

熊本県
保健環境科学研究所報
令和2年度（2020年度）

Annual Report
of
Kumamoto Prefectural Institute
of Public-Health and Environmental Science

No.50 2020

熊本県保健環境科学研究所

はじめに

思えば私が熊本県庁に入庁した平成 7 年 4 月に、当研究所はそれまでの熊本市中心部から、自然に恵まれた閑静な環境のこの地に新築移転しました。それから 27 年を過ぎようとする中で、行政改革に伴う人員及び予算の削減、団塊の世代のベテラン職員の退職等の苦難を乗り越えながら、地域保健、公衆衛生、環境保全に関する科学的・技術的中核として、専門的な技術や知識を駆使し、県民の健康及び地域の環境を守るための調査研究に取り組んできました。

特に、昨年度から続く新型コロナウイルス感染症への対応については、職員一丸となり検査機関としての役割を果たしてきました。しかしながら、収束しては新たな変異株が出現する、いちごっこのようなウイルスとの戦いは、その収束時期は未だ不透明です。

さて、この所報には、そのような中でも令和 2 年度に進めてきた調査研究の成果等を取りまとめています。一例を挙げますと、人獣共通感染症を引き起こす細菌である *C. ulcerans* の野良ネコにおける保有状況調査、一斉分析ができる成分数の少ない高極性農薬に関する LC/MS/MS による農産物中の残留農薬の一斉分析法の開発、魚のへい死の原因推定のためのへい死魚体エラ中の農薬蓄積性の評価、などです。関係者の皆様には、是非とも御高覧いただき、御活用いただくとともに、忌憚のない御意見を頂戴いただければ幸いです。

最後に、平成 28 年熊本地震発生からの創造的復興を進める中での、新型コロナウイルス感染症への対応、さらに令和 2 年 7 月 4 日に県南地域を中心に発生した甚大な豪雨災害からの復興と、まさに三重苦を背負いながらの県行政ではありますが、県民の皆様の安心・安全を確保するため、引き続き他機関等とも連携・協力しながら検査体制の充実・強化に取り組んで参ります。

引き続き、関係各位の御支援及び御協力を賜りますようお願いいたします。

令和 4 年 3 月

熊本県保健環境科学研究所

所長 廣畑 昌章

目次

1 運 営

1・1 沿革・組織機構	1
1・2 職員の構成	2
1・3 職員一覧表	2
1・4 施設及び主要備品	3
1・5 学会・研修等	5
1・6 調査研究に対する外部評価	7

2 業 務 実 績

2・1 微生物科学部	8
2・2 生活化学部	10
2・3 大気科学部	13
2・4 水質科学部	16

3 調査研究

3・1 報文	
1) 野良ネコにおけるコリネバクテリウム・ウルセランス保有状況調査	19
2) 下水中の薬剤耐性菌調査	22
3) 液体クロマトグラフィータンデム質量分析計による高極性農薬の一斉分析法の開発	26
4) 魚体エラ中の農薬蓄積性について	35
5) 宇土半島（宇土市並びに宇城市三角町及び不知火町）の湧水の水質について	45
3・2 資料	
1) 感染症発生動向調査に伴う病原体検査（2020年度）	59
2) 日本脳炎調査（2020年度）	62
3) 熊本県内における放射能調査（2020年度）	64
4) 熊本県の酸性雨長期モニタリング調査結果（2020年度）	69
5) 熊本県内河川の水質変化（1998～2018年度）	74
6) 熊本県内河川の水生生物を用いた環境評価（2020年度）	78
3・3 誌上発表論文抄録	85
3・4 学会・研究会発表抄録	
1) 所外における学会・研究会	86

Annual Report of Kumamoto Prefectural Institute
of Public-Health
and Environmental Science
No. 50 2020
Contents (Research)

Regular Articles

- 1) A survey of *Corynebacterium ulcerans* Possession in Stray Cats
Misato MORI, Shouichirou GEJIMA^{*1}, Seiya HARADA, Kazutoshi MATSUMOTO^{*2} and Shunsuke YAHIRO
*1 Public Health Emergency Management Division, Department of Health and Welfare
*2 Meat Safety Inspection Office
- 2) A survey Drug-Resistant Bacteria in Sewage
Shunsuke YAHIRO, Shouichirou GEJIMA^{*1}, Seiya HARADA and Kazutoshi MATSUMOTO^{*2}
*1 Public Health Emergency Management Division, Department of Health and Welfare
*2 Meat Safety Inspection Office
- 3) Development of Simultaneous Analysis for Polar Pesticides by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry
Hironobu FUKUSHIMA, Ai Sawada, Junji Tominaga^{*1}, Daisuke Honda^{*2}, Rise Matsumoto^{*3}, Naho Yamaguchi^{*2}, Masahide Kobayashi, Yuko Nakahara^{*4} and Takeshi Nishina^{*2}
*1 Agricultural Technology Division, Production Management Bureau, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries
*2 Public Hygiene and Pharmaceutical Division, Health Bureau, Department of Health and Welfare
*3 Department of Health, Welfare and the Environment. Yatsushiro Area Promotion Bureau, Southern Kumamoto Administrative Headquarters
*4 Department of Health, Welfare and the Environment, Kikuchi Area Promotion Bureau, Northern Kumamoto Administrative Headquarters
- 4) Accumulation of Pesticides and Insecticides in Gills
Hiroaki ISHIHARA^{*1}, Kohei MIYAZAKI^{*2}, Kouki SAITOU^{*3} and Seiki KINO
*1 Environmental Conservation Division, Environmental Affairs Bureau, Department of the Environment and Residential Life
*2 Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences
*3 Recycling and Sustainability Promotion Division, Environmental Affairs Bureau, Department of the Environment and Residential Life
- 5) Quality of Spring Water in Uto Peninsula Area (Uto-City and Uki-City (Misumi-machi and Shiranuhi-machi)
Masaaki HIROHATA, Haruka NISHIJIMA, Tomoyuki SANADA, Akio OHARA and Seiki KINO

Reports

- 1) Epidemiological Surveillance of Infection Diseases in Kumamoto Prefecture (2020)
Rika MAEDA, Mami SATO, Seiya HARADA, Shouichirou GEJIMA^{*}, Takaaki HIRANO,

Misato MORI and Shunsuke YAHIRO

* Public Hygiene and Pharmaceutical Division, Health Bureau, Department of Health and Welfare

- 2) Surveillance of Japanese Encephalitis Virus Infection in Kumamoto Prefecture (2020)
Takaaki HIRANO, Shouichirou GEJIMA* and Shunsuke YAHIRO

* Public Health Emergency Management Division, Department of Health and Welfare

- 3) Radioactivity Survey Data in Kumamoto Prefecture (2020)

Hiromichi KITAOKA, Kazunori UENO, Daisuke KOHARA*¹, Housei TSUNODA and Yoshitomo YAMASAKI*²

*¹ Environmental Conservation Division, Environmental Affairs Bureau, Department of the Environment and Residential Life

*² Recycling and Sustainability Promotion Division, Environmental Affairs Bureau, Department of the Environment and Residential Life

- 4) Long-Term Monitoring of Acid Deposition in Kumamoto Prefecture(2020)

Kazunori UENO, Daisuke KOHARA* and Ai SAWADA

* Environmental Conservation Division, Environmental Affairs Bureau, Department of the Environment and Residential Life

- 5) Changes in Water Quality of Rivers in Kumamoto Prefecture (1998~2018)

Haruka NISHIJIMA

- 6) Environmental Assessment by Aquatic Indicator Organism In Rivers In Kumamoto Prefecture (2020)

Chihiro TAKE*¹, Haruka NISHIJIMA, Hiroaki ISHIHARA*², Akio OHARA, Kouhei MIYAZAKI*³, Kouki SAITOU*⁴, Seiki KINO

*¹ Department of Health, Welfare and the Environment. Yatsushiro Area Promotion Bureau, Southern Kumamoto Administrative Headquarters

*² Environmental Conservation Division, Environmental Affairs Bureau, Department of the Environment and Residential Life

*³ Fukuoka Prefectural Institute of Health and Environmental Sciences

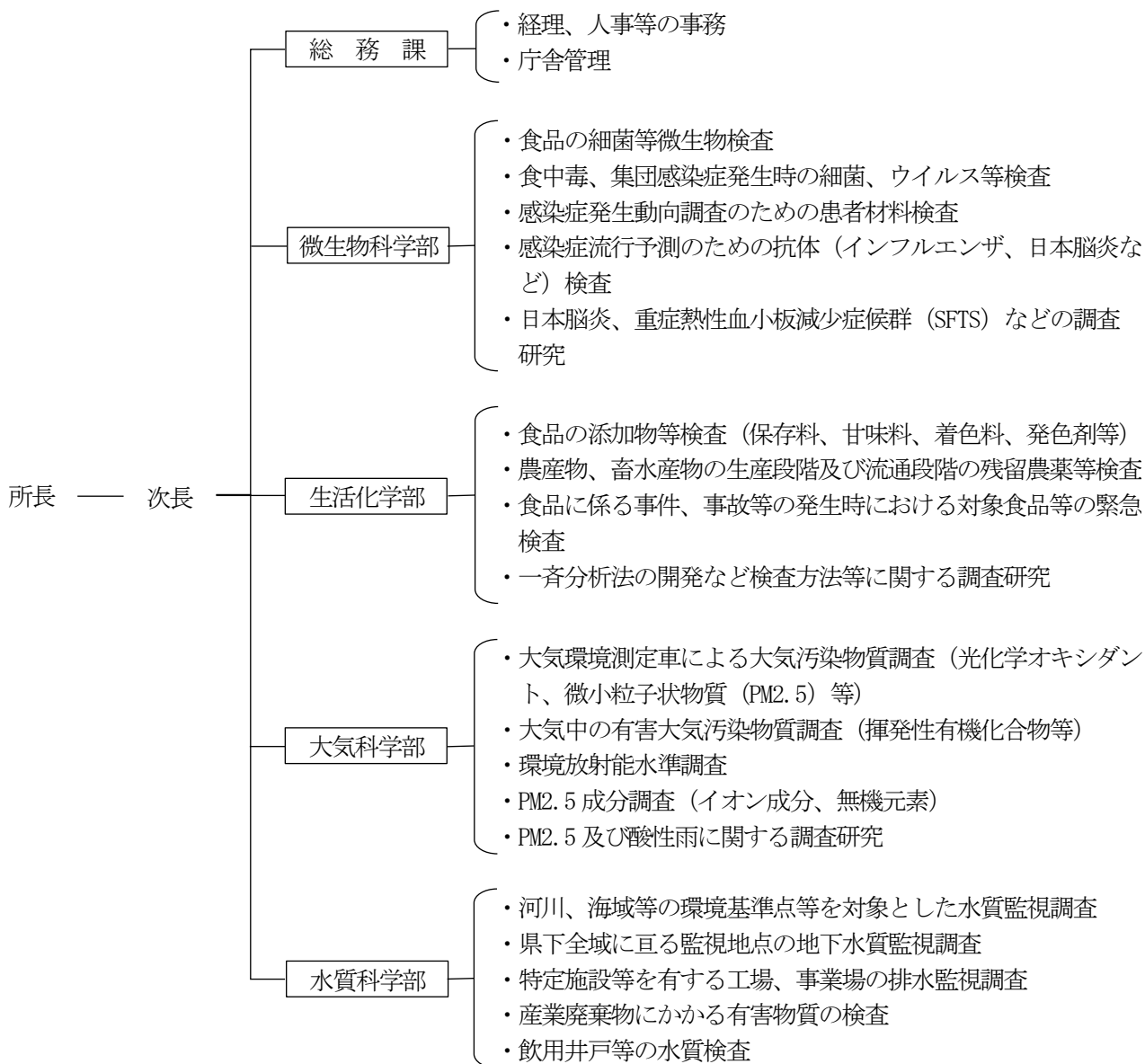
*⁴ Recycling and Sustainability Promotion Division, Environmental Affairs Bureau, Department of the Environment and Residential Life

1 運 営

1・1 沿革・組織機構

昭和 23 年 12 月厚生省 3 局長通達に基づき、細菌検査所と衛生試験所を統合し、熊本市に「熊本県衛生研究所」として発足

- 26 年 10 月 熊本県衛生研究所条例（現熊本県保健環境科学研究所条例）公布
- 45 年 7 月 熊本県衛生研究所に公害部を増設
- 46 年 9 月 「熊本県衛生公害研究所」と改称（生物科学部、理化学部、公害部）
- 52 年 4 月 公害部の組織改編（生物科学部、理化学部、大気部、水質部）
- 平成 7 年 4 月 宇土市に新築移転、「熊本県保健環境科学研究所」と改称（微生物科学部、生活化学部、大気科学部、水質科学部、地下水科学室（水質科学部部内室））
- 21 年 4 月 地下水科学室を廃止し、水質科学部に統合（微生物科学部、生活化学部、大気科学部、水質科学部）



1・2 職員の構成

(令和3年5月1日現在)

組 織	職 員 数									合 計
	事務系	技 術 系							技能 吏員	
		医師	獣医師	薬剤師	理工系 技師	農学系 技師	検査技師	小計		
所 長					1				1	1
次 長	1								0	1
総務課	2								0	2
微生物科学部			2	4					6	6
生活化学部			1	2		1			4	4
大気科学部				2	3				5	5
水質科学部				3	2				5	5
合 計	3	0	3	11	6	1	0	21	0	24

1・3 職員の一覧表

(令和3年5月1日現在)

職		氏 名	職		氏 名
所 長		廣畑 昌章	大気 科学 部	研究主幹 (大気科学部長)	吉川 宗志
次 長		猿渡 伸之		研究参事	北岡 宏道
総 務 課	総務課長(兼務)	猿渡 伸之		研究参事	豊永 悟史
	主 幹	稲葉 智裕	研究主任	澤田 愛	
主任主事		西本 幸恵	研究主任	角田 朋生	
微 生 物 科 学 部	研究主幹 (微生物科学部長)	八尋 俊輔	水質 科学 部	水質科学部長	木野 世紀
	研究主幹	平野 孝昭		研究参事	出納 由美子
	研究参事	森 美聡		研究主任	西島 遥
	研究主任	小原 敦美		研究員	眞田 知征
	研究員	佐藤 磨美		研究員	小原 彬生
"		前田 莉花			
生 活 化 学 部	生活化学部長	福島 宏暢			
	研究主任	宇梶 徳史			
	"	小林 将英			
研究員		八木 一真			

1・4 施設及び主要備品

1・4・1 施設

		(単位 m ²)
敷地		22,998.78
庁舎概要		
本館	鉄筋コンクリート造 3階建 (平成7年2月20日)	5,436.08
1F	総務課 微生物科学部 テレメーター室	1,880.82
2F	生活化学部 大気科学部 会議室 講堂	1,735.38
3F	水質科学部 図書室 教養室	1,735.38
RF		84.50
排水処理室	鉄筋コンクリート造	9.90
車庫	鉄骨造	113.14
動物舎	鉄筋コンクリート造	158.40
危険物等倉庫	鉄筋コンクリート造・一部鉄骨造	50.00
計		5,767.52

施設の建物別面積

		(単位 m ²)	
区 分	面 積	備 考	
管 理 部 門	109.20		
研 修 部 門	230.50	図書室	61.0
		会議室 講堂	149.2
		教養室	20.3
技 術 部 門	4,316.96		
倉 庫	326.64		
ボイラー・機械室等	316.80		
その他・共通部門	135.98		
小 計	5,436.08		
その他	排水処理室	9.90	
	車 庫	113.14	
	動 物 舎	158.40	
	危険物等倉庫	50.00	
計	5,767.52		

1・4・2 主要備品

(注：300万円以上の機器を掲載、令和3年4月1日現在)

品名	規格	購入年月
大気環境測定車 (みどりIV世)	日野 BJK-XKU414M	H21.3
自動電気泳動装置	島津 電気泳動装置MCE-202MultiNA	H29.2
自動核酸抽出装置	QIAcube connect	R 2.3
DNAシーケンサー	Applied Biosystems社 3500GeneticAnalyzer	H23.7
DNAシーケンサー	iSeq 100	R 2.3
煙道排ガス試料採取装置	マルニサイエンス M2-700DS	H26.3
気象観測装置	小笠原計器製作所	H26.2
ガスクロマトグラフ	横河 HP6890	H 9.8
ガスクロマトグラフ	横河 HP6890	H10.9
ガスクロマトグラフ	島津 GC-2010A	H13.3
ガスクロマトグラフ	島津 GCMS QP-2010	H16.10
ガスクロマトグラフ	島津 GC-2010 Plus	H26.9
ガスクロマトグラフ	Agilent GC8890GC	R 3.3
ガスクロマトグラフ質量分析装置	Agilent 5973inert MSD	H16.3
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津 GCMS-TQ8040	H27.3
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津 GCMS-TQ8040	H27.3
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津 GCMS-OP2020NX	R 3.3
液体クロマトグラフ	島津 SPD-M10A	H 7.3
液体クロマトグラフ	島津 LC10A	H 7.8
液体クロマトグラフ	島津 PROMINENCE	H17.9
液体クロマトグラフ質量分析計	島津 LCMS-8030、Nexera	H23.5
イオンクロマトグラフ	ダイオネクス ICS-1600	H25.1
イオンクロマトグラフ	サーモフィッシャー・サイエンティフィック Integriion RFIC	R 2.3
クロマトグラフ関連機器	GLサイエンス AQUALoaderIII、G-PrepELUTE8060	H23.5
マイクロ波試料分解装置	パーキンエルマー Multiwave3000	H24.12
マイクロウエーブ試料前処理装置	マイルストーンゼネラル ETHOS TC	H14.9
マイクロウエーブ試料前処理装置	アントンパール社製 Multiwave PRO 60Hz	H29.12
リアルタイムPCR装置	ロシュ・ダイアグノスティクス LightCycler 480System II	R 2.10
リアルタイムPCR装置	ロシュ・ダイアグノスティクス LightCycler 480System II	R 2.12
リアルタイムPCR装置 (全自動)	BD マックス 全自動核酸抽出増幅検査システム	R 3.2
気中水銀分析装置	日本インスツルメンツ WA-5A	H26.3
オートアナライザー	ビーエルテック SWAAT 5CH型	H18.12
オートアナライザー	ビーエルテック SWAAT28 2ch+UV	H29.10
電気泳動装置	大塚電子 CAPI-3200	H 9.3
電気泳動装置	日本バイオイメージ Gel Print 2000i	H10.1
原子吸光光度計	日本ジャーレルアッシュ AA-890	H 8.10
分光光度計	モレキュラデバイス M-VMAX	H 5.8
ICP質量分析装置	Agilent 7900	H28.12
蛍光顕微鏡	ニコン VFD-TR	S58.11
安全キャビネット	日立冷熱 SCV1303EC II B	S63.3
遠心分離機	ベックマン オプティマ L-70	H 4.7
PM _{2.5} 成分分析用サンプリング	ムラタ計測器サービス MCAS-SJA	H25.7
超臨界流体抽出装置	島津 Nexera UCオンラインSFEシステム	H29.2
超臨界流体質量分析装置	島津 Nexera UCオンラインSFE/SFC-LCMS8050	H29.2
原子吸光分光光度計	パーキンエルマー社 PinAAcle 900Z	H30.12
ガスクロマトグラフ (ECD)	島津 GC-2010 Plus	H29.1
ガスクロマトグラフ (FID)	島津 GC-2010 Plus	H29.1
恒温恒湿器	恒温恒湿チャンバー及び質量測定システム	H31.3
放射能検能装置	日立アロカメディカル (株) NaI (TI) シンチレーションスペクトロメータ	H24.3

1・5 学会・研修等

1・5・1 出席した主要な学会・研究会等

年月	名 称	場所・方法	氏 名
2年 8月	第37回エアロゾル科学・技術研究討論会*	Web	小原 (大)
9月	第61回大気環境学会年会*	書面	角田、小原 (大)
9月	Ⅱ型共同研究「災害時等の緊急調査を想定したGC/MSによる化学物質の網羅的簡易迅速測定法の開発」2020年度全体ミーティング	Web	石原
10月	第45回九州衛生環境技術協議会*	書面	
11月	全国衛生化学技術協議会*	Web	山口
3年 1月	第66回日本水環境学会セミナー	Web	木野、齋藤
1月	第57回水環境フォーラム山口	Web	木野
2月	九州ブロック模擬訓練事業結果検討会	Web	眞田、八木
2月	Ⅱ型共同研究「生物応答を用いた各種水環境調査方法の比較検討」ワークショップ	Web	西島
2月	埼玉県環境科学国際研究センター講演会	Web	木野、齋藤
3月	日本水環境学会年会	Web	木野、齋藤
3月	Ⅱ型共同研究「光化学オキシダントおよびPM _{2.5} 汚染の地域的・気象的要因の解明」OxPMグループ会合*	Web	角田、小原 (大)

*職員が発表した学会等

1・5・2 出席した技術研修等

年 月	名 称	場 所	氏 名
2年 9月	オートアナライザーセミナー	福岡市	宮崎、小原（彬）
10月	次世代シークエンサー技術研修会	東京都	槐島
10月	令和2年度水質分析研修（ICP-MS）	書面	武、西島
11月	ゲルマニウム半導体検出器による測定法（第3回）研修	千葉県	小原（大）
12月	ビーエルテックWEBセミナー（オートアナライザー）	WEB	小原（彬）
3年 1月	化学物質環境実態調査環境科学セミナー	WEB	角田、宮崎
1月	令和2年度水質分析研修（GC-MS）	書面	石原、小原（彬）
2月	ビーエルテックWEBセミナー（オートアナライザー）	WEB	小原（彬）
2月	令和2年度希少感染症技術診断研修会	WEB	森、槐島
3月	水道水質精度管理研修会	WEB	小原（彬）
3月	地衛研基礎講習（細菌）	WEB	前田

1・5・3 所で行った発表・研修

年 月	研修名又は対象者等	人 員	期 間	研修内容等
2年 9月	有明工業高等専門学校 創造工学科5年次	40	16回	機器分析学Ⅱ講義（3年2月5日まで週1回）

1・6 調査研究に対する外部評価

当所で実施する調査研究について、県民ニーズに合致した効率的・効果的な業務の遂行とその透明性の確保を図るため、研究計画や成果に関する外部評価委員会による評価を行うもの。

1 委員

学識経験者等 5 名

2 評価対象

成果評価（調査研究の目的の達成度、行政施策への寄与度等进行评估）

中間評価（調査研究の進捗状況、継続の妥当性等进行评估）

計画評価（計画段階で調査研究の目的、内容の妥当性等进行评估）

3 評価方法

項目別評価、総合評価とも次の 5 段階で評価する。

5：非常に高く評価できる。 4：高く評価できる。 3：評価できる。

2：あまり評価できない。 1：評価できない。

4 開催状況

新型コロナウイルス感染症検査対応のため次年度に延期

2 業務実績

2・1 微生物科学部

令和2年度は、行政依頼検査として感染症の検査，食中毒・有症苦情の原因微生物検査，食品の微生物規格基準検査，豚肉の残留抗生物質の検査，HIVの確認検査，つが虫病・日本紅斑熱患者の血清学的検査，健康福祉部職員のB型肝炎（HBs抗原・抗体）検査等を行った。また，国庫委託事業として，感染症流行予測調査事業（日本脳炎の感染源調査），感染症発生動向調査事業等を行った。その他，これらの試験・検査業務に加え，さまざまな課題について調査研究を行った。

主な試験検査及び調査研究の概要は次のとおりである。なお，業務実績表を別表に示す。

2・1・1 試験検査

1) 感染症検査

感染症発生届に基づき，保健所等から依頼された検体（細菌323検体，ウイルス・リケッチア17,993検体）について，検査を行った。検出された病原体は腸管出血性大腸菌，日本紅斑熱リケッチア，ツツガムシ病リケッチア，SFTSV，SARS-CoV-2等であった。

2) 食中毒・有症苦情検査

食中毒・有症苦情関連の253検体について，原因微生物の検索及び同定検査を行った。その結果，原因微生物としてノロウイルス，カンピロバクター等が検出された。

3) 食品中の微生物検査

市販のからし蓮根5検体について，生菌数，大腸菌群数及びボツリヌス毒素の検査を行った。また，魚肉練り製品等50検体の微生物規格検査，岩カキ等4検体のノロウイルス等の検査を行った。

4) 食品中の残留抗生物質検査

ブタ肉3検体について，スピラマイシン残留の有無を検査した。

5) その他微生物検査

健康福祉部職員のうち希望のあった77名の血清についてHBs抗原及びHBs抗体検査を行った。

6) 感染症流行予測調査

日本脳炎の感染源調査を，7月中旬～9月中旬にかけて，生後4～6ヶ月のブタ90頭についてJEVに対するHI抗体及び2-ME感受性抗体を測定した。詳しくは資料の項に掲載した。

7) 感染症発生動向調査事業に伴う検査

令和2年4月から令和3年3月までに，検査定点医療機

関等において採取された174検体について，A549，RD-A，VeroE6，MDCK細胞等による組織培養法，遺伝子学的検査法等を用いて病原体の検査を行った。詳しくは資料の項に掲載した。

2・1・2 調査研究

1) 動物由来感染症に関する調査研究

熊本県動物愛護センターに保護されている個体のうち，譲渡対象のイヌ，地域猫及び有害鳥獣駆除等で狩猟されたイノシシ・シカについて，病原微生物の保有状況を調査した。

これまで505検体を検査した。内訳はイヌ154検体，ネコ208検体，イノシシ89検体，シカ54検体であった。各検体から寄生虫卵，病原性大腸菌，薬剤耐性菌等が分離された。病原性大腸菌のうち腸管出血性大腸菌が1検体，コリネバクテリウム・ウルセランスが7検体から分離された。

詳しくは3・1報文の項に掲載した。

2) 薬剤耐性菌に関する調査

県内における環境中の薬剤耐性菌の侵淫状況を把握することを目的とし，1か所の下水処理場を定点として，2019年8月～2020年2月の7か月間，流入水等の検体から薬剤耐性菌の検出を行った。その結果，流入水から，carbapenemaseであるGES-5遺伝子を持つ*Enterobacter cloacae complex*を分離した。また，ESBL産生菌については，ほぼ毎月いずれかの検体から検出され，放流水で検出された月もあった。

由来は不明であるが，複数の検体からcarbapenemase-producing Enterobacterales（CPE）が検出されたことから，県内環境にもCPEが存在していることが分かった。また，近年市中への拡散が報告され，注視されているESBL産生菌が，環境中から多く検出されることが分かった。

詳しくは3・1報文の項に掲載した。

微生物科学部業務実績表

分類	事業名	業務	令和2年度		令和元年度	
			件数	延項目数	件数	延項目数
行政検査	(1) 感染症病原体検査	細菌	323	545	123	319
		ウイルス・リケッチア・その他	17,993	18,054	121	424
	(2) 食中毒・有症苦情検査	原因物質検査	253	1,006	520	1,941
	(3) 食品中の微生物検査	からし蓮根等	5	25	9	45
		魚肉練り製品等	3	3	23	51
		生カキ・海水	8	12	11	16
		その他	36	108	74	228
		小計	18,621	19,753	881	3,024
	(4) 食品中の残留抗生物質検査		3	3	5	5
	(5) その他の微生物検査 (B型肝炎検査等)		77	77	126	252
	合計	18,701	19,833	1,012	3,281	
国庫委託調査	(6) 感染症流行予測調査(感染源)		90	180	135	270
	(7) 感染症発生動向調査		174	1,740	390	3,965
	合計		264	1,920	510	4,205
調査研究	SFTS ウイルスの調査研究		0	0	295	295
	薬剤耐性細菌に係る調査研究		21	42	247	1,252
	動物由来感染症に関する調査研究		7	7	276	1,684
	その他		0	0	0	0
	合計		28	49	818	3,231
	総計		18,993	23,771	2,340	13,741

2・2 生活化学部

令和2年度は、行政依頼検査として食品中の残留農薬検査、食品・食品添加物等の規格基準検査、畜水産食品中の動物用医薬品等残留検査のほか、熊本県食の安全安心推進条例に基づく県産農林水産物中の農薬・動物用医薬品等の出荷前残留検査を実施した。

主な試験検査及び調査研究の概要は次のとおりである。なお、業務実績表を別表に示す。

2・2・1 試験検査

1) 食品・食品添加物等の規格基準検査

食品中の添加物検査として、保存料、甘味料の検査を実施した結果、基準を超えるものはなかった。また、指定外添加物は検出されなかった。

2) 魚介類の水銀検査

県内で漁獲され、県内に流通している魚介類の総水銀検査は、平成13年度から八代保健所試験検査課で行い、当所では暫定的規制値を超える検体について有機水銀検査を実施することになっている。

令和2年度は該当する検査はなかった。

3) 畜水産食品中の動物用医薬品等残留検査

生産段階で使用される動物用医薬品、飼料添加物等が、食肉・魚介類等の畜水産食品中に残留している実態を把握するため、食肉、養殖魚介類、山羊乳及び卵について、動物用医薬品の検査を実施した結果、基準値超過はなかった。

4) 食品中の残留農薬検査

輸入食品を含む穀物、野菜、果実等の農作物について、残留農薬試験を実施した結果、基準値超過はなかった。

5) 特定アレルギー物質検査

食品中の特定アレルギー物質（小麦、牛乳、卵）の表示確認試験を実施した結果、表示違反はなかった。

6) 家庭用品中有毒物質含有検査

「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律」に基づき、試買した繊維製品中のホルムアルデヒド、ディルドリン等について検査を実施することになっている。

令和2年度は該当する検査はなかった。

7) 医薬品等に関する試験検査

令和2年度は該当する検査はなかった。

8) 薬事に関する業務

GMP（医薬品及び医薬部外品の製造管理及び品質管理の基準）調査要領に基づき、組織や品質マニュアル等を整備し公的認定試験検査機関として、平成24年10月1日認定を受けた。

9) 器具、容器包装の規格基準検査

食品の調理、製造加工、運搬及び保存等に用いられる器具及び容器包装については、食品衛生法によってその材質毎に規格基準が定められている。

令和2年度は陶磁器について、重金属の試験を実施した結果、限度値を超えるものはなかった。

10) おもちゃの規格基準検査

おもちゃについては、食品衛生法によってその材質毎に規格基準が定められている。

令和2年度は該当する検査はなかった。

11) 食品苦情に伴う理化学的原因調査

クワズイモ（疑い）中毒に伴い、食品残品のシュウ酸カルシウムの検査を実施した。

12) 松くい虫特別防除薬剤残留検査

球磨郡あさぎり町において、例年5月中旬から6月中旬に松くい虫防除の影響調査のため、流域の河川水における使用薬剤の残留試験を実施しているが、令和2年度は該当する検査はなかった。

13) 食品衛生検査施設における検査等の業務管理

(GLP: Good Laboratory Practice)

内部点検作業書 (SOP: Standard Operating Procedure) に基づき、信頼性確保部門責任者による内部点検を実施している。

食品衛生外部精度管理調査に参加した。

調査項目は、食品添加物（ソルビン酸）、残留農薬（アトラジン、クロロピリホス、チオベンカルブ）、残留動物用医薬品（スルフアジミジン）であり、結果は全て良好であった。

14) 衛生検査施設における医薬品外部精度管理

今年度は、シロスタゾール錠について精度管理を実施した。

15) 熊本県食の安全安心推進条例に基づく出荷前農林水産物中の残留農薬等検査

県産の主要な農林水産物について農薬、動物用医薬品等の出荷前における残留検査を実施した結果、食品衛生法の基準値を超えるものはなかった。

16) 有症苦情に関する検査

令和2年度は該当する検査はなかった。

17) 一般依頼試験

令和2年度は該当する検査はなかった。

2・2・2 調査研究

1) SFE-GC/MS/MSによる畜水産物中農薬の一斉分析法に関する研究

近年、柑橘類の皮等の農産物を家畜や養殖魚の飼料に添加して生育させることで、商品のブランド化を図る動きが広がって

いる。今後、その安全性を確認する目的で畜水産物中の農薬を分析する必要性が増すと考えられることから、SFE-GC/MS/MSを用いた一斉分析法を検討した。

2) LC/MS/MSによる畜水産物中の残留農薬一斉分析に関する研究

近年、柑橘類の皮等の農産物を家畜や養殖魚の飼料に添加して生育させることで、商品のブランド化を図る動きが広がっている。今後、その安全性を確認する目的で畜水産物中の農薬を分析する必要性が増すと考えられることから、LC/MS/MSを用いた一斉分析法を検討した。

3) LC/MS/MSによるセレウリドの迅速分析法の開発

これまで、食中毒の原因となるセレウス菌が産生する毒素（セレウリド）の分析は1週間程度を要し、迅速性に欠けるという問題があった。本調査研究ではセレウリドによる食中毒の原因特定にかかる時間を半日程度に短縮するため、LC/MS/MSを用いた迅速分析法を検討した。

生活化学部業務実績表

分類	事業名	業務	令和2年度		令和元年度	
			検体数	延項目数	検体数	延項目数
行政 検査	(1) 食品・添加物等の規格基準検査	(イ) 清涼飲料水成分規格	0	0	5	15
		(ロ) 人工甘味料	3	3	15	19
		(ハ) 合成着色料	0	0	2	24
		(ニ) 合成保存料	3	3	17	17
		(ホ) 発色剤 亜硝酸ナトリウム	0	0	2	2
		(ヘ) 漂白剤 二酸化硫黄等	0	0	0	0
		(ト) プロピレングリコール	0	0	3	3
		(チ) 米（玄米）中のCd	4	4	0	0
		(リ) 酸化防止剤	0	0	0	0
		(ス) 防かび剤	0	0	0	0
		(ル) メラミン	0	0	0	0
	小 計	10	10	44	80	
	(2) 魚介類の水銀検査		0	0	0	0
	(3) 畜水産食品中の動物用医薬品残留検査		46	3,701	18	2,228
	(4) 食品中の残留農薬検査	(イ) 野菜,果実,米穀,茶	15	4,591	16	6,645
		(ロ) 輸入・国産食肉	0	0	0	0
		(ハ) 牛乳	0	0	0	0
		小 計	15	4,591	16	6,645
	(5) 特定アレルギー物質検査		14	22	0	0
	(6) 家庭用品中有害物質含有検査	(イ) 繊維製品	0	0	0	0
		(ロ) 家庭用洗剤等	0	0	0	0
		小 計	0	0	0	0
	(7) 医薬品等に関する試験検査	健康食品	0	0	0	0
	(8) 器具・容器包装規格基準検査	材質及び溶出試験	7	14	0	0
	(9) おもちゃの規格基準検査		7	14	5	13
	(10) 食品苦情に伴う理化学的原因調査		1	1	0	0
(11) 松くい虫特別防除薬剤残留検査		0	0	16	16	
(12) GLPに関する精度管理試験	合成保存料,重金属, 残留農薬,合成抗菌剤	3	5	3	5	
(13) 熊本県食の安全安心推進条例に基づく出荷前農薬等検査	(イ) 野菜,果実,穀類,茶	22	6,424	37	8,272	
	(ロ) 畜水産物	35	2,481	22	2,229	
	小 計	57	8,905	59	10,501	
(14) 有症苦情に関する検査		0	0	0	0	
合 計		160	17,263	161	19,488	
一般依頼試験		0	0	0	0	
総 計		160	17,263	161	19,488	

2・3 大気科学部

令和2年度は、大気環境測定車による大気環境調査、有害大気汚染物質調査及びアスベスト環境調査等の行政検査を行った。また、国民、県民の関心が高い微小粒子状物質（PM_{2.5}）については成分調査を行った。その他、これらの試験検査に加え統計手法を用いた大気汚染物質の濃度分布及びPM_{2.5}の監視網の合理化の検討に関する調査研究を行った。

試験検査の結果は、別途「大気・化学物質・騒音等環境調査報告書」、「環境白書」として公表される。

主な試験検査及び調査研究の概要は次のとおりである。なお、業務実績表を別表に示す。

2・3・1 試験検査

1) 大気環境測定車による大気環境調査

県内に大気汚染常時監視測定局35局を配置し、大気汚染物質（二酸化いおう、二酸化窒素及び光化学オキシダント等）による汚染を常時監視している。この常時監視を補完するため、測定局のない地域に大気環境測定車を設置し本調査を行っている。

令和2年4月～令和3年3月熊本市西区河内町において調査を行った。

2) 酸性雨調査

県内では酸性雨による被害は顕在化していないが、東アジアの経済発展に伴い酸性物質排出量が増大し、酸性雨による環境への影響が大きな問題となったことから、酸性雨の実態を把握する本調査を昭和63年10月から行っている。

令和2年度は宇土市及び阿蘇市一の宮の2地点で1週間毎の降水を採取した。採取した検体についてpH、電気伝導率及びイオン成分を測定した。

3) 微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分調査

環境基準を超過しているPM_{2.5}は多数の物質の混合物であり、その混合物の科学的情報が不明なことから平成25年7月に本調査を開始した。

令和2年度は宇土市に試料採取装置を設置し、全国一斉に、春季、夏季、秋季及び冬季にPM_{2.5}を採取した。そして、イオン成分及び無機元素を測定した。なお、炭素成分の分析は民間分析機関に委託した。

4) 有害大気汚染物質調査

低濃度であっても長期的に暴露されると発がん性等の健康影響の可能性があるとされる「有害大気汚染物質」による汚染を把握するため、平成9年10月から本調査を行っている。

令和2年度は一般環境について、玉名市の1地点で毎月1回年12回試料を採取し、重金属類、アルデヒド類及び揮発性有機化合物類（VOCs）等を測定した。なお、VOCs6項目の分析は

民間分析機関に委託した。

5) アスベスト環境調査

アスベスト（特定粉じん）による環境汚染が懸念されることから、アスベストモニタリングマニュアル（第4.1版平成29年7月環境省）に基づき調査を行い、一般環境は総繊維数濃度を測定している。なお、必要に応じてアスベスト繊維の計測は民間分析機関に委託している。

一般環境調査は、山鹿市で2地点において調査を行った。

また、平成30年10月より、解体工事等における蛍光顕微鏡を用いたアスベスト漏えい監視調査を行っており、令和2年度は15件調査を行った。

6) 九州新幹線鉄道騒音調査

九州新幹線鉄道の平成16年3月部分開業及び平成23年3月全線開業に伴い、沿線住民の生活環境を保全するため、調査を行っている。

令和2年度は7地点で騒音の調査を実施した。

7) 環境放射能水準調査（原子力規制庁委託）

放射能の影響の正確な評価に資することを目的に、環境等試料の放射性核種分析調査、定時降水中の全ベータ放射能測定調査及びモニタリングポストによる空間放射線量率測定調査を平成元年度から行っている。

令和2年度に行った調査結果を3・2資料の項に掲載した。

8) 化学物質環境実態調査（環境省委託）

平成2年度は化学物質環境実態調査のモニタリング調査について試料採取を行った。

2・3・2 調査研究

1) 酸性雨全国調査

日本全域における酸性沈着による広域大気汚染実態を把握することを目的とした全国環境研協議会の共同調査に平成3年度

から参加しており第6次調査を実施した。

2) 空間統計解析手法を用いた県内の大気汚染物質濃度の推定及び県内におけるPM_{2.5}監視網の合理化手法の検討

PM_{2.5}による大気汚染への対応として、本県では平成25年度以降に測定局の整備が進められ、国が示す基準よりも5局多い19の測定局において監視が行われている。

しかし、近年、PM_{2.5}濃度は減少傾向にあり、環境基準達成率も大きく改善している。

このような状況を踏まえ、今後の監視体制の適切かつ合理的な運用への移行を視野に入れ、より少ない測定局で現行と同等の監視制度を維持できるかを大気汚染物質の空間濃度分布の予測に用いられるRegression Kriging法(RK法)を用いて予測を行い、その結果から、環境基準達成状況に与える影響を定量的に把握し、削減可能な測定局を選定する方法の検討を行った。

検討の結果、現行より5局少ない測定局の配置でも同等の監視制度を維持できることが確認できた。

今回の研究成果については、環境保全課が設置した「微小粒子状物質測定局の適正配置の検討委員会」へ報告し、承認が得られたことから、今後は測定局の削減が行われる予定である。

(3・4 学会・研究会発表抄録に掲載)

3) 大気環境測定車を用いた熊本市内の大気汚染状況調査

熊本市中央区の水道町自排局は、全国的にもPM_{2.5}の濃度が高い測定局の一つであるため、大気環境測定車を水道町自排局近傍の地点及び都市域周辺の標高約300mの地点(熊本市西区)において、周辺の測定局との相違性を検討することで、熊本県都市域で発生するPM_{2.5}の挙動を解析する。

令和2年4月～令和3年3月に、熊本市西区河内町において調査を行った。

4) 光化学オキシダント及びPM_{2.5}汚染の地域的・気象的要因の解明(国立環境研究所と全国の地方環境研究所とのII型共同研究)

光化学オキシダント(Ox)における環境基準達成率(平成30年度)は、全国が0.1%、県内が0%であり、さらに令和元年5月には光化学スモッグ注意報が県内で10年ぶりに発令された。

また、微小粒子状物質(PM_{2.5})による大気汚染は、近年全国規模で改善傾向にあるが、依然として環境基準達成率の低い地域がある。

このように、両物質による大気汚染は環境行政の課題となっているが、これらは高い地域依存性を持つと同時に、広域的な汚染の影響を受けることから、全国と地域の両方の視点から研究を進めることが重要である。

オキシダント&二次生成粒子グループ(OxPM)及びPM_{2.5}高濃度気象解析グループ(PM高濃度)に参画し、令和2年度は、Oxに関しては、県内のOx大気汚染状況の解析を行った。

また、PM_{2.5}に関しては、過去の高濃度事例について、高時間分解能の成分データと気象データの初期解析を行った。

5) 熊本県の酸性雨長期モニタリング調査

本県における酸性雨の状況を把握するため平成元年度から継続して本調査を行っている。

酸性雨調査のデータを用いて湿性沈着量等の算出と解析を行った(3・2資料の項に掲載)。

大気科学部業務実績表

分類	事業名	業務	令和2年度		令和元年度	
			件数	延項目数	件数	延項目数
行政検査	(1) 大気環境測定車による大気環境調査		275	3,438	314	4,292
	(2) 酸性雨調査		88	968	97	1,067
	(3) 微小粒子状物質 (PM _{2.5}) 成分調査	(イ) イオン成分	60	480	112	112
		(ロ) 無機元素	60	780	60	60
		小計	120	1,260	172	172
	(4) 有害大気汚染物質 調査	(イ) 重金属類	26	65	50	50
		(ロ) VOCs, アルデヒド類	53	104	103	103
		小計	79	169	153	153
	(5) アスベスト環境 調査	(イ) 一般環境	6	6	6	6
		(ロ) 解体現場等	32	32	21	21
小計		38	38	27	27	
(6) 九州新幹線鉄道騒音調査		7	7	7	7	
合計			607	5,880	770	7,449
国庫委託 調査	(7) 環境放射能水準調査 (原子力規制庁委託)	(イ) 空間放射線量率	2,202	2,202	2,196	2,196
		(ロ) 全ベータ放射能	80	80	92	92
		(ハ) 放射性核種分析	26	118	26	26
		小計	2,307	2,399	2,314	2,314
	(8) 化学物質環境実態調査 (環境省委託)		6	12	6	12
合計			2,313	2,411	2,320	2,413
総計			2,920	8,291	3,090	9,862

2・4 水質科学部

令和2年度は「公共用水域及び地下水水質測定計画」に基づく公共用水域や地下水の水質調査、水生生物を指標とした川の水環境調査、水俣湾水域環境調査等を行った。これらの結果は「水質調査報告書（公共用水域及び地下水）」、「熊本県環境白書」等として公表される。

また、水質汚濁防止法に基づく特定事業場等排水監視調査、熊本県地下水保全条例に基づく対象事業場の排水及び地下水調査のほか、苦情や魚のへい死等水質事故発生時の環境調査、産業廃棄物最終処分場や不法投棄箇所周辺の地下水・公共用水域の調査を行った。その他、飲用井戸の水質検査等を行った。

主な試験検査及び調査研究の概要は次のとおりである。業務実績表を別表に示す。

2・4・1 試験検査

1) 公共用水域水質測定計画に係る調査

公共用水域監視調査として、河川水及び河川底質を対象として県内53河川127調査地点(国, 県, 市の合計)で行っている。うち熊本県分37河川48地点の河川水計340検体について生活環境項目及び健康項目等として延べ3,433項目、底質については3検体延べ23項目の分析を行った。

また海域では4海域の健康項目について、海水7検体延べ156項目、底質16検体延べ102項目の分析を行った。

2) 地下水質測定計画に係る調査

県内各地域の地下水質の概況を把握するため、県内の地下水位観測井戸等を対象とした定点監視調査(T点)として計7検体延べ196項目の分析を行った。

また、荒尾地域硝酸性窒素削減計画に定められた指標井戸の地下水質動向調査(特定地点調査)として、36検体延べ108項目の分析を行った。

3) 特定事業場等排水監視調査

水質汚濁防止法及び県生活環境の保全等に関する条例に係る特定事業場や指定工場等の排水について、主要6工場49検体延べ262項目、一般工場111検体延べ542項目の分析を行った。

4) 水俣湾水域環境調査

水俣湾における水質等の状況を把握することを目的として、海水8検体、地下水4検体、底質3検体について総水銀、濁度、塩化物イオン等延べ35項目の分析を行った。

5) 産業廃棄物に係る調査

廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行前の自社最終処分場周辺等における有害物質の監視調査として、23検体延べ113項目の分析を行った。

6) 荒尾浦川流域化学物質汚染対策調査

荒尾市浦川流域における化学物質汚染に係る調査として、ペントクロフェノール等について8検体延べ111項目の分析を行った。

7) 飲用井戸等の行政検査

飲用井戸等衛生対策要領により飲用井戸等の衛生の確保を図るため、水道水質基準の一部項目(セレン、鉛、亜鉛、アルミニウム、鉄、マンガン、ひ素、ふっ素、ほう素等)について、28検体延べ336項目の分析を行った。

8) その他の行政検査

県内の地下水中硝酸性窒素等濃度の高い地域における汚染状況を把握し、原因究明や今後の対策の検討等に関する基礎資料の収集のため計18検体延べ35項目の分析を行った。

9) 研究所排水等自主検査

当研究所の排水は宇土市終末処理場で処理されているが、当該排水の水質が下水道法に定める除害基準に適合しているか確認するための自主検査を年4回実施し、4検体延べ120項目の分析を行った。

併せて、当研究所敷地内の井戸水についても年2回2検体延べ48項目の分析を行った。

10) 環境測定分析統一精度管理調査

環境測定分析の精度の向上を図り、環境測定データの信頼性の確保に資することを目的に環境省が実施する標記調査に参加し、3検体延べ16項目の分析を行った。

その他、分析機器メーカーが主催する精度管理調査にも参加し、2検体延べ4項目の分析を行った。

11) 苦情・水質事故に係る調査

事業場等排水に関する苦情及び公共用水域における魚へい死事故等発生時の重金属や農薬類の緊急調査のため、7検体延べ126項目の分析を行った。

12) 化学物質環境実態調査

環境省委託化学物質環境実態調査モニタリング調査として緑川（平木橋）で1検体、また詳細環境調査として八代海で2検体を採取し、調査担当機関に送付した。

併せて、当研究所においても採取直後の水質について生活環境項目等延べ18項目の分析を行った。

2・4・2 調査研究

1) 魚体エラ中の農薬類蓄積性について

農薬が原因となる魚へい死発生時、魚のエラに残存する農薬類の濃度を評価するため、水質汚濁防止法に係る環境基準項目及び要監視項目を含む146農薬を対象とした簡易曝露試験を行った。詳しくは3・1報文の項に掲載した。

2) 熊本県内河川の水生生物を用いた環境評価

平成2年度から、環境基準点を含む県内河川35地点において、県独自の水生生物指標生物25種の出現状況等を調査することにより環境評価を行っている。

今回は球磨川等計11地点で調査を実施した。詳しくは3・2資料の項に掲載した。

3) 県内各地の湧水水質特性

湧水の位置を詳細に確認、記録し、定期的に湧出の状況及び水質の変化を把握し、湧水の水量及び水質に影響を及ぼす要因について考察する。

今回は宇土地域（宇土半島）の湧水について調査した。詳しくは3・1報文の項に掲載した。

水質科学部業務実績表

分類	事業名	業務	令和2年度		令和元年度	
			件数	延項目数	件数	延項目数
行政 検査	(1) 公共用水域 監視調査	(イ) 河川調査(河川+河川底質)	343	3,456	442	4,266
		(ロ) 海域調査(海水+海域底質)	23	258	38	252
		(ハ) 委託クロス調査	8	24	4	12
		小計	374	3,738	484	4,530
	(2) 地下水質測 定計画に係る調 査	(イ) 概況調査, 特定地点調査	61	339	134	1,081
		(ロ) 委託クロス調査	3	4	21	56
		小計	64	343	155	1,137
	(3) 特定事業場 排水監視調査	(イ) 主要工場	49	262	72	458
		(ロ) 一般工場	111	542	199	1,166
		(ハ) 有害工場	20	20	73	552
		小計	180	824	344	2,176
	(4) 地下水保全 条例に係る調査	(イ) 井戸水	0	0	46	172
		(ロ) 排水	0	0	52	178
		小計	0	0	98	350
	(5) 水生生物を指標とした川の水環境調査	11	11	11	11	
	(6) 水俣湾水域環境調査	15	35	15	27	
	(7) 産業廃棄物に係る調査	23	113	43	446	
	(8) ゴルフ場で使用する農薬の分析	0	0	0	0	
	(9) 荒尾浦川流域化学物質汚染対策調査	8	111	12	171	
	(10) 飲用井戸等の行政検査	28	336	30	360	
(11) その他の行政検査	18	35	2	32		
(12) 研究所排水自主検査	6	168	9	179		
(13) 環境測定分析統一精度管理調査	3	16	11	36		
(14) 苦情・水質事故に関する分析	7	126	8	235		
(15) グリーン農業に係る地下水質調査	0	0	0	0		
(16) 調査研究等に係る分析	19	266	90	1,089		
委託 調査	(17) 化学物質環境実態調査	3	18	1	8	
総 計			759	6,140	1,313	10,787

3 調査研究

3・1 報 文

1) 野良ネコにおけるコリネバクテリウム・ウルセランス保有状況調査

森 美聡 槐島翔一郎*¹ 原田誠也 松本一俊*² 八尋俊輔

要 旨

コリネバクテリウム・ウルセランス (*Corynebacterium ulcerans*) は、ジフテリア毒素を産生する人獣共通感染症を引き起こす細菌であり、ジフテリアと類似の症状を引き起こす。国内では 2001 年に初めて報告されてから 2016 年 5 月までにヒトにおける感染が 19 例報告されている。

ヒトへの感染源の一つとして我々の身近な動物であるイヌやネコが挙げられており、今回県内のネコが *C. ulcerans* を保有しているかを把握するため、野良ネコの調査を実施したところ、208 検体中 7 検体から *C. ulcerans* が分離されたことから、県内のネコが *C. ulcerans* を保有していることが明らかとなった。

キーワード : *C. ulcerans*, ネコ, 人獣共通感染症

はじめに

コリネバクテリウム・ウルセランス(以下「*C. ulcerans*」という。)はジフテリア毒素を産生し、人獣共通感染症を引き起こす細菌である。「感染症予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」(以下「感染症法」という。)において二類感染症に指定されているジフテリアと類似の臨床所見を示す¹⁾。英国をはじめとした欧州諸国では以前から問題となっていたが、国内でも 2001 年に初めて報告されてから 2016 年 5 月までにヒトでの感染が 19 例報告されている。*C. ulcerans* は自然界に常在しており、ウシの乳房炎をはじめ多くの動物に化膿性炎症を引き起こす菌として知られている。感染動物は、くしゃみや鼻汁等の風邪に似た症状や皮膚病を示すことがあり、動物間で感染が拡大することも報告されている。ヒトへの感染源の一つとして我々の身近な動物であるイヌやネコ等の伴侶動物が挙げられており、国内ではイヌやネコからの感染が疑われる報告が多い。2016 年 5 月には *C. ulcerans* による国内初の死亡例が確認された。これを受け、2018 年に厚生労働省健康局結

核感染症課長通知²⁾が発出され、情報提供を求めるとともに注意喚起がなされた。

これまでに、熊本県内において *C. ulcerans* による感染事例は報告されていない。しかし、国内では伴侶動物からの感染が疑われる事例が多いことから、伴侶動物の *C. ulcerans* 保有状況を把握することは重要と考えられる。そこで本研究では、予防対策や健康被害の未然防止に役立てることを目的に、県内における野良ネコの *C. ulcerans* 保有状況調査を実施した。

材料及び方法

1. 検査材料

県内の動物病院の協力を得て、2018 年及び 2019 年に計 2 回実施された TNR 事業で捕獲された県内の野良ネコ 208 匹の口腔ぬぐい液を検体とした。検体は輸送培地にて冷蔵状態で搬入した。

2. 検査方法

2.1 *C. ulcerans* 分離培養

*1 現健康福祉部健康危機管理課 *2 現食肉衛生検査所

亜テルル酸塩加血液寒天培地（荒川変法培地）に検体を直接塗抹し，37℃，24～48 時間好気培養し，*Corynebacterium* 属菌が疑われる黒色コロニーを分離した。純培養は羊血液寒天培地で実施した。

グラム陽性菌は API coryne（ピオメリュー・ジャパン（株）製）を用いて簡易同定をするとともに，Hiss's serum water³⁾ による糖分解能試験（Glucose, Maltose, Sucrose, Glycogen）及び *rpoB* 領域の塩基配列から同定した。

2.2 ジフテリア毒素遺伝子検出

Corynebacterium 属菌について，ジフテリア毒素（Diphtheria Toxin : DT）遺伝子を検出した。アルカリ抽出法で DNA を抽出し，PCR は病原体検出マニュアル⁴⁾ に準じて実施した。

2.3 毒素産生性試験

DT 遺伝子保有株について，寒天ゲル内沈降反応法によるジフテリア毒素の検出（Elek 変法）及び培養細胞に対する毒性を指標とした毒素活性の検出（Vero 細胞法）を実施した。いずれもジフテリア予防対策マニュアル⁵⁾ に準じて実施した。Vero 細胞法に用いた毒素産生のための液体培地は，ろ過滅菌した Pope 培地を使用した。調整した液体培地に *C. ulcerans* と同定された菌株を接種し，37℃で 48 時間静置培養し，培養上清 1mL を 15,000rpm で 10 分間遠心分離し，上清を 0.22µm フィルターでろ過したものを検体とした。ジフテリア抗毒素は日本国ジフテリア抗毒素（ウマ，ロット 10，国立感染症研究所）を使用した。

2.4 Multilocus Sequence Typing (MLST)

MLST は Christina らの方法⁶⁾ に準じて実施した。*C. ulcerans* が保有する 7 つのハウスキーピング遺伝子（*atpA*, *dnaE*, *fusA*, *odhA*, *rpoB*, *dnaK*, *leuA*）について，それぞれの塩基配列を決定した後，データベースと比較し MLST sequence type (ST) を決定した。

結 果

1. *C. ulcerans* 保有状況

野良ネコ 208 匹のうち 7 匹の口腔ぬぐい液から *C. ulcerans* が分離された。2018 年に実施した 100 匹のうち 6 匹（6.0%），2019 年に実施した 108 匹のうち 1 匹（0.9%）であった（表 1）。

Corynebacterium 属菌が疑われた 7 株について DT 遺伝子を検索したところ，7 株すべてから検出された。これら 7 株について，簡易同定キットによる同定，Hiss's serum water による糖分解能試験及び *rpoB* 領域のシーケンス解析を実施した。

API coryne を用いた簡易同定では，7 株全てが *C.*

pseudotuberculosis と判定された。さらに，糖分解能試験では *C. ulcerans* の典型的な糖分解能（グリコーゲン分解）を示す株は 7 株中 3 株であった。

さらに，*rpoB* 領域の塩基配列を決定し，相同性検索（blast 解析）を実施したところ，*C. ulcerans* と 100% 相同性を示したことから，最終的に 7 株全てを *C. ulcerans* と同定した。

2. 毒素産生性試験

Elek 変法では，培養後 1～2 日で白色の沈降線が出現するとジフテリア毒素産生とされるが，7 株全てで沈降線は確認できなかった。

Vero 細胞を用いた培養細胞法では，7 株全てで細胞死が確認され，毒素産生が認められた。

3. MLST

今回分離した *C. ulcerans* 7 株について MLST を実施したところ，6 株は ST337 を示し，1 株は ST335 を示した（表 2）。

考 察

今回，県内の野良ネコ 208 匹のうち 7 匹の口腔ぬぐい液から *C. ulcerans* が分離された。2018 年に実施した 100 匹のうち 6 匹（6.0%），2019 年に実施した 108 匹のうち 1 匹（0.9%）であった。疫学調査として実施されたイヌ・ネコでの保菌率は 0～10%とされており^{1),7),8)}，今回の結果もこれらと同様であった。また，動物間で *C. ulcerans* の水平伝播する可能性が示唆されていることから，複数匹を飼育する際は十分な対策を講じる必要がある。

ジフテリア毒素産生性については，Elek 変法では確認できなかったが，Vero 細胞法では確認できたことから，PCR 法と複数の方法を併用し確認することが有用である。

分離株の生化学性状は，典型的な *C. ulcerans* の糖分解能（グリコーゲン分解）を示す株は 7 株のうち 3 株であった。簡易同定キットでは全株が *C. pseudotuberculosis* と同定されており，グリコーゲン分解能が陰性と判定されたことが影響したと考えられた。*rpoB* 領域の遺伝子解析では 7 株すべて *C. ulcerans* と同定されたことから，生化学性状を確認するとともに *rpoB* 領域の塩基配列を解析する必要がある。

MLST 解析では，今回分離された 7 株のうち 6 株は ST337 に，1 株は ST335 を示したことから，県内にも均一な ST が浸潤していることが示唆された。

ま と め

今回、県内の野良ネコの *C. ulcerans* 保有状況を調査したところ、208 匹中 7 匹から検出され、*C. ulcerans* 保有率は 3.4%であった。*C. ulcerans* は動物間で水平伝播する可能性が示唆されていることから、複数頭を飼育する際は十分な対策を講じる必要がある。さらに、動物からヒトへの感染が危惧されており、他の人獣共通感染症と同様に、適切な環境で飼育し、加えて飼育動物との過度な接触を避けるとともに、動物と触れ合った際は手指洗浄を励行する必要がある。また、日頃から飼育動物の健康状態を観察することも感染症の予防対策につながると考えられる。

謝 辞

C. ulcerans の検査及び解析に関して、御助言いただきました国立感染症研究所 細菌第二部 岩城正昭先生に深謝いたします。

文 献

- 1) 高橋元秀：ジフテリア毒素原性 *Corynebacterium ulcerans* の感染症, 日獣会誌, 63, 813-818 (2010).
- 2) 平成 30 年 1 月 10 日付厚生労働省健康局結核感染症課長通知 (健感発 0110 第 2 号).
- 3) Knapp A. : *J.Med. Res.*, 12 (4), 475-478 (1904).
- 4) 病原体検出マニュアル：国立感染症研究所.
https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/Diphtheria2_0201106.pdf
- 5) ジフテリア予防対策マニュアル：国立感染症研究所情報センター.
- 6) Christina Konig, . Dominik M. Meinel, Gabriele Margos, Regina Konrad, Andreas Sing : *J.Clin.Microbiol.*, 52, 4318-4324 (2014).
- 7) Chihiro Katsukawa, Takako Komiya, Hiroaki Yamagishi, Atsushi Ishii, Shunji Nishino, Shinya Nagahama, Masaaki Iwaki, Akihiko Yamamoto, Motohide Takahashi : *J.Med. Microbiol.*, 61, 266-273 (2012).
- 8) 阿部祐樹ほか：愛媛県立衛生環境研究所年報, 21, 1-7 (2018).

表 1 *C. ulcerans* 分離株の生化学性状

No.	DT	<i>rpoB</i> seq	API Coryne	糖分解試験*				毒素産生	
				GLU	SUC	MAL	GLYG	Elek	Vero
1	+	<i>C.ulcerans</i>	<i>C.pseudotuberculosis</i>	+	-	+	+	-	+
2	+	<i>C.ulcerans</i>	<i>C.pseudotuberculosis</i>	+	-	+	+	-	+
3	+	<i>C.ulcerans</i>	<i>C.pseudotuberculosis</i>	+	-	+	-	-	+
4	+	<i>C.ulcerans</i>	<i>C.pseudotuberculosis</i>	+	-	+	-	-	+
5	+	<i>C.ulcerans</i>	<i>C.pseudotuberculosis</i>	+	-	+	-	-	+
6	+	<i>C.ulcerans</i>	<i>C.pseudotuberculosis</i>	+	-	+	+	-	+
7	+	<i>C.ulcerans</i>	<i>C.pseudotuberculosis</i>	+	-	+	-	-	+

*GLU : Glucose, SUC : Sucrose, MAL : Maltose, GLYG : Glycogen

表 2 *C. ulcerans* 分離株の MLST 解析

No.	アレルプロファイル							ST
	<i>atpA</i>	<i>dnaE</i>	<i>dnaK</i>	<i>fusA</i>	<i>leuA</i>	<i>odhA</i>	<i>rpoB</i>	
1	41	34	140	49	45	47	63	337
2	41	34	140	49	45	47	39	337
3	41	34	79	49	45	47	39	337
4	41	34	140	49	45	47	39	337
5	41	34	79	49	45	47	62	337
6	44	38	82	51	-	43	42	335
7	41	34	140	49	45	47	39	337

2) 下水中の薬剤耐性菌調査

八尋俊輔 槐島翔一郎*1 原田誠也 松本一俊*2

要 旨

県内における環境水中の薬剤耐性菌の分布状況を把握することを目的とし、1 か所の下水処理施設を定点として、2019 年 8 月～2020 年 2 月の 7 か月間、流入水、一次処理水、放流水の各検体から薬剤耐性菌の検出を行った。

その結果、9 月、1 月、2 月の流入水から、carbapenemase 遺伝子である *bla*_{GES-5} を持つ *Enterobacter cloacae complex* を分離した。由来は不明であるが、複数の検体から carbapenemase 遺伝子を保有する菌が分離されたことから、県内環境中にもカルバペネマーゼ産生腸内細菌目細菌（CPE）が存在している可能性が示唆された。また、近年市中への拡散が報告され、注視されている基質特異性拡張型βラクタマーゼ（ESBL）産生菌が多くの検体から検出されたことから、環境中に広く存在している可能性が示唆された。

キーワード：下水，CPE，ESBL

はじめに

カルバペネム耐性菌をはじめとする、様々な薬剤耐性菌の増加が世界的に問題となっている。WHO が各国に対してワンヘルスの観点から対応策を講じるよう検討を進める中、日本でも薬剤耐性（AMR）対策アクションプランが発表され、如何なるルートが薬剤耐性菌の根源になりうるのかモニタリングすることが求められており、環境中の薬剤耐性菌の分布についても、早急な現状把握が必要な状況となっている。

環境中の薬剤耐性菌の調査は、近年報告が少しずつ増加しているが、県内環境において、近年注視されているカルバペネム耐性腸内細菌目細菌（Carbapenem-resistant *Enterobacteriales*、以下「CRE」という。）及び基質特異性拡張型βラクタマーゼ（Extended spectrum β-lactamases、以下「ESBL」という。）産生菌を詳細に調査した報告はなく、県内の現状把握はできていない状況にある。そこで我々は、県内のある A 下水処理施設の協力を得て、様々な使用水が混入している下水処理施設の流入水等から、カルバペネマーゼ産生腸内細菌目細菌（Carbapenemase-producing *Enterobacteriales*、

以下「CPE」という。）及び ESBL 産生菌（主に腸内細菌目細菌）を検出することにより、県内環境の薬剤耐性菌の分布調査を行ったので報告する。

材料及び方法

1. 検査材料

県内 A 下水処理施設において、2019 年 8 月～2020 年 2 月の 7 か月間、毎月 1 回、流入水、一次処理水、放流水の 3 検体を対象とし、検査を実施した。

（A 下水処理施設の概要（2019 年度末））

平均処理流量：6,821m³/日

処理人口：20,794 人

水処理方式：標準活性汚泥法

2. 検査方法

2.1 薬剤耐性菌の分離及び同定

それぞれの検体 500mL を 0.45μm フィルター（millipore、以下「フィルター」という。）でろ過した。夾雑物が多く十分な量がろ過できなかった検体については、最低 50mL をろ過し、検査に供した。

*1 現健康福祉部健康危機管理課 *2 現食肉衛生検査所

CPE の検出は、Ambretti ら¹⁾ の CRE 分離方法を参考に実施した。すなわち、半分に切断したフィルターを、メロペネム 10 μg 含有ディスク (センシ・ディスク, 日本 BD) を 1 枚浸した mEC 培地 10mL に入れ、35°C, 18 時間増菌培養した。続いて、DHL 寒天培地 (栄研化学) に塗布し、1 晩培養後発育した赤色のコロニーについて、TSI 寒天培地 (Oxoid), LIM 培地 (日本製薬), CLIG 寒天培地 (極東製薬) 及びトリプチックソイ寒天培地 (Difco) 等 (一部は API20E (ピオメリー・ジャパン) を追加) に接種し、菌種を同定した。必要に応じ、分離した菌株の 16SrRNA 領域を増幅し、ダイレクトシーケンスにより塩基配列を決定後、BLAST database (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) により解析を行い、菌種の同定を行った。

また、ESBL 産生菌の検出は、上記で使用した残りのフィルター半分を mEC 培地 10mL で 35°C, 18 時間増菌培養し、セフォペラゾン (CPZ) 4 mg/L 及びアンホテリシン B 1.25mg/L を加えた DHL 寒天培地に塗抹し、1 晩培養することにより行った。発育したコロニーを、上記と同様に同定した。

2.2 マルチプレックス PCR 法による CPE, ESBL 遺伝子の検出

CPE 遺伝子の検出は、Watahiki ら²⁾ のマルチプレックス PCR 法 (KPC 型, IMP 型, NDM 型, VIM 型, OXA-48 型, GES 型を検出) を用いた。

ESBL 遺伝子の検出は、Le ら³⁾ のマルチプレックス PCR 法 (TEM 型, SHV 型, CTX-M-1 group, CTX-M-2 group, CTX-M-8/25 group, CTX-M-9 group を検出) を用いた。

その結果、CTX-M-1 group, CTX-M-9 group 遺伝子が陽性であった場合、一部の代表株について Saladin ら⁴⁾ のプライマーによる PCR 法で得られた増幅 DNA のダイレクトシーケンスにより遺伝子型を決定した。また、検出された ESBL の一部について、パンデミック・クロン群 O25b-O131 に該当するかどうか、Clermont ら⁵⁾ の大腸菌 O25b-ST131 クロンのスクリーニング用 *pabB* PCR 法を用い判定した。

2.3 O 血清型別

分離された大腸菌の血清型別は、病原大腸菌免疫血清 O 群血清セット (デンカ生研) を用いた。

結 果

CPE の検出方法により、9 月、1 月及び 2 月の流入水から *Enterobacter cloacae* complex (以下「*E. cloacae*」という。) を分離した。結果を表 1 に示す。

分離した *E. cloacae* は、PCR により *bla*_{GES-5} の保有が確認され、得られた増幅産物をダイレクトシーケンスにより遺伝子配列を決定したのち、NIH が提供するデータベース (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pathogens/isolates#/refgene/>) を使用して型別を実施した結果、そのアミノ酸配列から、*bla*_{GES-5} と型別された。また、腸内細菌目細菌ではないが、*bla*_{GES} を持つ菌として、*Aeromonas* 属菌が頻繁に分離されたが、その *bla*_{GES} の型別は不能 (*bla*_{GES-5} と比較して 1 塩基異なる) であった。結果を表 2 に示す。*bla*_{GES} 以外の carbapenemase 遺伝子を持つ菌は検出されなかった。検出された菌株を用いて、mCIM テストを実施した結果は、*E. cloacae* は陰性、*Aeromonas* 属菌は陽性であった。

ESBL 産生菌は、流入水、一次処理水のいずれかからほぼ毎月検出され、放流水からは、8 月及び 1 月の検体から検出された。結果を表 3 に示す。流入水、一次処理水から検出できなかった月についても、雑菌が多く発育し、分離不能であったための結果であり、ESBL 産生菌が存在していないことを示すものではないと考えられた。検出された菌種は、すべて *E. coli* であり、PCR により、CTX-M-1 group, CTX-M-9 group, TEM 遺伝子の保有が確認された。CTX-M-1 group, CTX-M-9 group 陽性の菌について、一部をダイレクトシーケンスした結果、*bla*_{CTX-M-14}, *bla*_{CTX-M-15}, *bla*_{CTX-M-27} 等に型別された。また、O25b-O131 に該当するかどうかのスクリーニング PCR では、*bla*_{CTX-M-15}, *bla*_{CTX-M-27} を保有する *E. coli* がスクリーニング陽性となり、陽性となった菌株の O 血清型を調べたところ、O25 または O 型別不能であった。

考 察

今回、9 月、1 月及び 2 月の流入水から、carbapenemase である *bla*_{GES-5} を保有する *E. cloacae* を検出した。*bla*_{GES-5} を保有する薬剤耐性菌については、国内の臨床検体から検出された報告は少ないが、大阪で *bla*_{GES-5} を保有する緑膿菌でアウトブレイクを起こす⁷⁾ など、注意を要する。今回検出された *bla*_{GES-5} が、プラスミド性であれば、他菌種へ伝達できる可能性も考えられ⁸⁾、より一層の注意が必要である。今後は、菌の詳細について検査していく予定である。

また、国内の臨床検体から頻繁に分離される IMP 型や、海外で問題となっている KPC 型, OXA-48 型, NDM 型の CPE は検出されなかった。このような CPE については、この下水道処理地域には定着していないと考えられた。

表 1 CPE の検出結果

種類/月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月
流入水	-	+	-	-	-	+	+
一次処理水	-	-	-	-	-	-	-
放流水	-	-	-	-	-	-	-

-: 不検出, +: 検出, 以下同じ

※検出された菌は, すべて *E. cloacae* (*bla_{GES-5}* 保有)

表 2 *bla_{GES}* 陽性の *Aeromonas* 属菌検出結果

種類/月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月
流入水	-	+	+	+	+	+	+
一次処理水	-	+	+	+	-	+	-
放流水	-	-	-	-	-	-	-

※*bla_{GES}* はすべて型別不能

表 3 ESBL 産生菌検出結果

種類/月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月
流入水	+	+*	-	+*	+	+*	-
一次処理水	+*	+*	-	+	+	-	+
放流水	+	-	-	-	-	+*	-

※検出された菌は, すべて CTX-M 型 ESBL 産生の *E. coli*

*O25:H4 ST131 PCR 陽性株が分離された検体

本県で医療機関から収集, 検査を実施している CRE の検査においても, carbapenemase 遺伝子を保有する菌は少なく, 多くは AmpC の過剰産生等による CRE と判定されることが多いことから, 県内には, carbapenemase を産生する菌が少ない状況にある可能性があるが, 今後も調査範囲を拡大し, 調査を実施する必要があると思われた。

また, 今回の調査では, *bla_{GES}* を持つ *Aeromonas* 属菌が多く分離され, その増殖が他の CPE の分離に影響を与える可能性があったことから, 途中から, 分離培地にクロモアガーECC (CHROMagar) を追加し, 調査を行った (データ未掲載)。DHL 培地では, *Aeromonas* 属菌と CPE の見分けが困難であったが, クロモアガーECC を使用することで, 分離が容易となった。クロモアガーECC のような酵素基質培地を使用した報告は多く, CPE のみの分離には, 酵素基質培地を使用するほうが, 調査が簡便になると考えられた。

ESBL 産生菌が多くの検体から分離された。当所での既報⁹⁾により, ESBL 産生菌は健常人等の便からも高頻度で分離されていたことから, 今回の結果は妥当な結果といえる。検出された ESBL 産生菌の一部は,

近年拡散され問題視されているパンデミック・クローン O25:H4 ST131¹⁰⁾ とみられる株であった。同様の報告は, 国内の都市圏での調査でも報告されていることから^{11), 12)}, パンデミック・クローンを含む ESBL 産生菌は, 環境中に広く存在している可能性が示唆された。

ま と め

今回の下水処理施設を定点とした調査では, CPE の検出は少なかったため, この下水処理施設区域内における CPE による汚染は拡大していないことが分かった。CPE については, 水処理施設の調査の報告が各国であり, 多くの CPE が分離される状況にある^{13), 14)}。今回は, 1 か所のみで調査を行ったため, 県内各地においても同様の調査を行う必要がある。

また, ESBL 産生菌は, ほとんどの月で分離された。このことから, 県内各地において, ESBL 産生菌が広く存在していることが予想された。

謝 辞

調査に御協力いただきました下水処理施設の関係者

の皆様へ深謝いたします。

文 献

- 1) Ambretti S, Bassetti M, Clerici P, Petrosillo N, Tumietto F, Viale P, Rossolini GM. : *Antimicrob Resist Infect Control*, 8, 136 (2019) .
- 2) Watahiki M, Kawahara R, Suzuki M, Aoki M, Uchida K, Matsumoto Y, Kumagai Y, Noda M, Masuda K, Fukuda C, Harada S, Senba K, Suzuki M, Matsui M, Suzuki S, Shibayama K, Shinomiya H. : *Jpn J Infect Dis.*, 73 (2) , 166-172 (2020) .
- 3) Le QP, Ueda S, Nguyen TN, Dao TV, Van Hoang TA, Tran TT, Hirai I, Nakayama T, Kawahara R, Do TH, Vien QM, Yamamoto Y. : *Foodborne Pathog*, 12 (8) , 719-725 (2015) .
- 4) Saladin M, Cao VT, Lambert T, Donay JL, Herrmann JL, Ould-Hocine Z, Verdet C, Delisle F, Philippon A, Arlet G. : *FEMS Microbiol Lett.*, 209, 161-168 (2002) .
- 5) Clermont O , Dhanji H, Upton M, Gibreel T, Fox A, Boyd D, Mulvey MR, Nordmann P, Ruppé E, Sarthou JL, Frank T, Vimont S, Arlet G, Branger C, Woodford N, Denamur E. : *J. Antimicrob. Chemother.*, 64, 274-277 (2009) .
- 6) 松井真理：国立感染症研究所薬剤耐性研究センター：2015 年度研修資料（薬剤耐性菌検査法_研修用マニュアル_Ver2.2_2016 年 1 月修正版） .
- 7) 金山敦宏, 田淵文子, 山岸拓也ほか：高槻市保健所管内 X 病院における多剤耐性緑膿菌分離症例の集積について *IASR*, 35 (9) ,227-228 (2014) .
- 8) Poirel L, Carrër A, Pitout JD, Nordmann P. : *Antimicrob. Agents Chemother.* 53,2492–2498 (2009)
- 9) 八尋俊輔, 小原敦美, 原田誠也：熊本県保健環境科学研究所報, 48, 25-32 (2018) .
- 10) Pitout JD, DeVinney R. *Escherichia coli ST131 : F1000Res.* 2017.
- 11) Urano N, Okai M, Tashiro Y, Takeuchi A, Endo R, Ishida M, Takashio M. : *Advances in Microbiology*, 10, 318-330 (2020) .
- 12) Saito, R, Takahashi, R, Sawabe, E, et al. :First Report of KPC-2 carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae* in Japan. *Antimicrob Agents Chemother*, 58, 2961–2963 (2014) .
- 13) J. Hoelle, J. R. Johnson, B. D. Johnston et al. : *Journal of Water and Health*, 17(2) , 219–226(2019) .
- 14) A.A. Adegoke, C.E. Madu, O.A. Aiyegoro, T.A. Stenström, A.I. Okoh : *Antimicrob Resist Infect Control*, 9,1-2 (2020) .

3) 液体クロマトグラフィータンデム質量分析計による高極性農薬の一斉分析法の開発

福島宏暢 澤田愛 富永純司*¹ 本田大輔*² 松本理世*³
山口奈穂*² 小林将英 中原優子*⁴ 西名武士*²

要 旨

逆相系カラムでは保持しにくく分析が困難であった高極性農薬 25 成分について、逆相とイオン交換性の双方の性質を有するマルチモードカラムを用いて、LC/MS/MS による一斉分析法を検討した。その結果、23 成分の農薬について分析可能な測定条件を設定することができた。また、5 農産物において分析法の妥当性評価試験を実施し、約 20 成分についてその妥当性が確認できたことから、本法は LC/MS/MS による高極性農薬の一斉分析において有効な手法であると考えられた。

キーワード：高極性農薬, LC/MS/MS, マルチモードカラム,
リン酸コーティング, 妥当性評価

はじめに

農産物を生産するにあたって、病虫害による被害の抑制は重要な課題であり、1つの農産物を生産する過程では、複数の農薬を組み合わせて使用されることが一般的である。そのため、短時間で多様な成分を一度に分析できる一斉分析法は、農産物に残留する農薬を網羅的に分析するにあたって有効な手法である。特に質量分析計 (MS) を用いた一斉分析法は、多くの分析機関で用いられており、厚生労働省の通知法としても LC/MS(/MS)および GC/MS(/MS)を用いた一斉分析法が示されている¹⁾。

LC/MS/MS による残留農薬の一斉分析では、分離カラムとして C18 カラム (ODS カラム) 等の逆相系カラムを用いた逆相クロマトグラフィーによる分析が良く行われており、この手法は対象物質とカラムの充填剤との間に生じる疎水結合の強さを利用して分離するため、成分が多様で、極性の幅も広い農薬の分離に有効である。一方で、疎水結合が起こりにくい高極性農薬は、カラムに保持されにくく、また保持されても性質が似ているため、クロマトグラフィーの目的である成分の分

離が難しく、逆相系カラムを用いた一斉分析法では分析が困難であった。そこで、これまで LC/MS/MS による高極性農薬の分析については、HILIC カラムやイオン交換性カラム等の高極性成分の分析に適したカラムを用いた一斉分析法が報告されてきた²⁻⁵⁾。

しかし、これらの手法により分析ができる成分数は一度に数種類であり、多成分の一斉分析法についてはこれまで報告がない。一方で、先述のとおり農産物の生産過程においては多様な農薬が使用されており、また高極性の除草剤に対して抵抗性を持つ農産物が作出・生産されることにより⁶⁾、今後、高極性農薬の使用頻度は増加する可能性があることから、高極性農薬を対象とした多成分一斉分析法の確立は重要な課題である。

そこで今回、農産物に残留する高極性農薬の一斉分析法の開発を目的として、殺虫剤、殺菌剤、除草剤及び植物成長調整剤 (以下「PGR」という。)のうち極性が高く分析が困難である 25 成分を対象とした LC/MS/MS による一斉分析法について検討を行った。また、「食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドライン」⁸⁾ (以下「ガイドライン」という。)に基づ

*1 現農林水産部生産経営局農業技術課 *2 現健康福祉部健康局薬務衛生課 *3 現県南広域本部保健福祉環境部

*4 現県北広域本部保健福祉環境部

く妥当性評価試験を実施したところ、良好な結果が得られたので報告する。

調査方法

1. 分析対象農薬

分析対象農薬は、当所での過去の試験検査等を参考に、表 1 で示した 25 成分とした。

2. 試薬等

2.1 標準品

標準品は、林純薬工業（株）製、関東化学（株）製、富士フィルム和光純薬（株）製、Dr. Ehrenstorfer GmbH 製及び sigma-aldrich 製を用いた。

2.2 混合標準液

混合標準液は、各標準品を秤量し、水、メタノールもしくはアセトンに溶解後混合して作製した。なお、質量分析計における感度等を考慮し、カルタップ、チオシクラム、ネライストキシン、グリホサート、グルホシネート、AMPA、MPPA 及びホセチルの 8 農薬については、他の農薬成分の 10 倍量を混合した。また、混合標準液の希釈にはメタノールを用いた。

2.3 その他の試薬等

メタノール：富士フィルム和光純薬（株）製（HPLC 用）

アセトニトリル (ACN)：富士フィルム和光純薬（株）製（HPLC 用）

ギ酸：富士フィルム和光純薬（株）製（LC/MS 用）

ギ酸アンモニウム：関東化学（株）製（鹿特級）

リン酸：関東化学（株）製（特級）

3. 試料

試料には、対象農薬が残留していないことを確認した農産物（玄米、キャベツ、ハウレンソウ、トマト及び温州ミカン）を用いた。玄米は、試料重量と等量の水を加え 30 分間放置後、ホモジナイザーで粉碎・均一化したものを用いた。その他の農産物に関しては、フードプロセッサーで細断後、ホモジナイザーで均一化したものを用いた。なお、キャベツ及びハウレンソウは試料重量の半量に相当する水を添加し細断した。試料は調整後全て -20℃ で保存し、分析開始時に解凍して用いた。

4. 実験器具

対象農薬のうち、ジクワット及びパラコートはガラスのシラノール基に吸着することが報告されている⁴⁾ことから、分析中に農薬に触れる可能性のある実験器具は全てポリプロピレン製を用いた。

5. 測定機器

LC：Nexera X2（（株）島津製作所製）

MS/MS：Triple Quad™ 5500（（株）エービー・サイエックス製）

6. LC 流路のリン酸コーティング

既報⁸⁾を参考に、LC 流路（移動相ポジションからエレクトロードまで）に 2%リン酸液を 0.2mL/min で通液し、コーティングを行った。コーティング時間はオーバーナイトとした。コーティング後は純水を 0.5mL/min で 1 時間通液し、余分なリン酸液を除去した後、測定を行った。

結果と考察

1. LC/MS/MS の測定条件の検討

まず、MS 部の測定条件を決定するため、各標準溶液をインフュージョンにより直接 MS 部に導入し、イオン化条件を検討した。なお、イオンの選定は 1 農薬成分当たり定量用と定性用を各 1 イオンとした。検討の結果、表 1 に示した条件が各成分のイオン化測定条件となった。

表 1 分析対象農薬の測定条件一覧

No.	化合物名	種類	極性 (+/-)	定量イオン(m/z)		
				Q1	Q3(1)	Q3(2)
1	アセフェート	殺虫剤	+	184.0	49.0	142.9
2	メタミドホス	殺虫剤	+	141.9	94.0	125.0
3	オキサミル	殺虫剤	+	237.1	72.0	90.0
4	カルタップ	殺虫剤	+	237.9	116.0	150.0
5	チオシクラム	殺虫剤	+	182.0	73.0	136.9
6	ネライストキシン	殺虫剤	+	149.9	71.1	61.2
7	ジノテフラン	殺虫剤	+	203.1	113.1	129.2
8	チアメトキサム	殺虫剤	+	292.0	211.0	181.0
9	ニテンピラム	殺虫剤	+	271.0	125.9	89.9
10	CPMA	殺虫剤	+	256.0	125.8	90.0
11	CPMF	殺虫剤	+	212.0	126.0	89.9
12	ピメトロジン	殺虫剤	+	218.1	105.0	78.0
13	MCCP	除草剤	-	213.0	140.9	35.0
14	カルベタミド	除草剤	+	237.0	117.9	120.0
15	グリホサート	除草剤	-	167.8	63.0	78.9
16	グルホシネート	除草剤	+	182.1	56.0	135.8
17	AMPA	除草剤	-	109.9	62.9	79.0
18	MPPA	除草剤	-	150.9	62.9	107.0
19	ジクワット	除草剤	+	183.0	157.0	130.0
20	パラコート	除草剤	+	93.0	170.9	50.9
21	プロバモカルブ	殺菌剤	+	189.1	102.0	73.9
22	ホセチル	殺菌剤	-	108.9	81.0	62.9
23	イナベンフィド	PGR	+	339.1	80.0	321.0
24	クロルメコート	PGR	+	123.1	58.9	57.9
25	メビコートクロリド	PGR	+	114.0	98.1	70.0

Q1：プリカーサーイオン

Q3(1)：プロダクトイオン(定量イオン)

Q3(2)：プロダクトイオン(定性イオン)

：農薬成分10倍量使用

続いて、高極性農薬は ODS カラムでは保持が弱く分析が困難であるため、分離カラムの検討を行った。各種カラムを検討した結果、逆相とイオン交換性の双方の性質を持つマルチモードカラムである Scherzo SS-C18 (インタクト (株) 製) を用いることで、全ての対象農薬の保持が確認できたことから、本研究では当カラムを用いて分析を行うこととした。その他、移動相、カラム温度、流速等を検討し、対象農薬の全てのピークが確認できる最適な測定条件を設定した。設定した測定条件を表 2 に、以上の条件で測定した際の各農薬成分のクロマトグラムを図 1 に示す。

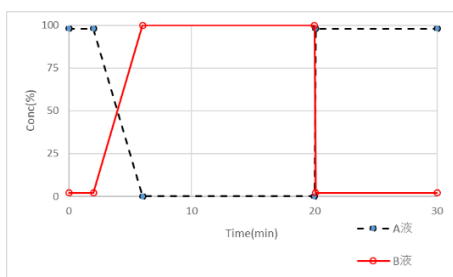
表 2 LC / MS / MS 測定条件

LC 条件	
機器	Nexera X2 (島津)
Mobile Phase	A 水 with 10mM ギ酸アンモニウム
	B 水/ACN(1:1) with 0.05% ギ酸
	80mM ギ酸アンモニウム
グラジエント条件	下表参照
流量	0.4mL/min
LC カラム	Scherzo SS-C18 (インタクト) (2.0x50mm, 3μm)
カラム温度	30°C
注入量	2μL

MS/MS 条件	
機器	TRIPLE QUAD5500 (AB Sciex)
イオン化モード	ESI
スキャンタイプ	sMRM (2 ions/pesticide)
GS1/2	70/50 psi
CUR	15 psi
CAD	10 psi
温度	600°C

線形グラジエント溶出

時間 (min)	0	2	6	20	20.1	30
濃度	A 98	98	0	0	98	98
	B 2	2	100	100	2	2



2. グリホサートのピーク形状の改善

1.の測定条件により、ほとんどの農薬成分については良好なピークが確認できたが、グリホサートのピークはブロードになったため、ピーク形状の改善を試みた(図 2)。グリホサートは金属に吸着しやすい性質があり、LC で測定する際は、流路をリン酸でコーティングする

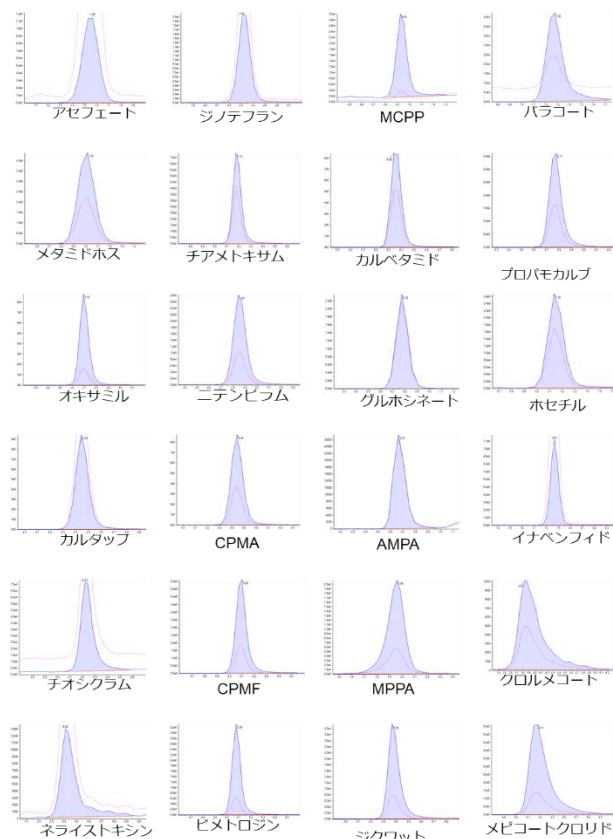


図 1 分析した各農薬成分のクロマトグラム

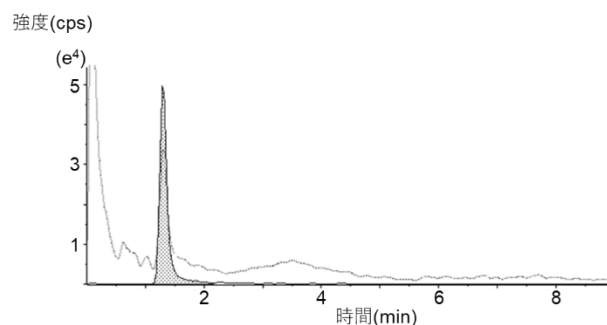
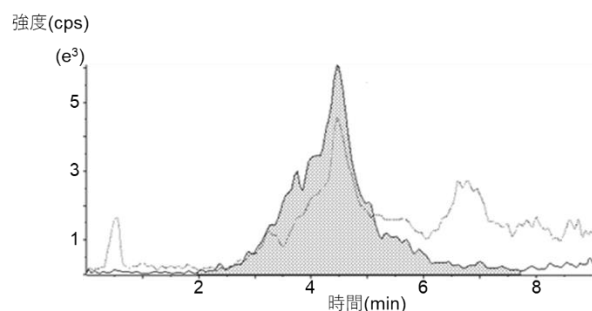


図 2 リン酸コーティングによるグリホサートのピーク形状 (上: コーティング前 下: コーティング後)

ことにより吸着を抑制できることが報告されている⁸⁾。

今回見られたブロードなピークも金属吸着によるものと考えられたため、同報を参考に、LC 流路をリン酸でコーティングし、グリホサートを測定した。その結果、良好なピークが得られ(図 2)、また、リン酸コーティングによる他の農薬のピーク形状を確認したところ、コーティングによる影響は見られなかったことから、全ての農薬について良好なピークが確認できる LC/MS/MS の測定条件が設定できた。

3. 定量範囲の確認

定量範囲を確認するために、混合標準液をアセフェートの濃度で 0.05, 0.25, 0.5, 2 及び 10ng/mL に調製し、本条件で測定した。各成分の保持時間 (RT)、S/N 比で 10 以上となる定量値のうち最も低い定量値 (定量下限値 (LOQ)) 及び得られた検量線の相関係数 (CC) を表 3 に示す。定量下限値は、チオシクラム及びネライストキシンでやや高くなったものの、良好な値が得られた。また相関についても、全ての成分で定量下限値から上限値までの相関係数が 0.993~0.999 と良好な結果となったことから、この範囲での定量が可能であると考えられた。

表 3 分析対象農薬の保持時間、定量下限界 (LOQ)、及び相関係数 (CC)

No.	化合物名	RT (min)	LOQ (ng/mL)	CC (r)
1	アセフェート	1.53	1	0.9995
2	メタミドホス	0.99	1	0.9996
3	オキサミル	4.68	1	0.9993
4	カルタップ	4.42	10	0.9974
5	チオシクラム	6.23	50	0.9980
6	ネライストキシン	5.43	50	0.9950
7	ジノテフラン	4.30	1	0.9970
8	チアメトキサム	5.17	1	0.9988
9	ニテンピラム	4.81	1	0.9987
10	CPMA	4.42	1	0.9990
11	CPMF	6.09	1	0.9992
12	ピメトロジン	5.09	1	0.9982
13	MCPP	6.90	5	0.9965
14	カルベタミド	6.34	1	0.9992
15	グリホサート	1.28	10	0.9980
16	グルホシネート	0.79	10	0.9964
17	AMPA	0.83	10	0.9994
18	MPPA	4.18	10	0.9977
19	ジクワット	5.39	1	0.9928
20	パラコート	7.23	1	0.9997
21	プロバモカルブ	5.77	1	0.9979
22	ホセチル	1.16	10	0.9984
23	イナベンフィド	7.82	1	0.9987
24	クロルメコート	3.84	1	0.9979
25	メピコートクロリド	4.78	1	0.9978

4. 抽出条件の検討

4.1 含水率の検討

高極性農薬の抽出には、その性質から水を用いた溶媒抽出法が適していると考えられる。実際に吉田ら²⁾は、ニテンピラム及びその代謝物である CPMA 及び CPMF の抽出に 35%含水アセトニトリルが適していることを報告しており、他にもグリホサート等の抽出に含水メタノールを用いた報告⁵⁾もある。当所においても、LC/MS/MS による残留農薬の一斉分析法に含水アセトニトリルを用いており、約 300 種類の多様な農薬成分が抽出できることから⁹⁾、本研究においても、含水アセトニトリルによる溶媒抽出を用いることとし、最適な含水率について検討した。

検討試料としてキャベツを用い、アセフェートの濃度で 0.1mg/kg となるように混合標準液を添加して、含水率 0, 20, 35, 50, 65, 80, 100%の含水アセトニトリルで抽出する添加回収試験を実施した。

試験の結果、殺虫剤、殺菌剤及び植物成長調整剤では含水率が減少するにつれて回収率が改善される傾向がみられた(図 3-1, 図 3-2 及び表 4)。また除草剤でも、

MCPP, カルベタミド及びジクワットでは同様の傾向がみられたが、グリホサート、グルホシネート及び AMPA では、含水率の減少に伴い回収率が低下した(図 3-3)。ガイドラインにおける回収率の目標値は 70~120%であり、今回試験した含水率では、35%が最も多く目標値を達成したため、本研究では溶媒抽出に 35%含水アセトニトリルを用いることとした。

4.2 抽出効率の改善

吉田ら²⁾は、ニテンピラム等の抽出に 35%含水アセトニトリルが適している理由として、水のみ(含水率 100%)より有機溶媒を用いることで農作物の細胞内への溶媒の浸透がよくなったのではないかと考察している。本研究においても含水率が低下することにより回収率が良くなる成分が多く、これは同様の理由によるものと考えられる。一方で、グリホサート等で回収率が低下した原因としては、有機溶媒の含有率が高い抽出溶媒に成分が溶出しにくかったことが考えられる。例えば、グリホサートは 4 段階で酸解離 (pKa₁: 0.8, pKa₂: 2.3, pKa₃: 5.6, pKa₄: 11.0)⁵⁾するが、pH>2.3 (2 段階目の酸解離後)ではマイナスイオンとして存在し、pH が高くなるに従い、より価数が増えるため、有機溶媒よりもより水に溶けやすく、含水率の減少に伴い回収率が低下したのと考えられる。そこで、抽出溶媒の pH を変更し、農薬成分をより分子形に近づけることで、抽出効率の改善が図れるか検討した。

今回、回収率が低下した農薬は全て分子内にリン酸

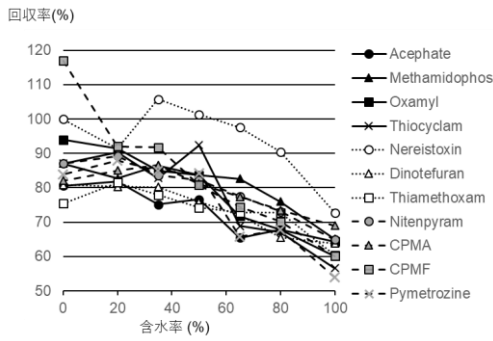


図 3-1 含水率による殺虫剤の回収率の変化

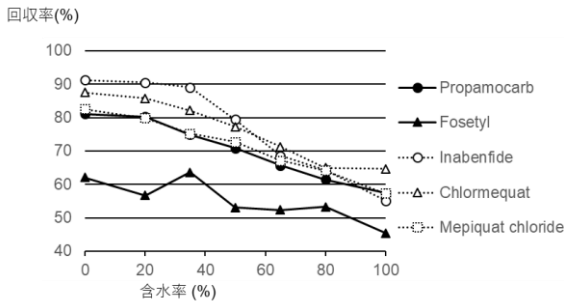


図 3-2 含水率による殺虫剤と PGRs の回収率の変化

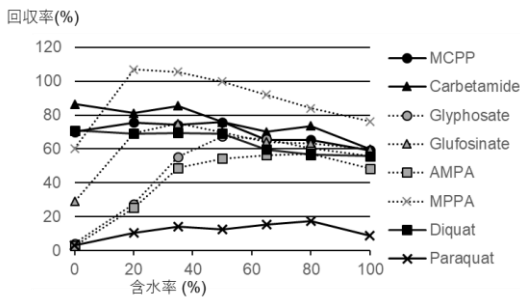


図 3-3 含水率による除草剤の回収率の変化

基を有していることから、抽出溶媒を酸性に傾けるためにギ酸を添加することとし、ギ酸の添加割合について検討した。35%含水アセトニトリルに、添加割合が0.5%もしくは1%となるようにギ酸を添加し、その溶媒を用いてキャベツでの添加回収試験を実施したところ、0.5%ギ酸添加により、ガイドラインの目標値である70~120%の回収率を達成する成分数が、19成分から23成分に増加した(図4)。その一方で、1%ギ酸添加では回収率が低下する農薬があったため、目標値を達成した成分数が最も多かったのは、含水率35%及び50%であり、それぞれ19であった。この19成分を2つの含水率間で比較すると、14成分で含水率35%の方がより回収率が高かったことから、本研究では、0.5%ギ酸含有35%含水アセトニトリル(以下「抽出液」という。)で抽出することとした。

表 4 含水率の違いによる農薬の回収率

No.	化合物名	含水率 (%)						
		0	20	35	50	65	80	100
1	アセフェート	81	82	75	77	65	68	60
2	メタミドホス	87	83	87	84	83	76	65
3	オキサミル	94	91	85	84	72	68	64
4	カルタップ	-	-	-	-	-	-	-
5	チオシクラム	87	90	83	92	69	67	57
6	ネライストキシシン	100	91	106	101	98	90	73
7	ジノテフラン	81	80	80	76	72	66	64
8	チアメトキサム	75	81	78	74	73	73	60
9	ニテンピラム	87	89	84	82	78	73	65
10	CPMA	82	85	87	81	77	74	69
11	CPMF	117	92	92	81	74	70	60
12	ピメロジン	84	88	85	84	66	68	54
13	MCPP	70	76	74	76	65	65	59
14	カルベタミド	86	81	85	76	70	74	60
15	グリホサート	4	28	55	67	66	61	56
16	グルホシネート	29	69	75	70	64	63	60
17	AMPA	3	25	49	54	56	57	48
18	MPPA	60	107	106	100	92	84	76
19	ジクワット	71	69	69	69	60	57	56
20	パラコート	3	11	14	13	16	18	9
21	プロパモカルブ	81	80	75	71	66	61	57
22	ホセチル	62	57	64	53	52	53	45
23	イナベンフィド	91	91	89	79	69	64	55
24	クロルメコート	87	86	82	77	71	65	65
25	メピコートクロリド	83	80	75	73	67	64	57
数*		18	18	19	19	11	8	2

※目標値を達成した農薬の数 - : 回収率が非常に悪いため

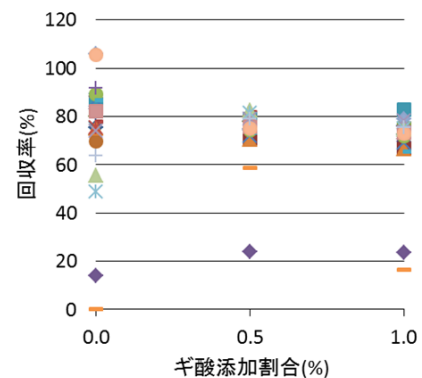


図 4 ギ酸添加割合による農薬の回収率

図5に本法の抽出フローを示す。抽出後の精製作業は、それを行うことによる農薬の消失が懸念されることから省略し、抽出した溶液を希釈してLC/MS/MSで分析する手法とした。そのため、分析に要する時間は2時間/4検体で、短時間で抽出できる手法となった。一方で、農作物由来の夾雑物によるクロマトグラムへの影響が懸念されることから、定量に用いる検量線はマトリックスマッチ検量線とした。

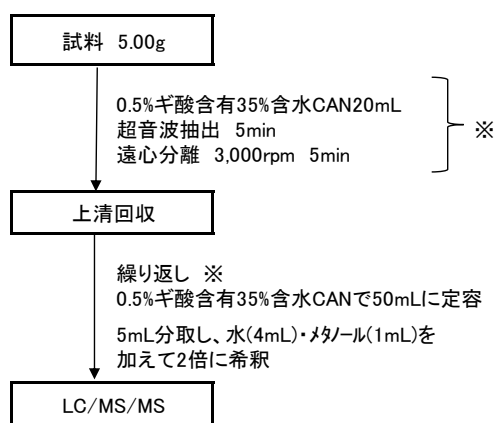


図 5 農薬分析の分析手順

ま と め

逆相系カラムでは保持しにくく分析が困難であった高極性農薬 25 成分について、逆相とイオン交換性の双方の性質を有するマルチモードカラムを用いて、LC/MS/MS による一斉分析法を検討した。その結果、23 成分の農薬について分析可能な測定条件を設定することができた。また、5 農産物において分析法の妥当性評価試験を実施し、20 以上の成分についてその妥当性が確認できたことから、本法は LC/MS/MS による高極性農薬の一斉分析において有効な手法であると考えられた。

文 献

5. 妥当性評価試験

本法の妥当性を評価するために、玄米、キャベツ、ホウレンソウ、トマト及び温州ミカンを用いて、ガイドラインに基づいた妥当性評価試験を実施した。分析者 5 名による 2 併行の添加回収試験を行い、真度、併行精度及び室内精度を算出した。添加量はアセフェートの濃度で、定められた残留農薬の一律基準値である 0.01mg/kg もしくはその 10 倍量に当たる 0.1mg/kg とした。なお、カルタップ等の 10 倍量を混合している農薬については、添加量が 0.1mg/kg もしくは 1mg/kg となる。

評価試験の結果、パラコートは全ての農産物で、真度不足によりガイドラインの目標値を達成できなかった(表 5)。また、ネライストキシン及びグリホサートも感度が悪く、良好なクロマトグラムが得られなかったことから、キャベツのグリホサートを除き、0.1mg/kg において真度もしくは精度不良により目標値を達成できなかった。

作物別では、玄米で達成数が少なく、カルタップ、グルホシネート及び MPPA については、0.1mg/kg 及び 1mg/kg で目標値を達成できなかった。一方で、その他の作物では概ね目標値を達成しており、添加した 2 水準の濃度とも目標値を達成した成分数は、キャベツ及びホウレンソウで 22 成分、トマトおよび温州ミカンで 21 成分であった。達成数が少なかった玄米であっても、17 成分が 2 水準での目標値を達成しており、21 成分が 0.1mg/kg もしくは 1mg/kg で目標値を達成したことから、本法が高極性農薬の多成分一斉分析法として有効な手法であることが示された。

- 1) 食品に残留する農薬、飼料添加物又は動物用医薬品の成分である物質の試験法 第 2 章 一斉試験法(平成 17 年 1 月 24 日付け食安発第 0124001 号厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知)。
- 2) 吉田達雄, 村川弘:熊本県保健環境科学研究所報, 41, 41-7(2011)。
- 3) 吉田達雄, 村川弘:熊本県保健環境科学研究所報, 42, 40-45(2012)。
- 4) 小林憲弘, 久保田領志, 佐々木俊哉, 五十嵐良明:環境科学会誌, 28(2), 117-125(2015)。
- 5) サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社アプリケーションノート No.661.
<https://www.thermofisher.com/content/dam/tfs/Country%20Specific%20Assets/ja-ja/CMD/IC/Application-Notes/IC661-JA.pdf>(2020 年 3 月閲覧)。
- 6) INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE.
<http://www.weedscience.org/Home.aspx>(2020 年 3 月閲覧)。
- 7) 「食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドラインについて」(平成 19 年 11 月 15 日付け食安発第 1115001 号厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知)。
- 8) 小西賢治, 栢木春奈, 佐々野僚一:第 36 回農薬残留分析研究会講演要旨集, 119-124。
- 9) 西名武士, 村川弘, 福島孝兵, 飛野敏明:熊本県保健環境科学研究所報, 35 51-56(2005)。

表5 妥当性評価試験

化合物名	濃度 (ppm)	玄米				キャベツ			
		真度 (%)	精度(RSD%)		判定	真度 (%)	精度(RSD%)		判定
			併行	室内			併行	室内	
アセフェート	0.01	84.7	5.8	5.8	○	82.9	3.4	5.8	○
	0.1	89.0	1.7	3.1	○	85.7	2.3	3.5	○
メタミドホス	0.01	89.0	2.0	3.6	○	85.0	2.5	5.1	○
	0.1	92.3	1.6	1.9	○	91.1	2.6	4.2	○
オキサミル	0.01	81.7	8.0	6.9	○	84.9	2.0	4.9	○
	0.1	105.9	6.1	7.3	○	89.3	1.3	3.7	○
カルタップ	0.1	36.6	5.2	5.0	×	85.2	4.0	6.1	○
	1	51.5	3.5	5.2	×	116.0	2.7	2.7	○
チオシクラム	0.1	78.2	6.2	6.1	○	88.5	3.2	3.2	○
	1	73.1	4.1	3.9	○	84.6	3.4	4.5	○
ネライストキシシン	0.1	189.0	65.5	53.9	×	-	-	-	×
	1	110.4	6.0	4.8	○	82.8	5.0	5.6	○
ジノテフラン	0.01	85.0	8.8	6.5	○	83.8	6.6	7.9	○
	0.1	95.2	5.2	4.9	○	85.6	3.8	4.0	○
チアメトキサム	0.01	92.0	10.9	8.6	○	79.4	5.2	5.1	○
	0.1	101.2	2.0	3.0	○	82.3	2.8	4.1	○
ニテンピラム	0.01	80.4	9.7	8.4	○	88.3	4.7	5.7	○
	0.1	101.9	3.9	4.0	○	80.9	4.5	6.0	○
CPMA	0.01	82.7	4.3	4.5	○	86.4	5.1	6.7	○
	0.1	94.4	4.8	5.7	○	111.3	1.6	2.5	○
CPMF	0.01	91.7	1.9	1.9	○	88.9	1.5	4.2	○
	0.1	94.3	1.5	2.2	○	73.5	2.3	4.1	○
ピメトロジン	0.01	88.9	10.0	10.4	○	82.6	4.5	4.5	○
	0.1	97.7	10.9	8.6	○	74.1	3.3	4.0	○
MCPP	0.01	86.5	9.5	7.6	○	78.8	2.7	4.1	○
	0.1	92.6	2.8	3.6	○	97.5	3.3	3.3	○
カルベタミド	0.01	98.9	2.2	2.4	○	81.7	4.9	5.4	○
	0.1	99.2	1.8	2.9	○	84.8	2.7	3.6	○
グリホサート	0.1	-	-	-	×	72.9	2.3	2.8	○
	1	80.4	5.8	4.7	○	82.0	9.5	10.8	○
グルホシネート	0.1	-	-	-	×	83.1	6.7	5.3	○
	1	28.3	14.1	12.2	×	78.7	6.6	5.4	○
AMPA	0.1	73.4	5.8	8.4	○	76.5	7.3	7.6	○
	1	74.4	2.5	3.8	○	86.6	3.5	3.4	○
MPPA	0.1	38.5	20.3	15.4	×	83.1	3.4	5.8	○
	1	40.6	2.8	2.6	×	83.2	4.0	4.1	○
ジクワット	0.01	0.0	14.7	13.3	×	-	-	-	×
	0.1	115.1	4.7	4.4	○	-	-	-	×
パラコート	0.01	12.9	6.5	70.8	×	-	-	-	×
	0.1	12.8	4.0	44.9	×	34.2	4.3	21.6	×
プロパモカルブ	0.01	94.5	2.1	1.8	○	76.4	3.5	6.3	○
	0.1	98.1	1.3	1.2	○	83.1	1.1	2.2	○
ホセチル	0.1	88.8	1.2	5.5	○	80.2	4.9	4.2	○
	1	86.0	4.1	4.4	○	88.3	2.7	3.3	○
イナベンフィド	0.01	99.3	6.2	6.4	○	75.7	4.6	3.7	○
	0.1	100.5	3.2	2.6	○	81.6	2.9	4.0	○
クロルメコート	0.01	45.4	27.6	20.6	×	74.9	2.8	5.3	○
	0.1	90.4	3.8	7.4	○	85.8	5.3	4.6	○
メピコートクロリド	0.01	93.6	3.2	4.9	○	86.5	5.0	6.0	○
	0.1	101.6	1.7	3.0	○	91.1	1.1	2.1	○

※判定は、ガイドラインの目標値を達成した場合、○と標記した。

表5 妥当性評価試験(続き)

化合物名	濃度 (ppm)	ほうれん草				判定	トマト			
		真度 (%)	精度(RSD%)		判定		真度 (%)	精度(RSD%)		判定
			併行	室内				併行	室内	
アセフェート	0.01	92.3	3.4	6.2	○	79.2	9.8	8.6	○	
	0.1	95.4	2.7	3.4	○	87.6	4.5	4.6	○	
メタミドホス	0.01	91.2	4.9	7.5	○	78.2	6.7	4.8	○	
	0.1	96.4	2.0	2.8	○	85.5	2.8	3.4	○	
オキサミル	0.01	84.1	2.5	5.2	○	80.5	2.5	3.6	○	
	0.1	91.2	2.6	3.4	○	88.0	2.9	2.6	○	
カルタップ	0.1	90.3	2.8	6.5	○	106.7	7.2	6.0	○	
	1	116.5	1.9	1.9	○	116.6	2.0	1.8	○	
チオシクラム	0.1	85.1	10.3	10.5	○	93.1	4.2	5.0	○	
	1	95.1	2.5	4.3	○	85.4	3.4	3.8	○	
ネライストキシシン	0.1	92.6	43.7	43.6	×	-	-	-	×	
	1	91.9	5.9	6.0	○	85.9	6.0	7.2	○	
ジノテフラン	0.01	94.0	4.6	6.0	○	85.3	5.4	5.4	○	
	0.1	91.1	1.7	2.6	○	84.7	6.3	5.1	○	
チアメトキサム	0.01	92.7	4.1	8.0	○	85.6	4.7	4.0	○	
	0.1	92.1	4.0	4.3	○	86.4	1.7	2.4	○	
ニテンピラム	0.01	84.3	6.8	8.2	○	82.3	4.2	4.1	○	
	0.1	88.0	2.5	3.9	○	90.8	2.1	2.2	○	
CPMA	0.01	89.7	7.8	7.2	○	83.8	11.0	10.0	○	
	0.1	106.2	1.8	3.7	○	97.6	3.9	4.6	○	
CPMF	0.01	83.1	4.9	5.5	○	75.6	2.7	2.5	○	
	0.1	71.7	2.3	1.8	○	73.4	2.2	2.3	○	
ピメトロジン	0.01	90.8	6.3	5.3	○	85.3	3.6	4.9	○	
	0.1	89.0	3.4	4.9	○	76.7	6.6	5.6	○	
MCPP	0.01	83.7	8.3	8.0	○	86.9	8.7	7.1	○	
	0.1	91.0	7.1	7.0	○	87.5	3.4	3.4	○	
カルベタミド	0.01	86.9	5.2	6.3	○	83.5	4.5	4.0	○	
	0.1	92.9	2.3	2.5	○	88.5	2.4	3.0	○	
グリホサート	0.1	66.1	29.6	22.6	×	67.2	26.7	22.9	×	
	1	76.7	4.9	6.3	○	112.5	5.0	4.6	○	
グルホシネート	0.1	91.6	8.7	7.6	○	82.0	11.0	9.8	○	
	1	82.5	6.6	6.0	○	89.6	6.1	7.0	○	
AMPA	0.1	77.4	7.2	7.1	○	85.7	8.1	7.1	○	
	1	78.3	4.1	4.9	○	100.3	3.4	3.8	○	
MPPA	0.1	88.5	6.9	8.2	○	76.4	5.2	5.8	○	
	1	80.6	8.9	9.5	○	92.8	9.6	9.1	○	
ジクワット	0.01	81.3	9.9	11.1	○	67.0	7.7	9.9	×	
	0.1	116.9	2.1	2.1	○	114.0	3.6	3.1	○	
パラコート	0.01	-	-	-	×	-	-	-	×	
	0.1	39.1	2.7	24.2	×	26.1	3.9	23.7	×	
プロパモカルブ	0.01	92.2	2.3	7.1	○	74.6	1.5	3.0	○	
	0.1	98.5	3.1	3.4	○	81.2	2.8	3.0	○	
ホセチル	0.1	78.7	6.6	6.4	○	87.7	6.9	7.0	○	
	1	89.7	2.3	4.1	○	84.1	4.7	4.3	○	
イナベンフィド	0.01	87.3	5.9	7.9	○	77.6	3.6	6.3	○	
	0.1	93.6	4.5	4.3	○	79.4	3.2	2.3	○	
クロルメコート	0.01	79.7	6.2	4.8	○	82.5	8.5	7.9	○	
	0.1	91.7	2.9	4.0	○	93.0	6.7	5.6	○	
メピコートクロリド	0.01	91.2	5.0	5.2	○	85.0	4.3	3.4	○	
	0.1	98.3	1.4	3.2	○	90.2	3.9	3.0	○	

※判定は、ガイドラインの目標値を達成した場合、○と標記した。

表 5 妥当性評価試験 (続き)

化合物名	濃度 (ppm)	温州みかん			判定
		真度 (%)	精度 (RSD%)		
			併行	室内	
アセフェート	0.01	80.7	4.6	5.0	○
	0.1	87.8	3.2	3.4	○
メタミドホス	0.01	79.7	6.5	5.5	○
	0.1	87.5	2.6	3.7	○
オキサミル	0.01	82.6	2.7	6.3	○
	0.1	92.1	2.8	3.2	○
カルタップ	0.1	96.8	1.4	3.2	○
	1	107.2	1.7	1.9	○
チオシクラム	0.1	-	-	-	×
	1	88.3	4.7	4.4	○
ネライストキシシ	0.1	-	-	-	×
	1	94.0	7.5	7.6	○
ジノテフラン	0.01	86.1	6.8	7.7	○
	0.1	90.2	3.2	3.7	○
チアメトキサム	0.01	77.3	7.0	6.3	○
	0.1	83.1	2.9	4.9	○
ニテンピラム	0.01	81.2	7.2	8.9	○
	0.1	92.6	2.7	3.9	○
CPMA	0.01	82.2	5.8	8.5	○
	0.1	87.0	1.7	2.8	○
CPMF	0.01	80.6	7.0	8.1	○
	0.1	84.5	2.9	3.5	○
ピメトロジン	0.01	73.9	3.6	3.7	○
	0.1	70.7	0.8	0.9	○
MCPP	0.01	85.6	6.3	5.9	○
	0.1	85.0	6.0	5.5	○
カルベタミド	0.01	82.9	3.7	3.6	○
	0.1	88.3	2.7	2.6	○
グリホサート	0.1	44.6	33.2	29.7	×
	1	94.0	4.0	4.8	○
グルホシネート	0.1	85.1	4.0	8.5	○
	1	86.6	6.5	8.0	○
AMPA	0.1	78.6	8.3	7.2	○
	1	85.3	1.7	5.2	○
MPPA	0.1	96.0	7.4	6.9	○
	1	112.4	6.4	4.9	○
ジクワット	0.01	83.6	5.9	6.9	○
	0.1	102.1	3.1	3.6	○
パラコート	0.01	-	-	-	×
	0.1	15.4	2.2	32.0	×
プロパモカルブ	0.01	87.7	2.5	5.0	○
	0.1	95.2	1.0	1.9	○
ホセチル	0.1	80.2	3.5	4.5	○
	1	95.3	4.2	7.7	○
イナベンフィド	0.01	79.1	6.8	7.9	○
	0.1	87.0	4.0	3.3	○
クロルメコート	0.01	82.4	5.0	4.9	○
	0.1	86.2	1.7	3.9	○
メピコートクロリド	0.01	84.8	2.8	4.2	○
	0.1	91.8	2.6	3.0	○

※判定は、ガイドラインの目標値を達成した場合、○と標記した。

4) 魚体エラ中の農薬蓄積性について

石原宏明*1 宮崎康平*2 齊藤弘毅*3 木野世紀

要 旨

へい死魚のエラに残存する農薬類の濃度を評価するため、水質汚濁防止法に係る環境基準項目及び要監視項目を含む 146 農薬を対象とした簡易曝露試験を行った。

その結果、大部分の農薬についてエラから検出や定量が可能であること、農薬類のエラ含有濃度／曝露水中濃度比とオクタノール／水分配係数の対数値 (Log Pow) の間に強い正の相関があることを確認した。

キーワード：GC/MS, 魚へい死, エラ, 簡易曝露試験

はじめに

河川で大量に魚がへい死するような水質事故は毎年全国各地で発生しており、本県でも例年15件程度発生している。

魚のへい死原因の一つとして農薬類の河川等への流入がある。農薬は水中の生物だけでなく、人にも影響を与えるため、環境基本法で人の健康の保護に関する環境基準（以下「環境基準」という。）が定められている。また、要監視項目として位置づけられている農薬類もあり、被害拡大防止の観点から魚へい死の原因究明は重要である。

本県では、河川において魚のへい死が発生した際、河川水の農薬分析を実施しているが、実際は魚へい死の通報を受けて保健所等の担当者が現地に向かい採水することから、採水時点では現場の河川水が魚へい死した際の水とは異なる。そのため、分析を行っても原因物質が検出されない可能性がある。

しかし、時間が経過した後もその場に留まるへい死魚から農薬類を検出できれば、魚へい死の原因推定及び改善指導等に繋がる可能性がある。そこで、魚の呼吸のため常に水の出し入れのあるエラに注目し、へい死魚のエラに残存する農薬類の一斉分析法が検討されている¹⁾。但し、農薬類が検出された際の評価の基準はなく、測定結果の取り扱いが課題である。

今回、真鯉を対象とした農薬類の簡易曝露試験を行

い、エラ含有濃度と曝露水中濃度の関係や曝露後に農薬類を含まない水に晒された場合のエラ含有濃度の変化について検討したので報告する。さらに、農薬の種類によるエラへの濃縮性の違いについても検討したので併せて報告する。

実験方法

1. 試薬材料等

1.1 試料

魚体試料は、体長 10 cm 程度の試験検査用の真鯉 (*Cyprinus carpio* Linnaeus) を購入し、約 10 日間実験室内で順化したものを使用した。エラの部分を切り取り、3 個体分を合わせて 1 検体 (約 1g) とした。

1.2 標準品等

・農薬混合標準

農薬混合標準液 66, 農薬混合標準液 70, 農薬混合標準液 72

残留農薬試験用 (関東化学 (株) 製)

・テブコナゾール標準品, チフルザミド標準品, ヘキサコナゾール標準物質

残留農薬試験用 (富士フィルム和光純薬工業 (株) 製)

・プロジアミン標準品

残留農薬試験用 (Dr. Ehrenstorfer 製)

・トリフロキシストロビン

*1 現環境生活部環境局環境保全課 *2 現福岡県保健環境研究所 *3 現環境生活部環境局循環社会推進課

試験研究用 (AccuStandard inc 製)

- ・農薬中間混合溶液
テブコナゾール標準品, チフルザミド標準品, ヘキサコナゾール標準物質, プロジアミン標準品及びトリフロキシストロビンをアセトンに溶解し, それぞれの農薬濃度が 200 mg/L となるように調製した。
- ・内部標準混合標準原液3
水質試験用 (農薬分析用: 関東化学 (株) 製)
- ・内部中間標準液
内部標準混合原液 3 をアセトンで 10 µg/mL に調整して用いた。

1.3 その他の試薬等

- ・n-ヘキサン, アセトン, 無水硫酸ナトリウム
残留農薬試験・PCB試験用 (5000倍濃縮: 関東化学 (株) 製)
- ・アセトニトリル, ジクロロメタン
残留農薬・PCB試験用 (濃縮5000: 富士フィルム和光純薬工業 (株) 製)
- ・簡易曝露試験等に使用する水 (以下「水」という。)
水道水を1日汲み置きしたもの
- ・トリメチルアミノプロピルシリル化シリカゲル/エチレンジアミン-N-プロピルシリル化シリカゲル積層ミニカラム (SAX/PSA)
InertSep SAX/PSA・500 mg/500 mg/6 mL (ジーエルサイエンス (株) 製)

2. 対象農薬, 装置及び測定条件

- ・対象農薬
水質汚濁に係る環境基準項目及び要監視項目に含まれる農薬類のほか, ゴルフ場農薬として指針値が定められているものを含む146農薬を対象とした。
表1に対象とした農薬及びそれらの保持時間, 定量・定性イオンのm/z値及び暴露水 (高濃度, 低濃度) の濃度を示す。
- ・GC/MS
島津製作所製 GCMS-TQ8040
- ・キャピラリカラム
RESTEK 製 Rtx-5MS
内径 0.25 mm 長さ 30 m 膜厚 0.25 µm
- ・注入方式
スプリットレス
- ・試料注入量
2 µL
- ・注入口温度
250°C
- ・インターフェース温度
250°C
- ・イオン源温度
230°C
- ・GC 昇温条件

50°C (2分) -7°C/分-180°C-12°C/分- 300°C (3分)

- ・キャリアーガス
ヘリウム
- ・イオン化電圧
70 eV
- ・イオン化法
EI
- ・分析モード
SIM

3. 魚体試料の前処理方法

図1に魚体試料の分析フローを示す。

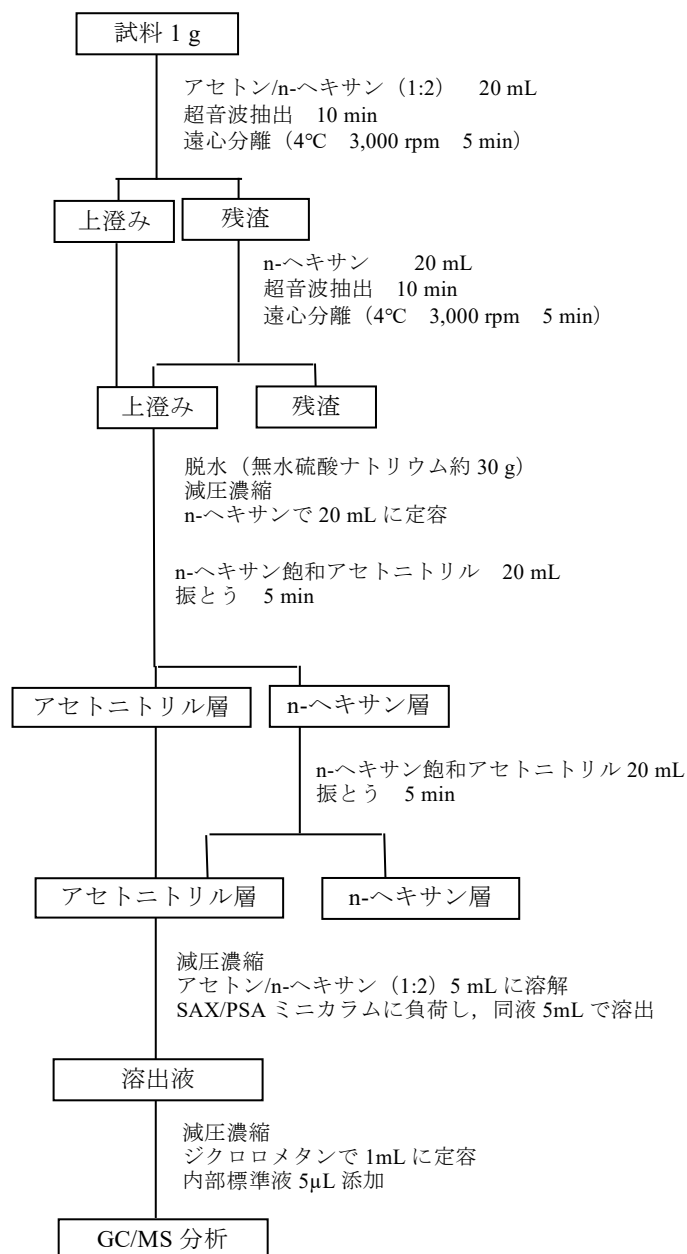


図1 魚体試料の前処理フロー

既報¹⁾の前処理方法を参考に, ポリプロピレン製の

チューブに試料1 g及びアセトン/n-ヘキサン (1:2) 20 mLを加え、超音波抽出を10分間行った。その後、遠心分離 (4°C, 3,000 rpm, 5 min) により上澄みを採取した。残渣にn-ヘキサンを20 mL加え、再度超音波抽出と遠心分離を繰り返し、得られた上澄み液と合わせ抽出液とした。得られた抽出液を無水硫酸ナトリウム約30 gに通水することにより脱水した後、ロータリーエバポレーターで5 mL程度に減圧濃縮した。

これをn-ヘキサンで20 mLに定容し、n-ヘキサン飽和アセトニトリル20 mLを加え、5分間振とう後静置した。アセトニトリル層を分取後、残ったn-ヘキサン層に再度n-ヘキサン飽和アセトニトリル20 mLを加え再度操作し、先のアセトニトリル層を合わせた。

このアセトニトリル層の溶液を減圧濃縮した後、アセトン/n-ヘキサン (1:2) 5 mLに溶解した。この溶液をあらかじめ同液5 mLでコンディショニングしたSAX/PSAミニカラムに負荷し、同液5 mLで溶出した。溶出液を減圧濃縮後、ジクロロメタンで1 mLに定容した。これを試験溶液として、内部中間標準液5 µLを加え、GC/MS測定に供した。

4. 魚への簡易曝露試験

4.1 曝露水

300 mLの水に農薬混合標準液66, 農薬混合標準液70及び農薬混合標準液72を各1.5 mL, 農薬中間混合溶液を75 µL添加し高濃度曝露水とした。農薬の濃度は表1のとおり (146農薬中50 ppb 114農薬, 100 ppb 25農薬, 150ppb 7農薬)。

また、前述濃度の20%のものを調製し、低濃度曝露水とした。

4.2 簡易曝露試験

高濃度曝露試験として、300 mLの高濃度曝露水で真鯉3匹を1時間曝露させた。その後、曝露水から静かに引き揚げ、水分を軽く拭き取ったうえでエラ部分を切り取り、エラ含有農薬の濃度を測定した。また低濃度曝露試験として、別の真鯉3匹を低濃度曝露水300 mLに1時間曝露し、同様に濃度測定を行った。

高濃度曝露水では、真鯉の動きが徐々に鈍くなり、試験開始後40分程度で全て死亡した。

一方、低濃度曝露水の場合は、試験開始から1時間経過した後も全て生存していた。

4.3 エラ含有濃度の減少量確認試験

4.2とは別に、真鯉3匹を300 mLの高濃度曝露水中に1時間曝露した。その後、曝露水から静かに引き揚げ、

水分を軽く拭き取った後、水中に晒した。1時間経過後、水から引き揚げ、水分を軽く拭き取ったうえでエラ部分を切り取り、エラ含有農薬の濃度を測定した。

結果及び考察

1. 魚への簡易曝露試験

高濃度曝露水の場合は146農薬中135農薬 (92%)、低濃度曝露水の場合は121農薬 (83%) が、エラ中に0.01 µg/g以上で残存していることが確認された (表2)。

この結果から、対象農薬の水質濃度10~30 µg/L及び50~150 µg/Lの水に曝露された場合、エラに残存する農薬濃度の目安となることが示唆された。

2. エラ含有濃度の減少量確認試験

146農薬中129農薬 (88%) が、エラ中に0.01 µg/g以上で残存していることが確認された (表3)。

このことから、曝露後に農薬を含まない水で1時間経過した後も大部分の農薬がエラに残存していることが確認された。

なお、農薬濃度が曝露直後と比べて減少した比率 (以下「減少率」という。) が30%未満の農薬は135農薬 (高濃度曝露試験において0.01µg/L以上検出された農薬) 中54農薬, また、減少率が50%未満の農薬は126農薬で、全体の93%を占めた (図2)。

このことから、実際に魚へい死発生後時間が経過して河川水から農薬が検出されなくなった場合でも、へい死魚のエラ中含有濃度を測定することで原因農薬が特定できる可能性が示唆された。

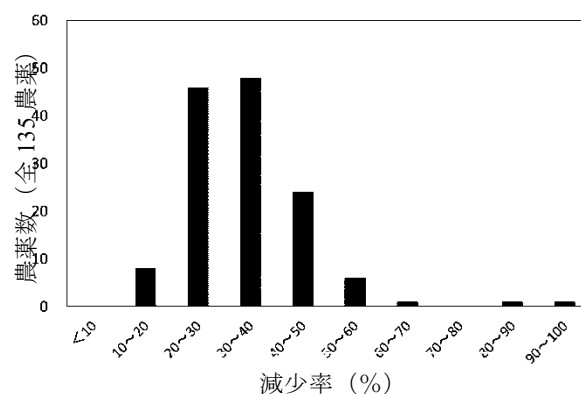


図2 エラ含有濃度の減少量確認試験における農薬濃度の減少率 (全135農薬)

3. 農薬の種類によるエラへの蓄積傾向の検討

一般に有機化合物の生物濃縮性を推定する尺度として、オクタノール/水分配係数 (Pow) が用いられる。

そこで曝露水からエラへの農薬の蓄積傾向について、Powの対数値 (Log Pow) との関連を調べた。なお、各農薬の Log Pow の値は、環境省(「水質汚濁に係る登録基準の設定に関する資料」, 「水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準の設定に関する資料」, 「水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準として環境大臣が定める基準の設定に関する資料」)²⁾及び国際化学物質安全性カード (ICSCs)³⁾のデータを参照した。

今回対象とした農薬のうち75種類について、農薬のエラ含有濃度(μg/g)及び高濃度曝露水濃度(mg/L)の比(以下「濃度比」という。)とLog Pow値との関係を表4及び図3に示す。相関係数はR=0.810であり、強い正の相関があった。

また、エラ含有濃度の減少量確認試験の結果とLog Pow (73農薬)との間にもR=0.765と正の相関が確認された。

以上のことから、Log Pow が大きい農薬ほどエラに蓄積されやすい傾向にあることが示唆された。

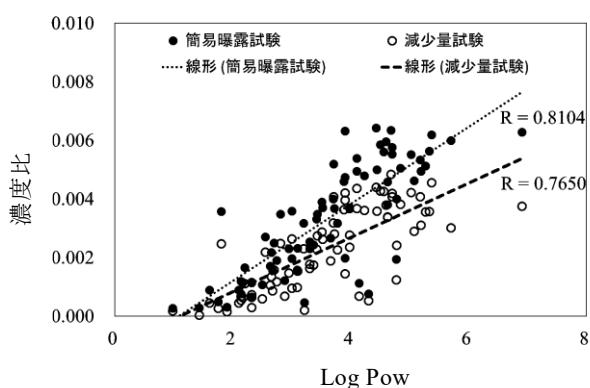


図3 濃度比と Log Pow の関係

ま と め

へい死魚のエラに含まれる農薬類を分析した場合に、その結果を評価するための知見を得ることを目的として、簡易曝露試験等を行った。

簡易曝露試験及びエラ含有濃度の減少量確認試験の結果、対象とした146種の農薬類のうち129種が今回の手法で検出可能であった。

また、エラ含有濃度の減少量確認試験の結果から、曝露後1時間農薬類を含まない水に移した場合も、ほとんどの農薬類が半分以上エラに残存していた。つまり、へい死後に時間が経過し、水中の農薬が流れ去り検出されなくなった後も、エラから原因農薬が検出できる可能性が示唆された。

さらに、濃度比とLog Powの間に強い正の相関が確認されたことから、Log Pow値が高い農薬類ほどエラにより蓄積しやすいことが窺えた。

今回の結果は、へい死魚のエラから農薬類が検出された場合、その農薬がへい死の原因であるか推定する一助となると考えられる。

文 献

- 1) 石原宏明, 齊藤弘毅, 宮崎康平, 内田大智, 西島遥, 武千尋, 木野世紀: 熊本県保健環境科学研究所報, 49, 55-63 (2020) .
- 2) 環境省ホームページ:
<https://www.env.go.jp/water/sui-kaitei/kijun.html> (2020年9月閲覧).
- 3) 国際化学物質安全性カード (ICSCs) :
https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listCards3?p_lang=ja (2020年9月閲覧).

表 1 GC/MS による農薬の保持時間, モニターイオン及び曝露水濃度

No	農薬名	保持時間 (min)	定量イオン	定性イオン	曝露水濃度 (μg/L)	
					高濃度	低濃度
1	ジクロルホス	5.350	109	185	50	10
2	フェノカルブ	8.299	121	150	50	10
3	ベンシクロン	9.372	125	180	100	20
4	シマジン	10.346	201	186	150	30
5	プロピザミト	11.251	173	175 254	150	30
6	ダイアジノン	11.589	179	304 152	100	20
7	クロタロニル	12.322	266	264	100	20
8	イプロヘンホス	12.676	204	91	100	20
9	メタキシル	15.198	206	249	150	30
10	シチオヒル	16.055	354	306	100	20
11	フェニトロチオン	16.296	277	260	100	20
12	プロジアミン	16.580	321	333	50	10
13	チオベンカルブ	17.026	100	72	50	10
14	ベンディメタリン	20.533	252	281	100	20
15	フルトラニル	25.117	173	281	100	20
16	イソプロチオラン	25.295	189	118 162	150	30
17	チフルサミト	27.182	194	166	50	10
18	イソキサチオン	27.407	177	105	150	30
19	メフロニル	30.218	269	119	100	20
20	クロルニトロフェン	30.677	317	319	50	10
21	プロピコナゾール	32.012	259	173	50	10
22	トリフロキシストロビン	32.534	116	131	100	20
23	テブコナゾール	32.654	250	125	50	10
24	EPN	35.419	157	169	50	10
25	ナプロバミト	24.452	72	128	150	30
26	ヘキサコナゾール	24.571	214	286	50	10
27	XMC	7.740	122	107	50	10
28	アサコナゾール	26.642	217	173	50	10
29	アセトクロール	14.144	223	146	50	10
30	アトラジン	10.523	215	200	100	20
31	アニロホス	36.778	226	125 228	50	10
32	アマトリン	14.864	227	212	50	10
33	アラクロール	14.798	188	160 146	50	10
34	アレスリン	21.565	123	136	50	10
35	イサゾホス	12.265	161	285 257	50	10
36	イソキサチオンオキシソ	25.253	105	161 77 297	50	10
37	イソフェンホス	21.307	213	121 185	50	10
38	イソフェンホスオキシソ	16.080	229	201 314	50	10
39	イソプロカルブ(MIPC)	7.517	121	136 122	50	10
40	イプロジオン	35.021	314	316 187	100	20
41	イマザメタヘンソメチルエステル	23.980	256	187 214	50	10
42	エスプロカルブ	16.491	91	222 162	50	10
43	エチフェンホス	31.136	109	173 310	50	10
44	エチオン	29.519	231	153	50	10
45	エトフェンプロックス	45.919	163	135 183	50	10
46	エトフメセート	16.528	286	161 207	50	10
47	エトリシアゾール	6.817	211	183 213	50	10
48	硫酸エンドスルファン	31.130	229	274	50	10
49	オキサジアゾン	26.298	175	258 302	50	10
50	オキサシキシル	29.372	163	132	50	10
51	オキシフルオルフェン	26.927	300	302 331	50	10
52	カルフェントラゾンエチル	31.605	340	312 330	50	10
53	カフェンストロール	43.723	100	167 188	50	10
54	カルボフラン	10.393	164	149	50	10
55	キノキシフェン	31.209	237	307	50	10
56	キノクラミン	16.654	172	TIC	50	10
57	キャプタン	21.040	79	149 117	100	20
58	キントゼン	11.230	237	295	50	10
59	クロマゾン	10.669	204	125	50	10
60	クロタルジメチル	18.291	301	332	50	10
61	クロルピリホス	17.910	197	199 314	100	20

表1 (続)

No	農薬名	保持時間 (min)	定量イオン	定性イオン	曝露水濃度 (μg/L)	
					高濃度	低濃度
62	クロルピリホスメチル	14.291	286	125	50	10
63	クロネブ	7.258	206	191 193	50	10
64	シアノホス	11.142	243	109	50	10
65	ジクロホップメチル	33.196	340	253	50	10
66	ジクロベニル	6.055	171	173 100	50	10
67	ジクロラン	10.211	206	176	50	10
68	ジスルホトン	11.854	89	186 97	50	10
69	ジフェナミド	19.366	167	239	50	10
70	ジメタメリン	20.617	212	240 255	100	20
71	ジメエート	10.206	87	93 125	50	10
72	シメリン	14.539	213	170 155	50	10
73	ジメピペレート	21.311	119	91 145	100	20
74	ダイアジノンオキソン	10.944	137	273 288	50	10
75	テルブカルブ	14.215	205	220 206	100	20
76	テクナゼン	8.387	203	261	50	10
77	テトラクロルピリンホス	19.234	329	331	50	10
78	テトラジホン	37.081	356	159	50	10
79	テニクロール	32.716	127	288 141	50	10
80	トリアジメホン	18.174	57	208	50	10
81	トリアレート	12.296	86	226 184 270	50	10
82	トリブホス	25.633	169	314	50	10
83	トリフルリン	9.108	306	264 290	50	10
84	トリクロピル-2-プロキシエチルエステル	27.045	85	182 210	50	10
85	トルクロホスメチル	14.580	265	267 125	100	20
86	トルクロホスメチルオキソン	13.526	249	251 109	50	10
87	トルフェンピラト	51.590	348	197	50	10
88	ニトロタールイソプロピル	18.714	236	212 254	50	10
89	フルフルラジン	31.678	303	145 173	50	10
90	ピフェノックス	35.329	341	310 343	50	10
91	ピペロホス	35.829	122	140 320	100	20
92	ピラゾホス	40.228	221	232	50	10
93	ピリタフェンチオン	35.177	340	199 125	150	30
94	ピリブチカルブ	34.723	165	108 181	50	10
95	ピリプロキシフェン	38.273	136	137 226	50	10
96	ピロキロン	11.376	130	173 144	50	10
97	ピンクローリン	14.281	187	213 285	50	10
98	フェナミホス	24.666	303	154 217	50	10
99	フェントロチオンオキソン	13.683	244	261 109	50	10
100	フェノチオカルブ	23.167	72	160	50	10
101	フェノリン	37.631	123	183	50	10
102	フェンチオン	17.767	278	153 125	50	10
103	フェンチオンスルホキシド	28.658	278	294 125	50	10
104	フェンチオンスルホン	29.179	310	231 125	50	10
105	フェンチオンオキソン	15.330	262	109 247	50	10
106	フェンチオンオキシソルスルホキシド	26.078	262	247	50	10
107	フェンチオンオキシソルスルホン	26.547	294	215	50	10
108	フェントエート	21.544	274	93 125	50	10
109	フェンブコナゾール	43.689	129	198	50	10
110	フェンブロビモルフ	17.762	128	129 70	50	10
111	フザライト	18.971	144	142	100	20
112	ブタミホス	24.601	286	258 200	100	20
113	ブピリメート	27.105	273	208 316	50	10
114	ブプロフェジン	26.566	115	172 175	100	20
115	フラムブロップメチル	26.583	276	105 77	50	10
116	フルアクリピリム	31.208	204	190 145 189	50	10
117	フルトリアホール	23.900	219	201 164	50	10
118	フルミオキサジン	48.136	354	77 287	50	10
119	フルミクローラックベンチル	50.944	308	318	50	10
120	フレチラクロール	25.711	176	238 262	50	10
121	フロハクロール	8.403	120	176	50	10
122	フロバニル	13.708	161	163 217	50	10

表 1 (続)

No	農薬名	保持時間 (min)	定量イオン	定性イオン		曝露水濃度 (μg/L)	
						高濃度	低濃度
123	プロハルキット	33.346	135	173	107	50	10
124	プロフェノホス	25.313	339	337	139	50	10
125	プロモブチド	13.840	119	232		100	20
126	プロホキシル	8.335	110	152		50	10
127	プロマシル	16.601	205	207	231	50	10
128	プロマトリン	15.144	241	184	226	50	10
129	プロモプロピレート	35.329	341	183		50	10
130	プロモホスメチル	19.226	331	329	125	50	10
131	ヘキサジノン	32.617	171	252	128	50	10
132	ヘナラキシル	31.109	148	206		50	10
133	ヘノキサコール	12.972	120	259		50	10
134	ヘンズリド	32.534	131	77	141	50	10
135	ヘンフルラリン	9.177	292	264		100	20
136	ホスファミドン	13.729	127	264		50	10
137	ホスメット	35.022	160	161	133	50	10
138	マラチオン	17.170	127	173	93	50	10
139	メチダチオン	22.537	145	85	302	100	20
140	メチルダイムロン	21.045	107	91	119	50	10
141	メキシクロール	35.964	227	228	274	50	10
142	E-メミノストロビン	25.617	191	196	238	50	10
143	Z-メミノストロビン	27.304	238	191	196	50	10
144	メフェナセット	38.440	192	120		50	10
145	モノクロトホス	13.729	127	192	164	50	10
146	モリネート	7.585	126	188	98	50	10

表 2 簡易曝露試験結果

No	農薬名	エラ含有濃度 (μg/g)		No	農薬名	エラ含有濃度 (μg/g)	
		高濃度曝露水	低濃度曝露水			高濃度曝露水	低濃度曝露水
1	ジクロロホス	0.014	0.029	28	アザコナゾール	0.077	0.023
2	フェノカルブ	0.079	0.017	29	アセトクロール	0.056	0.015
3	ベンシクロン	0.635	0.211	30	アトラジン	0.108	0.031
4	シマジン	0.135	0.045	31	アニコホス	0.236	0.086
5	プロピザミド	0.345	0.097	32	アマトリン	0.086	0.027
6	ダイアジノン	0.332	0.090	33	アラクロー	0.079	0.022
7	クロロタロニル	ND	ND	34	アレスリン	0.200	0.047
8	イプロベンホス	0.243	0.098	35	イザゾホス	0.096	0.026
9	メタラキシル	0.073	0.013	36	イソキサチオンオキソン	0.049	0.020
10	ジチオピル	0.642	0.176	37	イソフェンホス	0.219	0.063
11	フェニトロチオン	0.348	0.129	38	イソフェンホスオキソン	0.295	0.065
12	プロジアミン	0.269	0.095	39	イソプロカルブ(MIPC)	0.057	0.013
13	チオベンカルブ	0.240	0.070	40	イプロジオン	0.358	0.107
14	ベンディメタリン	0.533	0.166	41	イマザメタベンズメチルエ ステル	ND	ND
15	フルトラニル	0.317	0.109	42	エスプロカルブ	0.229	0.064
16	イソプロチオラン	0.523	0.164	43	エディフェンホス	0.173	0.058
17	チフルザミド	0.247	0.075	44	エチオン	0.231	0.076
18	イソキサチオン	0.689	0.218	45	エトフェンブロックス	0.314	0.149
19	メプロニル	0.267	0.091	46	エトフェメート	0.125	0.041
20	クロルニトロフェン	0.260	0.088	47	エトリジアゾール	0.046	0.016
21	プロピコナゾール	0.184	0.054	48	硫酸エンドスルファン	0.353	0.112
22	トリプロキシストロビン	0.585	0.213	49	オキサジアゾン	0.282	0.080
23	テブコナゾール	0.200	0.071	50	オキサジキシル	0.007	0.000
24	EPN	0.276	0.096	51	オキシフルオルフェン	0.217	0.075
25	ナプロハミド	0.380	0.127	52	カルフェントラゾニエチル	0.043	0.004
26	ヘキサコナゾール	0.237	0.084	53	カフェンストロール	0.023	0.005
27	XMC	0.056	0.014				

※0.001 μg/g 未満を ND と記載

表 2 (続)

No	農薬名	エラ含有濃度 (μg/g)		No	農薬名	エラ含有濃度 (μg/g)	
		高濃度曝露水	低濃度曝露水			高濃度曝露水	低濃度曝露水
54	カルボフラン	0.032	0.006	101	フェトリン	0.182	0.091
55	キノキシフェン	0.295	0.100	102	フェンチオン	0.253	0.075
56	キノクラミン	0.037	0.007	103	フェンチオンスルホキシド*	0.049	0.023
57	キャプタン	ND	ND	104	フェンチオンスルホン	0.071	0.023
58	キントゼン	0.097	0.023	105	フェンチオンオキシソ	0.080	0.026
59	クロマゾン	0.072	0.020	106	フェンチオンオキシソスルホ キシド*	0.002	ND
60	クロータルジメチル	0.316	0.086	107	フェンチオンオキシソスルホ ン	0.008	0.002
61	クロルピリホス	0.577	0.165	108	フェントエート	0.185	0.051
62	クロルピリホスメチル	0.259	0.069	109	フェンブコナゾール	0.264	0.099
63	クロロネブ	ND	ND	110	フェンプロピモルフ	0.079	0.049
64	シアノホス	0.109	0.037	111	フサライド*	0.223	0.070
65	ジクロロホップメチル	0.007	ND	112	ブタミホス	0.381	0.126
66	ジクロロベニル	0.098	0.022	113	ブピリメート	0.194	0.058
67	ジクロラン	0.178	0.063	114	ブプロフェジン	0.543	0.183
68	ジスルホトン	0.185	0.063	115	フラムプロップメチル	0.159	0.048
69	ジフェナミド*	0.058	0.014	116	フルアクリピリム	0.213	0.068
70	ジメタメリン	0.318	0.100	117	フルトリアホール	0.047	0.011
71	ジメエート	0.014	0.006	118	フルミオキサジン	0.135	0.042
72	シメトリン	0.059	0.016	119	フルミクロラックベンチル	ND	ND
73	ジメヒペレート	0.370	0.110	120	プレチラクロール	0.099	0.035
74	ダイアジノンオキシソ	0.011	ND	121	プロバクロール	ND	ND
75	テルブカルブ*	0.371	0.102	122	プロパニル	0.198	0.073
76	テクナゼン	0.120	0.026	123	プロパルキット	0.300	0.099
77	テトラクロルピホス	0.292	0.085	124	プロフェノホス	0.250	0.058
78	テトラジホ	0.298	0.099	125	プロモフチド*	0.188	0.049
79	テニクロール	0.080	0.028	126	プロホキシル	0.033	0.006
80	トリアジメホ	0.060	0.024	127	プロマシル	0.038	0.024
81	トリアレート	0.183	0.051	128	プロメトリン	0.116	0.034
82	トリブホス	0.184	0.052	129	プロモプロピレート	0.332	0.115
83	トリフルラリン	0.257	0.066	130	プロモホスメチル	0.292	0.085
84	トリクロピル-2-ブトキシエ チルエステル	0.038	ND	131	ヘキサジン	0.015	0.005
85	トルクロホスメチル	0.561	0.150	132	ヘナラキシル	0.191	0.060
86	トルクロホスメチルオキシソ	0.108	0.028	133	ベノキサコール	0.025	0.007
87	トルフェンピラト*	ND	ND	134	ベンズリト*	0.299	0.112
88	ニトクローイソプロピル	0.171	0.049	135	ベンフルラリン	0.495	0.114
89	ノルフルゾン	0.109	0.054	136	ホスファミジン	0.015	ND
90	ピフェメックス	0.332	0.115	137	ホスメト	0.128	0.049
91	ピペロホス	0.316	0.105	138	マラチオン	0.095	0.028
92	ピラゾホス	0.210	0.065	139	メチダチオン	0.166	0.056
93	ピリタフェンチオン	0.364	0.135	140	メチルダイムロン	0.054	0.015
94	ピリプロチカルブ*	0.276	0.086	141	メキシクロー	0.285	0.102
95	ピリプロキシフェン	0.309	0.107	142	E-メミノストロピン	0.058	0.017
96	ピロキロン	0.045	0.012	143	Z-メミノストロピン	0.040	0.010
97	ピンクロバリン	0.216	0.061	144	メフェナセト	0.189	0.081
98	フェナミホス	0.115	ND	145	モノクロホス	0.015	0.005
99	フェントロチオンオキシソ	0.026	0.003	146	モリネート	0.061	0.018
100	フェノチオカルブ*	0.195	0.063				

表3 エラ含有濃度の減少量確認試験結果

No	農薬名	濃度 ($\mu\text{g/g}$)	減少率 (%)	No	農薬名	濃度 ($\mu\text{g/g}$)	減少率 (%)
1	ジクロロホス	0.002	86.3	61	クロルピリホス	0.420	27.2
2	フェノカルブ	0.043	45.0	62	クロルピリホスメチル	0.178	31.0
3	ペンシクロン	0.484	23.8	63	クロロネブ	ND	-
4	シマジン	0.067	50.0	64	シアノホス	0.068	37.8
5	プロピザミト	0.221	35.8	65	ジクロホップメチル	0.003	55.1
6	ダイアジノン	0.230	30.8	66	ジクロベニル	0.048	51.7
7	クロタロニル	ND	-	67	ジクロラン	0.124	30.7
8	イプロベンホス	0.175	27.8	68	ジスルホトン	0.139	25.2
9	メタラキシル	0.041	43.7	69	ジフェナミト	0.032	44.7
10	ジチオピル	0.440	31.5	70	ジメタメリン	0.230	27.6
11	フェニトロチオン	0.275	21.1	71	ジメトエート	0.009	35.3
12	プロシアミン	0.218	18.9	72	シメリン	0.033	43.6
13	チオベンカルブ	0.181	24.6	73	ジメヒペレート	0.275	25.7
14	ペンディメタリン	0.408	23.5	74	ダイアジノンオキソン	ND	145.7
15	フルトラニル	0.226	28.8	75	テルブカルブ	0.247	33.5
16	イソプロチオラン	0.373	28.8	76	テクナゼン	0.083	31.3
17	チフルザミト	0.184	25.6	77	テトラクロルピホス	0.185	36.7
18	イソキサチオン	0.545	20.9	78	テトラジホソ	0.190	36.3
19	メプロニル	0.189	29.4	79	テニルクロール	0.054	32.7
20	クロルニトロフェン	0.204	21.5	80	トリアジメホソ	0.036	41.0
21	プロピコナゾール-2	0.141	23.6	81	トリアレート	0.118	35.7
22	トリフロキシストロピン	0.427	26.9	82	トリブホス	0.121	34.2
23	テブコナゾール	0.159	20.5	83	トリフルラリン	0.178	30.5
24	EPN	0.211	23.6	84	トリクロピル-2-フトキシエチル エステル	0.026	31.3
25	ナフロハミト	0.265	30.3	85	トルクロホスメチル	0.427	24.0
26	ヘキサコナゾール	0.198	16.3	86	トルクロホスメチルオキソン	0.064	41.1
27	XMC	0.030	46.6	87	トルフェンピラト	ND	-
28	アサコナゾール	0.051	34.5	88	ニトロタールイソプロピル	0.120	29.8
29	アセトクロール	0.034	39.6	89	ルフルラジン	0.074	32.4
30	アトラジン	0.060	44.3	90	ビフェノックス	0.214	35.5
31	アニコホス	0.190	19.6	91	ビペロホス	0.255	19.2
32	アメトリン	0.053	38.0	92	ビラゾホス	0.159	24.4
33	アラクロー	0.049	37.8	93	ピリダフェンチオン	0.278	23.4
34	アレスリン-4	0.121	39.6	94	ピリプロチカルブ	0.204	26.3
35	イサゾホス	0.064	33.0	95	ピリプロキシフェン	0.228	26.3
36	イソキサチオンオキソン	0.034	31.3	96	ビロキロン	0.023	49.0
37	イソフェンホス	0.160	27.0	97	ピンクローリン	0.149	31.2
38	イソフェンホスオキソン	0.174	41.0	98	フェナミホス	0.082	29.4
39	イソプロカルブ(MIPC)	0.032	43.0	99	フェニトロチオンオキソン	0.010	61.9
40	イプロシオン	0.264	26.4	100	フェノチカルブ	0.144	26.4
41	イマザメタベンズメチルエステル	ND	-	101	フェノリン-2	0.075	58.7
42	エスプロカルブ	0.170	26.0	102	フェンチオン	0.191	24.3
43	エディフェンホス	0.130	25.0	103	フェンチオンスルホキシド	0.029	41.6
44	エチオン	0.145	37.4	104	フェンチオンスルホソ	0.047	33.2
45	エトフェンプロックス	0.188	40.2	105	フェンチオンオキソン	0.051	36.4
46	エトメセート	0.079	37.1	106	フェンチオンオキソンスルホキシド	0.001	23.5
47	エトリジアゾール	0.025	46.7	107	フェンチオンオキソンスルホソ	0.005	38.2
48	硫酸エンドスルファン	0.271	23.3	108	フェントエート	0.131	29.1
49	オキサジアゾン	0.179	36.5	109	フェンブコナゾール	0.214	19.0
50	オキサジキシル	0.005	36.8	110	フェンプロピモルフ	0.056	29.0
51	オキシフルオルフェン	0.137	36.7	111	フサライト	0.194	13.1
52	カルフェントラジンエチル	0.027	37.9	112	ブタミホス	0.338	11.2
53	カフェンストール	0.010	56.7	113	ブピリメート	0.138	28.9
54	カルホフラン	0.015	53.2	115	フラムプロップメチル	0.109	31.3
55	キノキシフェン	0.196	33.6	116	フルアクリリム	0.118	44.6
56	キノクラミン	0.019	48.6	117	フルトリアホール	0.027	43.0
57	キャブタン	ND	-	118	フルミオキサジン	0.109	19.2
58	キントゼン	0.062	36.3	119	フルミクロラックベンチル	ND	-
59	クロマジン	0.042	41.3				
60	クロタールジメチル	0.211	33.4				

表 3 (続き)

No	農薬名	濃度 ($\mu\text{g/g}$)	減少率 (%)	No	農薬名	濃度 ($\mu\text{g/g}$)	減少率 (%)
120	ブレチラクロール	0.073	26.5	134	ベンスリト	0.219	26.7
121	フロハクロール	ND	-	135	ベンフルラリン	0.311	37.2
122	フロハニル	0.151	23.8	136	ホスファミドン	0.009	40.3
123	フロハルキット-2	0.151	49.6	137	ホスメット	0.092	28.0
124	フロフェノホス	0.180	28.1	138	マラチオン	0.059	38.0
125	フロモフチト	0.117	37.7	139	メチダチオン	0.111	32.8
126	フロホキスル	0.016	52.8	140	メチルタタイムロン	0.039	28.1
127	フロマシル	0.027	28.5	141	トキシクロール	0.167	41.3
128	フロメリン	0.077	33.6	142	E-メトミノストロピン	0.037	36.9
129	フロモフロレイト	0.214	35.7	143	Z-メトミノストロピン	0.026	36.3
130	フロモホスメチル	0.186	36.4	144	メフェナセット	0.147	21.8
131	ヘキサジノン	0.008	50.0	145	モノクロホス	0.009	39.3
132	ヘナラキシル	0.140	26.8	146	モリネート	0.034	43.5
133	ヘノキサコール	0.012	54.8				

表 4 濃度比と Log Pow

No	農薬名	Log Pow	濃度比		No	農薬名	Log Pow	濃度比	
			簡易曝露 試験	減少量確認 試験				簡易曝露 試験	減少量確認 試験
1	ジクロルホス	1.43	0.0003	0.0000	54	カルボフラン	2.32	0.0006	0.0003
2	フェノカルブ	2.67	0.0016	0.0009	58	キントゼン	4.77	0.0019	0.0012
3	ベンシクロン	4.68	0.0064	0.0048	60	クロタルジメチル	3.9	0.0063	0.0042
4	シマジン	2.1	0.0009	0.0004	61	クロルピリホス	4.7	0.0058	0.0042
5	フロヒサミト	2.95	0.0023	0.0015	64	シアノホス	2.65	0.0022	0.0014
6	ダイアジノン	3.42	0.0033	0.0023	66	ジクロベニル	3	0.0020	0.0010
8	イプロベンホス	3.37	0.0024	0.0018	67	ジクロラン	1.8	0.0036	0.0025
9	メタラキシル	1.75	0.0005	0.0003	68	ジスルホトン	3.98	0.0037	0.0028
10	ジチオビル	4.43	0.0064	0.0044	69	ジフェナミト	2.17	0.0012	0.0006
11	フェントロチオン	3.43	0.0035	0.0027	70	ジメタメリン	3.2	0.0032	0.0023
12	フロジアミン	4.1	0.0054	0.0044	71	ジメトエート	0.98	0.0003	0.0002
13	チオベンカルブ	4.23	0.0048	0.0036	72	シメリン	2.14	0.0012	0.0007
14	ベンテイメタリン	5.18	0.0053	0.0041	78	テトラジホソ	4.6	0.0060	0.0038
15	フルトラニル	3.77	0.0032	0.0023	81	トリアレート	3.98	0.0037	0.0024
16	イソフロチオラン	2.81	0.0035	0.0025	83	トリフルラリン	5.27	0.0051	0.0036
17	チルサミト	4.1	0.0049	0.0037	84	トリクロピル-2-フト キシエチルエステル	4.3	0.0008	0.0005
18	イソキサチオン	3.88	0.0046	0.0036	85	トルクロホスメチル	4.56	0.0056	0.0043
19	メフロニル	3.66	0.0027	0.0019	94	ピリブチカルブ	4.7	0.0055	0.0041
20	クロルニトロフェン	3.71	0.0052	0.0041	95	ピリブロキシフェン	5.37	0.0062	0.0046
21	フロヒコナゾール	3.72	0.0037	0.0028	96	ヒロキロン	1.6	0.0009	0.0005
22	トリフロキシストロピン	4.5	0.0059	0.0043	98	フェナミホス	3.3	0.0023	0.0016
23	テブコナゾール	3.7	0.0040	0.0032	100	フェノチカルブ	3.51	0.0039	0.0029
24	EPN	5.02	0.0055	0.0042	102	フェンチオン	4.84	0.0051	0.0038
25	ナフロパミト	3.3	0.0025	0.0018	108	フェントエート	3.52	0.0037	0.0026
26	ヘキサコナゾール	3.9	0.0047	0.0040	112	ブタミホス	4.62	0.0038	0.0034
29	アセトクロール	4.14	0.0011	0.0007	118	フルミオキサジン	2.55	0.0027	0.0022
30	アトラジン	2.5	0.0011	0.0006	120	ブレチラクロール	3.9	0.0020	0.0015
32	アメリン	2.63	0.0017	0.0011	123	フロハルキット	5.7	0.0060	0.0030
33	アラクロール	3.09	0.0016	0.0010	124	フロフェノホス	4.44	0.0050	0.0036
34	アレスリン	4.78	0.0040	0.0024	127	フロマシル	2.14	0.0008	0.0005
39	イソフロカルブ (MIPC)	2.32	0.0011	0.0006	128	フロメリン	3.1	0.0023	0.0015
40	イフロシオン	3	0.0036	0.0026	131	ヘキサジノン	1.9	0.0003	0.0002
42	エスフロカルブ	4.62	0.0046	0.0034	135	ベンフルラリン	5.19	0.0049	0.0031
44	エチオン	5.073	0.0046	0.0029	138	マラチオン	2.74	0.0019	0.0012
45	エトフェンプロックス	6.9	0.0063	0.0038	139	メチダチオン	2.2	0.0017	0.0011
46	エトフメセート	2.7	0.0025	0.0016	142	E-メトミノストロピン	2.32	0.0012	0.0007
49	オキサジアゾン	5.33	0.0056	0.0036	146	モリネート	2.88	0.0012	0.0007
53	カフエンストール	3.21	0.0005	0.0002					

※濃度比 = エラ含有濃度($\mu\text{g/g}$) / (高濃度曝露水濃度($\mu\text{g/L}$))

5) 宇土半島（宇土市並びに宇城市三角町及び不知火町）の

湧水の水質について

廣畑昌章 西島 遥 眞田知征 小原彬生 木野世紀

要 旨

宇土半島（宇土市並びに宇城市三角町及び不知火町）の湧水 78 地点の位置（緯度経度）を特定し現況を把握するとともに、48 地点について水質を調査した。今回の水質と 30 年余前の水質とを比較した結果、半数以上でアニオンの組成に大きな変化が見られた。また、クラスター解析結果等を基に水質調査地点を 7 つの型に分け、それぞれの湧出機構を考察した。

キーワード：湧水，水質，緯度経度，湧出機構

はじめに

湧水は、水量、水質ともに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の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可能である。県内各地の湧水の水質や利用状況、湧水に関する伝承等については既に書籍¹⁾にまとめられているが、各々の詳細な位置情報は示されていない。また、その調査から30年を経過する中で、湧水の水質に関する報告は数少ない。そのため、湧水の詳細を確認、記録し、定期的に湧出の状況及び水質の変化を把握するとともに、湧水の水量及び水質に影響を及ぼす要因について考察することが必要である。

今回、環境省認定「昭和の名水百選」に選定されている轟水源を始めとして「くまもと名水百選（昭和）」に6地点が選出されている宇土地域（宇土半島）の湧水の状況について調査したのでその結果について報告する。

調査地域

宇土半島は九州本土の中央部に位置し、ほぼ西南西の方向に突出し、その先に連なる天草諸島とともに有明海と八代海を隔てている。半島の北側に沿って大分—熊本構造線が走り、半島北側はほぼ直線的な海岸線

であるが、南側は出入りの多い山地または丘陵地で、その間に概ね南北方向に狭小な低地が見られる。地質概略図を図1に示す。

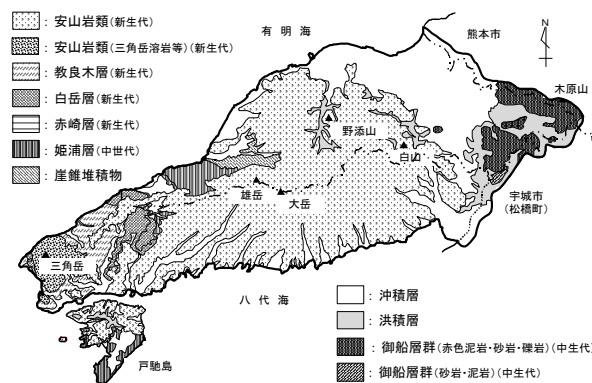


図1 地質概略図

(熊本県環境基本計画環境特性図²⁾を基に作成)

宇土半島は大きく三つの山地群に分けることができ、東側から、基部に白亜系の砂泥岩及び礫岩からなる木原山、次にその西麓低地の宇土市街地を隔てて宇土半島中央部の大部分を占める角閃輝石安山岩及びその火砕流堆積物からなる大岳火山系の山地、さらに大田尾から波多にかけての道路沿いに分布する古第三系の教良木層を隔てて半島突端の角閃石安山岩からなるドー

ム状の三角岳火山系山地である。

宇土半島の脊梁をなす大岳火山は、半島中央部の大部分を占め、最高峰の大岳(477.6m)を中心に宇土市街地近くの白山(218.2m)、野添山(167.5m)、さらに西方の雄岳(348m)等の山々からなる火山群で第三紀末から第四紀更新世に生成した溶岩・火砕流堆積物からなる山地である。北斜面は主に輝石安山岩の溶岩からなる急斜面で断層崖が見られ、一方、南斜面は火砕流堆積物からなっており、北の急斜面に対し緩く傾斜している。半島突端の三角岳(406m)は角閃石安山岩からなり、大岳火山岩類より酸性で粘性が大きく、主として溶岩からなるため浸食谷の発達はよくない。²⁾

調査方法

調査地点を図2に示す。調査地点は、荒牧ら¹⁾が示した86地点に行政資料^{2,3)}から得られた4地点、現地調査でその存在に関する情報が得られた8地点を加えた計98地点である。これらについて、令和2年2月から令和3年4月にかけて現地調査を実施し、位置が特定できた地点については、スマートフォンの「GPS Coordinates」又は「Google Map」による表示値から位置情報(緯度経度)を入手した。さらに、湧出が確認された地点の中から、地域バランスを考慮し、かつ湧出口直近で採水可能な地点を選定し、令和3年4月25日から7月1日に

かけて採水した。

分析項目及び分析方法について、pH及びEC(電気伝導率)は電極法、陽イオン(Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)及び陰イオン(F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻)のうちHCO₃⁻を除くイオン成分はイオンクロマトグラフ法、SiO₂はモリブデン黄法で測定した。HCO₃⁻は硫酸滴定法によるpH4.8アルカリ度から算出した。その他金属成分(Li(リチウム), B(ホウ素)及びAl(アルミニウム)など計22項目)は、誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)法で測定した。

なお、クラスター解析には、統計解析アドインソフト エクセル統計2012(株式会社社会情報サービス)を使用した。

結果及び考察

1. 湧水の状況について

調査地点の名称、詳細位置(緯度経度)及び湧水の状況に関する調査結果を表1に示す。調査地点98地点のうち位置が特定できたのは78地点であり、残り20地点についてはそれらの位置に関する資料中の情報に乏しく、地元の方への聞き取りなどを行っても位置の特定には至らなかった。

この78地点のうち、U-10は砂防工事に伴い、またS-16は道路拡幅工事に伴い、それぞれ埋め立てられ消

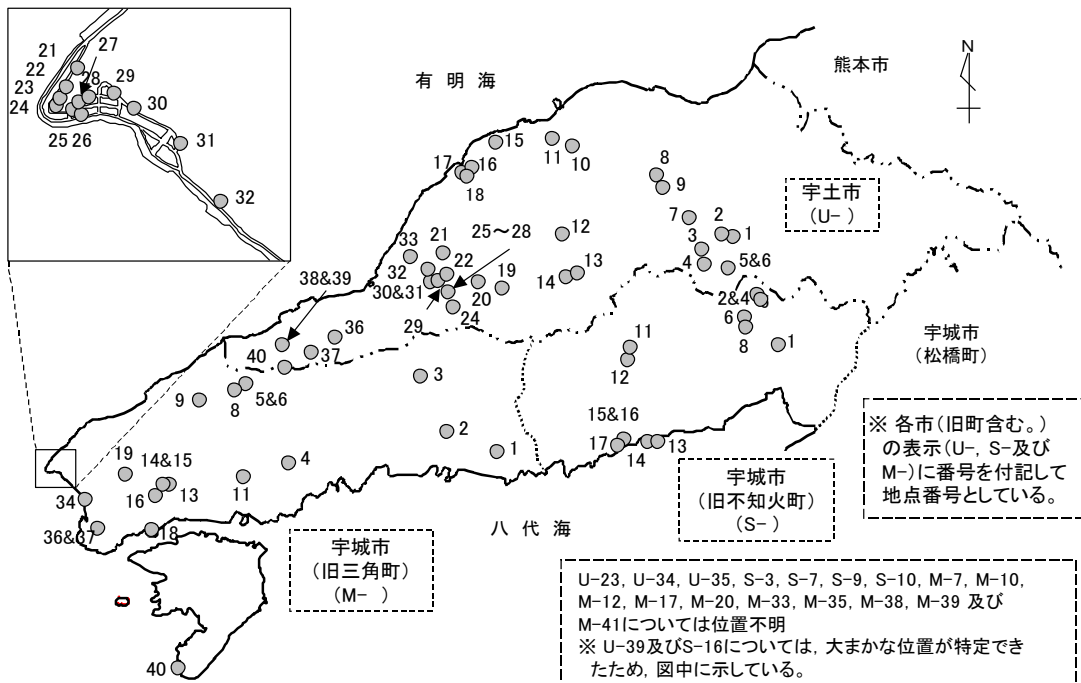


図2 調査地点

滅していることが判明した。U-11は井戸であるが所有者によると、現在利用実態もなく藪の中にあるため、また、S-1は現在空き家となっており同じく藪の中にあるため、ともに状況不明であった。これらを除く74地点のうち58地点については湧出が確認できたが、井戸15地点を除く残り1地点(M-36)については、調査時点では湧出を確認できなかった。ただし、季節的な湧出の可能性もあり、現段階では枯渇したとは断定できない。

2. 各水質調査項目について

水質に関する調査結果を表2に示す。また市別(旧町別を含む。)の各水質調査項目の平均値及び標準偏差を表3に、各水質調査項目(平均値)の他地域との比較を表4に示す。なお、表4においては、海水の影響を受けていると考えられるU-17及びS-14、鉱泉であるM-11を除外した値とした。

2.1 水温、pH及びEC

水温は、平均17.7℃、最高はU-8の20.4℃、最低はU-13の15.8℃であった。特に、17.5～18.5℃の範囲にある地点が16地点あり全体の1/3を占めた。また、今回の調査地点間で水温の分布に地域性は認められなかった。平均値を県内他地域と比較すると、宇城市(旧松橋町、旧小川町及び旧豊野町)⁹⁾、熊本市及び上益城郡の一部⁴⁾の湧水と同様の値であったが、菊池地域⁵⁾や阿蘇北部地域⁶⁾及び南部地域⁷⁾等他の地域の湧水に比べれば高い値を示した。このことは、涵養域等の標高差、すなわち外気温を反映しているものと考えられる。ただ

し、今回の調査地点間では標高と水温の間に明確な関係性はうかがえなかった。

pHは、平均7.0、最高はU-8の8.5、最低はM-11の5.6であった。6.8～7.4の範囲にある地点が32地点と全体の2/3を占めた。また、今回の調査地点間でpHの分布に地域性は認められなかった。平均値は、菊池地域に比べれば若干低いものの、その他の地域の湧水との間においては大きな差は見られなかった。

表4 他地域との各水質調査項目(平均値)比較

市・地域名 (旧町名等)	宇土 地域 U-17、 S-14、 M-11を 除く。	熊本 市及 び上 益城 郡の 一部 ⁴⁾	菊池 地域 ⁵⁾ 菊池 市、合 志市、 大津 町及 び菊 陽町	阿蘇地域		上益城地域 ⁶⁾		宇城地域 ⁹⁾	
				北部 地域 ⁶⁾	南部 地域 ⁷⁾ (旧蘇 陽町を 含む。)	嘉島 町 益城 町 甲佐 町	御船 町 山都 町(旧 蘇陽町 を除く。)	宇城 市(旧 松橋 町、旧 小川 町、旧 豊野 町)	美里 町(旧 中央 町、旧 砥用 町)
地点数	45	18	44	104	67	27	61	16	38
水温 (°C)	17.7	18.1	16.5	14.1	14.3	16.8	14.4	17.6	16.7
pH	7.0	7.2	7.4	6.90	6.93	7.0	6.9	7.1	7.1
EC (μS/cm)	146	209	141	113	130	178	101	237	188
Na ⁺ (mg/L)	8.5	11.5	7.9	7.84	7.09	7.8	5.4	7.9	7.0
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0.02	<0.1	<0.1	-	-	-	-	-	-
K ⁺ (mg/L)	2.4	4.5	3.6	3.5	3.8	3.1	2.3	1.9	2.5
Ca ²⁺ (mg/L)	12.2	15.7	11.8	10.0	11.7	16.0	7.7	30.1	21.8
Mg ²⁺ (mg/L)	4.0	7.7	4.3	3.9	4.4	5.2	2.5	4.7	3.8
F ⁻ (mg/L)	0.04	0.16	0.09	0.24	0.21	0.11	0.04	-	-
Cl ⁻ (mg/L)	6.6	8.6	5.1	5.2	4.2	5.3	3.2	6.6	4.4
Br ⁻ (mg/L)	0.03	0.03	0.08	-	-	-	-	-	-
NO ₃ ⁻ (mg/L)	11.3	12.0	12.2	3.7	4.4	9.2	3.9	7.3	8.0
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	8.2	20.2	6.7	18.4	18.3	12.5	4.8	12.0	8.15
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.11	0.15	0.15	-	-	-	-	-	-
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	42.8	58.8	46.0	34.2	39.7	79.1	46.2	125.2	95.0
SiO ₂ (mg/L)	42.6	-	-	42.7	46.0	-	-	-	-

* 温泉の影響を受けていると思われる今村養魚場や地獄等5地点を除いた値

表3 旧市町別各水質調査項目の平均値

市・地域名 (旧町名)	宇土市		宇城市				全体	
	全地点	U-17を除く。	(旧三角町)		(旧不知火町)		全地点	U-17、S-14、 M-11を除く。
			全地点	S-14を除く。	全地点	M-11を除く。		
地点数	29	28	11	10	8	7	48	45
水温 (°C)	17.6 ± 1.4	17.6 ± 1.4	18.0 ± 1.0	18.0 ± 1.0	17.7 ± 1.0	17.7 ± 1.0	17.7 ± 1.2	17.7 ± 1.2
pH	7.1 ± 0.4	7.1 ± 0.4	6.7 ± 0.5	6.8 ± 0.3	7.1 ± 0.2	7.1 ± 0.2	7.0 ± 0.4	7.0 ± 0.4
EC (μS/cm)	143 ± 81	130 ± 46	235 ± 189	179 ± 40	1600 ± 4073	160 ± 31	407 ± 1666	146 ± 47
Na ⁺ (mg/L)	9.6 ± 10.3	7.9 ± 4.3	11.7 ± 5.8	10.1 ± 1.8	272.9 ± 747	8.9 ± 2.7	54.0 ± 304.8	8.5 ± 3.7
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0.01(1地点のみ)	0.01(1地点のみ)	0.11 ± 0.14	0.03 ± 0.01	<0.01(全地点)	<0.01(全地点)	0.09 ± 0.13	0.02 ± 0.02
K ⁺ (mg/L)	2.5 ± 1.3	2.4 ± 1.2	2.4 ± 0.9	2.3 ± 0.8	12.8 ± 28.2	2.8 ± 0.5	4.2 ± 11.6	2.4 ± 1.0
Ca ²⁺ (mg/L)	11.0 ± 4.7	10.7 ± 4.5	22.3 ± 23.1	15.5 ± 4.4	24.4 ± 31.0	13.5 ± 2.3	15.9 ± 17.5	12.2 ± 4.6
Mg ²⁺ (mg/L)	3.7 ± 1.6	3.5 ± 1.3	8.3 ± 10.5	5.1 ± 1.7	34.2 ± 83.2	4.8 ± 1.1	9.8 ± 34.4	4.0 ± 1.5
F ⁻ (mg/L)	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.09 ± 0.1	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.06	0.04 ± 0.01
Cl ⁻ (mg/L)	9.0 ± 16.3	6.0 ± 3.1	8.3 ± 2.3	8.5 ± 2.4	479.2 ± 1337	6.6 ± 2.1	87.2 ± 545.5	6.6 ± 2.9
Br ⁻ (mg/L)	0.04 ± 0.06	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	1.6 ± 4.5	0.03 ± 0.01	0.32 ± 1.88	0.03 ± 0.01
NO ₃ ⁻ (mg/L)	9.7 ± 9.7	9.6 ± 9.9	12.8 ± 9.8	14.1 ± 9.3	12.7 ± 8.8	13.8 ± 8.9	10.9 ± 9.5	11.3 ± 9.6
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	6.5 ± 6.1	6.2 ± 5.9	14.9 ± 9.4	15.6 ± 9.6	70.4 ± 183	5.8 ± 4.4	19.1 ± 74.7	8.2 ± 7.7
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.11 ± 0.08	0.10 ± 0.07	0.14 ± 0.05	0.14 ± 0.05	0.16 ± 0.11	0.12 ± 0.04	0.12 ± 0.08	0.11 ± 0.06
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	42.0 ± 19.1	41.0 ± 18.6	46.5 ± 18.6	42.6 ± 14.1	56.9 ± 25.2	50.5 ± 19.0	45.5 ± 20.4	42.8 ± 17.7
SiO ₂ (mg/L)	39.2 ± 10.1	39.2 ± 10.3	45.6 ± 17.0	43.5 ± 16.3	53.1 ± 7.0	54.6 ± 5.9	43.0 ± 12.6	42.6 ± 12.4

※三角町のNH₄⁺は、3地点(M-11を除く2地点)による値

ECは、平均407 μ S/cm (U-17, S-14及びM-11を除くと146 μ S/cm), 最高はS-14の11.7mS/cm, 次いでM-11の792 μ S/cm, U-17の495 μ S/cmと続き、これらを除くとM-4の266 μ S/cmが最も高い値を示した。最低値はU-24の54 μ S/cmであった。特に100~150 μ S/cmの範囲にある地点が22地点と全体の半数近くを占めた。また、市・旧町別に見た場合、宇土市に比べて宇城市の旧2町は高い値を示している。平均値については、熊本市及び上益城郡の一部⁴⁾並びに宇城地域⁹⁾の湧水に比べれば低い値となっているが、菊池地域⁵⁾等他の地域との間では大きな差は見られなかった。

ここで、標高とECとの散布図を図3に示す。ただし、ここではU-17, S-14及びM-11を除いている。若干のばらつきは見られるものの、標高が低いほどECが大きい値を示す傾向が見られる。このことは、標高が低くなるほど溶存イオン成分が多くなっていることを示しており、標高の低い湧水の涵養域にイオン成分が溶存しやすい地質があるか、あるいは標高の低い湧水ほど滞留時間が長いことを示唆している。

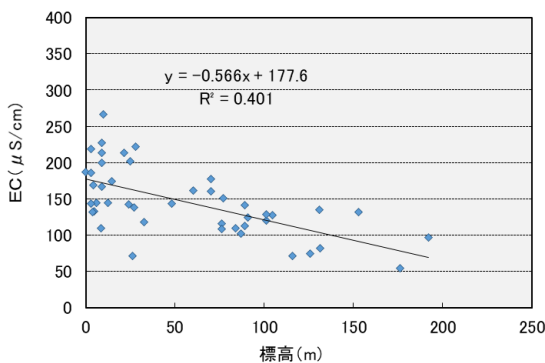


図3 標高とECの関係

2.2 イオン成分

まず、ECが11.7mS/cmと非常に大きな値を示したS-14については、海水中のNa⁺やCl⁻等の濃度¹⁰⁾との比較の結果、海水が約2割混入しているものと推測された。また、U-17についても海水が0.5%ほど混入していることが示唆された。このU-17及びS-14並びに鉱泉であるM-11を除けば、今回の調査地点間で濃度分布に大きな地域性は認められなかった。さらに、各項目の平均値は、他地域との比較においても特に大きな差は見られなかった。

なお、NO₃⁻濃度は平均11.3mg/L (硝酸性窒素 (以下「NO₃⁻-N」という。))として2.55mg/L, 最高値はU-29の44.0mg/L (NO₃⁻-Nとして9.94mg/L) であり、NO₃⁻-Nとして地下水の環境基準及び水道水質基準に定める10 mg/Lを超える地点は今回見られなかった。また、最低

値はU-5の0.16mg/L (NO₃⁻-Nとして0.036mg/L) であり、特異な水質を示す前述の3地点を含めればM-11の0.04mg/Lが最も低い値を示した。

3. トリリニアダイアグラム

各地点のトリリニアダイアグラムを図4に示す。半数以上の29地点がI (アルカリ土類炭酸塩型) に分類され、II (アルカリ炭酸塩型) に1地点 (U-23), III (アルカリ土類非炭酸塩型) に14地点, IV (アルカリ非炭酸塩型) に2地点 (U-17及びS-14) が分類された。

カチオン、アニオン別に見た場合、カチオンでは8地点 (U-15, U-17, U-23, U-24, U-29, U-36, S-14及びM-11) を除き非常に類似した組成を示すのに対して、アニオンでは、Cl⁻の組成は10~20%の範囲にある地点が7割以上を占め、ばらつきが小さいもののHCO₃⁻+CO₃²⁻とSO₄²⁻+NO₃⁻の組成割合は大きくばらついている。このことは、上益城地域⁸⁾及び宇城地域⁹⁾ (宇城市 (旧松橋町, 旧小川町及び旧豊野町) 及び下益城郡美里町) の湧水に見られる特徴に類似している。

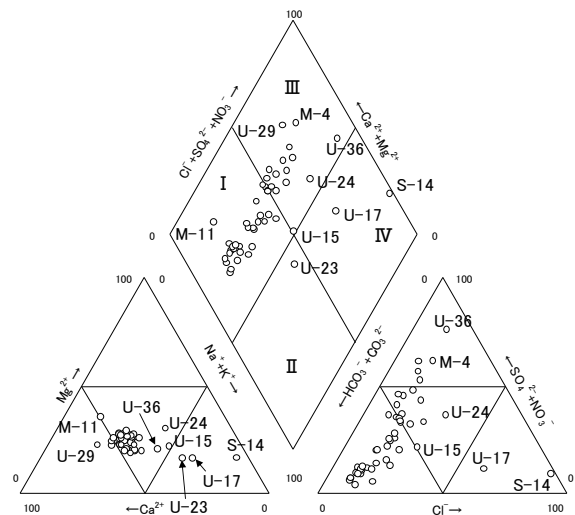


図4 トリリニアダイアグラム

4. ヘキサダイアグラム

各地点のヘキサダイアグラムを図5に示す。全体的に溶存成分の少ないCa-HCO₃型の水質であった。Na-Cl型の水質を示すS-14は海岸湧水であり、前述のとおり海水の影響を大きく受けていることが分かる。直近(距離にして150mほど)にある同じく海岸湧水のS-13と大きく異なる水質であり興味深い。この付近の海岸湧水については、石飛ら¹¹⁾が、当該地点の直近で海底からの地下水湧出量の連続測定を行い、塩淡水境界より陸域に位置する地点と海側に位置する地点では湧出量の湧出量・水温・ECに異なる変動が見られ、海底からの陸域由来地下水は塩淡水境界の手前部分で最も多く

湧出していることを明らかにしている。隣接するS-13及びS-14が大きく異なる水質を示す要因については、この塩淡水境界が関係しているものと思われる。また、U-17もNa-Cl型の水質を示し、S-14ほどではないものの海水の影響を受けていることが分かる。一方、U-33とU-15はNa-HCO₃型であり、特にU-33については、近く（距離にして570mほど）のU-32がCa-HCO₃型を示していることから、その湧出機構に興味もたれる。

なお、上益城地域⁸⁾及び宇城地域⁹⁾（宇城市（旧松橋町、旧小川町及び旧豊野町）及び下益城郡美里町）の湧水に見られた、より極端なCa-HCO₃型の水質は見られず、前述した地点や鉱泉であるM-11を除き、概ね類似した水質を示した。

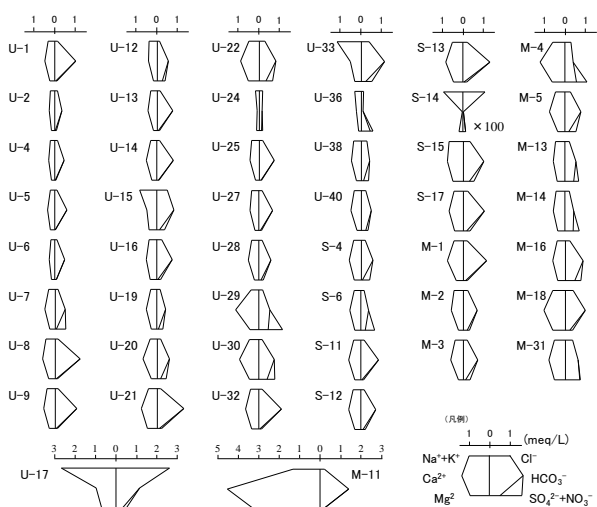


図5 ヘキサダイアグラム

5. 水質の変化

荒牧ら¹⁾により水質が記載されている34地点のうち今回採水できた27地点についてトリリニアダイアグラムにより水質を比較した。

その結果、カチオンは、S-13の1地点を除きすべて5ポイント以下の小さな変化にとどまり、さらに、ほぼ半数が2ポイント以下という、30年余経過する中でも非常に小さな変化にとどまった。なお、このS-13についても、主にNa⁺とCl⁻の濃度が8割程度減少していることから、単純に今回の調査では海水の影響が小さかったものと考えられる。前述の石飛ら¹¹⁾の報告によれば、塩淡水境界付近の海岸湧水ではECの変動が見られることからその変動によるものと考えられる一方、今回の採水は大潮の干潮時に行っているため、十分に海水の影響を排除できていると考えられるが、仮に荒牧ら¹⁾の採水時に槽内（当該湧水は円形の槽の中に湧出している。）に残留した海水の混入を完全に排除できなかったとすれば、そのことに起因する変化の可能性が残

る。

アニオンは全体的に変化が大きく、半数以上が10ポイント以上の大きな変化を示した。うち4地点（S-4, S-13, M-3及びM-4）は25ポイント以上の非常に大きな変化を示しており、特にM-4では40ポイントほどの大きな変化を示した。

この4地点の平成2年及び今回のトリリニアダイアグラム及びヘキサダイアグラムを図6に示す。この4地点のうち、S-4ではHCO₃⁻とSO₄²⁻が半分以下まで減少し、NO₃⁻が増加、M-4はHCO₃⁻が約1/3まで減少し、SO₄²⁻が増加するなどの水質変化を示した。一方、M-3は、荒牧ら¹⁾に示されたイオン濃度ではアニオン/カチオン=1.84（今回0.90）でイオンバランスが大きく崩れており、当時アニオン、特にHCO₃⁻を多めに算出したことによって今回大きな水質変化として捉えた可能性がある。また、S-13についてはカチオンで述べたとおりである。

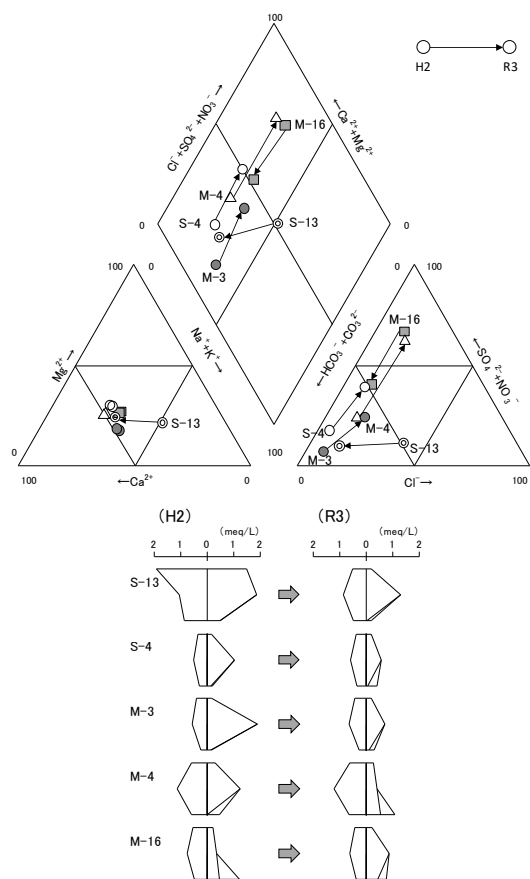


図6 水質組成の変化

なお、荒牧ら¹⁾の調査時にNO₃⁻-N濃度が10.5mg/Lと高い濃度を示したM-16は、今回4.3mg/Lであった。周辺には果樹園が広がっていることから、当該地点のNO₃⁻-Nはこの果樹園への施肥等に起因するものと思われるが、栽培面積や施肥量の変化により濃度が低下し

たものと思われる。一方、M-4については、6.5mg/Lから7.5mg/Lへと増加しており、ヘキサダイアグラムも、M-16とは逆に、NO₃⁻-Nによる地下水汚染が確認される地域^{12~14)}によく見られる型へと変化しており、今後注視していく必要がある。

6. 湧水の金属成分と地質の関係

渡邊ら¹⁵⁾は熊本県南部地域の地下水における金属成分と地質の関係について調査し、肥薩火山岩類と呼ばれる安山岩類からなる芦北地域のV（バナジウム）濃度（7.67±4.20μg/L）が地質の異なる他の地域よりも高いことを報告している。今回の宇土半島におけるV濃度は、4.6±4.2μg/Lとほぼ同程度の濃度を示しており、同じく安山岩類の地質を反映しているものと考えられる。U-17, S-14及びM-11を除いた最高濃度はU-33の23.6μg/L、次いでU-28の19.8μg/Lであった。U-33については、B（ホウ素）、Se（セレン）、Sb（アンチモン）、Cs（セシウム）及びAs（ヒ素）についても最高濃度を示しており、ヘキサダイアグラム等においても他と異なる水質（Na-HCO₃型）を示していることから、温泉等の影響も考えられる。

また、渡邊ら¹²⁾は、熊本県南部地域の地下水におけるK⁺とRb（ルビジウム）の濃度の関係を調べ、岩石の種類による影響が地下水中のRb濃度に反映されていることを報告している。今回の宇土半島について、U-17, S-14及びM-11を除いた地点におけるK⁺とRbの濃度の関係を図7に示す。U-22及びU-28の2地点のみ大きく外れているが、その他の地点はやや強めの正の相関を示した。渡邊ら¹²⁾は、安山岩類の影響を受けていると考えられる湧水について、K⁺濃度1~2mg/L、Rb濃度4~7μg/Lの範囲に含まれたと報告しているが、今回の宇土半島では、上記2地点を除くすべての地点が、K⁺濃度3.5mg/L以下、Rb濃度11.9μg/L以下の範囲に含まれた。

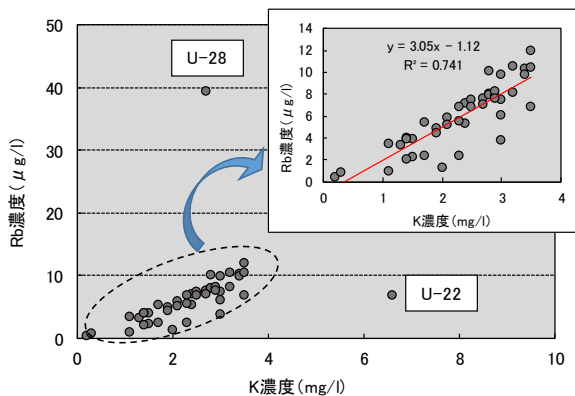


図7 K⁺とRbの濃度の関係

7. クラスタ解析

今回の調査で濃度を測定した13項目のうち、不検出が多い項目（NH₄⁺及びNO₂⁻）を除いた11項目（Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、F⁻、Cl⁻、Br⁻、NO₃⁻、PO₄³⁻、SO₄²⁻及びHCO₃⁻）を使用し、ウォード法によるクラスタ解析を行った。その結果得られたデンドログラムを図8に示す。なお、この図では他の地点と大きく異なる水質を示したU-17, S-14及びM-11を除いて図示している。

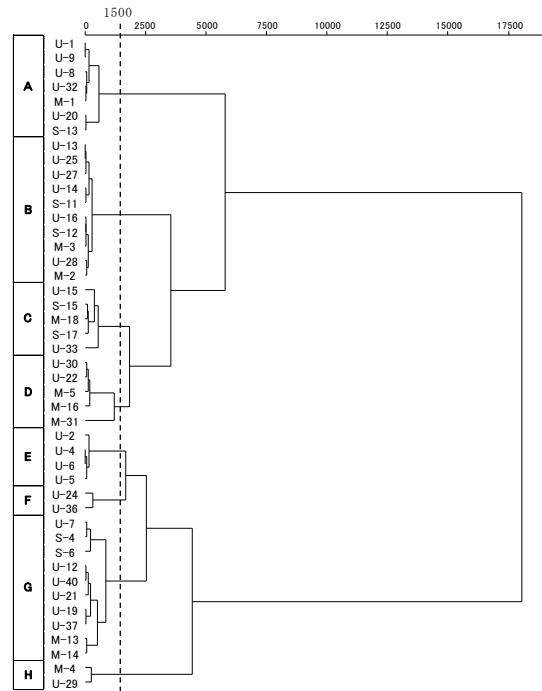


図8 デンドログラム

同解析の結果、平方距離1,500では8つのグループ（A～H）に分類された。各グループに含まれる地点のヘキサダイアグラムを表5に示す。非常に類似した水質ごとに分類できていることが分かる。なお、グループごとに、特に標高、EC及びNO₃濃度に違いが見られたことから、それらの平均値を示すとともに水質の特徴を表5に示す。

8. 湧出機構

今回の調査地域（湧水が確認されている地域）の地質構造は、半島の脊梁をなす大岳や半島突端の三角岳の火山岩類や古第三紀層を基盤としており、当該地域には他地域からの地下水の流入はないものと考えられる。そのため、より標高の高い場所で浸透した雨水が流下することにより、より低い場所で湧出するという単純な構造であると考えられる。この点を踏まえ、6.

表5 各グループのヘキサダイアグラム、各平均値及び水質の特徴

グループ	ヘキサダイアグラム (図8に示された地点順に表示)	平均値			水質の特徴
		標高 (m)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	NO_3^- 濃度 (mg/L)	
A		6.4	151	5.0	・アニオン中の HCO_3^- 濃度の割合が大きいCa- HCO_3 型。 ・グループCとともに標高6m前後だが、EC及び NO_3^- 濃度はグループCより小さい。
B		81.4	123	5.5	・グループAよりも溶存成分量の少ないCa- HCO_3 型。 ・グループGとともに標高が70~80m付近でECが中程度だが、 NO_3^- 濃度はグループGよりも小さい。
C		5.6	203	13.4	・溶存成分量が比較的多く、アニオン中の HCO_3^- 濃度の割合が比較的大きいCa- HCO_3 型及びNa- HCO_3 型。 ・グループAとともに標高6m前後だが、EC及び NO_3^- 濃度はグループAよりも高い。
D		37.1	191	16.7	・溶存成分が比較的多く、アニオン中の HCO_3^- 濃度の割合が5割弱のCa- HCO_3 型及びCa- SO_4 + NO_3 型。 ・グループHとともに標高が20~40mでECが比較的大きいが、 NO_3^- 濃度はグループHよりも小さい。
E		100	74.6	1.0	・グループBよりもさらに溶存成分量の少ないCa- HCO_3 型。 ・グループFとともに標高が大きく(100m及び200m弱)、ECが小さく NO_3^- 濃度が低い。
F		184	75.6	6.8	・グループEよりもさらに溶存成分量の少ないNa- SO_4 + NO_3 型。 ・グループEとともに標高が大きく(100m及び200m弱)、ECが小さく NO_3^- 濃度が低い。
G		66.5	136	17.2	・グループDよりも溶存成分量の少ないCa- HCO_3 型及びCa- SO_4 + NO_3 型。 ・グループBとともに標高が70~80m付近でECが中程度だが、 NO_3^- 濃度はグループBよりも高い。
H		19.1	244	38.7	・溶存成分量が比較的多いCa- SO_4 + NO_3 型。 ・グループDとともに標高が20~40mでECが比較的大きく NO_3^- 濃度が高い。

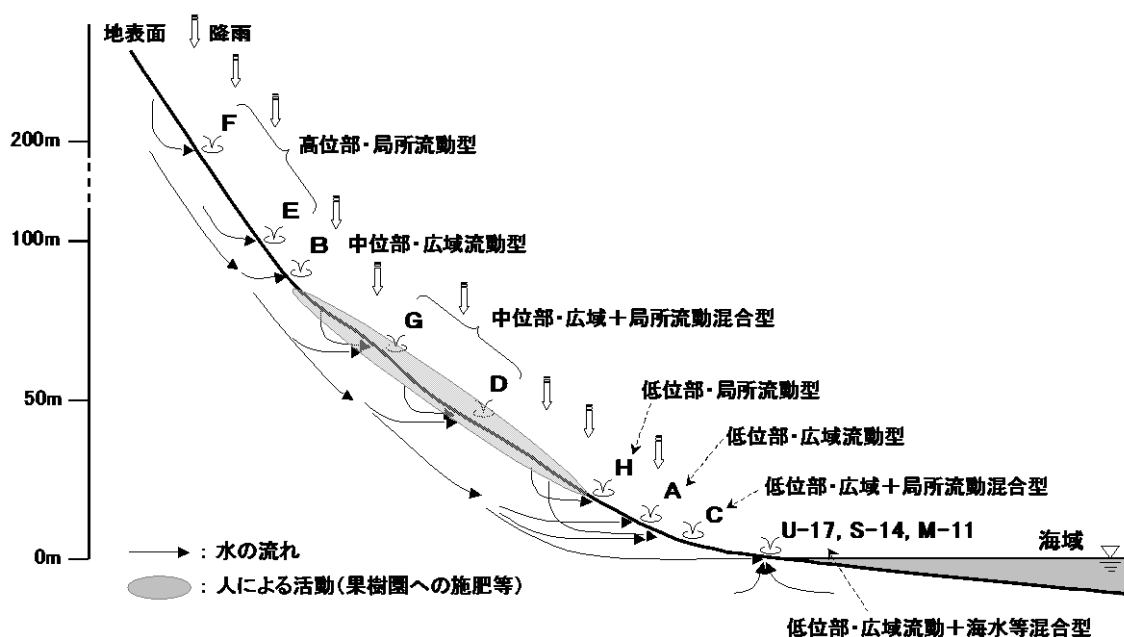


図9 湧出機構(模式図)

におけるクラスター解析結果及び文献¹⁶⁾を参考に当該地域での湧出機構を考察した。ただし、ここではEC(≒イオン分量)を流下してきた距離として捉えるとともに、NO₃⁻濃度を人の活動(果樹園への施肥等)の影響の程度として捉えている。

クラスター解析結果に基づき推察される各グループの湧出機構(模式図)を図9に示すとともに、いくつかの類似したグループをまとめて7つの型としてそれぞれの湧出機構を表6にまとめた。なお、今回は水質の点からの考察にとどまっており、湧出機構をより明確にするには今後、様々なアプローチによるより詳細な調査が必要である。

表6 湧出機構

型	詳細	グループ
高位部・局所流動型	・主に高位部(最源流部含む。標高100m以上)の宙水構造に伴い湧出するもの。 ・イオン分量が非常に少なく、人の活動(果樹園への施肥等)による影響を受けていない。	E F
中位部・広域流動型	・主に高位部で涵養された地下水が中腹部で湧出するもの。 ・イオン分量が少なく、人の活動(果樹園への施肥等)による影響を受けていない。	B
中位部・広域+局所流動混合型	・主に高位部で涵養された地下水に、人の活動(果樹園への施肥等)による影響を受け流域の中位部(標高30~80m)で涵養された地下水が一部加わり、中腹部で湧出するもの。 ・イオン分量が比較的多い。	D G
低位部・局所流動型	・主に低位部の宙水構造に伴い、人の活動(果樹園への施肥等)により影響を受けた地下水が湧出するもの。そのため、硝酸イオン濃度が高い。	H
低位部・広域流動型	・高位部で涵養された地下水が流域末端の海岸付近で湧出するもの。(ただし、流域の流域中間で涵養された地下水も一部付加されている可能性あり) ・イオン分量が比較的多い。	A
低位部・広域+局所流動混合型	・高位部で涵養された地下水に、人の活動(果樹園への施肥等)による影響を受け中位部で涵養された地下水が一部加わり、海岸付近で湧出するもの。 ・イオン分量が比較的多い。	C
低位部・広域流動+海水等混合型	・広域流動に海水等が混入し、湧出するもの。 ・海水混合型: S-14, U-17 ・鉱泉型: M-11	-

まとめ

宇土半島(宇土市並びに宇城市三角町及び不知火町)の湧水の詳細位置(緯度経度)及び現在の状況並びに水質を調査した。

1) 調査地点98地点中、78地点の位置を特定し、

2地点の消滅を確認するとともに、58地点の湧出を確認した。

2) アニオンの組成に違いが見られるものの、概ね類似したCa-HCO₃型の水質を示した。また、一部については、海水の影響等を受けた地点も見られた。

3) V濃度は、安山岩類の地質を反映しているものと考えられる濃度を示した。また、K⁺とRbの濃度の関係では、一部の地点を除きやや強めの正の相関を示した。濃度分布は、他の地域の安山岩類の影響を受けていると考えられる湧水よりもやや広めの範囲に含まれた。

4) 今回の水質と30年余前の水質とを比較した結果、カチオンの組成は1地点を除き小さな変化にとどまった。一方、アニオンの組成は半数以上が大きな変化を示した。

5) クラスター解析結果等を基に、地点を7つの型に分けそれぞれの湧出機構を考察した。

謝辞

本調査の実施に当たり、調査対象の湧水及び井戸の所有者並びに快く聞き取り調査に応じていただきました皆様に深く感謝いたします。また、ヘキサダイアグラム及びトリリニアダイアグラム作成プログラムは、2003年度末に本県を退職された塘岡穰氏が作成されたものでありここに謝意を表します。

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”, (2004), (熊本の湧水研究会).
- 2) 宇土市史編纂委員会編: “新宇土市史 通史編 第1巻” 9-36. (2003), (宇土市).
- 3) 熊本県環境公害部: 熊本県環境基本計画環境特性図(地図集)-宇城・上益城地域 西部版-, (1995).
- 4) 永田武史, 藤本貴大: 熊本県保健環境科学研究所報, 43, 101-107 (2013).
- 5) 永田武史, 小笹康人, 廣畑昌章: 熊本県保健環境科学研究所報, 41, 102-206 (2011).
- 6) 廣畑昌章: 熊本県保健環境科学研究所報, 25, 54-58 (1995).
- 7) 廣畑昌章: 熊本県保健環境科学研究所報, 26, 64-69 (1996).

- 8) 廣畑昌章, 小笹康人: 熊本県保健環境科学研究所報, **35**, 117-122 (2005) .
- 9) 廣畑昌章, 小笹康人: 熊本県保健環境科学研究所報, **36**, 68-73 (2006) .
- 10) 桑元 融: 化学と生物, **22**(7), 439-445(1984) .
- 11) 石飛智稔, 谷口真人, 嶋田 純: 地下水学会誌, **49**(3), 191-204 (2007) .
- 12) 廣畑昌章, 松崎達哉, 藤田一城, 小笹康人, 松岡良三: 熊本県保健環境科学研究所報, **26**, 59-63 (1996) .
- 13) 廣畑昌章, 松崎達哉, 藤田一城, 松下 裕, 松岡良三: 熊本県保健環境科学研究所報, **27**, 77-82 (1997) .
- 14) 廣畑昌章, 松崎達哉, 藤田一城, 松下 裕, 松岡良三: 熊本県保健環境科学研究所報, **28**, 60-65 (1998) .
- 15) 渡邊和博, 前田敏孝, 内田大智, 石原宏明, 小林亜由美, 本田智宣: 熊本県保健環境科学研究所報, **47**, 63-72 (2011) .
- 16) 筑波大学大学院生命環境科学研究科水文科学研究室・熊本大学理学部水文研究室: “筑波大学第一学群自然学類 水文学野外実験 B 大学院生命環境科学研究科地球環境科学専攻水門科学野外実験「山体の水・物質循環を探る」2004年11月24日～29日不知火水文物質循環試験流域”, 19 (2004) .

表1 調査地点の名称及び詳細位置並びに湧出の状況

No.	名称	分類	所在地	文献等*	緯度 経度	状況			採水日
						調査日	湧出	詳細	
U-1	轟水源	湧水	宇土市宮庄町	1),2),3)	32.67856 130.63872	R3.2.14	湧出あり	現在もなお、轟泉簡易水道の水源として利用されている。	R3.5.16
U-2	宮庄簡易水道水源	湧水	宇土市宮庄町	1),2)	32.67750 130.63692	R2.9.21	湧出あり	水槽内の水音により湧出を確認。現在、宮内簡易水道は上水道へ統合されており、簡易水道水源としての利用はない。	R3.6.20
U-3	井川(三蔵)	湧水	宇土市宮庄町三蔵	1)	32.67395 130.63080	R2.9.21	湧出あり	湧出量の減少により、現在、一部、神山水源から給水し、混合して利用されている。	—
U-4	神山水源	湧水	宇土市宮庄町	a)	32.67196 130.63134	R2.9.21	湧出あり	現地聞き取りによりその存在を確認。竹林の中の岩の割れ目から湧出している。神山簡易水道水源として利用されている。	R3.5.16
U-5	光園寺跡毘沙門堂の池	湧水	宇土市神合町神山	1),2),3)	32.67089 130.63768	R2.3.15	雨期に湧出あり	現在、雨期にわずかに湧出が確認できる程度である。	R3.6.20
U-6	光園寺跡毘沙門堂駐車場の湧水池	湧水	宇土市神合町神山	1)	32.67047 130.63775	R2.3.15	湧出あり	U-5と同じ水脈とみられるが、同地点に湧出が確認できない期間でもわずかに湧出が見られる。	R3.5.16
U-7	飯塚湧水	湧水	宇土市恵塚町	3)	32.68193 130.62710	R3.4.3	湧出あり	明確に湧出箇所が確認できるのではなく、谷間の伏流水がこの場所で湧出しているものと思われる。	R3.5.16
U-8	千体仏の水	湧水	宇土市城塚町新村	1),2),3)	32.69230 130.61832	R2.4.4	湧出あり	文献1)では湧出口は井戸となっているが、雨期には池の底部からの湧出も確認される。	R3.5.9
U-9	観音さん(観音堂の水)	湧水	宇土市城塚町新村	1)	32.691400 130.61759	R2.4.4	雨期に湧出あり	現地聞き取りでは、そばの杉の大木が枯れるとともに一旦涸れたが、近年、徐々に復活しているとのこと。雨期に水量が増える模様。	R3.6.27
U-10	鼻咲の水	湧水	宇土市住吉町	1)	32.69862 130.59744	R2.6.21	消滅	十数年前の土砂崩れの際に埋没。特に地元からの湧水復旧の要望もなく、復旧工事が進められた模様。	—
U-11	堤の水	湧水(井戸)	宇土市住吉町	1)	32.70266 130.59032	R2.6.21	状況不明	文献1)の調査当時から井戸状になっていたが、現在、所有者による利用もなく、竹や雑草等により近付くことができません。	—
U-12	岡崎武友家の湧水	湧水	宇土市網引町馬立	1)	32.67786 130.59368	R3.2.23	周囲から湧出あり	井川状の湧水は現在利用されておらず、湧出は確認できず。当該地の周囲からの湧出が見られる。	R3.6.27
U-13	白鹿神社の水(妙見の水)	湧水	宇土市網引町白鹿	1),2),3)	32.66933 130.59664	R2.4.4	湧出あり	湧出箇所には現在屋根が掛けられている。文献1)の調査当時同様、水量は非常に豊富である。	R3.4.25
U-14	安田 弘家の湧水	湧水	宇土市網引町赤木	1)	32.66873 130.59329	R2.12.13	湧出あり	文献1)の調査当時は2箇所湧出していたが、平成28年熊本地震以降、1箇所は枯渇している。	R3.4.25
U-15	井川(小池)	湧水	宇土市長浜町小池	1)	32.70032 130.57408	R2.4.4	雨期に湧出あり	現在、雨期にわずかに湧出が確認できる程度である。	R3.6.20
U-16	天満宮の水	湧水	宇土市長浜町	1),3)	32.69366 130.56667	R2.4.4	雨期に湧出あり	文献1)の調査当時から冬季に枯渇していたが、現在は、雨期にわずかに湧出が確認できる程度である。	R3.6.20
U-17	けけん川(中組の田端の湧水)	湧水	宇土市長浜町	1)	32.69353 130.56512	R2.4.4	湧出あり	現地の聞き取りでは、冬季には水量が減るものの枯渇はせず、近隣のU-16が枯渇している間も湧出が確認できるとのこと。	R3.5.16
U-18	西ん川	湧水	宇土市長浜町	1)	32.69271 130.56529	R2.4.4	雨期に湧出あり	現在、雨期にわずかに湧出が確認できる程度である。	—
U-19	水神さん(北濠(キタン濠))	湧水	宇土市上綱田町清水	1)	32.66686 130.57550	R2.6.14	湧出あり	乾期には水量が減少するものの、年中湧出している。	R3.5.9
U-20	カリン濠	湧水	宇土市上綱田町東	1)	32.66781 130.56891	R2.6.14	湧出あり	年中湧出しているが、乾期には湧出量が非常に少ない。	R3.5.9
U-21	引ノ花の池	池(湧水)	宇土市上綱田町引の花	1)	32.67299 130.56279	R3.4.3	湧出あり	周囲から常時水が流入している池ではないため、当該箇所湧出しているものと思われる。	R3.6.27
U-22	中村健一家近くの湧水	湧水	宇土市上綱田町	1)	32.66879 130.56126	R3.2.23	湧出あり	正確には「鎌守義光家の湧水」である。	R3.7.1
U-23	井川(東)	湧水	宇土市上綱田町又は下綱田町	1)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
U-24	薬師堂の水	湧水	宇土市下綱田町	1)	32.66203 130.56279	R2.6.21	湧出あり	乾期には水量が減少するものの、年中湧出している。	R3.5.16
U-25	ういで水神	湧水	宇土市下綱田町	1)	32.66417 130.56162	R2.11.3	湧出あり	文献1)では湧水との記載はないが、水神の石祠の下から湧出している。	R3.5.9
U-26	水口重光家の湧水	湧水	宇土市下綱田町	4)	32.66459 130.56217	R2.11.3	湧出あり	母屋側と倉庫側に2箇所あり。緯度経度は母屋側の湧水の位置である。	—
U-27	畑田実家の湧水	湧水	宇土市下綱田町	1)	32.66469 130.56184	R2.11.3	湧出あり	家屋前の畑地の端から湧出している。U-25及び26の下位に位置する。	R3.5.9
U-28	蒼土窯工房前の湧水	湧水	宇土市下綱田町	1)	32.66475 130.56143	R2.12.13	湧出あり	現在、蒼土窯工房は他に移っており、特に地域での呼び名もないため、「陣内一敏家前の湧水」と呼ぶ方がより適切である。	R3.5.9
U-29	イノイ濠	湧水	宇土市下綱田町	1)	32.66710 130.55842	R2.6.21	雨期に湧出あり	現在、雨期にわずかに湧出が確認できる程度である。	R3.7.1
U-30	西ん濠(ニシンゴウ)	湧水	宇土市下綱田町	1)	32.66667 130.55616	R2.6.21	湧出あり	外観は文献1)の調査当時とほぼ変化なし。現在も数軒で利用されている。	R3.5.9
U-31	江口建織家の湧水	湧水	宇土市下綱田町	1)	32.66703 130.55488	R2.12.13	湧出あり	江口家への聞き取りでは、付近の道路工事等により水量が減っていたが、平成28年熊本地震の後、さらに湧水量が少なくなったとのこと。	—
U-32	御手洗	湧水	宇土市下綱田町	1),2),3)	32.67039 130.55564	R2.6.14	湧出あり	外観は文献1)の調査当時とほぼ変化なし。現在も地区の水源として利用されている。	R3.5.9
U-33	天満宮	湧水	宇土市下綱田町	1),3)	32.67436 130.55132	R2.6.21	湧出あり	小屋は建て替えられているが、外観は文献2)の調査当時とほぼ変化なし。	R3.5.9

* a) は現地調査により確認された地点

No.	名称	分類	所在地	文献等*	緯度 経度	状況			採水日
						調査日	湧出	詳細	
U-34	ミヨ林濠(ミヨリンゴウ)	湧水	宇土市	1)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
U-35	県道243号線沿いの湧水	湧水	宇土市	1)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
U-36	山崎秀雄家(保夫家)の湧水	湧水	宇土市下網田町	1)	32.65483 130.53022	R2.8.30	湧出あり	竹林の下の岩の割れ目から湧出しているが水量は非常に少ない。	R3.5.16
U-37	古屋敷地区飲料水供給施設水源	湧水	宇土市赤瀬町 古屋敷	1)	32.65050 130.52101	R2.8.30	湧出あり	小屋等の外観は文献1)の調査当時と変化ないが、湧出箇所的小屋には鍵が掛けられており、湧出箇所を直接確認できず。	—
U-38	ナキリの水	湧水	宇土市赤瀬町 松山	1)	32.65382 130.51643	R2.8.23	湧出あり	杉・竹林の中の土壁の割れ目から湧出している。	R3.5.16
U-39	ナキリの水(地藏堂奥の湧水)	湧水	宇土市赤瀬町 松山	1)	—	R2.8.23	湧出あり	地藏堂の奥上方の壁面に流水が確認されたが、雑木林に阻まれ、湧出箇所まで近付けず。	—
U-40	伊佐吉人家の湧水	湧水	宇土市赤瀬町	1)	32.64827 130.51525	R3.2.23	湧出あり	文献1)の調査当時の貯水槽はなくなっているが、雑木林の中の岩の割れ目から少しずつ湧出している。	R3.5.16
S-1	芳賀勝義家の湧水	湧水	宇城市不知火町 小曾部	1),2)	32.65386 130.65109	R2.10.18	状況不明	芳賀家は現在空き家となっており、藪等のため湧出箇所まで近付けず。	—
S-2	清水家後方の湧水	湧水	宇城市不知火町 浦上	1)	32.66455 130.64669	R2.9.21	湧出あり	清水家への聞き取りでは、当該湧水の湧出量は少ないが、隣接したボーリング井戸は自噴しているとのこと。	—
S-3	ドクダミの咲いている土堤の下	湧水	宇城市不知火町 浦上	1)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
S-4	田中家の裏山の崖下の湧水	湧水	宇城市不知火町 浦上	1),2)	32.66436 130.64701	R2.3.15	湧出あり	現在、文献1)の調査当時の屋根はなく、特に利用されていない。	R3.4.25
S-5	浦上妙見神社鳥居前の湧水	湧水	宇城市不知火町 浦上	a)	32.66408 130.647500	R2.3.15	湧出あり	浦上妙見神社鳥居前の参道脇に湧水池として溜まっている。湧水量は少ない。	—
S-6	清水(柚原ハツコ家の裏山の崖下の湧水)	湧水	宇城市不知火町 浦上	1),2)	32.65993 130.64051	R2.10.18	湧出あり	文献1)の記載に誤りと思われる点があるため判断に迷うが、柚原彰弘家の湧水を当該湧水と判断した。	R3.6.20
S-7	柚原ハツコ家隣家利用の湧水	湧水	宇城市不知火町 浦上	1)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
S-8	新村地区の水田とみかん園の崖からの湧水	湧水	宇城市不知火町 浦上	1)	32.65705 130.64175	R2.10.18	湧出あり	文献1)では複数ヶ所で湧出しているように記載されており、その一つと思われる。20mほど離れた今はない民家の庭先の湧水が水田横に流下しているもの。	—
S-9	びょうぶ岩の水	湧水	宇城市不知火町 長崎	1),2)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
S-10	塩屋浦へ行く県道21号線沿いの湧水	湧水	宇城市不知火町	1)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
S-11	清水川(古屋敷道路下の湧水)	湧水	宇城市不知火町 永尾古屋敷	1),2)	32.65236 130.61103	R2.3.15	湧出あり	簡易水道水源として、別途、ボーリング井戸を利用しているため、現在、特に利用されていない。S-12に比べて湧出量が多い。	R3.4.25
S-12	清水川(古屋敷集落内の湧水)	湧水	宇城市不知火町 永尾古屋敷	1)	32.64999 130.60997	R2.3.15	湧出あり	外観は文献1)の調査当時とほぼ変化なし。S-11に比べて湧出量は少ない。	R3.4.25
S-13	永尾神社海岸の湧水	湧水	宇城市不知火町 永尾	1),2)	32.63062 130.61712	R2.10.18	湧出あり	永尾神社そばの海岸の砂礫の間、円形マスの中から湧出している。	R3.4.25
S-14	西山館の湧水	湧水	宇城市不知火町 永尾	1)	32.63117 130.61571	R2.10.18	湧出あり	西山館は既になく、跡地そばの海岸にある消波工の下、数ヶ所から湧出している。	R3.4.25
S-15	田崎井川(山須浦簡易水道水源)	湧水	宇城市不知火町 松合	1),2)	32.63101 130.60964	R2.3.21	湧出あり	文献1)では簡易水道水源とあるが、現在、利用されていない。街並み環境整備の中で東屋風に整備されている。	R3.4.25
S-16	道路を隔てた橋の下の湧水	湧水	宇城市不知火町 松合	1)	—	R2.10.10	消滅	集落内道路の拡幅に伴い埋め戻され、敷地は現在、道路の一部となっている。文献1)に「山須浦簡易水道水源」として紹介されている写真は同水源ではなく、当該湧水である。	—
S-17	松合自噴井	自噴井	宇城市不知火町 松合	a)	32.63011 130.60725	R2.10.10	自噴	現地聞き取りによりその存在を確認。松合地区内で少なくとも2ヶ所の自噴井あり。	R3.6.20
M-1	清水(大口の湧水)	湧水	宇城市三角町 大口	1),2)	32.62918 130.57478	R2.3.21	湧出あり	井戸や小屋の外観は文献1)の調査当時と変化なし。	R3.4.25
M-2	底江の一本杉	湧水	宇城市三角町 手場底江	1),2)	32.63280 130.56116	R2.3.21 R3.6.20	雨期に湧出あり	R2.3の調査では湧出は確認できなかったが、R3.6にはわずかであるが湧出が確認できたことから、雨期のみ湧出する可能性あり。	R3.6.20
M-3	赤木水源	湧水	宇城市三角町 郡浦	1),2)	32.64601 130.55319	R2.8.30	湧出あり	文献1)の調査当時と変わらず湧出している。湧出箇所に隣接する山田水神社付近は公園として整備されている。	R3.4.25
M-4	志水の水(鶴ノ水水源)	湧水	宇城市三角町 中村	1),2)	32.62562 130.51733	R2.3.21	湧出あり	小屋が設置されるなど現代風に整備され、文献1)の調査時と様子が大きく異なっている。	R3.4.25
M-5	荒木覚家の湧水	湧水	宇城市三角町 中村石打	1),2)	32.64433 130.50599	R2.8.23	湧出あり	家屋裏の石垣下から湧出しており、一部を円形マスに貯め利用されている。	R3.5.16
M-6	石打地区の道端の湧水	湧水	宇城市三角町 中村石打	1)	32.64293 130.50593	R2.8.23	涸渇	湧出を確認できず枯渇したと思われる。ただし、季節による湧出の可能性も残る。	—
M-7	小田良簡易水道水源	湧水	宇城市三角町 波多小田良	1),2)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
M-8	耕場の湧水	湧水	宇城市三角町 波多耕場	a)	32.64191 130.49873	R2.8.30	湧出あり	元々の湧出箇所は涸れていて、近くの別の湧水を導水している。	—
M-9	井川(大人形)	湧水	宇城市三角町 波多	1),2)	32.64073 130.49263	R2.8.30	湧出あり	文献1)の調査当時に既に季節によって水量が変化すると記載されており、今回の調査時も水量は非常に少なかった。	—
M-10	大田尾簡易水道水源	湧水	宇城市三角町 波多大田尾	2)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—

* a) は現地調査により確認された地点

c	名称	分類	所在地	文献等*	緯度 経度	状況			採水日
						調査日	湧出	詳細	
M-11	金桁鉱泉(第2泉源)	鉱泉	宇城市三角町波多金桁	3)	32.62291 130.50424	R3.6.17	湧出あり	温泉用の水源とは別に飲用として供されている。口にするとう金属臭(味)と気泡感あり。	R3.6.20
M-12	三本杉	湧水	宇城市三角町波多	2)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
M-13	鶴山神社そばの湧水	湧水	宇城市三角町波多宮崎	a)	32.62177 130.48471	R2.8.30	湧出あり	湧出箇所及び貯水槽は、背の低いタン小屋で囲まれている。現在でも生活用水として利用されている。	R3.6.20
M-14	大久保井川(宮崎の湧水)	湧水	宇城市三角町波多宮崎	1)	32.62101 130.48328	R2.6.21	雨期にわずかに湧出	現地聞き取りの結果、「大久保井川」の名称ではあまり呼ばれていない模様。雨期にわずかに湧出が確認できる程度である。	R3.6.27
M-15	宮崎の湧水(大久保井川の隣の湧水)	湧水	宇城市三角町波多宮崎	a)	32.62106 130.48325	R2.8.30	湧出確認できず	コンクリートマスに溜まっているが、明確な湧出を確認できず。	—
M-16	御手洗水源	湧水	宇城市三角町波多宮崎	1),2)	32.61935 130.48152	R2.8.23	湧出あり	現在も大量に湧出しており、湧水池へ流下している。	R3.6.20
M-17	みかん園の崖下の湧水	湧水	宇城市三角町波多宮崎	1)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
M-18	陣の水	湧水	宇城市三角町波多東港	1),2)	32.61011 130.48013	R2.6.21	湧出あり	湧出はあるが、水源地はコンクリートマス状になっており、直接湧出口を確認できず。	R3.5.9
M-19	古水簡易水道水源	湧水	宇城市三角町波多古水	1),2)	—	R2.10.3	明確な位置は不明だが湧出あり	貯水槽の位置は、北緯:32.62070、東経:130.47333である。現地聞き取りの結果、湧出口は貯水槽からさらに北側に行った杉林の中にある模様。	—
M-20	古水集落の上の杉林の中の湧水	湧水	宇城市三角町波多古水	1),2)	—	—	状況不明	文献1)及び現地聞き取りによる情報だけでは位置を特定できず。	—
M-21	広田繁光家前の井戸	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1)	32.62572 130.45264	R2.11.3	—	現在、利用されていない。敷等により井戸まで近付けず状況不明。広田家への聞き取りでは、同家のものではなく、共同井戸の模様。	—
M-22	西山靖家前の井戸	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1)	32.62478 130.45191	R2.11.3	—	現在、利用されていない。西山家への聞き取りでは共同井戸とのことである。	—
M-23	田崎進二郎家の井戸(水神さんのある井戸)	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1)	32.62440 130.45169	R2.11.3	—	文献1)では、田崎家の井戸と記載されているが、田崎家への聞き取りでは、同家のものではなく共同井戸とのことである。現在、利用されていない。	—
M-24	田崎進二郎家(屋敷内)の井戸	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1)	32.62413 130.45155	R2.11.3	—	田崎家への聞き取りでは、当該井戸を含め、他に2つ井戸を所有しているとのこと。	—
M-25	竹田セツ子家の井戸	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1)	32.62360 130.45178	R2.10.18	—	現在、竹田家もなく利用されていない。現地聞き取りの結果、当該地は近所の河口家の土地の模様。	—
M-26	水上家の井戸	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1)	32.62355 130.45202	R2.10.18	—	現在、水上家もなく利用されていない。	—
M-27	河口憲一家の井戸	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1)	32.62392 130.45238	R2.10.18	—	文献1)の調査当時の井戸小屋はなく、背の低い小屋へ建て替えられている。現在利用されていない。	—
M-28	相生の井戸	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1)	32.62425 130.45304	R2.6.14	—	「勝軍井戸」同様、三角西港遺跡として整備されている。	—
M-29	勝軍井戸(将軍井戸)	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1)	32.62430 130.45435	R2.6.14	—	文献1)では「将軍井戸」とされているが、現地の説明板には「勝軍井戸」とある。三角西港遺跡として整備されている。	—
M-30	新井戸(岡本保人家横)	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1)	32.62385 130.45507	R2.10.18	—	現地聞き取りにより、文献1)における「新井戸」と「岡本保人家の井戸」が同一井戸と判明した。現在利用されていない。	—
M-31	旧郡役所下の井戸	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1),2)	32.62248 130.45718	R2.6.14	—	現在も利用されている。手押しポンプは壊れているものの井戸の外観は文献1)の調査当時と変化なし。	R3.6.27
M-32	保木の下井戸	井戸	宇城市三角町三角浦西港	1),2)	32.62006 130.45881	R2.10.10	—	空き家の隣にあり、現在利用されていない。	—
M-33	道路沿い花壇の湧水	湧水	宇城市三角町三角浦西港	1)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
M-34	荒川の井戸	井戸	宇城市三角町三角浦	1),2)	32.61766 130.46211	R2.10.10	—	井戸の外観は文献1)の調査当時とほぼ変化なし。現在利用されていない。	—
M-35	別邸(毛利衛氏在住)内井戸	井戸	宇城市三角町三角浦	1)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
M-36	浅木信夫家の湧水	湧水	宇城市三角町三角浦本町	1),2)	32.61142 130.46347	R2.10.10	湧出確認できず	岩に囲まれた深さ55cmの穴に水深20cmの水が溜まっているが、濁りがあり明確な湧出は確認できず。	—
M-37	殿の川	井戸	宇城市三角町三角浦本町	1),2)	32.61141 130.46373	R2.10.10	消滅	国道57号道路拡幅に伴い埋め戻され、現在、小屋の敷地の一部となっている。	—
M-38	天神川	不明	宇城市三角町三角浦本町	2)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—
M-39	犬槽(いんにゃぐら)	湧水	宇城市三角町戸馳	1),2)	—	R2.10.3	状況不明	海岸にそれらしき水の流れが確認できるが、断崖や藪等により湧出箇所まで近付けず。	—
M-40	犬槽の井戸	井戸	宇城市三角町戸馳	4)	32.57699 130.48805	R2.10.3	—	片島灯台(鳥馳島灯台)の宿舎で利用していた井戸。現在利用されておらず。	—
M-41	造船所横の湧水	湧水	宇城市三角町戸馳	1)	—	—	—	文献1)による情報だけでは位置を特定できず。	—

* a) は現地調査により確認された地点

表2 水質調査結果

地点名	U-1	U-2	U-3	U-4	U-5	U-6	U-7	U-8	U-9	U-12	U-13	U-14	U-15	U-16	U-17	U-19	U-20	U-21	U-22	U-24	U-25	U-27	U-28	U-29	U-30	U-32	U-33	U-36	U-38
湧水	5/16	6/20	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16	6/27	6/27	6/27	4/25	4/25	6/20	6/20	5/16	5/9	5/9	6/27	7/1	5/16	5/9	5/9	5/9	7/1	5/9	5/9	5/9	5/16	5/16
水温 (°C)	16.7	17.3	16.7	16.7	18.9	18.4	20.4	17.3	18.4	15.8	15.9	15.9	17.3	16.3	17.1	15.9	16.5	19.6	18.1	16.2	16.5	17.0	16.5	20.4	17.8	19.4	19.8	16.7	18.2
pH	7.2	6.6	7.3	6.8	7.4	7.4	7.2	8.5	7.4	7.4	7.4	7.4	7.3	7.1	7.2	7.2	6.6	6.8	7.4	6.7	6.7	7.4	7.2	6.8	7.6	7.4	6.5	6.7	
EC (μS/cm)	110	71	75	82	71	128	143	132	138	118	102	113	186	132	495	420	144	174	214	54	110	108	116	222	202	145	219	97	
Na ⁺ (mg/L)	6.1	4.2	4.4	5.1	4.1	6.4	9.4	8.1	7.9	5.9	6.4	17.8	17.8	7.8	58.4	6.3	6.9	8.5	8.0	4.3	7.0	6.9	6.7	7.7	9.1	7.8	25.5	6.8	
NH ₄ ⁺ (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
K ⁺ (mg/L)	1.4	1.3	0.3	1.1	1.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	1.5	3.0	2.4	5.8	1.4	2.1	3.2	6.6	0.2	3.2	3.0	2.7	2.3	3.0	2.8	3.5	2.0	1.9	
Mg ²⁺ (mg/L)	3.3	2.1	2.0	2.8	2.2	3.5	4.2	3.8	2.6	2.5	3.2	4.6	4.0	8.7	3.4	3.7	5.9	6.6	1.6	2.5	2.6	2.7	5.5	5.6	4.5	4.2	1.9	3.1	
Ca ²⁺ (mg/L)	10.2	5.5	6.0	7.3	5.7	10.4	12.6	11.5	8.8	9.2	10.7	10.0	10.5	19.5	10.7	14.3	9.3	9.1	10.3	22.9	19.4	13.3	11.0	5.3	9.7				
F ⁻ (mg/L)	0.04	0.03	0.05	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.07	0.02	
Cl ⁻ (mg/L)	4.2	4.1	4.2	3.2	3.1	4.6	4.9	4.3	3.7	4.2	3.7	4.2	3.7	8.2	92.5	5.2	5.7	5.8	9.4	4.9	5.6	5.7	5.7	6.5	5.4	5.2	12.8	3.6	
NO ₂ ⁻ (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Br ⁻ (mg/L)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	0.04	0.34	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.02
NO ₃ ⁻ (mg/L)	3.5	2.8	0.8	0.2	0.2	0.2	2.7	2.5	3.1	9.2	1.8	1.8	14.0	8.2	10.8	13.1	15.6	6.5	19.1	4.1	3.0	4.0	6.4	44.0	22.4	5.1	19.4	9.4	
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	1.4	1.0	1.0	1.2	1.2	2.6	2.2	1.9	10.6	2.7	3.8	6.3	2.4	15.1	3.5	7.5	4.6	15.5	4.1	3.0	3.0	5.0	21.2	19.2	2.3	9.3	20.0	4.7	
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.14	0.08	0.15	0.04	0.07	0.16	0.11	0.10	0.11	0.08	0.08	0.12	0.10	0.37	0.03	0.06	0.05	0.07	<0.02	<0.02	0.09	0.10	0.10	0.06	0.07	0.11	0.39	0.06	
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	6.22	20.0	27.9	34.8	28.4	28.5	73.0	63.1	32.6	44.7	49.3	49.6	46.0	70.8	26.2	35.5	78.9	49.1	7.6	43.8	40.7	35.2	32.7	44.8	66.9	67.8	4.4	24.5	
Li (μg/L)	0.9	0.2	<0.1	0.3	0.4	<0.1	0.4	0.3	1.1	0.5	<0.1	1.4	0.4	1.2	<0.1	0.4	0.3	<0.1	0.3	<0.1	0.1	0.8	0.7	2.1	<0.1	<0.1	0.5	2.9	
B (μg/L)	5.7	2.7	4.0	1.8	7.4	4.5	8.8	8.0	8.9	6.2	5.5	14.5	5.1	25.0	5.2	6.8	6.1	14.6	4.8	6.0	6.3	33.8	13.7	9.2	8.1	35.0	17.1	5.0	
Al (μg/L)	2.1	4.06	12.0	120	1256	55.4	9.1	2.4	18.7	8.4	76.5	12.2	74.3	41.1	8.0	4.8	46.9	13.5	33.2	8.3	42.1	225	98.1	1.3	0.8	1.1	85.3	84.8	
V (μg/L)	5.5	1.0	3.4	3.1	7.0	1.7	6.9	6.5	1.6	6.0	4.5	7.4	2.9	4.8	1.5	2.4	4.6	2.0	0.4	4.9	19.8	2.9	2.8	5.9	23.6	0.4	3.1		
Cr (μg/L)	0.3	<0.1	0.6	1.2	0.8	0.1	0.3	0.3	<0.1	0.2	0.2	0.7	0.2	0.3	0.6	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	1.0	0.2	0.2	0.3	0.5	0.5	0.2	
Mn (μg/L)	<0.5	<0.5	<0.5	0.9	9.8	0.7	<0.5	<0.5	1.3	<0.5	1.1	<0.5	0.8	0.7	<0.5	0.5	3.3	<0.5	2.0	<0.5	2.0	<0.5	<0.5	1.5	1.3	<0.5	<0.5	1.6	
Fe (μg/L)	4.2	20.1	4.2	38.0	681.0	24.1	3.8	<0.5	60.1	2.4	27.7	5.0	30.6	17.5	2.8	<0.5	37.8	4.0	97.8	1.8	11.9	69.6	30.7	2.5	<0.5	<0.5	38.8	23.5	
Ni (μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.6	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Cu (μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Zn (μg/L)	<0.5	<0.5	<0.5	2.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
Ce (μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
As (μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	0.5	0.4	0.2	0.3	0.5	<0.1	0.6	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	<0.1	<0.1	0.3	9.0	<0.1	
Se (μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.2	0.1	<0.1	<0.1	0.4	<0.1	
Rb (μg/L)	6.8	3.9	3.3	0.8	3.4	4.9	7.8	7.6	8.2	8.0	3.9	3.8	5.3	4.7	4.0	5.9	8.1	6.8	0.4	10.5	9.8	39.4	5.5	6.1	7.9	6.8	1.3	4.4	
Sr (μg/L)	107	72.5	69.2	84.9	55.3	139	132	115	95.0	86.0	91.8	112	115	144	111	149	179	197	23.4	86.2	86.3	463	162	209	145	118	78.5	107	
Mo (μg/L)	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	0.4	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	0.1	0.3	0.2	<0.1	0.3	0.4	0.1	0.3	1.4	0.1	0.2	1.2	<0.1	<0.1	
Cd (μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Sb (μg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.05	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01	0.40	<0.01	
Cs (μg/L)	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.3	0.2	0.7	<0.1	<0.1	0.3	0.9	<0.1	
Ba (μg/L)	8.2	4.9	2.5	6.8	14.8	6.3	4.9	4.1	13.5	8.5	1.3	3.7	5.1	2.3	2.0	4.2	9.4	30.4	2.5	11.1	8.4	29.9	5.5	4.8	5.1	23.4	42.3		
Pb (μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
SiO ₂ (mg/L)	41.4	24.2	37.2	39.3	39.1	30.7	47.0	46.2	46.8	44.1	33.0	39.9	45.6	40.3	32.9	37.5	49.2	23.4	12.2	53.9	52.3	45.4	36.0	38.7	46.5	56.1	20.0		
標高* (m)	8.4	26.1	125.7	131.4	116	104.7	2.8	3.9	32.6	87.1	88.9	3.1	4.8	3.4	101.2	48.1	14.5	21.4	17.6	176	84	76	76	28.1	24.9	6.1	2.9	192	

No.	地点名	U-40	S-4	S-6	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-17	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-11	M-13	M-14	M-16	M-18	M-31	平均(標準偏差)
	伊佐吉人家の湧水	5/16	4/25	6/20	4/25	4/25	4/25	4/25	4/25	6/20	4/25	6/20	4/25	5/16	6/20	6/20	6/20	6/27	6/20	5/9	6/27	—
	採水日(2021年)	17.6	17.6	18.7	15.9	16.8	17.8	18.0	18.6	18.5	16.8	19.5	16.1	17.9	17.6	18.4	17.9	18.6	18.2	19.0	18.1	17.7 ± 1.2
	水温(°C)	6.8	6.8	7.3	7.1	7.0	7.2	7.2	6.9	7.2	6.9	7.1	6.1	6.1	7.1	5.6	7.0	6.8	6.8	6.5	6.8	7.0 ± 0.4
	pH	124	145	139	132	135	187	11680	213	169	167	143	141	266	177	792	161	151	181	227	200	407 ± 1666
	EC(μS/cm)	7.3	7.7	6.5	7.2	7.4	10.1	2121	14.4	8.7	8.9	8.7	8.1	12.5	9.4	28.4	9.9	9.3	8.9	13.2	11.7	54.0 ± 304.8
	Na ⁺ (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.28	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.09 ± 0.13
	NH ₄ ⁺ (mg/L)	1.7	2.4	2.1	2.5	2.7	3.0	82.5	3.4	3.5	3.5	3.4	2.8	2.5	2.7	3.5	1.5	1.4	1.7	2.3	1.1	4.2 ± 1.16
	K ⁺ (mg/L)	2.8	4.3	3.9	3.8	3.9	5.7	240	6.4	5.5	4.5	3.0	3.2	7.7	4.5	39.7	4.8	4.6	4.6	7.6	6.7	9.8 ± 34.4
	Mg ²⁺ (mg/L)	10.4	12.0	11.1	11.9	12.0	17.1	101	15.9	14.5	16.1	12.2	12.7	24.5	15.6	90.9	11.8	11.7	12.5	21.3	16.2	15.9 ± 17.5
	Ca ²⁺ (mg/L)	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.43	0.04	0.05	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.07	0.05 ± 0.06
	F ⁻ (mg/L)	7.5	6.1	5.0	4.8	5.1	6.9	378.7	10.8	7.5	6.2	6.9	6.8	9.7	8.8	7.3	7.0	6.8	7.2	13.4	11.7	87.2 ± 545.5
	Cl ⁻ (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01 ± 0.01
	NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	1.28	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.32 ± 1.88
	Br ⁻ (mg/L)	7.7	22.2	29.1	4.0	7.2	9.8	5.2	13.9	10.4	4.8	6.0	12.4	33.3	20.8	0.0	14.9	18.4	18.9	9.0	2.2	10.9 ± 9.5
	NO ₂ ⁻ (mg/L)	9.6	1.9	9.7	2.5	4.7	1.5	52.3	13.2	6.9	5.2	4.7	26.0	2.7	7.8	20.2	18.5	21.4	9.3	32.7	19.1	74.7 ± 8.2
	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	0.08	0.17	0.06	0.09	0.13	0.15	0.42	0.13	0.09	0.27	0.11	0.16	0.13	0.13	0.02	0.10	0.10	0.13	0.13	0.02	0.12 ± 0.08
	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	28.6	34.4	22.2	52.2	43.2	79.2	102	60.1	62.1	68.0	40.5	42.6	24.2	46.6	85.4	31.5	25.4	58.0	36.9	45.5	20.4 ± 17.7
	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	0.9	0.8	0.3	0.3	0.4	0.9	33.3	0.9	1.0	1.7	0.8	0.9	1.3	0.8	11.9	0.1	0.2	0.3	3.8	2.5	4.7 ± 19.2
	Li ⁺ (μg/L)	5.0	3.5	2.9	5.5	6.1	5.1	87.3	12.7	6.2	7.1	8.8	5.0	4.7	4.6	50.0	7.2	7.3	7.9	5.7	10.7	27.5 ± 125.0
	B(μg/L)	698	4.9	55.5	1.5	67.6	6.9	95.1	1.8	0.5	2.3	17.5	3.8	1.2	20.9	0.9	16.3	165	326	0.8	136	99.5 ± 2100
	Al(μg/L)	4.1	4.9	1.3	4.7	5.1	6.0	10.3	5.7	6.6	6.0	4.8	4.2	3.6	4.5	0.1	1.7	1.7	2.3	4.5	0.4	4.8 ± 4.2
	V(μg/L)	0.3	0.4	0.2	0.4	0.4	0.3	0.5	0.7	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	<0.1	1.2	1.2	1.3	0.3	0.3	0.4 ± 0.3
	Cr(μg/L)	2.9	<0.5	0.6	<0.5	0.7	<0.5	6.0	<0.5	<0.5	<0.5	55.8	<0.5	<0.5	<0.5	436	3.5	5.7	2.6	<0.5	1.2	23.5 ± 90.6
	Mn(μg/L)	173	2.0	25.5	<0.5	22.2	3.8	65.1	<0.5	0.7	<0.5	20.2	0.9	<0.5	8.7	2100	67.6	62.6	111	<0.5	68.8	106.5 ± 346.4
	Fe(μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5 ± 0.4
	Ni(μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	24.8	<0.1	<0.1	0.6	<0.1	0.5	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	0.2	4.0	0.9	2.8 ± 7.0
	Cu(μg/L)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	4.1	<0.5	<0.5	1.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.0	0.6	0.7	<0.5	2.5	2.9	1.8 ± 1.1
	Zn(μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1 (全地点)
	Ge(μg/L)	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	0.7 ± 1.9
	As(μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2 ± 0.1
	Se(μg/L)	5.4	7.1	5.2	7.5	7.6	7.5	28.8	10.3	10.4	11.9	9.8	10.1	6.8	7.0	4.8	2.2	2.0	2.4	2.4	0.9	7.1 ± 6.5
	Rb(μg/L)	106	142	139	134	122	196	1561	190	142	151	113	125	290	171	1234	188	183	170	243	74.7	191.8 ± 285.3
	Sr(μg/L)	<0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	2.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4 ± 0.5
	Mo(μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1 (全地点のみ)
	Cd(μg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.05 ± 0.10
	Sb(μg/L)	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.6	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3 ± 0.2
	Cs(μg/L)	15.5	12.4	12.7	10.5	11.6	16.6	13.8	21.7	12.4	9.3	12.3	10.9	9.2	19.7	944.0	17.3	16.0	21.6	55.6	5.3	31.8 ± 134.9
	Ba(μg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.7	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.6 ± 0.7
	Pb(μg/L)	0.01	0.02	<0.01	0.09	0.09	0.06	0.74	0.09	0.08	0.21	0.02	0.05	0.04	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.09 ± 0.13
	U(μg/L)	42.9	56.7	46.2	49.7	49.8	59.9	42.2	59.1	61.0	53.9	49.0	54.6	67.7	49.3	67.1	31.7	30.7	28.8	54.9	14.1	43.0 ± 12.6
	SiO ₂ (mg/L)	91	12.4	27.1	15.3	13.1	0	0	0	9	4	9	24	89	10	70	10	70	77	60	9	53.2 ± 52.2
	標高*(m)																					56.5 ± 52.3

* 標高は「地理院地図/GSImaps/国土地理院」上で、現地調査で得た緯度経度を入力することにより表示された標高を示している。

3・2 資料

1) 感染症発生動向調査に伴う病原体検査 (2020 年度)

前田莉花 佐藤磨美 原田誠也 槐島翔一郎* 平野孝昭 森美聡 八尋俊輔

はじめに

熊本県感染症発生動向調査事業に基づき、2020 年度に検査依頼のあった検体について病原体検査を実施した結果を取りまとめたので報告する。

調査方法

1. 検査材料

県内の病原体定点やその他の医療機関で採取された咽頭ぬぐい液(鼻咽拭い液及び鼻汁を含む)、結膜ぬぐい液、便及び髄液を検体とした。各種検体の受付数は表 1 に示した。搬入された検体は、検査に供するまで 4℃または-80℃で保存した。

2. 検査方法

検査方法については、既報^{1),2)}及び国立感染症研究所が定めるマニュアル³⁾に準じ、PCR 法、マイクロプレートによる細胞培養法で検査を実施した。分離ウイルスの同定は PCR 法、シーケンス法を用いた。

結 果

2020 年度は、病原体定点である 4 医療機関から臨床検体 172 件の検査依頼があり、105 件から病原微生物が分離、あるいは遺伝子が検出された。疾患別ウイルス検出数を表 2 に示す。

1. 呼吸器系ウイルス(インフルエンザ、その他呼吸器系ウイルス)

呼吸器系ウイルスは、インフルエンザ、RS ウイルス感染症、上気道炎、下気道炎、その他呼吸器疾患と診断された患者検体のうち、混合感染を含め 65 検体から分離、あるいは遺伝子が検出された。その内訳は、ヒトライノウイルスが 54 件、ヒトボカウイルスが 6 件、ヒトコロナウイルス NL63 型が 3 件、パラインフルエンザウイルス 4 型が 2 件、RS ウイルスが 1 件であった。

また、この項にこれまで挙げた疾患以外からもヒトライノウイルスが 3 件検出された。

2. 下痢症ウイルス(ノロウイルス)

感染性胃腸炎と診断された患者検体のうち、7 検体からノロウイルス G2 の遺伝子が検出された。

3. アデノウイルス

アデノウイルスは流行性角結膜炎、その他結膜炎等と診断された患者検体のうち、15 検体から分離、あるいは遺伝子が検出された。その内訳は、11 型が 2 件、37 型が 2 件、53 型が 3 件、56 型が 1 件、型別不明(NT)が 7 件であった。

また、上気道炎と診断された患者検体からもアデノウイルス(内訳:型別不明(NT))が 2 件検出された。

4. その他の病原微生物

感染性胃腸炎と診断された患者検体から、パレコウウイルスが 5 件検出された。また、ヘルパンギーナ、手足口病、流行性耳下腺炎及びその他ウイルス感染症と診断された患者検体からヘルペスウイルスが 11 件検出された。

ま と め

2020 年度は、新型コロナウイルス感染症が流行し、その他の感染症が例年と比べ減少した。特にインフルエンザウイルス及びエンテロウイルスについては、1 件も検出されなかった。今後も事業を継続し、経年的なデータを蓄積することが県民に向けた感染症の注意喚起につながると考えられる。

文 献

- 1) 西村浩一, 松尾繁, 田端康二, 甲木和子: 熊本県保健環境科学研究所報, **30**, 49 (2000) .
- 2) 松尾繁, 田端康二, 西村浩一, 甲木和子: 熊本県保健環境科学研究所報, **31**, 71 (2001) .
- 3) 病原体検出マニュアル(国立感染症研究所作成)
<http://www.nih.go.jp/niid/ja/labo-manual.html>.

*現健康福祉部健康危機管理課

表 1 検体受付数

病原体定点種別	検体数	検体種別			
		咽頭ぬぐい液	結膜ぬぐい液	便	髄液
小児科	132	113	-	19	-
インフルエンザ	2	2	-	-	-
眼科	36	-	36	-	-
基幹	2	-	-	-	2
合計	172	115	36	19	2

表2 疾患別ウイルス検出数 [令和2年(2020年)4月1日~令和3年(2021年)3月31日]

疾患名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	
インフルエンザ	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	
	Human boca 陰性										1		1	
インフルエンザ様疾患	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性										1		1	
RSウイルス感染症	検体受付数	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	RSV+Parainfluenza 4 陰性		1										1	
上気道炎	検体受付数	0	3	0	0	11	2	10	9	6	5	4	58	
	Adeno NT		1								1		2	
	Human boca							1					2	
	Human corona NL63									1			3	
	Human rhino					9	2	9	6	5	2	3	5	41
	Parainfluenza 4+Human rhino													1
	陰性		1			2			3		2	1		9
下気道炎	検体受付数	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	
	Human boca							1					1	
	Human rhino 陰性							1					1	
百日咳	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
ヘルパンギーナ	検体受付数	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	8	
	HHV-7							1					1	
	Human rhino 陰性					1	1						2	
手足口病	検体受付数	0	0	0	6	5	0	1	0	1	0	0	13	
	HHV-6				5	1							6	
	陰性				1	4		1		1			7	
発疹症	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
突発性発疹	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
咽頭結膜熱	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
伝染性紅斑	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
麻疹	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
風疹	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
水痘	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
	Human rhino								1				1	
	陰性												0	
心筋炎	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
無菌性髄膜炎	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
細菌性髄膜炎	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
脳炎・脳症等	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
流行性耳下腺炎	検体受付数	0	5	0	1	0	0	0	1	0	0	0	7	
	HHV-5		1										1	
	陰性		4		1				1				6	
不明熱	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	陰性												0	
感染性胃腸炎	検体受付数	0	2	0	0	2	0	1	6	2	5	1	19	
	Noro G2								2	2	2		6	
	Parecho NT							1	2			1	4	
	Noro G2+Parecho NT										1		1	
	陰性		2			2			2		2		8	
流行性角結膜炎	検体受付数	1	0	1	0	4	0	1	0	1	1	0	9	
	Adeno 11										1		1	
	Adeno 37									1			1	
	Adeno 53					3							3	
	Adeno NT	1		1		1		1					4	
	陰性												0	
	その他結膜炎等	3	5	6	0	2	0	2	4	2	2	1	0	27
その他呼吸器	検体受付数	0	1	0	0	3	1	3	5	0	0	0	14	
	Human boca												1	
	Human rhino					3	1	3	3				10	
	Human rhino+Human boca								1				1	
	陰性		1						1				2	
その他	検体受付数	0	1	0	1	0	3	3	1	0	0	2	11	
	HHV-1						1						1	
	HHV-6		1										1	
	HHV NT							1					1	
	陰性				1		2	2	1			2	8	
検体受付総数	4	18	7	8	33	8	23	27	12	13	10	9	172	
陽性	2	7	2	5	18	6	18	15	10	8	5	9	105	
陰性	2	11	5	3	15	2	5	12	2	5	5	0	67	

2) 日本脳炎調査 (2020 年度)

平野孝昭 槐島翔一郎* 八尋俊輔

はじめに

日本脳炎 (以下「JE」という。) は、JE ウイルス (以下「JEV」という。) を保有している蚊 (主にコガタアカイエカ) によって媒介される感染症で、典型的なヒトの臨床像は急性髄膜脳炎である。数十年前には全国で年間 1,000 人を超える患者が発生していた JE だが、ワクチンの普及により患者数は激減し、1992 年以降は一桁台が続いていた。2016 年は 25 年ぶりに 10 人を超える患者が報告された¹⁾。JE は、発症すると致死率 (20~40%程度) が高く、回復後も半数近くに後遺症がみられることから、ワクチンの積極的接種が推奨されている。

本県では例年、厚生労働省の感染症流行予測事業の一環として、JEV に対する飼育ブタの 2ME 感受性抗体保有状況調査を行っている。

調査方法

1. ブタ血清の赤血球凝集抑制 (HI) 抗体及び 2-メルカプトエタノール (2ME) 感受性抗体調査

2020 年 7 月 20 日から 2020 年 9 月 29 日の間 (8 月 3 日から 17 日及び 9 月 14 日から 21 日の週は未実施) の計 6 日間に渡って、県内の養豚場から熊本県畜産流通センター (菊池市七城町) に搬入された飼育ブタ (原則として飼育業者別に 5 検体ずつ) の放血血液を各日 15 検体計 90 検体採取した。採取した血液は血清を分離後、常法²⁾により HI 抗体価と新鮮感染の指標である 2ME 感受性抗体価を測定した。

2. ブタ血清中の JEV 遺伝子検出

HI 抗体価測定に用いたブタ血清から、Real time PCR 法³⁾で JEV 遺伝子を検出した。

結果及び考察

1. ブタ血清の赤血球凝集抑制 (HI) 抗体及び 2-メルカプトエタノール (2ME) 感受性抗体調査

飼育地別のブタ血清中の HI 抗体保有状況を表 1 に示す。2020 年度に最も早く HI 抗体が確認されたのは、7 月 20 日の熊本市北区植木町で、その後 HI 抗体

陽性率は増加し、8 月 25 日以降は 100%となった。

次に、HI 抗体価及び 2ME 感受性抗体保有数を表 2 に示す。2020 年度は、8 月 25 日の菊池郡大津町の検体 (HI 抗体陽性) から初めて 2ME 感受性抗体が確認されたことから、県の発令基準に従い 8 月 27 日に JE 注意報が発令された。今年度は 2ME 感受性抗体の確認が例年 (2017 年: 8 月 4 日, 2018 年: 8 月 15 日, 2019 年 7 月 25 日) に比べ若干遅かった。新型コロナウイルス検査対応のため、例年、最も 2ME 感受性抗体が確認される時期に調査ができなかったことから詳細は不明であるが、7 月 27 日には HI 抗体価は検査頭数の約半数の 47%が陽性となり、8 月 25 日以降は陽性率 100%であったことを考えると、県内で JEV が活動した時期は、例年並みの 8 月から 9 月と推察された。

2. ブタ血清中の JEV 遺伝子検出

JEV 遺伝子検出状況を表 1 に併記する。ブタ血清中の JEV 遺伝子は 8 月 31 日に採材した熊本市北区植木町の 2 検体から検出された。

ま と め

ここ数年、本県での JE 患者の届け出はないが、2020 年度は、全国的では石川県で 1 人、和歌山県で 2 人、岡山県で 2 人の JE 患者が報告されている⁴⁾。また、本県における豚の飼養頭数は約 30 万頭 (全国第 11 位) と多く、県内において、毎年夏期に JEV を保有する蚊の活動が示唆されていることから、今後も調査を継続していく必要があると思われる。

文 献

- 1) 多屋馨子: 臨床と微生物, 44, 193 (2017).
- 2) 厚生労働省: 感染症流行予測調査事業検査術式 (2002).
- 3) 高崎智彦: 厚生労働科学研究費補助金 (新興・再興感染症研究事業) 平成 20 年度分担研究報告書, 81-84 (2009).
- 4) IDWR 感染症発生動向調査週報 2020 年第 52 週, (2020).

*現健康福祉部健康危機管理課

表1 飼育地別ブタのHI抗体保有状況及びJEV遺伝子検出状況等

採血年月日	飼育地					HI抗体保有率
	熊本市	菊池市	益城町	大津町	天草市	
2020年7月20日	1/15					7%
2020年7月27日	3/10				4/5	47%
2020年8月25日		10/10		5/5		100%
2020年8月31日	10/10(2)		5/5			100%
2020年9月9日	5/5	10/10				100%
2020年9月29日		5/5	5/5	5/5		100%

HI抗体陽性数/検査頭数, ()内はJEV遺伝子検出数

表2 ブタのHI抗体価及び2ME感受性抗体保有数

採取年月日	検査頭数	HI抗体価								2ME感受性抗体陽性数
		<10	10	20	40	80	160	320	≥640	
2020年7月20日	15	14	0	0	0	1	0	0	0	0
2020年7月27日	15	8	7	0	0	0	0	0	0	0
2020年8月25日	15	0	1	1	10	2	0	1	0	2
2020年8月31日	15	0	0	0	2	6	4	1	2	0
2020年9月9日	15	0	0	3	0	5	7	0	0	6
2020年9月29日	15	0	0	0	9	4	1	1	0	0

3) 熊本県内における放射能調査 (2020 年度)

北岡宏道 上野一憲 小原大翼*1 角田朋生 山崎文雅*2

はじめに

熊本県では 1989 年 10 月科学技術庁(現原子力規制庁)の委託を受け、熊本市を拠点に環境放射能水準調査を開始し、1995 年度からは宇土市に拠点を移して調査を継続している。2012 年度にモニタリングポストを 1 地点から 6 地点に増設し、その 10 分間値等はインターネットを通じて公開されている¹⁾。

本報では 2020 年度の調査結果を報告する。

調査方法

1. 調査地点

試料採取地点及び測定地点を図 1 に示す。合志市、御船町及びあさぎり町は 1989 年度、宇土市は 1995 年度、熊本市、荒尾市、水俣市、天草市及び八代市は 2012 年度から調査を行っている。

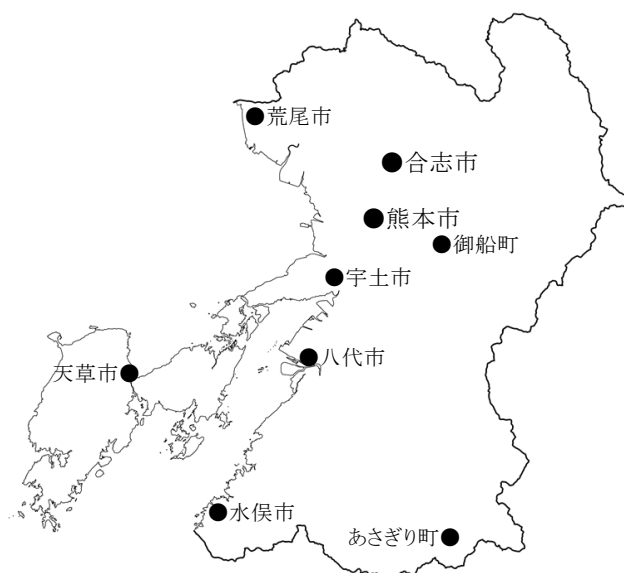


図 1 調査地点

2. 測定方法

測定方法は「環境放射能水準調査委託実施計画書令和 2 年度 原子力規制庁」及び文部科学省放射能測定法シリーズによる。

2.1 全ベータ放射能測定調査

宇土市(本研究所屋上)において、毎日 24 時間、降水を捕集し、午前 9 時に回収した(定時降水)。ただちに、この定時降水を濃縮・乾固し、午後 2 時にベータ線測定を開始した。今年度は 79 回実施した。

2.2 空間放射線量率調査

・モニタリングポストによる連続測定

以下の 6 地点において、モニタリングポストによる空間放射線量率を連続測定した。その 10 分間値は環境省に自動送信された。なお、検出器の地上高は宇土市 14.5m, その他 1m である。

測定地点：宇土市(本研究所屋上)

熊本市(県庁)

荒尾市(荒尾市役所)

水俣市(県環境センター)

天草市(県天草保健所)

八代市(2021 年 2 月までは八代市役所、

2021 年 3 月は八代東高校)

・サーベイメータによる測定(緊急時モニタリング)

本研究所屋上のモニタリングポスト測定値と比較するため、近傍の露場において、地上高 1m の空間放

射線量率をサーベイメータで測定した。この調査を毎月 1 回、年 12 回実施した。

2.3 ガンマ線放出核種分析調査

・大気浮遊じん

宇土市(本研究所屋上)において、毎月 3 日間、大気浮遊じんをろ紙に吸引採取した。そして、3 ヶ月分のろ紙を併せ(大気浮遊じん)核種分析を行った。この調査を 3 ヶ月に 1 回、年 4 回実施した。

・月間降下物

宇土市(本研究所屋上)において、1 ヶ月間、降下物を大型水盤に受け、午前 9 時に回収した(月間降下物)。この月間降下物を濃縮し、核種分析を行った。この調査を毎月 1 回、年 12 回実施した。

・蛇口水

宇土市(本研究所)において、年 1 回、上水道水を 100L 採取した(蛇口水)。この蛇口水を濃縮し、核種分析を行った。

・土壌

宇土市(本研究所)において、年 1 回、上層(0~5 cm)と下層(5~20 cm)の土壌を採取した。2 層の土壌はそれぞれ乾燥・粉碎・ふるいわけし、核種分析を行った。

・精米、野菜(大根、ホウレン草)

合志市(熊本県農業研究センター生産環境研究所)

*1 現環境生活部環境局環境保全課 *2 現環境生活部環境局循環社会推進課

で生産された精米, 大根, ホウレン草を年 1 回入手した。大根及びホウレン草はそれぞれ炭化・灰化し, 核種分析を行った。精米はそのまま核種分析を行った。

・原乳

合志市(熊本県農業研究センター畜産研究所)で生産された原乳を年 1 回入手し, ただちに, 核種分析を行った。

・荒茶

御船町(熊本県農業研究センター茶業研究所)及びあさぎり町(熊本県農業研究センター球磨農業研究所)で生産された荒茶を年 1 回入手した。これら 2 地点の荒茶はそれぞれ炭化・灰化し, 核種分析を行った。

3. 測定装置

3.1 全ベータ放射能測定調査

ベータ線測定装置: 日立 JDC-5200

3.2 空間放射線量率調査

モニタリングポスト: アロカ MAR-22

サーベイメータ: アロカ TCS-171

3.3 ガンマ線放出核種分析調査

ゲルマニウム半導体検出器: キャンベラジャパン GC-3018

調査結果

1. 全ベータ放射能測定調査

定時降水の調査結果を表 1 に示す。79 検体のうち 1 検体から全ベータ放射能が検出されたが, 過去 5 年の年間値の範囲内であった。

2. 空間放射線量率調査

モニタリングポストによる連続測定結果(10 分間値)の集計結果を表 2 に示す。水俣市(1m)において, 5 月に最大値 160 nGy/h を観測したが, 最小値及び平均値は他月と同程度であった。なお, 各地点の平均値は過去 5 年の値と同程度であった。

宇土市(14.5m)の平均値はその他 5 地点と比べ低い。これは宇土市の検出器が地上 14.5m に設置されてい

るのに対し, 他 5 地点の検出器が地上 1m であることから, 土壌・地質等に由来する放射線量の影響を反映しているものと考えられる。

サーベイメータによる測定(緊急時モニタリング)の最低値, 最高値及び平均値はそれぞれ, 37, 43 及び 41nGy/h であった。この平均値は, 宇土市(14.5m)の 29nGy/h より高いが, その他 5 地点の 35~50nGy/h と同程度であった。

3. ガンマ線放出核種分析調査

ガンマ線放出核種分析調査結果を表 3 に示す。人工放射性核種の ¹³⁷Cs は, 土壌 0~5cm から 1.8 Bq/kg 乾土(62MBq/km²), 土壌 5~20cm から 1.7Bq/kg 乾土(220MBq/km²), 荒茶から 0.23 Bq/kg 乾物検出されたが, これらの値は過去と同程度であった。

なお, その他の人工放射性核種は試料から検出されなかった。

ま と め

2020 年度の熊本県における環境放射能水準調査の全ベータ放射能測定調査, 空間放射線量率調査及びガンマ線放出核種分析調査の結果に異常は認められなかった。

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。

文 献

- 1) 原子力規制庁: 放射線モニタリング情報共有・公表システム
<https://www.erms.nsr.go.jp/nra-ramis-webg/>
 原子力規制庁: 環境放射線データベース
<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/>

表 1 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	降水量 (mm)	検体数	降 下 量	
			最低値 (Bq/L)	最高値 月間降下量 (MBq/km ²)
2020年 4月	48.6	3	ND	ND
5月	197.6	6	ND	ND
6月	486.6	11	ND	ND
7月	723.4	11	ND	ND
8月	17.8	4	ND	ND
9月	234.0	13	ND	ND
10月	93.3	5	ND	ND
11月	81.8	4	ND	ND
12月	25.4	4	ND	ND
2021年 1月	26.1	5	ND	ND
2月	66.9	6	ND 1.5	4.3
3月	94.1	7	ND	ND
年間値	2095.6	79	ND ~ 1.5	ND ~ 4.3
過去5年の年間値	2107.8	100	ND ~ 2.3	ND ~ 15.0

ND：計数値がその計数誤差の3倍以下

降水量及び検体数：年間値欄は各月の合計、過去5年の年間値欄は過去5年の平均値

表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 (検出器の地上高)	熊本市 (1m)		八代市 (1m)		荒尾市 (1m)		水俣市 (1m)		宇土市 (14.5m)		天草市 (1m)							
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値						
2020年 4月	32	57	35	47	84	50	31	64	34	39	74	43	26	48	28	46	79	50
5月	33	63	35	47	86	50	31	60	34	40	160	43	26	56	28	47	70	50
6月	32	104	36	46	105	50	30	100	36	39	95	43	26	75	29	46	97	51
7月	32	95	36	47	96	51	30	89	36	38	93	43	26	80	30	46	83	50
8月	32	87	35	47	60	49	30	75	33	40	53	43	26	46	28	47	59	50
9月	32	65	34	46	103	50	31	74	35	39	80	43	26	61	29	46	97	50
10月	32	48	35	47	67	50	32	53	34	40	72	43	26	40	28	48	67	50
11月	32	51	35	47	64	50	31	47	34	40	61	42	26	43	29	48	70	50
12月	32	82	35	47	76	50	31	77	35	40	60	43	26	63	29	48	79	51
2021年 1月	32	61	34	47	74	50	31	61	34	40	63	42	26	47	28	47	74	50
2月	32	83	34	47	115	50	31	84	34	40	92	43	26	69	29	47	80	50
3月	31	92	34	42	67	45	31	87	34	39	108	43	26	66	29	47	80	50
年間値	31	104	35	42	115	49	30	100	34	38	160	43	26	80	29	46	97	50
過去5年の年間値	31	141	36	46	115	51	30	125	34	37	125	43	23	77	28	41	123	50

環境放射線データベースから検索・抽出・集計
八代市：2021年2月までは八代市役所，3月は八代東高校において測定

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

試料名	調査地点	採取年月	検体数	¹³⁷ Cs			¹³⁴ Cs			¹³¹ I			⁴⁰ K			単位
				2020年度 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	2020年度 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	2020年度 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	2020年度 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	
大気浮遊じん	宇土市	2020年4月 ~2021年3月	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.063	ND	0.12	mBq/m ³
月間降下物	宇土市	2020年4月 ~2021年3月	12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.8	ND	3.1	MBq/km ²
蛇口水	宇土市	2020年6月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	130	90	140	mBq/L
0~5cm 土壌	宇土市	2020年10月	1	1.8	1.2	1.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	180	150	240	Bq/kg乾土
				62	43	64	ND	ND	ND	6300	5200	8000	ND	ND	ND	ND
5~20cm 土壌	宇土市	2020年10月	1	1.7	1.2	2.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	210	160	260	Bq/kg乾土
				220	74	270	ND	ND	ND	27000	17000	21000	ND	ND	ND	ND
精米	合志市	2020年10月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	22	17	29	Bq/kg生
野菜 ホウレン草	合志市	2020年11月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	70	74	82	Bq/kg生
				ND	ND	ND	ND	ND	ND	210	220	270	ND	ND	ND	ND
荒茶	御船町 あさざり町	2020年5月 2020年5月	2	ND	0.23	ND	0.27	ND	ND	ND	ND	ND	580	710	700	Bq/kg乾物
原乳	合志市	2020年8月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	48	49	51	Bq/L

ND: 測定値がその検出限界値未満

—: 分析対象外核種等

土壌の過去5年: 調査地点を西原村から宇土市に変更した2016年度から2019年度まで

4) 熊本県の酸性雨長期モニタリング調査結果 (2020 年度)

上野一憲 小原大翼* 澤田 愛

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¹⁾を行っている。採取方法について、当初はろ過式採取装置を用いていたが、2004 年 4 月から湿性沈着と乾性沈着を分けて採取する降水時開放型採取装置に変更し²⁾、2008 年からは湿性沈着のみ調査を行っている。なお、乾性沈着（非降水時における降下物）の結果については、既報³⁾を参照されたい。

本報では宇土と 2019 年度から調査を開始した阿蘇一の宮を含む 2 地点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

過去に実施した地点を含む酸性雨調査地点を図 1 に示した。

2020 年度は宇土（熊本県保健環境科学研究所）及び阿蘇一の宮（阿蘇地域振興局）の 2 地点で調査を実施した。降水採取は小笠原計器製降水採取器 US-300 型を用い、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⁴⁾の別表月割り表に従った。

2. 分析方法

採取した降水試料について pH、電気伝導度（以下「EC」という。）及びイオン成分を分析した。

pH 測定は東亜ディーケーケー製 HM-42X を用い、複合電極は GST-5841C を使用した。EC 測定は東亜ディーケーケー製 CM-42X を用い、電導度セルは CT-58101B 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 ICS-1600 を用い、イオンクロマトグラフ法で行った。分析条件として、カチオンについてはカラムとして Dionex IonPacTM CS16、溶離液として 30mmol/L メタンスルホン酸溶液を用い、流速は 1.0mL/min に設定した。また、アニオンについてはカラムとして Dionex IonPacTM AS23、溶離液として 4.5mmol/L Na₂CO₃、0.5mmol/L NaHCO₃ 混合溶液を用い、流速 1.0mL/min に設定した。

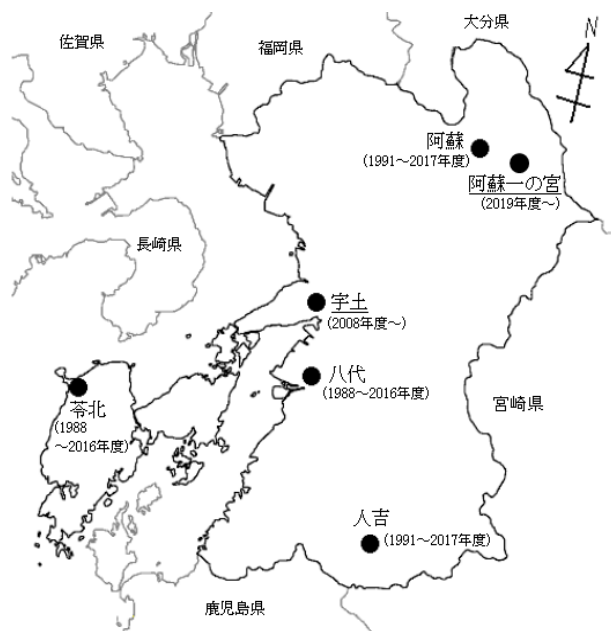


図 1 調査地点

調査結果及び考察

1. 2019 年度⁵⁾との比較

表 1 に 2020 年度の調査地点におけるイオン成分総括表を示した。年間降水量は回収時の捕集量から算出した。pH、EC 及びイオン成分濃度の各年平均値は月毎の降水量との加重平均により算出した。

年間降水量について、阿蘇一の宮においては 2019 年度と比べ 193mm 増加した。一方、宇土においては 2019 年度と比べ 254mm 増加した。いずれも 6、7 月の大雨が年間降水量の増加に寄与した。

pH の年平均値について、宇土においては 2019 年度と比べ 0.01 高かった。一方、阿蘇一の宮における pH の年平均値は 2019 年度と比べ 0.45 高かった。

EC の年平均値について、宇土においては 2019 年度と比べ 0.13mS/m 低かった。一方、阿蘇一の宮においては 3.09mS/m 低かった。

イオン成分について、宇土においては主に海塩由来成分である Cl⁻、Na⁺及び Mg²⁺の年平均濃度は 2019 年度と比べ、それぞれ 2.4μmol/L、3.5μmol/L、0.3μmol/L 高く、また Na⁺は 0.2μmol/L 高かった。また、SO₄²⁻は 1.7μmol/L 低く、NO₃⁻、NH₄⁺はそれぞれ 0.3μmol/L、

*現環境生活部環境局環境保全課

表 1 pH, EC 及びイオン成分総括表^{注1)}

調査地点		pH	EC mS/m	SO ₄ ²⁻ μmol/L	NO ₃ ⁻ μmol/L	Cl ⁻ μmol/L	NH ₄ ⁺ μmol/L	Na ⁺ μmol/L	K ⁺ μmol/L	Ca ²⁺ μmol/L	Mg ²⁺ μmol/L	H ⁺ μmol/L	年間降水量 ^{注2)} mm
阿蘇一の宮 n=43	平均	4.55	1.39	10.4	6.8	19.3	11.5	6.5	0.8	1.7	1.1	28.3	2428.6
	最高	4.10	4.48	24.8	9.1	89.2	15.9	10.7	1.7	11.7	4.5	79.3	
	最低	5.01	7.26	33.6	20.0	148.5	36.0	26.7	2.4	8.7	5.4	151.7	
	最低	3.82	0.67	5.1	4.1	6.6	7.5	3.0	0.4	0.5	0.5	9.7	
宇土 n=45	平均	4.69	1.18	8.6	9.3	19.5	10.8	15.9	1.0	1.7	2.0	20.2	2550.0
	最高	4.68	1.31	10.3	9.0	17.1	10.4	12.4	0.8	1.7	1.7	20.8	
	最低	4.85	4.38	39.9	30.4	79.0	29.0	66.1	2.2	11.2	7.8	77.2	
	最低	4.11	0.83	4.8	6.0	4.0	6.5	2.2	0.5	0.7	0.4	14.0	

注1) n: 検体数。平均は分析に供した雨水の降水量を基に加重平均により算出。表中の最高値及び最低値は、月平均(加重平均)値から抽出。イタリック体: 2019年度の成分加重平均濃度及び降水量。

注2) オーバーフローした週の降水量は雨量計の降水量を用いて年間降水量を算出。

表 2 pH 及び EC の月別平均(加重平均)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 mS/m	SO ₄ ²⁻ meq/m ²	NO ₃ ⁻ meq/m ²	Cl ⁻ meq/m ²	NH ₄ ⁺ meq/m ²	Na ⁺ meq/m ²	K ⁺ meq/m ²	Ca ²⁺ meq/m ²	Mg ²⁺ meq/m ²	H ⁺ meq/m ²	月間沈着量 meq/m ²
阿蘇一の宮	4	3	72.5	3.82	7.26	3.6	0.8	10.8	1.3	1.1	0.1	1.3	0.8	11.0	30.7
	5	4	195.5	4.28	2.56	7.9	1.6	5.5	2.7	0.9	0.2	1.0	0.5	10.2	30.5
	6	6	713.4	4.83	0.80	9.6	4.6	7.0	5.6	4.3	0.5	1.8	1.3	10.5	45.3
	7	4	657.0	4.76	0.79	9.0	3.4	4.3	4.9	2.0	0.2	0.6	0.6	11.5	36.7
	8	3	61.4	4.20	2.88	4.1	0.5	1.1	1.7	0.4	0.1	0.3	0.1	3.9	12.2
	9	4	299.6	5.01	0.67	3.1	1.2	3.7	2.4	2.5	0.2	0.6	0.7	2.9	17.4
	10	3	79.2	4.71	1.10	1.6	0.6	1.2	1.1	0.6	0.1	0.2	0.2	1.5	7.1
	11	3	75.1	4.04	3.61	2.5	0.5	4.8	1.4	0.6	0.0	0.1	0.2	6.8	17.0
	12	2	31.8	4.09	3.46	1.4	0.5	1.9	1.0	0.4	0.0	0.3	0.1	2.6	8.2
	1	4	37.2	3.98	4.86	2.4	0.7	3.2	1.3	1.0	0.1	0.6	0.3	3.9	13.5
	2	3	120.3	4.78	1.03	2.1	0.9	1.7	1.9	1.0	0.1	0.6	0.3	2.0	10.6
	3	4	85.7	4.67	1.43	3.0	1.0	1.5	2.7	0.9	0.2	0.6	0.2	1.8	11.9
	年間合計	43	2428.6	4.55	1.39	50.3	16.4	46.8	27.9	15.8	1.9	8.1	5.3	68.7	241.2
宇土	4	3	85.4	4.33	2.44	4.0	1.0	1.9	1.3	1.2	0.1	0.6	0.4	4.0	14.4
	5	4	254.3	4.80	0.83	3.3	1.7	1.0	2.3	0.6	0.1	0.5	0.2	4.0	13.6
	6	6	706.0	4.82	0.99	8.0	6.8	13.2	7.1	11.1	0.5	1.7	2.7	10.7	61.9
	7	4	797.3	4.85	0.87	7.6	6.8	13.9	7.1	12.0	1.0	2.6	3.3	11.2	65.6
	8	4	21.3	4.25	3.04	1.4	0.3	0.7	0.6	0.5	0.0	0.1	0.1	1.2	5.0
	9	4	257.1	4.76	1.19	4.6	1.6	7.7	2.0	6.4	0.2	0.6	1.5	4.4	29.0
	10	3	89.1	4.47	1.63	2.7	1.0	1.1	1.3	0.8	0.1	0.3	0.2	3.0	10.5
	11	3	102.1	4.45	1.55	2.7	0.8	1.7	0.7	1.2	0.1	0.1	0.3	3.6	11.1
	12	2	28.4	4.33	3.07	1.4	0.6	2.2	0.5	1.9	0.1	0.4	0.4	1.3	8.9
	1	4	29.4	4.11	4.38	2.3	0.9	2.2	0.8	1.7	0.1	0.7	0.5	2.3	11.5
	2	4	78.3	4.75	1.33	1.9	0.8	2.1	1.4	1.7	0.1	0.5	0.5	1.4	10.4
	3	4	101.1	4.36	2.05	3.9	1.6	1.9	2.4	1.5	0.2	0.6	0.4	4.4	17.0
	年間合計	45	2550.0	4.69	1.18	43.8	23.7	49.7	27.6	40.7	2.5	8.7	10.5	51.6	258.8

0.4μmol/L 高く、Ca²⁺は差がなかった。一方、阿蘇一の宮においては SO₄²⁻、Cl⁻、Ca²⁺、Mg²⁺及び H⁺については、それぞれ 14.4μmol/L、69.9μmol/L、10.0μmol/L、3.4μmol/L、51.0μmol/L 低かった。また、NO₃⁻、NH₄⁺、Na⁺及び K⁺についてはそれぞれ 2.3μmol/L、4.4μmol/L、4.2μmol/L、0.9μmol/L の減少が認められた。

2. 経月変化

表 2 に 2020 年度の阿蘇一の宮及び宇土における pH 及び EC の月別平均(加重平均)と月別イオン成分沈着量を示した。pH 及び EC の月別平均は降水量との加重平均により算出し、イオン成分沈着量は各イオン成分濃度に降水量を乗じて算出した。

pH では、阿蘇一の宮で 4 月と 1 月がそれぞれ 3.82 と 3.98 で 4 以下であり、次いで 11 月の 4.04、12 月の 4.09 の順であった。一方、宇土では 1 月の 4.11 が最も

低く、次いで 8 月の 4.25、4 月と 12 月の 4.33 の順であった。

EC では、阿蘇一の宮で 4 月が 7.26mS/m と最も高く、次いで 1 月が 4.86mS/m、11 月が 3.61mS/m、12 月が 3.46mS/m の順であった。一方、宇土では 1 月の 4.38mS/m が最も高く、次いで 12 月の 3.07mS/m、8 月の 3.04mS/m の順であった。いずれも降水量の少ない月に高くなる傾向を示した。

月別イオン成分沈着量では、阿蘇一の宮では Cl⁻と Mg²⁺を除き降水量の多かった 6 月と 7 月の順に高い値を示した。一方、宇土では降水量の多かった 7 月と 6 月が全イオン種で高い傾向にあった。

図 2 に 2020 年度の月別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。阿蘇一の宮ではアニオン成分のうち Cl⁻/SO₄²⁻比で 4 月は 3.0 倍であったが、それ以降は 0.3 (8 月) ~ 1.9 (11 月) の間で推移した。

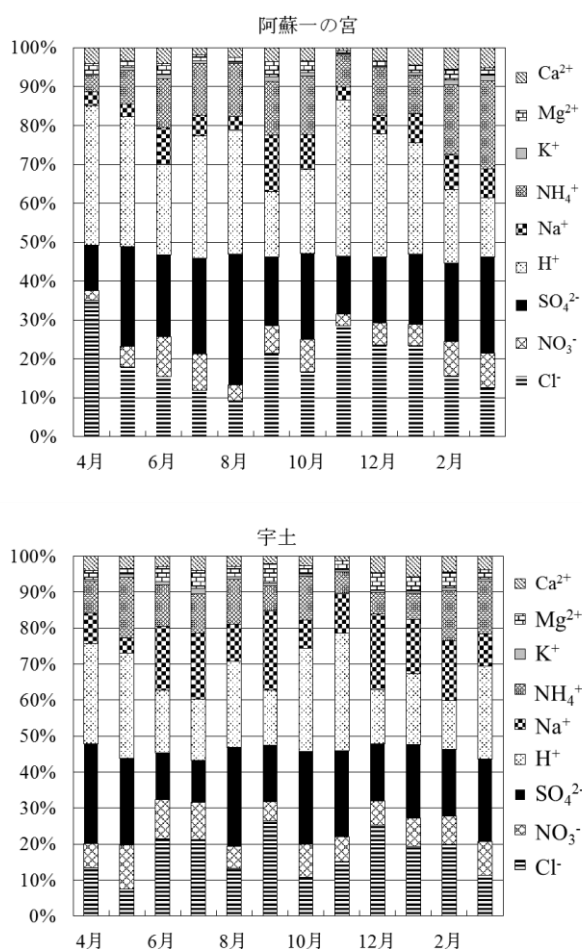


図 2 月別沈着量に対する各イオン成分沈着量の割合

一方、宇土では年間を通して 0.3 (5 月) ~1.8 (7 月) の間で推移した。

図 3 に H⁺に対する SO₄²⁻、Cl⁻及び[SO₄²⁻+Cl⁻]の各沈着量間の相関を示した。宇土は SO₄²⁻及び Cl⁻ともに高い相関が認められ、降水の酸性化に寄与しているものと考えられた。一方、阿蘇一の宮は宇土と比較して相関が低かったが、両イオンの合計沈着量である[SO₄²⁻+Cl⁻]と H⁺との間では極めて高い相関を示した。

3. 経年変化

2008 年度から 2020 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表 3 に示した。なお、他の調査地点の調査開始 (1989 年度) からのデータは既報⁶⁾を参照されたい。

宇土におけるイオン成分については海塩成分である Na⁺と Cl⁻を除き前年度とほぼ同じレベルで推移した。

阿蘇一の宮については 2019 年度からのデータに加え、参考として 2017 年度まで調査を実施していた阿蘇 (旧阿蘇保健所) の調査結果を示した。2019 年度の

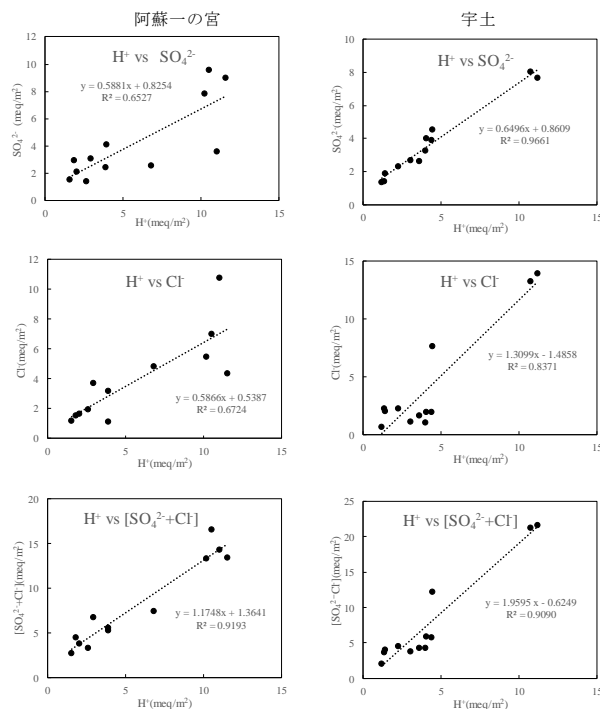


図 3 H⁺に対する SO₄²⁻、Cl⁻及び[SO₄²⁻+Cl⁻]

阿蘇一の宮は宇土と比較して SO₄²⁻、Cl⁻、H⁺の沈着量が際立って多かったが、2020 年度は 8 月以降阿蘇山の火山活動が沈静化したことにより阿蘇や宇土と差が小さくなった

4. 低 pH (pH4 未満) の降水事例

表 4 に降水試料の pH が 4 未満の事例を示した。宇土においては、pH4 未満の降水試料は少なく、2020 年度は 3 検体あった。一方、阿蘇一の宮においては、pH4 未満の降水試料が 7 検体あった。特に 5 月第 1 週 (4/27 ~5/7) の試料は pH3.42 で、2020 年度の調査期間中最も低い値であった。これは表 5 に示すように、2019 年 4 月に阿蘇山の火山活動が活発化したため、噴火警戒レベルが 2 に引き上げられ、その後たびたび噴火を繰り返し、2020 年 8 月 18 日に噴火警戒レベルが 1 に引き下げられるまで火山ガスの放出量が多い状態で経過したことが原因と考えられる。

降水の酸性化に寄与するアニオンは主に SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻である。表 4 中では阿蘇一の宮において SO₄²⁻と Cl⁻が高濃度であることに着目し、海塩由来成分を除いた非海塩性の nss-SO₄²⁻と nss-Cl⁻について H⁺との相関をグラフで示した (図 4)。この図から H⁺と nss-Cl⁻の相関が高いことがわかる。なお、最も高かった 5 月第 1 週 (4/27 ~5/7) の値を除いて算出した R² も 0.8055

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 mS/m	SO ₄ ²⁻ meq/m ²	NO ₃ ⁻ meq/m ²	Cl ⁻ meq/m ²	NH ₄ ⁺ meq/m ²	Na ⁺ meq/m ²	K ⁺ meq/m ²	Ca ²⁺ meq/m ²	Mg ²⁺ meq/m ²	H ⁺ meq/m ²	年間沈着量 meq/m ²	
阿蘇	2008 ^{注1)}	2424.6	4.50	1.50	74.8	23.5	37.3	37.0	20.8	4.3	13.3	6.6	73.6	291.3	
	2009	2655.3	4.52	1.57	90.0	32.6	54.9	47.5	31.6	6.3	19.4	10.2	80.0	372.4	
	2010	2190.9	4.61	1.91	80.0	33.4	60.3	49.4	32.9	4.0	21.5	9.5	50.0	341.0	
	2011	2580.0	4.80	1.38	80.5	30.4	39.2	42.5	26.1	7.1	23.0	8.8	41.1	298.8	
	2012 ^{注2)}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013	2455.9	4.54	2.26	99.5	44.1	87.9	67.1	48.3	8.9	28.9	15.5	69.9	470.2	
	2014 ^{注3)}	2339.9	4.27	3.38	110.5	28.4	123.5	43.3	29.5	4.2	35.8	15.8	124.9	515.8	
	2015	2728.4	4.60	1.83	84.4	22.9	62.5	38.8	26.4	4.4	21.1	11.2	69.1	340.7	
	2016	3802.1	4.61	1.56	116.0	40.5	59.0	61.2	33.3	3.4	14.8	9.5	94.2	431.9	
	2017	2655.3	4.74	1.21	66.6	24.2	33.5	32.9	25.0	2.0	11.6	7.0	48.8	251.7	
阿蘇一の宮	2019	2236.1	4.10	4.48	110.7	20.4	199.6	35.5	23.9	3.9	52.1	20.3	177.4	643.7	
	2020	2428.6	4.55	1.39	50.3	16.4	46.8	27.9	15.8	1.9	8.1	5.3	68.7	241.2	
宇土	2008	2389.6	4.55	1.55	72.5	25.0	38.5	34.8	28.7	2.8	12.8	8.0	64.9	288.1	
	2009 ^{注4)}	1446.2	4.44	1.92	51.7	23.5	35.8	28.6	29.4	1.6	10.6	7.7	52.7	241.6	
	2010	1744.1	4.69	1.57	50.9	22.1	31.2	32.0	24.7	1.6	11.3	6.6	35.7	215.9	
	2011	2180.5	4.69	1.45	58.9	23.4	31.4	30.1	23.7	2.2	9.7	5.8	44.5	229.7	
	2012	2106.8	4.71	1.56	59.9	22.6	43.5	33.7	35.8	2.6	10.8	8.7	41.5	259.2	
	2013 ^{注5)}	1968.3	4.69	1.49	50.8	21.8	31.3	27.2	25.6	1.7	10.3	6.7	36.5	211.9	
	2014	1775.1	4.62	1.71	57.5	21.4	27.9	25.5	22.7	1.9	10.1	6.4	42.2	215.5	
	2015	2415.5	4.86	1.18	47.4	18.8	41.3	23.8	36.7	2.2	9.5	9.5	33.7	222.8	
	2016	2649.6	4.85	1.11	55.2	27.5	39.8	33.4	31.8	2.3	11.9	8.6	37.8	248.5	
	2017	2203.3	4.75	1.22	47.8	20.3	38.7	20.8	30.9	1.9	8.5	7.8	38.8	215.4	
	2018	1996.5	4.69	1.35	49.6	20.0	29.5	21.6	21.7	1.5	8.8	6.3	40.7	199.8	
	2019	2296.5	4.68	1.31	47.1	20.7	39.3	23.8	28.5	1.8	7.8	7.9	47.7	224.8	
	2020	2550.0	4.69	1.18	43.8	23.7	49.7	27.6	40.7	2.5	8.7	10.5	51.6	258.8	

注1) 欠測月(9月, 10月)を含む。注2) 2012年7月2日から2013年2月24日まで欠測。注3) 試料未回収週を含む。
 注4) 欠測月(2月, 3月)を含む。注5) 2013年9月2日から2013年12月2日まで降水量のみ測定分, 2014年1月24日から2月10日までの欠測を含む。

表 4 低 pH (pH4 未満) 観測事例

地点名	採取期間		降水量 mm	pH	EC mS/m	SO ₄ ²⁻ μmol/L	nss-SO ₄ ²⁻ μmol/L	NO ₃ ⁻ μmol/L	Cl ⁻ μmol/L	nss-Cl ⁻ μmol/L	NH ₄ ⁺ μmol/L	Na ⁺ μmol/L	K ⁺ μmol/L	Ca ²⁺ μmol/L	nss-Ca ²⁺ μmol/L	Mg ²⁺ μmol/L	H ⁺ μmol/L		
	月	週																開始日	終了日
阿蘇一の宮	4	1	3/30	4/6	15.4	3.73	8.52	23.6	23.3	8.5	178.3	173.3	20.2	4.3	2.2	8.7	8.6	4.8	186.2
	4	2	4/6	4/13	29.5	3.75	8.05	23.5	23.2	11.3	153.4	147.7	13.5	4.8	1.4	7.8	7.7	3.6	177.8
	4	3	4/13	4/20	27.7	3.98	5.72	26.5	24.5	11.3	126.7	88.3	21.3	32.7	2.3	9.6	8.8	7.8	104.7
	5	1	4/27	5/7	3.9	3.42	20.90	70.7	69.0	42.2	520.7	488.5	121.3	27.4	6.5	32.6	32.0	29.4	380.2
	11	1	10/26	11/2	10.6	3.84	6.04	30.9	29.8	6.3	121.1	98.4	39.7	19.3	0.7	2.0	1.6	2.4	144.5
	12	3	12/21	12/28	12.9	3.98	4.45	29.3	28.7	17.3	76.3	64.5	47.9	10.0	1.1	5.1	4.8	1.7	104.7
	1	3	1/18	1/25	24.7	3.87	5.50	33.9	33.1	11.6	83.7	67.9	25.7	13.4	2.3	3.8	3.5	1.7	134.9
宇土	5	2	5/7	5/11	4.1	3.82	8.05	80.8	77.9	33.5	76.8	21.7	59.5	46.8	3.9	10.5	9.4	6.5	151.4
	8	3	8/17	8/24	5.0	3.69	9.50	102.9	102.6	44.8	21.0	14.6	81.2	5.4	2.1	7.5	7.4	1.9	204.2
	10	1	9/28	10/5	5.0	3.96	5.41	60.7	59.7	37.6	29.0	8.1	78.0	17.8	1.2	2.8	2.4	2.5	109.6

(R=0.8923) と高い相関を示した。特に 5 月第 1 週については nss-Cl⁻濃度が 488.5 μmol/L と極めて高い値を示し、前号⁵⁾で述べたように火山性ガス中の HCl 濃度が火山活動の活発化により多量に排出されたことによると推測された。^{8),9)}

宇土についてはデータ数が少ないが、nss-SO₄²⁻と H⁺との間に高い相関 (R=0.9997) がみられた。

ま と め

宇土における pH の年平均値は近年 4.7 前後で推移しており、特異な pH の変動はなかった。一方、阿蘇一の宮における年平均 pH は昨年度の 4.10 から 4.55 に

上がったが、宇土と比べると依然低い値であった。この降水の pH 上昇の原因は、阿蘇山が前年度から引き続き噴火警戒レベル 2 の活動期にあったが、8 月以降沈静化に向かったことから宇土と差が少なくなったものと考えられる。

阿蘇一の宮は阿蘇中岳との距離が近いことから、SO₄²⁻に加え Cl⁻の濃度が大きく影響して降水の酸性化に寄与したのと考えられる。今後も阿蘇一の宮での情報を蓄積することにより、阿蘇山の火山活動から排出される SO₄²⁻や Cl⁻の関係を検討していきたい。

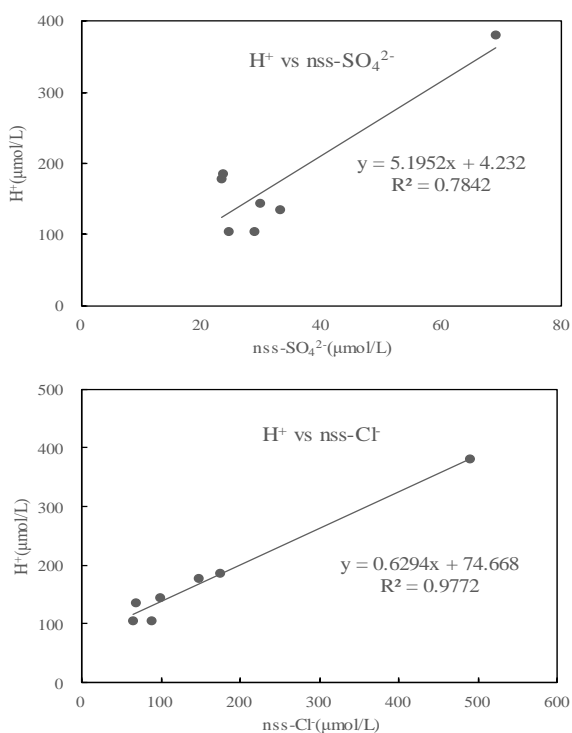


図 4 阿蘇一の宮における低 pH 観測時の H⁺ 対 nss-SO₄²⁻ 及び nss-Cl⁻

文 献

1) 今村 修, 久保 清: 熊本県衛生公害研究所報, 19, 53 (1989).
 2) 緒方和博, 矢野弘道, 上野一憲, 今村 修: 熊本県保健環境科学研究所報, 35, 91 (2005).
 3) 松本依子, 上野一憲, 今村 修: 全国環境研会誌,

表 5 阿蘇山の火山活動状況 (2020 年発表履歴) ⁷⁾

噴火警報・予報及び噴火警報レベルの状況	2019年4月～	噴火警戒レベル 2 (火口周辺規制) で推移
	8月18日	噴火警戒レベルを1 (活火山であることに留意) に引き下げ
活動状況	2019年10月7日～	2019年10月7日に発生した噴火が1月6日まで継続
	1月7日	噴火が発生。火口縁上1, 100mまで上がる
	6月～	噴火の発生なし
火山ガス (二酸化硫黄) の放出量	～6月上旬	概ね多い状態で経過
	6月中旬～	やや少ない状態で経過

33(4), 219 (2008).

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(2020年度).
 5) 上野一憲, 小原大翼: 熊本県保健環境科学研究所報, 49, 78 (2019).
 6) 宮本 俊, 古澤尚英: 熊本県保健環境科学研究所報, 44, 96 (2014).
 7) 国土交通省気象庁ホームページ: 月間火山概況・火山活動解説資料/火山活動解説資料 (阿蘇山). http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact_vol.php?id=503
 8) Iwasaki, I., Ozawa, T., Yoshida, M., Katsura, T., Iwasaki, B. and Kamada, M.: Differentiation of magmatic emanation, Bulletin of the Tokyo Insutitute of Tecnology, No.74, 1966, pp.1-57.
 9) 平林順一: 京大防災研究所年報, 第 24 号 B-1 (昭和 56.4), 1-10.

5) 熊本県内河川の水質変化 (1998 年～2018 年)

西島 遥

はじめに

熊本県では水質汚濁防止法（昭和 45 年法律第 138 号）第 16 条の規定に基づき、公共用水域及び地下水の水質測定計画¹⁾を作成し、河川の水質調査を実施している。調査結果は、毎年「水質調査報告書²⁾」として公表されている。

この調査のうち、生活環境の保全に関する環境基準項目（以下「生活環境項目」という。）について、小田ら³⁾が 1978～1997 年度までの熊本県内河川の水質経年変化を考察している。

本報では、1998～2018 年度までの 21 年間にわたる河川における生活環境項目の調査結果をもとに県内河川における水質の経年変化について検討したので報告する。

調査方法

1. 21 年間の類型別水質経年変化

今回の検討では、環境基準点として設定されている 54 地点における 1998～2018 年度までの水質調査結果を用いた。各地点の属する水域には AA から D までの 5 段階の類型が当てはめられており AA 類型 7 地点、A 類型 30 地点、B 類型 9 地点、C 類型 5 地点、D 類型 3 地点となっている。なお、2008～2009 年度に類型見直しが行われており、類型が変わった地点があるが、2020 年 4 月現在の類型を用いている。

地点ごとに生活環境項目（pH、DO（溶存酸素量）、SS（浮遊物質）、BOD（生物化学的酸素要求量）、COD（化学的酸素要求量）、TN（全窒素）、TP（全リン）の各年間平均値を算出した後、類型別の年間平均値を算出し検討した。

なお、報告下限値未満の数値は報告下限値と同値として扱った。また、TN、TP については、調査を行っている地点だけの結果で算出した。

結果及び考察

1. 21 年間の類型別水質経年変化

類型別の年間平均値による水質状況を表 1 に示す。また、類型・項目ごとに回帰分析を行った結果を表 2 に示す。

1.1 pH

pH については、すべての類型で経年変化傾向（5%

表 1 類型別水質状況 (1998～2018 年度)

類型		pH	DO mg/L	BOD mg/L	COD mg/L	SS mg/L	TN mg/L	TP mg/L
AA	平均値	7.8	9.7	0.6	1.3	3	0.60	0.047
	最大値	8.0	10.1	0.7	1.5	5	0.67	0.091
	最小値	7.5	9.4	0.5	1.1	2	0.53	0.038
A	平均値	7.7	9.5	0.9	2.2	5	1.27	0.080
	最大値	7.8	9.9	1.4	2.5	7	1.41	0.101
	最小値	7.7	9.3	0.7	1.9	4	0.98	0.065
B	平均値	7.7	8.5	1.7	4.1	18	1.82	0.151
	最大値	7.8	9.1	2.5	4.8	25	2.10	0.184
	最小値	7.7	8.0	1.0	3.5	14	1.65	0.127
C	平均値	7.6	7.4	3.0	5.4	19	3.69	0.263
	最大値	7.6	7.9	4.4	6.8	34	4.34	0.303
	最小値	7.5	6.9	1.7	4.3	13	2.91	0.205
D	平均値	8.2	9.7	4.9	7.9	18	3.09	0.403
	最大値	8.4	10.8	6.5	9.4	21	4.16	0.638
	最小値	7.8	8.6	3.1	6.5	13	1.29	0.184

有意水準で統計的に有意、以下同じ。)が見られなかった。類型間の比較では、AA から C 類型までの間でわずかな差ではあるが下位の類型になるに従い低い傾向を示していたが、D 類型はすべての類型の中で最も高かった。

1.2 DO

DO について、AA、A 類型では経年変化傾向が見られない一方、B、C 及び D 類型では回帰直線の傾きが 0.0272～0.0645 となっており増加傾向であった。類型間の比較では、AA から C 類型までは下位の類型になるに従い低い傾向を示していたが D 類型では AA 類型と同程度であった。

1.3 SS

SS について、A 類型では回帰直線の傾きが-0.0629、C 類型では回帰直線の傾きが-0.4372 と減少傾向が見られたが、他の類型では経年変化傾向は見られなかった。

1.4 BOD

BOD の経年変化を図 1 に示す。AA 類型では報告下限値である 0.5mg/L 付近で推移しており、経年変化傾向は見られなかった。他の類型では回帰直線の傾きが -0.0211～-0.1204 と減少傾向が見られた（表 2）。

次に、前述したとおり、本県では 2008～2009 年度に類型見直しが行われており、また、2008 年度に熊本県

表 2 類型・項目別回帰分析結果

類型\項目	pH	DO	SS	BOD	COD	COD/BOD	TN	TP	TN/TP
AA	0.0011	-0.0043	0.0264	-0.0007	0.0022	0.0068	-0.0014	0.00002	-0.2250
A	-0.0011	-0.0061	-0.0629	-0.0211	-0.0114	0.0338	0.0115	0.0003	-0.1514
B	0.0013	0.0272	-0.1018	-0.0618	-0.0272	0.0689	-0.0090	-0.0009	-0.0702
C	0.0003	0.0477	-0.4372	-0.1204	-0.0892	0.0407	-0.0257	0.0022	-0.2264
D	0.0071	0.0645	0.0848	-0.0761	-0.0834	0.0049	-0.0571	-0.0067	0.0673

※数値は類型・項目別の経年変化の近似直線の傾き

下線・強調表示は、回帰分析の結果、有意水準 5% で有意な経年変化傾向が認められたことを示す。

生活環境の保全に関する条例に基づく排水基準（以下「排水基準」という。）が追加されていることから、調査期間を 1998～2007 年度（以下「前期」という。）と 2008～2018 年度（以下「後期」という。）の二期に分けてそれぞれ回帰直線の傾きを見たところ（表 3）、AA 類型では前期、後期に分けても経年変化傾向は見られなかった。A 及び B 類型では前期で減少傾向、C 及び D 類型では後期でのみ減少傾向がそれぞれ見られた。

1.5 COD

COD の経年変化を図 2 に示す。すべての類型で、COD は常に BOD よりも高い値となった。AA 類型では約 1.0～1.5mg/L の範囲で推移しており経年変化傾向は見られなかった。他の類型では減少傾向が見られ、回帰直線の傾きは -0.0114～-0.0892 であり、D 類型を除き BOD の減少幅よりも小さかった。

BOD と同様に二期に分けて見たところ、AA 類型では期間を分けても全体と同様に経年変化傾向が見られず、一方 A 及び B 類型では全体として減少傾向が見られたが、期間を分けるとその傾向が見られなくなった。C 類型では前期及び後期、D 類型では後期のみそれぞれ減少傾向が見られた。

さらに、COD/BOD 比の経年変化を図 3 に示す。AA、D 類型では年度ごとの増減はあるものの経年変化傾向は見られなかったが、A、B、C 類型では回帰直線の傾きが 0.0338～0.0689 と増加傾向が見られた。この傾向は、1978～1997 年度の県内河川についても見られており³⁾、生活排水処理率の上昇や事業場等における排水処理技術の向上等により引き続き生分解性有機物が減少し、難分解性有機物の濃度が相対的に増加しているためと考えられる。

1.6 TN

TN の経年変化を図 4 に示す。AA 類型では 0.6mg/L 程度で推移しており経年変化傾向は見られなかった。A 類型では 1.0～1.5mg/L の範囲で変動しており、回帰直線の傾きが 0.0115 と増加傾向が見られた。B 類型では 1.5～2.0mg/L の範囲で変動しており回帰直線の傾き

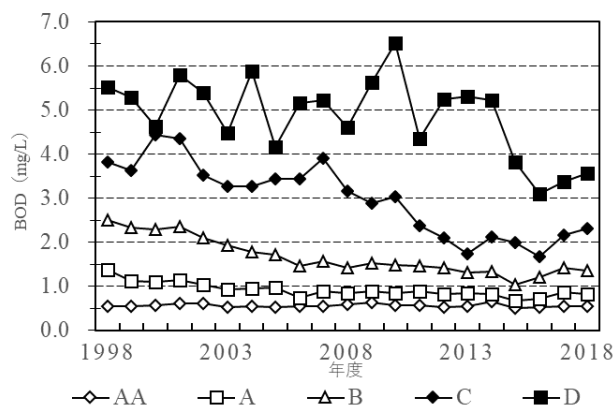


図 1 BOD 経年変化

表 3 BOD 及び COD の前期・後期別回帰分析結果

	BOD		COD	
	前期	後期	前期	後期
AA	-0.0040	-0.0057	0.0107	0.0167
A	-0.0509	-0.0088	-0.0058	-0.0139
B	-0.1162	-0.0227	-0.0264	0.0200
C	-0.0539	-0.1094	-0.0767	-0.0758
D	-0.0403	-0.2320	-0.0002	-0.2096

※数値は類型・項目別の経年変化の回帰直線の傾き

下線・強調表示は、回帰分析の結果、有意水準 5% で有意な経年変化傾向が認められたことを示す

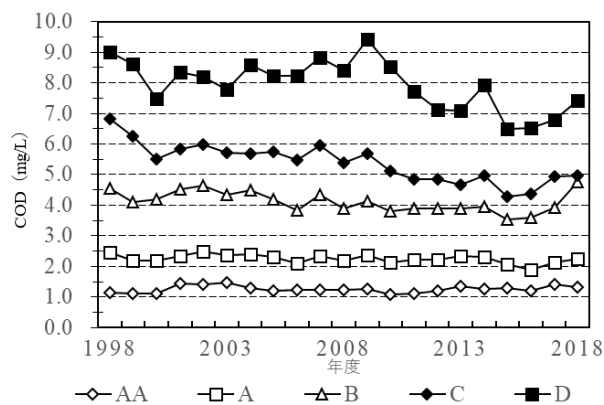


図 2 COD 経年変化

が-0.0090 と減少傾向が見られた。C 類型では 3.0～4.5mg/L, D 類型では 1.3～4.2mg/L と変動幅は大きいものの明確な経年変化傾向は見られなかった。

前期, 後期に分けて見ると, AA 及び D 類型では全体と同様に経年変化傾向は見られなかった。A 類型では全体として増加傾向が見られたが, 期間を分けるとその傾向は見られなくなった。B 類型では全体として減少傾向が見られたが, 期間を分けると後期のみで減少傾向が見られた。C 類型では全体としての経年変化傾向は見られていなかったが, 後期で減少傾向が見られた。

1.7 TP

TP の経年変化を図 5 に示す。AA 類型では 0.05mg/L 程度, A 類型では 0.08mg/L 程度で推移しており, ともに経年変化傾向は見られなかった。B 類型では 0.13～0.18mg/L の範囲で変動しており回帰直線の傾きが -0.0009 の減少傾向が見られた。C 類型では 0.20～0.30mg/L の範囲で変動しており回帰直線の傾きが 0.0022 と増加傾向が見られた。D 類型は 0.20～0.65mg/L と年度ごとの変動幅が大きいものの経年変化傾向は見られなかった。

TN と同様に二期に分けて見ると, 全体では変化傾向が見られていなかった AA 及び A 類型において, AA 類型では後期に減少, A 類型では前期に増加, 後期に減少傾向が見られた。B, C 類型では全体として B 類型は減少傾向, C 類型は増加傾向が見られていたが, 期間を分けると経年変化傾向は見られなくなった。D 類型では全体と同様に経年変化傾向は見られなかった。

さらに, TN/TP 比の経年変化を図 6 に示す。類型ごとの経年変化傾向を見ると, D 類型では年度ごとの増減があるが経年変化傾向はなく, AA～C 類型では回帰直線の傾きが-0.0702～-0.2264 と減少傾向が見られたことから, D 類型を除いて TP の割合が増加していると考えられる。また, 類型間の比較をすると, 下位の類型になるに従い全リンの割合が増える傾向を示した。

2. 水質経年変化の要因

河川水に対する BOD 等の負荷の要因として, 工場等の排水, 生活排水等が考えられる。

工場等の排水について, 2008 年度に排水基準が強化が行われているが, 2008 年度の基準超過率が約 8% だったのに対して近年は約 2% まで低下するなど基準超過率が減少している。この基準超過率の減少も含めて, 工場等からの排水水質の改善が, 工場等が多いと考えられる C, D 類型の後期における BOD, COD の減少に寄与していると考えられる。

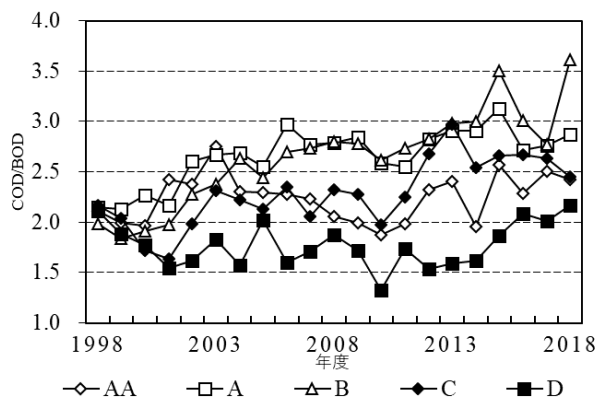


図 3 COD/BOD 比経年変化

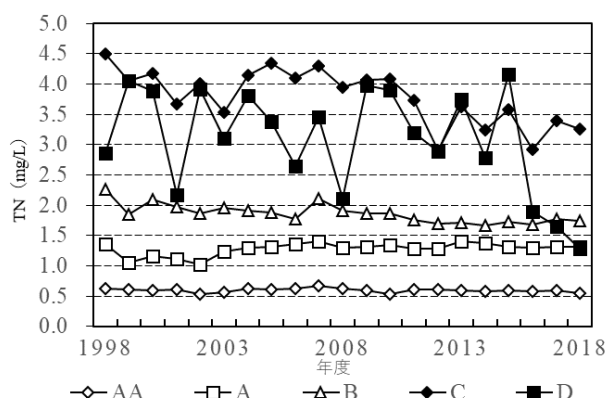


図 4 TN 経年変化

表 4 TN 及び TP の前期・後期別回帰分析結果

	T-N		T-P	
	前期	後期	前期	後期
AA	0.0036	-0.0029	-0.0016	0.0011
A	0.0252	0.0015	0.0027	-0.0017
B	-0.0195	-0.0170	-0.0001	-0.0002
C	0.0019	-0.0872	-0.0013	-0.0005
D	-0.0171	-0.1598	-0.0211	-0.0210

※数値は類型・項目別の経年変化の回帰直線の傾き
下線・強調表示は, 回帰分析の結果, 有意水準 5% で有意な経年変化傾向が認められたことを示す

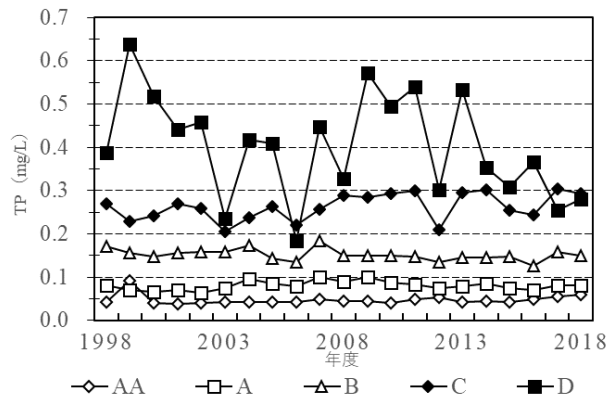


図 5 TP 経年変化

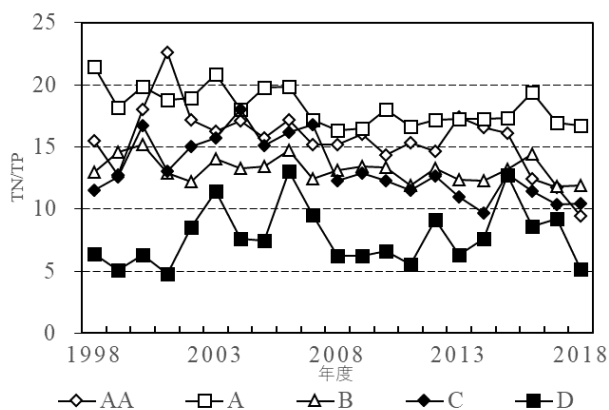


図 6 TN/TP 比経年変化

また、TN/TP 比は D 類型を除き減少傾向であった。

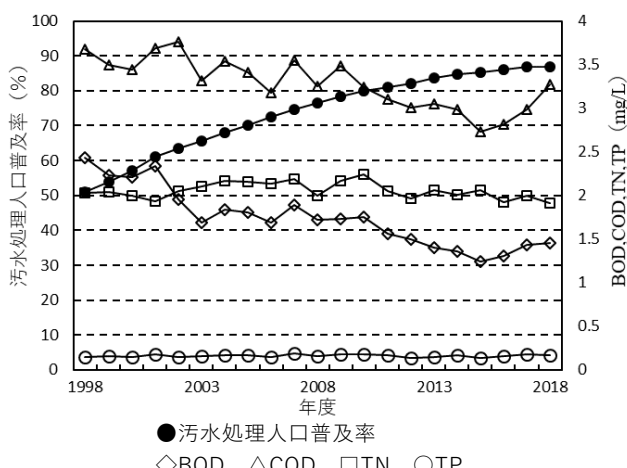


図 7 汚水処理人口普及率及び BOD, COD, TN, TP 経年変化

次に、生活排水について、汚水処理人口普及率と BOD, COD, TN 及び TP の経年変化を図 7、汚水処理人口普及率と上記 4 項目の回帰直線の傾き及び相関係数を表 5 に示す。なお、汚水処理人口普及率は「令和元年度末の生活排水対策の実施状況について」(県下水環境課) 4) からデータを引用した。また、ここでの水質データは、すべての水質調査地点のうち、2019 年 3 月末時点で上記 4 項目の調査を行っている 63 地点の各年度の各年度の平均値を用いて解析を行った。

汚水処理人口普及率は増加、BOD, COD は減少、TN は微減、TP はほとんど変化していない。相関を見ると、汚水処理人口普及率と BOD, COD がそれぞれ -0.9326, -0.7895 と強い負の相関を示しているのに対し、TN が -0.0758, TP が 0.1718 と相関を示さなかった。汚水処理人口普及率が生活排水処理施設の整備水準を示す指標であることから、1.5 で述べたように生活排水が処理されることで生分解性有機物を減少させ、BOD, COD の濃度減少に関与していることが示唆される。

ま と め

1998～2018 年度の公共用水域の調査結果を用いて、県内河川水質の経年変化傾向を解析した。

pH は経年変化傾向がなく、DO は B, C 及び D 類型で増加傾向が見られ、SS は A 及び C 類型で減少傾向が見られた。

BOD, COD はともに AA 類型を除き減少傾向にあり、A 及び B 類型では前期、C 及び D 類型では後期に減少傾向が見られた。また、A, B 及び C 類型では COD/BOD 比は増加傾向にあり、難分解性有機物が相対的に増加していると考えられる。

TN, TP は類型によって傾向が異なり、TN は A 類型では増加、B 類型では減少傾向が見られた。一方 TP は、B 類型では減少、C 類型では増加傾向が見られた。

表 5 汚水処理人口普及率, BOD, COD, TN, TP 回帰直線の傾き及び汚水処理人口普及率対 BOD, COD, TN, TP の相関

	回帰直線の傾き	汚水処理人口普及率との相関
汚水処理人口普及率	1.7938	-
BOD	-0.0506	-0.9326
COD	-0.0383	-0.7895
TN	-0.0033	-0.0758
TP	0.0003	0.1718

文 献

- 1) 熊本県環境保全課 HP : 公共用水域及び地下水の水質測定計画
<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/51/5692.html>
(令和 3 年 7 月閲覧) .
- 2) 熊本県環境保全課 HP : 水質調査報告書 (公共用水域及び地下水)
<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/51/5680.html>
(令和 3 年 7 月閲覧) .
- 3) 小田泰史, 村岡俊彦, 山崎文雅, 今村 修, 幸 健, 久保 清, 久間公一: 熊本県保健環境科学研究所報, 29, 52 (2000) .
- 4) 熊本県下水環境課 HP : 令和元年度末の生活排水対策の実施状況について
<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/104/76477.html>
(令和 3 年 7 月閲覧) .

6) 熊本県内河川の水生物を用いた環境評価 (2020 年)

武 千尋*1 西島 遥 石原宏明*2 小原彬生
宮崎康平*3 齊藤弘毅*4 木野世紀

はじめに

河川における水生生物調査は、水環境の中長期的な状態を知るために有用な方法であり、また、高価な機材や高度な知識を必要としないことから環境教育の題材としても用いられている。

熊本県では、「みんなの川の環境調査」として学校、民間団体等が行う調査を支援するりとともに、当所においても 1990 年から 2016 年まで県内河川 35 地点の環境基準点等において調査を行ってきた。その結果は毎年熊本県環境保全課により公表されている²⁾ほか、谷口³⁾により各調査地点における生物の出現状況等の変遷が取りまとめられている。

2020 年は上記 35 地点のうち 11 地点で引き続き調査を実施したので、その結果を報告する。

調査方法

1. 調査地点

県南の球磨川、氷川、佐敷川、湯浦川及び水俣川の環境基準点等計 11 地点 (図 1) で調査を実施した。

2. 調査期間

2020 年 11 月 6 日 (地点 No. 4, 5, 7, 8), 11 月 16 日 (地点 No.3,6), 11 月 17 日 (地点 No. 1, 2), 11 月 19 日 (地点 No. 9, 10, 11)

3. 調査方法

熊本県環境生活部環境局環境保全課作成の「川の水環境-調査のてびき-」⁴⁾によった。

水生生物の採取は、水深約 10~30 cm の瀬において

調査地点名

地点 No.	地点名	河川名
1	古屋敷	球磨川
2	中鶴橋	球磨川
3	西瀬橋	球磨川
4	坂本橋	球磨川
5	横石	球磨川
6	川辺大橋	川辺川
7	白岩戸	氷川
8	立神峡	氷川
9	柗橋	佐敷川
10	広瀬橋	湯浦川
11	長野橋	水俣川

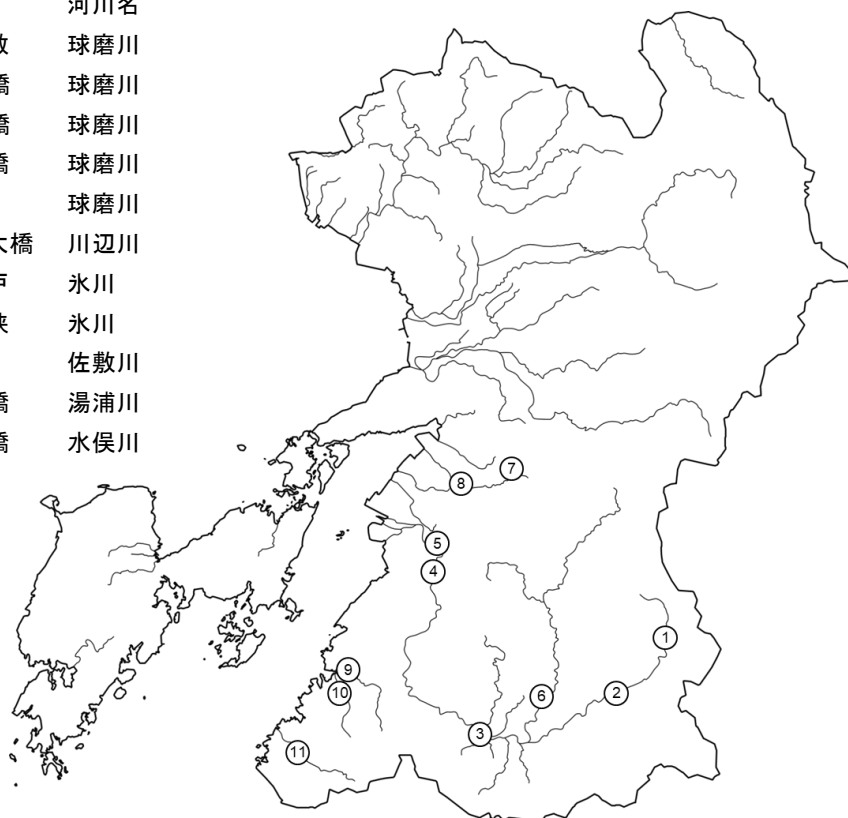


図 1 調査地点

*1 現県南広域本部保健福祉環境部 *2 現環境生活部環境局環境保全課 *3 現福岡県保健環境研究所

*4 現環境生活部環境局循環社会推進課

D型フレームネット（網目：約 1.0 mm）を用い、キック・スワイプ法により行った。

4. 評価方法

評価は、水生生物のうち熊本県独自の 25 種類の指標生物種⁵⁾（以下「指標生物」という。）の出現状況から川の水環境評価値（以下「生物評価値」という。）を求める方法によった。

この方法では、河川の状態を「Ⅰ：快適な水環境」、「Ⅱ：親しめる水環境」、「Ⅲ：不快を感じない水環境」、「Ⅳ：多少不快な水環境」及び「Ⅴ：不快な水環境」の 5 段階で評価する。

指標生物の同定及び生態は図説等^{6~12)}を参考とした。

また、シャノン・ウィナーの式を用いて多様性指数を算出した。

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

H'：多様性指数

S：群集に含まれる種の数

P_i：種 i の個体数が全体に含まれる割合

多様性指数は、値が大きいほど生物が偏りなく存在し、多様性に富んでいると評価される。

調査結果及び考察

調査結果について、出現した指標生物の個体数に併せて、出現した指標生物の種数（以下「指標生物種数」という。）、総個体数、生物評価値及び多様性指数を示す（表 1）。

また、各地点の指標生物種数、生物評価値及び多様性指数について、過去 6 回（No. 7~11 は 2012 年~2017 年、No. 1, 3 及び 6 は 2012 年~2016 年及び 2018 年、No. 2, 4 及び 5 は 2012 年~2016 年及び 2019 年）の調査結果と比較した（表 2）。

1. 指標生物種数の変動

No. 2 及び 10 を除き、過去 6 回の調査結果による値の範囲内であった。

No. 2 では、例年出現していたナガレトビケラ類、ヒラタカゲロウ類、ブユ類・ガガンボ類が確認されず、過去 6 回の最小値を下回った。

表 1 調査結果（2020 年）

区分	指標生物名	地 点 No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	カワゲラ類	9	34	7	2	11	9	18	6	1	26	8
2	ナガレトビケラ類	2			2				2	1	1	3
3	ヒゲナガカワトビケラ類		2		1				2			3
4	I チラカゲロウ									2		
5	携巣性トビケラ類	16									1	
6	ニッポンヨコエビ・サワガニ							4				
7	ヒラタカゲロウ類	19		2	40	2	34	24	7	42	29	12
8	ウズムシ類(プラナリア)											
9	ヘビトンボ類	4						12	2			
10	II マダラカゲロウ類	8	4	1	16		33	17	6	22	24	20
11	タニガワカゲロウ類	2	134	40	197	266	10	21	16	31	151	102
12	ブユ類・ガガンボ類	5		3	6		13	17	111	61	14	18
13	カワニナ											
14	ヒラタドロムシ類		11	3						5	3	
15	III コカゲロウ類	280	52	50	274	9	107	162	19	109	57	85
16	コガタシマトビケラ	2	2	1	31		17	2	1	78	85	77
17	ユスリカ類(白・緑)	4	11	84	331	193	21	21	21	14	17	46
18	貝類										10	
19	IV サホコカゲロウ						3				1	
20	ミズムシ(等脚目)											
21	ヒル類											
22	サカマキガイ											
23	V イトミミズ類											
24	セスジユスリカ(赤)					1						
25	ホシチョウバエ											
	指標生物種数	11	8	9	10	6	9	10	11	11	13	10
	総個体数	351	250	191	900	482	247	298	193	366	419	374
	生物評価値	II	III	III	II	II	III	II	II	III	II	II
	多様性指数	1.31	1.95	2.01	2.10	1.29	2.53	2.34	2.16	2.68	2.73	2.66

表 2 2020 年調査と過去 6 回の結果との比較

地点 No.	1			2			3			4		
	2020	最小値	最大値	2020	最小値	最大値	2020	最小値	最大値	2020	最小値	最大値
指標生物種数	11	6	11	<u>8</u>	10	12	9	8	12	10	7	12
生物評価値	<u>II</u>	I	I	III	III	II	III	III	I	II	III	I
多様度指数	<u>1.31</u>	1.51	2.78	1.95	1.36	2.87	<u>2.01</u>	2.06	2.92	<u>2.10</u>	2.11	2.84

地点 No.	5			6			7			8		
	2020	最小値	最大値	2020	最小値	最大値	2020	最小値	最大値	2020	最小値	最大値
指標生物種数	6	3	13	9	8	13	10	7	13	11	6	14
生物評価値	II	III	II	III	III	I	II	II	I	II	II	II
多様度指数	1.29	1.28	2.19	2.53	1.25	3.20	2.34	1.68	3.27	2.16	1.75	3.06

地点 No.	9			10			11		
	2020	最小値	最大値	2020	最小値	最大値	2020	最小値	最大値
指標生物種数	11	7	14	<u>13</u>	8	9	10	9	13
生物評価値	III	III	I	II	III	II	II	III	II
多様度指数	2.68	2.47	2.89	<u>2.73</u>	0.94	2.54	2.66	2.35	2.74

※下線は過去 6 回の最小値を下回ったもの又は最大値を上回ったもの

一方 No. 10 ではカワゲラ類やブユ類・ガガンボ類等これまであまり出現しなかった種が確認され、過去 6 回の最大値を上回った。

2. 生物評価値の変動

No. 1 を除き、過去 6 回の調査結果による値の範囲内であった。

No. 1 の生物評価値は 2012 年以来 I が続いていたが、2020 年は初めて II となった。生物評価値 I に区分されるニッポンヨコエビ・サワガニが今回確認されなかった一方、生物評価値 III に区分されるコガタシマトビケラ類が確認されたことによる。

3. 多様性指数の変動

球磨川の複数の地点や No. 10 において、過去 6 回の調査結果の変動範囲を超えた。

球磨川の No. 1, 3 及び 4 では過去 6 回の最小値を下回った。また、No. 2 及び 5 においてもそれぞれ 2015 年、2014 年に次ぐ低い値であった。

一方、湯浦川の No. 10 は過去 6 回の最大値を上回った。これは先述のとおり、指標生物種数が過去 6 回の最大値を上回ったことが要因と考えられる。なお、1990 年の調査開始以来では、2002 年の 2.86 に次ぐ 2 番目に高

い値であった。

4. 球磨川や湯浦川における各調査地点の状況

今回、前述のとおり多様性指数が低下した球磨川の No. 1~5 並びに最大となった湯浦川の No. 10 について、出現した指標生物やその個体数について過去 6 回の結果と比較した。

4.1 No. 1 (表 3-1)

川床の形態は、今回を含めた過去 7 回の調査を通じて早瀬で堆積物は無く、長径 20~30cm (スイカ大) の浮き石があった。

コカゲロウ類が前回 (2018 年) 比 3 倍以上に増加し、2012 年以降では最も多かった。優占種は 2012 年以降コカゲロウ類が続いているが、今回の出現率 (個体数/総個体数) はこれまでの 28.6%~62.7% に対し 79.8% となり、2012 年以降では最高値であった。

また先述のとおり、ニッポンヨコエビ・サワガニが確認されなかった一方、携巢性トビケラ類やヒラタカゲロウ類が増加した。

総個体数は前回 (2018 年) 比 2 倍以上になり 2012 年以降では最も多かった。

表 3-1 No. 1 における指標生物の出現状況 (2012~2016, 2018, 2020 年)

No.	区分	指標生物名	2012	2013	2014	2015	2016	2018	2020
1	I	カワゲラ類	2	6	8	6	3	14	9
2		ナガレトビケラ類	1				4	1	2
3		ヒゲナガカワトビケラ類	1		1				
4		テラカゲロウ			2				
5		携巢性トビケラ類	78	12	6	7	16	7	16
6		ニッポンヨコエビ・サワガニ			4	15	5	3	
7		ヒラタカゲロウ類	3	3	21	7		1	19
8	II	ウズムシ類(プラナリア)							
9		ヘビトンボ類						5	4
10		マダラカゲロウ類	3	2	8	2		6	8
11		タニガワカゲロウ類	6	2	44	22	18	6	2
12	III	ブユ類・ガガンボ類	11			7	3	7	5
13		カワニナ							
14	IV	ヒラタドロムシ類			2				
15		コカゲロウ類	178	32	90	28	76	82	280
16		コガタシマトビケラ					16		2
17		ユスリカ類(白・緑)	1		5	4		6	4
18	V	貝類					1		
19		サホコカゲロウ							
20		ミズムシ(等脚目)							
21	VI	ヒル類							
22		サカマキガイ							
23		イトミミズ類							
24		セスジユスリカ(赤)							
25	ホシテウバエ								
指標生物種数			10	6	11	9	9	11	11
総個体数			284	57	191	98	142	138	351
多様度指数(H')			1.51	1.85	2.32	2.78	2.17	2.20	1.31
生物評価値			I	I	I	I	I	I	II

表 3-2 No. 2 における指標生物の出現状況 (2012~2016, 2019, 2020 年)

No.	区分	指標生物名	2012	2013	2014	2015	2016	2019	2020
1	I	カワゲラ類	4	12	12	2	7	13	34
2		ナガレトビケラ類		3	8	2	4	2	
3		ヒゲナガカワトビケラ類	3	9	8	6	21	10	2
4		テラカゲロウ							3
5		携巢性トビケラ類		1		1	1		
6		ニッポンヨコエビ・サワガニ							
7		ヒラタカゲロウ類	3	13	27		16	86	
8	II	ウズムシ類(プラナリア)							
9		ヘビトンボ類							
10		マダラカゲロウ類	19	11	54	16	21	75	4
11		タニガワカゲロウ類	15	20	14	8	87	65	134
12	III	ブユ類・ガガンボ類	12		5	3	58	32	
13		カワニナ							
14	IV	ヒラタドロムシ類	1		1			6	11
15		コカゲロウ類	19	57	73	27	241	289	52
16		コガタシマトビケラ	26	15	47	26	72	53	2
17		ユスリカ類(白・緑)	5	16	4	305	16	59	11
18	V	貝類							
19		サホコカゲロウ							
20		ミズムシ(等脚目)							
21	VI	ヒル類							
22		サカマキガイ							
23		イトミミズ類							
24		セスジユスリカ(赤)							
25	ホシテウバエ								
指標生物種数			10	10	11	10	11	12	8
総個体数			107	157	253	396	544	693	250
多様度指数(H')			2.87	2.81	2.78	1.36	2.49	2.67	1.95
生物評価値			III	I	III	II	I	II	III

4.2 No. 2 (表 3-2)

川床の形態は、今回を含めた過去 7 回の調査を通じて早瀬で堆積物は無く、長径 5 cm 程度の浮き石(みかん大)があった。

タニガワカゲロウ類が約 2 倍の 134 個体まで増加し、今回初めて優占種となった。2015 年を除き優占種であったコカゲロウ類は前回(2019 年)比 80%以上減少した。

先述のとおり、これまで出現していたナガレトビケラ類、ヒラタカゲロウ類、ブユ類・ガガンボ類が確認されなかった。ヒゲナガカワトビケラ類、マダラカゲロウ類及びコガタシマトビケラも大幅に減少した。

カワゲラ類は増加し、2012 年以降では最も多かった。

総個体数は過去 6 回の値の範囲内であったが、前回の半分以下まで減少した。

4.3 No. 3 (表 3-3)

川床の形態は平瀬で、長径 10~15 cm (メロン大)の浮き石があるが、2015 年の調査以降は砂泥の堆積や付着藻類が観察されている。

今回ユスリカ類がやや増加し、2015 年以降の優占種となった。タニガワカゲロウ類も増加し、前回の約 2

表 3-3 No. 3 における指標生物の出現状況 (2012~2016, 2018, 2020 年)

No.	区分	指標生物名	2012	2013	2014	2015	2016	2018	2020
1	I	カワゲラ類	4	1	10	1		3	7
2		ナガレトビケラ類		1	4				
3		ヒゲナガカワトビケラ類	18	26	9	20	17	9	
4		テラカゲロウ							
5		携巢性トビケラ類		2	6			8	
6		ニッポンヨコエビ・サワガニ							
7		ヒラタカゲロウ類	18	41	25	3	14	102	2
8	II	ウズムシ類(プラナリア)							
9		ヘビトンボ類							
10		マダラカゲロウ類	19	17	49	9	5	146	1
11		タニガワカゲロウ類	26	5	14	2	9	21	40
12	III	ブユ類・ガガンボ類	2		4	1	27	90	3
13		カワニナ							
14	IV	ヒラタドロムシ類			13	5		20	3
15		コカゲロウ類	34	53	85	21	14	135	50
16		コガタシマトビケラ	23	15	12	5	148	48	1
17		ユスリカ類(白・緑)	39	1	10	37	15	76	84
18	V	貝類							
19		サホコカゲロウ							
20		ミズムシ(等脚目)							
21	VI	ヒル類						1	
22		サカマキガイ							
23		イトミミズ類							
24		セスジユスリカ(赤)							
25	ホシテウバエ								
指標生物種数			9	10	12	10	8	12	9
総個体数			183	162	241	104	249	659	191
多様度指数(H')			2.89	2.48	2.90	2.57	2.06	2.92	2.01
生物評価値			III	I	II	III	III	II	III

倍となった。コカゲロウ類と併せ、これら 3 種で出現率が約 91%を占めた。

過去 6 回全て出現したヒゲナガカワトビケラ類や過去 3 回出現した携巣性トビケラ類が確認されなかった。また前回 (2018 年) 増加したヒラタカゲロウ類, マダラカゲロウ類, ブユ類・ガガンボ類及びコカゲロウ類も減少した。

総個体数は過去 6 回の値の範囲内であったが, 前回の 3 割以下に減少した。

4.4 No. 4 (表 3-4)

川床の形態は, 今回を含めた過去 7 回の調査を通じて早瀬で堆積物は無く, 長径 10~15 cm (メロン大) の浮き石があった。また 2014 年の調査以降は付着藻類が多くなっている。

出現した指標生物種数に大きな変動はなかったが, タニガワカゲロウ類, コカゲロウ類及びユスリカ類の個体数が増加し, ユスリカ類は今回初めての優占種となった。これら 3 種で出現率が 78%を占めた。

表 3-4 No. 4 における指標生物の出現状況 (2012~2016, 2019~2020 年)

No.	区分	指標生物名	2012	2013	2014	2015	2016	2019	2020
1	I	カワゲラ類		4	1	1		2	2
2		ナガレトビケラ類			3	1		1	2
3		ヒゲナガカワトビケラ類	9	3	1	1	1		1
4		チラカゲロウ		1					
5		携巣性トビケラ類						2	
6		ニッポンヨコエビ・サワガニ						2	
7		ヒラタカゲロウ類	8	44	41	49	1	207	40
8	II	ウズムシ類(プラナリア)							
9		ヘビトンボ類							
10		マダラカゲロウ類	11	7	33	12	4	46	16
11		タニガワカゲロウ類	14	16	20	13	3	110	197
12		ブユ類・ガガンボ類	35	2	8	54	2		6
13		カワニナ							
14	III	ヒラタドロムシ類	2		4			2	
15		コカゲロウ類	50	73	43	36	10	67	274
16		コガタシマトビケラ	3	6	15		7	9	31
17		ユスリカ類(白・緑)	3	3	13	2		5	331
18		貝類							1
19	IV	サホコカゲロウ							
20		ミズムシ(等脚目)							
21		ヒル類							
22		サカマキガイ							
23	V	イトミミズ類							
24		セスジユスリカ(赤)							
25		ホシチョウバエ							
指標生物種数			9	10	11	9	7	12	10
総個体数			135	159	182	169	28	454	900
多様度指数(H')			2.51	2.21	2.84	2.28	2.39	2.11	2.10
生物評価値			III	II	III	II	II	I	II

前回 (2019 年) 初めて出現した携巣性トビケラ類やニッポンヨコエビ・サワガニは今回確認されなかったほか, ヒラタカゲロウ類も前回の 2 割以下に減少した。

総個体数は前回比 2 倍となり, 2012 年以降の最大値であった。

4.5 No. 5 (表 3-5)

川床の形態は, 今回を含めた過去 7 回の調査を通じて早瀬で砂泥が堆積しており, 石の大きさは長径 5 cm 程度 (みかん大) の沈み石があった。

今回, タニガワカゲロウ類の個体数が前回 (2019 年) の約 5 倍となり, 2014 年以降の優占種となった。また前回の調査において 2015 年以降の出現で優占種であったユスリカ類も引き続き増加した。これら 2 種のみで出現率が約 95%を占めた。

これまで出現していた携巣性トビケラ類, マダラカゲロウ類及びヒラタドロムシ類が確認されなかった。

またセスジユスリカ (赤) が 2012 年以降で初めて確認された。総個体数は 2012 年以降の最大値であった。

表 3-5 No. 5 における指標生物の出現状況 (2012~2016, 2019~2020 年)

No.	区分	指標生物名	2012	2013	2014	2015	2016	2019	2020
1	I	カワゲラ類	4	1		2	6	12	11
2		ナガレトビケラ類	1						1
3		ヒゲナガカワトビケラ類							
4		チラカゲロウ							
5		携巣性トビケラ類		1		5	2		1
6		ニッポンヨコエビ・サワガニ							
7		ヒラタカゲロウ類						3	2
8	II	ウズムシ類(プラナリア)						2	
9		ヘビトンボ類							
10		マダラカゲロウ類		1	3	5	1	19	
11		タニガワカゲロウ類	24	42	13	36	8	51	266
12		ブユ類・ガガンボ類	1			1		6	
13		カワニナ							
14	III	ヒラタドロムシ類	4	5		1	1	3	
15		コカゲロウ類	4	9		6	10	59	9
16		コガタシマトビケラ		2				3	
17		ユスリカ類(白・緑)	15		4	47		179	193
18		貝類	1					3	
19	IV	サホコカゲロウ							
20		ミズムシ(等脚目)							
21		ヒル類							
22		サカマキガイ							
23	V	イトミミズ類							
24		セスジユスリカ(赤)							1
25		ホシチョウバエ							
指標生物種数			8	7	3	8	6	13	6
総個体数			54	61	20	103	28	342	482
多様度指数(H')			2.19	1.53	1.28	1.95	2.14	2.17	1.29
生物評価値			II	II	II	III	III	III	II

4.6 No. 10 (表 3-6)

川床の形態は, 今回を含めた過去 7 回の調査を通じて早瀬で堆積物はなく (2012 年~2014 年は砂泥を確認。), 石の大きさは長径 10~15 cm (メロン大) の浮き石がある。

タニガワカゲロウ類が前回(2017年)の約25倍の151個体となり、2016年以来の優占種となった。またコカゲロウ類、ユスリカ類のほかカワゲラ類やヒラタカゲロウ類等確認された指標生物の多くが増加した一方で貝類が減少した。

更に、2012年以降では初めてナガレトビケラ類やサホコカゲロウが確認された。また2015年以降の調査では出現しなかったブユ類・ガガンボ類も確認された。

総個体数は2012年以降では最大値であった。

表 3-6 No. 10 における指標生物の出現状況(2012~2017, 2020年)

No.	区分	指標生物名	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2020
1	I	カワゲラ類	7	5	2			2	26
2		ナガレトビケラ類							1
3		ヒゲナガカワトビケラ類							
4		チラカゲロウ		1		7	1		
5		携巣性トビケラ類						1	1
6		ニッポンヨコエビ・サワガニ							
7		ヒラタカゲロウ類	2	1		8	2	1	29
8	II	ウズムシ類(プラナリア)							
9		ヘビトンボ類							
10		マダラカゲロウ類	3	2	2	10		8	24
11		タニガワカゲロウ類	21	13	6	28	40	6	151
12		ブユ類・ガガンボ類	1		1				14
13	III	カワニナ							
14		ヒラタドROMシ類	1			1	4		3
15		コカゲロウ類	1	5	14	16	1	2	57
16		コガタシマトビケラ	6	14	34	41	13	31	85
17	ユスリカ類(白・緑)	4				4	5	17	
18	IV	貝類		2	316	91	2	19	10
19		サホコカゲロウ							1
20		ミズムシ(等脚目)							
21		ヒル類		1	2	1			
22		サカマキガイ							
23	V	イトミミズ類							
24		セスジユスリカ(赤)							
25		ホシチョウバエ							
指標生物種数			9	9	8	9	8	9	13
総個体数			46	44	377	203	67	75	419
多様度指数(H')			2.43	2.54	0.94	2.31	1.87	2.37	2.73
生物評価値			II	II	III	III	III	III	II

5. 考察

球磨川や湯浦川の各調査地点において個体数が変動したナガレトビケラ類ほか8種の指標生物について考察した。これらの指標生物の生態は、以下のとおりである(6~12)。

- ・ナガレトビケラ類: 河川の早瀬や平瀬に生息し、石間に固定巣は作らないが蛹になる際、石間にマユをつくる。
- ・ヒゲナガカワトビケラ類: 河川の早瀬や平瀬に生息し、石間に捕獲網と固着巣をつくる。
- ・携巣性トビケラ類: 様々な巣材・形態の可携性巣をつくり、巣材の材料である砂粒や植物質を確保できる河川全域に生息。

- ・ヒラタカゲロウ類: 河川上流から下流域にある石の水流の向かう面や石礫底の流れが速い場所に生息。
- ・タニガワカゲロウ類: 河川上流から下流のヒラタカゲロウ類よりも流れがやや緩やかな場所の石礫底に生息。
- ・ブユ類・ガガンボ類: 河川の上流から下流まで広く生息し、石表面にマユをつくる。
- ・コカゲロウ類: 清冽な山地溪流から有機・無機物質に汚染された河川全域にわたって生息。
- ・ユスリカ類: ヘドロ化した軟泥や砂を含む底質に生息。

熊本地方気象台発表の災害時気象資料¹³⁾によると、2020年7月3日から4日にかけて県の南部(図2)を中心に記録的大雨となり、球磨川や湯浦川の各所で氾濫が発生した。これまでも他の河川における増水による水生生物への影響に関する報告^{14),15)}がなされており、今回の多様性指数の変動もこの大雨と何らかの関連性があるものと考えられる。

つまり、浮き石間に生息あるいはマユを作るナガレトビケラ類、ヒゲナガカワトビケラ類、携巣性トビケラ類及びブユ類・ガガンボ類は大雨による河川の増水や土砂流入により石の隙間が一時的に砂泥で埋まることで、餌(有機物など)の確保が難しくなりマユや巣の材料も流出したことで減少したものと考えられる。ヒラタカゲロウ類も河床の石が一時的に砂泥で埋まり、周辺の流速が緩やかになることで生息条件が悪くなり個体数が減少したと考えられる。

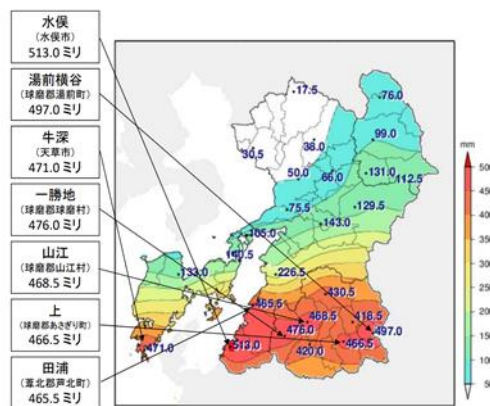


図2 2020年7月3日~4日のアメダス総降水量 ※「災害時気象資料」¹³⁾の一部を加工して作成

一方、タニガワカゲロウ類、コカゲロウ類及びユスリカ類は大雨の影響で増加した水量や土砂に適応できたことから、個体数が増加したと考えられる。

その結果、他の種が未だ回復していない状況でNo.3~5といった球磨川の中・下流側を中心にこれら3種の

出現率が上昇し、多様性が低下したと考えられる。

しかし、湯浦川は球磨川と同様にタニガワカゲロウ類、コカゲロウ類及びユスリカ類が増えただけではなく、他の種も回復している状況が伺えた。湯浦川は河川延長や流域面積が球磨川のそれぞれ約 10 分の 1、約 50 分の 1^{16),17)} であり規模が小さい。また水生生物の回復は河川の上流ほど速く下流部では遅い³⁾とされる。これらのことから、湯浦川は球磨川と比べ今回の大雨により流入した大量の水や土砂が比較的早く解消し、水生生物への影響もある程度抑えられたものと推察している。

ま と め

今回は県南地域 11 地点において調査を実施し、特に多様性指数について球磨川の調査地点 5 地点において低下した一方、No. 10(広瀬橋(湯浦川))では上昇した。

本調査は、2020 年 7 月に球磨川周辺で発生した記録的大雨の約 4 か月後に実施したが、河川の水環境に対する何らかの影響が続いている可能性がある。

今後も定期的に調査を実施することにより、生物相の変化を注視していく必要がある。

文 献

- 1) 熊本県環境保全課 HP:「令和 2 年(2020 年)度みんなの川の環境調査-川の生き物と水質を調べてみよう-」の参加団体を募集しています!!
https://www.pref.kumamoto.jp/kiji_11174.html (2020 年 6 月閲覧).
- 2) 熊本県環境保全課 HP: みんなの川の環境調査報告書
http://www.pref.kumamoto.jp/kiji_583.html (2020 年 6 月閲覧).
- 3) 谷口智則: 熊本県保健環境科学研究所報, 44, 108 (2014).
- 4) 熊本県環境保全課:「川の水環境一調査のてびきー」, (平成 23 年 10 月).
- 5) 小田泰史, 杉村継治, 久保 清: 用水と廃水, 34, 112 (1992).
- 6) 川合禎次編:「日本産水生昆虫検索図説」, (1985), (東海大学出版会).
- 7) 谷田一三編, 丸山博紀, 高井幹夫著:「原色川虫図鑑」, (2000), (全国農村教育協会).
- 8) 刈田 敏著:「水生昆虫ファイル I」, (2002), (株式会社つり人社).
- 9) 刈田 敏著:「水生昆虫ファイル II」, (2002), (株式会社つり人社).
- 10) 刈田 敏著:「水生昆虫ファイル III」, (2002), (株式会社つり人社).
- 11) 椎野季雄著:「水産無脊椎動物学」, (1969), (培風館).
- 12) 津田松苗編:「水生昆虫学」, (1962), (図鑑の北隆館).
- 13) 福岡管区気象台 HP: 災害時気象資料(九州・山口)
https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/gyoumu/saigai_sokuho_siryo.html (2021 年 7 月閲覧).
- 14) 前田敏孝, 渡邊和博: 熊本県保健環境科学研究所 報, 46, 44 (2016).
- 15) 内田大智, 前田敏孝: 熊本県保健環境科学研究所 報, 47, 95 (2017).
- 16) 国土交通省水管理・国土保全局: 河川データブック(令和 3 年 7 月).
https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen_db/index.html (2021 年 12 月閲覧).
- 17) 熊本県土木部河川課: 熊本の二級河川(平成 13 年 12 月).

3・3 誌上発表論文抄録

Polymerase chain reaction primer sets for the detection of genetically diverse human sapoviruses

Arch Virol. 2020 Oct;165(10):2335-2340. doi: 10.1007/s00705-020-04746-9. Epub 2020 Jul 27.

Tomoichiro Oka ^{*1}, Seiji P. Yamamoto^{*2}, Nobuhiro Iritani^{*2}, Shigenori Sato^{*3}, Chika Tatsumi^{*4}, Tetsuo Mita^{*4}, Shunsuke Yahiro^{*5}, Shinichiro Shibata^{*6}, Fang-Tzy Wu^{*7}, Hirotaka Takagi^{*8}

^{*1} Department of Virology II, National Institute of Infectious Diseases

^{*2} Division of Microbiology, Osaka Institute of Public Health

^{*3} Division of Virology and Medical Zoology, Chiba Prefectural Institute of Public Health

^{*4} Division of Virology, Shimane Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science

^{*5} Department of Microbiology, Kumamoto Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science

^{*6} Microbiology Department, Nagoya City Public Health Research Institute

^{*7} Center for Research, Diagnostics and Vaccine Development, Taiwan Centers for Disease Control

^{*8} Management Department of Biosafety and Laboratory Animal, National Institute of Infectious Diseases

Sapoviruses are increasingly being recognized as pathogens associated with gastroenteritis in humans. Human sapoviruses are currently assigned to 18 genotypes (GI.1-7, GII.1-8, GIV.1, and GV.1-2) based on the sequence of the region encoding the major structural protein. In this study, we evaluated 11 polymerase chain reaction (PCR) assays using published and newly designed/modified primers and showed that four PCR assays with different primer combinations amplified all of the tested human sapovirus genotypes using either synthetic DNA or cDNA prepared from human sapovirus-positive fecal specimens. These assays can be used as improved broadly reactive screening tests or as tools for molecular characterization of human sapoviruses.

3・4 学会・研究会発表抄録

3・4・1 所外における学会・研究会

熊本県内におけるPM2.5監視網の合理化手法の検討（Ⅰ）：Regression Kriging法を用いた空間濃度分布推定

第37回エアロゾル科学・技術研究討論会 令和2年8月27日～8月28日 オンライン開催
豊永悟史、小原大翼^{*1}、古澤尚英^{*2}、荒木真^{*3}、山崎文雅^{*4}、矢野弘道^{*4}

^{*1} 現環境生活部環境局環境保全課 ^{*2} 現県南広域本部球磨地域振興局保健福祉環境部

^{*3} 大阪大学 ^{*4} 現環境生活部環境局循環社会推進課

Design of present air monitoring networks should be re-examined according to the situation of air pollutions and social contexts. In this study, the spatial distribution of PM_{2.5} in the Kyushu area was predicted by a regression kriging (RK) model to examine how well a subset of the present networks can represent the full network. We develop a RK model with chemical transport model data (CRK) as an indicator for transboundary pollution. The predictions were made for daily average, annual average, and high concentration day average, respectively. The validations for daily predictions were made by methods of “leave one out cross validation (CV)” and “external data (ED)”. R²-values and RMSE-values were 0.90 and 2.47 for CRK model by the CV method, and were 0.86 and 3.52 by the ED method. R²-values and RMSE-values by CV method were 0.58 and 1.45 for annual prediction, and were 0.70 and 2.40 for high concentration day average. These results suggested that the CRK showed good performance and is suitable for further examination.

熊本県内におけるPM2.5監視網の合理化手法の検討（Ⅱ）：削減可能な測定局の選定方法の開発

第37回エアロゾル科学・技術研究討論会 令和2年8月27日～8月28日 オンライン開催
豊永悟史、古澤尚英^{*1}、小原大翼^{*2}、荒木真^{*3}、山崎文雅^{*4}、矢野弘道^{*4}

^{*1} 現環境生活部環境局環境保全課 ^{*2} 現県南広域本部球磨地域振興局保健福祉環境部

^{*3} 大阪大学 ^{*4} 現環境生活部環境局循環社会推進課

In this study, a method for identifying reducible monitoring stations was developed by using the PM_{2.5} monitoring network in Kumamoto prefecture as an example. Basic concept of the method is to examine how well subsets of the PM_{2.5} networks (i.e. reduced networks) can represent the full network. There are two steps in the method using the concentration maps predicted by “Regression Kriging with chemical transport model data” as developed in the previous study (I). In the first step, the maps with reduced networks (R-map) and the map with full network (F-map) were statistically compared by Brunner-Munzel test. The R-maps with no-significant difference from the F-map were extracted, and the monitoring stations excluded in these R-maps passed the first step. In the second step, the passed stations were prioritized by calculating the spatial area affected by exclusion of the stations. The smaller area has the higher priority to be reduced. As a result of these steps, the reducible stations with only ignorable contribution to the present networks could be identified. This method is useful for the optimal reduction for the present PM_{2.5} network.

熊本県内におけるPM2.5モニタリングネットワークの効率化手法の検討（Ⅰ）：Regression Kriging法による空間濃度分布推定

第61回大気環境学会年会 令和2年9月14日～10月4日 誌上開催

小原大翼^{*1}、古澤尚英^{*2}、豊永悟史、荒木真^{*3}、山本裕典^{*4}、山崎文雅^{*5}、矢野弘道^{*5}

*1 現環境生活部環境局環境保全課 *2 現県南広域本部球磨地域振興局保健福祉環境部

*3 大阪大学 *4 現熊本県環境センター *5 現環境生活部環境局循環社会推進課

PM_{2.5}の常時監視測定局は、国民の大気汚染に対する関心の高まりとともに整備が進められ、2017年度時点で全国の800地点以上に配置されている。一方、近年のPM_{2.5}濃度は全国的に減少傾向にあることから、今後は効率的な監視を目的とした体制への移行を検討する必要がある。そこで本研究では、熊本県をモデル自治体として、測定局を削減した場合の影響を定量的に評価する手法を開発した。本発表では、その一部として、化学輸送モデルデータを越境汚染の指標として変数に追加したRegression Kriging法(RK法)を用いて、九州地域におけるPM_{2.5}の空間濃度分布を予測し、その精度を検証した。RK法の予測精度は、先行研究と同程度であり、良好な結果であった。

熊本県内におけるPM_{2.5}モニタリングネットワークの効率化手法の検討(Ⅱ): 効率化の 検討対象となる測定局判別方法の開発

第61回大気環境学会年会 令和2年9月14日～10月4日 誌上開催

古澤尚英*1、小原大翼*2、豊永悟史、荒木真*3、山本裕典*4、山崎文雅*5、矢野弘道*5

*1 現県南広域本部球磨地域振興局保健福祉環境部 *2 現環境生活部環境局環境保全課

*3 大阪大学 *4 現熊本県環境センター *5 現環境生活部環境局循環社会推進課

本発表では、前報(I)で構築したRegression Kriging法(RK法)を用いて、現状の配置と一部の測定局を削減した場合の配置におけるPM_{2.5}空間濃度分布について、環境基準達成状況の把握に与える影響を定量的に評価し、影響の小さい測定局を判別する手法の開発を試みた。開発した手法は、削減候補となる測定局を統計検定により抽出した上で、削減の影響を受ける陸地面積を指標として優先順位を設定するものである。本手法を熊本県のモニタリングネットワークに適用したところ、最大5局削減する場合の測定局配置について、優先順位をつけて示すことが可能であった。

ダイヤルインシステムによる

各部室への直通電話のご案内

(市外局番 0964)

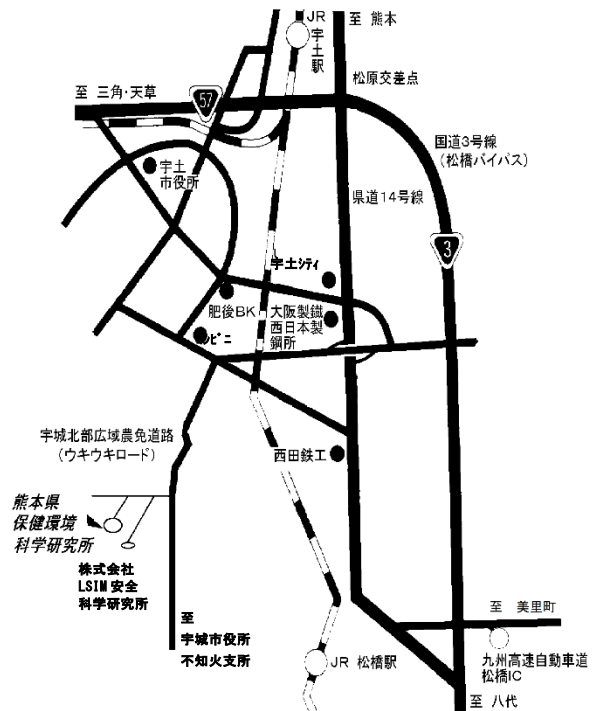
総務課 (代) 23-5771

微生物科学部 23-5794

生活化学部 23-5795

大気科学部 23-5924

水質科学部 23-5936



令和2年度版 所報編集委員会
委員長 廣畑 昌章
副委員長 猿渡 伸之
委員 前田 莉花
角田 朋生

宇梶 徳史
出納 由美子

熊本県保健環境科学研究所報

令和2年度 第50号
2020

編集

熊本県保健環境科学研究所
〒869-0425
熊本県宇土市栗崎町 1240-1
TEL (0964) 23-5771 (代)
FAX (0964) 23-5260

熊本県保健環境科学研究所

〒 869-0425 熊本県宇土市栗崎町1240-1
TEL (0964) 23-5771(代) FAX (0964) 23-5260

Kumamoto Prefectural Institute
of Public-Health and Environmental Science

1240-1 Kurizaki-machi, Uto City
Kumamoto 869-0425, Japan

発行者	: 熊本県
所属	: 保健環境科学研究所
発行年度	: 令和3年度 (2021年度)