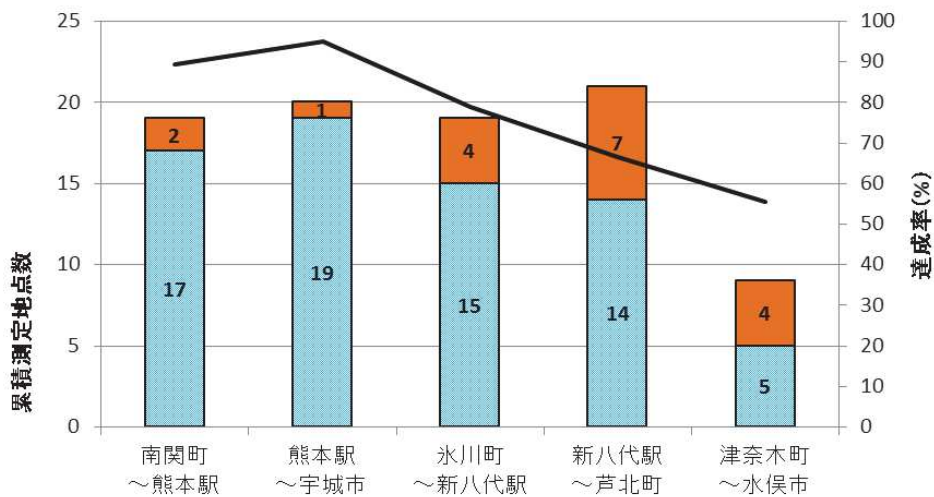


図3 平成25年度の地域別環境基準達成率

■ 環境基準達成地点 ■ 環境基準超過地点 — 達成率(%)

平成16年度～平成25年度に環境基準を超過したことがある22地点のうち8地点で対策工事後に評価量が下がったが、環境基準より低くなったのは、宇土市旭町(上)、氷川町網道(上)、八代市坂本町鶴喰(上)及び津奈木町岩城浜崎③(上)の4地点で、平成23年度以降は環境基準達成率80%前後で推移している。

図3から、環境基準を超過している測定地点は、平成16年度に開通した新八代駅以南の区間に多いことがわかる。県南では山間部を通過するためトンネルが多く、騒音測定はトンネルの出入り口付近で行うことが多い。このため、高い騒音レベルが測定されたと考えられる⁷⁾。

2 最大騒音レベルと列車速度及び運行形態との関係の解析

平成23年度～平成25年度に環境基準を超過したことのある地域で、2年以上測定した地域から、南関町宮尾、宇土市旭町、八代市島田町②、芦北町田川②、水俣市南福寺の5地点を選定し、最大騒音レベルと列車速度との関連性について解析を行った(図4)。また、九州新幹線は平成23年度から、800系6両編成に加えてN700系8両編成も運行するようになったため、新幹線の車両形式・編成両数や進行方向(上り、下り)も同様に解析を行った。

南関町宮尾と芦北町田川②は、3年間の測定で最大騒音レベルはほとんど変化がなかった。騒音対策工事は行われているが、両地点ともトンネルの出入り口に位置しており、その影響の方が大きかったと考えられる。

平成23年度

平成24年度

平成25年度

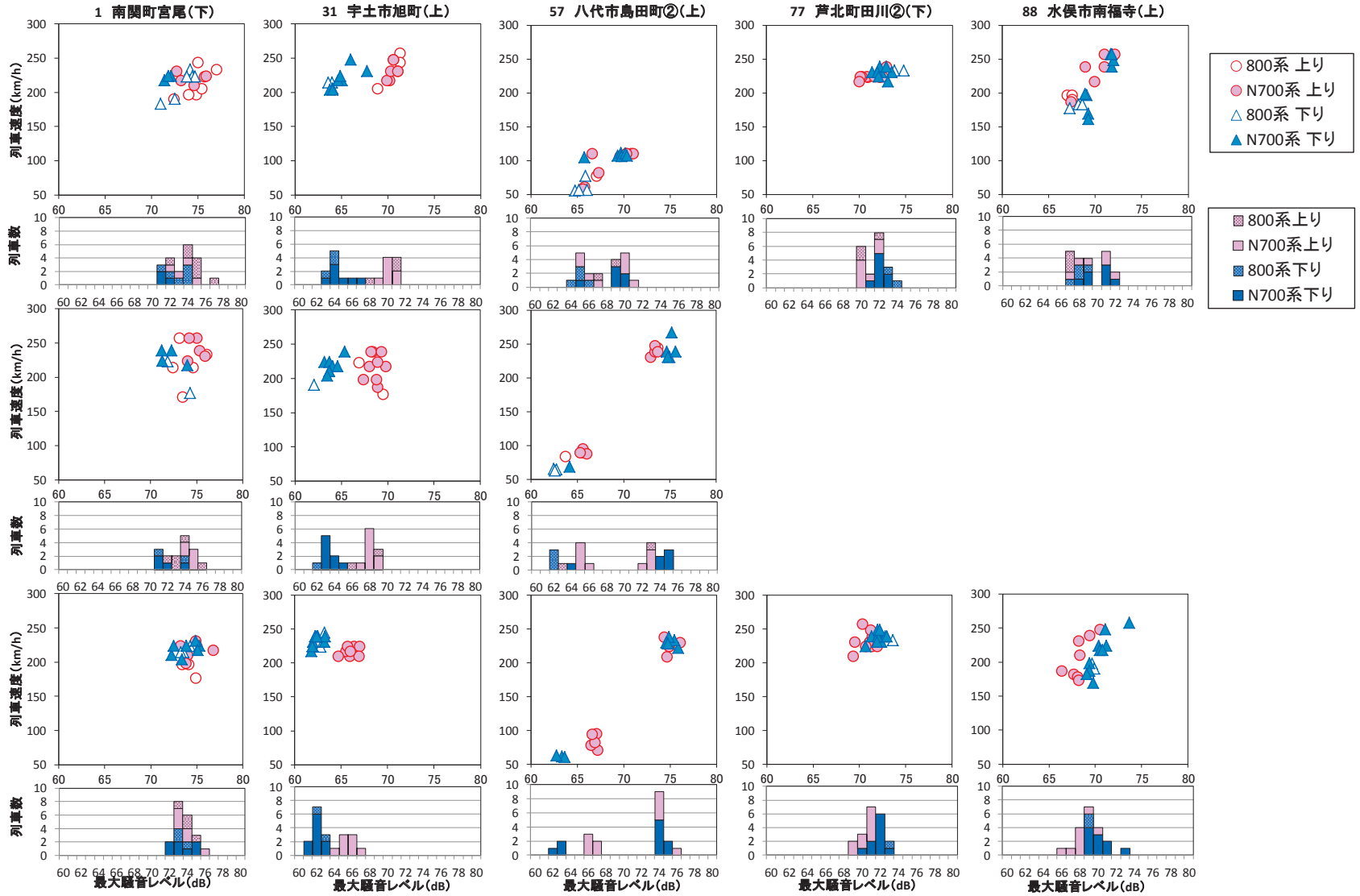


図4 最大騒音レベルと列車速度、車両形式・編成両数及び車両進行方向（上、下）の関係

水俣市南福寺は新水俣駅の近隣であり、新水俣駅に停車する列車と通過する列車で、列車速度と最大騒音レベルに差が見られた。図4から、平成23年度の測定では、最大騒音レベルが67dB～71dBであった列車は、それぞれほぼ同じ列車数であった。しかし、平成25年度の測定では最大騒音レベルが69dBの列車が最多となり、67～68dB、70～71dBの列車数はそれぞれ減少した。平成23年度と平成25年度の評価量(dB)は変わらなかった(表1)が、70dBを超える列車は減少傾向にあると考えられた。

宇土市旭町の最大騒音レベルは、騒音対策工事により、年々減少したと考えられ、平成25年度は68dB以上の列車は通過しなかった。

八代市島田町②は、速度制限があったため平成23年度は列車速度が100km/h程度であったが、速度制限が解除されると列車速度が200km/hを越す列車が走行するようになり、最大騒音レベルは5dB程度上昇し、平成25年度の評価量は75dBとなった。

車両形式・編成両数による最大騒音レベルの違いは、鹿児島県の測定結果では影響が示唆されている^{10) 11)}。しかし、今回の解析から熊本県内における車両形式・編成両数による違いは見られなかった。

次に、列車の進行方向について最大騒音レベルの比較を行った。宇土市旭町では3～6dB、芦北町田川②は1～2dBの差が見られたが、この結果は、測定を行った車線側を通過した列車と測定機器との距離が近いために最大騒音レベルが高く測定されたものであった。

水俣市南福寺は上り車線側で測定を行っているが、平成25年度の測定で、下り車線側の車両は最大騒音レベルが高い値を示していた。水俣市南福寺はトンネルの出入り口であることと、周囲を山に囲まれている音が反響しやすい地形であることが要因で、トンネルから車両が出てくる際の騒音が大きく測定されたと考えられた^{7), 12)}。

まとめ

環境基準達成率は、部分開業期間の平成16年度～平成19年度は50%前後で推移していた。また、全線開業後の平成23年度以降は80%前後で推移している。

新八代駅周辺は平成24年度から列車速度が速くなったことから評価量が高くなり、測定地点によっては環境基準を超過した。

環境基準を超過している地域のうち8地点は、対策工事後に明らかに評価量が低下し、このうち4地点で環境基準より低くなったが、環境基準を超過している地点は多くあり、新八代駅以南の地域で多くみられる。

最大騒音レベルと列車速度との関係は測定地点により異なり、最大騒音レベルはトンネル、地形の影響を受けやすいと考えられた。

文献

- 1) 環境省；「新幹線鉄道に係る環境基準について」昭和50年7月29日 環境庁告示第46号、昭和50年10月3日 環大特100号。
- 2) 環境騒音の表示・測定方法；日本工業規格 JIS Z8731。
- 3) 環境省；新幹線鉄道騒音測定・評価マニュアル(平成22年5月)。
- 4) 全国市区町村境界データ、ESRI ジャパン (<http://www.esri.com/products/data/japan-shp/>)。
- 5) 国土交通省；国土数値情報 行政区域データ (<http://nrb-www.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03.html>)。
- 6) 国土交通省；国土数値情報 鉄道データ (http://nrb-www.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N02-v2_2.html)。
- 7) 小澤智；日本流体力学会誌「ながれ」、14, 191-197 (1995)
- 8) 長倉清, 北川敏樹；騒音制御, 28, 356-360 (2004)。
- 9) 森圭太郎, 高桑靖匡, 野澤伸一郎, 島広志, 渡辺敏幸；土木学会論文集 G, 62, 435-444 (2006)。
- 10) 仮屋園広幸, 平原律雄, 茶屋典仁, 上村忠司, 肥後さより, 満留祐己；鹿児島県環境保健センター所報, 13, 103-104 (2012)。
- 11) 坂上啓；精密工学会誌, 76 (1), 41-45 (2010)。
- 12) 比江島慎二, 向井靖彦, 吉木健吾；土木学会論文集 G, 66 (1), 35-45 (2010)。

8) 環境基準未達成河川(合志川)の水質調査結果

木庭 亮一 小笹 康人 大津 一哲* 永田 武史
中堀 靖範 藤本 貴大 谷口 智則 上本 清次

はじめに

県では公共用水域の水質測定計画(以下「水質測定計画」という。)を策定し県内河川52河川(うち環境基準の類型指定47水域)120地点での水質調査を行っている。この調査によれば、平成21年度の時点で、合志川の環境基準点である藤巻橋(県調査地点)が平成11年度から4回、芦原橋(国土交通省調査)が6回環境基準を超過(BOD)していた。

今回、合志川の環境基準超過(BOD)の原因究明に資するため、合志川とその支川の水質調査を行ったのでその結果を報告する。

調査方法

1 調査期間及び調査地点

合志川は1級河川である菊池川の支川で流路延長22km、流域市町村は菊池市、合志市及び熊本市の一部が含まれ流域面積は194.3km²である¹⁾。当該地域は県内有数の畜産農業地帯で、牛豚等の飼養頭数は県全体の3割前後になる²⁾。その他近年電気機器、輸送機器製造業等の工業団地の立地が相次ぐとともに、宅地開発が行われるなど土地利用状況が大きく変貌している地域である。

調査は平成22年度から平成25年度の4年間行った。平成22年度の調査地点は合志川本流の上流から中島橋、藤巻橋、宝田橋、芦原橋の4地点と合志川に流入する支川、上流側から二鹿来川、矢護川、日向川、上庄川、塩浸川、上生川、夏目川、豊田川の8支川8地点で水質調査を行った。平成23、24年度は平成22年度の調査で汚濁指標のBOD値が高かった支川の日向川(岩迫橋、住吉橋、平原橋)、上生川(米良迫橋、佐野小橋、合流直前)、上生川と合流する小野川(山東橋、古閑橋)の支川8地点と合志川本流(富納橋、藤巻橋、佐野橋、宝田橋、芦原橋)の5地点で水質調査を行った。

平成25年度は前年度と同じ本流5地点で水質調査を行い、その他水質測定計画で毎月採水、搬入される藤巻橋について調査項目の追加を行った。

調査地点(H22~H25)を図1に示す。



図1 調査地点図

2 調査項目及び分析方法

今回実施した調査項目は、pH、電気伝導度(EC)、BOD、COD、大腸菌群数、全窒素(T-N)、全リン(T-P)、硝酸態窒素(NO₃-N)、亜硝酸態窒素(NO₂-N)、アンモニア態窒素(NH₄-H)、溶解性リン酸態リン(PO₄-P)、及び合志川本流5地点でSS、クロロフィルa(Chl-a)を追加した。また、平成25年度の藤巻橋では硝化菌由来のBOD(N-BOD)、大腸菌数を追加した。分析方法はChl-aをアセトン抽出による吸光度法より求めたほかはJIS K 0102に準じて分析を行った。

結果及び考察

1 平成22年度の調査結果

図2及び図3に合志川本流4地点と8支川の5月・8月・11月・平成23年1月に調査したBODの平均値及びCODの

*現熊本県北広域本部菊池地域振興局保健福祉環境部

平均値をそれぞれ示す。

図2から日向川と上生川の2支川のBODが他の支川と比較して高いのが分かる。合志川はA類型に指定されており、BOD基準値(2mg/L)を超過する河川水が日向川、上生川から合志川本流へ流入している。図3からCODは上流から下流へ徐々に平均値が増加している傾向は見られたが、河川間の明らかな差は見られなかった。以上のことから合志川のBOD基準超過の要因として、日向川、上生川の影響があると推察した。

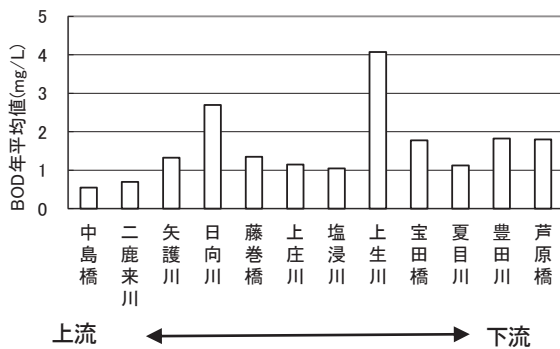


図2 合志川に流入する河川のBOD平均値 (H22)

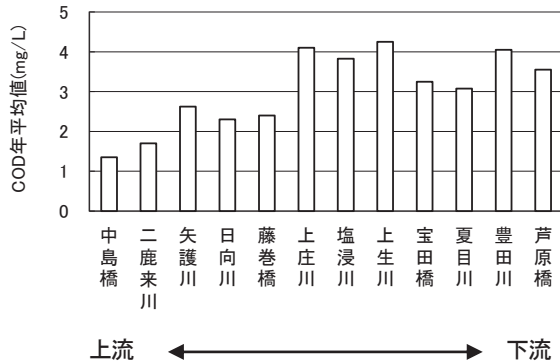


図3 合志川に流入する河川のCOD平均値 (H22)

2 平成23~24年度の調査結果

平成22年度の調査結果を受けて日向川、上生川と合志川本流に調査地点を絞って調査した。

1) 日向川

日向川の上流から、岩迫橋、住吉橋、平原橋の3地点で、期間中8回の調査を行った。調査地点別のBOD、COD、大腸菌群数、EC、T-N、T-P、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-Pの結果を表1に示す。

表1から岩迫橋~住吉橋の間でEC、T-N、NO₃-N、NH₄-Nの値が大きく変化していることから、この間での窒素を含むイオン性物質の流入が示唆された。

平成24年8月15日(旧暦盆)のBOD、COD、EC、T-N、T-Pが概ね最低値を示している。流域には数か所の工業団地があり、多くの工場・事業場等は旧暦盆に操業を休止していることから、日向川の水質が一時的に改善したのではないかと推察した。

表1 日向川調査結果(平成23~24年度)

採水年月日	H23.6.22	H23.6.22	H23.6.22	H23.7.13	H23.7.13	H23.7.13
河川名	日向川	日向川	日向川	日向川	日向川	日向川
地点名	岩迫橋	住吉橋	平原橋	岩迫橋	住吉橋	平原橋
BOD (mg/L)	6.9	19	4.3	2.9	11	3.2
COD (mg/L)	40	35	8.3	8.1	6.2	5.4
大腸菌群数	340000	170000	34000	22000	49000	24000
EC (μS/cm)	100	410	270	290	1200	620
T-N (mg/L)	3.1	5.3	2.7	2.9	14	7.4
T-P (mg/L)	0.38	0.48	0.16	0.34	0.67	0.24
NO ₃ -N (mg/L)	0.31	0.49	1.6	1.6	2.9	4.1
NO ₂ -N (mg/L)	0.02	0.04	0.04	0.27	0.22	0.35
NH ₄ -N (mg/L)	1.2	3.1	0.74	0.18	10	2.3
PO ₄ -P (mg/L)	0.005	0.014	0.020	0.27	0.62	0.20
採水年月日	H24.1.18	H24.1.18	H24.1.18	H24.2.8	H24.2.8	H24.2.8
河川名	日向川	日向川	日向川	日向川	日向川	日向川
地点名	岩迫橋	住吉橋	平原橋	岩迫橋	住吉橋	平原橋
BOD (mg/L)	15	9.0	6.7	7.2	7.4	10
COD (mg/L)	17	8.8	5.4	8.3	6.3	6.7
大腸菌群数	10000	13000	2400	33000	17000	10000
EC (μS/cm)	780	2500	820	270	2300	900
T-N (mg/L)	11	24	7.2	4.3	16	8.9
T-P (mg/L)	0.83	0.48	0.38	0.26	0.28	0.41
NO ₃ -N (mg/L)	1.6	8.0	2.8	1.0	5.4	3.0
NO ₂ -N (mg/L)	0.23	0.25	0.15	0.39	0.28	0.15
NH ₄ -N (mg/L)	9.1	15	3.8	2.1	11	5.4
PO ₄ -P (mg/L)	0.55	0.19	0.30	0.15	0.12	0.32
採水年月日	H24.7.11	H24.7.11	H24.7.11	H24.8.15	H24.8.15	H24.8.15
河川名	日向川	日向川	日向川	日向川	日向川	日向川
地点名	岩迫橋	住吉橋	平原橋	岩迫橋	住吉橋	平原橋
BOD (mg/L)	4.9	2.6	2.4	2.1	1.4	0.8
COD (mg/L)	10	7.9	6.1	6.6	5.0	2.5
大腸菌群数	49000	94000	17000	46000	49000	24000
EC (μS/cm)	520	2600	890	78	73	270
T-N (mg/L)	3.6	12	6.7	2.1	1.2	4.8
T-P (mg/L)	0.68	1.6	0.38	0.19	0.089	0.070
NO ₃ -N (mg/L)	1.3	7.6	4.9	0.15	0.51	4.4
NO ₂ -N (mg/L)	0.57	0.77	0.44	0.10	0.06	0.03
NH ₄ -N (mg/L)	0.56	1.5	0.70	1.5	0.40	0.11
PO ₄ -P (mg/L)	0.52	1.0	0.31	0.16	0.059	0.053
採水年月日	H24.12.12	H24.12.12	H24.12.12	H25.1.22	H25.1.22	H25.1.22
河川名	日向川	日向川	日向川	日向川	日向川	日向川
地点名	岩迫橋	住吉橋	平原橋	岩迫橋	住吉橋	平原橋
BOD (mg/L)			5.5	6.1	6.3	7.7
COD (mg/L)		7.0	5.1	10	8.1	10
大腸菌群数		22000	2200	79000	13000	33000
EC (μS/cm)		1200	1300	180	750	800
T-N (mg/L)		12	11	3.9	8.1	5.7
T-P (mg/L)		0.27	0.43	0.29	0.42	0.53
NO ₃ -N (mg/L)		4.0	5.0	0.96	3.9	2.5
NO ₂ -N (mg/L)		0.15	0.32	0.05	0.18	0.29
NH ₄ -N (mg/L)		7.9	6.9	2.8	3.4	2.0
PO ₄ -P (mg/L)		0.21	0.36	0.17	0.35	0.35

2) 上生川

上生川の上流から、米良迫橋、佐野小橋、合流直前の3地点で期間中8回の調査を行った。調査地点別の結果を表2に示す。

表2から上生川では米良迫橋より上流から高濃度の窒素、リンを含むイオン性物質が流入しており、流下する過程で概ね減少している。上生川では米良迫橋から佐野小橋の間で流入する河川等はなく、希釈による濃度低下が考えにくいことから、T-N及びT-Pの減少は植物プランクトン等の有機物に

変化したのではないかと推察した。

平成24年8月15日(日暦盆)は日向川と同様にBOD, T-N, T-P が概ね最低値を示すことから、工場・事業場の休業により一時的に改善したのではないかと推察した。

表2 上生川調査結果(平成23~24年度)

採水年月日	H23.6.22	H23.6.22	H23.6.22	H23.7.13	H23.7.13	H23.7.13
採水年月日	H23.6.22	H23.6.22	H23.6.22	H23.7.13	H23.7.13	H23.7.13
河川名	上生川	上生川	上生川	上生川	上生川	上生川
地点名	米良迫橋	佐野小橋	合流直前	米良迫橋	佐野小橋	合流直前
BOD (mg/L)	3.3	3.3	3.5	1.4	1.7	1.3
COD (mg/L)	5.7	7.2	7.1	4.3	4.3	4.7
大腸菌群数	130000	920000	540000	33000	22000	7900
EC (μS/cm)	770	270	220	1400	330	370
T-N (mg/L)	8.0	4.7	4.6	18	5.0	4.9
T-P (mg/L)	1.0	0.55	0.50	2.4	0.28	0.27
NO3-N (mg/L)	4.3	3.2	3.4	7.1	3.9	4.0
NO2-N (mg/L)	0.16	0.09	0.08	0.48	0.18	0.17
NH4-N (mg/L)	3.2	1.0	0.66	10	0.55	0.47
PO4-P (mg/L)	0.81	0.27	0.20	2.3	0.24	0.24
採水年月日	H24.1.18	H24.1.18	H24.1.18	H24.2.8	H24.2.8	H24.2.8
河川名	上生川	上生川	上生川	上生川	上生川	上生川
地点名	米良迫橋	佐野小橋	合流直前	米良迫橋	佐野小橋	合流直前
BOD (mg/L)	2.7	5.1	5.2	2.3	4.3	7.0
COD (mg/L)	2.7	2.2	3.2	2.1	2.5	4.0
大腸菌群数	7000	700	790	49000	7000	3300
EC (μS/cm)	2900	1100	1200	3300	1100	700
T-N (mg/L)	36	15	13	34	16	11
T-P (mg/L)	4.6	1.8	1.5	3.0	0.94	0.86
NO3-N (mg/L)	10	8.1	8.0	17	7.8	7.2
NO2-N (mg/L)	1.0	0.30	0.33	0.58	0.17	0.14
NH4-N (mg/L)	2.0	5.9	4.5	17	8.2	3.7
PO4-P (mg/L)	4.4	1.8	1.5	3.0	0.93	0.81
採水年月日	H24.7.11	H24.7.11	H24.7.11	H24.8.15	H24.8.15	H24.8.15
河川名	上生川	上生川	上生川	上生川	上生川	上生川
地点名	米良迫橋	佐野小橋	合流直前	米良迫橋	佐野小橋	合流直前
BOD (mg/L)	5.5	1.8	2.8	0.9	0.8	1.2
COD (mg/L)	5.4	4.5	5.5	4.0	3.8	4.0
大腸菌群数	49000	79000	24000	49000	79000	79000
EC (μS/cm)	1800	560	490	1300	300	290
T-N (mg/L)	13	4.6	5.4	4.2	3.0	4.1
T-P (mg/L)	1.1	0.30	0.31	0.22	0.16	0.24
NO3-N (mg/L)	7.4	3.9	4.2	3.7	2.7	3.4
NO2-N (mg/L)	0.54	0.12	0.14	0.02	0.01	0.03
NH4-N (mg/L)	2.0	0.06	0.48	0.08	0.04	0.41
PO4-P (mg/L)	0.92	0.25	0.24	0.19	0.13	0.19
採水年月日	H24.12.12	H24.12.12	H24.12.12	H25.1.22	H25.1.22	H25.1.22
河川名	上生川	上生川	上生川	上生川	上生川	上生川
地点名	米良迫橋	佐野小橋	合流直前	米良迫橋	佐野小橋	合流直前
BOD (mg/L)	2.1	1.5	1.6	4.2	5.4	6.1
COD (mg/L)	2.7	2.0	2.8	3.9	3.9	6.1
大腸菌群数	7900	4900	1700	3300	7900	4600
EC (μS/cm)	3800	1200	870	2800	800	530
T-N (mg/L)	23	9.6	9.3	29	9.4	8.1
T-P (mg/L)	0.50	0.21	0.25	0.29	0.14	0.26
NO3-N (mg/L)	12	7.8	7.9	12	7.7	5.9
NO2-N (mg/L)	0.94	0.28	0.27	0.90	0.31	0.20
NH4-N (mg/L)	11	1.9	1.7	15	1.4	2.0
PO4-P (mg/L)	0.50	0.21	0.27	0.27	0.12	0.20

3) 合志川本流

合志川本流の上流から、富納橋、藤巻橋、佐野橋、宝田橋、芦原橋の5地点で期間中8回の調査を実施した。調査地点別の結果を表3に示す。

採水日の違いによりいくつかの調査項目で大きな変動が見受けられるが、概ね上流から下流へ流下するにしたがって数値が上昇する傾向が伺える。

平成25年1月22日の採水日に注目すると、BOD値は上流の富納橋から下流の芦原橋まで2mg/L以上の値を示し、特に富納橋から藤巻橋の間で大きくBODが上昇する動きが見られた。この時、大腸菌群数、EC、T-N、T-P、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-P等にもBODの変化と似た動きが見られた。しかし、藤

表3 合志川本流調査結果(平成23~24年度)

採水年月日	H23.6.22	H23.6.22	H23.6.22	H23.6.22	H23.6.22
採水年月日	H23.6.22	H23.6.22	H23.6.22	H23.6.22	H23.6.22
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	0.7	0.7	1.1	1.1	1.4
COD (mg/L)	3.2	3.5	4.7	4.7	5.6
SS (mg/L)	11	18	12	34	48
大腸菌群数	49000	17000	79000	34000	>160000
EC (μS/cm)	95	97	110	130	120
T-N (mg/L)	3.1	3.1	3.3	3.4	3.2
T-P (mg/L)	0.065	0.064	0.10	0.13	0.22
NO3-N (mg/L)	2.9	2.9	2.9	3.0	2.8
NO2-N (mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
NH4-N (mg/L)	0.05	0.06	0.08	0.12	0.15
PO4-P (mg/L)	0.018	0.025	0.030	0.054	0.070
Ch1-a (μg/L)	0.6	0.6	0.8	1.0	1.4
採水年月日	H23.7.13	H23.7.13	H23.7.13	H23.7.13	H23.7.13
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	<0.5	0.5	0.8	1.2	1.2
COD (mg/L)	2.0	2.2	3.1	3.7	3.7
SS (mg/L)	3	9	13	3	3
大腸菌群数	24000	17000	49000	22000	7900
EC (μS/cm)	110	130	170	190	200
T-N (mg/L)	2.8	3.1	3.1	3.3	3.5
T-P (mg/L)	0.046	0.073	0.082	0.11	0.13
NO3-N (mg/L)	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0
NO2-N (mg/L)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04
NH4-N (mg/L)	0.02	0.16	0.06	0.12	0.16
PO4-P (mg/L)	0.030	0.050	0.060	0.090	0.10
Ch1-a (μg/L)	1.9	1.5	2.9	3.7	9.6
採水年月日	H24.1.18	H24.1.18	H24.1.18	H24.1.18	H24.1.18
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	1.3	1.3	1.6	2.4	2.1
COD (mg/L)	2.1	3.1	3.4	3.5	3.4
SS (mg/L)	4	5	11	6	6
大腸菌群数	3300	1700	7000	10000	7900
EC (μS/cm)	120	200	150	350	370
T-N (mg/L)	1.7	1.8	2.4	3.9	4.4
T-P (mg/L)	0.12	0.12	0.18	0.37	0.30
NO3-N (mg/L)	1.1	1.2	2.0	2.8	3.4
NO2-N (mg/L)	0.02	0.02	0.05	0.08	0.09
NH4-N (mg/L)	0.25	0.34	0.07	0.61	0.45
PO4-P (mg/L)	0.084	0.10	0.15	0.34	0.27
Ch1-a (μg/L)	1.5	1.7	6.2	6.0	4.8
採水年月日	H24.2.8	H24.2.8	H24.2.8	H24.2.8	H24.2.8
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	1.3	1.9	3.4	3.3	4.9
COD (mg/L)	3.4	3.7	6.2	5.6	6.6
SS (mg/L)	9	6	11	9	10
大腸菌群数	4900	3300	13000	7900	10000
EC (μS/cm)	110	130	170	260	250
T-N (mg/L)	1.5	1.9	2.5	4.0	4.3
T-P (mg/L)	0.091	0.15	0.23	0.33	0.36
NO3-N (mg/L)	1.2	1.3	1.9	2.7	3.0
NO2-N (mg/L)	0.01	0.04	0.04	0.06	0.08
NH4-N (mg/L)	0.07	0.24	0.22	0.71	0.64
PO4-P (mg/L)	0.071	0.13	0.17	0.27	0.29
Ch1-a (μg/L)	2.2	2.5	5.0	5.3	8.2
採水年月日	H24.7.11	H24.7.11	H24.7.11	H24.7.11	H24.7.11
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	0.7	0.9	0.9	1.2	1.7
COD (mg/L)	3.1	2.9	3.9	4.3	4.3
SS (mg/L)	7	4	7	7	5
大腸菌群数	24000	13000	24000	13000	49000
EC (μS/cm)	120	150	180	220	230
T-N (mg/L)	2.7	3.0	3.0	3.2	3.3
T-P (mg/L)	0.089	0.10	0.12	0.14	0.16
NO3-N (mg/L)	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7
NO2-N (mg/L)	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
NH4-N (mg/L)	0.03	0.15	0.04	0.07	0.08
PO4-P (mg/L)	0.046	0.064	0.078	0.10	0.11
Ch1-a (μg/L)	1.3	1.5	3.3	5.7	14
採水年月日	H24.8.15	H24.8.15	H24.8.15	H24.8.15	H24.8.15
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	<0.5	<0.5	0.8	0.9	1.2
COD (mg/L)	2.0	2.3	3.7	4.1	4.7
SS (mg/L)	6	3	10	8	11
大腸菌群数	46000	49000	33000	33000	33000
EC (μS/cm)	120	140	170	210	200
T-N (mg/L)	2.9	2.9	2.1	2.7	2.5
T-P (mg/L)	0.054	0.088	0.096	0.14	0.15
NO3-N (mg/L)	1.7	1.7	1.8	2.2	2.0
NO2-N (mg/L)	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04
NH4-N (mg/L)	0.04	0.09	0.09	0.14	0.15
PO4-P (mg/L)	0.036	0.068	0.062	0.10	0.10
Ch1-a (μg/L)	1.3	0.9	3.7	3.8	4.2
採水年月日	H24.12.12	H24.12.12	H24.12.12	H24.12.12	H24.12.12
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	0.6	1.7	0.6	0.6	1.2
COD (mg/L)	2.0	3.3	2.1	2.3	3.1
SS (mg/L)	3	5	2	3	5
大腸菌群数	1700	2400	2400	1300	2200
EC (μS/cm)	110	150	190	290	310
T-N (mg/L)	1.4	2.7	2.2	3.2	4.0
T-P (mg/L)	0.066	0.22	0.12	0.15	0.19
NO3-N (mg/L)	1.2	1.3	1.9	2.7	3.3
NO2-N (mg/L)	<0.01	0.04	0.02	0.05	0.06
NH4-N (mg/L)	0.07	1.20	0.10	0.31	0.34
PO4-P (mg/L)	0.049	0.19	0.11	0.14	0.19
Ch1-a (μg/L)	0.6	1.0	1.0	1.2	1.7
採水年月日	H25.1.22	H25.1.22	H25.1.22	H25.1.22	H25.1.22
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	2.7	5.0	2.0	2.9	2.7
COD (mg/L)	4.8	5.8	3.9	4.4	4.3
SS (mg/L)	13	17	19	23	19
大腸菌群数	33000	94000	2200	3300	4900
EC (μS/cm)	110	200	200	250	310
T-N (mg/L)	1.9	3.1	2.3	3.1	4.1
T-P (mg/L)	0.16	0.27	0.12	0.15	0.16
NO3-N (mg/L)	1.3	1.6	1		

巻橋の上流約 1km 付近で合志川と合流する支川の日向川の平原橋の同日結果（表 1）に特異的な数値は見られなかった。

4) T-N, T-P

平成 23~24 年度水質測定計画に基づき熊本県が行った県内河川の調査地点及び今回の調査した藤巻橋、芦原橋の T-N, T-P の最高・最低値及び平均値を図 4 に示す。

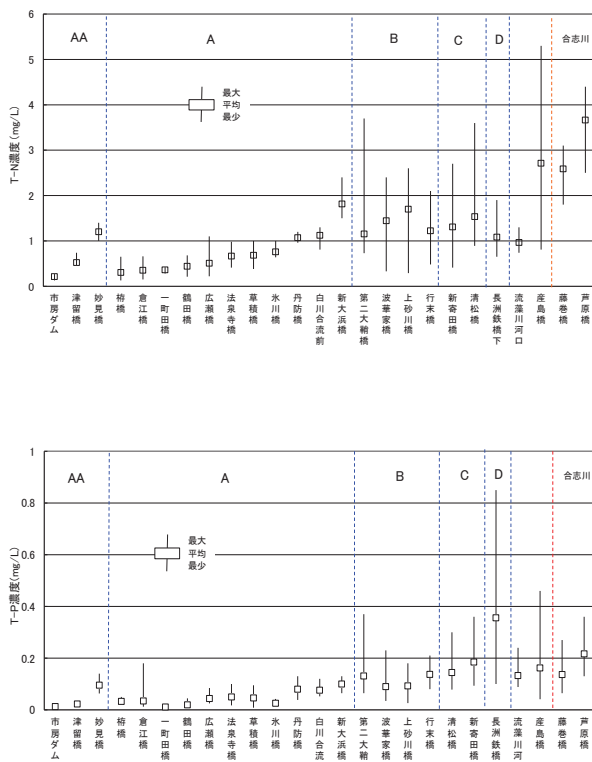


図 4 県内河川の T-N, T-P の濃度範囲（平成 23~24 年度）

なお、図の上部に記してある AA, A, B, C, D は各調査地点の類型指定を表しており、本調査地点である藤巻橋、芦原橋は A 類型に該当する。ちなみに流藻川河口、産島橋は類型指定されていない。

また、水質測定計画では合志川藤巻橋の T-N, T-P の測定は実施されていない。今回の考察で芦原橋については、国土交通省の調査結果は用いず、本調査結果のみを用いた。

図 4 に示すように、藤巻橋及び芦原橋の T-N は D 類型に指定されている長洲鉄橋下より高い濃度レベルであり、また T-P は、B, C 類型に指定されている地点と同程度の濃度であった。合志川の環境基準点である藤巻橋及び芦原橋は共に A

類型に指定されており、同じ A 類型に指定されている県内河川の中では、T-N 並びに T-P も高濃度の状況であることが分かった。

3 平成 25 年度の調査結果

1) 合志川本流

平成 23~24 年度と同じ調査地点で、期間中 3 回の調査を行った。調査地点別の結果を表 4 に示す。

表 4 合志川調査結果（平成 25 年度）

採水年月日	H25. 8. 14	H25. 8. 14	H25. 8. 14	H25. 8. 14	H25. 8. 14
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	0.7	2.4	1.2	1.8	4.5
COD (mg/L)	2.8	5.1	4.5	3.5	7.6
SS (mg/L)	5	4	4	4	8
大腸菌群数	79000	17000	22000	17000	17000
EC (μS/cm)	130	150	270	320	280
T-N (mg/L)	1.5	1.5	1.5	1.6	1.2
T-P (mg/L)	0.091	0.10	0.12	0.14	0.10
NO3-N(mg/L)	1.1	0.89	1.0	1.2	0.54
NO2-N(mg/L)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
NH4-N(mg/L)	0.05	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
PO4-P(mg/L)	0.070	0.047	0.092	0.10	0.034
Chl-a (μg/L)	2.7	44	18	26	
採水年月日	H26. 1. 29	H26. 1. 29	H26. 1. 29	H26. 1. 29	H26. 1. 29
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	<0.5	0.9	0.8	1.4	1.2
COD (mg/L)	1.9	2.7	2.3	2.6	3.1
SS (mg/L)	9	8	4	6	3
大腸菌群数	1700	2400	1400	1300	7900
EC (μS/cm)	100	150	210	380	350
T-N (mg/L)	1.3	1.9	1.9	3.6	3.6
T-P (mg/L)	0.075	0.25	0.14	0.17	0.21
NO3-N(mg/L)	1.1	1.3	1.6	2.8	3.0
NO2-N(mg/L)	<0.01	0.07	0.03	0.10	0.07
NH4-N(mg/L)	0.04	0.32	0.05	0.46	0.26
PO4-P(mg/L)	0.061	0.22	0.12	0.15	0.19
Chl-a (μg/L)	2.3	1.7	5.6	6.7	5.4
採水年月日	H26. 2. 19	H26. 2. 19	H26. 2. 19	H26. 2. 19	H26. 2. 19
河川名	合志川	合志川	合志川	合志川	合志川
地点名	富納橋	藤巻橋	佐野橋	宝田橋	芦原橋
BOD (mg/L)	0.7	1.4	1.5	2.2	2.5
COD (mg/L)	1.5	2.7	2.7	3.3	4.2
SS (mg/L)	4	7	6	9	9
大腸菌群数	1700	2700	2700	2400	3300
EC (μS/cm)	100	140	180	250	320
T-N (mg/L)	1.3	1.6	2.0	3.0	3.6
T-P (mg/L)	0.069	0.12	0.15	0.24	0.25
NO3-N(mg/L)	1.1	1.3	1.7	2.2	2.8
NO2-N(mg/L)	<0.01	0.01	0.02	0.04	0.07
NH4-N(mg/L)	0.01	0.13	0.07	0.42	0.45
PO4-P(mg/L)	0.054	0.091	0.12	0.19	0.19
Chl-a (μg/L)	1.1	1.6	2.1	2.5	4.1

今回の調査では、夏（8月14日）に COD, 大腸菌群数, Chl-a の調査項目が高い傾向にあり、T-N, T-P, NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, PO₄-P の調査項目は低い傾向が見られた。

2) 藤巻橋

平成 25 年度水質測定計画に基づき藤巻橋で調査を行った結果と追加項目の結果を表 5 に、また、平成 25 年度の結果から求めた各調査項目間の相関係数を表 6 に示す。なお、BOD が 0.5mg/L 未満の結果についてはデータ処理上 0.25 の値を用いた。

BOD と相関係数が高い項目は、大腸菌数、COD、大腸菌群数の 3 項目だった。相関の高い項目から藤巻橋での BOD 変動要因として、畜産等の農業系の影響が考えられるが、平成 22~24 年度の藤巻橋で BOD と相関係数が高い項目は、NO₂-N (0.92)、T-P (0.85)、COD (0.84) であり、今回と異なる傾向を示し農業系以外の影響も考えられる。

T-N が比較的高濃度であったため藤巻橋において N-BOD を調査したが、4 月に 1.1mg/L の値が得られたがその他は 0.5mg/L 未満の結果であった。

表 5 藤巻橋調査結果 (平成 25 年度)

採水年月日	H25.4.24	H25.5.14	H25.6.12	H25.7.3	H25.8.14	H25.9.10
BOD (mg/L)	2.5	1.3	0.7	1.3	1.8	0.5
COD (mg/L)	2.9	2.5	3.7	3.5	4.4	1.5
SS (mg/L)	180	140	200	190	150	150
大腸菌群数	13	7	12	4	4	1
EC (μS/cm)	13000	3300	10000	33000	13000	17000
T-N (mg/L)	2.2	1.6	1.8	2.4	1.4	2.8
T-P (mg/L)	0.10	0.092	0.14	0.11	0.10	0.069
NO ₃ -N (mg/L)	1.4	1.0	1.4	1.9	0.97	2.6
NO ₂ -N (mg/L)	0.05	0.04	0.07	0.05	0.01	<0.01
NH ₄ -N (mg/L)	0.82	0.34	0.45	0.15	<0.01	0.03
PO ₄ -P (mg/L)	0.069	0.066	0.10	0.08	0.043	0.056
Chl-a (μg/L)	2.5	2.3	3.3	5.4	28.6	0.5
大腸菌数	810	270	70	60	120	80
N-BOD (mg/L)	1.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
採水年月日	H25.10.2	H25.11.5	H25.12.10	H26.1.15	H26.2.12	H26.3.11
BOD (mg/L)	0.6	<0.5	5.6	1.3	0.7	1.2
COD (mg/L)	2.1	1.6	8.3	2.9	2.0	2.6
SS (mg/L)	150	120	110	160	130	170
大腸菌群数	7	3	22	6	5	13
EC (μS/cm)	24000	33000	130000	2200	1700	3300
T-N (mg/L)	2.2	1.6	2.2	2.3	1.7	1.8
T-P (mg/L)	0.077	0.074	0.26	0.22	0.11	0.24
NO ₃ -N (mg/L)	1.7	1.3	1.3	1.2	1.2	1.4
NO ₂ -N (mg/L)	0.02	0.01	0.03	0.04	0.01	0.03
NH ₄ -N (mg/L)	0.15	0.05	0.41	0.87	0.33	0.15
PO ₄ -P (mg/L)	0.061	0.06	0.15	0.19	0.088	0.18
Chl-a (μg/L)	1.5	0.9	3.6	1.9	0.9	1.6
大腸菌数	150	130	3500	60	1	120
N-BOD (mg/L)	<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5

表 6 藤巻橋での調査項目間の相関係数 (平成 25 年度)

	BOD	COD	SS	大腸菌群数	T-N	T-P	Chl-a	大腸菌数	N-BOD
BOD	1.00								
COD	0.91	1.00							
EC	-0.35	-0.21							
SS	0.79	0.75	1.00						
大腸菌群数	0.83	0.82	0.62	1.00					
T-N	0.10	0.00	-0.01	0.22	1.00				
T-P	0.59	0.62	0.71	0.42	0.06	1.00			
Chl-a	0.14	0.31	-0.15	-0.03	-0.43	-0.10	1.00		
大腸菌数	0.95	0.87	0.80	0.92	0.16	0.54	-0.05	1.00	
N-BOD	0.44	-0.18	0.56	-0.14	0.38	0.22	-0.61	0.69	1.00
	BOD	COD	EC	T-N	T-P	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄ -P
BOD	1.00								
COD	0.91	1.00							
EC	-0.35	-0.21	1.00						
T-N	0.10	0.00	0.23	1.00					
T-P	0.59	0.62	-0.04	0.06	1.00				
NO ₃	-0.25	-0.28	0.27	0.82	-0.28	1.00			
NO ₂	0.13	0.22	0.71	0.12	0.25	-0.09	1.00		
NH ₄	0.30	0.17	0.22	0.18	0.38	-0.32	0.58	1.00	
PO ₄ -P	0.32	0.33	0.07	0.14	0.94	-0.20	0.28	0.47	1.00

まとめ

環境基準未達成河川である合志川の水質の状況を明らかにするため平成 22~25 年度に水質調査を行った。その結果次のことが明らかとなった。

合志川の BOD は流入する 8 支川のうちの日向川及び上生川からの影響を受けやすいと推察したが、今回の調査結果から 2 支川による BOD 超過の原因を明らかにすることはできなかった。

しかし、日向川及び上生川はいずれも流域の工場・事業場からの影響を受けやすいのではないかと推察された。日向川では岩迫橋から住吉橋の間で窒素の流入があることが分かり、上生川では米良迫橋より上流から窒素やリンを含む排水の流入があることが分かった。

これらの支川の影響により藤巻橋、芦原橋の T-N、T-P の濃度が熊本県内の A 類型に指定されている他の環境基準点に比べて高濃度であると推察される。

参考文献

- 1) 熊本県公害部：水質浄化対策調査結果 (合志川水系)、p.9 (1986)
- 2) 熊本県：2005 年農林業センサス、販売目的の家畜を飼養している経営体数と飼養頭羽数

www.pref.kumamoto.jp/site/statistics/2005nourin.html

9) 八代海流入河川の難分解性有機物

大津 一哲* 上本 清次

はじめに

近年、有明海・八代海では COD が環境基準未達成となる海域が確認されている。本県の平成 10 年度から平成 24 年度の公共用水域調査結果では、海域の COD 環境基準達成率は 70% 台で推移している。一方、河川の BOD 環境基準達成率は年々上昇しており、平成 10 年度に 81.0% だったものが、平成 24 年度には 93.0% となっている。

このように、河川環境が年々良くなっているにも関わらず、海域環境の改善が伴わない原因の 1 つとして、難分解性有機物の増加が懸念されている。今回、八代海に流入する 6 河川について、長期分解試験を行い、微生物等により分解され難い、難分解性有機物の現状把握の測定を行った。有機物の指標として BOD, COD を用い、長期分解試験における 100 日後の COD を難分解性 COD として評価を行った。

現状

八代海へ流入する代表的な 6 河川と、今回調査の対象とした地点を図 1 に示した。また、これら地点の BOD, COD 値の経年変化を図 2, 3 に示した（調査地点は図 4 参照）。BOD については、減少から横ばい傾向である一方、COD については、横ばい、若しくは減少傾向であった。



図 1 調査地点

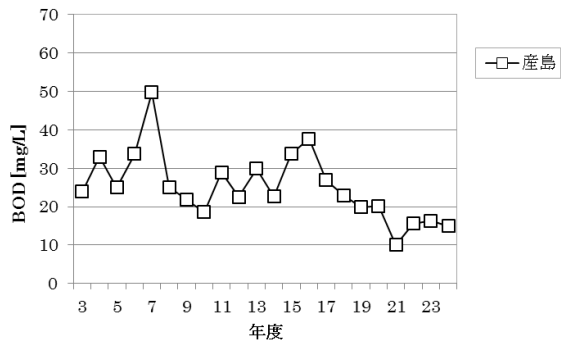
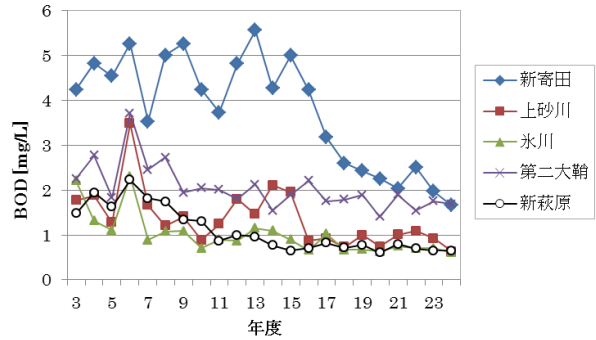


図 2 河川 BOD の経年変化

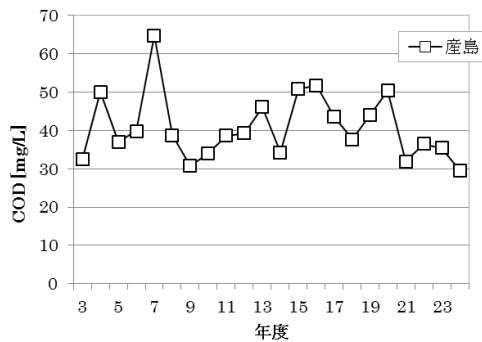
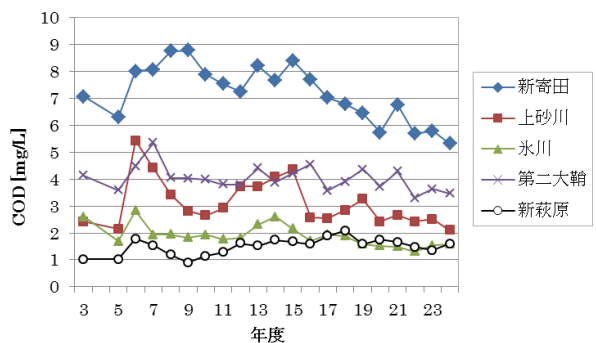


図 3 河川 COD の経年変化

* 現熊本県北広域本部菊池地域振興局保健福祉環境部衛生環境

図4に各地点のCOD/BODの経年変化を示した。平成3年度には0.68~1.8の範囲であったのに対し、平成24年度には1.9~3.3となっており、全ての地点で上昇傾向が見られた。このことは、経年的なBODの減少に比べ、CODの減少が少ないことを意味しており、有機物を生物学的に分解するBODに比べ、化学的に分解を行うCODの方が強い酸化力であることを考慮すると、有機物質中の易分解性有機物の割合が減り、難分解性有機物の割合が増加していることが示唆される。

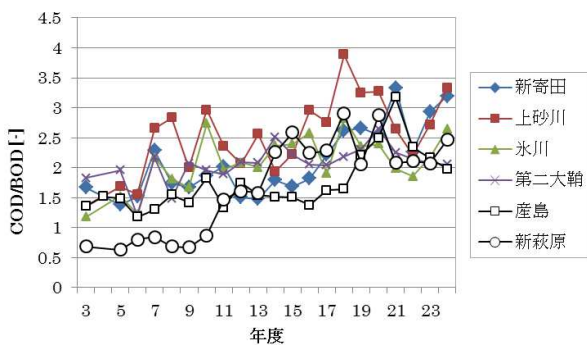


図4 河川COD/BODの経年変化

長期分解試験

1 調査地点

八代海に流入する代表的な6河川を対象とし、公共用水域測定計画で監視を行っている最下流の地点（海に最も近い地点）を調査地点とした。各河川と調査地点は図1のとおりである。

2 試験方法

以下の手順¹⁾により長期分解試験を行った。採水は平成25年11月28日に実施した。

- 1) 2Lポリ容器に採水した検体を20℃で爆気し、酸素飽和状態とした。また、ガラス繊維ろ紙(GF/B)によりろ過した検体についても、同様に爆気した。
- 2) 恒温室内(20℃暗所)で静置した。この際、容器の蓋は少し緩めておいた。
- 3) 試験開始後の3週間は、15分間の爆気を週に3回行った。同様に、その後3週間は週に2回、その後は週に1回の爆気を行い、好気状態を維持した。
- 4) 日数の間隔をあげ、試料のBOD、COD等を測定した。

結果と考察

氷川橋、新萩原橋のBODは、試験開始直後から定量下限値未満(<0.5mg/L)であった。上砂川橋、第二

大鞘橋についても初期のBOD値は低く、試験開始43日後の測定では定量下限値未満となった。これらの地点については、CODの経時変化は少なかった。

新寄田橋、産島橋については、試験開始直後からBOD、COD共に減少し、43日後の測定では、BODはどちらも開始時の10%以下となった。新寄田橋は82日後に、産島橋は100日後にBODは定量下限値未満となった。CODもBODと同様に減少した。上砂川橋、新寄田橋、産島橋の試験結果を図5に示した。

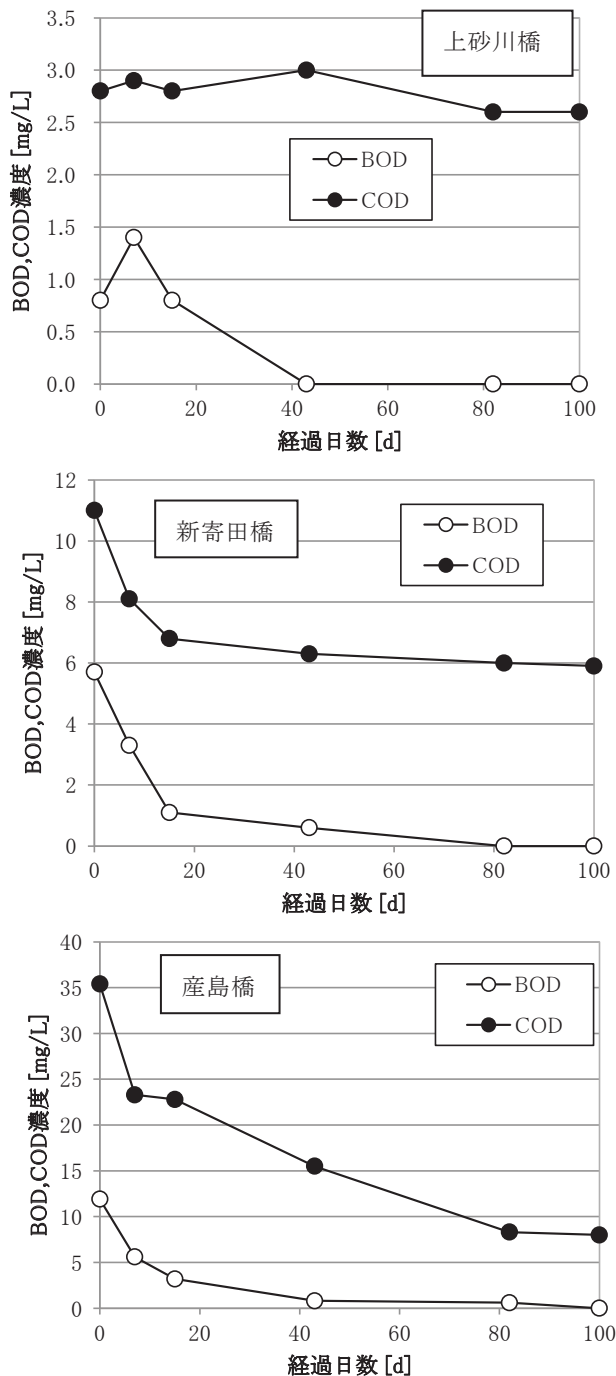


図5 BOD、CODの経時変化

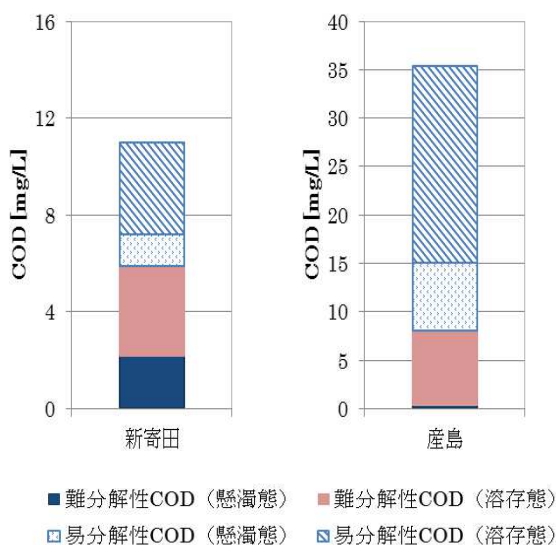
各地点の0日（開始時）と100日後のCOD値を表1に示した。100日後のCODを難分解性CODとし、その割合を求めた。

上砂川橋、氷川橋、第二大韃橋、新萩原橋は、開始時のCODは低かったが、難分解性CODの割合は高く72.1%～92.9%であった。新寄田橋、産島橋の難分解性CODの割合はそれぞれ53.6%、22.6%と低かったが、難分解性COD値そのものは、5.9mg/L、8.0mg/Lと他の地点よりいずれも大きかった。

表1 長期分解試験結果（COD）

地点	0日 COD [mg/L]	100日 難分解性COD [mg/L]	難分解性 CODの割合 [%]
新寄田橋	11.0	5.9	53.6
上砂川橋	2.8	2.6	92.9
氷川橋	1.4	1.2	85.7
第二大韃橋	4.3	3.1	72.1
産島橋	35.4	8.0	22.6
新萩原橋	1.6	1.4	87.5

次に、ガラス繊維ろ紙（GF/B）でろ過を行った検体での測定結果を用い、懸濁態、溶存態の難分解性CODの量を算出した。新寄田橋、産島橋の結果を図6に示した（他の地点は値が小さく、COD測定誤差の影響が大きい対象から外している）。



地点	難分解性COD [mg/L]		易分解性COD [mg/L]	
	懸濁態	溶存態	懸濁態	溶存態
新寄田橋	2.2 (20.0%)	3.7 (33.6%)	1.3 (11.8%)	3.8 (34.5%)
産島橋	0.4 (1.1%)	7.6 (21.5%)	7.0 (19.8%)	20.4 (57.6%)

図6 懸濁態、溶存態の割合

新寄田では、難分解性CODの懸濁態がCOD全体の20.0%、溶存態が33.6%であった。産島橋では懸濁態が1.1%と低く、溶存態が21.5%であった。

まとめ

- ・八代海流入河川のCOD/BODは平成3年度には0.68~1.8の範囲であったのに対し、平成24年度には1.9~3.3となっており、全ての地点で上昇傾向が見られ、難分解性有機物の割合が増加していることが示唆された。
- ・COD長期分解試験を行った結果、難分解性のCODの割合は53.6~92.9%であり、河川により大きく異なっていた。
- ・ろ過した試料を用い懸濁態、溶存態の難分解性CODを算出したところ、新寄田では難分解性CODの懸濁態がCOD全体の20.0%、溶存態が33.6%であった。産島橋では懸濁態が1.1%と低く、溶存態が21.5%であった。
- ・難分解性有機物の存在状況は、河川により異なっており、これらの状況をより詳細に把握していくことで、海域への負荷削減を効果的に行うための重要なデータが得られると考えられる。

参考文献

- 1) 服部廉, 渡邊博, 新谷建, 高田文子, 水野勝: 愛知県環境調査センター所報, 39, 35-39 (2012) .

10) 熊本市東部及び上益城地域の湧水における重金属成分等の分布

永田 武史 藤本 貴大

はじめに

熊本地域では生活用水の大部分を地下水に依存しており、地下水の量的・質的な保全是県民の生活環境保全の観点から非常に重要である。しかしながら、近年、地下水位の低下、江津湖などの湧水の湧出量の減少及び硝酸性窒素濃度の上昇など熊本地域の地下水に関して量的及び質的な問題が取りざたされている。

熊本地域の特に水前寺・江津湖周辺の地下水については、白川中流域における河川水の涵養による寄与が大きいと考えられており^{1,2)}、地下水保全の取り組みとして白川中流域における涵養事業などが行われている²⁾。今後、地下水の量的・質的な保全のために有効な対策を取るためには、地域の地下水の流動を把握することが重要である。

筆者らは、熊本地域の湧水の成分を分析し、白川をはじめとした河川水や、他の地域の地下水と比較することによって、湧水に含まれる地下水の起源を探ることにつながると考え、江津湖周辺の湧水及び嘉島町の下六嘉湧水群を中心とした、熊本市東部及び上益城地域における湧水の調査を行い、イオン成分及び重金属成分の分析を行ったのでその結果について報告する。

また、今回調査した湧水の調査結果と白川河川水及び白川中流域地下水の調査データを用いて水質の比較

を行ったので併せて報告する。

調査方法

図1に調査地点及び名称を示す。本調査は平成24年11月26日及び平成25年5月29日の2回に分けて18地点の湧水を採水した(ただし、調査地点No.4は掘削井である)。内訳は益城町3地点、御船町1地点、嘉島町6地点、熊本市8地点である。調査を行った湧水について、地域により4つのグループに分類した(グループa: 益城町及び御船町, No. 1~3, No. 11, グループb: 嘉島町, No. 5~10, グループc: 熊本市江津湖周辺, No. 4, No. 14~18, グループd: 熊本市託麻地域, No. 12, No. 13)。

また、白川中流域に位置する七障子橋(大津町)の河川水を併せて採水・分析した。

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⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)、陰イオン(F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻)のHCO₃⁻を除くイオン成分はイオンクロマトグラフ法、HCO₃⁻は硫酸滴定法、SiO₂は吸光光度法(モリブデン黄法)により求めた。重金属成分(Cd, Pb等21種類)については、誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)法で分析を行った。

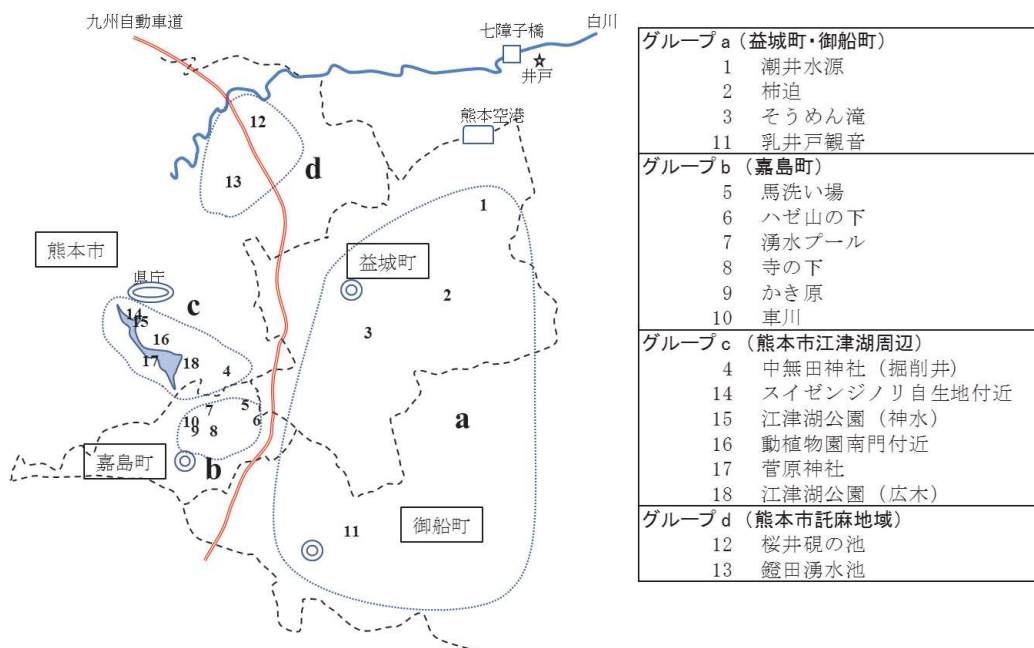


図1 調査地点

さらに比較のために、大津町岩坂地区に存在する井戸水の調査データを使用した。井戸は七障子橋近傍の白川左岸から南に 450m 離れた水田地帯に位置し、海拔 90.2m、深さ 65m、地下水位の海拔が約 27~37m の範囲³⁾である。井戸の位置は図 1 に併せて示す。本研究によって、平成 18 年 10 月から平成 19 年 10 月にかけて 15 回採水・分析が実施されている。本稿では湧水・河川水との比較のためにこの期間の調査結果の平均値を用いた。

結果及び考察

1 湧水水質の概要（トリリニアダイアグラム）

表 1 に、今回調査した地点の水質の分析結果及び白川中流域井戸の調査結果の平均値を示す。

湧水について、イオン成分の分析結果に基づき、トリリニアダイアグラムで表現したものを図 2 に示す。トリリニアダイアグラムが示すように、グループ a の湧水はアルカリ土類炭酸塩型の性質を示した。また、他のグループについては陽イオンについてはアルカリ土類の比率が比較的高く、陰イオンについては硫酸イオンと重炭酸イオンの比率がほぼ同程度である地点が多数であった。

2 グループ間における成分濃度の差異について

今回の調査の結果、湧水のイオン成分及び重金属成分の中にグループ間で差異が現れたものがあつた。F⁻、SO₄²⁻、Li、B、As、Se 及び硝酸性窒素 (NO₃-N) の各グループの平均値を表 2 に示す。本稿では、特徴的な差異がみられたイオン成分 F⁻、SO₄²⁻及び重金属成分

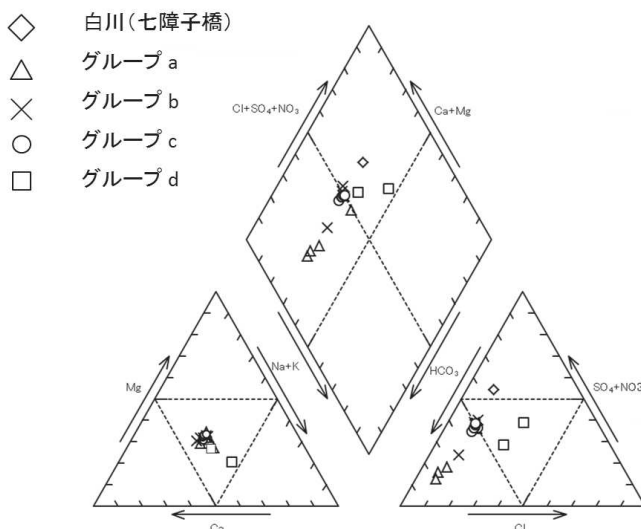


図 2 トリリニアダイアグラム

表 2 各グループにおける成分の平均値

	F ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Li (μg/L)	B (μg/L)	As (μg/L)	Se (μg/L)	NO ₃ -N (mg/L)
グループ a	0.07	6.5	2.1	18.5	0.97	0.08	1.8
グループ b	0.21	26.1	5.7	44.9	1.06	0.41	2.8
グループ c	0.20	25.8	4.9	41.8	0.84	0.45	3.3
グループ d	0.05	13.2	1.5	8.6	0.15	0.11	2.4

Li、B、As、Se に着目し、それら成分間及び NO₃-N との関係について検討した。

今回調査した湧水 18 地点について、主要成分間の相関係数を表 3 に示す。F⁻、SO₄²⁻、Li、B、As、Se の成分間で高い相関が得られ、例えば F⁻と Se の相関係数は 0.96、F⁻と B との相関は 0.95、B と Se との相関は 0.91 であつた。また、表 2 に示すようにグループ b 及び c では、他のグループと比較して、これらの成分の濃度が高い傾向がみられた。例として B と Se との関係を図 3 に示す。さらに、白川河川水（七障子橋）及び井戸についても図 3 に重ねて示す（図 4 及び図 5 についても同様。）。

グループ間の違いが生じる要因は湧水の帯水層の違いが反映されていると考えられる。グループ a 及び d では海拔 10~120m の範囲に位置するのに対してグループ b 及び c の湧水は海拔 4~7m の範囲に位置する。湧出の形態からグループ a 及び d に属する湧水の多くは不圧地下水で、主に第一帯水層からの湧出であると考えられる。一方、江津湖周辺の湧水については、被圧地下水で、主に第二帯水層からの湧出であると考えられており^{1,4)}、グループ b 及び c の湧水は、それに該当すると考えられる。

硝酸性窒素 (NO₃-N) についてもグループ b 及び c が a 及び d と比較して高い傾向が得られた。しかし、湧水 18 地点において、NO₃-N と上記の成分との相関は高くなく、例えば NO₃-N に対する F⁻との相関係数

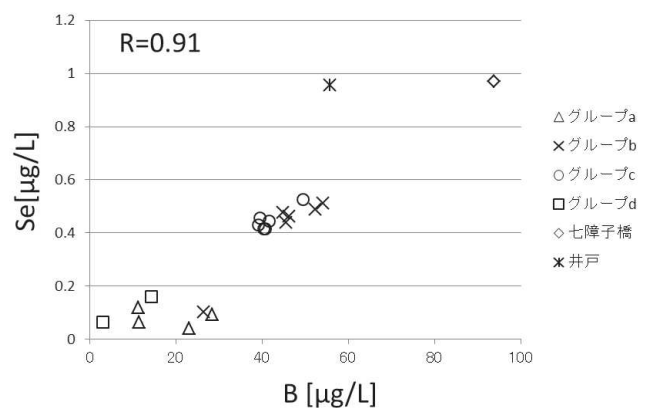


図 3 B と Se の関係

※ 図中の R は湧水 18 地点（七障子橋と井戸のデータは含まない）についての相関係数。

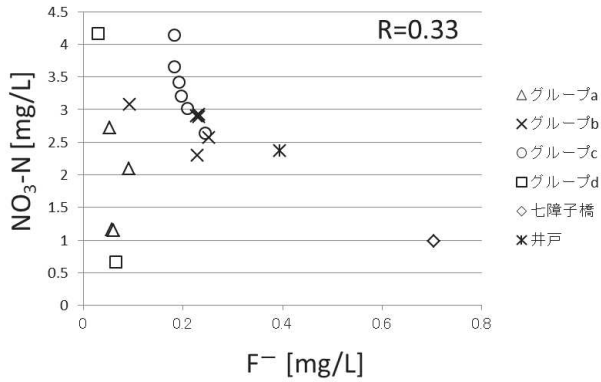


図4 NO₃-N と F⁻ の関係

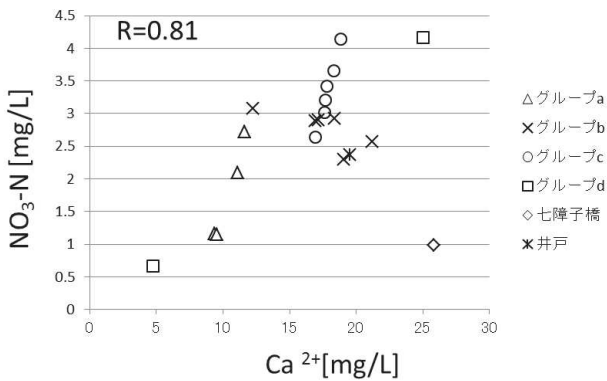


図5 NO₃-N と Ca²⁺ の関係

は 0.33, B, Se についてはそれぞれ 0.41, 0.50 であった。例として NO₃-N と F⁻ との関係を図 4 に示す。一方, NO₃-N に対して K⁺, Ca²⁺, Sr との間には比較的高い相関がみられた。K⁺, Ca²⁺, Sr の NO₃-N に対する相関係数はそれぞれ 0.84, 0.81, 0.70 であった。例として NO₃-N と Ca²⁺ との関係を図 5 に示す。

今回の調査で濃度を測定した 35 項目 (NO₃⁻ と NO₃-N は同一とみなす。) のうち, 不検出地点が多く, 変動係数が大きい項目 (NO₂⁻ など) や, 配管等の成分の混入が疑われた項目 (Fe, Zn など) を除いた 27 項目 (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, F⁻, Cl⁻, Br⁻, NO₃⁻,

SO₄²⁻, HCO₃⁻, Li, B, Al, V, Cr, As, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, Sb, Cs, Ba, Pb, U, SiO₂) を使用し主成分分析⁵⁾を行い, 第 3 主成分までを使用したウォード法によるクラスター分析を行った。その結果得られたデンドログラムを図 6 に示す。クラスター分析の結果においてもグループ b, c については水質が類似している結果となった。

3 白川中流域における河川水, 井戸水との比較

嘉島町及び熊本市江津湖周辺の湧水, 白川中流域の河川水及びの井戸水の間で水質の比較を行った。グループ b に属する No.7, グループ c に属する No.16, 七障子橋及び井戸について F⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, B, As, Se の濃度をレーダーチャートに重ねたものを図 7 に示す。上記物質のうち, As 以外の成分については湧水 (No. 7 及び No. 16), 井戸, 七障子橋の順に濃度が高くなる傾向が示された。このことから, グループ b, c の湧水中のこれらの成分の起源の一つとして, 白川中流域の地下水の寄与の可能性が示唆された。

また, 硝酸性窒素については, グループ b, c の濃度の平均値が七障子橋, 井戸のいずれよりも高かった。グループ b, c の硝酸性窒素は F⁻, SO₄²⁻, B, Se 等の成分との相関は高くないこととあわせて考えれば, 湧水における硝酸性窒素の起源は白川中流域ではなく, 湧出に至るまでの表土などからの浸透による寄与が大きいと考えられる。

まとめ

熊本市東部及び上益城地域の 18 地点の湧水の調査を行った。その結果嘉島町 (グループ b), 江津湖周辺 (グループ c) の湧水については F⁻, SO₄²⁻, B, As, Se 等の成分が比較的高い濃度で検出された。グループ a, d 及びグループ b, c との間の, これらの差異の原

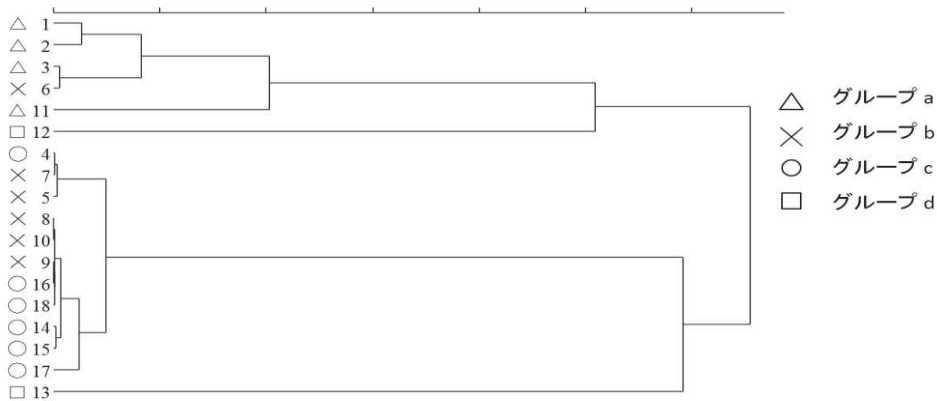


図6 クラスター分析結果 (デンドログラム)

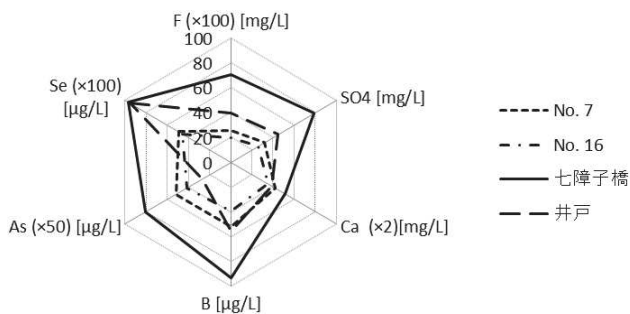


図7 湧水、河川水及び井戸の水質の比較

化学パターン認識と多変量解析—”, (1995), 共立出版.

因として、帯水層の違いであることが考えられる。

これらの湧水の水質と白川河川水、白川中流域の井戸の水質とを比較した結果、グループ b, c の湧水における溶存成分の起源については白川中流域における地下水の寄与がある可能性が示唆された。

また、硝酸性窒素についてもグループ b, c の湧水において比較的濃度が高かった。しかし、他成分との相関や、河川水、白川中流域の井戸水との水質の比較から、湧水における硝酸性窒素の起源は、湧出に至るまでの表土などからの浸透による寄与が大きいと考えられる。

今後、調査範囲を白川右岸等に拡大し、特に被圧地下水の湧出とされている八景水谷（熊本市）及び木柑子湧水群（菊池市）⁴⁾等の調査を行い、成分を比較することによって、今回調査した地域の湧水における河川水の寄与について考察を行う予定である。

謝辞

本稿における、トリリニアダイアグラム（図2）は濱田洋平氏作成の Excel マクロ “ppplot”，デンドログラム（図6）は青木繁伸氏作成の Excel マクロ “clustan” を使用し、作図しました。また、主成分分析の各種演算には GNU プロジェクトによる数値解析ソフトウェア “GNU Octave” を使用しました。各ソフトウェア作者には深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 熊本県：熊本地域硝酸性窒素削減計画，(2005).
- 2) 熊本県，熊本市他 13 市町：熊本地域地下水総合保全管理計画，(2008).
- 3) 熊本県保健環境科学研究所水質科学部，同水質科学部地下水科学室：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 研究成果報告書，(2009).
- 4) 島野安雄：文星紀要，12，A3-A36，(2000).
- 5) 宮下 芳勝，佐々木 慎一：“ケモメトリックス —

表1 湧水中の各成分の濃度

地点番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
地点名	潮井水源	柿迫	そうめん滝	中無田神社	馬洗い場	ハゼ山の下	湧水プール	寺の下	かき原	車川
調査日	H24.11.26									
水温(°C)	15.8	16.6	17.4	18.5	18.0	17.5	18.1	18.3	18.0	17.9
pH	7.9	7.8	7.8	7.4	7.3	7.5	7.3	7.3	7.2	7.1
EC(μ S/cm)	115	125	154	236	232	172	238	236	237	237
Na ⁺ (mg/L)	5.8	6.7	8.1	12.8	12.4	8.8	12.8	12.6	12.9	12.9
NH ₄ ⁺ (mg/L)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
K ⁺ (mg/L)	2.8	3.3	4.5	4.7	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	4.9
Ca ²⁺ (mg/L)	9.3	9.6	11.1	16.9	19.1	12.2	21.2	16.9	18.4	17.1
Mg ²⁺ (mg/L)	4.0	5.5	5.8	9.2	9.1	6.5	9.2	9.0	9.0	8.8
F ⁻ (mg/L)	0.06	0.06	0.09	0.24	0.23	0.09	0.25	0.23	0.23	0.23
Cl ⁻ (mg/L)	3.0	3.7	5.3	9.0	8.4	6.8	9.0	9.0	9.0	9.0
NO ₂ ⁻ (mg/L)	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Br ⁻ (mg/L)	0.011	0.011	0.021	0.027	0.024	0.032	0.026	0.028	0.028	0.028
NO ₃ ⁻ (mg/L)	5.1	5.1	9.3	11.7	10.2	13.6	11.4	12.8	12.9	12.8
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.12	0.29	0.19	0.11	0.11	0.16	0.11	0.13	0.16	0.14
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	4.0	3.3	5.4	31.5	31.4	7.0	31.6	28.6	28.9	28.8
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	49.8	57.9	63.1	66.3	63.8	60.5	61.9	65.2	65.3	64.6
NO ₃ -N (mg/L)	1.2	1.2	2.1	2.6	2.3	3.1	2.6	2.9	2.9	2.9
Li (μ g/L)	1.7	1.2	3.9	6.3	7.9	4.3	7.0	5.4	4.9	4.6
B (μ g/L)	11.4	23.1	28.4	49.4	54.2	26.4	52.3	45.5	46.2	44.9
Al (μ g/L)	3.3	8.0	16.8	1.5	3.1	3.6	2.0	6.5	8.2	6.6
V (μ g/L)	4.0	7.0	7.1	5.5	6.1	5.6	5.5	5.4	5.4	5.2
Cr (μ g/L)	0.11	0.26	0.14	0.07	0.07	0.14	0.07	0.09	0.09	0.08
Mn (μ g/L)	0.04	0.24	0.09	0.00	0.43	0.09	0.00	0.17	0.10	0.17
Fe (μ g/L)	2.4	28.4	8.6	0.6	3.8	2.1	1.1	3.9	4.3	4.6
Ni (μ g/L)	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.03
Cu (μ g/L)	0.00	0.07	0.14	0.08	0.08	0.43	0.18	0.10	0.07	0.16
Zn (μ g/L)	0.76	2.00	0.53	0.69	0.63	0.57	0.63	1.18	0.33	0.44
As (μ g/L)	0.65	0.61	1.70	0.98	1.33	1.37	1.04	0.86	0.89	0.87
Se (μ g/L)	0.07	0.04	0.09	0.53	0.51	0.10	0.49	0.44	0.46	0.48
Rb (μ g/L)	11.7	11.1	15.6	18.2	17.8	18.5	18.7	17.9	17.1	15.5
Sr (μ g/L)	70.1	79.5	85.4	118.9	106.7	98.0	117.2	129.3	134.1	133.5
Mo (μ g/L)	0.13	0.17	0.29	0.25	0.23	0.22	0.27	0.25	0.24	0.21
Cd (μ g/L)	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Sb (μ g/L)	0.03	0.04	0.08	0.04	0.06	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05
Cs (μ g/L)	0.44	0.07	0.46	0.56	0.71	0.54	0.66	0.50	0.44	0.37
Ba (μ g/L)	2.6	6.4	6.4	7.7	5.3	7.7	5.9	6.0	5.6	5.4
Pb (μ g/L)	1.26	0.10	0.01	0.02	0.02	0.05	0.02	0.07	0.03	0.03
U (μ g/L)	0.08	0.08	0.13	0.11	0.11	0.13	0.13	0.14	0.15	0.17
SiO ₂ (mg/L)	40.7	51.2	51.0	45.8	46.9	51.5	46.0	46.7	47.2	47.6

表1 湧水中の各成分の濃度（続き）

地点番号	11	12	13	14	15	16	17	18	七障子橋	井戸*
地点名	乳井戸観音	桜井硯の池	鍛田湧水池	ノリ自生地	江津湖(神水)	動植物園南門	菅原神社	江津湖(広木)		
調査日	H25.5.29								H24.11.26	
水温(°C)	17.6	17.3	20.0	18.9	19.7	18.8	19.1	19.1	14.3	
pH	6.7	6.0	6.6	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	8.1	
EC(μ S/cm)	166	80	335	246	243	238	239	239	333	272
Na ⁺ (mg/L)	9.5	7.2	21.5	13.1	12.4	12.4	12.3	12.5	18.5	12.9
NH ₄ ⁺ (mg/L)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
K ⁺ (mg/L)	5.5	0.6	7.1	4.9	4.8	4.7	4.8	4.7	5.7	4.9
Ca ²⁺ (mg/L)	11.6	4.7	25.0	18.8	18.3	17.7	17.8	17.6	25.8	19.5
Mg ²⁺ (mg/L)	5.1	1.8	10.5	8.7	9.0	9.1	9.0	9.2	11.7	9.7
F ⁻ (mg/L)	0.05	0.07	0.03	0.18	0.18	0.20	0.19	0.21	0.70	0.39
Cl ⁻ (mg/L)	6.2	5.2	24.8	9.9	9.2	8.9	9.0	8.8	12.8	8.6
NO ₂ ⁻ (mg/L)	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Br ⁻ (mg/L)	0.014	0.023	0.102	0.045	0.041	0.038	0.038	0.035	0.019	
NO ₃ ⁻ (mg/L)	12.1	2.9	18.4	18.4	16.2	14.2	15.2	13.3	4.4	10.5
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.16	0.09	0.07	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.10	
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	13.3	6.5	19.8	21.5	23.3	26.0	24.8	27.8	79.2	44.7
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	40.1	8.6	65.7	62.4	69.8	64.9	65.3	64.3	66.3	53.3
NO ₃ -N (mg/L)	2.7	0.7	4.2	4.1	3.7	3.2	3.4	3.0	1.0	2.4
Li (μ g/L)	1.5	2.4	0.5	4.6	4.7	4.5	4.5	4.9	11.5	3.8
B (μ g/L)	11.2	3.0	14.2	40.4	40.7	39.5	39.1	41.6	93.8	55.7
Al (μ g/L)	219.2	246.2	46.7	5.1	2.7	2.1	1.6	6.2	215.3	21.1
V (μ g/L)	4.1	0.6	1.2	5.5	6.0	5.7	5.7	5.8	8.5	4.8
Cr (μ g/L)	0.41	0.93	0.12	0.09	0.09	0.07	0.08	0.07	0.08	0.00
Mn (μ g/L)	4.90	4.20	5.52	0.11	0.04	0.01	0.03	0.18	116.5	4.18
Fe (μ g/L)	84.1	144.4	53.3	3.5	2.0	1.5	1.7	4.8	802.6	41.0
Ni (μ g/L)	0.41	0.52	0.15	0.09	0.03	0.01	0.47	0.03	0.25	1.15
Cu (μ g/L)	0.61	2.28	0.39	0.16	0.63	0.17	0.33	0.16	1.01	0.47
Zn (μ g/L)	2.86	1.78	1.68	0.51	0.62	0.18	2.24	0.11	4.56	8.84
As (μ g/L)	0.90	0.18	0.12	0.76	0.82	0.83	0.79	0.86	1.61	0.53
Se (μ g/L)	0.12	0.06	0.16	0.42	0.42	0.46	0.43	0.45	0.97	0.96
Rb (μ g/L)	9.5	0.9	5.8	16.7	17.6	17.1	16.5	17.1	18.0	
Sr (μ g/L)	138.9	61.6	340.1	143.3	143.6	129.1	132.9	126.4	136.1	120.2
Mo (μ g/L)	0.25	0.01	0.09	0.26	0.29	0.27	0.27	0.28	0.55	0.77
Cd (μ g/L)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Sb (μ g/L)	0.08	0.01	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.00
Cs (μ g/L)	0.02	0.50	0.01	0.41	0.49	0.49	0.04	0.51	0.48	
Ba (μ g/L)	15.9	3.9	17.5	7.0	7.1	6.4	7.5	6.2	9.1	
Pb (μ g/L)	0.81	0.19	0.05	0.03	0.01	0.03	0.04	0.07	0.18	0.09
U (μ g/L)	0.14	0.00	0.09	0.13	0.17	0.13	0.14	0.12	0.05	
SiO ₂ (mg/L)	59.0	28.1	29.7	45.4	46.5	46.1	46.4	45.9	47.4	41.3

* 平成18年10月～平成19年10月にかけて調査したものの平均値
 (イオン成分 n=15、重金属成分 n=12。不検出のあった調査については0としている。)

表3 主要成分間の相関係数（湧水18地点。七障子橋及び井戸は含まない。）

斜字は本文中で言及しているものを示す。

	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Li	B	As	Se	Sr	NO ₃ -N
Na ⁺	0.76	0.91	0.83	0.32	0.95	0.67	0.51	0.17	0.36	-0.26	0.52	0.90	0.78
K ⁺		0.80	0.78	0.20	0.69	0.48	0.74	0.12	0.37	0.20	0.36	0.76	0.83
Ca ²⁺			0.95	0.54	0.77	0.79	0.73	0.42	0.63	-0.01	0.70	0.73	0.81
Mg ²⁺				0.67	0.65	0.84	0.84	0.52	0.77	0.12	0.79	0.59	0.80
F ⁻					0.01	0.89	0.52	0.89	0.95	0.33	0.96	-0.11	0.33
Cl ⁻						0.40	0.36	-0.09	0.08	-0.37	0.22	0.97	0.69
SO ₄ ²⁻							0.53	0.73	0.84	0.09	0.96	0.31	0.54
HCO ₃ ⁻								0.43	0.71	0.41	0.57	0.35	0.65
Li									0.89	0.58	0.82	-0.25	0.22
B										0.47	0.91	0.72	0.41
As											0.19	-0.41	0.04
Se												0.12	0.50
Sr													0.70