

熊本県
保健環境科学研究所報
令和4年度（2022年度）

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

No.52 2022

熊本県保健環境科学研究所

はじめに

猛威を振るった新型コロナウイルス感染症が、昨年5月8日に感染症法に基づく「2類相当」から「5類」に移行して8ヶ月が経ちました。県内を訪れる観光客も増えるなど社会経済活動が活発化しており、徐々にコロナ前の活気を取り戻しつつあります。

また、平成28年熊本地震で倒壊し大きな被害を受けた阿蘇神社の国指定重要文化財である楼門が同地震から約7年半を経た昨年12月に復旧工事・再建工事が完了しました。「日本三大楼門」の一つとされる楼門の完成で、他の国指定重要文化財5棟や拝殿を含む神社の主要建造物はすべて復旧し、熊本地震からの復興を肌身で感じられるところです。

そのような中、迎えた令和6年でしたが、元日に能登半島地震の報道が飛び込んできました。熊本地震と同じ震度7という報道に当時の記憶が呼び起こされました。そして徐々に飛び込んでくる現地の状況に、同じく地震を経験した身として心が痛みました。被災された方々にお見舞い申し上げますとともに、亡くなられた方々の御冥福をお祈り申し上げます。

さて、この所報は、令和4年度に進めてきまし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、衛生分野では「LC-MS/MSを用いた畜水産物中残留農薬一斉分析法の検討」や「熊本県の市中における薬剤耐性菌の腸管内保菌調査」、環境分野では「荒尾地域の地下水における硝酸性窒素濃度について」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できれば幸いです。

最後に、令和6年（2024年）末には本県菊陽町に新たな工場を建設している台湾の世界的な半導体メーカー（TSMC）が半導体の量産を開始する予定です。現在、周辺地域では鉄道や道路、住宅等のインフラ整備が急ピッチで進められており、熊本県にとって大きな転換点を迎えることとなります。今後も他機関等とも連携・協力しながら、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つつ、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6年1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 職員の一覧表	2
1・4 施設及び主要備品	3
1・5 学会・研修等	6
1・6 調査研究に対する評価・倫理審査委員会	8

2 業 務 実 績

2・1 微生物科学部	9
2・2 生活化学部	11
2・3 大気科学部	14
2・4 水質科学部	17

3 調査研究

3・1 報文

1) 熊本県の市中における薬剤耐性菌の腸管内保菌調査（第2報）	20
2) 熊本県における新型コロナウイルス検査結果とフルゲノムを用いた流行株の系統解析	26
3) LC-MS/MS を用いた畜水産物中残留農薬一斉分析法の検討	36
4) 山鹿市の湧水の水質について	47
5) 下益城郡美里町北西部の地下水質について	62
6) 荒尾地域の地下水における硝酸性窒素濃度について（第1報）－過去20年間の地下水質の変化－	71

3・2 資料

1) 感染症発生動向調査に伴う病原体検査（2022年度）	82
2) 日本脳炎調査（2022年度）	85
3) 食品中における特定原材料の検査結果（平成18年度～令和4年度）	87
4) 医薬品成分（メラトニン及び5-HTP）の分析方法の検討について	90
5) 熊本県における放射能調査（2022年度）	93
6) 熊本県の酸性雨長期モニタリング調査結果（2022年度）	98
7) 生物の生息状況による河川の環境評価（人吉・八代地域）（2022年度）	103

3・3 誌上発表論文抄録.....	109
3・4 学会・研究会発表抄録	
1) 所外における学会・研究会.....	110

Annual Report of Kumamoto Prefectural Institute
of Public-Health
and Environmental Science
No. 52 2022
Contents (Research)

Regular Articles

- 1) A survey of Drug-Resistant Bacteria in Intestine of Community People in Kumamoto Prefecture (2)
Rika MAEDA^{*1}, Seiya HARADA, Atsumi OBARA, Misato MORI, Ichiro IZU, Shunsuke YAHIRO^{*2}, Eisuke TOKUOKA
^{*1} Department of Health, Welfare and the Environment, Yatsushiro Area Promotion Bureau, Southern Kumamoto Administrative Headquarters
^{*2} Public Sanitation and Pharmaceutical Division

- 2) Results of COVID-19 active surveillance from 2020 to 2023 and phylogenetic analysis of epidemic strains using full genomes in Kumamoto Prefecture
Yukie INOUE, Rika MAEDA^{*1}, Atsumi OBARA, Misato MORI, Sumika RYU, Ichiro IZU, Takaaki HIRANO, Seiya HARADA, Mami SATO^{*2}, Shoichiro GEJIMA^{*3}, Takashi SAKAI^{*4}, Kazutoshi MATSUMOTO^{*5}, Shunsuke YAHIRO^{*4}, Eisuke TOKUOKA
^{*1} Department of Health, Welfare and the Environment, Yatsushiro Area Promotion Bureau, Southern Kumamoto Administrative Headquarters
^{*2} Formerly of Department of Microbiology, Kumamoto Prefectural Institute of Public-Health and Environmental Science
^{*3} Public Health Emergencies Management Division
^{*4} Public Sanitation and Pharmaceutical Division
^{*5} Meat Inspection Office

- 3) Study of simultaneous analysis for residual pesticides in livestock and marine products by LC-MS/MS
Kazuma YAGI^{*1}, Ai AOKI, Tomoyuki SANADA^{*2}, Masahide KOBAYASHI^{*3}
^{*1} Kumamoto Prefectural Mental Care Center
^{*2} Department of Health, Welfare and the Environment, Amakusa Kumamoto Administrative Headquarters
^{*3} Meat Safety Inspection Office

- 4) Quality of spring water in Yamaga City
Masaaki HIROHATA, Tomoyuki SANADA^{*}, Taisei SERIKAWA and Tatsuya MATSUZAKI
^{*} Department of Health, Welfare and the Environment, Amakusa Kumamoto Administrative Headquarters

- 5) Groundwater quality in the northwestern part of Misato Town, Shimomashiki District
Masaaki Hirohata, Tomoyuki SANADA^{*}, Taisei SERIKAWA, Tatsuya MATSUZAKI
^{*} Department of Health, Welfare and the Environment, Amakusa Kumamoto Administrative Headquarters

- 6) Nitrate nitrogen concentration in groundwater in the Arao area (first report)
— Changes in groundwater quality over the past 20 years —

Tatsuya MATSUZAKI, Daisuke KOHARA*¹, Akio OHARA, Satoshi TOYONAGA, Seiki KINO*² and Masaaki HIROHATA

*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

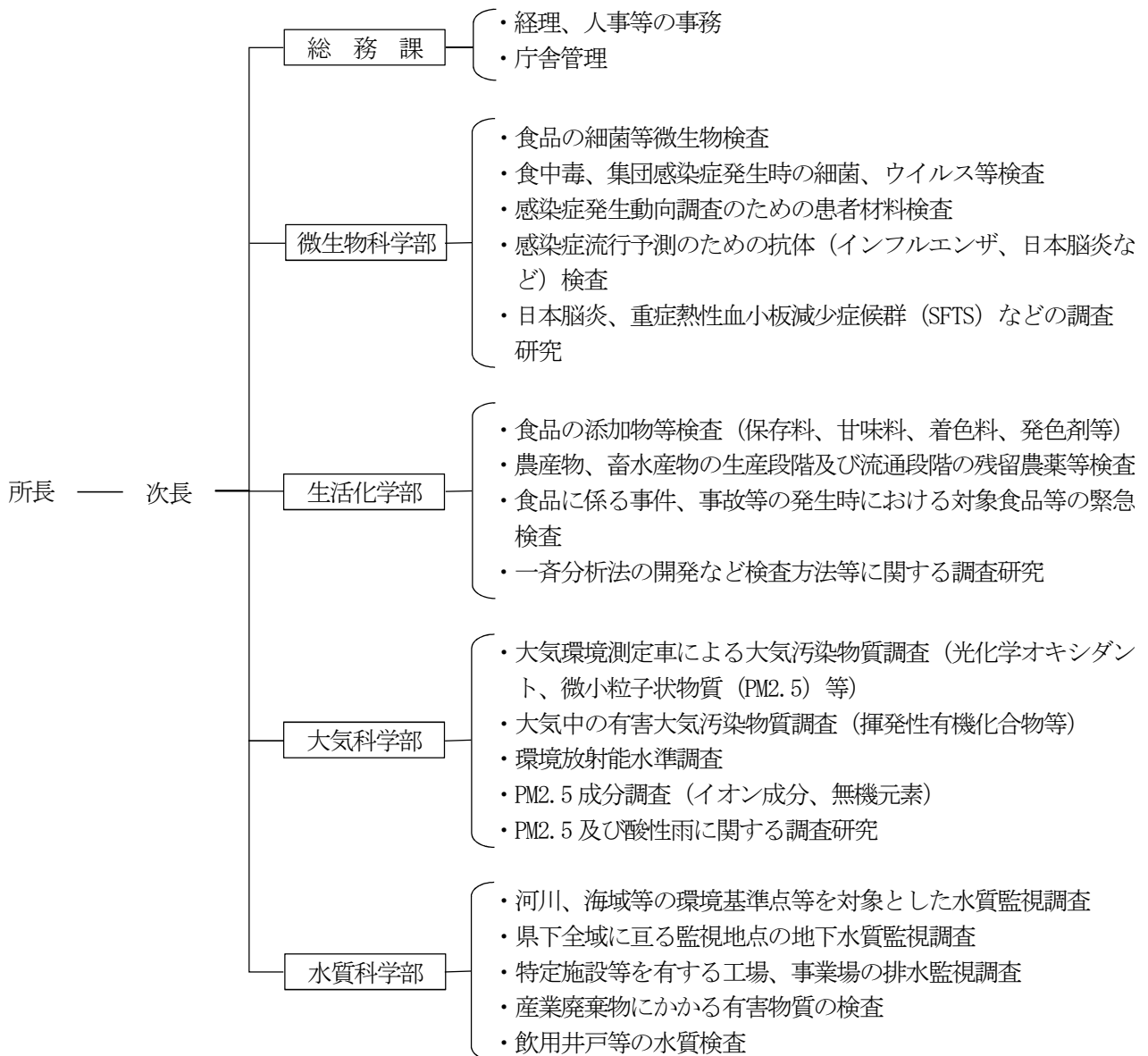
Reports

- 1) Epidemiological Surveillance of Infection Diseases in Kumamoto Prefecture (2022)
Eisuke TOKUOKA, Yukie INOUE, Rika MAEDA*¹, Seiya HARADA, Takaaki HIRANO, Ichiro IZU, Misato MORI and Shunsuke YAHIRO*²
*¹ Department of Health, Welfare and the Environment, Yatsushiro Area Promotion Bureau, Southern Kumamoto Administrative Headquarters
*² Public Hygiene and Pharmaceutical Division, Health Bureau, Department of Health and Welfare
- 2) Surveillance of Japanese Encephalitis Virus Infection in Kumamoto Prefecture (2022)
Ichirou IZU and Eisuke TOKUOKA
- 3) Examination of Allergic Substance in Foods (Apr. 2006 - Mar. 2022)
Yuko NAKAHARA
- 4) Examination of Analysis Methods for Pharmaceutical Ingredients (Melatonin and 5-HTP)
Eriko SHIMA, Kazuma YAGI*, Yuko NAKAHARA
* Kumamoto Prefectural Mental Care Center
- 5) Radioactivity Survey Data in Kumamoto Prefecture (2022)
Kazunori UENO, Hiromichi KITAOKA, Satoshi TOYONAGA, Housei TSUNODA*¹ and Seiki KINO*²
*¹ Department of Health, Welfare and the Environment, Kamimashiki Area Development Bureau, Central Kumamoto Administrative Headquarters
*² Recycling and Sustainability Promotion Division, Environmental Affairs Bureau, Department of the Environment and Residential Life
- 6) Long-Term Monitoring of Acid Deposition in Kumamoto Prefecture(2022)
Kazunori UENO, Satoshi TOYONAGA
- 7) Environmental assessment of rivers from the biological habitat status (Yatsushiro • Hitoyoshi area) (2022)
Ai SAWADA

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5年6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							1		1
総務課	2							2		2
微生物科学部			4	3				7		7
生活化学部				3		1	1	5		5
大気科学部				1	4			5		5
水質科学部				5	2			7		7
合 計	3	0	4	12	7	1	1	28	0	28

1・3 職員の一覧表

(令和5年6月1日現在)

職		氏 名	職		氏 名
所 長		廣 畑 昌 章	大 気 科 学 部	大気科学部長	出納 由美子
次 長		久保園 一誠		研究参事	豊永 悟史
総務課	総務課長(兼務) 主 幹 主任主事	久保園 一誠 稲葉 智裕 西村 幸子		研究員	古澤 尚英 三井 浩揮 上野 一憲
微 生 物 科 学 部	研究主幹 (微生物科学部長)	徳岡 英亮	水 質 科 学 部	水質科学部長 (課長補佐)	松崎 達哉
	研究主幹	平野 孝昭		研究参事	澤田 愛
	研究参事	伊豆 一郎		研究主任	小原 敦美
	研究員	森 美聡		研究員	佐藤 雅史
	研究員	井上 祐希江		研究員	芹川 大成
	研究員	笠 純華 原田 誠也		研究員	小原 彬生 奥村 美紘
生 活 化 学 部	研究主幹 (生活化学部長)	中原 優子			
	研究参事	島 絵里子			
	研究主任	田村 香菜			
	研究員	門田 健太郎			
	研究員	青木 愛			

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5年4月1日現在)

品名	メーカー名 / 型式等	購入年月	配置先
大気環境測定車 (みどりV世号)	トヨタ/3BF-TRY230	R4.3	大気科学部
自動電気泳動装置	島津製作所/MCE-202MultiNA	H29.2	微生物科学部
自動核酸抽出装置	QIAGEN/QIAcube connect	R2.3	微生物科学部
自動核酸抽出装置	Maxwell RSC 48 System AS8500	R5.3	微生物科学部
DNAシーケンサー	Applied Biosystems/3500GeneticAnalyzer	H23.7	微生物科学部
DNAシーケンサー	イルミナ/iSeq 100	R2.3	微生物科学部
DNAシーケンサー	イルミナ/iSeq 100	R3.11	微生物科学部
DNAシーケンサー	サーモフィッシュャー SEQ8FLEX230-D-BA01	R5.3	微生物科学部
シーケンス解析システム	Filgen/CLC Workbench	R3.10	微生物科学部
煙道排ガス試料採取装置	マルニサイエンス/M2-700DS	H26.3	大気科学部
気象観測装置	小笠原計器製作所/	H26.2	大気科学部
ガスクロマトグラフ	島津製作所/GCMS QP-2010	H16.10	生活化学部
ガスクロマトグラフ	島津製作所/GC-2010 Plus	H26.9	水質科学部
ガスクロマトグラフ	Agilent/8890GC	R3.3	水質科学部
ガスクロマトグラフ質量分析装置	Agilent/5973 inert MSD	H16.3	生活化学部
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津製作所/GCMS-TQ8040	H27.3	大気科学部
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津製作所/GCMS-TQ8040	H27.3	水質科学部
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津製作所/GCMS-QP2020NX	R3.3	水質科学部
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津製作所/加熱脱着装置付きGCMS-QP2020NX-	R5.3	大気科学部
液体クロマトグラフ	島津製作所/PROMINENCE	H17.9	生活化学部
液体クロマトグラフ質量分析計	島津製作所/LCMS-8030, Nexera	H23.5	水質科学部
イオンクロマトグラフ	ダイオネクス/ICS-1600	H25.1	大気科学部
イオンクロマトグラフ	サーモフィッシュャー・サイエンティフィック/Integrion	R5.3	大気科学部
イオンクロマトグラフ	サーモフィッシュャー・サイエンティフィック/Integrion RFIC	R2.3	水質科学部
クロマトグラフ関連機器	GLサイエンス/AQUALoader III, G-Prep ELUTE 8060	H23.5	水質科学部
クロマトグラフ関連機器	GLサイエンス/アクアローダーAL898, TurboVap LV	R5.2	水質科学部
マイクロ波試料分解装置	パーキンエルマー/Multiwave3000	H24.12	大気科学部
マイクロウェーブ試料前処理装置	マイルストーンゼネラル/ETHOS TC	H14.9	生活化学部
マイクロウェーブ試料前処理装置	アントンパール/Multiwave PRO 60Hz	H29.12	水質科学部
リアルタイムPCR装置	ロシュ・ダイアグノスティクス/LightCycler 480 System II	R2.10	微生物科学部
リアルタイムPCR装置	ロシュ・ダイアグノスティクス/LightCycler 480 System II	R2.12	微生物科学部
リアルタイムPCR装置	サーモフィッシュャー PCR装置 QuantStudio5	R5.3	微生物科学部
リアルタイムPCR装置 (全自動)	BD/全自動核酸抽出増幅検査システム BDマックス	R3.2	微生物科学部
気中水銀分析装置	日本インスツルメンツ/WA-5A	H26.3	大気科学部
オートアナライザー	ビーエルテック/SWAAT 5CH型	H18.12	水質科学部
オートアナライザー	ビーエルテック/SWAAT28 2ch+UV	H29.10	水質科学部
電気泳動装置	大塚電子/CAPI-3200	H9.3	微生物科学部
電気泳動装置	日本バイオイメージ/Gel Print 2000i	H10.1	微生物科学部
ICP質量分析装置	Agilent/7900	H28.12	水質科学部
蛍光顕微鏡	ニコン/VFD-TR	S58.11	微生物科学部
安全キャビネット	日立冷熱/SCV1303EC IIB	S63.3	微生物科学部
PM _{2.5} 成分分析用サンプル	ムラタ計測器サービス/MCAS-SJA	H25.7	大気科学部
超臨界流体抽出装置	島津製作所/Nexera UCオンラインSFEシステム	H29.2	生活化学部
超臨界流体質量分析装置	島津製作所/Nexera UCオンラインSFE/SFC-LCMS8050	H29.2	生活化学部
原子吸光分光光度計	パーキンエルマー/PinAAcle 900Z	H30.12	水質科学部
ガスクロマトグラフ (ECD)	島津製作所/GC-2010 Plus	H29.1	生活化学部
ガスクロマトグラフ (FID)	島津製作所/GC-2010 Plus	H29.1	生活化学部
恒温恒湿器	ヤマト科学/FCCZ-150	H31.3	大気科学部

放射能検出装置	日立アロカメディカル/NaI (II)シンチレーションスペクトロメータ	H24.3	生活化学部
---------	-------------------------------------	-------	-------

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
4年5月	大気環境学会近畿支部講演会	Web	豊永、角田
6月	大気環境学会都市大気エアロゾル分科会・モビリティ環境分科会合同開催「PM2.5講演会」	Web	豊永、角田
7月	国立環境研究所シンポジウム	Web	角田
7月	残留性有機汚染物質（POPs）に関するストックホルム条約とそれに関わる分析技術	Web	出納
8月	第49回大気環境学会近畿支部シンポジウム	Web	角田
9月	熊本水循環研究アリーナキックオフ会合	熊本市	小原
9月	環境科学会2022年会*	Web	豊永
10月	第63回大気環境学会年会*	大阪府	豊永
10月	第59回 全国衛生化学技術協議会年会	川崎市	島、八木
	第48回 九州衛生環境技術協議会分科会	web	松崎、木野
11月	ウイルス性下痢症研究会第33回学術集会及び第69回ウイルス学会学術集会	長崎県	八尋
11月	第49回環境保全・公害防止研究発表会*	Web	角田
11月	大気環境学会関東支部講演会*	Web	豊永
12月	2022年度環境情報科学研究発表大会*	Web	豊永
12月	生物学的調査研究推進のための研修会	Web	廣畑、出納
5年1月	令和4年度化学物質環境実態調査 環境科学セミナー	Web	木野、小原
1月	第68回日本水環境学会セミナー	Web	出納
2月	令和4年度九州ブロック模擬訓練事業結果検討会	太宰府市	中原、島
2月	埼玉県環境科学国際センター講演会	Web	小原
2月	環境科学コミュニケーション研究会*	Web	豊永
2月	全環研交流シンポジウム	Web	豊永・角田
3月	化学輸送モデル研究集会	Web	豊永・角田
3月	令和4年度 環境放射能水準調査に係る技術検討会	Web	上野
3月	大気環境学会九州支部第23回研究発表会*	福岡市	豊永・角田
3月	第57回日本水環境学会年会*	愛媛県	眞田、芹川、小原

*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・ 方法	氏 名
4年 6月	蚊類調査に係る技術研修会	東京都	前田
9月	第4回SFTS研究会・学術集会	山口県	平野
9月	第43回日本食品微生物学会総会	東京都	原田、前田
10月	令和4年度地方衛生研究所レファレンスセンター会議	福岡県	八尋
5年 3月	令和4年度動物由来感染症レファレンスセンター研修会	山口県	井上
3月	第96回日本細菌学会総会	兵庫県	前田

1・6 調査研究に対する評価・倫理審査委員会

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、研究計画に関する内部評価会議及び倫理審査委員会による評価を行った。

- 1 開催日
令和5年（2023年）3月中旬
- 2 委員
内部評価会議（庁内関係各課長）
倫理審査委員会（学識経験者等5名）※今回は迅速審査（書面）により実施
- 3 評価対象
計画評価（計画段階で調査研究の目的、内容の妥当性等を評価）・・・2件
- 4 評価方法
内部評価委員による書面審査及び倫理審査委員（委員長、副委員長）による迅速審査
- 5 評価結果

【1】計画評価

(1) 調査研究課題	ボツリヌス菌による食中毒防止に資するための研究
(2) 調査研究の目的	令和3年度に世界的にも稀なC型ボツリヌスによる食中毒が発生した。ボツリヌス食中毒は、発生は稀な食中毒であるが、発生すると重篤となり、危険である。治療にはボツリヌス抗毒素血清を用いて治療を行うが、国内で使用している抗毒素にはC型が含まれていない。 この研究は、今回の事例を採求し、ボツリヌス菌による食中毒を予防すること及び世界的にも稀なC型ボツリヌス菌による食中毒が今後も起こりうるか検証することを目的とする。
(3) 総合評価	了承
(4) 委員のコメント	・C型ボツリヌスによる食中毒は、その発症は稀であるが、国内で使用している抗毒素にはC型が含まれていないことから、今後の発生状況を事前に予測することは重要である。更に、世界的にも稀な発生例であれば、その分離菌について詳細な解析を行うことの学術的な意義は大きい。今後、計画通りに調査研究を進め、発生動向を把握するとともに、その成果を学術誌に発表することで、知見が広く共有されることを期待する。 ・ボツリヌス菌感染症の発生は稀であり、令和3年度に発生した食中毒事例を解析することで得られる貴重な情報を今後活かすことができ有用と考える。さらに、倫理的側面の配慮も十分なされている。
(1) 調査研究課題	重症熱性血小板減少症候群ウイルス（SFTSV）等のダニ媒介感染症の予防に資するための研究
(2) 調査研究の目的	ダニが媒介する感染症は、例年多く発生し、近年では山間部のみならず民家周辺の田畑での感染例も珍しくない。またイノシシ等の野生動物がその媒介に関与している事例も推測されている。 原因微生物もSFTSV、日本紅斑熱リケッチア等が多く存在し、厚生労働省や県においても、これらのダニ媒介性疾患の予防を啓発している状況であるが、感染症の発生は増加傾向にある。 今回の研究では、これまでの感染症の発生状況等を分析することにより、感染症発生予防のための効果的な啓発方法を検討することを目的とする。
(3) 総合評価	了承
(4) 委員のコメント	・ダニが媒介する感染症は、毎年発生し、重篤な状態となる人もいることから、地域的な発生状況も含めた情報発信は、その予防に寄与するものである。また、ネコ由来の感染ルートの有無については、この感染症の広がりを防止するためにも重要である。今後、計画通りに調査研究が行われ、その成果が県民への周知、啓発につながることを期待する。 ・研究内容、目的も問題なく、倫理面での配慮もなされていることから承認とする。

2 業務実績

2・1 微生物科学部

令和4年度は、行政依頼検査として新型コロナウイルス感染症を始めとする各感染症の検査、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、ツツガムシ病・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、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 264 検体、ウイルス・リケッチア及びその他 86 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 等であった。

2) 食中毒・有症苦情検査

食中毒・有症苦情関連のウイルス検査 136 検体、細菌検査 81 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、カンピロバクターが検出された。

3) 食品中の微生物検査

魚肉練り製品等 40 検体の微生物規格検査等を行った。

4) 新型コロナウイルス検査

新型コロナウイルス感染症の流行に伴い、保健所から搬入された検体について、検査を実施した。通常のコロナ検査 26,040 検体及びゲノム解析 1,210 検体を実施した。

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 76 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、6 月下旬～8 月下旬にかけて、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 3・2 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4年4月から令和5年3月までに、検査定点医療機関等において採取された 116 検体について、A549、RD-A、VeroE6 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 3・2 資料の項に掲載した。

2・1・2 調査研究

1) 熊本県における新型コロナウイルス検出状況

2019 年度から始まった新型コロナウイルス感染症は、当研究所において、過去に例がないほどの業務量をもたらした。職員は対応に追われた。現在、感染者数は減少しているものの検査体制は継続しており、今後の新興・再興感染症対応の一助となるよう、流行期間（第1波から第8波）それぞれにおける検査状況や対応状況をまとめた。

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4年度		令和3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	264	489	163	278
		ウイルス・リケッチア・その他	86	207	59	172
	(2) 食中毒・有症苦情検査	原因物質検査	217	1085	170	850
	(3) 食品中の微生物検査	からし蓮根等	19	19	0	0
		魚肉練り製品等	13	13	3	3
		生カキ・海水	8	8	0	0
		その他			9	27
		小計	607	1821	404	1,330
	(4) 新型コロナウイルス検査	通常検査	26,040	26,040	30,158	30,158
		N501Y スクリーニング	0	0	972	972
		L452R スクリーニング	0	0	1,636	1,636
		ゲノム解析	1,210	1,210	1,049	1,049
	(5) その他の微生物検査 (B型肝炎検査等)		76	76	77	72
	合計	27,933	29,147	34,291	35,217	
国庫委託調査	(6) 感染症流行予測調査 (感染源)		90	90	80	80
	(7) 感染症発生動向調査		116	1160	155	1550
	合計		206	1,250	235	1,630
調査研究	SFTS ウイルスの調査研究		0	0	1	1
	薬剤耐性細菌に係る調査研究		231	462	0	0
	動物由来感染症に関する調査研究		0	0	0	0
	その他		0	0	15	15
	合計		231	462	16	16
	総計		28,370	30,859	34,542	36,863

2・2 生活化学部

令和4年度は、行政依頼検査として農産物の残留農薬検査、食品中の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、甘味料等の検査を実施した結果、基準を超えるものはなかった。

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、当所では同課の検査の結果、総水銀の値が暫定的規制値を超えた検体について有機水銀検査を実施することとしている。

令和4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、牛乳等について、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。

また、食肉衛生検査所から依頼のあった病畜疑いの牛肉及び豚肉の検査を計5検体実施した。

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（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) 医薬品等に関する試験検査

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。

令和4年度は後発医薬品の医薬品収去検査事業の検体（ロキソプロフェンナトリウム錠）の確認試験を実施した結果、該当する成分が含有していることを確認した。

7) 薬事に関する業務

医薬品的な効能効果を表示した食品（いわゆる健康食品）による健康被害が疑われる場合などに、本庁担当課からの依頼を受け、含有成分等の分析を行うこととしている。令和4年度は該当する検査はなかった。

8) 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4年度は該当する検査はなかった。

9) 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4年度は該当する検査はなかった。

10) 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、必要に応じて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。

令和4年度は該当する検査はなかった。

11) GLPに関する精度管理試験

（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が、その一環として、一般財団法人食品医薬品安全センター秦野研究所が実施す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、ダイアジノン及びククロルピリホス）、残留動物用医薬品（スルファジミジン）であり、結果は全て良好であった。

12) 衛生検査施設における医薬品外部精度管理

医薬品医療機器法に規定する登録試験検査機関について

ては、その試験成績の信頼性の確保及び検査技術の向上を図るため、「医薬品の試験検査機関における試験検査の実施の基準」別添において、必要に応じて外部精度管理を受ける機会を設けることとされている。

令和4年度は、外部精度管理試験を実施しなかった。

13) 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

熊本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。

14) 有症苦情に関する検査

令和4年度は該当する検査はなかった。

15) 地方衛生研究所九州ブロック模擬訓練

健康危機発生時における検査体制の確立と関係機関との連携・協力体制の検証を目的に、原因不明の健康危機事案を想定した毒性物質の定性・定量検査の模擬訓練に参加した。想定シナリオ及び送付試料の LC-MS/MS 分析により、対象物質は自然毒のジェルビン及びペラトラミンであることを推定した。

16) その他の行政依頼試験

牛血液中の重金属について行政依頼分析を実施した。

17) 農薬等の試験法開発・検証事業（厚生労働省委託事業）

厚生労働省は、ポジティブリスト制度の導入に伴う規制対象農薬の増加や対象品目拡大に対応するため、国立医薬品食品衛生研究所を中心に、各地方衛生研究所等の協力を

得て、試験法の開発に取り組んでいる。今回この試験法検証事業に参加し、LC-MS/MS を用いた 40 種類の動物用医薬品等の一斉分析の妥当性評価試験を行った。

詳細については、2・2・2 調査研究に記す。

2・2・2 調査研究

1) LC/MS による農薬等の一斉試験法Ⅲ（畜水産物）妥当性評価試験（農薬等の試験法開発・検証事業 厚生労働省委託事業）

国立医薬品食品衛生研究所が示す「LC/MS による農薬等の一斉試験法Ⅲ（畜水産物）」（以下；通知法）及び「残留農薬等試験法妥当性検証事業実施要領」（以下；実施要領）により実施。対象化合物 40 項目、畜水産物 10 品目を試験に用いた。最初に対象化合物の測定イオンを検討、全項目の測定条件を設定できたが、通知法にて測定したところ、6 項目でピーク形状不良が認められた。また、2 項目で一律基準（0.01mg/kg）を分析可能な感度が得られず、定量限界濃度を 1mg/kg に設定した。

加えて、畜水産物由来の妨害ピークの評価も行い、全ての対象化合物と畜水産物の組み合わせで、妨害ピークの許容範囲の判定基準（基準の 1/10、または定量限界の 1/3 未満）を満たした。このため選択性に問題はないと判断した。

牛肉、さけ等実際の畜水産物 10 品目をを用いた添加回収試験では、一部の対象化合物と食品で回収率 70-120%の範囲外となったが、概ね良好な結果を得ることができた。本事業への参加により、当所での通常業務では取り扱わない、対象化合物や畜水産物（しじみ、牛脂等）の分析に関するデータが得られ、今後の分析体制の拡充を図る場合の貴重な判断資料として活用が期待される。

生活化学部業務実績表

分類	事業名	業務	令和4年度		令和3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	清涼飲料水成分規格	13	29	0	0
		甘味料	2	6	5	5
		着色料	2	36	5	60
		保存料	3	3	5	5
		発色剤 亜硝酸ナリウム	1	1	0	0
		漂白剤 二酸化硫黄等	0	0	0	0
		プロピレングリコール	0	0	0	0
		米（玄米）中のCd	1	1	0	0
		酸化防止剤	0	0	0	0
		防かび剤	0	0	2	6
		メラミン	0	0	0	0
		小 計	22	76	17	76
	(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	通常収去分	49	3,773	33	2,425
		食検からの依頼検査	5	5	5	5
		小 計	54	3,778	38	2,430
	(4) 食品中の残留農薬検査	野菜,果実,米穀等	21	7,053	17	5,295
(5) 特定アレルギー物質検査		13	26	16	24	
(6) 医薬品等に関する試験検査	後発医薬品等	1	1	1	1	
(7) 薬事に関する業務	健康食品等	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	0	0	0	0	
(9) おもちゃの規格基準検査		0	0	0	0	
(10) 松くい虫特別防除薬剤残留検査		0	0	0	0	
(11) GLPに関する精度管理試験	保存料,重金属	1	1	1	1	
	残留農薬,合成抗菌剤	2	4	2	4	
	小 計	3	5	3	5	
(12) 衛生検査施設における医薬品外部精度管理試験		0	0	1	1	
(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	野菜,果実,穀類,茶	22	6,330	20	5,744	
	畜水産物	21	1,526	21	1,462	
	小 計	43	7,856	41	7,206	
(14) 有症苦情に関する検査		0	0	0	0	
(15) 地方衛生研究所九州ブロック模擬訓練		1	2	1	1	
(16) その他の行政依頼検査		10	100	1	1	
国委託事業	(17) 農薬等の試験法開発・検証事業	10	400	9	360	
	総 計	178	19,297	145	15,400	

2・3 大気科学部

令和4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を実施した。また、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、二次生成大気汚染物質（光化学オキシダント（Ox）、微小粒子状物質（PM_{2.5}））の発生要因等についての調査研究を行った。

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」及び「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。業務実績を別表に示す。

2・3・1 試験検査

1) 大気環境測定車による大気環境調査

熊本県では、県内35か所に設置した大気汚染常時監視測定局（以下「測定局」という。）における大気汚染物質（二酸化いおう、二酸化窒素及び光化学オキシダント等）濃度の常時監視を実施している。

このほか大気環境測定車により、既存の測定局だけでは捉えられない局地的な事象や常時監視における高濃度あるいは環境基準達成率の低い項目等の調査を機動的に実施している。

令和4年度は地域の光化学オキシダント濃度上昇に影響を与える各種要因の寄与を明らかにするため、草地畜産研究所敷地（阿蘇市）において5月から11月にかけて延べ210日間の調査を行った。（2.3.2.4参照）。（令和5年度まで実施予定）

2) 酸性雨長期モニタリング調査

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う酸性物質排出量の増加による影響が懸念される。そこで、昭和63年10月から酸性雨の実態を把握するための調査を行っている。

令和4年度は宇土市及び阿蘇市一の宮の2地点で調査を実施した。1週間毎に回収した降水について、pH、電気伝導率及びイオン成分を測定した。得られたデータを用いて湿性沈着量等の算出と解析を行い、結果を3・2資料の項に掲載した。

3) 微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分調査

微小粒子状物質（PM_{2.5}）には多種の物質が含まれるが、それらの科学的情報が不明であることから、平成25年7月に本調査を開始した。

令和4年度は原則として国（環境省）が統一した日程に基づき、県央の宇土市1地点において春季、夏季、秋季及び冬季の計4回にわたり試料を採取し、イオン成分及び無機元素並びに炭素成分を測定した。なお、炭素成分の分析について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4年度は、一般環境調査として玉名市の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、VOCsのうち6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、一般環境中の総繊維数濃度を測定している。なお、分析走査電子顕微鏡法によるアスベスト繊維数の計測は民間分析機関に委託している。令和4年度は山鹿市の2地点において調査を行った。

また、平成30年10月より解体工事現場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4年度は6件の調査を行った。

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、沿線の騒音及び振動について環境基準値または指針値の超過状況を把握し、沿線住民の生活環境を保全するための調査を行っている。

令和4年度は計6地点において実施した。

7) 環境放射能水準調査（原子力規制庁委託）

平常時及び緊急時における放射能の分布状況を把握し、影響について正確な評価に資することを目的に、平成元年度から国の委託により環境等試料の放射性核種分析、定時降水中の全ベータ放射能測定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行っている。

令和4年度の調査結果を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）

令和4年度はモニタリング調査（12物質対象）として、1地

点で試料採取を行った。

2・3・2 調査研究

1) 酸性雨広域大気汚染調査

日本全域における酸性沈着による広域大気汚染実態の把握を目的とした全国環境研協議会による共同調査であり、当研究所は平成3年度から参加している。令和4年度は、平成28年度に開始された第6次調査を継続し、酸性雨長期モニタリング調査(2.3.1 2) 参照) のデータについて共同解析を実施した。

2) 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(国立環境研究所とのII型共同研究)

令和2年度における光化学オキシダント(Ox)の環境基準達成率は全国が0.2%、県内が0%であり、依然として非常に低い状況が続いており、令和元年5月には県内で光化学スモッグ注意報が10年ぶりに発令されている。

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。

これらの物質による大気汚染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ため、全国の地方環境研究所と国立環境研究所による共同研究が進められている。

当研究所は行政支援グループに参画し、空間濃度分布予測手法を用いた行政支援方法の検討を行った。

3) 空間統計解析手法を用いた県内の光化学オキシダント濃度予測

熊本県内の光化学オキシダントによる大気汚染の状況について、大気汚染物質の空間濃度分布予測手法である Regression Kriging 法により、県内全域の詳細な濃度分布の予測を試みた。

4) 二次生成大気汚染物質(光化学オキシダント(Ox)、微小粒子状物質(PM_{2.5}))の発生要因調査

発生源から直接排出されるガスなど(一次大気汚染物質)から大気中での化学反応を経て生成し、光化学オキシダント(Ox)及び微小粒子状物質(PM_{2.5})の濃度上昇の原因とされる二次生成大気汚染物質について、周辺の発生源の影響がない熊本県農業研究センター草地畜産研究所(阿蘇市、標高930m地点)において、大気環境測定車による調査を令和3年度に引き続き実施した。VOCs等の測定は熊本大学戸田敬教授の協力のもとで行った。これらの測定データを基に発生要因を詳細に解析した。

5) アスベスト解体工事の効果的監視に向けた立入支援システムの検討

大気汚染防止法の改正により、解体工事におけるアスベストの排出規制対象がレベル3まで拡充された。これに伴い、県の指導権限が広がり立入等の業務量が大幅に増加することが見込まれ、効率的な立入計画の策定や無届(無報告)による解体工事に対する監視の強化が重要となる。

そこで建物の情報や解体等工事業者の情報等から、各工事の立入優先度を設定する手法を検討した。さらに、業者間のネットワークが法令違反行動に与える影響を定量的に解析する手法の検討も行った。

大気科学部業務実績表

分類	事業名	業務	令和4年度		令和3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		210	2,792	175	2,387
	(2) 酸性雨調査		46	506	42	462
	(3) 微小粒子状物質 (PM _{2.5})成分調査	(イ) イオン成分	64	512	64	512
		(ロ) 無機元素	64	832	64	832
		小計	128	1,344	128	1,344
	(4) 有害大気汚染物質調査	(イ) 重金属類	26	78	26	78
		(ロ) VOCs, アルデヒド類	53	117	53	117
		小計	79	195	79	195
	(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	17	17	39	39
小計		23	23	45	45	
(6) 九州新幹線鉄道騒音調査		6	6	6	6	
合計		492	4,866	475	4,439	
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	2,202	2,202
		(ロ) 全ベータ放射能	90	90	80	80
		(ハ) ガンマ線核種分析	26	118	26	118
		小計	2,318	2,410	2,308	2,400
	(8) 化学物質環境実態調査 (環境省委託)		6	12	6	12
合計		2,324	2,422	2,314	2,412	
総計		2,816	7,288	2,767	6,851	

2・4 水質科学部

令和4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）」及び「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。この他，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。なお，業務実績を別表に示す。

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 128 調査地点（国，県，市の合計）で行っている。うち熊本県分 34 河川 53 地点の河川水計 378 検体について生活環境項目及び健康項目等として延べ 3,105 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 19 検体延べ 154 項目，底質 15 検体延べ 99 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，県内の地下水水位観測井戸を対象として計76検体延べ1,258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，35検体延べ175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 42 検体延べ 201 項目，一般工場 42 検体延べ 247 項目の分析を行った。

4) 水俣湾環境調査

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 27 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，24 検体延

べ 130 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，ペンタクロロフェノール等について4検体延べ4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，30検体延べ420項目の分析を行った。

8) 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下水排除基準に適合しているか確認するための自主検査を年 2 回実施し，2 検体延べ 67 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 45 項目の分析を行った。

9) 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，2検体延べ6項目の分析を行った。

10) 苦情・水質事故に係る調査

事業場等排水への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 25 項目の分析を行った。

11) 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緑川（平木橋）で1検体、大鞆川（第二大鞆橋）で1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15項目の分析を行った。

2・4・2 調査研究

1) 生物の生息状況からみた河川的环境評価

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7地点で調査を実施した。

2) 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。

今回は山鹿市の湧水について調査した。結果を3・1報文の項に掲載した。

3) 美里町の地下水の水質特性

過去に硝酸態窒素の値が環境基準超過した井戸が集中していた美里町西部の地域において、平成10（1998）年の調査時から25年経過する中で、同地域における地下水質、特に硝酸態窒素濃度がどのように変化したのかを把握した。また、本結果を3・1報文の項に掲載した。

4) 砂川の水質特性

砂川のpH(水素イオン濃度指数)が県内の他の河川と比べて高いことから、この原因を調べるため砂川の河川としての特性を調査し、pHが高い要因について考察する。

水質科学部業務実績表

分類	事業名	業務	令和4年度		令和3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）	381	3,128	341	2,866
		(ロ) 海域調査（海水+海域底質）	34	253	29	262
		(ハ) 委託クロス調査	4	12	4	12
		小計	419	3,393	374	3,140
	(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	111	1,433	41	337
		(ロ) 委託クロス調査	1	2	2	3
		小計	112	1,435	43	340
	(3) 特定事業場 排水監視調査	(イ) 主要工場	42	201	48	258
		(ロ) 一般工場	42	247	94	449
		(ハ) 有害工場	0	0	39	382
		小計	84	448	181	1,089
	(4) 地下水保全 条例に係る調査	(イ) 井戸水	0	0	20	70
		(ロ) 排出水	0	0	16	85
		小計	0	0	36	155
	(5) 水生生物を指標とした川の水環境調査	7	14	6	12	
	(6) 水俣湾水域環境調査	15	27	15	27	
	(7) 産業廃棄物に係る調査	24	130	27	171	
	(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	4	4	4	4	
	(10) 飲用井戸等の行政検査	30	420	24	312	
(11) その他の行政検査	3	7	2	8		
(12) 研究所排水自主検査	4	112	6	141		
(13) 環境測定分析統一精度管理調査	2	6	4	15		
(14) 苦情・水質事故に関する分析	7	25	10	87		
(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	61	79	0	0		
委託 調査	(17) 化学物質環境実態調査	3	15	4	24	
総 計			775	6,115	736	5,525

3 調査研究

3・1 報文

1) 熊本県の市中における薬剤耐性菌の腸管内保菌調査 (第2報)

前田莉花*1 原田誠也 小原敦美 森美聡 伊豆一郎 八尋俊輔*2 徳岡英亮

要旨

2019年7月から2023年3月間に1,130検体の糞便を検査したところ、289検体(25.4%)から298株の薬剤耐性菌が分離された。このうち285株(95.6%)は大腸菌であり、CTX-M型のESBL産生大腸菌が226株(79.3%)を占めた。この中の160株(56.1%)はパンデミック・クロン群の大腸菌ST131であり、O25:H4が119株及びO16:H5が41株であった。O25:H4の中には現在世界各地で増加が報告されているサブクレードC1-M27が88株含まれていた。このことから、現在も続いている大腸菌ST131の世界的な拡散が、本県の市中における薬剤耐性菌増加の主因であり、乳幼児施設や高齢者施設、あるいは各家庭での感染伝播が示唆された。

キーワード：市中、薬剤耐性菌、ESBL、CTX-M、大腸菌ST131

はじめに

近年、CTX-M型の基質特異性拡張型βラクタマーゼ(Extended-spectrum β-lactamase; ESBL)産生腸内細菌目細菌が世界的に増加^{1,2)}し、2000年代初めから世界中に拡散し続けているパンデミック・クロン群の大腸菌シークエンス・タイプ(sequence type)131(ST131)との関連が多数報告^{3,4)}されている。大腸菌ST131は多くの病原遺伝子を保有し、院内のみならず、市中でも免疫力の弱い子供や老人に感染して腸管外感染症(尿路感染症、肺炎、敗血症等)を起こすことがある。そのうえ多くの株が臨床現場で多用されているセファロスポリン系やフルオロキノロン系等の抗菌薬に耐性を示す多剤耐性菌であり、抗菌薬の選択が限定される。

さらに、最近では細菌感染症治療の最終兵器と呼ばれるカルバペネム系抗菌薬にも耐性を示すカルバペネム耐性腸内細菌目細菌(Carbanem-resistant enterobacterales; CRE)等も増加傾向にあり、このまま何も対策を取らなければ、2050年には1000万人が薬剤耐性菌感染症で死亡するとの予測⁵⁾も出されている。

そこで世界保健機関(WHO)は、2015年5月の総会で「薬剤耐性(Anti-microbial resistance; AMR)に関するグローバル・アクションプラン」⁶⁾を採択した。これを受け、我が国も2016年4月に、ワンヘルス・アプロ

ーチの視野に立った「AMR対策アクションプラン2016-2020」⁷⁾を策定し、ヒト、動物、食品及び環境等から分離される薬剤耐性菌に関する統合的なワンヘルス動向調査を実施することが明記された。なお、本アクションプランは2020年で終了したが、国は本年、新たな数値目標を設定した第2弾の「AMR対策アクションプラン2023-2027」⁸⁾を決定し、引き続きAMR対策に取り組んでいる。

このような中、我々は、熊本県の市中における薬剤耐性菌の侵淫状況を把握するため、2015年4月から薬剤耐性菌の腸管内保菌調査を開始し、現在も継続している。2019年6月末まで調査結果は既に報告(既報)⁹⁾したが、今回は第2報として2019年7月から2023年3月までの調査結果を報告する。

材料及び方法

1. 検査材料

2019年7月から2023年3月間に、感染性胃腸炎の発生動向調査(主に小児科外来患者)、腸管出血性大腸菌やノロウイルス等による集団感染症発生時の積極的疫学調査(乳幼児施設や高齢者施設が多く、大部分が健康人から採取した糞便検体)、及び食中毒等で行政検査依頼のあった糞便等、計1,130検体を検査材料とした。

*1 現県南広域本部保健福祉環境部 *2 現熊本県健康福祉部健康局薬務衛生課

2. 検査方法

2.1 薬剤耐性菌の分離と同定

薬剤耐性菌の分離・同定法は既報⁹⁾に準じたが、分離培地であるカンピロバクター用 CCDA 選択剤 (Oxoid) 加 DHL 寒天培地 (栄研化学) の CCDA 選択剤の濃度は、カンピロバクター分離に使用する量の 1/10 量とした。

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

既報同様、ESBL 遺伝子は、Le ら¹⁰⁾のマルチプレックス PCR 法及びプラスミド性 AmpC β -ラクタマーゼ (以下「AmpC」という) 遺伝子は Perez-Perez ら¹¹⁾のマルチプレックス PCR 法でそれぞれ検出した。その結果、CTX-M-1 group 又は CTX-M-9 group の薬剤耐性遺伝子が陽性であった場合、一部の代表株について、山口ら¹²⁾の PCR 法で得られた増幅 DNA をシーケンス解析し、遺伝子型を決定した。

2.3 ディスク法による ESBL 及び AmpC 産生性の確認及び薬剤感受性試験

分離株の ESBL 産生、AmpC 産生、及び薬剤感受性試験は市販のセンシ・ディスク (日本 BD 社) を用い、既報と同様の方法で実施した。

2.4 免疫血清及びマルチプレックス PCR 法による大腸菌の O 及び H 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 群血清セット及び H 血清セット (デンカ生研) で実施した。これにより型別不能又は非運動性と判定された株は、既報同様 Iguchi ら¹³⁾の *E. coli* O-genotyping PCR 法及び Banjo ら¹⁴⁾の *E. coli* H-genotyping PCR 法により血清型を決定した。

2.5 大腸菌の系統解析及びパンデミック・クローン O25b-ST131 スクリーニング

大腸菌の系統解析 (A, B1, B2, D) は Clermont ら¹⁵⁾の triplex PCR 法で実施した。また、血清型が O25:H4 と同定された大腸菌がパンデミック・クローン O25b-O131 に該当するかどうかは、同じく Clermont ら¹⁶⁾が報告した大腸菌 O25b-ST131 クローンのスクリーニング用 *pabB* PCR 法で判定した。

2.6 パンデミック・クローン群の大腸菌 ST131 のクレード解析

血清型 O25:H4 又は O16:H5 と判定された大腸菌について、Matsumura ら¹⁷⁾が開発したマルチプレックス PCR 法による ST131 のクレード解析を実施し、各クレード (又はサブクレード) を決定した。

なお、本研究は 2019 年 1 月 25 日に開催された当研究所の倫理審査委員会で審査され、2019 年 2 月 20 日付け第 1 号で承認されたが、その後、研究期間等に変更が生じた

表 1 薬剤耐性菌及び ESBL 産生菌の分離状況 (年度別)

年度	検体数	薬剤耐性菌の分離検体数 (%)	ESBL 産生菌分離検体数 (%)
2019	351	110(31.3)	84(23.9)
2020	403	104(25.8)	74(18.4)
2021	145	40(27.6)	33(22.8)
2022	231	35(15.2)	31(13.4)
合計	1130	289(25.6)	222(19.6)

ため再度審査が行われ、2023 年 3 月 31 日付け第 1 号で承認された。

結果

1 市中における薬剤耐性菌の糞便保菌状況

2019 年 7 月から 2023 年 3 月間に搬入された糞便 1,130 検体から薬剤耐性菌の分離を行い、289 検体 (25.6%) から 298 株を分離した。この中には 222 検体から分離された 230 株の ESBL 産生菌が含まれる (表 1, 2)。各年度の薬剤耐性菌及び (ESBL 産生菌) の分離率は、2019 年度 (7 月以降) が 31.3% (23.9%)、2020 年度が 25.8% (18.4%)、2021 年度が 27.6% (22.8%)、及び 2022 年度が 15.2% (13.4%) であった (表 1)。

2 分離された薬剤耐性菌の菌種 (大腸菌血清型を含む) 及び *bla* 遺伝子型

分離された薬剤耐性菌 298 株のうち 285 株は大腸菌であり、*Klebsiella pneumoniae* 等、その他の腸内細菌目細菌が 13 株であった (表 2)。大腸菌は多くの血清型に細分され、中でも O25:H4 が 120 株 (40.3%) 及び O16:H5 が 43 株 (14.4%) で、既報同様大腸菌 ST131 に該当する 2 つの血清型が多数を占めた。また、今回は免疫血清で型別できなかつたすべての株を PCR 法で型別したことで、血清型の判明率が大きく向上した (表 2)。

分離菌種 (血清型) を検出された *bla* 遺伝子の種類で分離株を大別すると、CTX-M 型 ESBL 遺伝子陽性菌が 230 株 (1 株は AmpC 遺伝子も同時保有)、ペニシリンナーゼ (PCase) 遺伝子陽性生菌が 54 株 (1 株は AmpC 遺伝子も同時保有)、AmpC 遺伝子陽性菌が 10 株、及び染色体性 AmpC 産生と思われる菌が 4 株であった (表 2)。また、ESBL 遺伝子陽性菌のうち 226 株は CTX-M 型 ESBL 遺伝子を持つ大腸菌であった。CTX-M 遺伝子の group 分類では CTX-M-9 group が 173 株 (76.5%)、CTX-M-1 group が 44 株 (18.1%) であり、それぞれ 53 株と 13 株が TEM 型の遺伝子を同時に保有していた。

表2 分離された薬剤耐性菌298株の菌種(大腸菌血清型を含む)とbla遺伝子型

菌種 (血清型)	PCase		ESBL(+PCase)						AmpC(+PCase)				合計 (%)		
	TEM	TEM +SHV	CTX-M-1 group			CTX-M-2 group		CTX-M-9 group		プラスミド性 AmpC				染色体性 AmpC?	
			単独	+TEM	+TEM +SHV	単独	+TEM +SHV	単独	+TEM	+TEM	CIT	CTV +TEM			DHA
<i>E. coli</i>															
O1:H6	1		1	3										5 (1.7)	
O1:H7	1		1				1	4						7 (2.3)	
O1:H(Others)			2				4	1						7 (6.4)	
O4:H30	1													1 (0.3)	
O6*	3						2							5 (1.7)	
O7:H15							1							1 (0.3)	
O8	3													3 (1.0)	
O11	1									1				2 (0.7)	
O15:H18	3			1					1					5 (1.7)	
O15:H(Others*)	1						1	1						3 (1.0)	
O16:H5	5		2	1			11	15	9					43 (14.4)	
O18:H6	1													1 (0.3)	
O24:H7	1													1 (0.3)	
O25:H4	10		8	3			86	11	2					120 (40.3)	
O25:H(Others)	2		1					1						4 (1.3)	
O44:H18							1							1 (0.3)	
O75:H5	4		1	2			2							9 (3.0)	
O83								1			2			3 (0.9)	
O85:H49								7						7 (2.3)	
O86:H18	3			1			2	1			3			10 (3.4)	
O86:H(Others)	1						2							3 (1.0)	
O92:H33			6					2						8 (0.3)	
O98:H5	1													1 (0.3)	
O102:H21							1							1 (0.3)	
O111:H8			1											1 (0.3)	
O119:H4	1													1 (0.3)	
O120:H5				1										1 (0.3)	
OgGp ^{a)} 5			1											1 (0.3)	
OgGp7							3	2						5 (1.7)	
OgGp8	1		1					1						3 (1.0)	
OgGp9	2							1						3 (1.0)	
OgGp10:	1						1							2 (0.7)	
OgGp15							1	1						2 (0.7)	
OgUT ^{b)} :H(various*)	4		3	1		1	1	3				1	1	15 (5.0)	
小計	51	0	28	13	0	1	0	120	53	11	1	5	1	1	285 (95.6)
<i>C. freundii</i>											2			1	3 (1.0)
<i>K. aerogenes</i>														1	1 (0.3)
<i>K. pneumoniae</i>		3			3		1							7 (2.3)	
<i>M. organii</i>												1		1 (0.3)	
<i>C. sakazakii</i>													1	1 (0.8)	
合計	51	3	28	13	3	1	1	120	53	11	3	5	2	4	298 (100.0)
	54		44				2		173		8		2		
			230						14						

*:O血清型のみ示したものと及びOthers/Variou はH血清型が複数存在
a):OgGp(PCRで区別できない複数のO血清型が含まれている。詳細は文献^{12),13)}参照)
b):OgUT(PCR法でもO血清型別不能)

その他 CTX-M-1 group と CTX-M-9 group の両遺伝子保有株が

11 株 (すべて TEM 型遺伝子も同時保有), 及び CTX-M-2 group 遺伝子単独保有株が 1 株であった (表 2)。

なお, CTX-M-1 group 及び CTX-M-9 group の代表株のシーケンス解析結果は, 後述する ST131 のクレード解析結果の項 (小見出し 5) で示す。

3 分離株の ESBL 及び AmpC 産生性の確認及び薬剤感受性試験結果

ESBL 遺伝子検出用のマルチプレックス PCR 法で

TEM 型又は TEM 型と SHV 型の両遺伝子が陽性であった 54 株は DDST で阻止円の拡張が見られなかったことからペニシリナーゼ (PCase) 産生株と判定された。また, CTX-M 型遺伝子陽性の 230 株又は AmpC 遺伝子等陽性の 14 株は, DDST 又はボロン酸添加による阻害試験でそれぞれ bla 遺伝子の検出結果と矛盾しないことが確認された。

薬剤感受性試験では 298 株中 241 株 (80.9%) がセファロスポリン (CTX) 耐性であり, そのうち 188 株 (63.1%) はフルオロキノロン (CPFX) にも耐性を示した。このうち 144 株は大腸菌 ST131 であり, O25:H4 が

109 株, O16:H5 が 35 株含まれていた。

一方, 有効な抗菌剤もあり, 298 株中 248 株 (83.2%) はセファマイシン (CMZ), カルバペネム (MEPM), 及びホスホマイシン (FOM) の 3 剤には感性であった。

4 大腸菌系統分類及び 25b-ST131-スクリーニング PCR の結果

大腸菌系統分類では, 主に腸管外感染症の起因菌が属するとされる B2 が 209 株 (73.3%) 及び D が 48 株 (16.8%) であり, O25:H4 は D と同定された 1 株を除く 119 株が B2, O16:H5 は 43 株すべてが B2 と判定された (表 3)。

また, 大腸菌 O25b-ST131 クローン・スクリーニング *pabB* PCR 法では, 系統分類 D であった 1 株を含む 120 株すべてが陽性となり, さらに 5 株の O1:H7 を含む O25:H4 以外の血清型 12 株も陽性と判定された (表 3)。

5 パンデミック・クローン群大腸菌 ST131 のクレード解析結果及び各クレード代表株の耐性遺伝子型

供試した 120 株の大腸菌 O25:H4 は, 系統分類で D と判定された 1 株を除く 119 株が, O16:H5 は 2 株を除く 41 株が ST131 と判定された (表 4)。これらの株のクレード解析を行ったところ, O25:H4 は CTX-M-27 遺伝子を持つとされるサブクレード C1-M27 が 88 株, CTX-M-14 遺伝子を持つ株が多いとされるサブクレード C1-nM27 が 21 株, CTX-M-15 遺伝子を持つとされるサブク

表3 大腸菌の系統発生分類とST131-PCR結果

大腸菌血清型	大腸菌系統群分類					O25b-ST131-PCR 陽性株数
	A	B1	B2	D	計 (%)	
<i>E. coli</i>						
O1:H6				4	4 (1.4)	
O1:H7			6		6 (2.1)	
O15:Hg18				5	5 (1.8)	
O16:H5			43		43 (15.1)	
O25:H4			119	1	120 (42.1)	120
O86:H18				10	10 (3.5)	
Og92:Hg33	8				8 (2.8)	
その他	10	10	41	28	89 (31.2)	12
合計	18	10	209	48	285(100.0)	132
(%)	(6.3)	(3.5)	(73.3)	(16.8)	(100.0)	(46.3)

レード C2 が 9 株, 及びクレード C が 1 株に分類された。一方, O16:H5 は供試した 43 株のうち, ST131 と判定された 41 株がクレード A に分類された。

また, 各クレードの代表株 (C1-M27:3 株, C1-nM27:3 株, C2 : 3 株, 及び A : 5 株) を用いた CTX-M 遺伝子のシーケンス解析により, C1-M27 は 3 株とも CTX-M-27, C1-nM27 は 3 株とも CTX-M-14, C2 は 3 株とも CTX-M-15 遺伝子保有株であったが, A は CTX-M-14 が 1 株, CTX-M-15 が 1 株, CTX-M-27 が 2 株, 及び CTX-M-15 と CTX-M-27 両遺伝子保有株が 1 株に分かれた。

なお, Matsumura ら¹⁷⁾ のクレード解析法では, Clermont ら¹⁶⁾ の大腸菌 O25b-ST131 クローン検出用 *pabB* PCR 法で陽性となった系統分類 D の O25:H4 及び O25:H4 以外の血清型大腸菌 12 株は ST131 とは判定さ

表4 大腸菌 (O26:H4, O26:H5) の系統分類及びクレード (サブクレード) 解析結果

大腸菌系統分類		B2						D		合計
Sequence Type (ST)		ST131						non-ST131		
ST131 クレード/サブクレード		A	B	C	C1-nM27	C1-M27	C2	小計		
大腸菌血清型	O25:H4			1	21	88	9	119	1	120
	O16:H5	41						41	2	43

表5 薬剤耐性菌及び大腸菌ST131 (O25:H4, O16:H5) の分離状況 (施設別)

区分	施設(事例)数	検体数	薬剤耐性菌 分離検体数 (%)	大腸菌-ST131 分離検体数 (%)	大腸菌-ST131の内訳 (%)	
					O25:H4	O16:H5
発生动向調査	1	76	15(19.7)	9(60.0)	7(46.7)	2(13.3)
乳幼児施設	13	350	133(38.0)	74(55.6)	47(35.3)	27(20.3)
高齢者施設	6	80	23(28.8)	16(69.5)	14(70.6)	2(11.8)
家庭	81	305	66(21.5)	41(62.1)	33(60.9)	8(8.7)
その他	54	319	52(16.5)	20(38.5)	18(34.6)	2(3.8)
合計	155	1130	289(25.4)	160(55.4)	119(41.2)	41(14.2)

表6 同一乳幼児施設で複数分離された薬剤耐性大腸菌の血清型(クレド[®]/サブクレド[®])

検査年月	乳幼児施設	検体数	分離された薬剤耐性大腸菌の血清型(クレド [®] /サブクレド [®])									合計	
			O1:H6	O1:H7	O16:H5	O25:H4			O85:H49	O86:H18	O92:H33		
					A	C1-M27	C1-nM27	C2					
2019/8	A	27	2				1		1			5	9
2019/9	B	53			16	7	1						24
2019/10	C	18		3		1	2						6
2020/7	D	19				3				7			10
2020/12	E	46				10	1				2		13
2021/10	F	24			4	4							8
2022/11	G	45			5	1	1	1					8
合計	7	232	2	3	25	26	6	2		7	2	5	78

れず、検査結果が異なった。

6 事例や施設等の検査区別による薬剤耐性菌検出率

分離された薬剤耐性菌及びこの中に含まれる大腸菌 ST131 を検査した各事例や類似施設等に基づく検査区分毎にまとめたところ、分離率は乳幼児施設が 38%で最も高く、続いて高齢者施設 28.8%、各家庭 21.5%の順であった。中でも大腸菌 ST131 (O25:H4 及び O16:H5) が全分離株の 55.4%を占め、特に O25:H4 の分離数が多かった(表 5)。

次に、感染拡大の例として乳幼児施設での薬剤耐性菌分離状況を示した(表 6)。分離数の多かった大腸菌 ST131 以外に、O85:H49 や O92:H33 等の同一血清型大腸菌が複数分離されていることから、施設内での感染伝播と考えられる事例が複数認められた。また、O25:H4 は 1 施設から異なったサブクレドの菌が分離されることも多く、施設内での感染伝播以外に家庭等外部からの持ち込みが考えられた。

考 察

我々はワンヘルス事業の一環として、2015 年度から、熊本県の市中における薬剤耐性菌の腸管内保菌調査を続けている。2015 年 4 月～2019 年 6 月間の調査結果は既報⁸⁾で示したが、その後 2019 年 7 月～2023 年 3 月間にさらに 1,130 検体の糞便を検査したところ、289 検体(25.4%)から 298 株の薬剤耐性菌が分離された。本調査において、薬剤耐性菌の分離率は年々増加傾向にあり、今回も 2019 年度までは同様の傾向であったが、2020 年度は前年度より減少した。また、2021 年度及び 2022 年度は検体数が激減し、特に 2022 年度は分離率も低下した。この理由として、「薬剤耐性ワンヘルス動向調査年次報告書 2022」¹⁸⁾に大腸菌における第 3 世代セファロsporin 系抗菌薬及びフルオロキノロン系抗菌薬への耐性率は引き続き増加傾向であったが 2020 年から 2021 年にかけて初めてわずかな減少を示したとの記載

があることから、2016 年から実施された国の「AMR 対策アクションプラン 2016-2020」の効果によるとも考えられる。しかしながら、今回は新型コロナ・パンデミックによる感染予防策の強化で、乳幼児施設や高齢者施設からの検体搬入が減少したこと及び飲食店等への休業要請や衛生管理の強化等による食中毒減少の影響が大きいと考えられた。

分離された薬剤耐性菌は、既報と同様の傾向で 298 株中 285 株(95.6%)は大腸菌であった。また、臨床現場で多用されるセファロsporin 系抗菌薬耐性の CTX-M 型 ESBL 産生菌が 230 株(80.1%)を占めた。このうち 185 株はフルオロキノロン系抗菌薬(CPFX)等にも耐性であり、このような細菌による感染症が発生した場合、抗菌薬の選択には十分な注意が必要であろう。

また、今回もパンデミック・クローン群の大腸菌 ST131 と推定される O25:H4 及び O16:H5 が分離された薬剤耐性菌の過半数を占めたことから、新たに Matsumura ら¹⁷⁾が開発した ST131 のクレド解析法を導入した。その結果、O25:H4 は 4 つのクレド(又はサブクレド)に分類されたが、O25:H4 は各クレド(又はサブクレド)ごとに保有率の高い CTX-M 遺伝子型が分かっており、本調査で代表株を用いた CTX-M 遺伝子のシーケンス結果とすべて一致した。Matsumura らのクレド解析法は、PFGE に比べると解像度は劣るものの、大腸菌 ST131 の各クレドを簡便、経済的かつ正確に分類することができ、そのうえ各菌株が保有している CTX-M 遺伝子型の推定も可能であることから、大腸菌 ST131 の疫学解析手法として大変有用と思われる。さらに、本解析法により O25:H4 の 73.9%がサブクレド C1-M27 であったことから、現在も続いているパンデミック・クローン群の大腸菌 ST131 の世界的拡散、特にサブクレド C1-M27 の増加が本県の市中における薬剤耐性菌増加の主因であり、ヒトを介して乳幼児施設や高齢者施設、あるいは各家庭に持ち込まれ、接触感染によりヒトからヒトへの感染を繰り返しながら拡

散している可能性が高いと考えられた。

また、本研究では AmpC 産生菌も同時に調査しているが、AmpC 産生菌の分離率は 4.7% (14/298 株) と低かった。しかし、AmpC 産生菌も ESBL 産生菌や CRE 同様、耐性遺伝子保有プラスミドの水平伝達により菌種を超えて拡散する可能性があり、今後も注意が必要であろう。

なお、本研究は当初カルバペネマーゼを産生する CRE の市中への広がりを調査する目的で開始したが、今回の調査でも CRE は分離されず、まだ CRE は本県の市中に拡散していないと思われた。しかしながら、最近、カルバペネマーゼを産生する新たな O25b-ST131 も報告^{19,20)}されており、今後も市中における薬剤耐性菌のサーベイランスを継続する必要がある。

文 献

- 1) Rossolini GM, D'Andrea MM, Mugnaioli C. : Clin Microbiol Infect., 14 (Suppl. 1), 33-41 (2008) .
- 2) Woerther PL, Burdet C, Chachaty E, Andremont A : Clin. Microbiol. Rev., 26 (4), 744-758 (2013) .
- 3) Petty NK1, Ben Zakour NL, Stanton-Cook M, Skippington E, Totsika M, Forde BM, Phan MD, Gomes Moriel D, Peters KM, Davies M, Rogers BA, Dougan G, Rodriguez-Baño J, Pascual A, Pitout JD, Upton M, Paterson DL, Walsh TR, Schembri MA, Beatson SA., 11 (15), 5694-5699 (2014) .
- 4) Nicolas-Chanoine MH, Bertrand X, Madec JY. : Clin. Microbiol. Rev, 27 (3), 543-574 (2014) .
- 5) Antimicrobial Resistance Chaired by Jim O'Neil. AMR Review Paper : Tackling a crisis for the health and wealth of nations (2014).
- 6) WHO Global action plan on antimicrobial resistance : <https://www.who.int/publications/i/item/9789241509763> (2023 年 9 月閲覧) .
- 7) 厚生労働省 : 薬剤耐性(AMR)対策アクションプラン 2016-2020 : <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/0000120769.pdf> (2023 年 9 月閲覧) .
- 8) 厚生労働省 : 薬剤耐性(AMR)対策アクションプラン 2023-2027 : https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/ap_honbun.pdf (2023 年 9 月閲覧) .
- 9) 八尋俊輔, 小原敦美, 近藤ひとみ, 深澤未来, 八木一真, 梶島翔一郎, 酒井 崇, 戸田純子, 松本一俊, 原田誠也 : 熊本県保環研所報, 48, 25-32 (2018) .
- 10) 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) .
- 11) Pérez-Pérez F. J, Hanson N D : J Clin. Microbiol., 40 (6), 2153-2162 (2002) .
- 12) 山口友美, 木村葉子, 渡邊 節, 有田富和, 後藤郁男, 畠山 敬 : 宮城県保環センター年報, 37, 38-42 (2019) .
- 13) Iguchi A, Iyoda S, Seto K, Morita, Ishihara T, Scheutz F, Ohnishi M, Pathogenic *E. coli* Working Group in Japan : J Clin. Microbiol., 53, 2427-2432 (2015) .
- 14) Banjo M, Iguchi A, Seto K, Kikuchi T, Harada T, Scheutz F, Iyoda S, Pathogenic *E. coli* Working Group in Japan ; J Clin. Microbiol. 56, e00190-18 (2018) .
- 15) Clermont O, Bonacorsi S, Bingen E. : Rapid and simple determination of the *Escherichia coli* phylogenetic group., Appl. Environ., Microbiol., 66, 4555 - 4558 (2000) .
- 16) 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) .
- 17) Matsumura Y, Pitout JDD, Gisele Peirano G, DeVinney R, Noguchi T, Yamamoto M, Gomi R, Matsuda T, Nakano S, Nagao M, Tanaka M, Ichiyama S : Antimicrobi Agents and Chemother, 61 (8), e00179-17 (2017) .
- 18) 薬剤耐性ワンヘルス動向調査検討会:薬剤耐性ワンヘルス動向調査年次報告書 2020 : 薬剤耐性ワンヘルス動向調査年次報告書 2020 (NAOR) .pdf (mhlw.go.jp) (2023 年 9 月閲覧) .
- 19) Peirano G, Bradford PA, Kazmierczak KM, Badal RE, Hackel M, Hoban DJ, Pitout JD : Emerg Infect Dis., 20 (11), 1928-1931 (2014) .
- 20) Ellaby N, Doumith M, Hopkins KL, Woodford N, Ellington MJ : Euro Surveill, 24 (37), 1-8 (2019) .

2) 熊本県における新型コロナウイルス検査結果とフルゲノムを用いた流行株の系統解析

井上祐希江 前田莉花*1 小原敦美 森 美聡 笠 純華 伊豆一郎 平野孝昭 原田誠也
佐藤磨美*2 梶島翔一郎*3 酒井 崇*4 松本一俊*5 八尋俊輔*4 徳岡英亮

要 旨

2020年1月30日から2023年8月12日までに新型コロナウイルス検査で当所に搬入された鼻咽頭ぬぐい液や唾液等74,800検体を検査したところ、8,620検体陽性（陽性率11.5%）であった。また、2,412検体のフルゲノム系統解析を行ったところ、2020年2月に初めて武漢株の近縁株が検出されたものの、その後は欧州由来の株が主流となった。第2波、第3波では、全国と異なるB.1.1.284が大部分を占めたが、第4波以降は全国同様、アルファ株、デルタ株、オミクロン株と置き換わり、第7波や第8波はオミクロン株の変異株が大流行を引き起こした。今後も新型コロナウイルスのフルゲノム解析を継続することは、流行株の傾向及び感染経路を把握し、感染拡大を防止するためにも重要と考える。

キーワード：新型コロナウイルス，SARS-CoV-2，変異株，フルゲノム解析

はじめに

2019年末に中国の湖北省武漢市で発生した急性肺炎の原因は新型コロナウイルスであり、2003年に発生したSARSコロナウイルスとゲノムの相同性が高いことからSARS-Cov-2と命名された。このウイルスは瞬く間に世界中に拡散しはじめたことから、WHOはSARS-Cov-2感染症の正式名称をCoronavirus disease-2019（COVID-19）と定め、2020年3月11日にパンデミックを宣言した。新型コロナウイルスの感染報告は、発生から3年以上が経過した現在も続いており、ウイルスが変異を繰り返しながら、感染拡大し続けている。2023年8月現在、世界では約7億人¹⁾、日本国内で約3,000万人²⁾、熊本県内でも50万人を超える感染者が報告されている³⁾。感染症法上は指定感染症、新型インフルエンザ等感染症の2類相当全数把握疾患から2023年5月8日以降5類感染症定点把握疾患へ移行したが、新規感染者は今も確認されており、死者数は世界では680万人¹⁾、国内で7万人²⁾、県内でも1,300人を超え³⁾、過去に類を見ない状況にある。

熊本県（熊本市を除く）（以下「本県」という。）では、2020年2月22日に初めて陽性を確認した⁴⁾。その後、アルファ株、デルタ株、オミクロン株の流行等、一定の流行期間とともに特徴的な遺伝子変異を持つ流行株が

次々と確認された。国内では、最初の感染者の発生後からはじまった波が第1波、それ以降、感染の流行が来る度に第2波、第3波として対応を行ってきた。第8波収束後に5類感染症へ移行し、検査体制も変更となったが、執筆時（2023年8月）には感染者が第8波ピーク時の半数近くに到達しており、第9波の到来が懸念されている。

本報では、各波の期間を第1波：～2020年5月31日、第2波：2020年6月1日～2020年9月26日、第3波：2020年9月27日～2021年2月20日、第4波：2021年2月21日～2021年7月7日、第5波：2021年7月8日～2021年12月31日、第6波：2022年1月1日～2022年6月11日、第7波：2022年6月12日～2022年10月13日、第8波：2022年10月14日～2023年2月28日、及び第8波以降（2023年3月～）とし、各波における当所の検査結果及び主要流行株のフルゲノム系統解析結果等を報告する。

材料及び方法

1. 検査材料

県内各保健所（熊本市を除く）から新型コロナウイルス患者の発生に係る積極的疫学調査等で採取された鼻咽頭ぬぐい液又は唾液等74,800検体を検査材料とし

*1 現県南広域本部保健福祉環境部 *2 元保健環境科学研究所職員 *3 現健康福祉部健康危機管理課 *4 現健康福祉部健康局薬務衛生課 *5 現食肉衛生検査所

た。また、新型コロナウイルス陽性であった 2,412 検体をゲノム解析に供試した。

2. 検査方法

2.1 通常検査及び変異検査

通常の新型コロナウイルス検査は、既報⁵⁾に示したとおり、国立感染症研究所（以下「感染研」という。）が示した病原体検出マニュアル 2019-nCoV Ver.2.9.1⁶⁾（以下「マニュアル」という。）、「感染研・地衛研専用」SARS-CoV-2 遺伝子検出・ウイルス分離マニュアル⁷⁾等に準じて作成した当所の SOP に従い実施した。すなわち、鼻咽頭ぬぐい液又は唾液等の検体から QIAamp Viral RNA Mini Kit（QIAGEN 社）で RNA を抽出した後、マニュアルに示された N2 primer 及び One Step PrimeScript™ RT-PCR Kit（Perfect Real Time）（タカラバイオ株式会社）を用いて反応液を調整し、LightCycler 480II 又は LightCycler96（ロシュ・ダイアグノスティクス株式会社）で検査を行った。

なお、アルファ株流行時は N501Y 変異検査を、デルタ株やオミクロン株の流行時は L452R 変異検査をそれぞれ追加導入して変異株のスクリーニング検査を行った⁸⁾。そのほか、必要に応じ、E484K, G339D, ins214EPE 等の変異を検出する primer を用いた。

2.2 ゲノム検査及び MST 解析

既報⁵⁾に示した方法で実施した。すなわち、感染研の新型コロナウイルスゲノム解析マニュアル 2022 年 2 月版⁹⁾に準じ、次世代シーケンサー iSeq 100 Sequencing System（illumina 社）を用いてフルゲノムシーケンス（以下「ゲノム検査」という。）を実施し、断片化された新型コロナウイルスのフルゲノムを得た。得られたデータは、感染研が管理しているゲノムサーベイランスシステム「COG-JP（COVID-19 Genomic Surveillance Network in Japan）」にアップロードし、配列データを FASTA 形式で取得した。これらのデータについて、変異株の遺伝子配列の類似性に基づく国際的な系統分類法により、Phylogenetic assessment of named global outbreak lineage（以下 Pangolin という）を Next Clade (v2.14.1) プログラム (<https://clades.nextstrain.org/>) により決定した。低クオリティのものを除いて、配列を国際的なデータベースである GISAID (Global Initiative on Sharing Avian Influenza Data)¹⁰⁾に登録した。また、SNP に基づいた Minimum Spanning Tree による系統樹解析（以下「MST 解析」という。）は、Ridom SeqSphere+（フィルジェン株式会社）を用いて実施した。

結果及び考察

1. 通常検査及び変異検査結果

第 1 波から第 8 波以降までの検査結果を表 1 に示した。第 1 波から第 5 波までは、各波の検査数 1 万件以下、陽性者数 1,000 人以下で推移していた。一方、オミクロン株が流行した第 6 波以降は検査依頼数が大幅に増え、陽性者も増加した。第 8 波やそれ以降では、軽症の患者も多かったためか、検査依頼数は第 6 波、第 7 波の時と比べて減少した。

1.1 第 1 波（～2020 年 5 月 31 日）

当研究所での最初の検査は 1 月 30 日で陰性であり、その後 10 数件は陰性が続いた。県内で最初の陽性者は 2 月 22 日に確認され、ゲノム検査の結果、Pangolin は B.12 であった。第 1 波での通常検査数は 2,289 件、そのうち陽性者数は 31 件（陽性率 1.4%）であった。

1.2 第 2 波（2020 年 6 月 1 日～9 月 26 日）

第 2 波での通常検査数は 6,180 件と第 1 波に比べて大幅に増加した。そのうち陽性者数は 300 件（陽性率 4.9%）となり、第 1 波と比較して県内の感染者が増加した。

1.3 第 3 波（2020 年 9 月 27 日～2021 年 2 月 20 日）

年明けに検体数が急増した。第 3 波での通常検査数は 9,870 件、そのうち陽性者数は 665 件（陽性率 6.7%）であった。1 月中旬からは強い感染力を持つとされる英国由来のアルファ株 (B.1.1.7) をスクリーニングするため、スパイク領域の N501Y 変異を検出する変異検査を導入した。第 3 波期間中の変異検査実施数は 72 件であった。

1.4 第 4 波（2021 年 2 月 21 日～7 月 7 日）

第 4 波での通常検査数は 6,058 件、そのうち陽性者数は 373 件（陽性率 6.2%）であった。第 3 波後半より警戒されていた英国由来のアルファ株 (B.1.1.7) が全国的に流行した。N501Y 変異検査を続けた結果、3 月 29 日に本県初のアルファ株感染者が確認された。第 4 波の変異検査実施数は 968 件であった。

1.5 第 5 波（2021 年 7 月 8 日～12 月 31 日）

第 5 波での通常検査数は 8,287 件、そのうち陽性者数は 739 件（陽性率 8.9%）であった。アルファ株よりさらに感染性や免疫逃避が高いとされるインド由来のデルタ株 (B.1.617.2) へ一気に流行株が置き換わり、世界的に流行した。日本で流行した亜系統はさらに細かく分類され、AY.29 (B.1.617.2.29) と呼ばれている。デルタ株はスパイク領域に L452R 変異を持つため、N501Y に加えて L452R 変異検査も併せて行った。変異検査実施数は 1,104 件であった。

1.6 第 6 波（2022 年 1 月 1 日～2022 年 6 月 11 日）

スパイク領域に変異が多く入ったことで、症状は比

較的軽いが、感染力が大幅に増大したオミクロン株 (B.1.1.529) が侵入し、爆発的に感染が拡大した。一方、デルタ株 (AY.29) は県内から姿を消した。オミクロン株流行により、第 6 波での通常検査数は 24,032 件、そのうち陽性者数は 4,484 件 (陽性率 19%) と大幅に増加した。また、変異検査を 589 件実施した。第 6 波初期では L452R 変異の有無によるデルタ株とオミクロン株の判別に変異検査を利用することもあった。しかしその後、オミクロン株が主流になると検査数は減少していった。

1.7 第 7 波 (2022 年 6 月 12 日～2022 年 10 月 13 日)

第 7 波での通常検査数は 10,695 件、そのうち陽性者数は 1,279 件 (陽性率 12%) であった。アルファ株 (B.1.1.7)、デルタ株 (AY.29) が落ち着いたため、変異検査を中止した。

1.8 第 8 波 (2022 年 10 月 14 日～2023 年 2 月 28 日)

第 8 波での通常検査数は 7,290 件、そのうち陽性者数は 746 件 (陽性率 10%) であった。検査数は第 7 波に比べて減少し、1 万件を下回った。検査数減少の一つの要因として、国がオミクロン株の特性を鑑み、全数届出及び発生届出の対象者見直しが行われたことがあげられる。

1.9 第 8 波以降 (2023 年 3 月 1 日～)

第 8 波終了後、執筆時までの通常検査数は 99 件、そのうち陽性者数は 3 件 (陽性率 3.0%) であった。5 類感染症移行後は通常検査の依頼数が大幅に減少し、当所での陽性者数も非常に少なくなった。

2. ゲノム検査結果及び MST 解析

第 1 波から第 4 波までに当所で陽性が確認された検体のゲノム検査は、感染研にて実施された。第 5 波以降は、本県でゲノム検査を行うシステムが確立されたため、当所で検査を行っている。

第 1 波から第 8 波まで各波の MST 解析を図 1 に示す。各波によって Pangolin はまとまった傾向があり、流行株が別のものに置き換わることによって新たな流行が引き起こされていると考えられる。さらに新たな変異株に移行するにつれ、感染者数が増加する傾向にあることから、感染力を増強させる遺伝子変異をウイルスが獲得していく様子が確認できる。

2.1 第 1 波 (～2020 年 5 月 31 日)

第 1 波は、陽性者数が少ないこと等の理由から解析数も少なかったが、2 月初めに武漢株と近縁の B.12 が初めて検出された。その後、4 月以降に検出された株は欧州由来の B.1.1 と、この株から日本で派生した B.1.1.48 であった。解析サンプル数が少ないため断定は

難しいが、第 1 波では武漢株やその近縁株よりも、欧州由来の系統や日本で流行していた系統による影響が強かったと考えられる。

2.2 第 2 波 (2020 年 6 月 1 日～9 月 26 日)

2 件のクラスターが本県北部の福祉施設等で発生した。解析の結果、これらはどちらも B.1.1.284 であり、ほぼ同じ集団として認識された。第 2 波ではこの B.1.1.284 が大部分を占めた。全国的に感染流行の報告が始まっていた B.1.1.214 は、本県ではあまり拡大しなかった可能性がある。

2.3 第 3 波 (2020 年 9 月 27 日～2021 年 2 月 20 日)

全国的な流行株の Pangolin は B.1.1.214 となっていたが、本県の主要な流行株は、第 2 派同様 B.1.1.284 とその一部がわずかに変異した B.1.1.214 であった。このことより、県外、海外からの流入された株による感染よりも、第 2 波から続く本県内での流行による影響が大きかったのではないかと考えられる。また、興味深いことに、年明けに 1 地域で急に R.1 が出現し、一定期間流行した (図 2 地域クラスター部分)。R.1 はその後、各地で第 4 波まで散発的に検出された (図 2 地域クラスター部分外)。当初に流入し、本県南部における地域クラスターの原因となった R.1 株と、その後検出された R.1 株は遺伝学的距離が近いものから遠いものまでさまざまであった。このことから、R.1 株は散発的に県内に流入し、各地に陽性者が点在していたものと推定される。このような現象は全国的にみられた。この系統はスパイクタンパクに免疫逃避の変異 (E484K) を持っており、今後流行するのではないかと危惧された。

2.4 第 4 波 (2021 年 2 月 21 日～7 月 7 日)

第 4 波では、全国的に流行していたアルファ株 (B.1.1.7) が本県でも約 9 割を占めた。第 3 波まで猛威を振った B.1.1.284 は姿を消し、B.1.1.214 と R.1 が少し検出される程度となった。流行の中心が、強い感染力を持つといわれるアルファ株となったことで今後、この株による大流行が懸念された。

2.5 第 5 波 (2021 年 7 月 8 日～12 月 31 日)

感染研で実施されていたゲノム検査をこの頃より当所で行い、第 5 波では 615 件を実施した。

第 4 波で流行したアルファ株 (B.1.1.7) は初期に少数検出され、その後、デルタ株 (AY.29) が検出株の大半を占めた。第 5 波では、アルファ株からデルタ株に置き換わり、感染株の主流となったことが分かる。検査数は期間中前半に多かったが、後半には急激に減少した。新規陽性者数の推移を踏まえると、アルファ株、デルタ株による流行は比較的短期間で流行し、収束した可能性

がある。

2.6 第 6 波 (2022 年 1 月 1 日～2022 年 6 月 11 日)

ゲノム検査は 861 件実施した。急激な感染拡大により検査数が増加し、陽性者も急増した。当所で検査可能な最大数を毎週実施したが、陽性者数の 19%に留まった。第 6 波の初期は、デルタ株 (AY.29) から置き換わったオミクロン株 (B.1.1.529) の亜系統である BA.1.1.2 (B.1.1.529.1.1.2) と BA.2 (B.1.1.529.2) 系統が感染の主流であった。BA.1.1.2 は近いクローンが集中して集まっていることから、一気に感染が拡大したことが示唆された。一方、BA.1 と BA.2 は同じオミクロン株に分類されるものの、遺伝学的に少し距離があることから別の変異株の流行と判断された。異なる変異株の継続的な出現が、その後の BA.5 の流行とともに、第 7 波まで途切れることのない流行の原因となった。

2.7 第 7 波 (2022 年 6 月 12 日～2022 年 10 月 13 日)

ゲノム検査は 501 件実施した。第 7 波では、オミクロン派生株 BA.5 の感染がさらに拡大した。第 7 波で注目すべきは、本県は他県より感染者の増加の時期が早く、しばらくの間、全国的に人口あたりの感染者が多かった。これは他県より BA.5 の侵入が早かったことが原因と考えられた。特に初期 (6 月下旬) に検出された BA.5.3.1 の影響が大きかったのではないかと推察された。N:E136D の変異で、他の BA.5 と区別されたこの亜種は、第 7 波の早期に検出され、県全体へと拡大したが、その後は BA.5.2 系統 (BA5.2.1 を含む) が主流となり、次第に割合は低下した (図 3)。第 7 波の全国での BA.5.3.1 感染者は約 2.9%だったのに対し、本県では約 28%であった⁹⁾。全国的に見ても、本県の BA.5.3.1 の割合は非常に高かったことから、全国とは流行状況が異なっていたと考えられる。ゲノムの検査数に地域の偏りが多くみられることから、正確に全体像を把握しているとはいいがたいが、今後は、BA.5.2 系統が流行の中心となっていくことが考えられた。

2.8 第 8 波 (2022 年 10 月 14 日～2023 年 2 月 28 日)

ゲノム検査は 273 件実施した。届け出対象者の見直しが行われたこともあって検体数が減少し、ゲノム検査数も減少したため、流行の全体像が掴みにくくなった。第 7 波の感染拡大が収束せず、引き続きオミクロン株の BA.5.2 系統 (BA5.2.1 を含む) が主流となった。一方、BA.5.3.1 はほとんど見られなくなり、BA.5.2.1 から派生した BF.5 (BA5.2.1.5) が流行した。その後は BA.5.3.1 から派生した BQ.1 系統等に変化していった。さらに、BA.2.75 系統である CH.1.1 等も現れ、注視すべき警戒株も多種多様になっていった。

2.9 第 1 波から第 8 波を通して

新型コロナウイルス発生から第 8 波終了時までの変異株変遷を図 4 に示した。各波でそれぞれ特徴的な株がみられた。第 1 波は解析数が少ないため流行株を反映しづらいが、第 2 波から第 3 波では主な流行株が B.1.1.284, B.1.1.214 の 2 種類となっていることが分かる。更に、第 3 波の終盤より R.1 の出現、その後は第 4 波にアルファ株、第 5 波にデルタ株と波ごとに新たな流行株に置き換わっていく様子がみられた。本県の第 1 波から第 5 波までの傾向は、長期休暇で人流が多くなる期間に新たな変異株の出現し、その後、流行、終息となっているように見られる。第 6 波よりオミクロン株となり、流行株は BA.1 系統から BA.2 系統へと移行していった。このまま BA.2 系統の流行が続くかと思われたが、第 7 波では BA.5.3.1 を主流とした BA.5 系統に置き換わった。BA.5 系統の流行は第 8 波も続き、その後、BA.2 系統の再流行もみられた。

第 1 波から第 8 波の MST 解析結果を図 5 に示した。武漢近縁株の流行した第 1 波～第 3 波とアルファ株 (B.1.1.7) の流行した第 4 波以降の 2 方向に広がっている。また、オミクロン株はデルタ株の延長線上に位置している。オミクロン株の流行初期 (第 6 波) では L452R 変異の有無によってデルタ株とオミクロン株を識別していた。しかし第 7 波以降に流行したオミクロン株はデルタ株と同様の変異を持つものもあらわれたため、第 7 波や第 8 波のオミクロン株は第 6 波よりも第 5 波で流行したデルタ株に近づいていることが分かる。オミクロン株の流行期間 (第 6 波～第 8 波) は他の機関と比較して感染者数が非常に多くなっている。オミクロン株は変異を繰り返しながらその後の第 7 波、第 8 波まで大流行を引き起こし、更に現在まで変異を繰り返しながら感染を継続している。オミクロン株の症状は比較的、軽症であることが多く、感染に気付かない事例や、ワクチンや過去の感染により獲得した免疫を逃れ、2 回以上感染した事例もあり、複数の要因が大流行に繋がった可能性も考えられる。

2.10 第 8 波以降 (2023 年 3 月 1 日～)

2023 年 1 月にアメリカ合衆国で報告されていた、極めて感染力の強い新たなオミクロン株 (XBB.1.5) の流行が懸念されていたが、当所のゲノム検査において 2022 年度内にこの系統は検出されなかった。第 8 波の収束後しばらくは感染者数が減少し、県内、国内での流行も落ち着いたかに見えた。しかし、5 類感染症定点把握疾患へ移行後、約 200 人/週で推移していた県内の感染者数が 6 月初旬より増加し始め、7 月中旬には 1,000 人/週を超え、第 8 波のピーク時の約半数となった。執筆時 (2023 年 8 月) にも増加し続けており、夏休みや

盆参りの人流の増加にともなった第 9 波到来も懸念されている。

感染状況を継続してモニタリングするために、医療機関や民間の検査機関より既に陽性と判明している検体の提供を受け、執筆時までに 273 件のゲノム検査を行った。その結果、検出された株は大きく分けると XBB 系統と BA.2.75 系統の 2 種類に分類されていた。さらに流行しているものは特定の株ではなく、それぞれの系統で非常に細分化されていることが分かった (図 6)。これらの株の系統は地域や年齢等に相関はなく、感染経路等の推定やカテゴリでの分類が困難な状況になってきた。

2.11 福岡県との比較

本県で流行した株の傾向を探るため、まずはクラスターが発生した本県北部と隣接しており、本県と人的交流が多く¹¹⁾、公共交通機関や高速道路等による往來の利便性も良い福岡県の流行株との比較を試みた。GISAID に公開されている福岡県の第 3 波を MST 解析した結果を図 7 に示す。福岡県は本県と比較して人口が多く、感染者数も多かったため大規模な解析図となった。主な Pangolin は、B.1.1.284 と B.1.1.214 であったが、その割合は全国の傾向と同様 B.1.1.214 の方が高かった。さらに、本県で流行した R.1 は福岡県ではほとんど見られなかったことから、本県で流行した第 3 波の R.1 は福岡県との関連が薄いと考えられた。今後、全国や九州各県におけるそれぞれの波の流行株と本県の流行株を比較し、本県の流行の特徴を把握していきたい。

ま と め

1. 2020 年 1 月 30 日より行った 74,800 検体の新型コロナウイルス検査では、8,620 検体が陽性(陽性率 11.5%)となった。
2. 全国と本県の流行株を比較すると、第 3 波及び第 7 波において流行株が異なる傾向がみられた。
第 3 波では全国で B.1.1.214、本県で B.1.1.284、第 7 波では全国で BA.5.2.1、本県で BA.5.3.1 が流行の主流であった。
3. 福岡県と本県との第 3 波における流行株を比較すると、福岡県の流行株は B.1.1.214 であったのに対し、本県での流行株は B.1.1.284 と異なる傾向が見られた。
4. 本県における流行は、近隣県と異なる独自の感染拡大も起こっていた可能性がある。
5. 今後も、九州各県や全国の流行株との関連性を解析することで本県における流行株の傾向、特徴を把握し、新型コロナウイルスの驚異的な変異株の出現や新たな感染症のパンデミック対策に役立てていく。

謝 辞

共同執筆者として名前を記載した微生物科学部以外に、御支援をいただきました、所内、所外(特に農林水産部や環境生活部の皆様、熊本市環境総合センターの皆様等)、その他(国立感染症研究所、他県衛生研究所等)の多くの方々に感謝いたします。

文 献

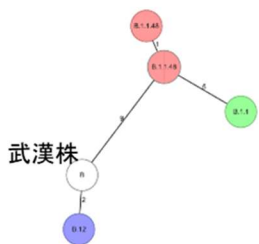
- 1) WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard <https://covid19.who.int/> (2023 年 7 月閲覧)。
- 2) 厚生労働省 HP 新型コロナウイルス感染症の国内発生状況等について)。
<https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/kokunainohasseijoukyou.html> (2023 年 7 月閲覧)。
- 3) 熊本県 HP 新型コロナウイルス感染症の県内の感染者発生状況)。
<https://www.pref.kumamoto.jp/site/kumamotoken-covid-19/> (2023 年 7 月閲覧)。
- 4) 熊本県 HP 新型コロナウイルス感染症の県内の感染者発生状況(令和 2 年(2020 年)2 月))。
<https://www.pref.kumamoto.jp/site/kumamotoken-covid-19/87325.html> (2023 年 7 月閲覧)。
- 5) 八尋俊輔, 平野孝昭, 伊豆一郎, 森 美聡, 小原敦美, 前田莉花, 井上祐希江, 原田誠也, 佐藤磨美, 梶島翔一郎, 松本一俊, 酒井 崇, 小林将英, 西島遥, 齊藤弘毅:熊本県保健環境科学研究所報 第 51 号, 51-56 (2021) 資料)。
- 6) 病原体検出マニュアル 2019-nCoV Ver.2.9.1)。
<https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/2019-nCoV20200319.pdf> (2020 年 2 月閲覧)。
- 7) 「感染研・地衛研専用」SARS-CoV-2 遺伝子検出・ウイルス分離マニュアル Ver 1.1)。
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/lab-manual-m/10032-sars-cov-ref2.html> (2020 年 4 月閲覧)。
- 8) リアルタイム one-step RT-PCR 法による SARS-CoV-2 Spike N501Y 変異の検出(国立感染症研究所作成)(2020 年 1 月閲覧)。
- 9) 新型コロナウイルスゲノム解析マニュアル 2022 年 2 月版)。
https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/SARS-CoV2_genome_analysis_manual_QIASEQFX_ver_1_4_220127.pdf (2022 年 2 月閲覧)。
- 10) GISAID (Global Initiative on Sharing Avian Influenza Data) <https://gisaid.org/>。
- 11) V-RESAS (<https://v-resas.go.jp/>)。

表 1 熊本県保健環境科学研究所における新型コロナウイルス検査数 (2020 年 1 月～2023 年 8 月 12 日)

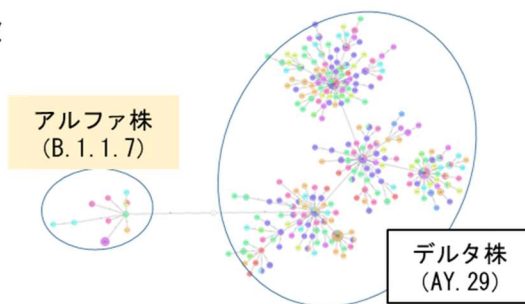
流行期	通常検査	陽性者数 (陽性率%)	変異 検査	ゲノム 解析
第 1 波 (～2020 年 5 月 31 日)	2,289	31 (1.4%)	0	0
第 2 波 (2020 年 6 月 1 日～9 月 26 日)	6,180	300 (4.9%)	0	0
第 3 波 (2020 年 9 月 27 日～2021 年 2 月 20 日)	9,870	665 (6.7%)	72	0
第 4 波 (2021 年 2 月 21 日～7 月 7 日)	6,058	373 (6.2%)	968	0
第 5 波 (2021 年 7 月 8 日～12 月 31 日)	8,287	739 (8.9%)	1,104	615
第 6 波 (2022 年 1 月 1 日～2022 年 6 月 11 日)	24,032	4,484 (19%)	589	861
第 7 波 (2022 年 6 月 12 日～2022 年 10 月 13 日)	10,695	1,279 (12%)	0	501
第 8 波 (2022 年 10 月 14 日～2023 年 2 月 28 日)	7,290	746 (10%)	0	273
第 8 波以降 (2023 年 3 月 1 日～2023 年 8 月 12 日)	99	3 (3.0%)	0	162※
合計	74,800	8,620 (12%)	2,733	2,412

※ 医療機関及び民間の検査会社より提供された唾液、鼻咽頭ぬぐい液等の新型コロナウイルス陽性検体を含む

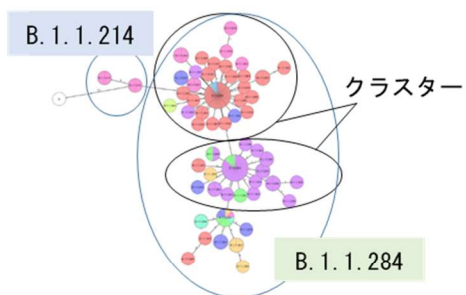
第1波



第5波

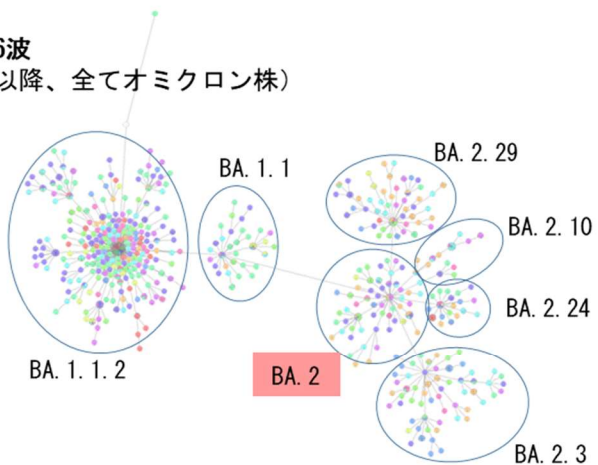


第2波

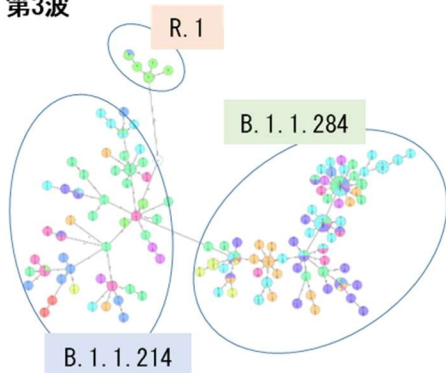


第6波

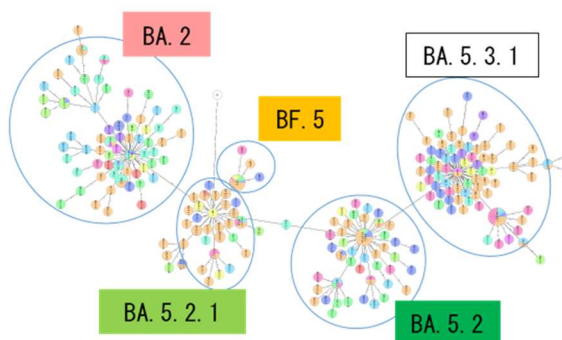
(以降、全てオミクロン株)



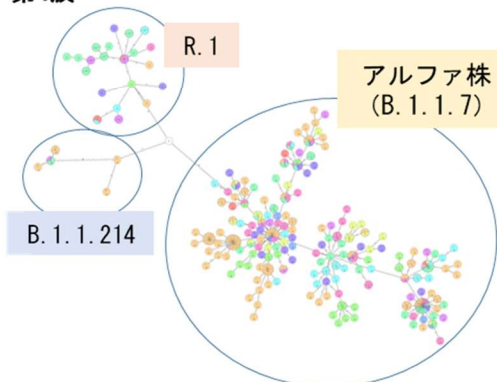
第3波



第7波



第4波



第8波

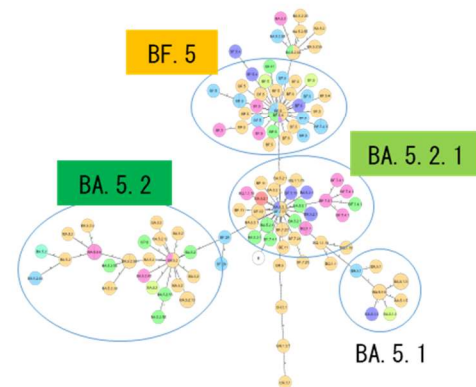


図 1 各波の MST 解析

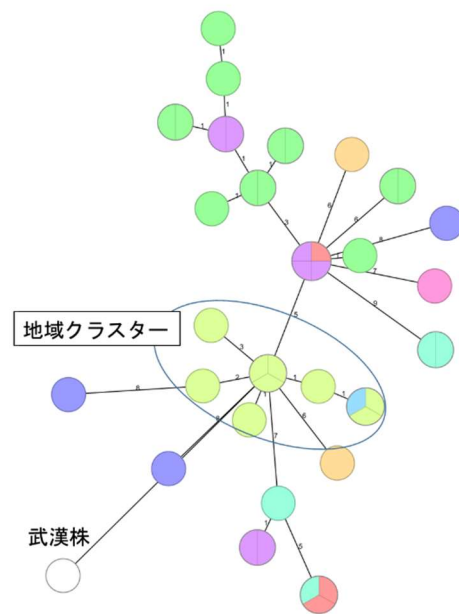


図 2 第 3 波の R. 1 のみの MST 解析

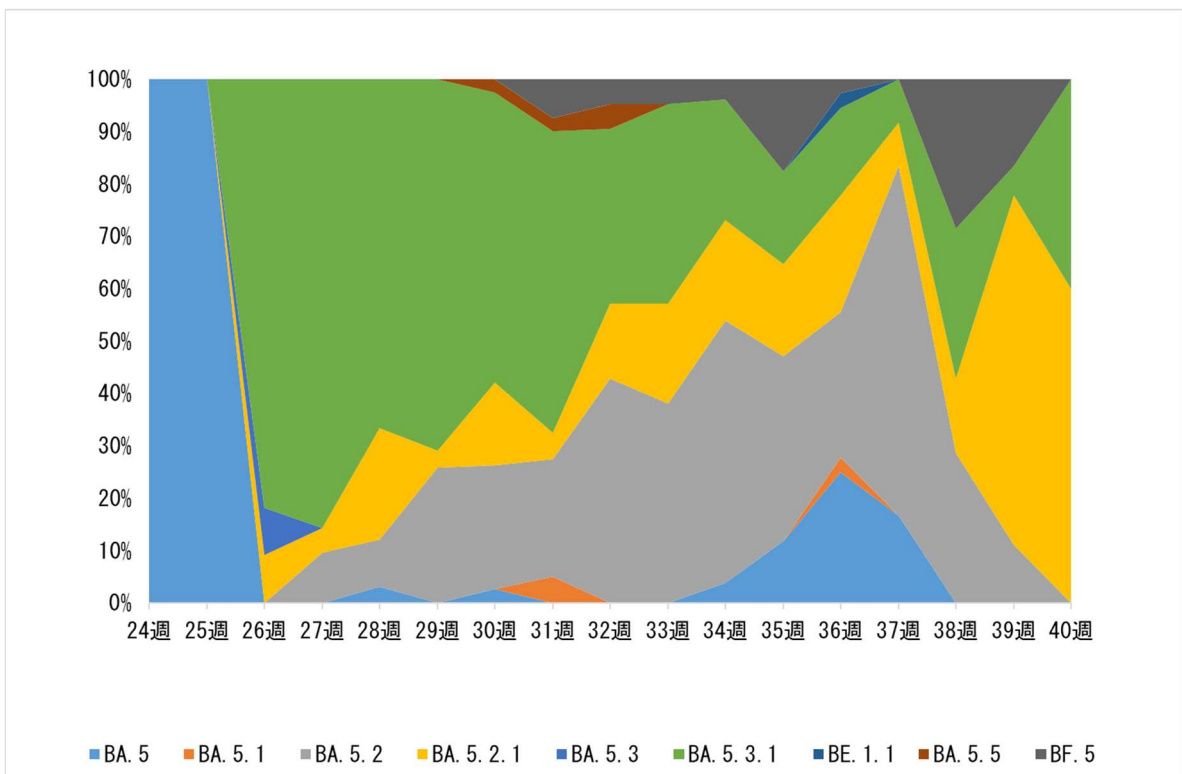


図 3 第 7 波 BA. 5 系統のみの新型コロナウイルス Pangolin の推移

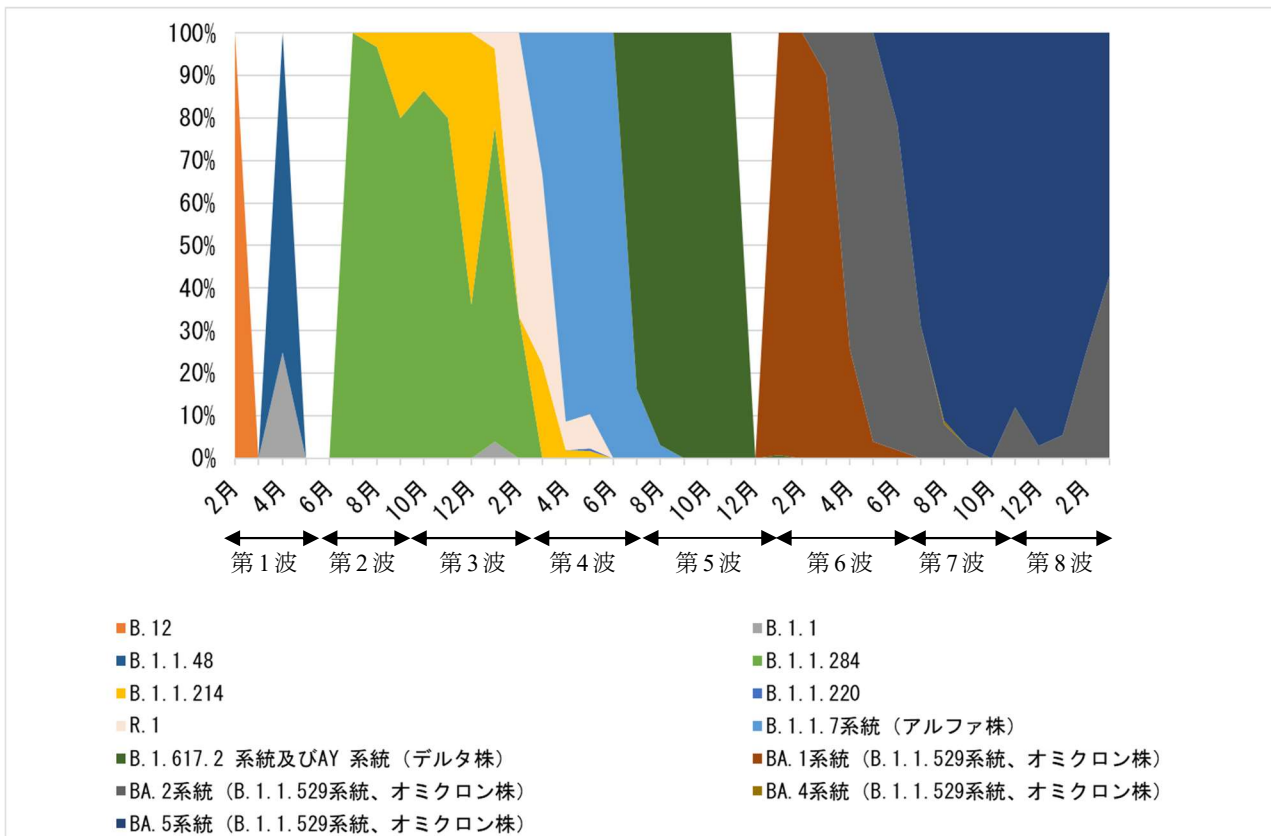


図 4 本県で検出された新型コロナウイルス Pangolin の推移 (第 1 波～第 8 波)

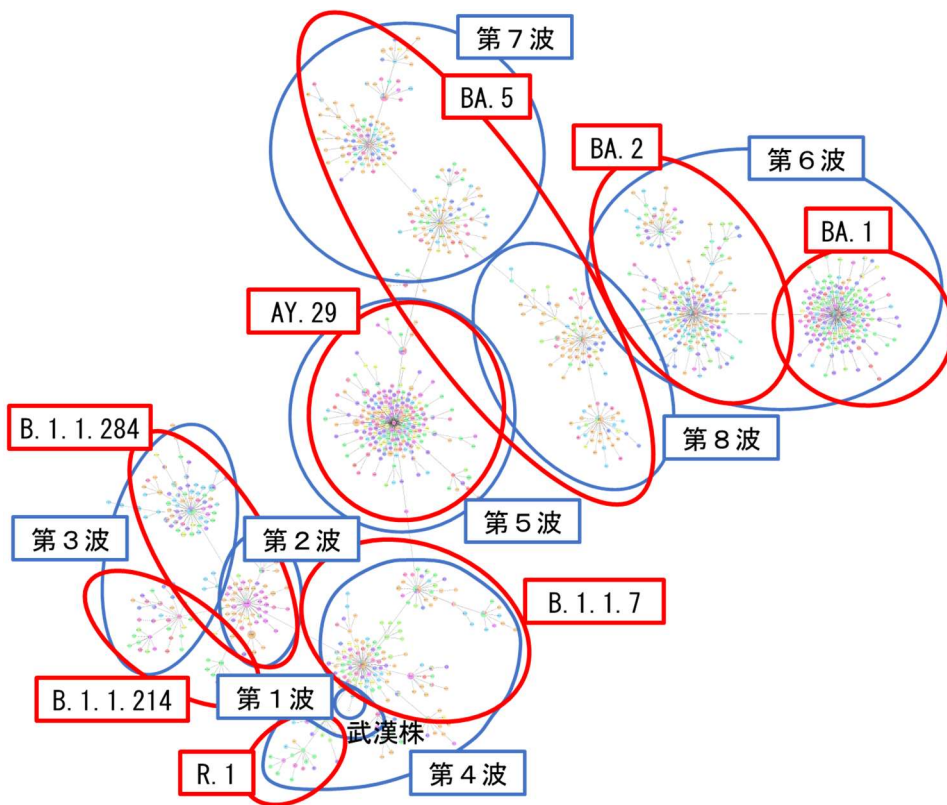
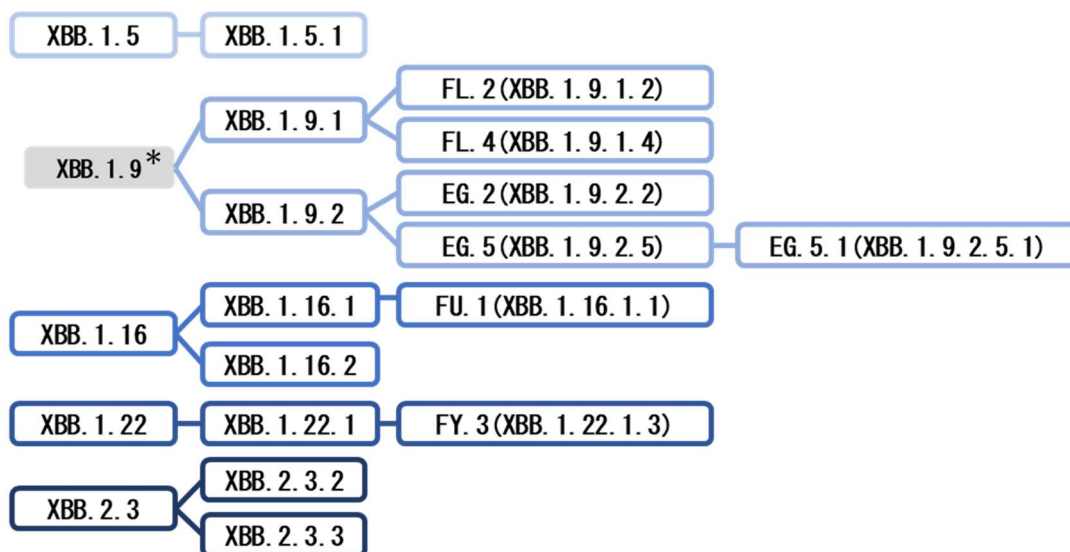


図 5 第 1 波～第 8 波の MST 解析

XBB系統



(* : 本県では不検出)

BA.2.75系統



図 6 2023 年 6 月以降に検出された株 (2023 年 8 月 12 日現在)

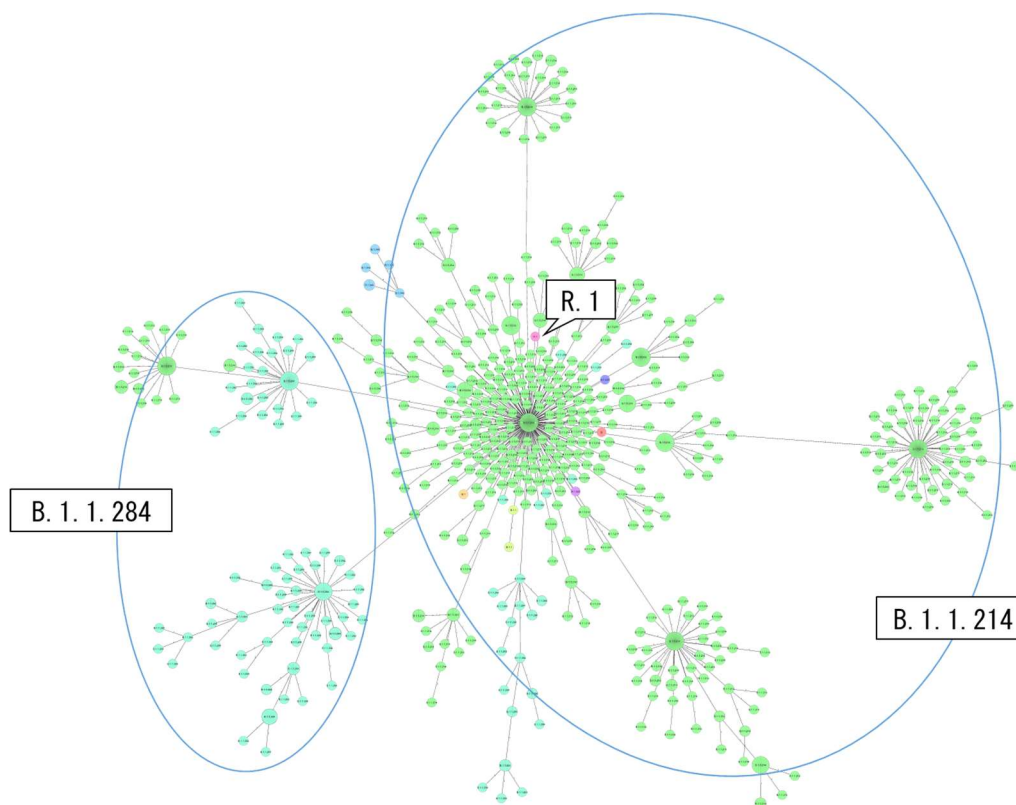


図 7 福岡県の第 3 波 MST 解析

3) LC-MS/MS を用いた畜水産物中残留農薬一斉分析法の検討

八木一真*1 青木 愛 眞田知征*2 小林将英*3

要 旨

当所で開発した農作物における残留農薬一斉分析法を畜水産物に適用する検証を行った。確立した分析法について、5 種類の畜水産物を用いて「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」に準拠した妥当性評価を実施したところ、分析対象農薬 221 項目のうち目標値を達成できた項目数は 189~202 項目と良好な結果が得られ、畜水産物の分析に適用可能であることがわかった。

キーワード：LC-MS/MS, 残留農薬一斉分析, 畜水産物

はじめに

農薬は農作物だけでなく、畜水産物においても農薬が残留した家畜飼料や河川等に流入した農薬で汚染された水を介して移行・残留することが懸念される。また、近年、ぶり等の養殖魚に柑橘類の果皮を混ぜた飼料を給餌させ、柑橘類の香りを付加し魚介類特有の青臭さを軽減させることで商品のブランド化を図る動きが広がっており、その安全性を確認する目的として畜水産物中の農薬の分析を行う必要性が増すと考えられる。

本県では、農産物の残留農薬一斉分析には LC-MS/MS と GC-MS/MS の 2 系列での分析をしており、高極性の農薬については LC-MS/MS で分析を行っている。当所の開発した農産物における LC-MS/MS の分析法は、65%アセトニトリルを用いて試料を希釈後、精製及び濃縮作業を省略し、抽出液をそのまま分析する試験法¹⁾(以下「溶媒抽出-LC-MS/MS 法」という。)であり、作業を簡略化し迅速性に優れている。また、分析対象農薬約 220 項目を一斉にスクリーニング可能である。今回、この試験法を適用し、LC-MS/MS を用いた畜水産物中の残留農薬一斉分析法の検討を行った。また、本法について 5 種類の畜水産物を用いて、「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」²⁾(以下「ガイドライン」という。)に基づく妥当性評価試験を行ったところ、良好な結果が得られたので報告する。

実験方法

1. 分析対象農薬

分析対象農薬は 221 項目とした。各農薬及びプリカーサーイオン、プロダクトイオンは表 1 のとおり。

2. 試薬等

2.1 標準品

単体の標準品は、関東化学製、林純薬製、富士フィルム和光純薬製、Chem Service 製、Dr.Ehrenstorfer GmbH 製及び Sigma-Aldrich 製、市販の混合標準溶液は、林純薬製を用いた。

2.2 混合標準溶液

単体の標準品はそれぞれ秤量し、アセトン等に溶解した(以下「個別標準溶液」という。)。混合標準溶液は、各農薬の濃度が 400 ng/mL となるように、個別標準溶液と市販の混合標準溶液を混合して作成した。

2.3 その他

メタノール(HPLC 用、以下「MeOH」という。)、アセトニトリル(HPLC 用、以下「ACN」という。)、ギ酸(LC/MS 用)、酢酸アンモニウム(試薬特級)：富士フィルム和光純薬製

3. 試料

試料は対象農薬が残留していないことを確認した畜水産物(牛肉、豚肉、ぶり、鶏卵及びはちみつ)を用いた。牛肉及び豚肉は筋肉部位、ぶりは頭部、内臓、骨、皮を除いた魚肉のみ、鶏卵は卵黄と卵白を混合したものを用い、フードプロセッサーで細切均一化後、-20℃で冷凍保存し、分析開始時に用事解凍した。はちみつは百花蜜を用い、分析開始時に約 40℃で加温し、よく混和したものを用いた。

*1 現県立こころの医療センター *2 現天草広域本部天草地域振興局保健福祉環境部 *3 現食肉衛生検査所

表1 分析対象農薬

No.	Compound	Retention				Quantitation				Confirmation				
		line (min)	Ionization (m/z)	Collision Energy (V)	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Cone Voltage (V)	Collision Energy (V)	Precursor ion (m/z)	Production (m/z)	Cone Voltage (V)	Collision Energy (V)	Precursor ion (m/z)	Production (m/z)
1	1-ナフチル酢酸	9.4	ESI (-)	22	185	22	0	185	127	22	12	12	12	25
2	4-D	11.7	ESI (-)	15	219	20	15	219	125	20	15	14	14	31
3	4-クロロフェノキシ酢酸	9.4	ESI (+)	12	185	9	12	185	127	9	12	14	12	30
4	アバメクチンB1a	21.3	ESI (+)	30	891	30	27	891	305	30	27	8	20	20
5	アセフェート	1.6	ESI (+)	16	184	10	16	184	125	10	16	20	25	31
6	アセキシル	25.4	ESI (+)	15	357	20	15	357	203	20	15	20	31	31
7	アセトメチル	5.8	ESI (+)	22	223	22	14	223	56	22	14	20	388	165
8	アベンゾチラル-S-メチル	12.6	ESI (+)	28	211	26	18	211	91	26	18	26	203	113
9	アベンゾチラル	15.0	ESI (-)	12	360	12	8	360	195	12	8	26	233	72
10	アラニカルブ	15.7	ESI (+)	8	400	20	34	400	91	20	34	36	873	64
11	アルジカルブ	7.5	ESI (+)	6	208	9	14	208	89	9	14	21	330	101
12	アルドキシカルブ	24.0	ESI (+)	4	240	86	4	240	86	40	15	15	411	168
13	アミスルプロム	17.8	ESI (+)	18	468	18	52	468	226	22	52	10	226	107
14	アミホス	15.8	ESI (+)	4	368	199	4	368	125	4	33	74	397	255
15	アザメチホス	9.0	ESI (+)	14	325	183	4	325	112	4	36	14	399	218
16	アジメスルプロン	11.7	ESI (+)	16	425	156	4	425	156	4	34	16	239	138
17	アジメスルメチル	12.3	ESI (+)	318	318	4	15	318	77	4	38	32	340	59
18	アジメスチロゲン	13.2	ESI (+)	4	404	372	4	404	344	4	24	63	360	57
19	ベンダイオカルブ	9.4	ESI (+)	224	167	22	7	224	109	22	16	13	312	92
20	ベニミル	12.6	ESI (+)	291	249	2	28	291	72	2	16	23	302	55
21	ベンズルプロンメチル	14.3	ESI (+)	411	182	4	18	411	149	4	20	8	208	95
22	ベンチアザリカルブアインプロピル	13.9	ESI (+)	382	180	15	31	382	116	15	22	17	362	121
23	ベンゾピシロン	17.1	ESI (+)	447	257	54	23	447	229	54	35	10	302	88
24	ベンゾフェナゾブ	14.7	ESI (+)	431	119	12	20	431	105	12	34	16	422	138
25	ボスカリド	13.5	ESI (+)	343	307	23	19	343	140	23	19	16	422	138
26	ブロモキシニル	10.5	ESI (-)	276	81	4	25	276	79	4	26	12	350	83
27	ブチフェニル	14.5	ESI (+)	492	331	30	22	492	180	30	43	20	255	91
28	カルベリル	10.1	ESI (+)	192	145	23	9	192	127	23	26	4	20	255
29	カルベシメチル	2.8	ESI (+)	192	192	26	8	192	160	34	16	16	408	139
30	カルボフエン	9.5	ESI (+)	222	165	4	11	222	123	4	20	30	230	203
31	カルボキサリド	15.7	ESI (+)	334	139	23	18	334	103	23	4	28	192	98
32	クロラントラニリプロール	12.5	ESI (+)	484	286	12	12	484	112	12	68	42	180	148
33	クロロフルアズロン	5.6	ESI (+)	540	383	55	19	540	158	55	18	21	360	82
34	クロロフルアズロン	22.0	ESI (+)	222	104	55	22	222	52	55	30	32	328	91
35	クロリムロンメチル	13.7	ESI (+)	415	186	4	17	415	83	4	47	19	463	398
36	クロロクソロン	14.3	ESI (+)	291	164	2	16	291	72	2	19	50	681	254
37	クロルメチル	10.5	ESI (+)	358	167	4	16	358	141	4	17	16	247	126
38	クロロフェノシメチル	14.5	ESI (+)	395	339	4	6	395	175	4	13	40	364	152
39	エタメトスルプロンメチル	9.0	ESI (+)	414	183	4	14	414	83	4	42	20	489	141
40	クロラホツ酸	13.9	ESI (+)	312	266	32	15	312	91	32	25	10	326	109
41	クロロフェノシメチル	10.3	ESI (+)	279	261	17	13	279	166	17	28	34	330	259
42	クロロフェノシメチル	10.3	ESI (+)	303	138	9	14	303	102	9	36	6	253	195
43	クロロフェノシメチル	18.4	ESI (+)	324	203	23	15	324	120	23	21	19	437	286
44	クロロフェノシメチル	18.5	ESI (+)	336	238	4	15	336	192	4	28	10	453	83
45	クロロフェノシメチル	10.4	ESI (+)	430	398	8	13	430	153	8	44	16	248	93
46	クロロフェノシメチル	4.9	ESI (+)	250	169	12	12	250	132	12	14	16	334	290
47	クロロフェノシメチル	14.1	ESI (+)	303	125	8	32	303	119	8	20	11	383	195
48	シクロフェノシメチル	14.9	ESI (+)	327	108	22	14	327	108	22	14	35	239	195
49	シクロフェノシメチル	15.1	ESI (-)	272	228	28	15	272	160	28	20	2	435	83
50	シクロフェノシメチル	16.7	ESI (+)	216	154	30	10	216	83	30	14	32	362	91
51	シクロフェノシメチル	21.4	ESI (+)	499	363	10	8	499	181	10	36	18	461	141
52	シクロフェノシメチル	14.4	ESI (+)	422	261	4	15	422	218	4	26	2	353	228
53	シクロフェノシメチル	21.1	ESI (+)	394	310	64	24	394	254	64	32	14	100	54
54	シクロフェノシメチル	16.6	ESI (+)	413	295	4	14	413	241	4	22	16	297	255
55	シクロフェノシメチル	18.2	ESI (+)	465	249	32	12	465	173	32	24	2	312	86
56	シクロフェノシメチル	6.2	ESI (+)	199	128	15	10	199	111	15	10	22	413	153
57	シクロフェノシメチル	12.4	ESI (+)	226	108	2	25	226	93	2	34	2	305	201
58	ダイメチル	13.8	ESI (+)	269	151	5	20	269	91	5	38	14	256	175
59	ダイメチル	17.2	ESI (+)	272	86	20	14	272	86	20	14	12	341	175
60	ジクロロプロピル	13.4	ESI (-)	233	161	30	10	233	125	30	26	4	528	150

表1 分析対象農薬(続き)

No.	Compound	Retention			Quantitation			Confirmation			Retention			Quantitation			Confirmation						
		time (min)	Ionization	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Cone Voltage (V)	Collision Energy (eV)	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Cone Voltage (V)	Collision Energy (eV)	time (min)	Ionization	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Cone Voltage (V)	Collision Energy (eV)	time (min)	Ionization	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Cone Voltage (V)	Collision Energy (eV)
121	ネブチメチル	17.5	ESI (+)	508	167	31	25	508	141	31	25	17.5	ESI (+)	218	105	45	18	218	79	45	38	28	
122	アイオキシニル	12.0	ESI (-)	370	243	2	32	370	127	2	32	11.4	ESI (+)	315	241	24	30	315	169	24	4	24	
123	イプロバカルブ	14.4	ESI (+)	321	203	4	8	321	119	4	8	16.3	ESI (+)	388	194	6	12	388	163	6	24	33	
124	イソキサフルトール	11.8	ESI (+)	360	251	36	15	360	220	36	15	16.7	ESI (+)	439	173	4	18	439	91	20	33	33	
125	ラクトフェン	18.9	ESI (+)	479	343	20	15	479	223	20	15	17.5	ESI (+)	415	182	4	19	415	139	4	44	44	
126	リニフェン	12.8	ESI (+)	249	182	15	14	249	160	15	14	22.0	ESI (+)	365	309	5	12	365	147	5	24	24	
127	リニフェン	19.6	ESI (+)	511	158	50	18	511	141	50	18	17.8	ESI (+)	492	183	20	15	492	164	20	28	28	
128	マンジプロバミド	12.1	ESI (+)	412	328	35	15	412	125	35	15	12.9	ESI (+)	465	423	34	20	465	107	34	28	28	
129	MCPA	15.1	ESI (-)	201	143	12	13	201	141	12	13	12.4	ESI (+)	423	107	14	22	423	92	14	26	26	
130	MCPA	13.8	ESI (-)	228	226	46	20	228	160	46	20	12.6	ESI (+)	319	179	13	29	319	139	13	29	29	
131	メブホップ	13.6	ESI (-)	215	143	10	18	215	141	10	18	9.6	ESI (+)	200	107	25	24	200	82	25	24	24	
132	メバニピリム	14.0	ESI (+)	224	106	15	25	224	77	15	25	17.9	ESI (+)	373	299	31	17	373	91	31	29	29	
133	メブホップ	0.8	ESI (+)	114	98	22	20	114	58	22	20	18.1	ESI (+)	328	282	38	10	328	178	34	18	18	
134	メソルプロンメチル	11.6	ESI (+)	504	182	4	21	504	139	4	21	27.2	ESI (+)	426	287	4	10	426	168	4	34	34	
135	メタアルチド	4.1	ESI (+)	199	67	16	12	199	62	16	12	14.7	ESI (+)	294	135	32	20	294	70	32	14	14	
136	メトキサゾール	16.3	ESI (+)	320	125	5	30	320	70	5	30	18.7	ESI (+)	733	142	4	29	733	98	4	60	60	
137	メタベンズチアズロン	9.4	ESI (+)	222	165	5	14	222	150	5	14	17.2	ESI (+)	747	142	4	29	747	98	4	65	65	
138	メタミドホス	1.3	ESI (+)	142	125	30	11	142	94	30	11	21.0	ESI (+)	411	313	35	10	411	71	35	15	15	
139	メチオカルブ	13.2	ESI (+)	226	169	23	9	226	121	23	9	20.1	ESI (+)	371	273	35	5	371	255	35	25	25	
140	メソミル	3.2	ESI (+)	163	106	4	9	163	88	4	9	13.2	ESI (+)	273	255	18	14	273	187	18	16	16	
141	メチルチオキサゾール	1.9	ESI (+)	106	88	22	8	106	58	22	8	13.2	ESI (+)	298	144	40	20	298	100	40	32	32	
142	メトキシエノジド	14.0	ESI (+)	369	313	5	10	369	149	5	10	10.2	ESI (+)	387	307	68	20	387	146	68	42	42	
143	メトキサゾール	10.1	ESI (+)	418	175	2	25	418	140	2	25	12.9	ESI (+)	471	261	4	16	471	211	4	12	12	
144	メトキサゾールメチル	9.7	ESI (+)	382	199	12	22	382	167	12	22	19.5	ESI (+)	308	125	30	40	308	70	30	24	24	
145	モノリニロン	10.1	ESI (+)	215	148	13	13	215	126	13	13	15.7	ESI (+)	308	125	30	40	308	70	30	24	24	
146	チアチアゾリド	15.1	ESI (+)	292	171	14	13	292	120	14	13	19.7	ESI (+)	229	172	4	16	229	116	4	26	26	
147	チアチアゾリド	9.8	ESI (+)	292	149	4	19	292	144	4	19	19.0	ESI (+)	381	158	50	18	381	141	50	36	36	
148	ニチンピラム	2.8	ESI (+)	271	189	30	14	271	126	30	14	15.4	ESI (+)	367	206	41	33	367	127	41	13	13	
149	ノバルス	18.2	ESI (+)	493	158	29	20	493	141	29	20	20.0	ESI (+)	202	175	4	23	202	131	4	31	31	
150	オリサクトロピンメチル	14.0	ESI (+)	392	205	6	14	392	116	6	14	6.8	ESI (+)	253	126	23	20	253	90	23	37	37	
151	オリサクトロピン	14.4	ESI (+)	392	205	36	12	392	116	36	12	3.5	ESI (+)	292	211	18	11	292	132	18	21	21	
152	オリサクトロピン	14.9	ESI (+)	347	305	10	14	347	288	10	14	9.3	ESI (+)	221	128	4	15	221	102	4	15	15	
153	オキシニル	2.7	ESI (+)	237	90	4	7	237	72	4	7	20.4	ESI (+)	388	205	2	25	388	167	2	15	15	
154	オキサジロメホス	18.1	ESI (+)	376	190	4	14	376	161	4	14	10.8	ESI (+)	355	108	4	14	355	88	4	15	15	
155	オキサジロメホス	6.5	ESI (+)	268	175	4	13	268	147	4	13	12.0	ESI (+)	371	282	16	10	371	151	16	20	20	
156	シノスルプロン	14.7	ESI (+)	294	125	10	35	294	70	10	35	9.3	ESI (+)	343	226	6	10	343	151	6	26	26	
157	ベンコサゾール	15.6	ESI (+)	284	159	15	25	284	70	15	25	14.0	ESI (+)	268	101	42	18	268	45	42	28	28	
158	ベンシクロン	18.1	ESI (+)	329	218	4	15	329	125	4	15	19.3	ESI (+)	330	284	4	12	330	138	4	20	20	
159	ベンチオキサゾリド	16.8	ESI (+)	360	276	30	21	360	177	30	21	21.0	ESI (+)	402	167	2	16	402	141	2	20	20	
160	ベンチオキサゾリド	15.9	ESI (+)	371	286	15	17	371	286	15	17	8.8	ESI (+)	259	109	26	20	259	221	18	10	10	
161	フェンメジプロム	12.5	ESI (+)	318	168	4	13	318	136	4	13	21.2	ESI (+)	256	108	12	10	256	196	16	10	10	
162	ピリミカルブ	5.8	ESI (+)	239	182	12	14	239	72	12	14	7.2	ESI (+)	190	163	51	19	190	136	51	25	25	
163	ピリミカルブ	14.1	ESI (+)	469	254	4	17	469	199	4	17	15.2	ESI (+)	298	130	6	24	298	98	6	28	28	
164	プロキサス	15.1	ESI (+)	376	308	17	10	376	70	17	10	11.7	ESI (+)	438	182	4	18	438	83	4	51	51	
165	プロピエノキサス	18.0	ESI (+)	373	303	40	16	373	128	40	16	16.6	ESI (+)	346	278	4	9	346	73	4	16	16	
166	プロピエノキサス	16.7	ESI (+)	255	237	2	12	255	135	2	12	21.7	ESI (+)	295	215	18	22	295	73	18	14	14	
167	プロバキホップ	1.8	ESI (+)	189	144	30	11	189	102	30	11	16.5	ESI (+)	359	156	4	16	359	139	4	33	33	
168	プロバキホップ	18.4	ESI (+)	444	100	4	18	444	56	4	18	13.7	ESI (+)	493	264	4	19	493	96	4	54	54	
169	プロピオキサス	15.9	ESI (+)	342	159	35	20	342	69	35	20	14.6	ESI (+)	318	125	12	33	318	70	12	16	16	
170	プロピオキサス	10.3	ESI (+)	399	199	42	15	399	116	42	15	5.8	ESI (+)	288	146	25	11	288	118	25	23	23	
171	プロスルプロン	13.4	ESI (+)	420	167	32	20	420	141	32	20												

4. 測定機器及び測定条件

LC 部	ACQUITY UPLC H-Class Plus (Waters 社製)
Analytical Column	ACQUITY UPLC BEH C18 (2.1×100 mm, 1.7 μm) (Waters社製)
Temperature	40°C
Mobile Phase	A : 0.1%ギ酸, 0.25mM 酢酸アンモニウム含有水 B : 0.1%ギ酸, 0.25mM 酢酸アンモニウム含有 MeOH
Gradient	表2参照
Injection Volume	2 μL
MS/MS 部	Xevo TQ-XS (Waters 社製)
Capillary Voltage	0.5 kV
Source Temperature	150°C
Desolvation Temperature	500°C
Cone Gas Flow	150 L/hr (N ₂)
Desolvation Gas Flow	1,000 L/hr (N ₂)
Collision Gas Flow	0.15 mL/min (Ar)
Ionization	ESI(positive 及び negative)
Acquisition Mode	MRM

表 2 グラジエント条件

Time (min)	A液 (%)	B液 (%)	Flow (mL/min)
0	85	15	0.3
13.5	30	70	0.3
28.5	5	95	0.3
28.6	0	100	0.4
35	0	100	0.4
35.1	85	15	0.3
45	85	15	0.3

5. 検量線の作成

夾雑物の影響を考慮するため、マトリックス検量線法を採用した。ブランク試料から調製した試験溶液に混合標準溶液を添加し、0.05~10 ng/mL の濃度のマトリックス添加標準溶液を調製した。これらの標準溶液を測定し、得られたクロマトグラムのピーク面積値を用いて検量線を作成した。

結果と考察

1. 前処理方法の検討

はちみつ以外の試料は、既報¹⁾より抽出溶媒に 65%ACN を用いて振とう抽出とした。

試料 5.00 g を採取し、65%ACN20mL を加え、1 分間ホモジナイズ (20,000 rpm) した。これを 10 分間振とう後、遠心 (3,000 rpm, 5 min) し、上清をガラスウールを詰めたロートでろ過し回収した。残渣に 65%ACN20mL を加えて再度振とうと遠心を繰り返し、先の上清と合わせて 65%ACN で 50 mL に定容したものを抽出液とした。

はちみつは、大木ら³⁾の報告を参考とした。試料 5.00

g を採取し、65%ACN20 mL を加え、これを 10 分間振とう後、遠心 (3,000 rpm, 5 min) した。遠心後、上層 (ACN 層) と下層 (はちみつ層) に分離するため、上層 (ACN 層) を分取し、ガラスウールを詰めたロートでろ過し回収した。再度、下層に 65%ACN20 mL を加えて、同様の操作を繰り返し先のものと同合わせた。その後、抽出溶媒と組成を合わせるため、回収した上層に水 14 mL を加えて 65%ACN で 50 mL に定容したものを抽出液とした。

抽出液 5 mL を採り、水 4 mL 及び MeOH 1 mL を添加し、混和した後、フィルターろ過 (0.2 μm) したものを試験溶液とした。詳細な分析フローを図 1 に示す。

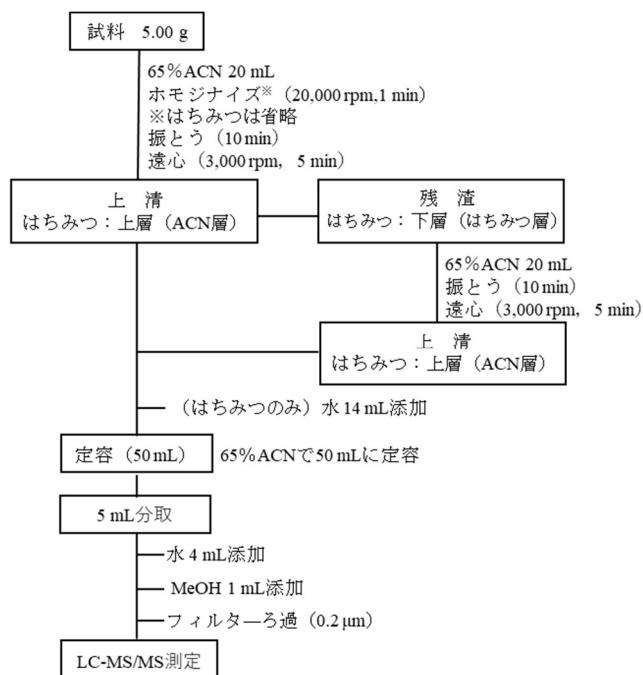


図 1 分析フロー

2. 妥当性評価試験

本法の妥当性を評価するために、ブランク試料を用いて、ガイドライン²⁾に基づいた妥当性評価試験を実施した。分析者 3 名による 2 併行 2 日間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。

検量線の作成で用いたマトリックス添加標準溶液を用いて定量限界濃度の推定を行った。

添加回収試験の濃度は 1 濃度とし、添加量は試料 5.00 g に対して 400 ng/mL の混合標準溶液を 0.5 mL 添加 (試料中濃度 0.04 mg/kg) した。添加試料は、30 分間室温に静置後、試験を開始した。

2.1 真度及び精度

評価試験の結果を表 3 に示す。ガイドラインの目標値 (0.01 μg/g ≤ 添加濃度 < 0.1 μg/g のとき: 真度 70~120%,

併行精度<15%, 室内精度<20%) を満たす項目数は, 牛肉 197 項目 (全分析項目数に対する割合: 89%, 以下同様), 豚肉 200 項目 (91%), ぶり 202 項目 (91%), 鶏卵 191 項目 (88%), はちみつ 189 項目 (86%) であった。

目標を達成できなかった項目のうち, 真度不良により達成できなかった項目 (LOQ を設定できなかった項目は除く) は, 牛肉 12 項目, 豚肉 9 項目, ぶり 10 項目, 鶏卵 23 項目, はちみつ 4 項目となった。他の畜水産物と比較し, 鶏卵で真度不良の項目数が多かった。真度不良の 23 項目の多くは, 脂溶性が高く, 保持時間が長いいため, 鶏卵中に含有するリン脂質やコレステロール等の脂質成分のマトリックス効果により, 異常回収率が発生したと考えられる。また, 精度不良により達成できなかった項目数は, 牛肉 4 項目, 豚肉 3 項目, ぶり 2 項目, 鶏卵 1 項目, はちみつ 24 項目であった。はちみつでは, 他の畜水産物と比較し, 精度不良により適合しない項目が圧倒的に多く, その要因としては上層を分取する際の分析者の手技による影響が大きいと考えられる。

2.2 定量限界濃度

得られたクロマトグラムの S/N 比が 10 以上となる定量値のうち最も低い定量値を定量限界濃度 (以下「LOQ」という。) とし, 表 3 に示した。

アバメクチン B1a, アルジカルブ及び MCPA の 3 項目については全ての畜水産物検体で, 感度が非常に悪く良好なクロマトグラムが得られなかった。その他の項目では, 一部の畜水産物で夾雑項目の影響により感度減少及びピーク形状不良により LOQ を設定できなかった項目や LOQ が一律基準濃度 (0.01 mg/kg) を上回った項目もあったが, 試料換算で概ね 0.001~0.01 mg/kg であった。

ま と め

当所で開発した農産物の溶媒抽出-LC-MS/MS 法を基に, LC-MS/MS を用いた畜水産物中の残留農薬一斉分析法を検討した。本法について, 5 種類の畜水産物で妥当性評価試験を実施したところ, 分析対象農薬 221 項目のうち 189~202 項目でガイドラインに示す真度及び精度の目標値に適合していることを確認した。

本法は, 試料を 65%ACN で振とう抽出後, 濃縮及び精製操作を省略し, 抽出液をそのまま分析する簡易な試験法で迅速性に優れ, 一斉に約 200 項目の農薬をスクリーニング検査できることから, 非常に有用な分析法であると考えられる。

文 献

- 1) 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, 35, 51-56 (2005) .
- 2) 「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) .
- 3) 大木翔平, 小林 浩: 山梨県衛生環境研究所年報, 59, 40-43 (2015) .

表3 妥当性評価試験結果

No.	化合物名	牛肉					豚肉					ぶり				
		LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定	LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定	LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定
				併行	室内				(RSD%)	併行				室内	(RSD%)	
1	1-ナフチル酢酸	0.005	90.2	9.3	9.3	○	0.01	91.1	10.9	10.9	○	0.01	84.3	10.8	10.8	○
2	2, 4-D	0.01	91.9	10.6	10.6	○	0.005	90.6	11.3	11.3	○	0.005	86.1	6.9	6.9	○
3	4-クロロフェノキシ酢酸	0.01	90.2	11.6	11.6	○	0.01	86.3	8.7	9.7	○	0.005	82.7	6.6	6.6	○
4	アバメクチンB1a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	アセフェート	0.001	90.8	1.7	3.3	○	0.001	91.9	1.2	4.3	○	0.001	93.8	0.9	1.9	○
6	アセキノシル	0.001	67.2	1.1	19.9	-	0.001	77.5	1.5	4.7	○	0.001	51.7	7.6	9.1	-
7	アセタミプリド	0.001	94.9	1.2	1.9	○	0.001	95.3	0.9	1.6	○	0.001	95.9	1.1	1.7	○
8	アシベンゾラル-S-メチル	0.001	90.7	2.1	2.1	○	0.001	90.8	4.4	4.4	○	0.005	89.5	2.1	2.8	○
9	アシフルオルフェン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	アラニカルブ	0.01	73.9	7.7	14.4	○	0.01	53.8	8.3	24.6	-	0.01	83.1	14.0	14.0	○
11	アルジカルブ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	アルドキシカルブ	0.001	95.4	1.4	1.6	○	0.001	95.4	1.0	1.1	○	0.001	95.3	0.5	1.1	○
13	アミスルブロム	0.01	96.1	9.3	9.6	○	0.01	90.4	7.5	7.5	○	0.01	86.8	7.8	7.8	○
14	アニコホス	0.001	91.9	2.0	2.0	○	0.001	93.2	2.0	2.3	○	0.001	94.6	2.0	2.0	○
15	アザメチホス	0.001	58.7	6.6	15.0	-	0.001	36.7	9.1	67.5	-	0.001	72.4	7.4	14.7	-
16	アジムスルフロ	0.001	93.6	4.6	4.7	○	0.001	93.6	1.2	3.4	○	0.001	90.3	1.5	3.2	○
17	アジンホスメチル	0.005	94.3	4.8	6.9	○	0.005	94.5	5.5	6.8	○	0.01	95.4	10.5	10.5	○
18	アゾキシストロビン	0.001	93.6	2.3	3.0	○	0.001	95.0	1.4	4.1	○	0.001	95.4	2.0	2.2	○
19	ベンダイオカルブ	0.001	94.3	1.7	1.7	○	0.001	95.7	0.8	2.5	○	0.001	96.3	0.8	1.2	○
20	ベノミル	0.001	92.7	2.2	2.2	○	0.001	93.9	0.8	2.4	○	0.001	95.7	2.3	2.3	○
21	ベンスルフロメチル	0.001	92.2	3.0	3.0	○	0.001	94.0	1.7	2.5	○	0.001	95.5	2.7	2.7	○
22	ベンチアパリカルブイソプロピル	0.001	94.0	2.7	3.4	○	0.001	93.7	1.5	2.6	○	0.001	95.0	1.5	2.1	○
23	ベンゾビスクロ	0.001	82.6	2.9	9.0	-	0.005	75.1	2.5	2.8	○	0.001	87.6	1.9	5.0	○
24	ベンゾフェナップ	0.001	91.8	1.9	1.9	○	0.001	92.7	1.4	1.8	○	0.001	91.1	1.1	1.2	○
25	ボスカリド	0.001	93.1	3.1	3.5	○	0.001	93.1	2.5	2.6	○	0.001	92.4	3.0	3.0	○
26	プロモキシニル	0.005	89.0	3.2	4.2	○	0.005	90.3	4.4	4.4	○	0.001	87.4	4.5	4.6	○
27	プタフェナシル	0.001	95.7	1.4	2.7	○	0.001	94.6	2.2	2.2	○	0.001	95.1	1.5	2.0	○
28	カルバリル	0.001	94.2	1.9	1.9	○	0.001	94.1	1.7	1.7	○	0.001	96.2	0.7	0.8	○
29	カルベンダジム	0.001	94.3	0.9	1.2	○	0.001	94.0	0.6	1.0	○	0.001	92.8	1.1	2.6	○
30	カルボフラン	0.001	127.7	1.7	8.6	-	0.001	137.5	0.9	1.3	-	0.001	124.6	1.7	2.7	-
31	カルプロバミド	0.001	92.7	2.5	2.5	○	0.001	94.7	2.0	2.8	○	0.001	94.3	1.1	1.2	○
32	クロラントラニプロール	0.005	96.2	2.3	2.3	○	0.001	94.7	2.3	2.6	○	0.001	95.3	1.6	2.1	○
33	クロルフルアズロン	0.001	91.4	2.8	3.4	○	0.001	93.4	0.7	1.6	○	0.001	95.4	1.1	1.5	○
34	クロリダゾン	0.005	88.6	1.4	5.3	○	0.005	93.2	2.8	2.8	○	0.005	84.8	2.9	4.1	○
35	クロリムロンエチル	0.001	92.1	4.2	4.8	○	0.005	91.7	1.4	3.7	○	0.001	90.0	3.0	3.4	○
36	クロロクソン	0.001	92.5	2.6	2.6	○	0.001	94.4	1.3	2.5	○	0.001	94.1	1.7	1.7	○
37	クロルスルフロ	0.005	90.9	2.6	2.7	○	0.005	91.5	2.3	2.5	○	0.005	90.8	2.0	2.2	○
38	クロマフェノジド	0.001	94.5	2.9	4.9	○	0.001	94.7	2.3	5.0	○	0.001	96.7	2.9	4.0	○
39	エタメトスルフロメチル	0.001	91.5	2.5	2.5	○	0.001	92.8	0.9	2.6	○	0.001	94.7	1.5	1.5	○
40	クロジナホップ酸	0.005	94.6	3.8	4.0	○	0.005	94.6	4.2	4.2	○	0.01	90.1	4.5	4.7	○
41	クロフェンセット	0.005	91.3	3.0	3.2	○	0.001	91.0	2.8	2.8	○	0.005	89.2	4.3	4.3	○
42	クロフェンテジン	0.001	86.5	2.0	3.8	○	0.001	90.4	1.5	2.9	○	0.001	85.2	1.9	2.0	○
43	クロメブロップ	0.001	88.0	1.3	3.9	○	0.001	91.3	1.0	1.3	○	0.001	84.2	1.7	1.7	○
44	クロキントセットメキシル	0.001	89.1	1.3	1.3	○	0.001	84.5	1.2	6.6	○	0.001	86.4	1.6	1.8	○
45	クロランスラムメチル	0.005	95.2	10.7	10.7	○	0.005	93.6	3.7	5.4	○	0.005	96.6	5.3	10.9	○
46	クロチアニジン	0.001	94.0	1.5	1.5	○	0.001	94.3	0.9	0.9	○	0.001	94.4	1.1	1.3	○
47	クミルロン	0.001	94.1	1.6	3.2	○	0.001	93.8	1.2	2.6	○	0.005	94.5	1.3	1.5	○
48	シアゾファミド	0.001	92.4	1.6	1.6	○	0.001	93.2	0.8	1.7	○	0.001	96.1	1.8	1.8	○
49	シクラニリド	0.005	93.8	4.0	4.2	○	0.001	91.6	2.8	2.8	○	0.001	105.8	6.6	6.6	○
50	シクロエート	0.001	88.6	1.5	4.6	○	0.001	90.5	1.4	2.4	○	0.001	88.3	6.2	6.7	○
51	シクロプロトリン	-	-	-	-	-	0.02	90.9	8.7	8.7	-	0.01	71.6	23.9	28.0	-
52	シクロスルファミロン	0.001	92.5	1.4	4.0	○	0.005	92.1	1.6	3.7	○	0.001	92.7	1.6	2.1	○
53	シエノピラフェン	0.001	83.5	1.6	2.8	○	0.001	84.0	1.2	3.3	○	0.001	84.9	1.4	1.6	○
54	シフルフェナミド	0.001	93.7	1.4	2.0	○	0.001	93.3	1.5	1.5	○	0.001	94.2	1.7	2.3	○
55	シフルメトフェン	0.001	80.1	2.2	9.7	○	0.001	72.3	2.7	2.7	○	0.001	84.5	1.8	2.5	○
56	シモキサニル	0.001	94.1	1.2	1.3	○	0.001	91.9	1.4	2.6	○	0.001	93.7	0.6	1.1	○
57	シプロジニル	0.001	89.1	2.9	5.1	○	0.001	92.3	1.9	2.0	○	0.001	79.8	2.6	4.3	○
58	ダイムロン	0.001	93.2	1.7	2.0	○	0.001	94.0	0.9	1.9	○	0.001	95.0	0.9	0.9	○
59	ダイアラート	0.005	88.4	1.3	3.2	○	0.01	91.3	1.5	1.5	○	0.01	82.2	2.0	2.3	○
60	ジクロルブロップ	0.005	94.5	16.7	17.5	-	-	-	-	-	-	0.02	88.6	18.2	18.2	-
61	ジクロスラム	0.005	90.7	2.8	2.8	○	0.001	91.6	1.5	2.1	○	0.001	92.1	1.7	2.2	○
62	ジフルベンズロン	0.001	92.6	1.6	1.6	○	0.001	93.9	2.1	2.1	○	0.001	91.4	1.8	2.0	○
63	ジメチリモール	0.001	93.6	0.8	1.7	○	0.001	93.4	0.9	1.4	○	0.001	93.8	2.0	2.1	○
64	ジメトエート	0.001	94.3	1.4	1.6	○	0.001	94.2	0.7	1.1	○	0.001	95.5	0.9	0.9	○
65	ジメトモルフE	0.005	93.0	3.8	4.2	○	0.001	93.0	1.8	3.4	○	0.001	94.9	2.4	3.1	○
66	ジメトモルフZ	0.001	94.9	4.6	4.6	○	0.001	94.9	2.9	3.5	○	0.001	94.3	1.3	3.4	○
67	ジノテフラン	0.001	95.6	1.3	1.3	○	0.001	95.3	0.7	0.7	○	0.001	94.9	0.7	1.2	○
68	ジウロン	0.001	93.8	1.4	1.5	○	0.001	95.0	0.9	1.1	○	0.001	91.6	2.0	2.4	○
69	エマメクチン安息香酸塩B1a	0.001	93.0	1.7	3.1	○	0.001	91.5	1.6	1.6	○	0.001	92.3	2.3	3.4	○
70	エマメクチン安息香酸塩B1b	0.01	91.5	2.8	5.3	○	0.01	88.4	3.5	6.0	○	0.02	95.4	9.3	12.7	○
71	エボキシコナゾール	0.001	93.6	3.0	3.3	○	0.001	93.5	1.7	1.7	○	0.001	94.0	2.3	2.9	○
72	エタメツルフロメチル	0.001	92.4	0.9	2.6	○	0.001	92.0	0.5	2.1	○	0.001	93.2	0.9	1.2	○
73	エチオフェンカルブ	0.001	93.7	2.0	2.0	○	0.001	94.1	2.1	2.1	○	0.001	94.4	2.2	2.2	○
74	エチプロール	0.001	91.5	2.2	2.5	○	0.001	93.4	1.5	1.5	○	0.001	95.9	1.2	2.8	○
75	エトキシスルフロ	0.005	90.7	1.7	1.9	○	0.005	92.1	1.8	2.5	○	0.001	91.0	1.3	1.9	○
76	エチクロゼート	0.001	92.9	2.5	2.5	○	0.001	92.5	1.1	1.8	○	0.001	93.0	1.7	1.9	○
77	エトベンザニド	0.001	90.3	3.0	3.5	○	0.001	92.3	1.9	2.4	○	0.001	89.9	1.1	1.7	○
78	エトキサゾール	0.001	89.6	1.4	2.9	○	0.001	91.9	0.8	0.9	○	0.001	82.3	2.1	2.1	○
79	フェンアミド	0.001	92.3	1.5	1.5	○	0.001	92.6	1.2	1.4	○	0.001	93.7	1.1	1.8	○
80	フェンヘキサミド	0.005	93.5	4.2	4.2	○	0.005	93.6	1.9	2.0	○	0.005	92.6	1.9	2.8	○

- : LOQを設定できなかった成分又は回収率が非常に悪い項目
網掛けはガイドラインの目標値を満たさない項目

表 3 妥当性評価試験結果 (続き)

No.	化合物名	牛肉					豚肉					ぶり				
		LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定	LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定	LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定
				併行	室内				(RSD%)	併行				室内	(RSD%)	
81	フェノブカルブ	0.001	94.6	1.7	1.8	○	0.005	95.2	1.1	1.2	○	0.005	96.2	0.8	1.0	○
82	フェノキサプロップエチル	0.001	91.2	1.6	2.2	○	0.001	90.2	1.0	1.1	○	0.001	88.8	1.3	1.3	○
83	フェノキシカルブ	0.001	94.3	1.9	2.2	○	0.001	93.3	1.1	1.2	○	0.001	94.1	1.4	1.7	○
84	フェンピロキシメート (E体)	0.001	89.4	1.5	4.2	○	0.001	93.0	0.9	0.9	○	0.001	84.5	1.0	1.2	○
85	フェンピロキシメート (Z体)	0.001	93.2	1.5	1.5	○	0.001	94.1	1.0	1.4	○	0.001	90.5	1.2	1.5	○
86	フェントラザミド	0.005	94.2	5.0	5.0	○	0.005	96.8	4.9	5.4	○	0.005	100.0	5.7	7.4	○
87	フェリムゾンE体	0.001	91.8	1.8	1.8	○	0.001	92.7	1.5	1.8	○	0.001	92.2	1.8	2.4	○
88	フェリムゾンZ体	0.001	92.9	2.5	2.5	○	0.001	94.0	1.1	2.3	○	0.001	93.8	1.5	1.6	○
89	フラザスルフロソ	0.005	91.9	2.1	3.5	○	0.005	92.4	1.8	3.7	○	0.001	93.0	1.8	2.5	○
90	フロニカミド	0.001	95.1	1.5	2.3	○	0.005	94.7	1.5	1.5	○	0.001	95.6	2.1	3.2	○
91	フロニカミドTFNA体	0.02	84.3	15.0	17.2	○	-	-	-	-	-	0.02	91.0	14.1	14.4	○
92	フロニカミドTFNG体	0.005	92.9	2.7	3.5	○	0.005	92.2	2.4	3.5	○	0.005	91.2	5.1	5.1	○
93	フロラスラム	0.001	91.4	1.3	1.3	○	0.001	91.8	0.7	1.3	○	0.001	91.2	0.6	1.0	○
94	フルアジホップ	0.005	93.1	2.3	3.7	○	0.005	92.8	2.8	4.2	○	0.005	91.8	1.7	3.9	○
95	フルアジナム	0.005	55.8	7.6	48.8	○	0.005	25.3	16.6	33.8	○	0.001	77.4	3.2	3.8	○
96	フルベンジアミド	0.001	100.0	3.3	4.2	○	0.001	96.0	2.8	2.8	○	0.001	99.2	3.0	4.4	○
97	フルジオキソニル	0.005	91.6	3.9	4.7	○	0.005	90.7	3.9	4.3	○	0.005	95.1	7.2	7.2	○
98	フルフェナセツト	0.001	93.3	1.4	2.6	○	0.001	93.0	1.1	2.4	○	0.001	94.1	1.1	1.9	○
99	フルフェノクスロン	0.001	90.1	2.7	4.9	○	0.001	90.9	1.3	3.5	○	0.001	86.3	3.1	4.1	○
100	フルメツラム	0.001	91.6	1.3	1.8	○	0.001	91.7	0.8	1.7	○	0.001	91.9	1.2	1.5	○
101	フルリドン	0.001	93.4	3.5	3.5	○	0.001	93.7	1.7	2.1	○	0.001	95.2	2.1	2.1	○
102	フルロキシビル	0.02	78.6	15.1	19.1	○	0.02	74.7	17.5	18.2	○	0.08	84.6	8.7	12.1	○
103	ホメサフェン	0.005	91.1	5.5	8.8	○	0.005	93.5	7.5	11.7	○	0.01	91.6	14.3	16.5	○
104	ホラムスルフロソ	0.005	92.6	1.3	3.5	○	0.005	91.8	2.1	3.0	○	0.001	94.4	1.7	2.2	○
105	ホルクロルフェニユロン	0.001	91.7	1.4	1.7	○	0.001	92.3	1.7	1.7	○	0.001	90.4	1.4	2.2	○
106	フラメトビル	0.001	94.2	1.9	2.2	○	0.001	94.5	1.3	1.8	○	0.001	95.6	0.7	1.1	○
107	フラチオカルブ	0.001	31.2	9.9	74.3	○	0.001	9.5	31.4	33.4	○	0.001	43.4	9.9	14.9	○
108	ジベレリン	0.01	98.7	7.1	7.1	○	0.02	98.3	8.8	8.8	○	0.01	86.6	9.9	14.5	○
109	ハロスルフロソメチル	0.001	91.6	6.1	6.1	○	0.001	90.6	1.9	2.2	○	0.005	87.8	3.0	3.6	○
110	ハロキシホップ	0.005	89.8	2.7	3.6	○	0.005	91.1	0.8	1.0	○	0.005	90.1	1.5	1.6	○
111	ヘキサフルムロン	0.005	95.1	4.4	4.4	○	0.01	93.9	4.4	4.6	○	0.01	90.2	4.1	4.1	○
112	ヘキシチアゾクス	0.001	86.9	1.4	6.3	○	0.001	91.4	0.8	0.8	○	0.001	77.2	1.1	1.1	○
113	ヒメキサゾール	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-
114	イマザリル	0.001	93.2	4.3	4.3	○	0.001	92.5	2.0	2.5	○	0.001	92.6	2.3	2.3	○
115	イマザキン	0.001	91.0	2.4	2.4	○	0.005	91.3	1.5	1.8	○	0.001	92.3	1.5	2.2	○
116	イマゾスルフロソ	0.005	90.1	3.6	3.6	○	0.005	92.2	4.4	4.8	○	0.005	93.1	2.3	2.3	○
117	イミシアホス	0.001	93.4	1.6	2.0	○	0.001	92.5	0.9	0.9	○	0.001	96.4	1.1	2.9	○
118	イミダクロプリド	0.001	94.8	1.4	1.4	○	0.001	94.8	0.7	0.9	○	0.001	95.5	0.9	0.9	○
119	インダノファン	0.001	92.3	2.8	2.9	○	0.001	93.7	2.7	3.6	○	0.005	91.9	2.6	2.8	○
120	インドキサカルブ	0.001	89.5	2.4	2.4	○	0.005	90.9	2.3	3.7	○	0.001	90.3	2.4	2.9	○
121	ヨドスルフロソトリウム	0.005	92.1	2.8	2.8	○	0.005	93.6	2.2	2.2	○	0.005	92.6	1.8	3.2	○
122	アイオキシニル	0.001	84.0	2.8	2.8	○	0.001	88.0	2.4	5.5	○	0.001	80.9	3.4	4.5	○
123	イプロバリカルブ	0.001	94.0	1.3	2.1	○	0.001	93.8	1.6	2.0	○	0.001	94.5	0.5	1.4	○
124	イソキサフルトール	0.001	9.4	29.5	75.6	○	0.001	11.9	17.5	82.4	○	0.001	80.9	2.0	7.5	○
125	ラクトフェン	0.005	91.0	1.5	2.6	○	0.001	91.3	0.9	2.2	○	0.001	88.9	0.9	1.2	○
126	リニユロン	0.001	95.0	2.6	2.6	○	0.001	95.1	1.5	1.7	○	0.001	95.8	2.2	2.2	○
127	ルフェスロン	0.005	90.9	4.5	4.9	○	0.005	93.2	2.4	2.5	○	0.001	89.1	2.3	2.3	○
128	マンジプロバミド	0.01	89.2	5.8	6.4	○	0.005	86.8	3.7	5.4	○	0.01	87.9	5.7	9.1	○
129	MCPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
130	MCPB	0.02	88.9	21.3	33.9	○	0.005	83.0	9.1	22.0	○	0.01	67.6	17.6	33.1	○
131	メコブロップ	0.01	85.2	10.0	10.0	○	0.005	89.2	10.8	10.8	○	0.005	92.9	14.5	17.4	○
132	メバニピリム	0.001	91.4	2.3	2.3	○	0.001	91.9	1.0	1.0	○	0.001	88.2	1.2	2.0	○
133	メビコート	-	-	-	-	-	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-
134	メソスルフロソメチル	0.001	92.5	2.3	2.4	○	0.001	92.9	1.2	2.2	○	0.001	89.2	4.0	4.0	○
135	メタアルデヒド	0.005	96.1	3.5	3.5	○	0.005	94.7	1.9	3.9	○	0.01	96.2	7.3	7.7	○
136	メトコナゾール	0.001	94.6	2.3	2.3	○	0.001	94.6	0.8	1.4	○	0.001	93.5	0.8	1.1	○
137	メタベンズチアズロン	0.001	128.0	2.4	9.0	○	0.001	137.1	1.2	1.7	○	0.001	124.7	2.3	2.6	○
138	メタミドホス	0.001	92.7	0.9	1.5	○	0.001	93.0	0.6	1.6	○	0.001	93.5	0.8	1.2	○
139	メチオカルブ	0.001	94.3	1.0	1.0	○	0.001	95.1	1.3	1.4	○	0.001	95.0	0.5	0.9	○
140	メソミル	0.001	150.1	1.9	4.4	○	0.001	134.2	1.1	8.7	○	0.001	168.2	0.5	1.5	○
141	チロキシル酸メチル=メチルチロキシル	0.01	95.7	4.0	4.9	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
142	メトキシフェノジド	0.005	93.7	3.1	3.1	○	0.001	95.2	3.3	3.4	○	0.001	97.4	5.4	5.7	○
143	メトスラム	0.001	90.7	2.3	2.4	○	0.001	91.7	1.5	2.9	○	0.001	92.8	1.7	1.8	○
144	メトスルフロソメチル	0.001	91.3	2.7	2.7	○	0.001	93.4	2.1	3.4	○	0.001	92.2	1.8	2.0	○
145	モノリニユロン	0.001	94.3	1.5	1.9	○	0.001	94.3	0.9	0.9	○	0.001	94.4	0.7	1.3	○
146	ナブプロアニリド	0.001	93.0	1.5	2.2	○	0.001	94.2	1.5	1.5	○	0.005	94.6	2.0	2.5	○
147	ナブタラム	0.005	86.3	1.8	2.4	○	0.005	88.6	1.5	1.5	○	0.005	82.7	2.5	2.5	○
148	ニチンピラム	0.001	94.8	1.1	1.7	○	0.001	94.2	0.7	1.0	○	0.005	94.8	1.1	1.1	○
149	ノバルロン	0.001	93.3	3.2	3.2	○	0.001	92.9	3.1	3.1	○	0.001	92.0	2.3	2.3	○
150	オリサストロピン代謝物	0.001	93.8	2.4	2.5	○	0.001	94.9	1.3	3.1	○	0.001	95.4	0.7	1.0	○
151	オリサストロピン	0.001	91.9	2.1	2.6	○	0.001	92.7	0.8	2.5	○	0.001	95.1	1.0	1.2	○
152	オリザリン	0.01	92.8	4.0	4.0	○	0.01	92.2	4.0	4.6	○	0.01	94.4	9.1	9.1	○
153	オキサミル	0.001	95.2	1.0	1.6	○	0.001	95.1	0.8	1.1	○	0.001	94.4	1.5	1.9	○
154	オキサジクロメホン	0.001	90.9	1.8	1.8	○	0.001	92.9	0.9	1.7	○	0.001	87.5	1.2	1.3	○
155	オキシカルボキシ	0.001	93.4	1.3	1.3	○	0.001	94.2	0.7	0.7	○	0.001	94.2	0.8	1.2	○
156	シノスルフロソ	0.001	95.5	2.7	2.9	○	0.001	94.2	1.7	1.9	○	0.001	97.1	1.6	3.0	○
157	ベンコナゾール	0.001	94.0	1.2	1.4	○	0.001	93.8	1.0	1.0	○	0.001	94.2	1.2	1.2	○
158	ベンシクロン	0.02	89.6	9.0	9.2	○	0.02	88.6	7.6	10.5	○	0.02	85.2	14.4	15.8	○
159	ベンチオピラド	0.001	91.9	2.0	2.0	○	0.001	93.0	0.8	1.2	○	0.001	94.4	3.5	3.5	○
160	ベントキサゾン	0.001	92.7	2.0	2.5	○	0.001	95.1	0.8	1.7	○	0.001	96.0	1.5	1.7	○

- : LOQを設定できなかった成分又は回収率が非常に悪い項目
網掛けはガイドラインの目標値を満たさない項目

表3 妥当性評価試験結果(続き)

No.	化合物名	牛肉					豚肉					ぶり				
		LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定	LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定	LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定
				併行	室内				(RSD%)	併行				室内	(RSD%)	
161	フェンメジファミン	0.001	94.3	1.2	1.5	○	0.001	94.2	0.6	1.3	○	0.001	95.8	1.3	1.3	○
162	ビリミカルブ	0.001	95.2	1.7	1.7	○	0.001	94.8	0.9	0.9	○	0.001	95.7	1.4	2.2	○
163	ブリミスルフロメチル	0.005	90.6	5.4	5.4	○	0.005	94.6	5.3	8.2	○	0.005	92.6	4.1	4.1	○
164	ブロクロラズ	0.001	93.2	1.4	1.5	○	0.001	94.3	1.4	2.5	○	0.001	90.7	0.9	2.8	○
165	プロフェノホス	0.001	91.9	1.4	1.6	○	0.001	93.4	0.8	1.2	○	0.001	88.8	0.9	1.1	○
166	プロヒドロロジャスモン	0.005	92.4	2.2	2.5	○	0.005	93.4	0.9	1.4	○	0.01	97.7	7.1	8.4	○
167	プロバモカルブ	0.001	99.9	2.5	2.9	○	0.001	98.0	3.3	3.3	○	0.001	98.2	3.6	3.6	○
168	プロバキサゾール	0.001	92.4	2.3	2.3	○	0.001	91.0	1.1	1.6	○	0.001	86.9	0.9	4.0	○
169	プロピコナゾール	0.005	93.7	0.9	1.2	○	0.001	93.8	0.6	1.2	○	0.005	92.5	0.8	1.1	○
170	プロピコナゾール	0.005	91.7	6.0	6.0	○	0.005	93.4	2.2	3.7	○	0.01	90.5	2.6	3.7	○
171	プロスルフロ	0.005	93.5	3.9	4.6	○	0.001	92.8	2.4	3.4	○	0.005	92.8	2.8	3.3	○
172	ピメトロジン	0.001	92.5	1.8	1.9	○	0.001	93.8	1.2	1.2	○	0.001	93.0	1.7	1.7	○
173	ピラクロニル	0.001	93.5	1.9	1.9	○	0.001	94.7	1.4	1.8	○	0.001	95.4	1.2	1.2	○
174	ピラクロストロピン	0.001	92.3	1.4	1.5	○	0.001	92.7	0.8	1.0	○	0.001	91.7	1.0	1.4	○
175	ピラゾレート	0.001	81.6	2.1	6.4	○	0.001	78.0	2.1	2.1	○	0.001	93.1	8.6	10.0	○
176	ピラゾスルフロエチル	0.001	90.7	2.5	2.7	○	0.001	91.1	2.3	3.0	○	0.001	93.4	1.8	2.6	○
177	ピリダベン	0.001	82.4	1.1	10.9	○	0.001	89.9	0.8	1.0	○	0.001	72.4	1.6	1.8	○
178	ピリダリル	0.005	53.5	3.6	54.8	○	0.005	71.7	1.6	12.9	○	0.001	24.7	24.7	27.6	○
179	ピリフルキサゾン	0.001	93.1	3.4	3.4	○	0.001	93.6	2.0	2.3	○	0.005	94.3	1.9	1.9	○
180	ピリフルキサゾン代謝物B	0.001	93.8	3.0	3.1	○	0.001	93.8	1.2	2.3	○	0.001	94.5	1.7	2.2	○
181	ピリフタリド	0.001	93.0	3.2	4.1	○	0.001	93.5	0.9	1.1	○	0.001	97.2	2.6	2.6	○
182	ピリメタニル	0.001	92.4	2.1	2.1	○	0.001	93.8	1.7	1.9	○	0.001	87.8	0.6	1.0	○
183	ギザロホップエチル	0.001	91.0	2.2	2.2	○	0.001	89.9	1.5	1.6	○	0.001	87.6	1.1	1.7	○
184	セトキシジム	0.001	83.1	2.6	2.7	○	0.001	84.4	2.7	3.7	○	0.001	81.9	1.5	1.8	○
185	シラフルオフェン	0.01	50.8	8.8	70.0	○	0.01	76.3	5.3	10.4	○	0.01	29.2	29.2	31.0	○
186	シメコナゾール	0.001	93.9	1.0	1.7	○	0.001	94.5	2.2	2.2	○	0.001	95.2	1.7	2.0	○
187	スピノシンA	0.001	94.1	2.2	2.2	○	0.001	94.3	1.1	1.4	○	0.001	95.6	0.6	1.1	○
188	スピノシンD	0.001	95.7	1.7	2.2	○	0.001	94.6	0.8	0.8	○	0.001	100.6	7.0	10.3	○
189	スピロジクロフェン	0.001	68.4	3.2	6.6	○	0.001	70.3	2.8	8.5	○	0.001	70.8	3.5	3.5	○
190	スピロメシフェン	-	-	-	-	○	0.02	81.5	11.8	11.8	○	-	-	-	-	○
191	スピロメシフェン代謝物	0.001	92.2	1.6	1.9	○	0.001	93.6	1.4	1.5	○	0.001	89.7	2.3	2.3	○
192	スピロキサミン	0.001	91.8	1.0	1.9	○	0.001	92.0	0.7	1.6	○	0.001	94.7	1.9	2.6	○
193	スルフェントラゾン	0.005	94.8	1.7	4.7	○	0.005	94.4	1.7	2.7	○	0.005	97.1	2.6	4.2	○
194	スルホスルフロ	0.005	93.9	3.7	4.0	○	0.005	93.3	1.8	3.0	○	0.005	90.6	1.7	3.3	○
195	テブコナゾール	0.001	93.9	3.6	3.6	○	0.001	93.8	2.0	2.0	○	0.001	96.9	2.1	2.8	○
196	テブフェノジド	0.005	97.7	4.6	6.7	○	0.005	96.9	2.7	7.8	○	0.005	96.6	2.7	4.1	○
197	テブチウロン	0.001	93.8	1.9	1.9	○	0.001	95.3	0.8	2.6	○	0.001	95.7	2.0	2.2	○
198	テフルベンズロン	0.005	91.5	2.5	3.9	○	0.005	92.8	5.1	5.1	○	0.01	90.2	5.5	8.3	○
199	テトラクロルピホス	0.001	93.6	1.7	2.2	○	0.001	92.9	2.2	2.2	○	0.001	95.2	1.8	2.0	○
200	チアベンダゾール	0.001	93.3	2.0	2.0	○	0.001	93.1	1.2	1.7	○	0.001	94.1	0.9	1.3	○
201	チアクロプリド	0.001	94.7	1.3	1.4	○	0.001	94.9	0.7	1.2	○	0.001	95.5	0.6	0.9	○
202	チアメトキサム	0.001	94.3	1.8	1.8	○	0.001	94.7	0.6	0.9	○	0.001	94.8	0.7	0.9	○
203	チジアズロン	0.005	89.8	1.2	1.2	○	0.005	91.5	1.7	2.1	○	0.005	91.4	2.7	2.7	○
204	メルカルプトジメツル	0.005	90.7	1.4	1.5	○	0.001	91.2	2.3	2.3	○	0.001	90.6	1.8	1.9	○
205	チオジカルブ	0.001	-	-	-	○	0.001	-	-	-	○	0.001	-	-	-	○
206	チオファネート	0.01	93.5	1.4	2.2	○	0.005	94.2	1.3	2.1	○	0.01	96.6	1.4	1.6	○
207	チオファネートメチル	0.005	94.5	2.9	2.9	○	0.005	94.7	0.9	1.8	○	0.005	96.9	1.3	1.4	○
208	チアジニル	0.005	92.6	3.4	3.4	○	0.005	94.9	1.9	2.7	○	0.005	94.8	3.2	3.2	○
209	トラルコキシジム	0.001	85.8	1.4	2.1	○	0.001	88.1	1.3	1.6	○	0.001	81.9	1.0	1.7	○
210	トリアスルフロ	0.001	93.1	3.6	4.2	○	0.005	92.1	2.3	2.7	○	0.001	95.0	1.7	2.3	○
211	トリクロルホン	0.02	91.7	15.5	26.1	○	0.02	91.4	19.2	26.6	○	0.01	90.3	14.7	15.8	○
212	トリクロピル	0.001	94.2	1.9	1.9	○	0.001	93.8	1.0	1.0	○	0.001	94.7	0.9	1.3	○
213	トリシクランゾール	0.001	93.7	2.0	2.0	○	0.001	93.5	1.2	1.4	○	0.001	94.7	1.0	1.1	○
214	トリデモルブ	0.005	81.3	2.5	5.9	○	0.005	83.6	1.6	2.8	○	0.005	73.9	6.8	13.2	○
215	トリプロキシメチルトリメチル塩	0.001	93.0	1.6	2.1	○	0.001	93.5	1.6	2.6	○	0.001	92.7	1.2	1.2	○
216	トリフルミゾール	0.001	91.7	1.3	1.5	○	0.001	92.5	0.9	0.9	○	0.001	92.1	1.5	1.6	○
217	トリフルミゾール代謝産物FM-6-1	0.001	94.1	1.0	3.3	○	0.001	92.9	1.0	2.1	○	0.001	92.9	1.9	1.9	○
218	トリフルムロン	0.001	92.0	2.0	2.1	○	0.001	93.5	1.2	1.2	○	0.001	91.8	1.3	1.8	○
219	トリフルスルフロメチル	0.001	91.2	3.8	3.8	○	0.001	91.7	1.5	2.3	○	0.001	92.1	2.0	3.3	○
220	トリチコナゾール	0.001	95.9	2.2	2.9	○	0.001	94.6	1.4	1.5	○	0.001	94.7	2.5	2.5	○
221	バミドチオン	0.001	94.7	1.0	1.2	○	0.001	94.2	0.6	0.9	○	0.001	95.4	0.6	1.4	○
目標達成成分数							197				200					202

- : LOQを設定できなかった成分又は回収率が非常に悪い項目
網掛けはガイドラインの目標値を満たさない項目

表 3 妥当性評価試験結果 (続き)

No.	化合物名	鶏卵					はちみつ				
		LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定	LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定
				併行 (RSD%)	室内 (RSD%)				併行 (RSD%)	室内 (RSD%)	
1	1-ナフチル酢酸	0.005	82.7	5.0	10.2	○	0.01	94.2	14.6	14.6	○
2	2, 4-D	0.01	91.4	4.6	9.6	○	0.005	96.3	11.5	11.5	○
3	4-クロロフェノキシ酢酸	0.01	82.7	4.8	8.1	○	0.005	87.9	16.3	16.3	○
4	アバメクチンB1a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	アセフェート	0.001	91.0	1.1	1.9	○	0.001	74.9	8.3	8.3	○
6	アセキノシル	0.001	59.8	2.2	6.2	○	0.001	99.1	14.4	14.4	○
7	アセタミプリド	0.001	92.7	0.9	1.6	○	0.005	96.9	9.3	9.3	○
8	アシベンゾラル-S-メチル	0.001	77.6	3.5	4.1	○	0.001	102.3	12.1	12.1	○
9	アシフルオルフェン	-	-	-	-	-	0.02	99.6	15.8	15.9	○
10	アラニカルブ	0.02	-	-	-	-	0.001	77.0	22.3	29.6	○
11	アルジカルブ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	アルドキシカルブ	0.001	92.0	1.0	1.8	○	0.001	95.1	9.7	9.7	○
13	アミスルプロム	0.01	88.6	4.5	5.1	○	0.001	97.3	13.9	13.9	○
14	アニコホス	0.001	88.4	1.6	4.0	○	0.001	99.7	12.7	12.7	○
15	アザメチホス	0.001	80.5	8.1	8.1	○	0.001	99.2	10.1	10.1	○
16	アジムスルフロム	0.001	90.5	1.5	2.6	○	0.001	100.7	11.3	11.3	○
17	アジンホスメチル	0.005	88.4	5.7	7.1	○	0.001	92.1	24.7	24.7	○
18	アゾキシストロピン	0.001	90.7	2.6	2.8	○	0.001	100.8	10.8	10.8	○
19	ベンダイオカルブ	0.001	90.0	3.9	4.5	○	0.001	99.6	11.3	11.3	○
20	ベノミル	0.001	90.9	1.0	1.9	○	0.001	104.7	10.6	10.6	○
21	ベンスルフロムメチル	0.001	90.5	2.0	2.4	○	0.001	92.7	9.7	9.7	○
22	ベンチアバリカルブイソプロピル	0.001	91.0	0.9	3.2	○	0.001	93.6	10.9	10.9	○
23	ベンゾピシクロン	0.001	13.1	21.0	28.6	○	0.001	94.3	9.6	9.6	○
24	ベンゾフェナップ	0.001	82.0	2.0	3.2	○	0.001	100.3	11.3	11.3	○
25	ボスカリド	0.005	88.2	1.7	2.6	○	0.001	91.2	11.9	11.9	○
26	プロモキシニル	0.005	89.9	3.8	4.4	○	0.001	98.5	10.0	10.0	○
27	ブタフェナシル	0.001	90.7	1.0	2.8	○	0.001	97.0	9.3	9.3	○
28	カルバリル	0.001	92.3	2.1	2.1	○	0.001	100.7	10.6	10.6	○
29	カルベンダジム	0.001	92.4	2.0	2.0	○	0.005	92.7	10.1	10.1	○
30	カルボフラン	0.001	149.5	1.2	2.4	○	0.001	99.3	12.2	12.2	○
31	カルプロバミド	0.001	88.3	1.3	2.7	○	0.001	100.1	12.0	12.0	○
32	クロラントラニプロール	0.001	89.8	1.0	1.8	○	0.001	102.3	10.6	10.6	○
33	クロルフルアズロン	0.001	91.8	1.8	2.1	○	0.001	97.3	10.4	10.4	○
34	クロリダゾン	0.001	73.7	3.3	3.6	○	0.001	101.0	12.2	12.2	○
35	クロリムロンエチル	0.001	91.7	2.3	3.2	○	0.01	91.3	12.6	12.6	○
36	クロロクソロン	0.001	91.4	1.4	2.3	○	0.001	93.6	9.6	9.6	○
37	クロルスルフロム	0.001	91.2	1.8	3.1	○	0.001	98.1	9.3	9.3	○
38	クロマフェノジド	0.001	92.5	3.6	3.6	○	0.001	112.8	13.1	13.1	○
39	エタメトスルフロムメチル	0.005	90.1	1.7	3.0	○	0.001	100.1	10.6	10.6	○
40	クロジナホップ酸	0.01	92.7	2.7	3.4	○	0.005	90.4	10.2	10.2	○
41	クロフェンセット	0.005	91.4	2.4	2.7	○	0.001	97.5	12.2	12.2	○
42	クロフェンテジン	0.001	78.2	3.9	3.9	○	0.001	94.8	12.5	12.5	○
43	クロメプロップ	0.001	77.6	3.8	3.9	○	0.001	100.7	11.6	11.6	○
44	クロキントセットメキシル	0.001	83.4	1.6	2.5	○	0.005	100.4	11.0	11.0	○
45	クロランスラムメチル	0.005	88.0	4.9	4.9	○	0.001	98.0	9.3	9.3	○
46	クロチアニジン	0.001	91.6	1.5	1.7	○	0.001	95.9	9.7	9.7	○
47	クミルロン	0.001	91.4	1.6	3.7	○	0.001	93.1	11.3	11.3	○
48	シアゾファミド	0.001	89.0	1.3	1.7	○	0.001	101.2	12.0	12.0	○
49	シクラニリド	0.001	95.9	2.1	3.4	○	0.005	99.3	13.0	13.0	○
50	シクロエート	0.001	79.4	2.5	3.6	○	0.001	99.4	10.2	10.2	○
51	シクロプロトリン	0.02	71.7	12.3	13.2	○	0.01	100.4	10.4	13.1	○
52	シクロスルファミロン	0.001	90.6	2.4	3.3	○	0.001	91.2	9.3	9.3	○
53	シエノピラフェン	0.001	68.2	3.2	4.8	○	0.001	100.8	11.3	11.3	○
54	シフルフェナミド	0.001	89.2	1.9	2.0	○	0.001	100.6	11.3	11.3	○
55	シフルメトフェン	0.001	11.4	36.8	36.8	○	0.001	100.4	10.3	10.3	○
56	シモキサニル	0.001	77.2	14.5	15.5	○	0.001	97.6	5.0	6.6	○
57	シプロジニル	0.005	81.5	2.1	2.6	○	0.001	99.7	13.0	13.0	○
58	ダイムロン	0.001	91.7	1.2	2.8	○	0.001	92.4	10.4	10.4	○
59	ダイアレート	0.005	76.4	2.8	3.2	○	0.001	99.5	11.0	11.0	○
60	ジクロロプロップ	0.01	105.5	12.0	12.5	○	0.01	89.7	18.9	18.9	○
61	ジクロスラム	0.001	90.1	1.9	2.5	○	0.001	98.4	10.7	10.7	○
62	ジフルベンズロン	0.001	86.9	2.2	2.5	○	0.001	101.9	15.8	15.8	○
63	ジメチリモール	0.001	91.3	1.3	1.8	○	0.001	87.8	7.1	7.1	○
64	ジメトエート	0.001	92.0	0.9	1.1	○	0.001	97.7	9.7	9.7	○
65	ジメトモルフE	0.001	90.8	3.2	3.7	○	0.001	97.1	10.2	10.2	○
66	ジメトモルフZ	0.005	88.8	3.3	3.9	○	0.001	88.8	11.4	11.4	○
67	ジノテフラン	0.001	91.9	1.2	1.3	○	0.001	86.7	8.7	8.7	○
68	ジウロン	0.001	90.5	0.7	1.6	○	0.001	98.7	11.1	11.1	○
69	エマメクチン安息香酸塩B1a	0.001	88.0	1.4	2.9	○	0.001	97.9	10.6	10.6	○
70	エマメクチン安息香酸塩B1b	0.01	92.3	5.8	9.8	○	0.005	100.8	13.4	13.4	○
71	エボキシコナゾール	0.001	89.4	0.9	2.7	○	0.001	98.8	10.9	10.9	○
72	エタメツルフロムメチル	0.001	89.2	0.8	2.3	○	0.001	98.5	9.9	9.9	○
73	エチオフェンカルブ	0.001	92.2	1.4	1.8	○	0.001	99.3	10.4	10.4	○
74	エチプロール	0.001	89.8	2.2	3.1	○	0.001	91.5	11.5	11.5	○
75	エトキシスルフロム	0.001	91.4	1.4	3.5	○	0.001	90.6	11.5	11.5	○
76	エチクロゼート	0.001	89.6	1.2	1.7	○	0.001	102.3	9.4	9.4	○
77	エトベンザニド	0.001	82.8	2.0	3.0	○	0.001	98.2	14.7	14.7	○
78	エトキサゾール	0.001	76.1	3.3	4.1	○	0.001	98.6	11.4	11.4	○
79	フェンアミドン	0.001	90.1	1.2	2.7	○	0.001	96.3	11.6	11.6	○
80	フェンヘキサミド	0.005	87.6	3.0	3.0	○	0.001	95.7	8.5	8.5	○

-: LOQを設定できなかった成分又は回収率が非常に悪い項目
網掛けはガイドラインの目標値を満たさない項目

表 3 妥当性評価試験結果 (続き)

No.	化合物名	鶏卵					はちみつ				
		LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定	LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定
				併行	室内				(RSD%)	併行	
81	フェノブカルブ	0.005	91.9	0.9	1.8	○	0.001	101.3	10.6	10.6	○
82	フェノキサプロップエチル	0.001	83.3	2.0	2.8	○	0.001	100.6	12.1	12.1	○
83	フェノキシルカルブ	0.001	89.6	1.7	2.5	○	0.001	101.4	14.8	14.8	○
84	フェンピロキシメート (E体)	0.001	80.4	2.6	3.0	○	0.001	99.0	11.7	11.7	○
85	フェンピロキシメート (Z体)	0.001	86.1	1.4	2.2	○	0.001	100.8	11.6	11.6	○
86	フェントラザミド	0.005	88.6	7.7	11.7	○	0.001	91.9	18.7	22.2	○
87	フェリムゾンE体	0.001	91.2	1.0	1.8	○	0.001	94.3	11.1	11.1	○
88	フェリムゾンZ体	0.001	92.0	1.2	2.3	○	0.001	101.7	16.0	16.0	○
89	フラザスルフロン	0.001	91.0	2.0	2.5	○	0.001	107.7	11.4	11.4	○
90	フロニカミド	0.001	91.7	3.2	3.2	○	0.001	96.3	10.6	10.6	○
91	フロニカミドTFNA体	0.02	87.8	7.3	9.4	○	0.005	49.1	9.2	10.3	○
92	フロニカミドTFNG体	0.005	91.5	2.5	2.5	○	0.005	75.1	11.0	11.0	○
93	フロラスラム	0.001	90.8	1.1	1.5	○	0.001	98.8	10.6	10.6	○
94	フルアジホップ	0.005	91.6	2.0	2.6	○	0.005	92.4	8.9	8.9	○
95	フルアジナム	0.005	24.5	10.0	48.3	○	0.001	98.9	10.7	10.7	○
96	フルベンジアミド	0.001	96.0	3.4	3.7	○	0.005	111.0	21.2	21.2	○
97	フルジオキソニル	0.005	90.4	7.1	7.5	○	0.001	94.0	14.6	14.6	○
98	フルフェナセット	0.001	86.2	1.9	1.9	○	0.005	99.1	10.3	10.3	○
99	フルフェノクスロン	0.001	79.1	3.4	4.5	○	0.001	98.4	12.7	12.7	○
100	フルメツラム	0.001	90.6	1.5	1.5	○	0.001	98.8	9.9	9.9	○
101	フルリドン	0.001	91.0	1.1	1.8	○	0.001	105.6	11.3	11.3	○
102	フルロキソニル	0.02	87.1	13.8	15.5	○	0.02	89.4	13.4	13.5	○
103	ホメサフェン	0.01	93.4	5.5	13.3	○	0.01	77.5	24.1	24.1	○
104	ホラムスルフロン	0.005	90.1	3.1	3.2	○	0.001	97.0	8.6	8.6	○
105	ホルコロールフェニユロン	0.001	86.6	1.6	2.5	○	0.001	100.9	12.3	12.3	○
106	フラメトビル	0.001	91.5	1.1	1.8	○	0.001	99.1	10.5	10.5	○
107	フラチオカルブ	0.001	-	-	-	-	0.001	100.4	12.1	12.1	○
108	ジベレリン	0.02	97.0	10.3	12.2	○	0.02	85.8	16.8	16.8	○
109	ハロスルフロメチル	0.001	89.1	5.1	5.1	○	0.001	95.1	7.3	7.3	○
110	ハロキシホップ	0.005	83.5	1.7	2.8	○	0.005	99.9	12.1	12.1	○
111	ヘキサフルムロン	0.005	85.5	2.4	2.9	○	0.005	98.9	12.3	12.3	○
112	ヘキシチアゾクス	0.001	72.5	3.7	4.5	○	0.001	97.9	9.1	9.1	○
113	ヒメキサゾール	0.005	-	-	-	-	0.005	94.0	10.5	10.5	○
114	イマザリル	0.001	90.2	1.6	2.3	○	0.001	97.0	8.8	8.8	○
115	イマザキン	0.001	91.1	1.8	2.9	○	0.001	100.9	16.3	16.3	○
116	イマゾスルフロン	0.005	92.0	2.7	4.4	○	0.005	90.0	11.4	11.4	○
117	イミシアホス	0.001	92.7	2.9	3.1	○	0.001	97.9	10.0	10.0	○
118	イミダクロプリド	0.001	92.0	1.4	1.5	○	0.005	96.9	10.1	10.1	○
119	インダノファン	0.001	87.7	2.2	2.7	○	0.001	101.6	10.8	10.8	○
120	インドキサカルブ	0.005	90.4	2.7	3.4	○	0.001	106.5	9.9	9.9	○
121	イソキサロプロピル	0.005	89.3	2.4	2.8	○	0.001	100.8	12.0	12.0	○
122	アイオキシニル	0.001	90.3	1.8	3.5	○	0.001	99.8	13.0	13.0	○
123	イプロバリカルブ	0.001	91.0	1.2	2.5	○	0.001	93.9	9.4	9.4	○
124	イソキサフルトール	0.001	77.8	2.2	3.9	○	0.001	102.5	15.5	15.5	○
125	ラクトフェン	0.001	85.0	2.7	3.2	○	0.001	101.1	12.5	12.5	○
126	リニユロン	0.001	88.9	2.4	2.4	○	0.001	101.3	10.1	10.1	○
127	ルフエスロン	0.005	81.6	2.6	4.0	○	0.005	92.0	15.8	18.0	○
128	マンジプロバミド	0.01	85.9	6.8	6.8	○	0.005	86.8	-	-	○
129	MCPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
130	MCPB	0.005	-	-	-	-	0.001	86.7	9.8	16.6	○
131	メコプロップ	0.005	85.9	8.4	8.4	○	0.01	89.0	13.3	13.3	○
132	メバニピリム	0.001	87.8	1.6	2.1	○	0.001	89.5	11.8	11.8	○
133	メピコート	0.02	99.1	4.6	6.1	○	0.005	58.2	10.9	12.0	○
134	メソスルフロメチル	0.001	90.1	2.1	2.3	○	0.001	100.7	11.3	11.3	○
135	メタアルデヒド	0.005	93.0	2.5	9.1	○	0.01	96.7	13.7	13.7	○
136	メトコナゾール	0.001	88.5	1.5	1.8	○	0.001	99.9	10.5	10.5	○
137	メタベンズチアズロン	0.001	149.7	1.0	2.7	○	0.001	100.4	12.5	12.5	○
138	メタミドホス	0.001	90.8	0.9	1.5	○	0.001	71.9	8.1	8.1	○
139	メチオカルブ	0.001	86.7	1.7	2.2	○	0.001	100.8	10.8	10.8	○
140	メソミル	0.005	199.1	0.7	4.0	○	0.001	94.2	9.8	9.8	○
141	チオアセトヒドリン酸メチル=メチルチオ	0.02	86.9	6.7	6.7	○	0.001	94.0	9.4	9.4	○
142	メトキシフェノジド	0.005	97.3	3.3	8.0	○	0.001	112.3	12.7	15.1	○
143	メトスラム	0.001	89.0	1.4	3.3	○	0.001	101.1	12.6	12.6	○
144	メトスルフロメチル	0.001	88.5	1.3	1.8	○	0.001	104.0	16.4	16.4	○
145	モノリニユロン	0.001	93.1	1.2	2.0	○	0.001	98.8	11.7	11.7	○
146	ナプロアニリド	0.001	86.4	1.5	2.1	○	0.001	101.3	13.7	13.7	○
147	ナプタラム	0.005	90.1	1.2	2.7	○	0.001	102.5	15.3	15.3	○
148	ニテンピラム	0.001	92.1	0.9	1.4	○	0.001	77.6	7.8	7.8	○
149	ノバルロン	0.001	87.0	3.4	3.7	○	0.001	99.7	13.0	13.0	○
150	オリサストロビン代謝物	0.001	90.2	1.9	3.4	○	0.001	91.6	11.5	11.5	○
151	オリサストロビン	0.001	90.4	1.6	4.2	○	0.001	93.9	8.0	8.0	○
152	オリザリン	0.01	90.0	5.2	5.2	○	0.005	109.2	12.1	13.9	○
153	オキサミル	0.001	90.6	1.7	3.1	○	0.001	91.5	9.2	9.2	○
154	オキサジクロメホン	0.001	80.8	2.3	3.4	○	0.001	101.7	11.5	11.5	○
155	オキシカルボキシ	0.001	88.0	2.1	3.6	○	0.001	96.4	8.1	8.1	○
156	シノスルフロ	0.001	91.5	2.0	2.0	○	0.001	95.7	10.2	10.2	○
157	ペンコナゾール	0.001	89.3	1.0	1.2	○	0.001	100.0	12.4	12.4	○
158	ペンシクロ	0.08	98.8	5.8	14.6	○	0.01	99.9	19.6	19.6	○
159	ベンチオピラド	0.001	85.2	1.8	2.2	○	0.001	100.4	11.1	11.1	○
160	ベントキサゾン	0.001	-	-	-	-	0.001	99.3	13.1	13.1	○

-: LOQを設定できなかった成分又は回収率が非常に悪い項目
網掛けはガイドラインの目標値を満たさない項目

表 3 妥当性評価試験結果 (続き)

No.	化合物名	鶏卵					はちみつ				
		LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定	LOQ (mg/kg)	真度 (%)	精度		判定
				併行	室内				併行	室内	
161	フェンメジファミン	0.001	86.6	15.4	15.9	0.001	102.1	10.2	10.2	○	
162	ピリミカルブ	0.001	91.7	1.4	1.8	0.001	96.3	10.7	10.7	○	
163	プリミスルフロメチル	0.005	88.0	4.1	4.1	0.01	85.7	17.9	17.9	○	
164	プロクロラズ	0.001	89.7	1.1	2.4	0.005	101.3	13.6	13.6	○	
165	プロフェノホス	0.001	82.1	3.0	3.8	0.001	101.6	11.3	11.3	○	
166	プロヒドロジヤスモン	0.005	87.6	1.7	3.6	0.001	97.1	10.5	10.5	○	
167	プロバキカルブ	0.001	92.4	1.7	4.0	0.001	67.8	8.8	8.8	○	
168	プロバキサホップ	0.001	83.9	3.2	3.2	0.001	99.4	11.5	11.5	○	
169	プロピコナゾール	0.005	89.0	1.0	1.5	0.001	98.5	11.2	11.2	○	
170	プロピキカバゾノナリウム	0.005	92.2	3.2	3.2	0.005	98.9	11.5	11.5	○	
171	プロスルフロン	0.005	92.4	3.7	3.8	0.001	94.1	10.5	10.5	○	
172	ピメトロジン	0.001	93.2	0.7	1.0	0.001	63.3	11.9	11.9	○	
173	ピラクロニル	0.001	90.7	1.4	1.8	0.001	100.1	11.1	11.1	○	
174	ピラクロストロビン	0.001	86.9	1.4	2.5	0.005	98.8	11.6	11.6	○	
175	ピラゾレート	0.001	26.4	18.3	19.2	0.001	99.5	10.8	10.8	○	
176	ピラゾスルフロニエチル	0.001	90.8	1.6	2.1	0.001	89.1	8.2	8.2	○	
177	ピリダベン	0.001	66.9	4.5	5.4	0.001	100.6	11.9	11.9	○	
178	ピリダリル	0.005	27.5	6.5	8.7	0.005	97.1	15.8	15.8	○	
179	ピリフルキサゾン	0.001	57.9	3.2	7.8	0.001	100.1	11.7	11.7	○	
180	ピリフルキサゾン代謝物B	0.001	95.0	2.6	3.3	0.001	101.5	10.3	10.3	○	
181	ピリフタリド	0.001	91.5	2.0	3.2	0.001	103.8	11.2	11.2	○	
182	ピリメタニル	0.001	90.9	2.0	3.4	0.001	98.6	13.4	13.4	○	
183	キサロホップエチル	0.001	82.9	1.9	2.8	0.01	99.1	11.5	11.5	○	
184	セトキシジム	0.001	91.8	1.5	1.6	0.001	98.3	11.2	11.2	○	
185	シラフルオフェン	0.01	30.8	9.0	17.1	0.001	101.8	18.3	18.3	○	
186	シメコナゾール	0.001	91.0	1.3	2.3	0.001	98.8	10.7	10.7	○	
187	スピノシンA	0.001	86.6	1.4	2.4	0.001	101.1	9.1	9.1	○	
188	スピノシンD	0.001	85.6	2.0	2.7	0.001	101.5	10.5	10.5	○	
189	スピロジクロフェン	0.005	58.1	4.9	5.2	0.001	100.7	12.1	12.1	○	
190	スピロメシフェン	-	-	-	-	0.001	98.7	28.9	28.9	○	
191	スピロメシフェン代謝物	0.001	96.0	2.0	2.7	0.001	102.8	10.9	10.9	○	
192	スピロキサミン	0.001	60.0	4.2	5.1	0.001	99.5	9.9	9.9	○	
193	スルフェントラゾン	0.005	88.3	4.3	5.0	0.005	99.1	11.8	11.8	○	
194	スルホスルフロニエチル	0.005	89.0	4.0	4.5	0.001	101.2	10.3	10.3	○	
195	テブコナゾール	0.001	90.7	1.0	2.7	0.001	100.9	13.6	13.6	○	
196	テブフェノジド	0.005	91.8	4.3	4.3	0.001	89.0	17.2	17.5	○	
197	テブチウロン	0.001	91.1	2.3	2.3	0.001	100.7	14.3	14.3	○	
198	テフルベンズロン	0.005	78.7	4.5	5.4	0.005	99.8	11.5	11.5	○	
199	テトラクロロピビンホス	0.001	88.5	2.0	2.8	0.001	101.7	13.5	13.5	○	
200	チアベンダゾール	0.001	89.9	1.6	2.0	0.001	90.3	10.4	10.4	○	
201	チアクロプリド	0.001	91.9	0.6	1.3	0.001	97.9	9.8	9.8	○	
202	チアメトキサム	0.001	91.8	0.9	1.6	0.001	95.2	9.7	9.7	○	
203	チジアズロン	0.001	77.5	1.2	4.0	0.001	98.7	13.5	13.5	○	
204	メルカルプトジメチル	0.001	86.4	1.8	2.5	0.001	100.1	12.0	12.0	○	
205	チオジカルブ	0.001	0.1	67.8	67.8	0.001	87.2	10.0	10.0	○	
206	チオファネート	0.02	90.0	3.7	5.4	0.02	87.3	15.0	15.0	○	
207	チオファネートメチル	0.02	90.5	4.5	5.9	0.02	80.0	22.2	22.2	○	
208	チアジニル	0.005	82.6	3.6	4.1	0.02	76.5	6.0	18.9	○	
209	トラルコキシジム	0.001	91.5	1.0	1.3	0.001	97.7	10.1	10.1	○	
210	トリアスルフロニエチル	0.001	86.7	1.5	1.7	0.001	100.4	12.1	12.1	○	
211	トリクロロホン	-	-	-	-	0.02	84.6	22.9	25.7	○	
212	トリクロピル	0.005	-	-	-	0.001	92.8	10.2	10.2	○	
213	トリシクラゾール	0.001	90.6	1.0	1.5	0.001	91.1	9.4	9.4	○	
214	トリデモルフ	0.005	36.5	6.5	7.7	0.005	98.7	10.7	10.7	○	
215	トリプロキシメチルナトリウム塩	0.001	90.4	1.0	2.2	0.001	102.3	12.8	12.8	○	
216	トリフルミゾール	0.001	87.5	1.4	1.9	0.001	99.3	11.0	11.0	○	
217	トリフルミゾール代謝産物FM-6-1	0.001	88.9	1.3	2.0	0.001	97.3	9.9	9.9	○	
218	トリフルムロン	0.001	86.4	1.9	2.2	0.001	99.1	11.8	11.8	○	
219	トリフルスルフロニエチル	0.001	91.0	3.5	4.0	0.001	92.4	10.9	10.9	○	
220	トリチコナゾール	0.001	90.7	1.9	2.4	0.001	97.2	8.6	8.6	○	
221	バミドチオン	0.001	91.8	1.0	1.2	0.001	93.6	9.6	9.6	○	

目標達成成分数 191 189
 -: LOQを設定できなかった成分又は回収率が非常に悪い項目
 網掛けはガイドラインの目標値を満たさない項目

4) 山鹿市の湧水の水質について

廣畑昌章 眞田知征* 芹川大成 松崎達哉

要 旨

山鹿市内の湧水96地点の位置(緯度経度)を特定し、79地点の湧出を確認、うち66地点について水質を調査した。大部分がCa-HCO₃型及びNa-HCO₃型の水質を示し、NO₃⁻濃度が高い地点ではCa-SO₄+NO₃⁻型の水質を示した。今回の水質と35年余前の水質とを比較した結果、陽イオンの組成は全体的に変化が小さかったが、陰イオンの組成は約4割の地点が10ポイント以上の大きな変化を示した。

キーワード：湧水、水質、地理空間情報、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⁾にまとめられており、その調査当時の水質が示されている。しかし、各々の詳細な位置情報は示されておらず、また、その調査から30年以上を経過する中で、県内の湧水の水質に関する報告は限定的である。そのため、湧水的位置を詳細に確認、記録することで、定期的な湧出の状況及び水質の変化の把握を可能とすることが必要である。

今回、熊本県北に位置する山鹿市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

図1に調査地域²⁾を示す。山鹿市は平成17年1月に山鹿市、鹿北町、菊鹿町、鹿本町及び鹿央町が合併して誕生している。国道3号が南北に走り、それに繋がるように主に東西に県道及び市道が発達している。

当該地域の地形は、北部は国見山(1,018.1m)をはじめとする筑肥山地に属する山々が連なり福岡県との県境をなし、その南側に300~600mの中小起伏の山地が東西に分布している。東部は、八方ヶ岳(1051.8m)をはじめとする山々が連なり菊池市との市境をなし、それに連なる山麓・台地を形成している。西部は、山地性丘陵と河谷低地の間に浸食谷の発達した台地が分布している。一方、中央~南部には菊池川両岸に沖積

低地が広がり菊鹿盆地の一部となっている。さらにその南西部には、主に筑後変成岩からなる300m前後の山地と肥後台地の一部をなす洪積台地がある^{3~7)}。

次に、図2に地質概略図²⁾を示す。調査地域は、本地域最古の岩石である変成岩類(筑後変成岩)、その変成岩類を貫いている深成岩類(花崗岩類、斑レイ岩類)が基盤岩として発達し、標高1kmに達する三県界(熊本、福岡及び大分)の分水嶺には筑紫溶岩が分布する。基盤岩を蔽って阿蘇火砕流堆積物とともに砂礫層が標

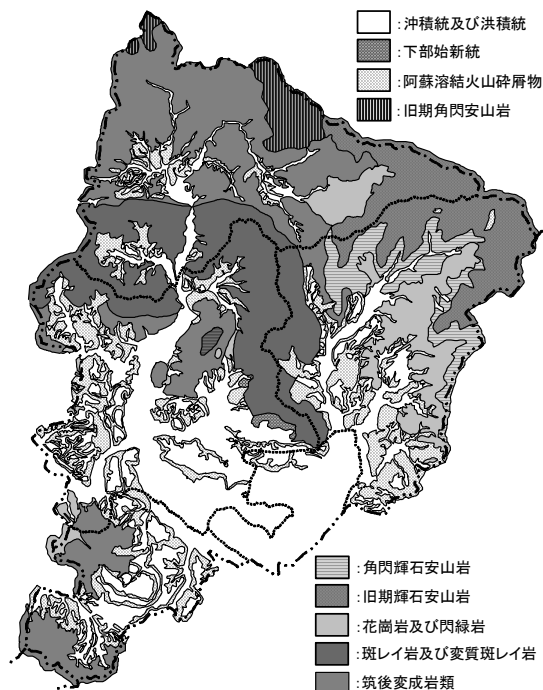


図2 地質概略図

(熊本県環境基本計画環境特性図²⁾を基に作成)

*現天草広域本部保健福祉環境部

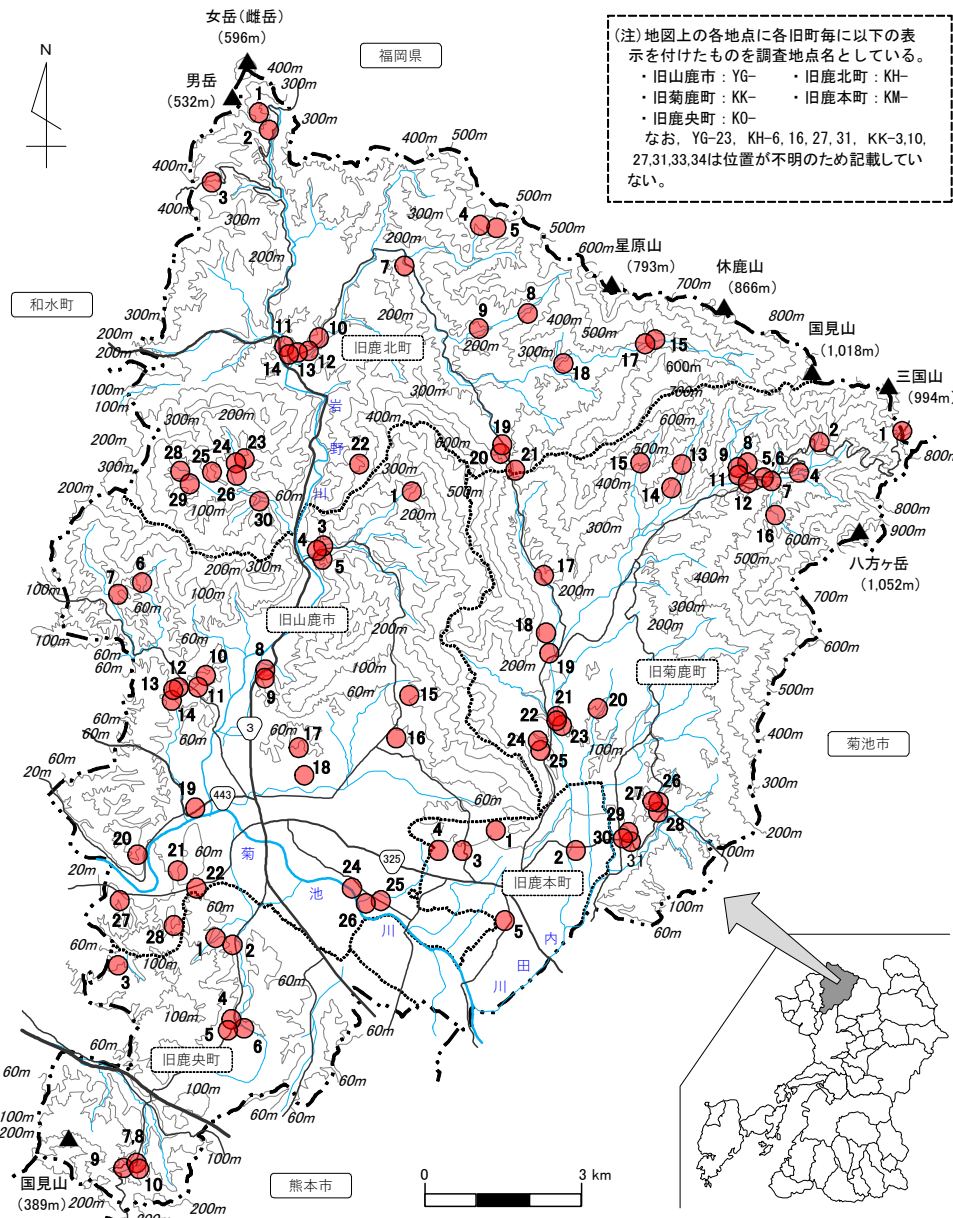


図1 調査地域及び調査地点

高80~70mの洪積台地を構成し、菊池川両岸には菊鹿盆地の低地堆積物（沖積層）が分布する³⁾。

調査方法

図1に調査地点を示す。調査地点は、荒牧ら¹⁾が示した74地点に行政資料^{2,8)}から得られた20地点、現地調査でその存在に関する情報が得られた14地点を加えた計108地点である。これらについては、既に、平成22年（2010年）に現地調査を行っていたが、改めて令和5年（2023年）1月から4月にかけて現地調査を実施した。Google Mapによる表示値から位置情報（緯度経度）を入手するとともに状況を記録し、湧出が確認された大部分の地点について採水し、水質分析を行った。

分析項目及びその分析方法については、pH, 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、HCO₃⁻は硫酸滴定法によるpH4.8アルカリ度から算出した。SiO₂はモリブデン黄法で測定した。

クラスター解析は、距離測定法としてユークリッド距離、分析手法としてワード法を用いて、標準化せずに実施した。なお、統計ソフトは青木繁伸氏作成のエクセルVBAを使用した。

結果及び考察

1. 湧水の状況について

表1に調査地点の名称、詳細位置（緯度経度）及び湧水の状況に関する調査結果を示した。なお、調査地点108地点のうち湧水（湧水池を含む）が103地点、湧水が混入する河川水が2地点、井戸が1地点、詳細不明が1地点である。このうち、位置が特定できたのは96地点であり、残り12地点についてはそ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。

位置が特定できた96地点のうち6地点（YG-9及び28, KH-3並びにKK-24,26及び32）については、涸渇あるいは埋没していることが判明した。これらを除く90地点のうち82地点については湧出（湧出の可能性及び時季的な湧出を含む。）を確認できたが、残り8地点（YG-2,8,21及び27, KH-13及び26並びにKK-8及び25）については、調査時点では明確な湧出を確認できなかった。

2. 各項目について

表2に水質に関する調査結果を示した。また表3に旧町別の各項目の平均値、標準偏差及び変動係数、表4に他地域との比較表を示した。

2.1 水温、pH及びEC

水温は、平均15.8℃、最高はYG-26の23.4℃、次いでKM-3の20.8℃、最低はKH-2の4.8℃であった。特に14.0～15.0℃の範囲にある地点が15地点あり全体の1/4弱を占めた。平均値を県内他地域と比較すると、阿蘇地域や上益城地域の御船町及び山都町に次いで低い値を示した。なお、今回の調査地点間では標高と水温の間に弱い負の相関が見られた。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。また、旧市町単位（表3）で比較すると、旧鹿北町及び旧菊鹿町では14℃台であるのに対して他旧市町で

は16℃台後半～19℃台であり、大きな地域差が見られた。旧鹿北町及び旧菊鹿町では標高の高い地点も多く、その涵養域はさらに標高が高いことから、外気温を反映していることが分かる。

pHは、平均7.1、最高はYG-6の8.0、最低はKM-2の6.4であった。6.6～7.2の範囲にある地点が40地点あり、全体の約6割を占めた。平均値は、他地域と比べてあまり大きな差は見られなかった。また、旧市町単位で比較すると、旧鹿本町のみ6.7の低い値を示し、他旧市町では7もしくは7をわずかに超える値であった。

ECは、平均140 μ S/cm、最高はYG-20の388 μ S/cm、次いでYG-22の310 μ S/cmであり、最低はKK-1の30.2 μ S/cmであった。特に100～200 μ S/cmの範囲にある地点が39地点と全体の約6割を占めた。平均値は、水温同様、阿蘇地域や上益城地域の御船町及び山都町に次いで低い値を示した。また、旧市町単位で比較すると、旧菊鹿町のみ2桁の低い値であり、次いで旧鹿北町が100 μ S/cm台前半の値を示した。

廣畑ら⁹⁾は、宇土半島（宇土市並びに宇城市三角町及び不知火町）の湧水について、標高が高くなるに伴いECが低下する傾向があることを報告しているが、今回の地域についても同様の傾向が見られ、当該地域の湧水の水質が地下での滞留時間を反映しているといえる。

2.2 イオン成分

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。また、旧市町単位で比較すると、イオン成分は全体的にECと同様の傾向を示し、リン酸を除いて全項目、旧鹿北町及び旧菊鹿町が低い値を示した。

特にNO₃⁻に注目すると、平均12.4mg/L（硝酸性窒素（以下「NO₃⁻-N」という。）として2.8 mg/L）、最高はYG-20の119.6mg/L（NO₃⁻-Nとして27.0mg/L）、次い

表3 旧市町別各項目の平均値、標準偏差及び変動係数

市名 (旧市町名)	山 鹿 市					
	旧山鹿町	旧鹿北町	旧菊鹿町	旧鹿本町	旧鹿央町	全 体
地点数	19	19	16	4	8	66
水温 (°C)	17.2 ± 2.3 (0.13)	14.6 ± 2.9 (0.20)	14.1 ± 3.0 (0.21)	19.3 ± 1.0 (0.05)	16.7 ± 1.3 (0.08)	15.8 ± 2.9 (0.19)
pH	7.2 ± 0.5 (0.06)	7.0 ± 0.3 (0.05)	7.1 ± 0.3 (0.04)	6.7 ± 0.3 (0.04)	7.0 ± 0.4 (0.06)	7.1 ± 0.4 (0.05)
EC (μ S/cm)	196 ± 69 (0.35)	112 ± 40 (0.36)	84 ± 43 (0.51)	167 ± 25 (0.15)	168 ± 36 (0.21)	140 ± 66 (0.48)
Na ⁺ (mg/L)	10.3 ± 4.0 (0.39)	7.2 ± 2.4 (0.34)	5.6 ± 2.9 (0.51)	7.7 ± 1.7 (0.22)	9.7 ± 1.4 (0.15)	8.0 ± 3.4 (0.43)
NH ₄ ⁺ (mg/L)	<0.01(全地点)	<0.01(全地点)	0.08(5地点のみ)	0.01(1地点のみ)	0.02 ± 0.01 (0.57)	0.04 ± 0.07 (1.67)
K ⁺ (mg/L)	5.8 ± 3.3 (0.57)	2.9 ± 2.8 (0.95)	2.8 ± 2.3 (0.82)	4.3 ± 2.2 (0.52)	5.1 ± 3.3 (0.64)	4.1 ± 3.1 (0.76)
Mg ²⁺ (mg/L)	5.8 ± 2.5 (0.44)	2.6 ± 1.4 (0.54)	1.9 ± 1.1 (0.60)	4.5 ± 0.9 (0.21)	3.9 ± 1.0 (0.26)	3.6 ± 2.3 (0.63)
Ca ²⁺ (mg/L)	14.3 ± 6.4 (0.45)	8.5 ± 3.6 (0.42)	5.8 ± 2.7 (0.46)	13.5 ± 3.0 (0.23)	12.8 ± 3.4 (0.27)	10.3 ± 5.5 (0.53)
F ⁻ (mg/L)	0.09 ± 0.17 (1.77)	0.08 ± 0.12 (1.52)	0.05 ± 0.02 (0.38)	0.06 ± 0.03 (0.47)	0.07 ± 0.04 (0.58)	0.07 ± 0.11 (1.50)
Cl ⁻ (mg/L)	6.0 ± 3.4 (0.56)	3.2 ± 0.7 (0.22)	2.9 ± 0.7 (0.25)	4.9 ± 0.7 (0.15)	4.6 ± 1.4 (0.31)	4.2 ± 2.3 (0.55)
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.03(2地点のみ)	0.06(4地点のみ)	0.03(2地点のみ)	0.03(1地点のみ)	<0.01(全地点)	0.04 ± 0.03 (0.68)
Br ⁻ (mg/L)	0.04 ± 0.02 (0.66)	0.01 ± 0.01 (0.52)	0.02 ± 0.01 (0.39)	0.04 ± 0.01 (0.27)	0.04 ± 0.01 (0.33)	0.03 ± 0.02 (0.66)
NO ₃ ⁻ (mg/L)	21.9 ± 28.6 (1.30)	6.9 ± 8.3 (1.20)	5.1 ± 5.8 (1.14)	16.1 ± 7.6 (0.47)	15.3 ± 15.0 (0.98)	12.4 ± 18.2 (1.47)
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	12.7 ± 6.4 (0.50)	7.9 ± 4.9 (0.63)	4.6 ± 2.8 (0.61)	14.6 ± 4.6 (0.31)	10.9 ± 5.1 (0.47)	9.2 ± 5.9 (0.64)
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.21 ± 0.10 (0.47)	0.16 ± 0.12 (0.74)	0.20 ± 0.31 (1.56)	0.09 ± 0.03 (0.34)	0.13 ± 0.08 (0.61)	0.18 ± 0.17 (0.95)
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	61.9 ± 23.0 (0.37)	39.9 ± 13.4 (0.33)	30.9 ± 15.5 (0.50)	49.7 ± 12.4 (0.25)	56.0 ± 12.1 (0.22)	47 ± 20.7 (0.44)
SiO ₂ (mg/L)	54.2 ± 18.4 (0.34)	39.9 ± 23.0 (0.58)	38.9 ± 19.6 (0.50)	45.2 ± 18.7 (0.41)	49.3 ± 24.2 (0.49)	45.3 ± 21.2 (0.47)

表4 他地域との比較表 (各項目の平均値)

市・地域名 (旧町名等)	今回	宇城地域 ⁹⁾		宇土 地域 ¹⁰⁾	熊本市 及び上 益城郡 一部 ¹¹⁾	菊池 地域 ¹²⁾	阿蘇地域 ¹³⁾		上益城地域 ¹⁵⁾	
	山鹿市	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)	U-17、 S-14、 M-11を 除く。	菊池 市、合 志市、 大津 町及び 菊陽 町	北部 地域 ¹⁴⁾ (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。)		
地点数	66	30	34	45	18	44	104	67	27	61
水温 (°C)	15.8	17.4	16.7	17.7	18.1	16.5	14.1	14.3	16.8	14.4
pH	7.1	7.4	7.2	7.0	7.2	7.4	6.9	6.9	7.0	6.9
EC (μ S/cm)	140	246	195	146	209	141	113	130	178	101
Na ⁺ (mg/L)	8.0	7.7	8.1	8.5	11.5	7.9	7.8	7.1	7.8	5.4
K ⁺ (mg/L)	4.1	1.8	3.1	2.4	4.5	3.6	3.5	3.8	3.1	2.3
Mg ²⁺ (mg/L)	3.6	5.5	3.9	4.0	7.7	4.3	3.9	4.4	5.2	2.5
Ca ²⁺ (mg/L)	10.3	33.4	23.5	12.2	15.7	11.8	10.0	11.7	16.0	7.7
F ⁻ (mg/L)	0.07	0.11	0.10	0.04	0.16	0.09	0.24	0.21	0.11	0.04
Cl ⁻ (mg/L)	4.2	4.9	3.6	6.6	8.6	5.1	5.2	4.2	5.3	3.2
Br ⁻ (mg/L)	0.03	0.04	0.02	0.03	0.03	0.08	-	-	-	-
NO ₃ ⁻ (mg/L)	12.4	5.3	6.2	11.3	12.0	12.2	3.7	4.4	9.2	3.9
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	9.2	9.4	7.4	8.2	20.2	6.7	18.4	18.3	12.5	4.8
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.18	0.12	0.15	0.11	0.15	0.15	-	-	-	-
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	46.6	124	94.2	42.8	58.8	46.0	34.2	39.7	79.1	46.2
SiO ₂ (mg/L)	45.3	30.1	44.7	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

でYG-22の62.3 mg/L (NO₃-Nとして14.1mg/L)であり、ともにNO₃-Nとして環境基準である10 mg/Lを超えていた。最低はKH-19の0.13 mg/L (NO₃-Nとして0.03 mg/L)であった。なお、YG-20に次いで高い値を示したYG-22については、荒牧らりが行った昭和63年(1988年)の調査において73.5mg/L (NO₃-Nとして16.6mg/L)を示しており、当時から濃度が高かった地点である。

2.3 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3に示す。7割を超える48地点がI(アルカリ土類炭酸塩型)に含まれ、II(アルカリ炭酸塩型)に8地点、III(アルカリ土類非炭酸塩型)に9地点、IV(アルカリ非炭酸塩型)に1地点(YG-11)が含まれた。

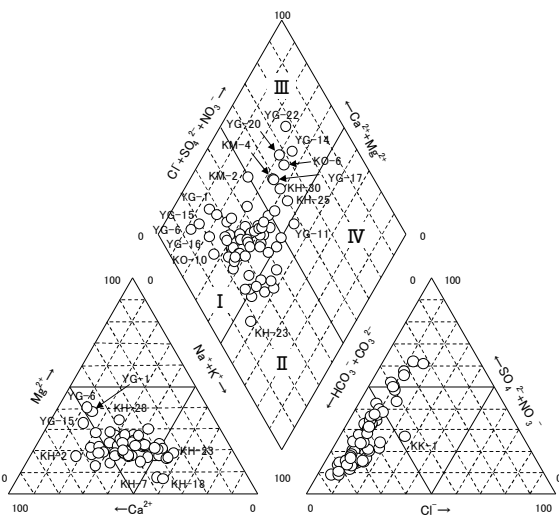


図3 トリリニアダイアグラム (全地点)

陽イオン、陰イオンともにばらつきが見られているが、陰イオンでは、Cl⁻の組成のみ多くの地点が10%付近にありばらつきが小さいという特徴を示した。このことは、県内の他の地域^{9~16)}の湧水に見られる特徴に類似している。

2.4 ヘキサダイアグラム

各地点のヘキサダイアグラムを図4に示す。全体的に溶存イオン成分量の大きい地点は少なく、多くがCa-HCO₃型及びNa-HCO₃型の水質を示した。また、NO₃⁻濃度が高い地点ではCa-SO₄+NO₃型の水質を示した。

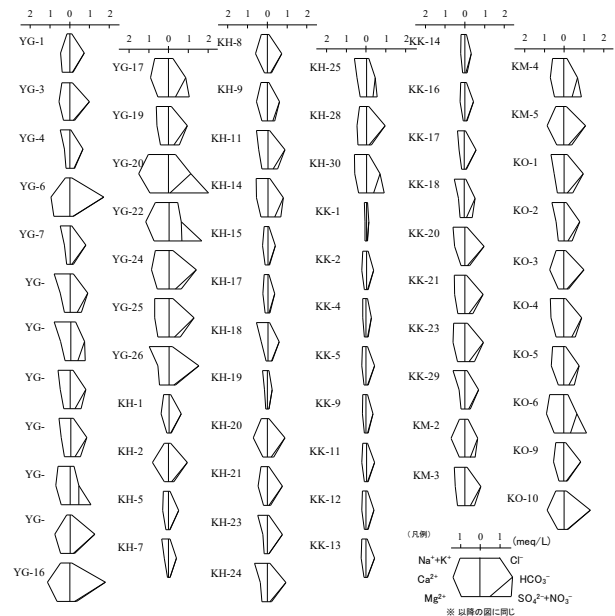


図4 ヘキサダイアグラム (全地点)

2.5 水質の変化

荒牧らりにより水質が記載されている40地点のうち今回採水できた27地点について、当時の水質(昭和60~63年(1985~1988年))と今回の水質について比較した。各測定項目について、横軸に昭和60~63年(1985~1988年)の値、縦軸に今回(2023年)の値をとり散布図として図5に示した。

まず、水温は、外気温の影響を受け大きく温度を下げたKK-13及び17並びにKH-14の3地点を除けば大部分の地点が対角線上付近にあり、大きな変化を示していない。

次に、pHは、6地点を除き多くの地点が±0.5内の変化にとどまった。0.5以上の変化を示した6地点のうちKH-1のみ対角線よりも上部に位置しており、他のKH-8,15及び19, KK-17並びにYG-15の5地点は対角線よりも下部に位置している。最も大きな変化を示したのはKH-8であり、前回に比べて1.1低下した。ECは、5

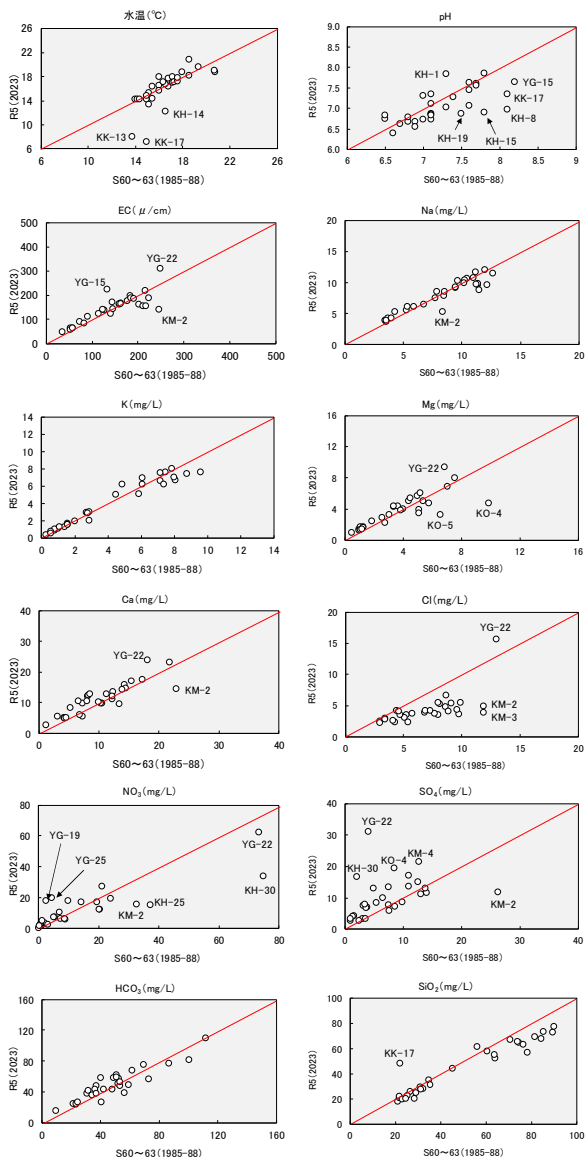


図5 昭和60～63年（1985～88年）と今回の測定値の比較
 (対角線：昭和60～63年（1985～88年）と今回の測定値が等しい線)

地点が50 μ S/cm以上の差を示したが、他の地点は大きな差は見られず、全体的に対角線上にあり、非常に良い一致を示した。最も大きな変化を示したのはKM-2であり100 μ S/cm以上低下しているが、NO₃⁻を含め全体的にイオン成分が減少している。一方、YG-15は90 μ S/cm上昇しているが、溶存イオン成分量にさほど大きな増加はないことから、昭和63年（1988年）の値は低めに測定されている可能性が考えられる。

次に、イオン成分では、陽イオンはMg²⁺のKO-4のように対角線から大きく外れた地点も見られたが、4項目全て全体的に対角線付近にあり、非常に良い一致を示した。一方、陰イオンは、項目ごとに大きく異なっていた。Cl⁻ではYG-22のみ対角線よりも上部に位置し、

他の地点は対角線よりも下部に直線的に位置していた。NO₃⁻では全体的にばらついており、YG-19及び25は対角線の上側に、一方、YG-22、KH-27及び30並びにKM-2は対角線の下側に大きくはずれて位置していた。SO₄²⁻ではほとんどの地点が対角線よりも上部に位置し、YG-22及びKM-2は特に対角線から大きく外れていた。これらに対して、HCO₃⁻のみ全ての地点が対角線付近にあり、非常に良い一致を示した。また、SiO₂については陽イオン及びHCO₃⁻同様、全体的に対角線付近にあり、非常に良い一致を示した。

次に、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、陽イオンは全体的に各項目の組成変化が小さく、1/3強の11地点が2ポイント以下の変化にとどまり、5ポイント以下まで含めると6割弱の18地点が小さな変化にとどまっていた。なお、5地点(KH-19及び30、KK-20並びにKO-4及び5)が10ポイント以上の変化を示したが、20ポイント以上の大きな変化は見られなかった。

一方、陰イオンは陽イオンに比べて全体的に各項目の組成変化が大きく、約1/3の10地点が5～10ポイント、約4割の12地点が10ポイント以上の変化を示した。うちYG-19のみ20ポイント以上の大きな変化を示した。

大きな水質変化を示した5地点（YG-19及び22、KH-30、KO-4及び5）について、昭和60～63年（1985～1988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それぞれ図6及び図7に示す。

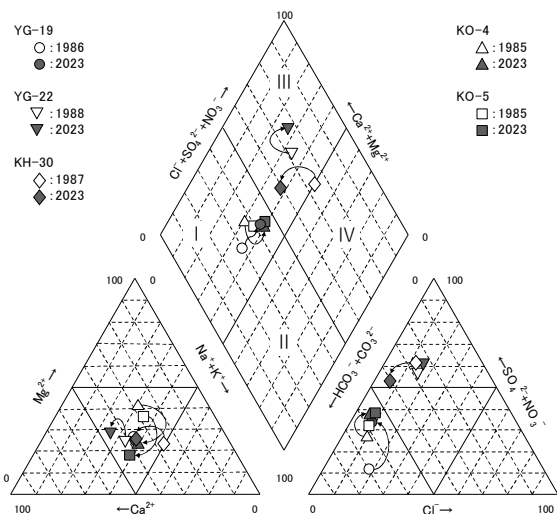


図6 水質の変化（トリリニアダイアグラム）

図7の左側に表示したYG-19ではさほど大きな変化は見られないが、KO-4及び5ではCa²⁺の増加及びMg²⁺の減少によりCa-HCO₃型へ変化している。右側に表示したKH-30及びYG-22は、Na+K-SO₄²⁻+NO₃⁻型及び

Ca-SO₄²⁻+NO₃⁻型という分類は変わらないながらも NO₃⁻の減少とともに SO₄²⁻が増加, Ca²⁺が減少するという水質変化をしている。

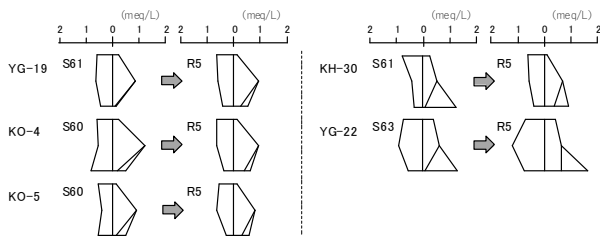


図7 水質の変化 (ヘキサダイアグラム)

ここで、荒牧ら¹⁾の調査時に NO₃-N濃度が高めの値 (7.0mg/Lを超過) を示していた4地点についてその後の NO₃-N濃度の変化を表5に示した。昭和60~63年 (1985~1988年) の調査時に環境基準である10mg/Lを超過していた2地点のうち、YG-22は依然として10mg/Lを超過していたが、KH-30は10mg/L未満となり、昭和61年 (1986年) 当時の半分以下の濃度まで低下している。また、同基準を超過していないもの高めの値を示していたKH-25及びKM-2についても同様に半分以下の濃度まで低減していた。

表5 NO₃⁻-N高濃度地点の濃度変化 (mg/L)

地点No.	1985~1988	2023	差(2023-1985~88)
YG-22	16.6	14.1	-2.5
KH-25	8.4	3.4	-5.0
KH-30	16.9	7.6	-9.3
KM-2	7.4	3.4	-4.0

ここで、NO₃-Nは周辺の土地利用等との関連が大きいと考えられることから、国土地理院他^{16,17)}による航空写真等 (1960年代, 1970年代, 2013年及び2023年) により、それぞれの地点の涵養域と推測される地域の土地利用状況を確認した。その結果、YG-22では、涵養域と思われる北~西側一帯の河岸段丘は1960年代から既に畑地が一面に広がっており、その傾向は現在も変わらず、特に2013年以降はスイカと思われるハウス栽培が盛んとなっている。また、KH-30では、涵養域と思われる西側の台地上は、1960~70年代は一面畑地となっていたが2013年には減少し、ハウス栽培等も行われていたが、現在は果樹園となっている。涵養域における畑地面積の変化、すなわち作物の栽培面積や施肥量の変化等が湧水中の NO₃-N濃度に大きく影響していることが示唆される。

一方、KH-25は山林端の小さな谷の谷頭部に湧出しているが、涵養域と思われる山林側に1960年代以降大

きな変化は見られない。また、KM-2は、上内田川と木野川に挟まれた平地の水田地帯の集落内に湧出しており、1960年代以降周辺の土地利用に大きな変化は見られない。これらの2地点については、窒素負荷源は不明であるが何らかの以前の窒素負荷が無くなった、あるいは小さくなったことによるものと考えられる。

また、荒牧ら¹⁾により調査は行われていないが、今回調査した地点の中で最も高い濃度の NO₃-Nが検出された YG-20では、涵養域と思われる北~西側一帯の河岸段丘は1960年代には林地の間にわずかに畑地があったが、1970年代に畜舎 (YG-20から北西約200m) が設置され、規模を大きくしながら現在に至っている。現在、大きな排水処理及びたい肥化施設が設置されているが、1970年代以降 YG-20周辺に他に窒素負荷 (排出) 源と考えられるものは見当たらず、当該畜舎との関連が考えられる。

ここで、荒牧ら¹⁾の調査時の NO₃-N濃度に対する、今回の調査における NO₃-N濃度と当時のそれとの差の散布図を図8に示す。当時の NO₃-N濃度が高かった地点ほど濃度低下量が大きいことが分かる。

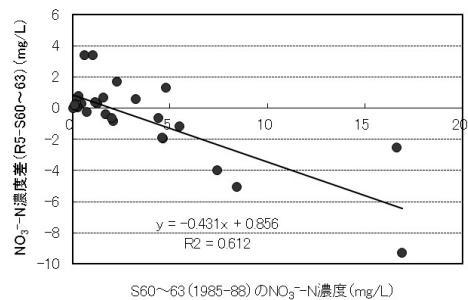


図8 昭和60~63年 (1985~88年) の NO₃⁻-N濃度に対する当時と今回の濃度差の散布図

2.6 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、不検出地点が多い項目 (NH₄⁺, Br⁻及びNO₂⁻) を除いた10項目 (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻及びHCO₃⁻) を使用し、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9に示す。樹形図の距離を50に定めると7つのグループ (A~G) に分類されたことから、各グループに含まれる地点のヘキサダイアグラム (代表例) 及び各成分の濃度の平均値を表6に示した。非常に類似した水質毎に分類できており、廣畑ら⁴⁾が報告した宇土半島における湧水同様、標高と水質との間に関連がうかがえた。また、いくつかのグループは、地点の分布に地域的な偏りを示すものも見られた。

3. 湧出機構

今回の調査地域の地質構造は、前述のとおり変成岩類や深成岩を基盤岩として、その基盤岩を蔽って阿蘇火砕流堆積物及び砂礫層が洪積台地を構成し、菊池川両岸に低地堆積物（沖積層）が分布する。北側の県境には筑肥山地に属する山々が連なり、また東西南の市境には山々や山地性丘陵が分布しており、当該地域には他からの地下水の流入はないものと考えられる。そのため、菊池川両岸の低地堆積物における地下水流動を除くと、より標高の高い場所に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ある程度単純な構造であると考えられる。この点を踏まえ、前述のクラスター解析結果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（≒イオン成分量）を流下してきた距離として捉えるとともに、NO₃⁻濃度を人の活動の影響の程度と捉えている。

図10に推察される各グループの湧出機構（模式図）を示すとともに、表7にいくつかの類似したグループをまとめて4つの型としてそれぞれの湧出機構をまとめ、その4つの型の分布状況を図11に示した。市北東部（旧鹿北町東部～旧菊鹿町北部）の山岳地域にEグループの高位部・局所流動型が分布し、市北部（旧山鹿市北部～旧鹿北町北東部～旧菊鹿町北部）の山麓地域にEグループの高位部～中部部・広域流動型が分布する。また、市北東部を除く市域全体にB、C及びFグループの中部部～低位部・広域流動型が分布し、その中にD及びGグループの低位部・局所流動型が主に河川段丘の崖下で湧出している。

なお、今回は水質の点からの推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。

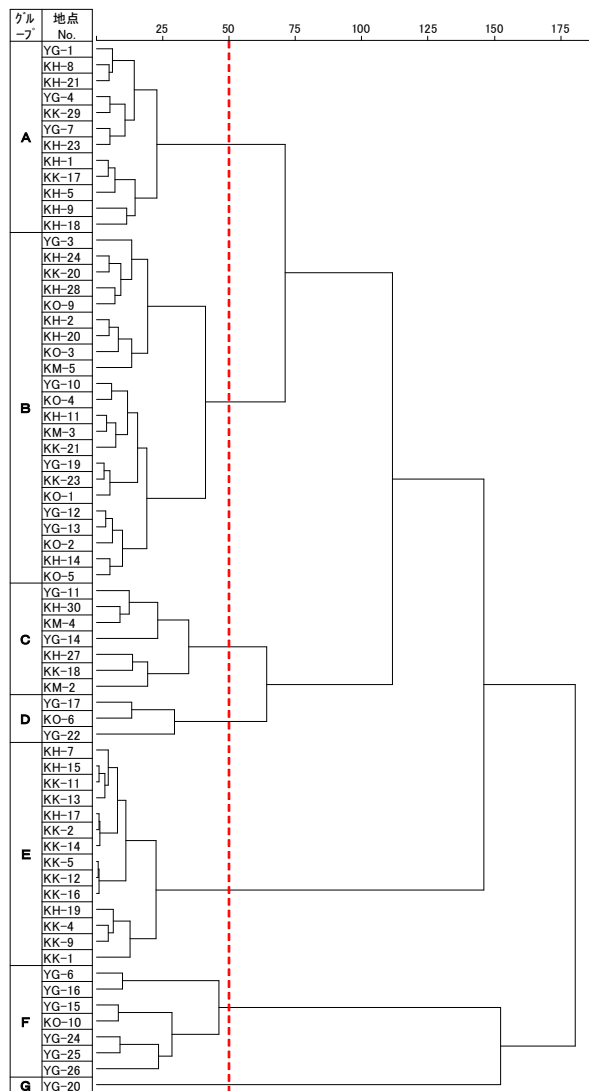


図9 デンドログラム

表6 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	地点数	ヘキサダイアグラム代表例	平均値 (EC: μS/cm, イオン成分及びSiO ₂ :mg/L, 標高:m)											水質等の特徴	
			pH	EC	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂		標高
A	12		7.1	102	7.1	2.8	2.2	7.4	2.9	3.0	6.4	40.8	41.7	188	溶存イオン成分の少ないCa-HCO ₃ 型またはNa-HCO ₃ 型。Eグループに次いで標高が高く、溶存イオン成分の濃度が低い。
B	22		7.0	156	9.1	5.2	3.9	11.2	4.2	11.7	10.7	55.1	54.2	79	Aグループよりも溶存成分の多いCa-HCO ₃ 型またはNa-HCO ₃ 型。Cグループに類似しているが、Cグループよりも陰イオン中のHCO ₃ ⁻ の比率が大きい。
C	7		6.8	173	9.3	6.6	4.2	11.4	5.2	24.4	15.5	36.2	58.3	68	主にCa-SO ₄ +NO ₃ 型またはNa-SO ₄ +NO ₃ 型。Bグループに類似しているが、BグループよりもNO ₃ ⁻ 濃度が高い。
D	3		6.9	267	11.2	8.2	7.3	19.8	10.5	51.5	21.9	44.2	64.0	42	Ca-SO ₄ +NO ₃ 型。Gグループに次いで溶存成分の濃度が高く、標高が低い。NO ₃ ⁻ も高い値を示しているが、Gグループとは異なりSO ₄ ²⁻ の比率は小さい。
E	14		7.1	56	4.0	1.1	1.2	4.3	2.5	1.8	3.0	21.1	25.6	370	溶存成分の非常に少ないCa-HCO ₃ 型。各溶存成分の濃度が他グループに比べて最も低い。標高は最も高く、Bに次いで多い1/5の地点が含まれた。
F	7		7.5	198	10.2	3.5	6.7	16.9	4.7	7.9	10.8	89.0	38.4	47	溶存イオン成分が多くHCO ₃ ⁻ に富んだCa-HCO ₃ 型と溶存成分の少ないCa-HCO ₃ 型またはNa-HCO ₃ 型の異なる2種の水質の地点が含まれた。他グループに比べMgの比率が大きい。
G	1		7.0	388	17.8	9.8	11.6	30.3	12.5	119.6	4.5	69.5	67.1	25	Ca-SO ₄ +NO ₃ 型。一部の項目を除いて溶存成分の濃度が最も高く、NO ₃ ⁻ は特に高い値を示している。標高は最も低く、SO ₄ ²⁻ の比率が小さい。

表7 湧出機構

グループ	型	詳細
E	高位部・局所流動型	・主に高位部（最源流部含む。標高300m以上）の宙水構造に伴い湧出するもの。 ・イオン成分が非常に少なく、人の活動（施肥等）による影響を受けていない。 ・市北東部（旧鹿北町東部～旧菊鹿町北部）の山岳地域に分布する。
A	高位部～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。 ・イオン成分が少なく、人の活動（施肥等）による影響を受けていない。 ・市北部（旧山鹿市北部～旧鹿北町北東部～旧菊鹿町北部）の山麓地域に分布する。
B C F	中位部～低位部・広域流動型	・主に高位部～中位部で涵養された地下水山麓又は河川付近で湧出するもの。 ・一部に人の活動（施肥等）により影響を受けた地点も見られる。 ・市北東部を除く市域全体に分布する。
D G	低位部・局所流動型	・主に河川段丘の崖下で湧出する。 ・限られた涵養域における人の活動（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、NO ₃ ⁻ 濃度が高い。

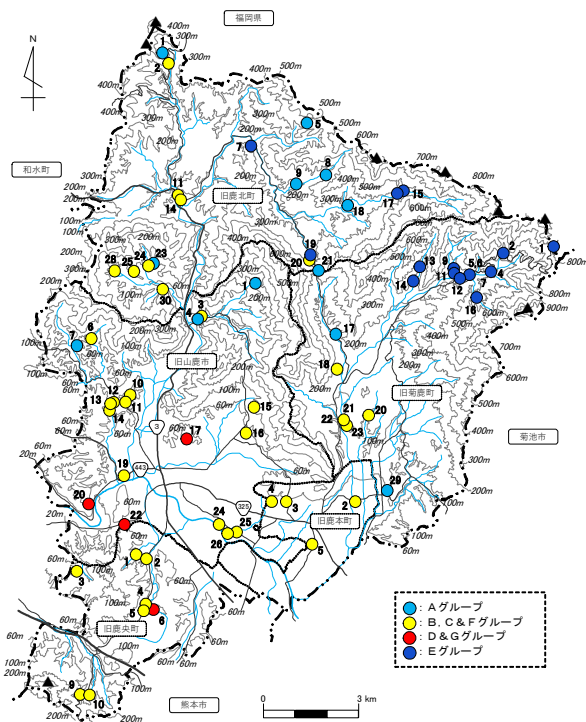


図11 湧出機構の型の分布状況

まとめ

山鹿市の湧水の詳細位置（緯度経度）及び現在の状況並びに水質を調査した。

- 1) 調査108地点中、96地点の位置を特定し、6地点の涸渇あるいは埋没を確認するとともに、82地点の湧出を確認した。
- 2) 溶存イオン成分量の差はあるが、大部分がCa-HCO₃型あるいはNa-HCO₃型の水質を示した。また、NO₃⁻

濃度が高い地点ではCa-SO₄+NO₃型の水質を示した。

- 3) 今回の水質と35年前の水質とを比較した結果、陽イオン4項目の濃度は一部の地点を除き非常に良い一致を示すとともに、陽イオンの各項目の組成比率は全体的に変化が小さかった。一方、陰イオン4項目の濃度は、非常に良い一致を示したHCO₃⁻を除く3項目にばらつきが見られるとともに、陰イオンの各項目の組成比率は、約4割の地点が10ポイント以上の変化を示した。
- 4) 35年前にNO₃⁻-N濃度が7.0mg/Lを超過していた4地点について、YG-22は依然として10mg/Lを超過していたが、KH-30は10mg/L未満となり、半分以下の濃度まで低下した。35年前に10mg/Lを超過していなかったKH-27及びKM-2についても同様に半分以下の濃度まで低下した。
- 5) クラスタ解析により7つの型に分類され、標高と水質とに関連がうかがえるとともに、地点の分布に地域的な偏りを示すグループも見られた。
- 6) クラスタ解析結果等を基に、地点を4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。

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) 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) -玉名・鹿本地域 北部版-, (1996).
- 3) 山鹿市史編纂室編: 山鹿市史 上編, (1985).
- 4) 鹿北町町誌編纂委員会編: 鹿北町誌, (1974).
- 5) 菊鹿町史編集委員会編: 菊鹿町史 本編, (1996).
- 6) 平川 厚編: 鹿本町史, (1976).
- 7) 鹿央町史編纂室: 鹿央町史 上巻, (1989).
- 8) 山鹿市老人クラブ連合会山鹿支部環境部会: 旧山鹿市(1町7村)内の溜池・湧水調査報告書 平成17年～18年調査, (2007).
- 9) 廣畑昌章, 眞田知征, 芹川大成, 松崎達哉: 熊本県保健環境科学研究所報, 51, 32-45 (2021).
- 10) 廣畑昌章, 西島 遥, 眞田知征, 小原彬生, 木野世紀: 熊本県保健環境科学研究所報, 50, 45-58 (2020).
- 11) 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).
- 12) 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, 102-106 (2011).

- 13) 廣畑昌章：熊本県保健環境科学研究所報, 25, 54-58 (1995).
 14) 廣畑昌章：熊本県保健環境科学研究所報, 26, 64-69 (1996).
 15) 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).
 16) 地理院地図 / GSI Maps (国土地理院) .
<https://maps.gsi.go.jp/> (2023年8月閲覧) .
 17) Google Map.
<https://www.google.co.jp/maps/> (2023年8月閲覧) .

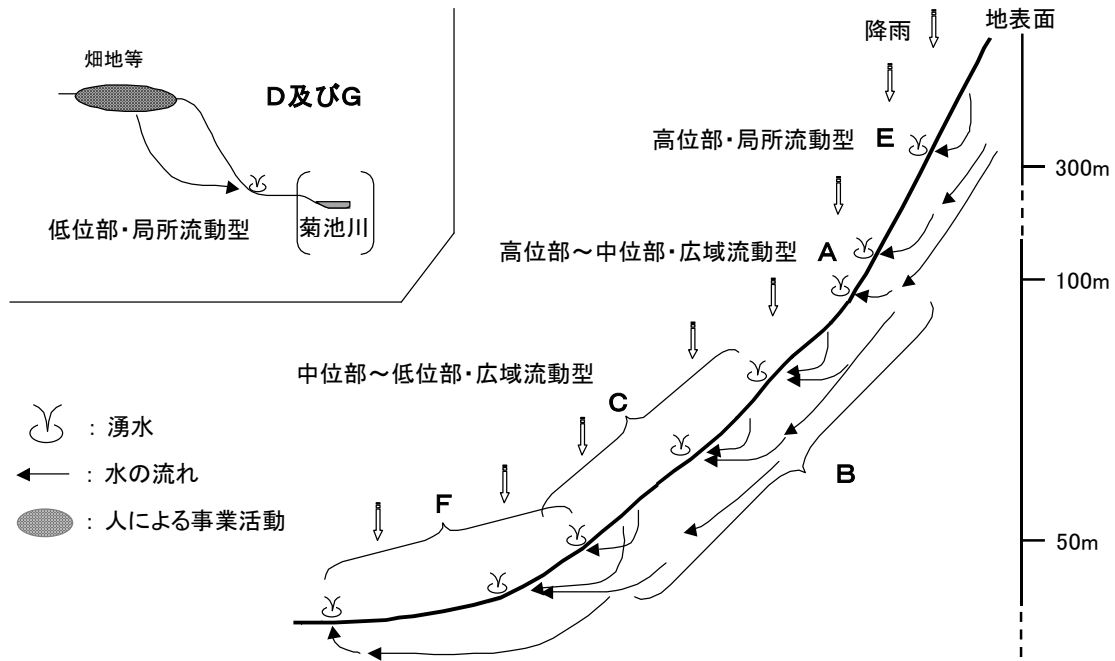


図10 湧出機構 (模式図 (断面))

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	名水百選選定	緯度 経度	状況			採水日 (2023年)
							調査日	湧出	詳細	
YG-1	川久保水源(明神谷)	湧水	山鹿市小坂字川久保	a), b)	昭和	33.08345 130.71959	2010/9/13 2023/2/5	湧出あり	小坂明神谷の諏訪神社横に導水されているが、湧出ヶ所は未確認。	2/5
YG-2	城山出水	湧水	山鹿市小坂字上小坂	c)	—	33.07164 130.70734	2010/12/12 2023/2/5	湧出確認 できず	マスにきれいな水が溜まっているが、明確な湧出は確認できず。	—
YG-3	野辺田西の肥後の出水	湧水	山鹿市小坂字野辺田	c)	—	33.07289 130.69828	2010/9/20 2023/4/30	湧出あり	「小坂の磨崖仏」の下から湧出。地域づくり協議会の説明板には磨崖仏に関する説明はあるものの、磨崖仏と当該湧水の関係には特に説明なし。	4/30
YG-4	野辺田観音堂の出水	湧水	山鹿市小坂字野辺田	c)	—	33.0728 130.69795	2010/9/20 2023/1/28	湧出あり	観音堂石段横の壁面から湧出。塩ビパイプが挿してあり利用できるよになっている。	1/28
YG-5	桑津留岩の下の出水	湧水	山鹿市小坂字下小坂	c)	—	33.07088 130.69839	2010/9/20 2023/1/28	湧出あり	県道津留鹿本線脇で湧出。円型のコンクリート蓋が掛けてあり中をうかがうことはできず。道路向かいの側溝に排水されていることで湧出を確認。	—
YG-6	湯の葉山の農業用水	湧水	山鹿市平山	c)	—	33.06381 130.65483	2010/11/21 2023/1/28	湧出あり	すぐそばに農業用ポンプが設置されており、農業用水として利用されていると思われる。岩壁の下から湧出しており、小川の水溜りとなっている。	1/28
YG-7	釘の元湧水	湧水	山鹿市平山	c)	—	33.06124 130.64978	2010/11/21 2023/1/28	湧出あり	集落のはずれ、竹林と耕作放棄地との境にある。石板で作られたマスがあるが、現在特に利用されておらず、手入れもなされていない。	1/28
YG-8	でみずさん	湧水	山鹿市寺島	a)	—	33.04681 130.68579	2010/9/4 2023/1/28	湧出確認 できず	2011.4.17調査時から既に湧出は確認できず、溜まり水状態であった。今回、当該地を含め周辺に小さな水溜まりが数ヶ所見られたが明確な湧出確認できず。	—
YG-9	常法寺	湧水	山鹿市寺島	a)	—	33.04569 130.68527	2011/4/17	涸渇	2011.4.17調査時に同寺への聞き取りの結果、枯渇したとの情報あり。	—
YG-10	妙見平井戸	湧水	山鹿市城	c)	—	33.04579 130.67131	2010/11/21 2023/1/28	湧出あり	集落端の水神の前に石畳が敷かれ、そこに石板に囲まれた湧水マスがある。歴史を感じさせる趣のある湧水である。	1/28
YG-11	佃平井戸	湧水	山鹿市城	c)	—	33.04315 130.66909	2010/11/21 2023/1/28	湧出あり	湧出マスに加え2つのマスを持つ昔ながらの典型的な井川であるが、湧出量は少ない。	1/28
YG-12	記念碑横の湧水	湧水	山鹿市小群	a)	—	33.04324 130.66258	2010/3/28 2023/1/28	湧出あり	YG-13のすぐそばにあり、構造も良く似ているが、こちらには小屋は建てられていない。その分、周囲の風景に溶け込んだ昔ながらの井川である。	1/28
YG-13	平井川(小群)	湧水	山鹿市小群	a), b)	—	33.04306 130.66247	2010/3/28 2023/1/28	湧出あり	湧出マスに加え2つのマスを持つ昔ながらの典型的な井川である。全体を覆う木造の小屋が掛けられており非常に趣がある。清掃も行き届き地元の方々に大事にされている湧水。	1/28
YG-14	平井川近くの湧水	湧水	山鹿市小群	a)	—	33.04166 130.6631	2010/3/28 2023/1/28	湧出あり	YG-12及びYG-13のそばにあり、構造も類似。水田の中にある井川といった風情がある。	1/28
YG-15	一つ目神社の湧水	湧水	山鹿市久原字堀の内	a), b)	昭和	33.04204 130.72247	2010/3/28 2023/1/21	湧出あり	公園奥の杉林の下、鉄格子の奥の岩壁下から大量に湧出。岩壁下から突如小川が流れ出ている印象あり。ため池の水源として利用されている。	1/21
YG-16	井川さん(犬塚)	湧水	山鹿市久原字犬塚	a), b)	—	33.03332 130.71775	2010/3/28 2023/1/21	湧出あり	公民館横のトタン小屋の中から湧出。小屋の横に2つのコンクリートマスがある。	1/21
YG-17	水上池の水源	湧水	山鹿市下吉田	c)	—	33.03045 130.69486	2010/12/5 2023/2/12	湧出あり	水上池の上流側、雑木林の中の崖下から湧出。小川程度の水量あり。	2/12
YG-18	井川さん(宮崎家の湧水)	湧水	山鹿市下吉田字本村	d)	—	33.02416 130.69573	2010/3/28 2023/4/30	湧出あり	わずかではあるが湧出。近くの民家1軒で雑用に利用されている。	—
YG-19	清水さん(鍋田)	湧水	山鹿市鍋田	a), b)	平成	33.01829 130.66847	2010/3/28 2023/1/28	湧出あり	2010.3.28調査時以降、湧水池を公園として整備されている。数ヶ所での湧出が見られる。	1/28
YG-20	弁天湧水	湧水	山鹿市保多田8区	c)	—	33.00775 130.65509	2010/9/20 2023/2/12	湧出あり	厳島神社石段登り口隣に湧出。側面を塩ビ波板で囲まれた小屋が建てられている。	2/12
YG-21	岩下の湧水	湧水	山鹿市小原	c)	—	33.00519 130.66312	2010/11/13 2023/8/13	湧出確認 できず	岩の下にきれいな水が溜まっているが、明確な湧出は確認できず。	—
YG-22	でみずさん(長岩)	湧水	山鹿市志々岐	a), b)	—	33.00184 130.67057	2010/1/17 2023/1/28	湧出あり	溶結凝灰岩の壁面下から湧出。小さな池が作られており全体的にはある程度の水量あり。	1/28
YG-23	凝灰岩の崖からの水	湧水	山鹿市志々岐	a)	—	—	—	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。	—
YG-24	日の出団地下の出水さん	湧水	山鹿市方保田	c)	—	33.00195 130.70807	2010/12/5 2023/2/12	湧出あり	県道方保田山鹿線脇の竹藪の中から湧出しており非常に分かりづらい。	2/12
YG-25	平清水(方保田)	湧水	山鹿市方保田	a)	—	32.99977 130.71429	2010/8/28 2023/2/12	湧出あり	湧水マスを囲む石板は摩耗して丸くなるなど昔ながらの井川の風景を残しているが、マス内に藻や水草が生えており清掃が行き届いていない。	2/12
YG-26	大道小学校下の湧水	湧水	山鹿市方保田	c)	—	32.9987 130.71144	2010/8/28 2023/2/12	湧出あり	段差のある3つのコンクリートマス、洗い場まで覆う大きな小屋が特徴的な井川であり、近代的な印象を受ける。	2/12
YG-27	竜宮の池	湧水(池)	山鹿市坂田	a)	—	32.99928 130.65024	2010/9/12 2023/1/28	湧出確認 できず	円形の池。他からの水の流入がないことから当該地で湧出しているものと考えられるが詳細不明。	—
YG-28	白入堂	湧水	山鹿市小原	c)	—	32.9922 130.6625	2010/11/13 2023/8/13	埋没	2010.11.13調査時に既に土砂で埋没した状態であり、湧出も確認できなかった。2023年に明確な位置を確認できず、緯度経度はおおよその値。	—
KH-1	清水(柚木谷)	湧水	山鹿市鹿北町岩野字柚木谷	a), b)	—	33.16199 130.68406	2011/4/17 2023/2/5	湧出あり	湧出ヶ所は石が散乱するなど手入れがなされておらず、非常に分かりにくくなっている。湧水量は非常に少ない。	2/5

No.	名称	分類	所在地	文献等	名水百選選定	緯度 経度	状況			採水日 (2023年)
							調査日	湧出	詳細	
KH-2	しょうちゅう水	湧水・河川水	山鹿市鹿北町岩野	a), b)	—	33.1598 130.68692	2010/6/19 2023/2/5	湧出あり	以前は旧県道沿いまでパイプで導水されていたが2023.2.5時点では導水されておらず。旧貯水槽付近に沢水が流れ込んでいる。	2/5
KH-3	信国家の湧水	湧水	山鹿市鹿北町岩野字竹の谷	a)	—	33.14871 130.67232	2010/6/19	埋没	2010.6.19調査時に既に土砂で埋没した状態であり、湧出も確認できなかったが、周囲からわずかに湧出あり。	—
KH-4	三次記水源	不明	山鹿市鹿北町椎持	b)	—	—	—	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。なお、KH-5に近いことから、KH-5のことも考えられたが詳細は不明。	—
KH-5	仙寿の森湧水公園	湧水	山鹿市鹿北町椎持	d)	—	33.13824 130.74296	2010/9/20 2023/4/23	湧出あり	2010.9.20調査当時から既に湧出ヶ所一帯は公園として整備されている。湧水は塩ビパイプにより採水できるようになっている。	4/23
KH-6	上中の湧水	湧水	山鹿市鹿北町岩野字上中	a)	—	—	2010/6/19	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。	—
KH-7	冷や水湧水 小川内水汲み場	湧水	山鹿市鹿北町椎持字小川内	d)	—	33.13086 130.72027	2010/9/13 2023/4/23	湧出あり	県道脇に水汲み場として整備されている。水源は約2km離れた「冷や水」という鎌岳の麓の湧水。	4/23
KH-8	須屋上水道水源	湧水	山鹿市鹿北町椎持字須屋	a), b)	—	33.12035 130.74898	2010/12/12 2023/4/23	湧出あり	集落の川向い杉林の中から湧出。湧出ヶ所と貯水槽は金網フェンスで囲まれている、周囲数ヶ所からも湧出しており、その1ヶ所から採水。	4/23
KH-9	南松尾の湧水	湧水	山鹿市鹿北町椎持字南松尾	d)	—	33.11768 130.73875	2010/12/12 2023/4/23	湧出あり	民家と畑地の間で湧出。丸石と石板で囲まれたマスがあり、その上を丸太と塩ビ波板の屋根のある小屋が覆っている。	4/23
KH-10	宮迫水道水源	湧水	山鹿市鹿北町岩野	b)	—	33.11571 130.69900	2010/9/4 2023/8/13	湧出あり	古いポンプ小屋が残るのみで現在特に利用されていない。小屋隣の塩ビパイプから湧出しているが、湧出箇所は不明。	—
KH-11	妙見水道水源	湧水	山鹿市鹿北町岩野	b)	—	33.11396 130.68915	2011/4/17 2023/2/5	湧出あり	公民館前で湧出し、比較的大きな貯水槽に貯められ、生活用水として利用されている。	2/5
KH-12	西牟田家の湧水(井川さん、徳泉寺跡)	湧水	山鹿市鹿北町岩野字陣内	a), b)	—	33.11312 130.69644	2010/9/4 2023/8/13	湧出あり	奥の湧出マスの奥から湧出し、手前の池に流出している。今も西牟田家で利用されている。	—
KH-13	岩田家の湧水	湧水	山鹿市鹿北町岩野字陣内	a), b)	—	33.11314 130.69341	2010/9/4 2023/2/5	湧出確認 できず	2010年及び2023年の調査時に不在であり聞き取りできず。手前の排水路に水があるので湧出している可能性もあるが詳細不明。	—
KH-14	田中家の湧水	湧水	山鹿市鹿北町岩野字陣内	a), b)	—	33.11291 130.69302	2010/9/4 2023/2/5	湧出あり	石で囲まれた湧水マスに木柱トタン屋根の小屋が掛けられている。昔ながらの井川の風情あり。	2/5
KH-15	茂田井上水道水源	湧水	山鹿市鹿北町多久字茂田井	a)	—	33.11519 130.78409	2010/9/4 2023/4/23	湧出あり	岩野川沿いの斜面にから湧出。水道水源として貯水槽が設置されており、上部のパイプから溢流している。	4/23
KH-16	堀江家の湧水	湧水	山鹿市鹿北町多久字茂田井	a)	—	—	—	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。	—
KH-17	茂田井の湧水	湧水	山鹿市鹿北町多久字茂田井	d)	—	33.11494 130.7804	2010/9/4 2023/4/23	湧出あり	KH-16のことも考えられるが、隣家に聞く限りでは別の湧水と考えられる。集落内道路脇の崖下から湧出。	4/23
KH-18	湯の水水源(金原の湧水)	湧水	山鹿市鹿北町多久字金原	b)	昭和	33.10945 130.7563	2010/9/4 2023/4/23	湧出あり	岳間溪谷に向かう道路沿いに水汲み場がある。水を汲みに来る人が絶え間ないほどの人気の場所になっている。	4/23
KH-19	荒平の湧水(天満宮のそば)	湧水	山鹿市鹿北町多久字荒平	a)	—	33.09417 130.74409	2010/6/27 2023/4/23	湧出あり	天満宮北側の雑木林の中から湧出。この水を一旦円型マスに貯めた後、旧県道側へ導水されている。	4/23
KH-20	荒平の湧水(かなあな)	湧水	山鹿市鹿北町多久字荒平	a), b)	—	33.09321 130.74384	2010/6/27 2023/1/21	湧出あり	集落入口の道路脇、岩壁の下に穴が開いておりその中のマスに湧出。水量は非常に少ない。	1/21
KH-21	荒平の湧水(旧町境の杉林の中)	湧水	山鹿市鹿北町多久字荒平	a), b)	—	33.08843 130.74755	2010/12/12 2023/1/21	湧出あり	旧菊鹿町との町境の杉林の中の岩壁の割れ目から湧出。2つの貯水槽を経て県道側へ導水されている。	1/21
KH-22	山神水道水源	湧水	山鹿市鹿北町四丁	b)	—	33.08894 130.70721	2010/12/12	湧出あり	2010.12.12時点では円型貯水槽内から水音がすることで湧出を確認。2023年には湧水に通じる道路に猪防除柵があり確認を断念。	—
KH-23	ふじかずら下の湧水	湧水	山鹿市鹿北町芋生字枝川内	d)	—	33.09012 130.67839	2010/5/2 2023/2/5	湧出あり	山鹿市指定文化財「枝川内のフジ」の下に湧出。現在7~8軒で利用されている。	2/5
KH-24	宇曾の井川	湧水	山鹿市鹿北町芋生字枝川内	d)	—	33.08869 130.67655	2010/11/20 2023/2/5	湧出あり	2010.11.20調査時に「宇曾井戸組」として12軒の名が書かれ利用されていたが、現在の利用状況は不明。	2/5
KH-25	枝川内の湧水(くちのつぼ)	湧水	山鹿市鹿北町芋生字枝川内	a)	—	33.08789 130.67266	2011/4/17 2023/2/5	湧出あり	文献a)に「枝川内の湧水」として写真が掲載されている湧水と判断される。2011.4.17調査時は周囲は水田及び杉林であったが、2023.2.5調査時には周囲の杉は伐採され、水田は耕作放棄地となっていた。	2/5
KH-26	枝川内の湧水(中山川川底)(井手口家所有湧水)	湧水	山鹿市鹿北町芋生字枝川内	a)	—	33.08821 130.67736	2010/11/20	不明	文献a)に記載のとおり川底にコンクリートマスが設置されている珍しい湧水。湧出は不明。	—
KH-27	枝川内の湧水(浦方集落への道路から400m程上った杉林の中)	湧水	山鹿市鹿北町芋生字枝川内	a)	—	—	—	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。	—
KH-28	妙見さんの井川さん	湧水	山鹿市鹿北町芋生字浦方	a), b)	—	33.08854 130.66441	2010/6/19 2023/2/5	湧出あり	浦方妙見神社の湧水。2010.6.19調査時白濁し湧出も確認できなかったが、2023.2.5調査時は湧出あり。	2/5
KH-29	浦方の湧水(名称不明)	湧水	山鹿市鹿北町芋生字浦方	d)	—	33.08688 130.66665	2010/6/19 2023/2/5	湧出あり	湧出マスは土砂で埋没しているが、壁面から少しづつ湧出。現在、特に利用されていない。	—

No.	名称	分類	所在地	文献等	名水百選選定	緯度 経度	状況			採水日 (2023年)
							調査日	湧出	詳細	
KH-30	清水(黒猪)	湧水	山鹿市鹿北町芋生字黒猪	a)	—	33.08269 130.66968	2011/4/17 2023/2/5	湧出あり	道路拡幅工事の際に道路下となったため、道路脇側溝へに導水されている。	2/5
KH-31	水田の湧水	湧水	山鹿市鹿北町芋生	a)	—	—	—	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。	—
KK-1	宿ヶ峰尾峠の湧水	湧水	国有林(山鹿市菊鹿町矢谷の奥)	a), b)	—	33.09552 130.84362	2010/10/16 2023/4/23	湧出あり	大分県との県境の峠の頂上の湧水。土壁面からの湧水を集めて道路側へと導水されている。	4/23
KK-2	面風川の湧水(面風橋近くの両岸の湧水)	湧水	国有林(山鹿市菊鹿町矢谷の奥)	a), b)	—	33.09394 130.82231	2010/10/16 2023/4/23	湧出あり	文献a)には「面風橋近くの両岸の湧水」と記載されているが、該当する湧水は確認できず、可能性の高い湧水として選定した。	4/23
KK-3	面風橋から250m上った道路脇	湧水	国有林(山鹿市菊鹿町矢谷の奥)	a)	—	—	—	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。	—
KK-4	おどし山荘そばの湧水	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷	d)	—	33.08808 130.81836	2010/12/19 2023/4/30	湧出あり	道路脇の石垣の下、数ヶ所から湧出しており、全体として相当の水量あり。	4/30
KK-5	古家家の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字威	a), b)	—	33.08671 130.81000	2023/4/30	湧出あり	古家宅入口の湧水はKK-6であり、古家家の湧水は家屋内にある。現在も生活用水として利用されている。	—
KK-6	河津家の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字威	a), b)	—	33.08659 130.81008	2010/10/16 2023/4/30	湧出あり	西隣の古家宅入口にある。以前よりも水量は減ったが、現在2軒で利用されている。	4/30
KK-7	河津家の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字威	a), b)	—	33.08621 130.81099 (養殖マスの位置)	2010/10/16	湧出あり	湧出箇所は未確認だが、2010.10.16当時河津さんへ聞き取りのうえ湧出を確認。	—
KK-8	内田簡易水道水源	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字番所	a), b)	—	33.08786 130.80484 (貯水槽の位置)	2023/4/30	不明	現在利用されていない。湧出ヶ所は雑木林となっており、近づくことは困難であるため湧出を確認できず。貯水槽までの間のパイプが破損しており、元貯水槽まで導水されておらず。	—
KK-9	内田簡易水道水源登り口の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字番所	a)	—	33.08708 130.80443	2023/4/30	湧出あり	文献a)に記載のある洗い場はなくなっており、特に利用されていない。山側の石垣の下から湧出。	4/30
KK-10	井川	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字番所	a), b)	—	—	—	—	文献b)で示されている位置はほぼKK-11と同じであるが、KK-11を指すのかあるいは他にあるのか詳細は不明。	—
KK-11	家入家の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字番所	a)	—	33.08714 130.80354	2010/11/3 2023/2/11	湧出あり	丸石で円型に囲まれた湧水マスに木造の小屋が建てられており、昔ながらの井川の風情がある。	2/11
KK-12	児玉家の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字番所	a), b)	—	33.08643 130.80505	2010/10/16 2023/4/30	湧出あり	水が豊富な地域であり、周辺数ヶ所から湧出が見られる。昔ながらの井川といった風情がある。現在特に利用されていない。	4/30
KK-13	浦矢谷水道水源	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字浦矢谷	a), b)	—	33.08971 130.78906	2010/11/3 2023/2/11	湧出あり	浦矢谷川沿いの岩壁の割れ目から湧出している。大部分は水道水源として利用されているが、一部はそのまま河川に滴り落ちている。	2/11
KK-14	井川さん(浦矢谷)	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字浦矢谷	a), b)	—	33.0855 130.78691	2010/6/27 2023/2/11	湧出あり	丸石で半円型に囲まれた湧水マスに木柱スレート屋根の小屋が建てられているが、現在特に利用されていない。	2/11
KK-15	瀬野水道水源	湧水	山鹿市菊鹿町相良字瀬野	a), b)	—	33.08608 130.77687	2010/11/3 2023/4/30	湧出あり	瀬野川に架かる上瀬野橋のそばの貯水タンクに導水されている。タンク内から絶えず水音がしているため湧出は確認できたが、直接湧出口は確認できず。	—
KK-16	山の神	湧水	山鹿市菊鹿町矢谷字山ノ神	a), b)	—	33.07826 130.81244 (養魚場の位置)	2023/4/30	湧出あり	山の神養魚場の水道として利用されている。同養魚場への聞き取りの結果、湧出は確認できたが、湧出口へは藪になっていて近付けないとのことであり確認を断念。	4/30
KK-17	かさ塩井神社の湧水	湧水・河川水	山鹿市菊鹿町山内字傘ヶ	a), b)	—	33.0678 130.75221	2010/6/27 2023/1/21	湧出の可能性	神社奥の10m程の岩壁を河川水が滴り落ちている。しかし一部に岩壁の割れ目から流れ出ている水も見られることから、ここで湧出している可能性あり。	1/21
KK-18	中村の水田横の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町山内字中村	d)	—	33.04978 130.75634	2023/1/21	湧出あり	県道横の元畑と竹林の境目、岩壁の割れ目から湧出。近くの水田用水として利用されている。	1/21
KK-19	洗切の水田横の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町長字洗切	d)	—	33.04920 130.75610	2010/12/19 2023/1/21	湧出あり	2010.12.19調査時に湧出を確認したが、2023.1.21調査時には湧出口の壁面が少し崩れ埋没しており、湧水量は非常に少ない。	—
KK-20	はついけさん	湧水	山鹿市菊鹿町太田字太田	a), b)	—	33.0393 130.76922	2010/5/2 2023/2/11	湧出あり	湧水マスから越流していないが、マス内の水は非常にきれいであり湧出しているものと思われる。	2/11
KK-21	旧県道9号線沿いの崖からの湧水	湧水	山鹿市菊鹿町長字長谷	a), b)	—	33.03748 130.75729	2010/5/2 2023/1/21	湧出あり	旧県道沿いの岩壁から湧出。塩ビパイプにより道路側へ導水されている。KK-22に隣接しており同一の水脈と考えられる。	1/21
KK-22	長谷地区の湧水(永野家前の湧水)	湧水	山鹿市菊鹿町長字長谷	d)	—	33.03712 130.75731	2010/5/2 2023/1/21	湧出あり	永野家裏の岩壁の割れ目から大量に湧出。数ヶ所で取水されているが、一部は同家の裏庭に導水されている。	—
KK-23	長谷の水道水源	湧水	山鹿市菊鹿町長字長谷	d)	—	33.03655 130.75823	2010/6/27 2023/1/21	湧出あり	現在でも16~17軒で利用する水道水源。時季的に水量が足りないことがあるので、そのときはKK-22側から導水している。	1/21
KK-24	若宮の湧水(集落北側)	井戸	山鹿市菊鹿町下内田字若宮	a)	—	33.03019 130.75460	2010/12/19 2023/1/21	涸渇	集落道脇の竹林の中にポンプがあるのみで湧水池及びそれららしき跡なし。ポンプに電源が来ていることから何かしら利用されている可能性あり。	—
KK-25	若宮の湧水(集落南側)	湧水	山鹿市菊鹿町下内田字若宮	a), b)	—	33.03113 130.75500	2010/12/19 2023/1/21	湧出確認できず	集落道とそれに沿って流れる沢の間にある。1.5m四方の浅いマスが作られ水が溜まっているが、湧出を確認できず。	—
KK-26	洗濯場(合瀬川温泉)	湧水	山鹿市菊鹿町松尾	a)	—	33.01918 130.78296	2010/11/3 2023/2/11	涸渇	以前洗濯場として利用されていた場所は草や木が生い茂り分りづらくなっている。湧出及びその痕跡を確認できず。	—

No.	名称	分類	所在地	文献等	名水百選選定	緯度 経度	状況			採水日 (2023年)
							調査日	湧出	詳細	
KK-27	松尾家の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町松尾	a), b)	—	—	—	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。	—
KK-28	くつわ	湧水	山鹿市菊鹿町松尾	a), b)	—	33.01793 130.78396	2010/11/3	湧出あり	文献a)に「くつわ」として記載されている湧水は2010.11.3時点では湧出。ただし、近所の富田さんによれば、これは温泉源であった「くつわ」ではなく別の湧水であり、温泉源である「くつわ」は涸渇したとのこと。	—
KK-29	西方寺の崖下の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町木野字上本分	a), b)	—	33.01322 130.77501	2010/10/16 2023/2/11	湧出あり	西方寺の建物の下に湧出している非常に珍しい湧水。現在も利用されている。	2/11
KK-30	いがわしりの水	湧水	山鹿市菊鹿町木野字上本分	a), b)	—	33.01221 130.77479	2010/10/16 2023/2/11 2023/8/13	季節的な湧出	2023.2調査時は円形マス内に水が溜まっているだけで白濁しており明確な湧出を確認できなかったが、2023.8調査時は湧出していたことから季節的な湧出といえる。	—
KK-31	出口家の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町木野字上本分	a)	—	—	—	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。	—
KK-32	ごくいがわ	湧水	山鹿市菊鹿町木野字上本分	a), b)	—	33.01122 130.77565	2010/10/16 2023/1/21 2023/8/13	涸渇	城野松尾神社鳥居横、石垣の前の小屋の中に湧出マスがあるが、扉の隙間から中をうかがう限り溜まり水状態で湧出しているように見えず。	—
KK-33	村上家の上の水田の湧水	湧水	山鹿市菊鹿町木野字上本分	a)	—	—	—	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。	—
KK-34	日岡の湧水	湧水	山鹿市	a)	—	—	—	—	文献a)による情報だけでは位置を特定できず。	—
KM-1	成竹の堤	湧水	山鹿市鹿本町御宇田	b)	—	33.01416 130.74228	2010/12/19 2023/8/13	湧出あり	2010.12.19時点で湧出口での湧出を確認。2023.8.13時点で湧出口付近は竹藪となっており確認できないが、竹藪から水の流出が確認されたことから湧出あり。	—
KM-2	御手洗さん（津袋）	湧水	山鹿市鹿本町庄	a), b)	—	33.00988 130.76418	2010/3/21 2023/4/30	季節的な湧出	2023.1.21調査時には湧出は確認されず。4.30調査時にわずかに湧出を確認。現在、池の水量は他からの水で確保されている。	4/30
KM-3	西光寺川	湧水	山鹿市鹿本町御宇田	a), b)	—	33.01027 130.72857	2010/11/20 2023/2/11	湧出あり	文献a)では洗濯に利用されるほどの水量があったようだが、2010.11.20調査時には水量は大きく減少し、2023.2.11調査時は池内に土砂が流入するとともに水量がさらに減少していた。	2/11
KM-4	鬼天神	湧水	山鹿市鹿本町御宇田	a), b)	—	33.00997 130.73472	2010/3/21 2023/1/21	湧出あり	集落内道路の横の小さな谷間のコンクリートブロック壁トタン屋根の小屋から湧出。集落内の円形貯水槽へ導水されている。	1/21
KM-5	でみずさん（小島）	湧水	山鹿市鹿本町小嶋	a), b)	—	32.99531 130.74521	2010/3/21 2023/1/21	湧出あり	平地の大木の根元から湧出。湧出口から3つのコンクリートマスを経て池へと流れ込んでいる。2010年調査時から湧出量が減少した印象あり。	1/21
K0-1	うらいごうの井川	湧水	山鹿市鹿央町岩原字下岩原	a), b)	—	32.99163 130.67402	2010/1/17 2023/1/15	湧出あり	3つのコンクリートマスのある典型的な井川である。湧出マスには鉄骨の小屋が掛けられ、清掃も行き届き地元の方々には大事にされている湧水。	1/15
K0-2	井川（上岩原）	湧水	山鹿市鹿央町岩原字上岩原	a)	—	32.98928 130.67767	2010/11/13 2023/1/15	湧出あり	集落内道路横の竹林の下にある。現在何かに利用されているようにはうかがえず。	1/15
K0-3	下井川（岩倉）	湧水	山鹿市鹿央町合里字岩倉	a), b)	—	32.98539 130.64872	2010/1/17 2023/1/15	湧出あり	消防ポンプ小屋の隣にある。3つのコンクリートマスを持つ典型的な井川であるが、現在何かに使われているようにはうかがえず。	1/15
K0-4	蚕神社の湧水	湧水	山鹿市鹿央町合里字下米野	a), b)	—	32.97401 130.67766	2010/1/17 2023/1/15	湧出あり	神社隣及び奥の岩壁の割れ目2ヶ所から湧出。神社拝殿前の貯水タンクに貯めるようになっているが、利用状況は不明。	1/15
K0-5	平井川（下米野）	湧水	山鹿市鹿央町合里字下米野	a), b)	—	32.97185 130.67763	2010/1/17 2023/1/15	湧出あり	下米野バス停横の小屋の中から湧出。文献1)調査時以降、小屋が設置されている。現在も水道水源として利用されている。	1/15
K0-6	青井橋そばの湧水	湧水	山鹿市鹿央町合里字下米野	a)	—	32.97173 130.67989	2010/11/13 2023/1/15	湧出あり	青井橋横のポンプ小屋の円形マスに導水されている。2010.11調査時と水量は大きく変わらず。	1/15
K0-7	仲間の平井川①	湧水	山鹿市鹿央町霜野	a)	—	32.94277 130.65068	2010/10/31 2023/8/13	湧出あり	集落内道路脇の地蔵尊のそばにある。現在越流はしておらず、井戸状となっている。年1回の清掃がなされ、現在も利用されている。	—
K0-8	仲間の平井川②	湧水	山鹿市鹿央町霜野	d)	—	32.94284 130.65060	2010/10/31 2023/8/13	湧出あり	KO-07に隣接(約10m北側)しており、湧水マス奥の石垣下から湧出。現在も利用されている。	—
K0-9	康平寺近くの竹林の下の湧水	湧水	山鹿市鹿央町霜野	a)	—	32.94175 130.64804	2010/10/31 2023/1/15	湧出あり	康平寺の石段の横、雑木林の下にある。塩ビパイプが挿し込まれており、現在も利用されている。	1/15
K0-10	まぜの平井川（霜野）	湧水	山鹿市鹿央町霜野	a), b)	—	32.94097 130.65156	2010/10/31 2023/1/15	湧出あり	杉の大木の下にある趣のある湧水であり、2つのコンクリートマスをもつ典型的な井川。現在も生活用水として利用されている。	1/15

文献等

- a) 「水は伝える 熊本の湧泉」(荒牧他、2004)
- b) 「熊本県環境基本計画環境特性図(地図集)-玉名・鹿本地域 北部版-」(H8.3、熊本県環境公害部)
- c) 「旧山鹿市(1町7村)内の溜池・湧水調査報告書 平成17年～18年調査」(H19.8.31、山鹿市老人クラブ連合会山鹿支部環境部会)による確認
- d) 現地調査による確認・聞き取りなど

表2 水質調査結果

No.	YG-1	YG-3	YG-4	YG-6	YG-7	YG-10	YG-11	YG-12	YG-13	YG-14	YG-15	YG-16	YG-17	YG-19	YG-20	YG-22	YG-24
地点名	川久保水源(明神各)	野辺田西の肥後の出水	野辺田観音堂の出水	湯の葉山の農業	釘の元湧水	妙見平井戸	佃平井戸	記念碑横の湧水	平井川(小群)	平井川近くの湧水	一ツ目神社の湧水	犬塚の井川さん	水上池	清水さん(鍋田)	弁天湧水	でみずさん(志々岐)	日の出団地下の出水さん
採水日(2023年)	2/5	4/30	1/28	1/28	1/28	1/28	1/28	1/28	1/28	1/28	1/21	1/21	2/11	1/28	2/11	1/28	2/11
水温(°C)	11.7	16.4	15.7	18.4	16.0	15.8	15.2	16.8	16.7	17.5	16.9	16.4	19.0	17.9	17.3	17.0	19.6
pH	7.58	7.67	7.49	8.00	6.74	6.79	6.83	6.55	6.73	6.83	7.64	7.85	6.65	6.83	6.99	7.34	7.11
EC(μS/cm)	102.2	137.2	108.4	197	114	179.4	194	165.5	160.1	212	224	154.3	247	189	388	310	230
Na ⁺ (mg/L)	2.9	8.0	8.2	4.9	8.4	13.0	13.4	9.7	9.2	9.9	4.3	10.4	10.8	9.9	17.8	11.4	12.3
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
K ⁺ (mg/L)	0.2	3.2	5.2	0.3	5.8	9.1	10.3	7.5	7.0	7.0	0.4	0.5	8.9	6.9	9.8	7.6	6.7
Mg ²⁺ (mg/L)	4.5	4.2	2.4	9.8	2.2	3.5	3.6	3.9	4.0	5.6	6.0	7.9	6.5	5.0	11.6	9.3	7.1
Ca ²⁺ (mg/L)	8.9	11.1	5.3	19.1	6.1	10.3	10.0	10.0	9.5	14.6	15.7	22.9	18.2	12.0	30.3	23.6	17.6
F ⁻ (mg/L)	0.03	0.06	0.05	0.06	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.05	0.67	<0.02	0.04	<0.02	0.03	0.06
Cl ⁻ (mg/L)	3.5	4.0	2.2	3.4	2.7	6.0	8.3	5.0	4.7	6.7	2.8	4.1	7.9	5.1	12.5	15.6	6.3
NO ₂ ⁻ (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Br ⁻ (mg/L)	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.01	0.02	0.05	0.03	0.07	0.10	0.05
NO ₃ ⁻ (mg/L)	1.4	3.2	2.2	2.6	5.0	13.8	22.5	18.3	16.8	37.2	2.4	6.8	42.8	17.7	119.6	62.3	18.3
SO ₄ ⁻ (mg/L)	7.0	9.1	9.9	7.5	4.0	16.5	17.5	12.0	9.9	21.3	8.3	11.2	17.5	12.8	4.5	31.0	16.3
PO ₄ ⁻ (mg/L)	0.21	0.2	0.35	0.12	0.33	0.32	0.33	0.29	0.31	0.24	0.10	0.08	0.05	0.26	0.10	0.23	0.11
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	44.8	59.8	40.9	105.2	48.1	54.9	43.4	47.8	50.3	27.1	74.9	109.1	53.2	57.3	69.5	37.8	84.1
SiO ₂ (mg/L)	18.3	56.7	65.3	21.6	71.9	69.8	60.2	66.2	65.1	56.8	19.5	24.8	70.0	62.7	67.1	52.0	55.6
標高*(m)	123.3	46.8	47.1	49.9	50.0	53.8	56.1	44.4	44.3	45.7	74.3	49.0	44.5	22.3	25.2	26.1	24.0

No.	YG-25	YG-26	KH-1	KH-2	KH-5	KH-7	KH-8	KH-9	KH-11	KH-14	KH-15	KH-17	KH-18	KH-19	KH-20	KH-21	KH-23
地点名	平清水(方保田)	大道小学校下の湧水	清水(袖木谷)	しょうちゅう水	仙寿の森湧水公園	冷や水湧水(小川内水汲み場)	須屋水道水源横	南松尾の湧水	妙見水道水源	田中家の湧水	茂田井水道水源	茂田井の湧水	湯の水水源(金原の湧水)	荒平の湧水(天満宮そば)	かなかな	旧町境の杉林の中(荒平の湧水)	ふじかづら下の湧水
採水日(2023年)	2/11	2/11	2/5	2/5	4/23	4/23	4/23	4/23	2/5	2/5	4/23	4/23	4/23	4/23	1/21	1/21	2/5
水温(°C)	19.6	23.4	13.3	4.8	14.9	16.5	15.3	17.8	15.9	12.2	14.2	14.5	18.5	14.2	14.9	12.7	15.4
pH	6.85	7.58	7.82	7.87	7.0	7.0	7.0	6.8	7.21	7.29	6.9	7.0	6.8	6.9	7.26	7.25	6.81
EC(μS/cm)	216	198.9	89.4	138	73.3	65.7	109.4	122.2	147.9	168.2	62.5	59.9	98.5	47.8	133.8	101.8	97.1
Na ⁺ (mg/L)	12.0	18.8	5.5	5.0	5.0	7.0	6.0	6.6	9.5	9.6	3.9	3.7	12.4	5.3	6.3	6.7	8.0
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
K ⁺ (mg/L)	8.0	6.6	0.8	0.5	1.8	1.5	1.1	1.4	6.3	6.5	1.0	0.8	0.6	0.8	0.8	0.9	5.5
Mg ²⁺ (mg/L)	6.8	5.7	1.4	2.7	1.7	0.6	1.7	3.3	3.7	4.2	1.7	1.8	0.8	0.9	2.8	2.3	2.0
Ca ²⁺ (mg/L)	14.5	11.2	8.2	16.1	6.0	4.5	12.1	10.8	9.2	11.1	5.4	4.8	6.5	2.6	14.2	9.1	4.1
F ⁻ (mg/L)	0.05	0.35	0.04	0.07	0.04	0.04	0.09	0.11	0.04	0.04	0.03	0.03	0.56	0.05	0.10	0.05	0.04
Cl ⁻ (mg/L)	6.6	5.8	3.4	3.6	2.6	3.1	3.0	2.9	3.2	3.5	2.3	2.5	3.0	2.6	2.7	2.6	2.5
NO ₂ ⁻ (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.09	0.09	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Br ⁻ (mg/L)	0.06	0.04	<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)	19.5	4.7	2.1	6.2	1.5	1.2	3.2	7.3	12.4	19.2	1.5	2.8	0.3	0.1	8.6	3.9	1.1
SO ₄ ⁻ (mg/L)	12.9	11.6	4.2	8.4	2.5	3.3	7.3	12.7	13.3	17.0	2.7	2.7	9.8	4.1	8.8	4.5	3.3
PO ₄ ⁻ (mg/L)	0.13	0.22	0.30	0.20	0.07	0.09	0.02	0.03	0.36	0.31	0.01	0.05	0.04	0.15	0.08	0.08	0.35
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	76.8	91.9	37.8	57.5	31.2	25.4	43.7	38.3	52.6	48.2	23.7	21.2	34.4	14.9	54.3	45.8	45.9
SiO ₂ (mg/L)	66.7	60.2	17.7	13.6	33.7	34.9	20.6	24.1	70.8	67.6	25.7	22.3	25.7	21.6	22.1	24.1	73.7
標高*(m)	24.4	23.7	309.9	229.5	423.2	121.5	262.3	198.1	74.8	77.0	436	406	248.7	243.8	242.1	306.3	72.2

No.	KH-24	KH-25	KH-28	KH-30	KK-1	KK-2	KK-4	KK-6	KK-9	KK-11	KK-12	KK-13	KK-14	KK-16	KK-17	KK-18	KK-20
地点名	宇曾井川	枝川内の湧水(くちのつぼ)	妙見さんの井川さん	清水(黒猪)	宿ヶ峰尾峠の湧水	面風橋そばの湧水	おどし山荘そばの湧水	河津家の湧水	内田簡易水道水源登り口の湧水	家人家の湧水	児玉家の湧水	浦矢各水道水源	井川さん(浦矢谷)	山の神	かさ塩井神社	中村の水田横の湧水	はついで
採水日(2023年)	2/5	2/5	2/5	2/5	4/23	4/23	4/30	4/30	4/30	2/11	4/30	2/11	2/11	4/30	1/21	1/21	2/11
水温 (°C)	14.3	16.3	14.3	17.6	12.8	13.9	14.9	14.9	14.2	13.8	14.2	8.0	14.2	14.2	7.1	16.3	17.9
pH	6.94	6.68	6.77	6.67	6.6	7.1	6.94	7.35	7.04	7.11	7.06	7.59	7.32	7.45	7.34	7.10	6.86
EC (μS/cm)	136.1	160.2	136.5	188.5	30.2	57.0	52.2	60.2	52.7	63.4	57.5	61.2	56.6	62.5	83	121.8	139.7
Na ⁺ (mg/L)	10.6	9.8	6.1	9.5	2.1	3.8	3.2	3.8	3.3	3.7	3.7	3.9	3.8	4.2409	6.4	8.2	10.7
NH ₄ ⁺ (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.28	<0.01	0.08	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
K ⁺ (mg/L)	7.2	7.4	2.9	7.6	0.6	0.4	1.5	1.5	1.3	1.2	1.5	1.3	0.8	1.7	3.0	6.0	5.1
Mg ²⁺ (mg/L)	3.3	3.9	5.4	5.0	1.0	1.1	1.0	1.4	1.2	1.3	1.3	1.4	1.2	1.2	1.6	2.6	2.4
Ca ²⁺ (mg/L)	7.0	9.4	9.7	11.9	1.5	5.1	3.7	4.8	4.3	4.8	4.8	4.9	4.2	5.0	5.4	6.1	10.4
F ⁻ (mg/L)	0.05	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.09
Cl ⁻ (mg/L)	5.1	3.6	3.7	4.3	2.3	2.7	2.6	2.4	2.6	2.4	2.4	2.2	2.5	2.9	2.3	3.3	3.7
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	0.03	<0.01	<0.01
Br ⁻ (mg/L)	0.01	0.02	0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	<0.01	0.03	0.03
NO ₃ ⁻ (mg/L)	6.0	14.9	5.9	33.8	2.2	2.5	2.3	1.6	1.9	1.6	1.6	1.6	2.8	1.5	2.2	19.9	6.8
SO ₄ ⁻ (mg/L)	5.9	15.1	7.0	16.5	1.6	2.3	3.4	3.1	3.5	3.1	3.3	2.5	3.1	3.4	3.4	4.8	6.7
PO ₄ ⁻ (mg/L)	0.31	0.22	0.19	0.24	<0.02	<0.02	0.20	0.02	<0.02	0.09	0.03	0.08	0.09	0.08	0.10	0.11	1.20
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	57.6	26.4	57.8	41.5	7.3	21.0	15.9	25.1	20.2	24.1	24.6	26.5	20.7	24.8	35.8	32.7	58.5
SiO ₂ (mg/L)	74.9	72.6	43.8	69.1	11.5	20.3	24.4	31.4	24.4	25.7	29.5	27.9	23.6	34.7	47.8	64.3	56.3
標高* (m)	68.5	79.5	85.9	73.2	800	534	386	327	307	299	298	325	276	419	147.3	116.1	101.2

No.	KK-21	KK-23	KK-29	KM-2	KM-3	KM-4	KM-5	KO-1	KO-2	KO-3	KO-4	KO-5	KO-6	KO-9	KO-10
地点名	旧県道9号線沿いの崖からの湧水	長谷水道水源	西方寺の崖下の湧水	御手洗さん	西光寺川	鬼天神	でみずさん(小嶋)	うらいごうの井川	上岩原の井川	下井川(岩倉)	蚕神社の湧水	下米野の平井川	青井橋下の湧水	康平寺下の井川	平井川(霜野)
採水日(2023年)	1/21	1/21	2/11	4/30	2/11	1/21	1/21	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15
水温 (°C)	17.1	14.4	18.1	18.7	20.8	18.7	18.9	17.1	16.1	15.6	17.2	17.8	19.0	14.8	16.3
pH	7.02	7.05	6.73	6.40	6.72	7.11	6.62	6.55	6.74	7.28	7.61	6.83	6.58	7.01	7.55
EC (μS/cm)	153	170.5	121.6	138.9	154.9	196.3	177	169.3	149.1	143.8	186	164.8	243	121.9	164.6
Na ⁺ (mg/L)	9.1	9.6	9.7	5.3	8.8	9.1	7.5	10.8	8.7	7.9	11.7	10.3	11.2	8.6	8.5
NH ₄ ⁺ (mg/L)	<0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05	0.03
K ⁺ (mg/L)	5.7	6.1	6.7	2.0	6.2	6.2	2.8	7.5	9.6	1.5	6.2	5.0	8.1	1.2	1.9
Mg ²⁺ (mg/L)	4.2	4.6	2.3	3.4	4.7	5.7	4.3	4.3	3.5	3.3	4.7	3.3	6.0	2.8	3.8
Ca ²⁺ (mg/L)	10.0	11.8	5.9	14.4	9.5	13.3	16.9	10.4	8.0	14.1	12.7	12.6	17.5	10.0	17.4
F ⁻ (mg/L)	0.03	0.03	0.08	0.08	0.03	<0.02	0.08	0.04	0.03	0.09	0.05	0.06	0.03	0.08	0.14
Cl ⁻ (mg/L)	3.2	4.8	3.8	4.9	3.8	5.5	5.3	5.4	4.0	4.1	4.1	4.2	7.9	3.4	4.0
NO ₂ ⁻ (mg/L)	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Br ⁻ (mg/L)	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.07	0.03	0.03
NO ₃ ⁻ (mg/L)	11.2	16.9	5.6	15.2	12.1	27.1	10.1	17.5	14.7	6.2	12.1	16.6	49.4	4.8	1.2
SO ₄ ⁻ (mg/L)	10.2	10.4	8.5	11.9	13.7	21.4	11.6	7.9	8.6	7.3	19.3	13.4	17.3	5.9	7.6
PO ₄ ⁻ (mg/L)	0.11	0.11	0.40	0.05	0.13	0.10	0.09	0.24	0.24	<0.02	0.09	0.12	0.09	0.07	0.05
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	56.3	57.8	43.2	39.0	49.3	43.2	67.1	58.8	47.6	62.1	55.9	48.3	41.7	52.4	81.0
SiO ₂ (mg/L)	60.1	63.7	77.1	27.5	64.7	57.6	31.1	72.8	72.6	20.3	61.1	54.6	70.0	22.6	20.3
標高* (m)	88.0	91.9	62.6	52.4	51.8	52.2	33.4	44.5	43.2	67.0	60.6	65.1	53.9	98.4	82.2

*標高は「地理院地図/GSMaps/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。

5) 下益城郡美里町北西部の地下水質について

廣畑昌章 眞田知征* 芹川大成 松崎達哉

要 旨

平成9年(1997年)度に「硝酸性窒素による地下水汚染機構解明調査」を実施した熊本県下益城郡美里町北西部(旧中央町北部)において、地下水質について調査した。硝酸性窒素濃度が10mg/Lを超過する地点数が減少するとともに、平均濃度、最高濃度ともに大きく低下していた。調査地域を4つに分けて解析を行った結果、北東側台地部で硝酸性窒素濃度が高い値を示す地点が多く、平成10年(1998年)と同様の傾向を示した。

キーワード：地下水，水質，地下水汚染，硝酸性窒素

はじめに

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素(以下「NO₃-N」という。)は、地下水の水質汚濁に係る環境基準(以下「環境基準」という。)項目の中で最も超過率が高く、環境基準を超過した状態が長く続いている項目である¹⁾。NO₃-Nによる地下水汚染は、汚染源そのものに広がりを持ち、有効な対策が取りにくく個別規制が困難であるという特徴がある。そのため、熊本県では、平成7～9年度(1995～1997年度)にかけて、それまでの調査で環境基準を超過する井戸が集中して確認された3地域について「NO₃-Nによる地下水汚染機構解明調査」を実施した^{2～7)}。

その地域の一つである熊本県下益城郡中央町(現、美里町西部)では、平成9年(1997年)度に、特に環境基準超過井戸が集中していた同町北部地域に調査地域を設定し、窒素負荷量及び窒素同位体比等の調査・解析の結果から、汚染の原因が以前当該地域で盛んに栽培されていた桑への施肥、特に化学肥料の施肥による影響及び生活排水の影響であることを明らかにしている^{6,7)}。

今回、前回の調査から25年を経過する中で、同地域における地下水質、特にNO₃-N濃度がどのように変化したのか、把握したので報告する。

調査地域

図1に調査地域概略図を示す。調査地域は熊本県の中央に位置する下益城郡美里町の北西部(旧中央町北部)に位置する。調査地域の東方には緑川及び津留川が北上し、これらを境として甲佐町に隣接する。また、調

査地域の南東から西に向け国道218号が走り、これに沿う形で南から西に向けて浜戸川が流下する。集落は国道218号沿い及び同道から南北に延びる県・町道沿いにある。

調査地域の地形は、北から中起伏山地(標高400～200m)、段丘面(標高80～100m)、低地、段丘面、中起伏山地～大起伏山地(標高400m以上)に区分される。特に中央の段丘面はほぼ平坦な台地地形をしており、東方を北流する緑川の谷底平野とは約50mの比高差がある⁸⁾。

図2に調査地域の表層地質図^{8,9)}を示す。中央には砂礫層からなる段丘堆積物が分布しており、甲佐町の緑川沿いに広がる低地よりも一段高い段丘面をつくっている。北西側には御船層群が分布しているが、ここでは白亜系の海成～汽水成の砂岩層(一部泥岩を挟在)であり、3層(基底層、下部層及び上部層)に分類されるうちの下部層にあたる。

また、調査地域に広く分布する火山砕屑物はAso-4火砕流堆積物であり、角閃石斑晶を含む灰～白色軽石、火山灰、角礫からなる堆積物である。流紋岩質の溶結凝灰岩(柱状節理の発達した軟岩状)と非溶結凝灰岩(凝灰質砂状)からなり、ともに地下水が胚胎しやすい透水層となっている。調査地域の南部には、肥後変成岩の片麻岩が分布し、東西方向に細長く結晶質石灰岩を挟み込んでいる。

なお、国道218号沿いに蛇紋岩の露頭が認められるが、これは黒瀬川古期岩類を構成する岩石の一部であり、御船層群と肥後変成岩類との間に細長く分布する。

図3に調査地域の帯水層概略図⁸⁾を示す。当該地域の

*現天草広域本部保健福祉環境部

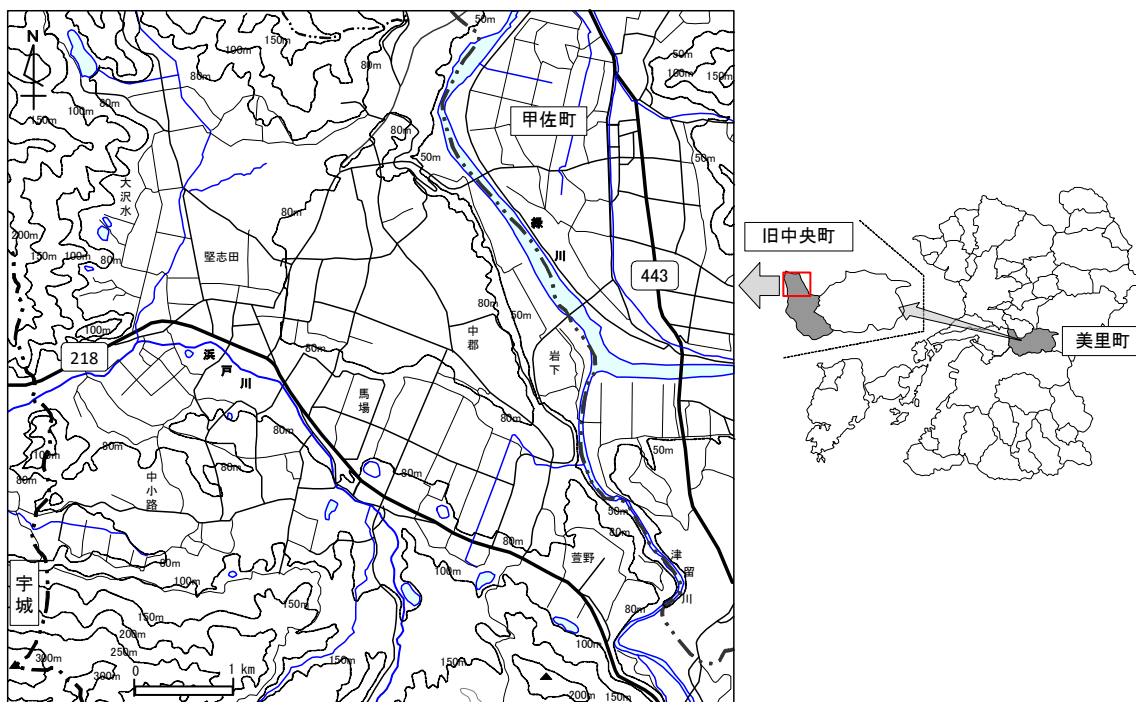


図1 調査地域概略図

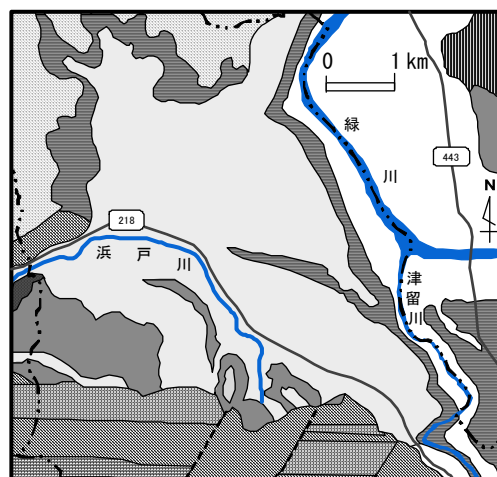
地下水は、先Aso-4火砕流堆積物の凝灰質粘土を水理地質基盤とし、Aso-4火砕流堆積物（溶結・非溶結凝灰岩）を帯水層とする不圧地下水（第1帯水層）、先Aso-4火砕流堆積物（凝灰岩質砂及び砂礫）を帯水層とする被圧地下水（第2帯水層）とに分けられる。第1帯水層と第2帯水層との水位差は1m内外でほとんど差がなく、第1帯水層中での地下水賦存量はさほど多くはないが、第2帯水層中での地下水賦存量はかなり多い。なお、第2帯水層の加圧層である凝灰質粘土が調査地域全体に連続しているかどうかは明らかでなく、この加圧層が途中で途切れているのであれば、第1帯水層と第2帯水層の区別はなくなる。

ラー-アジ化ナトリウム変法、SiO₂はモリブデン黄法で測定した。

調査方法

図4に調査地点図を示す。調査地点は平成10年（1998年）1～2月に実施した詳細調査92地点のうち井戸廃止や浄水器設置による原水が採水できなかったなどの23地点を除く69地点に1地点を加えた70地点について採水し水質分析を行った。現地確認及び採水は、令和5年（2023年）2月27日から3月20日にかけて実施した。

分析項目及び分析方法は、pH、電気伝導率（以下「EC」という。）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、HCO₃⁻は硫酸滴定法によるpH4.8アルカリ度から算出した。溶存酸素量（DO）はウインク



- (凡例)
- : 礫・砂・泥(低地堆積物)
 - ▨ : 礫・砂・泥(段丘堆積物)
 - ▤ : 泥岩・砂岩・礫岩を主とする層(御船層群)
 - ▥ : 軽石・凝灰角礫岩・溶結凝灰岩(火山砕屑物)
 - ▧ : 蛇紋岩(蛇紋岩メランジュ)
 - ▩ : 泥質片岩・緑色岩(間谷片岩)
 - : 肥後変成岩(縞状変成岩)
 - : 石灰岩・結晶質石灰岩

図2 表層地質図（平面図）

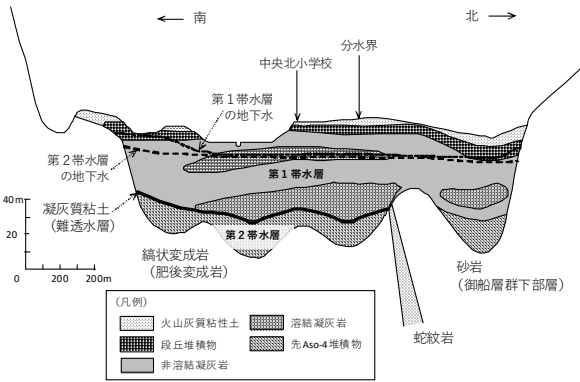


図3 帯水層模式図(断面図)

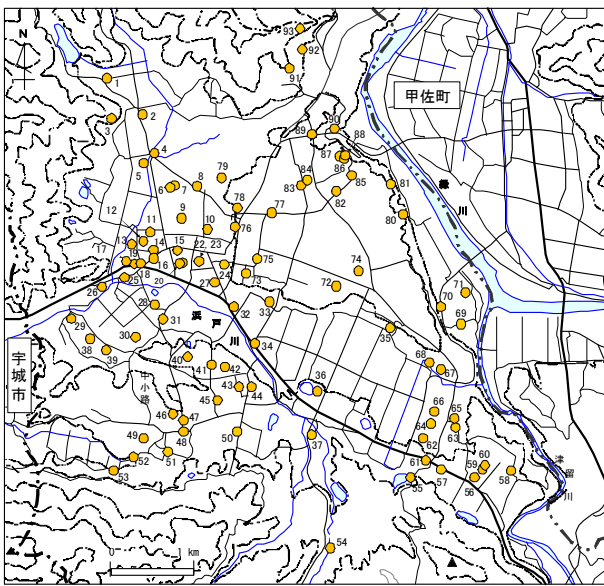


図4 調査地点図

結果及び考察

1. 水質

1.1 分析結果

表1に70地点の各項目の分析結果を示した。水道法に基づく水質基準(10mg/L)(以下「水道水質基準」という。)を超過するNO₃⁻-N濃度を示したのは7地点であり、平成10年(1998年)の16地点(うち5地点は今回採水できず)から減少していた。平均濃度も5.83mg/Lから4.23mg/Lと減少しており、最高濃度も30.3mg/Lから13.9mg/Lと大きく低下していた。

図5に平成10年(1998年)のNO₃⁻-N濃度に対するNO₃⁻-N濃度差(令和5年(2023年)-平成10年(1998年))の散布図を示す。平成10年(1998年)のNO₃⁻-N濃度が高ければ高いほど、濃度低下が大きい傾向がうかがえる。

当該地域については、汚染の主要因が昭和40~50年

表1 平成10年(1998年)及び令和5年(2023年)の水質比較表

(単位 水温: °C、電気伝導度: μS/cm、イオン成分・SiO₂: 溶存酸素: mg/l)

調査時期	平均値			最大値			最小値		
	H10	R5	差 (R5-H10)	H10	R5	差 (R5-H10)	H10	R5	差 (R5-H10)
水温	16.6	17.1	0.6	19.4	19.9	0.5	7.0	10.7	3.7
pH	6.77	7.02	0.25	8.20	9.38	1.18	5.81	6.31	0.50
EC	246	247	1	457	477	20	86	109	23
Na ⁺	12.6	14.0	1.3	57.7	56.1	-1.7	3.7	4.0	0.3
K ⁺	5.5	6.1	0.5	13.7	16.6	2.9	0.5	0.3	-0.2
Mg ²⁺	6.6	6.4	-0.2	15.6	13.7	-1.8	1.4	0.2	-1.2
Ca ²⁺	21.6	20.8	-0.8	56.7	63.6	6.9	6.5	3.3	-3.1
F ⁻	0.10	0.09	-0.01	0.61	0.43	-0.18	0.05	0.03	-0.02
Cl ⁻	11.0	8.3	-2.8	36.6	27.0	-9.6	2.8	2.5	-0.2
NO ₃ ⁻	25.8	18.7	-7.1	134.0	61.7	-72.3	0.00	0.07	0.07
NO ₃ ⁻ -N	5.8	4.2	-1.6	30.3	13.9	-16.3	0.00	0.02	0.02
SO ₄ ²⁻	11.7	13.0	1.3	45.7	30.1	-15.7	1.6	1.6	0.0
HCO ₃ ⁻	92.3	94.4	2.1	203.8	281.0	77.2	27.3	42.9	15.6
SiO ₂	47.1	52.2	5.0	70.0	72.2	2.2	10.4	11.9	1.6
溶存酸素	5.9	5.8	-0.1	10.7	10.0	-0.7	0.6	0.4	-0.2

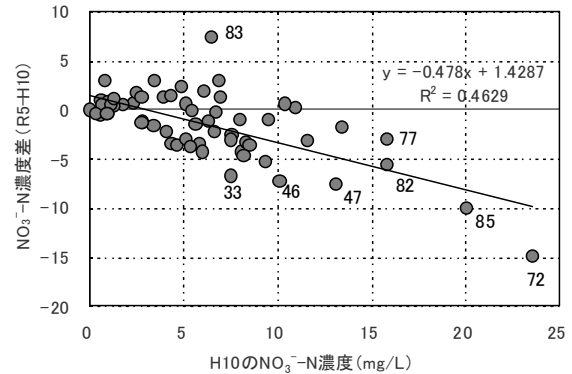


図5 平成10年(1998年)のNO₃⁻-N濃度に対するNO₃⁻-N濃度差(令和5年(2023年)-平成10年(1998年))の散布図

(1965~1975年)代頃に盛んに栽培されていた桑への施肥、特に化学肥料の施肥による影響(6,7)と結論付けられており、調査当時すでに汚染源が存在していないことから他地域(例えば県北の荒尾地域等)に比して行政等による積極的な対策は実施されていない。今回、基準を超過する地点が減少し、かつNO₃⁻-N濃度が低下していることから回復が進んでいることが分かるが、逆に前回の調査から四半世紀を経過してもなお当該地域に基準超過井戸が存在することは、NO₃⁻-Nによる地下水汚染からの回復がいかに難しいかを物語っている。

なお、他の項目に特に大きな変化は見られていない。

1.2 トリリニアダイアグラム

70地点の水質組成をトリリニアダイアグラムとして図6に示す。約3/4の52地点がI(アルカリ土類炭酸塩型)に含まれ、II(アルカリ炭酸塩型)に2地点(No.74及び43)、III(アルカリ土類非炭酸塩型)に1/5の14地点、IV(アルカリ非炭酸塩型)に2地点(No.23及び44)が含まれた。平成10年(1998年)調査時に、約2/3の地

点がI, 約3割の地点がIIIに含まれていたが, 今回, 一般にNO₃-Nによる汚染が進んでいる地点が含まれるとされるIIIの地点の割合が減少し, Iの地点の割合が増加していた。

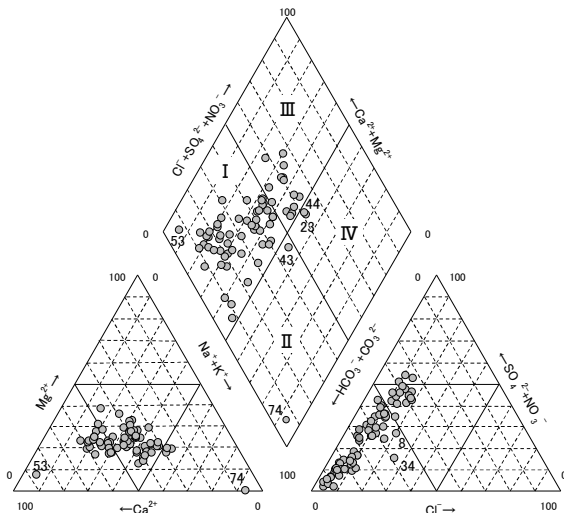


図6 トリリニアダイアグラム

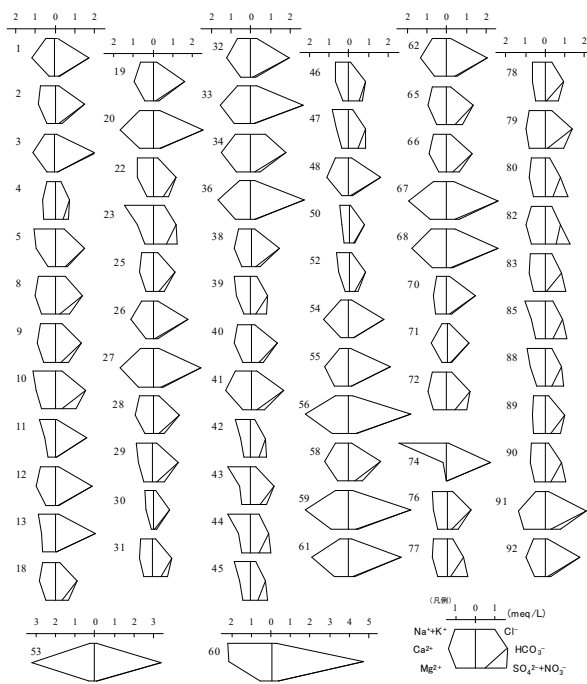


図7 ヘキサダイアグラム

陽イオン, 陰イオン別に見た場合, 陽イオンでは2地点 (No.53及び74) を除きある程度類似した組成を示すのに対して, 陰イオンでは, Cl⁻の組成はNo.8及び34の2地点を除く全ての地点が0~20%の範囲にありばらつきが小さいものの, HCO₃⁻+CO₃²⁻とSO₄²⁻+NO₃⁻の組成割合はそれぞれHCO₃⁻+CO₃²⁻が33~94%, SO₄²⁻+NO₃⁻が2~54%と大きくばらばらしている。この傾向は平成10年 (1998年) 調査時と同様である。

1.3 ヘキサダイアグラム

70地点の水質組成をヘキサダイアグラムとして図7に示す。一般的に地下水に見られる水質の一つであるCa-HCO₃型が多く見られており, NO₃-Nによる汚染が進んでいる地域に見られるより極端なCa-SO₄+NO₃型やNa-SO₄+NO₃型は, 平成10年 (1998年) に比べて少ない。前回同様, No.53は, トリリニアダイアグラムにおいてCa²⁺+Mg²⁺及びHCO₃⁻+CO₃²⁻の割合がそれぞれ90%以上を示すとおり, より極端なCa-HCO₃型を示した。また, No.74はトリリニアダイアグラムにおいてもNa⁺+K⁺ (ただし, K⁺はほとんど含まれていない) 及びHCO₃⁻+CO₃²⁻の割合がそれぞれ90%以上を示すとおりより極端なNa-HCO₃型を示した。

2. 水質の変化

2.1 水質の比較

今回採水した地点のうち平成10年 (1998年) と同一地点の井戸69地点について, 横軸に各測定項目の平成10年 (1998年) の値, 縦軸に令和5年 (2023年) の値を

とり散布図として図8に示した。pH, Cl⁻, NO₃⁻及びSO₄²⁻の4項目を除く8項目では, 一部の地点を除いて大部分の地点が, 対角線 (平成10年 (1998年) の値と令和5年 (2023年) の値が等しい線) の近くにあり変化量は小さい。比較的大きな変化が見られた4項目のうち, pHでは対角線よりも上振れしており, 平成10年 (1998年) よりも令和5年 (2023年) の方が全体的にpHが高いことが分かる。一方, Cl⁻及びNO₃⁻では逆に下振れしており, 令和5年 (2023年) の方が濃度が低くなっている。これらに対して, SO₄²⁻では全体的にばらばらしており, 地点ごとに傾向が異なっていた。

次に, 69地点について, 陽イオン (Na⁺+K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) 及び陰イオン (Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻+NO₃⁻) ごとに各成分の比率の最大変化量のヒストグラムを図9に示した。陽イオンは半数以上の39地点が5ポイント以下であり, このうち半数の19地点については2ポイント以下という, 25年経過する中でも非常に小さな変化にとどまった。一方, 陰イオンは全体的に変化が大きく, 5ポイント以下の変化にとどまったのは約1/4の18地点しかなく, 半数近くの32地点が10ポイント以上の大きな変化を示し, うち7地点 (No.11, 18, 33, 44, 48, 61及び74) は25ポイント以上の非常に大きな変化を示した。

2.2 掘削し直した地点

前述の非常に大きな水質変化を示した地点の中には, 25年を経過する中で井戸を掘削し直した地点も含まれており, 取水帯水層の違いなどによる水質変化の可能

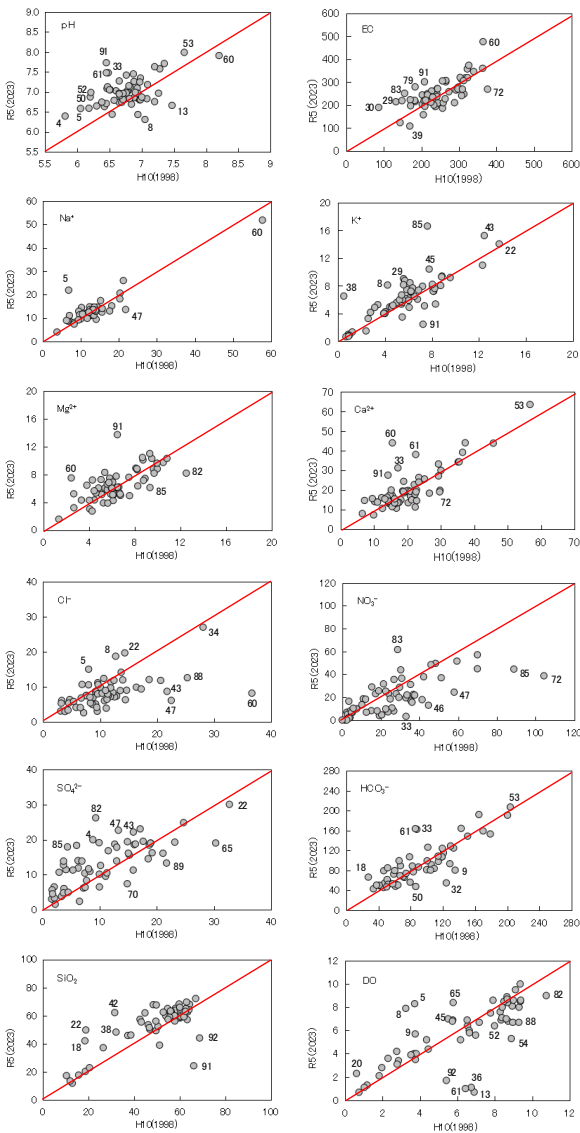


図8 平成10年（1998年）と今回の測定値の比較

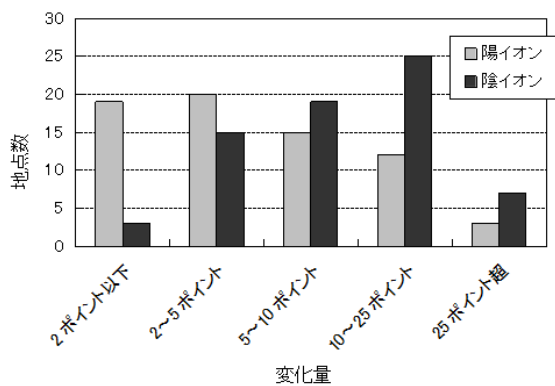


図9 陽イオン, 陰イオン別の各成分割合の変化量のヒストグラム

性も考えられた。そこで、前回の調査時以降、井戸を

掘削し直している地点の水質変化に注目した。

表2に前回の調査時以降井戸を掘削し直している7地点の井戸詳細を示した。なお、帯水層については、文献⁸⁾に標高30m付近に第1帯水層と第2帯水層を分ける難透水層（凝灰質粘土）があることが示されていることから、これを参考に分類した。また、No.74については、同書に第3帯水層の記述はないが、井戸深度が周囲の地点に比べて著しく深い120mであり、基盤岩に達する深さであるとともに、水質も周囲の地点と大きく異なっていることから、第3帯水層として分類した。

表2 掘削し直した地点の井戸詳細

No.	H10(1998)				R5(2023)			
	井戸形態	井戸深度 (m)	井戸底標高 (m)	帯水層	井戸形態	井戸深度 (m)	井戸底標高 (m)	帯水層
3	掘り抜き	9m	62.2m	1	ボーリング	20m	51.2m	1
11	掘り抜き	9.8m	54.8m	1	ボーリング	60m	4.6m	2
44	掘り抜き	11.9m	71.6m	1	ボーリング	50m	33.5m	1
48	ボーリング	30m	54.2m	1	ボーリング	43m	41.2m	1
61	掘り抜き	7.7m	69.0m	1	ボーリング	約80m	-3.3m	2
71	掘り抜き	6.2m	32.5m	1	ボーリング	20m	18.7m	2
74	ボーリング	63m	25.1m	2	ボーリング	120m	-31.9m	3

表2では掘削し直された結果、掘り抜き井戸がなくなり全てボーリング井戸となっており、より深い位置まで掘削されている。そのため、No.11, 61, 71及び74の4地点で取水帯水層がより下の層へ移っている。

次に、図10及び11にこれら7地点の水質組成の変化をヘキサダイアグラム及びトリリニアダイアグラムとして示した。No.11, 61, 71及び74の4地点では取水帯水層がより下の層へ移ったことによる水質の変化ととらえることができる。特にNo.74ではトリリニアダイアグラムにおいて非常に大きな変化を示すととも周囲には見られないより極端なNa-HCO₃型を示しており、井戸深度から周囲とは異なるさらに深い位置からの取水であることがうかがえる。

一方、No.3, 44及び48の3地点では取水帯水層は変

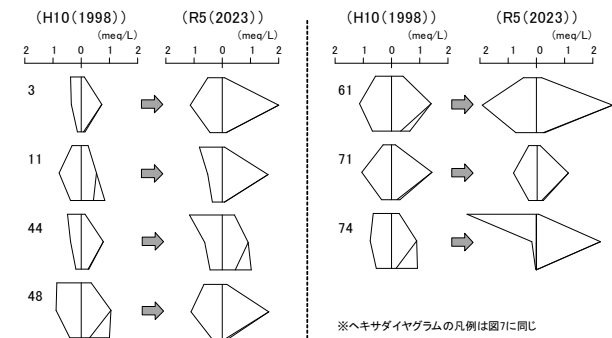


図10 井戸を掘削し直している7地点のヘキサダイアグラム

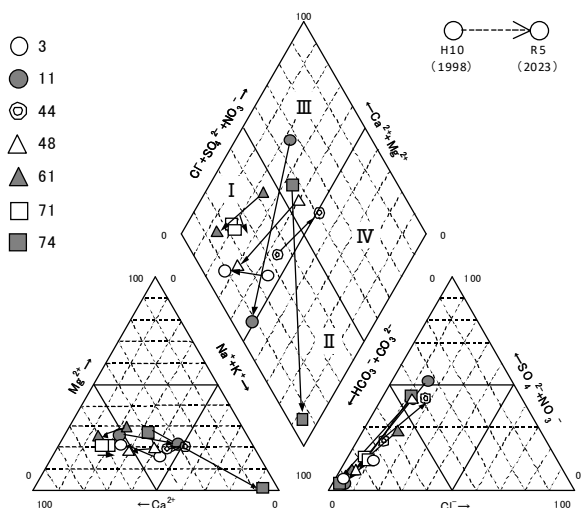


図11 井戸を掘削し直している7地点のトリリニアダイアグラム

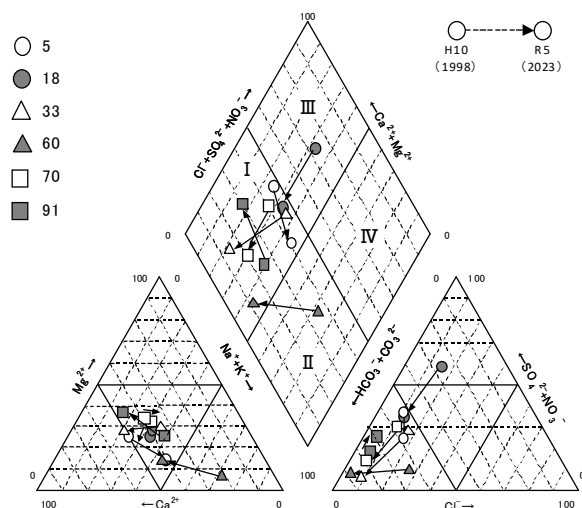


図13 掘削し直した地点以外の水質が大きく変化した地点のトリリニアダイアグラム

わっていないにも関わらず水質は大きく変化している。このことは、より上位では地表の土地利用の影響を受けるなど、同じ帯水層でも深さごとに異なる水質をもつ地下水が存在することを意味している。

2.3 掘削し直した地点以外の地点

次に、図12及び13に、井戸を掘削し直した地点を除いて水質が大きく変化（トリリニアダイアグラムでいずれかの成分の割合が20ポイント以上変化）した6地点の水質組成の変化をヘキサダイアグラム及びトリリニアダイアグラムとして示した。トリリニアダイアグラムでは、No.18がⅢからⅠへ、No.60がⅡからⅠへと変化した。残りの4地点はⅠ領域内での変化にとどまった。ヘキサダイアグラムでは、No.18及びNo.60の両地点で形状が大きく変化しているが、残りの地点についても溶存分量が増加し、形状も変化している。

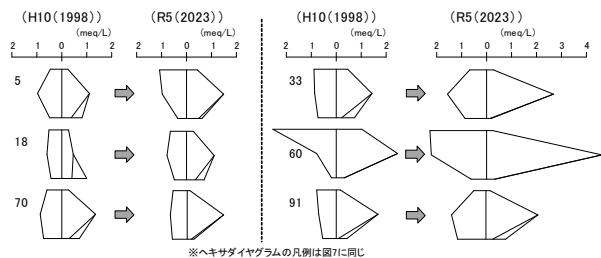


図12 掘削し直した地点以外の水質が大きく変化した地点のヘキサダイアグラム

ここで、No.60は平成10年（1998年）にはより極端なNa-HCO₃型を示していたが、今回はCa²⁺濃度が増加しCa,Na-HCO₃型を示した。単純な水質変化の

可能性も否定できないが、井戸深度が90mであること及び周囲の地点で大きな水質変化を示した地点がないことを考慮すると、その可能性は低いものと考えられた。そこで、このNo.60の10mほど南側で第1帯水層を取水しているNo.59と平成10年（1998年）調査当時の水質を等量混合した場合の想定される水質（図14）と比較した。溶存成分総量に差はあるものの非常に類似した形を示しており、第1帯水層からの地下水の混入による水質変化の可能性が示唆された。

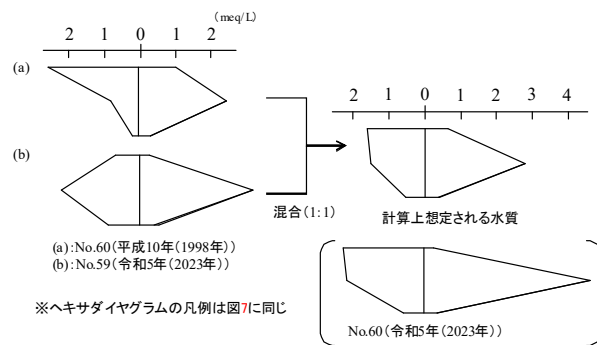


図14 No. 59とNo. 60（平成10年（1998年）調査当時）の水質を等量混合した場合の想定される水質

3. 地域での比較

3.1 地域区分

平成10年（1998年）の解析では、北東の台地部とそれ以外の地域の2地域に分けて解析を行ったが、今回、北東の台地部以外の地域をさらに3地域に分け、図15に示す中央～北西側平地部(27地点), 南西側台地部(14

地点), 南東側平地部(14地点)及び北東側台地部(15地点)の4地域に分けて解析を行った。

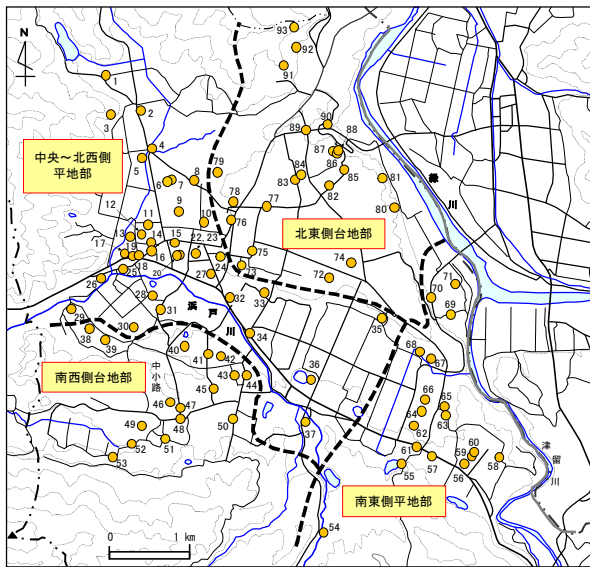


図15 地域区分図

3.2 地域別の各項目の平均値

表3に地域別の各項目の平均値を示した。南東側平地部では、Ca²⁺とHCO₃⁻が他地域に比べて高いがこれは比較的溶存成分の多いCa-HCO₃型の水質を示す地点が多く含まれることによる。また、中央～北西側平地部では、溶存酸素量が4.4mg/Lと他地域に比べて低いが、6地点が2mg/L以下の非常に低い濃度を示すなど濃度の低い地点が含まれることによる。

表3 地域別の各項目の平均値

地域名	中央～北西側平地部	南西側台地部	南東側平地部	北東側台地部
水温(°C)	17.7	17.2	16.4	16.8
pH	6.84	6.90	7.27	7.22
EC	243	215	287	249
Na ⁺ (mg/L)	13.8	12.6	14.4	15.2
K ⁺ (mg/L)	5.6	8.0	3.9	7.2
Mg ²⁺ (mg/L)	6.3	4.5	7.7	6.9
Ca ²⁺ (mg/L)	20.3	18.0	29.6	16.2
F ⁻ (mg/L)	0.1	0.1	0.2	0.1
Cl ⁻ (mg/L)	9.4	6.6	7.0	8.9
NO ₃ ⁻ (mg/L)	13.7	18.4	8.7	37.4
NO ₃ ⁻ -N(mg/L)	3.1	4.2	2.0	8.5
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	11.8	15.7	13.9	11.8
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.34	0.26	0.08	0.19
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	95.4	75.2	137.4	70.4
SiO ₂ (mg/L)	49.6	59.8	45.5	55.6
溶存酸素量(mg/L)	4.4	6.6	5.7	7.5

NO₃⁻-Nでは、図16に示すように、中央～北西側平地部ではほぼ半数、南東側平地部では2/3以上の地点が2mg/L以下の非常に低い濃度を示したのに対し、北東

側台地部では半数弱の7地点が10mg/L以上であるなど高い値を示す地点が多く、この傾向は平成10年(1998年)と変わっていない。なお、その他の項目では特に大きな地域差は見られなかった。

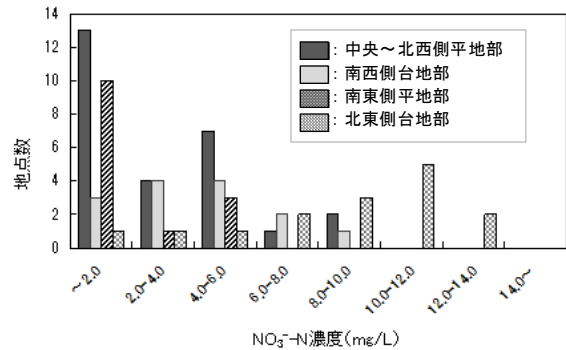


図16 4地域におけるNO₃⁻-N濃度

3.3 項目ごとの比較

表4に地域ごとの各項目間の相関係数を示した。南東側平地部及び北東側台地部で、pH-F間及びNa⁺-F間の相関が高いが、これはそれぞれNo.60及び74が散布図上1地点のみ離れて位置しているため見かけ上相関が高くなっていることによるものであり、これらの地点を除くと相関は低くなる。また、同じく南東側平地部及び北東側台地部で、SiO₂-K⁺間の相関が高い。これは地質との関係を推測しているが、さらなる解析が必要である。一方、南西側台地部でSiO₂-pH、SiO₂-Ca²⁺及びSiO₂-HCO₃⁻間、北東側台地部でSiO₂-pH及びSiO₂-HCO₃⁻間で高い負の相関を示しているが、これは南西側台地部ではNo.53、北東側台地部ではNo.74及び91がそれぞれ散布図上1地点のみ離れて位置しているため見かけ上相関が高くなっていることによるものであり、これらの地点を除くと相関は低くなる。

また、北東側台地部を除いてEC-Ca²⁺間、EC-HCO₃⁻間及びCa²⁺-HCO₃⁻間の相関が高いが、Ca-HCO₃型の水質を示す地点が多いことを反映している。

4. 各帯水層のNO₃⁻-N濃度

表5に4地域の帯水層ごとのNO₃⁻-N濃度を示した。第1帯水層では、北東側台地部>南西側台地部>中央～北西側平地部>南東側平地部の順であり、平成10年(1998年)当時と変わらないが、その差は小さくなっている。第2帯水層もその順は変わらないが、平成10年(1998年)当時から入れ替わっており、最も濃度が低かった南西側台地部が2番目になっている。第3帯水層は北東側台地部、南東側平地部ともに非常に低い濃度である。

表4 地域別の各項目間の相関係数

		中央～北西側平地部																
項目	水温	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	標高	DO	
水温	0.32	0.36	-0.08	0.10	0.14	0.25	-0.09	0.05	0.02	0.19	-0.06	0.03	0.07	0.32	-0.07	-0.13		
pH	-0.50	0.18	-0.21	0.04	0.03	0.15	0.27	-0.05	-0.15	-0.10	-0.23	0.43	0.22	0.34	0.05	-0.08		
EC	-0.26	0.51	0.34	0.44	0.78	0.75	-0.03	0.66	0.23	0.29	0.33	0.12	0.51	0.15	0.45	-0.07		
Na ⁺	0.27	-0.75	-0.09	0.69	0.08	-0.08	-0.06	0.46	0.36	0.43	0.43	-0.06	0.01	0.06	0.00	0.25		
K ⁺	0.31	-0.79	-0.16	0.86	0.16	-0.07	-0.41	0.46	0.67	0.73	0.54	-0.17	-0.15	0.55	-0.08	0.50		
Mg ²⁺	0.25	-0.33	0.28	0.60	0.49	0.69	0.13	0.42	0.06	0.11	0.13	0.21	0.63	0.07	0.53	-0.32		
Ca ²⁺	-0.39	0.88	0.75	-0.58	-0.67	-0.17	0.27	0.32	-0.26	-0.25	0.00	0.25	0.77	-0.06	0.56	-0.43		
F ⁻	-0.06	0.50	0.23	-0.31	-0.41	-0.07	0.43	-0.20	-0.28	-0.73	-0.78	-0.62	0.77	0.66	-0.01	0.22	0.88	
Cl ⁻	0.08	-0.49	0.13	0.86	0.59	0.62	-0.24	-0.20	0.51	0.52	0.40	0.04	-0.04	0.03	0.19	0.33		
Br ⁻	0.36	-0.45	-0.44	0.39	0.30	0.15	-0.26	-0.20	0.43	0.83	0.60	-0.42	-0.47	0.27	-0.24	0.76		
NO ₃ ⁻	0.25	-0.65	-0.15	0.82	0.67	0.55	-0.42	-0.44	0.87	0.68	0.58	-0.46	-0.50	0.30	-0.10	0.76		
SO ₄ ²⁻	0.34	-0.69	-0.05	0.61	0.69	0.24	-0.51	-0.72	0.35	0.13	0.53	-0.61	-0.25	-0.17	-0.02	0.63		
PO ₄ ³⁻	0.07	0.04	-0.06	0.02	-0.03	0.13	-0.03	0.85	-0.03	-0.06	-0.20	-0.47	0.48	0.27	0.11	-0.61		
HCO ₃ ⁻	-0.39	0.90	0.77	-0.57	-0.63	-0.09	0.83	0.49	-0.27	-0.34	-0.49	-0.57	0.05	0.11	-0.03	0.46	-0.78	
SiO ₂	0.16	-0.89	-0.60	0.65	0.68	0.24	-0.89	-0.40	0.39	0.32	0.50	0.52	0.11	-0.88	-0.18	0.01		
標高	0.08	-0.30	-0.07	0.13	0.26	-0.15	-0.30	0.01	0.02	-0.35	-0.18	0.16	0.21	-0.27	0.36	-0.36		
DO	-0.16	0.29	0.02	-0.42	-0.27	-0.56	0.21	-0.41	-0.39	-0.27	-0.24	0.23	-0.61	0.11	-0.31	0.15		

		南東側平地部																
項目	水温	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	標高	DO	
水温	-0.15	0.55	0.33	0.29	0.62	0.43	0.09	0.50	0.52	-0.10	0.30	0.50	0.50	0.27	-0.08	-0.43		
pH	-0.68	0.41	0.52	0.84	0.05	0.43	0.76	0.07	-0.14	-0.64	-0.17	-0.64	0.57	-0.59	0.49	-0.32		
EC	-0.28	0.20	0.76	-0.19	0.67	0.61	0.88	0.61	0.76	-0.23	0.55	-0.07	0.83	0.21	0.48	-0.50		
Na ⁺	-0.52	0.89	0.04	-0.30	0.11	0.49	0.88	0.30	0.46	-0.20	0.31	0.04	0.78	0.04	0.24	-0.48		
K ⁺	0.57	-0.61	0.06	-0.44	0.08	-0.34	-0.60	-0.06	0.18	0.60	0.25	0.71	-0.37	0.78	-0.29	0.24		
Mg ²⁺	0.02	-0.43	0.54	-0.71	0.06	0.77	-0.01	0.53	0.64	-0.20	0.37	-0.05	0.63	0.23	0.47	-0.32		
Ca ²⁺	0.08	-0.47	0.50	-0.79	0.04	0.81	0.42	0.63	0.66	-0.38	0.48	-0.05	0.70	0.03	0.51	-0.43		
F ⁻	-0.70	0.81	0.06	0.72	-0.67	-0.50	-0.54	0.04	0.10	-0.48	0.05	-0.22	0.70	-0.31	0.27	-0.53		
Cl ⁻	0.53	-0.55	0.28	-0.40	0.82	0.15	0.15	-0.61	0.76	-0.04	0.38	0.14	0.49	0.22	0.15	-0.12		
Br ⁻	0.31	-0.45	0.14	-0.49	0.14	0.40	0.46	-0.47	0.09	0.22	0.65	0.28	0.58	0.51	0.26	-0.24		
NO ₃ ⁻	0.33	-0.59	0.26	-0.56	0.59	0.41	0.32	-0.66	0.64	0.53	0.42	0.42	-0.50	0.76	0.07	0.37		
SO ₄ ²⁻	0.32	-0.25	0.26	-0.34	0.39	0.26	0.31	-0.47	0.34	0.23	0.18	0.18	0.33	0.70	0.42	-0.10		
PO ₄ ³⁻	0.30	-0.29	-0.32	-0.17	0.31	-0.25	-0.12	-0.24	0.39	0.06	0.19	-0.19	-0.21	0.46	-0.52	-0.16		
HCO ₃ ⁻	-0.64	0.64	0.23	0.48	-0.71	0.08	0.11	0.70	-0.65	-0.23	-0.71	-0.28	-0.26	-0.08	-0.41	-0.58		
SiO ₂	0.74	-0.78	-0.33	-0.49	0.81	-0.10	-0.11	-0.75	0.71	0.14	0.60	0.26	0.41	0.88	0.20	0.27		
標高	-0.32	0.38	0.31	0.24	-0.11	0.02	0.05	0.28	0.06	-0.71	-0.25	-0.16	0.00	0.39	-0.25	-0.09		
DO	0.29	-0.44	0.04	-0.32	0.59	0.11	-0.09	-0.47	0.59	0.13	0.78	0.24	-0.02	-0.78	0.68	-0.29		

表5 4地域の帯水層ごとのNO₃⁻-N濃度

帯水層区分	調査年及び差 (R5-H10)	地域区分			
		南西側台地部	中央～北西側平地部	北東側台地部	南東側平地部
第1	R5	4.50	3.64	8.94	2.80
	差	-2.51	-1.31	-1.96	-0.68
第2	R5	3.73	2.87	9.21	1.92
	差	2.94	0.12	-3.37	-0.58
第3	R5	—	—	0.02	0.03
	差	—	—	—	0.03

北東側台地部のみ第1帯水層と第2帯水層の濃度が逆転しているが、井戸深度から第2帯水層からの取水と判断した井戸には第1帯水層からも取水している井戸が含まれる可能性もあることから、実際に第2帯水層の方がより汚染されているとは断定できない。

平成10年(1998年)との差を見ると、第1帯水層では、ほぼ変化していない南東側平地部を除き全ての地域で減少している。一方、第2帯水層では、中央～北西側平地部及び南東側平地部ではほぼ変化がなく、南西側台地部では3mg/L弱の増加、北東側台地部では3mg/L強の減少と変化が分かれた。このため、全地域で平成10年(1998年)に比べて第1帯水層と第2帯水層との差が小さくなっている。なお、地域南部の大起伏山地を涵養域とする南西側台地部南側の湧水(No.53)は、水質は平成10年(1998年)とほぼ変化していない。

まとめ

熊本県下益城郡美里町北西部(旧中央町北部)において、平成10年(1998年)の調査から地下水質がどのように変化したのか把握した。その結果、次のことが明らかとなった。

- 1) 水道水質基準を超過するNO₃⁻-N濃度を示した地点が16地点(うち5地点は採水できず)から7地点へ減少するとともに、平均濃度、最高濃度ともに大きく低下した。また、平成10年(1998年)のNO₃⁻-N濃度が高ければ高いほど濃度低下が大きい傾向を示した。
- 2) トリリニアダイアグラムでは、約3/4の52地点がI(アルカリ土類炭酸塩型)に含まれ、1/5の14地点がIII(アルカリ土類非炭酸塩型)に含まれた。平成10年(1998年)調査に比べ、NO₃⁻-Nによる汚染が進んでいるとされるIIIに含まれる地点の割合が減少した。
- 3) トリリニアダイアグラムにより前回の調査時の水質と比較すると、陽イオンは、半数以上の39地点が5ポイント以下という小さな変化にとどまった一方、陰イオンは、半数近くの32地点が10ポイント以上(うち7地点は25ポイント以上)の大きな変化を示した。
- 4) 井戸を掘削し直した7地点では、取水帯水層が変わったことなどにより水質が変化した。また、これ以外に7地点で大きな水質変化を示したが、このうちNo.60は単純な水質変化の可能性だけでなく、第1帯水層からの混入の可能性も示唆された。
- 5) 調査地域を4つに分けて解析を行った結果、北東側台地部では半数弱の7地点でNO₃⁻-Nが10mg/L以上であるなど高い値を示す地点が多く、平成10年(1998年)と同様の傾向を示した。また、一部の項目を除いて、平成10年(1998年)からの変化量は小さかった。
- 6) 4地域の帯水層ごとのNO₃⁻-N濃度を比較した結果、第1帯水層及び第2帯水層ともに、北東側台地部>南西側台地部>中央～北西側平地部>南東側平地部の順であった。平成10年(1998年)との差を見ると、第1帯水層では、南東側平地部を除き全ての地域で減少していた。一方、第2帯水層では、中央～北西側平地部及び南東側平地部ではほぼ変化がなく、南西側台地部では3mg/L弱の増加、北東側台地部では3mg/L強の減少と変化が分かれた。

謝辞

本調査の実施にあたり井戸の確認及び採水調整にご尽力いただきました美里町役場上下水道課の職員の方々に感謝申し上げます。また、井戸所有者の方々には採水及び聞き取りに快く応じてくださったことに深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 環境省水・大気環境局：硝酸性窒素等地域総合対策ガイドライン，令和3年（2021年）3月。
- 2) 小笹康人，廣畑昌章，吉永敏之，福留清秀，松岡良三：熊本県保健環境科学研究所報，25, 35-40 (1995).
- 3) 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).
- 4) 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, 71-76 (1997).
- 5) 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).
- 6) 廣畑昌章，藤田一城，永村哲也，松下 裕，松岡良三：熊本県保健環境科学研究所報，28, 60-65 (1998) .
- 7) 廣畑昌章，藤田一城，永村哲也，松下 裕，松岡良三：熊本県保健環境科学研究所報，28, 66-72 (1998) .
- 8) 熊本県環境生活部環境保全課：平成9年度中央町及びその周辺地域地下水流動調査業務報告書，平成10年（1998年）3月。
- 9) 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).

6) 荒尾地域の地下水における硝酸性窒素濃度について (第1報)

— 過去20年間の地下水質の変化 —

松崎達哉 小原大翼*1 小原彬生 豊永悟史 木野世紀*2 廣畑昌章

要 旨

1990年代後半に地下水中の硝酸性窒素濃度の高い井戸が多く見られた荒尾地域について、過去20年以上の地下水質の調査結果を取りまとめた。継続指標井戸18地点における2001～2021年度までの硝酸性窒素濃度の平均値は低下傾向を示しており、対策による一定の効果がうかがえた。また、5つの地域に分けて井戸の水質変化を見たところ、中央地域南側～西側では、他の地域に比べて硝酸性窒素濃度が10mg/Lを超過あるいは上昇傾向を示す地点が多く見られた。

キーワード：地下水，水質，硝酸性窒素，削減計画，荒尾市

はじめに

県北に位置する荒尾市では、1990年代後半、熊本県や荒尾市等の地下水質調査の結果、地下水中の硝酸性窒素（以下「NO₃-N」という。）濃度の高い地点が多く見られた。このため、熊本県では、汚染機構解明調査^{1,2)}を行い、農業活動や生活排水等に起因することを明らかにするとともに、荒尾市や地域関係者、庁内関係各課・機関が連携しながら、2003年3月に「荒尾地域硝酸性窒素削減計画」（以下「削減計画」という。）を策定した³⁾。削減計画策定後、熊本県や地元荒尾市では、関係機関や農業従事者の協力を得ながら対策に取り組んできたが、削減計画による対策期間が2022年度末で終了を迎えるに当たり、20年間の対策に伴う荒尾地域の地下水質の変化を取りまとめたので報告する。

調査地域

荒尾市は人口約5.0万人⁴⁾、県内第7位の規模を持つ⁵⁾。熊本県北西部に発達した玉名平野に位置し、市域の広がり東西10km、南北7.5kmであり、総面積は57.15km²である。

図1に地域概要図を示す。東側に標高500m前後の小～中起伏火山が分布し、その周辺部に緩やかな起伏を持つ火山山麓や火山性丘陵地が分布する。これら山麓や丘陵地の西側には、標高10～50mの段丘と、それを開析する標高10m以下の沖積低地が発達している。河川は、東側山麓を起点として、北側及び南側から西側の有明海へと注いでいる。

なお、荒尾地域の地質、帯水層及び地下水位の概略

等については既報²⁾のとおりである。

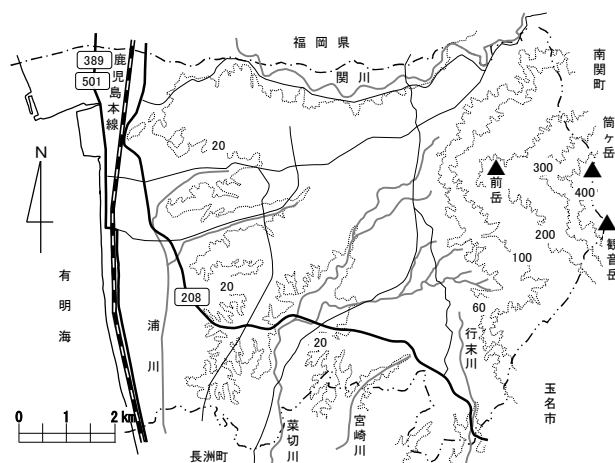


図1 地域概要図

調査方法

図2に調査地点位置図を示す。削減計画策定当時、その対策の効果を把握するため、指標井戸として計35地点が設定された。その後、これまでに計17地点（井戸）が廃止される中で、廃止された井戸に隣接する井戸を代替地点として順次設定することで常に35地点を調査してきた。そのため、2001年度当初から2021年度まで継続して水質調査が行われているのは18地点（2020年度までであれば19地点）である。表1に指標井戸の調査年度及び変遷を示した。

調査項目は、NO₃-N濃度を基本とし、併せて1996年度、2002年度、2012年度、2016年度及び2021年度の5

*1 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

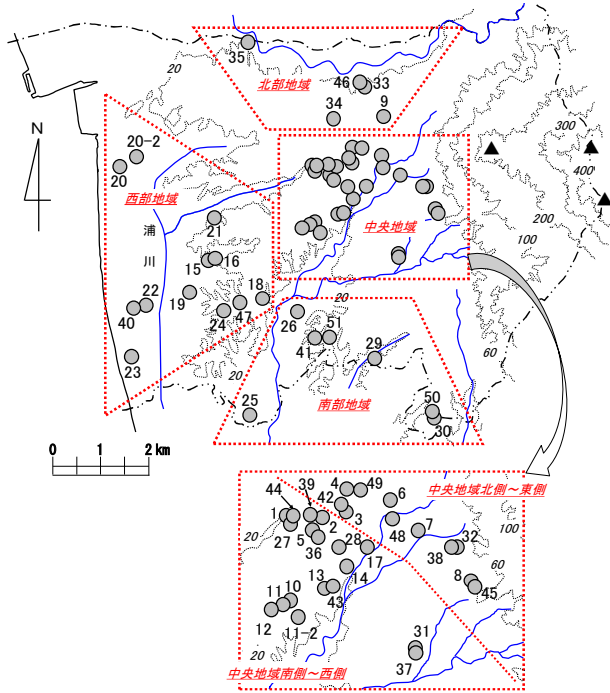


図2 調査地点位置及び地域区分図

(地図上の各地点番号に“A-”をつけたものを調査地点名とする。)

年度には、pH、電気伝導率（以下「EC」という。）及びイオン成分を測定した。分析方法は、pH及びECは電極法、陽イオン（ Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ）及び陰イオン（ F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- ）のうち HCO_3^- を除くイオン成分はイオンクロマトグラフ法、 HCO_3^- は硫酸滴定法によるpH4.8アルカリ度から算出した。

結果及び考察

1. 地下水水質の変化

調査地域の中でも地域ごとに $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は大きく異なり、またその変化も異なっていたことから、調査地域を、削減計画策定当時、地下水の水質汚濁に係る環境基準（以下「環境基準」という。）を超過する井戸が多く確認されていた市中央の2地域（中央地域北側～東側及び中央地域南側～西側）と周辺の3地域（南部地域、西部地域及び北部地域）の計5地域に分けて地下水水質の変化及びその傾向等を把握した。

1.1 南部地域

図3に南部地域7地点の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の経年変化を示した。A-26及びA-29の2地点を除けば2001年度以降環境基準である10 mg/Lを超過していない。A-25は、1996年度に10 mg/Lであったが、2002年度に1.6 mg/Lまで低下した後、近年は3 mg/L台を推移している。一方、A-26は、9.5～17mg/Lまで大きく変動したが、その後継調査地点であるA-41及びA-51は2～4mg/Lと低い濃度であ

表1 指標井戸の調査年度及び変遷

地点名	当初設定地点 調査年度	継続地点① 地点名 調査年度	継続地点② 地点名 調査年度
A-1	H7.8.13~R3 (1995.1996.2001~2021)		
A-2	H6~8.13~19 (1994~1996.2001~2007)	A-39 H20~H22 (2008~2010)	A-44 H23~R3 (2011~2021)
A-3	H7.8.13~21 (1995.1996.2001~2009)	A-42 H22~R3 (2010~2021)	
A-4	H7.8.13~29 (1995.1996.2001~2017)	A-49 H30~R3 (2018~2021)	
A-5	H7.8.13~18 (1995.1996.2001~2006)	A-36 H19~R3 (2007~2021)	
A-6	H8.13~28 (1996.2001~2016)	A-48 H29~R3 (2017~2021)	
A-7	H7.8.13~R3 (1995.1996.2001~2021)		
A-8	H7.8.13~26 (1995.1996.2001~2014)	A-45 H27~R3 (2015~2021)	
A-9	H6~8.13~R3 (1994~1996.2001~2021)		
A-10	H7.8.13~R3 (1995.1996.2001~2021)		
A-11	H7.8.13~15 (1995.1996.2001~2003)	A-11-2 H17~R3 (2005~2021)	
A-12	H7.8.13~R3 (1995.1996.2001~2021)		
A-13	H7.8.13~22 (1995.1996.2001~2010)	A-43 H23~R3 (2011~2021)	
A-14	H7.8.13~R3 (1995.1996.2001~2021)		
A-15	H6~8.13~R3 (1994~1996.2001~2021)		
A-16	H8.13~R3 (1996.2001~2021)		
A-17	H6.8.13~R3 (1994.1996.2001~2021)		
A-18	H7.8.13~R3 (1995.1996.2001~2021)		
A-19	H6.8.13~R2 (1994.1996.2001~2021)		
A-19-2	H14.15.17~24.26~R3 (2002.2003.2005~2012.2014~2021)		
A-20	H8.13~16 (1996.2001~2004)	A-20-2 H17~R3 (2005~2021)	
A-21	H8.13~R3 (1996.2001~2021)		
A-22	H13~19 (2001~2007)	A-40 H20~R3 (2008~2021)	
A-23	H8.13~R3 (1996.2001~2021)		
A-24	H8.13~28 (1996.2001~2016)	A-47 H29~R3 (2017~2021)	
A-25	H8.13~R3 (1996.2001~2021)		
A-26	H8.13~20 (1996.2001~2008)	A-41 H21~R1 (2009~2019)	A-51 R2~3 (2020~2021)
A-27	H8.13~R3 (1996.2001~2021)		
A-28	H8.13~R3 (1996.2001~2021)		
A-29	H8.13~R3 (1996.2001~2021)		
A-30	H8.13~29 (1996.2001~2017)	A-50 H30~R3 (2018~2021)	
A-31	H8.13~18 (1996.2001~2006)	A-37 H19~R3 (2007~2021)	
A-32	H8.13~18 (1996.2001~2006)	A-38 H19~R3 (2007~2021)	
A-33	H8.13~27 (1996.2001~2015)	A-46 H28~R3 (2016~2021)	
A-34	H8.13~R3 (1996.2001~2021)		
A-35	H8.13~R3 (1996.2001~2021)		

った。A-29は2002年度を除き全て10mg/Lを超過しており、2003年度以降、14 mg/L付近を推移している。A-30は1996年度に14mg/Lを示したが、その後は4mg/L付近を推移し、2017年度には1.3mg/Lまで低下した。その後継調査地点であるA-50は4mg/L付近を推移している。

次に、図4に南部地域7地点のトリリニアダイアグラムを示した。A-25を除き全てⅢ（アルカリ土類非炭酸型）に含まれた。陽イオン及び陰イオンともに他の地域に比べて地点による組成の違い及び年度による組

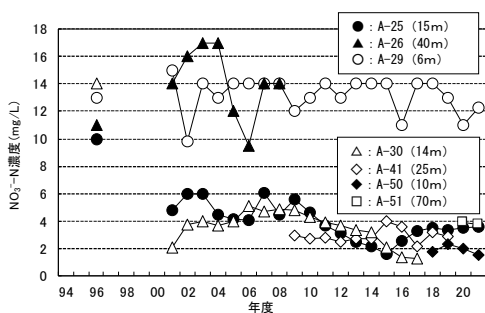


図 3 南部地域 7 地点の NO₃-N 濃度変化

水質変化を示しており、後継調査地点である A-50 も類似した水質を示している。

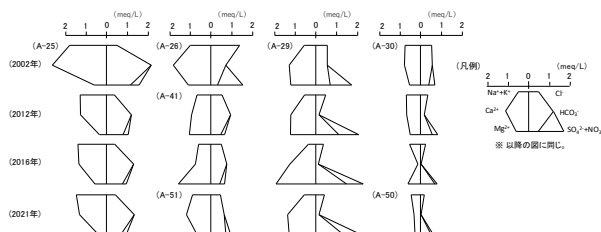


図 5 南部地域 7 地点のヘキサダイアグラム

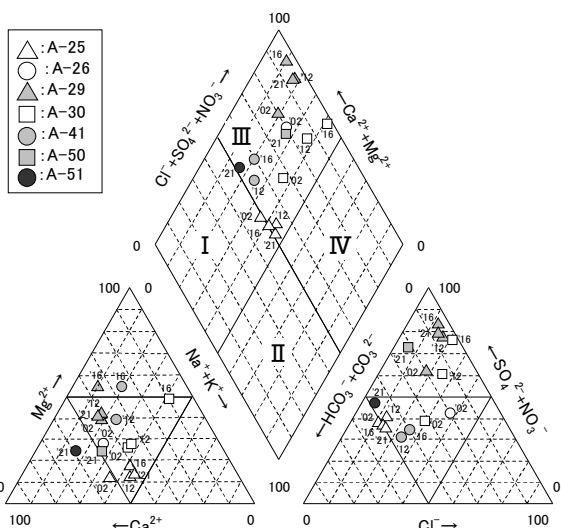


図 4 南部地域 7 地点のトリリニアダイアグラム

南部地域では、A-29のように今なお10mg/Lを超過し、濃度変化がほぼ横ばいの傾向を示す地点が見られるが、その他の地点ではNO₃-N濃度は低く、かつ低下傾向を示している。

1.2 西部地域

図 6 に西部地域 12 地点の NO₃-N 濃度の経年変化を示した。大きな濃度変動を示した A-23 を除けば、10mg/L を超過する地点は見られない。A-15 及び A-16 は 5mg/L 付近を推移しながら減少している。A-18 は 2009 年度まで 10mg/L 付近を推移したが、その後低下し、2011 年度以降は 4~6mg/L を推移している。A-19 は 2005~7 年度に一時濃度上昇を見せたが、2017 年度の 0.21mg/L まで大きく低下し、現在は 1.5mg/L 付近を推移している。A-20 は 6~9mg/L を推移し、その継調査地点である A-20-2 は 3mg/L 付近を推移している。A-21 は 1996 年度に 8.8mg/L を示したが、その後は 5mg/L 付近を推移している。A-22 は 5mg/L 付近を推移

成変動が大きい。また、A-29 については、2002 年度に Cl+SO₄+NO₃ の組成割合が 80%，それ以降の年度は 90% を超えるなど特徴的な水質を示した。

次に、図 5 に南部地域 7 地点の各年度のヘキサダイアグラムを示した。A-25 は、2002 年度に溶存イオン成分の多い Ca-HCO₃ 型を示したが、その後は NO₃ を含む溶存イオン成分の減少とともに Na+K-HCO₃ 型を示している。一方、NO₃-N 濃度の高い A-26 及び A-29 は、2002 年度に Ca-SO₄+NO₃ 型を示し、その後 A-29 は 2012 年度にかけて HCO₃ のみが大きく減少し、2016 年度には Mg-SO₄+NO₃ 型の特徴的な水質を示している。この HCO₃ が大きく減少する理由は、環境中に負荷されたアンモニアの酸化に伴い水素イオン (H⁺) が生じる⁹⁾ことによりその中和に HCO₃ が消費されるためと考えられる。この HCO₃ が非常に少ないという特徴は後述する中央地域における NO₃-N 濃度が高い地点の水質に類似している。なお、A-26 の後継調査地点である A-41 及び A-51 は、A-26 と水質が大きく異なり、それぞれ Mg-HCO₃ 型及び Ca-SO₄+NO₃ 型を示している。A-30 は、徐々に Ca²⁺ 及び HCO₃ のみが減少する特異な

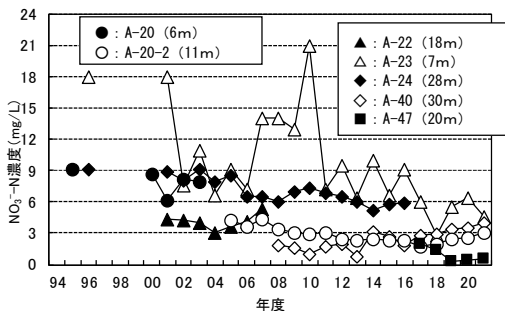
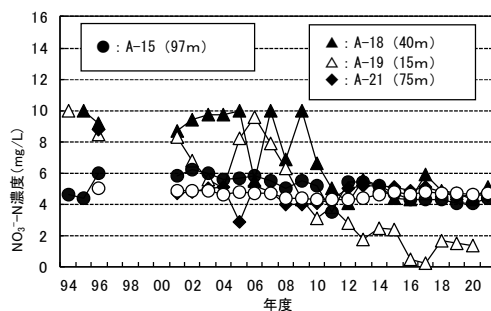


図 6 西部地域 12 地点の NO₃-N 濃度変化

し、その後継調査地点である A-40 は 2mg/L 以下を推移していたが、2020 年度に 6mg/L を示している。A-23 は 2010 年度に 21mg/L と最高を示したが、それ以降は 10mg/L を超過せず、2018 年度には 2.8mg/L まで減少している。A-24 は 9mg/L から 6mg/L まで減少し、その後継調査地点である A-47 は 2mg/L 以下の非常に低い濃度を示した。

次に、図 7 に西部地域 12 地点のトリリニアダイアグラムを示した。なお、ここでは浦川以东と以西に分けて表示している。浦川以东では、一部の地点及び年度を除くと、全てⅢ（アルカリ土類非炭酸型）に含まれた。陽イオンだけでなく陰イオンについても、他の地域に比べて地点による組成の違い及び年度による組成変動は小さく、陽イオン及び陰イオンともに三角座標図の中央付近に位置する地点が多い。一方、浦川以西では、A-20-2 の 2016 年度を除き全てⅠ（アルカリ炭酸型）に含まれた。陽イオンでは Ca^{2+} 、陰イオンでは

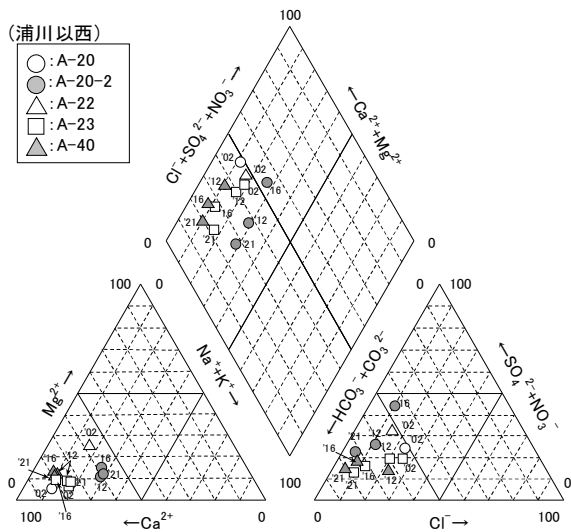
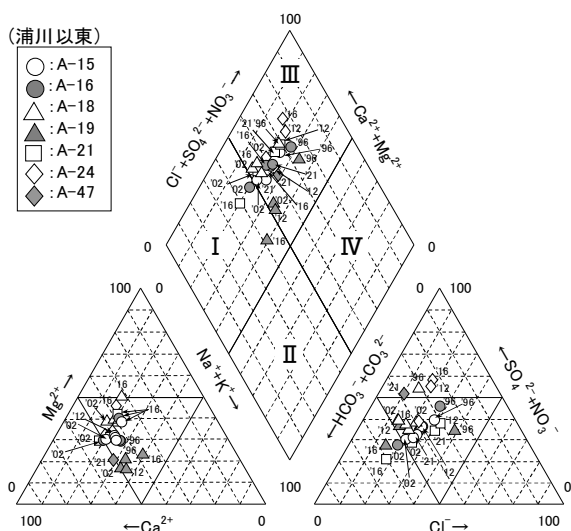


図 7 西部地域 12 地点のトリリニアダイアグラム

HCO_3^- の組成割合が大きい特徴がある。

次に、図 8 に西部地域 12 地点の各年度のヘキサダイアグラムを示した。A-15、A-16 及び A-18 は 2002 年度にイオン分量が増加しているものの、一部を除き概ね類似した $Ca-HCO_3$ 型又は $Ca-SO_4+NO_3$ 型を示しており、A-24 の後継調査地点である A-47 についても同様の水質を示している。A-19 は、 NO_3^- -N 濃度が変動していた 2002 年度まではイオン分量の多い $Ca-Cl$ 型及び $Ca-HCO_3$ 型を示していたが、その後 NO_3^- -N 濃度の低下とともにイオン分量のより少ない $Ca-HCO_3$ 型及び $Na+K-HCO_3$ 型へと変化している。A-21 は測定年度ごとに水質が変動しているが、A-20 の後継調査地点である A-20-2 及び A-22 と同様の水質を示している。A-24 についても測定年度ごとに水質が変動しており、 NO_3^- -N 濃度の低下に伴い $Ca-HCO_3$ 型から $Ca-SO_4+NO_3$ 型、さらに $Mg-SO_4+NO_3$ 型へと変化している。

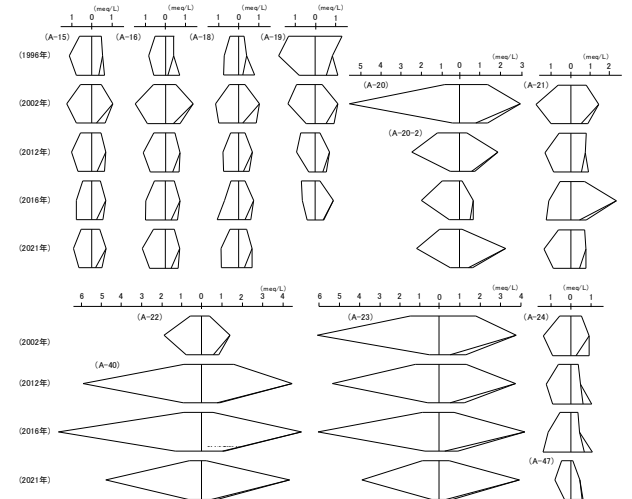


図 8 西部地域 12 地点のヘキサダイアグラム

一方、A-20、A-23 及び A-40 (A-22 の後継調査地点) は、石灰岩地域に多く見られるより極端な $Ca-HCO_3$ 型^{7,8)}を示している。3 地点全て有明海沿岸に位置しているが、これらの地域に石灰岩が存在する報告は見当たらず、その水質形成に興味もたれる。

西部地域では、現在 NO_3^- -N 濃度が 10mg/L を超過する地点はなく、その濃度も低下傾向にある。

1.3 北部地域

図 9 に北部地域 5 地点の NO_3^- -N 濃度の経年変化を示した。A-9 は 2011 年度までは 10mg/L を超過する年度も見られたが、近年は 8mg/L 付近を推移している。A-33 は、2001 年度の調査開始から <0.01mg/L から 6.5mg/L まで大きく変動していたが、調査を終了する 2015 年度には 1.8mg/L まで低下した。後継調査地点の A-46 は 2mg/L を推移している。A-34 は、1996 年度の

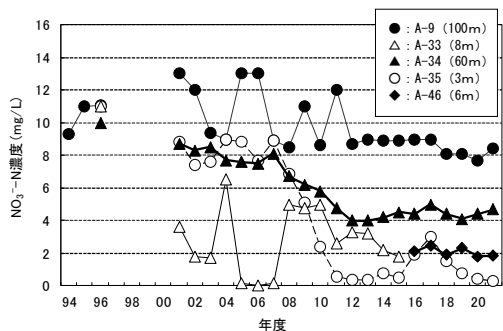


図 9 北部地域 5 地点の NO₃⁻-N 濃度変化

10mg/L から 2012 年度の 4.0mg/L まで低下し、その後は 4~5mg/L を推移している。A-35 は、2008 年度までは 8mg/L 付近を推移したが、その後急激に低下し、2021 年度には 0.29mg/L と非常に低い濃度となっている。

次に、図 10 に北部地域 5 地点のトリリニアダイアグラムを示した。A-33 及び A-35 (2002 年度を除く) を除くと、全てⅢ (アルカリ土類非炭酸型) に含まれた。

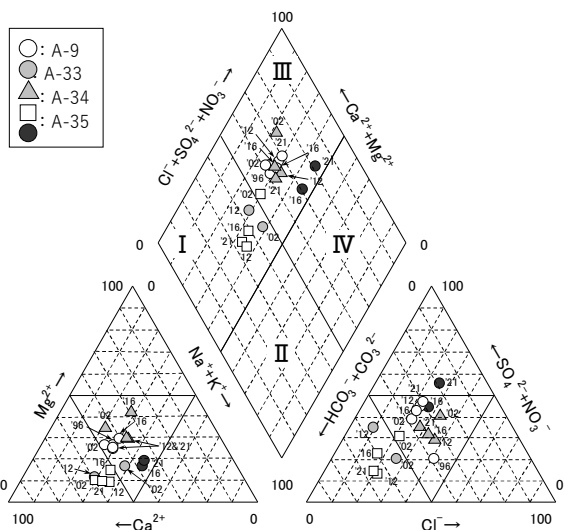


図 10 北部地域 5 地点のトリリニアダイアグラム

次に、図 11 に北部地域 5 地点の各年度のヘキサダイアグラムを示した。A-9 は Ca-SO₄+NO₃ 型を示し、若干の変動はあるもののほぼ同じ形をしている。なお、A-9 は SO₄²⁻が非常に少ないという特徴を示しており、これは A-34 も同様である。A-33 は Ca-HCO₃ 型を示し、その後継調査地点である A-46 は Na+K-SO₄+NO₃ 型を示している。A-34 は 2002 年度に Ca-SO₄+NO₃ 型を示していたが、2012 年度以降は NO₃⁻-N 濃度の低下とともにイオン成分が少ない形へと変化している。A-35 は、NO₃⁻-N 濃度が 8mg/L 付近を推移していた 2002 年度にはイオン成分の多い Ca-HCO₃ 型を示していたが、2012 年度以降は NO₃⁻-N 濃度の低下とともにイ

オン成分のより少ない Ca-HCO₃ 型へと変化している。

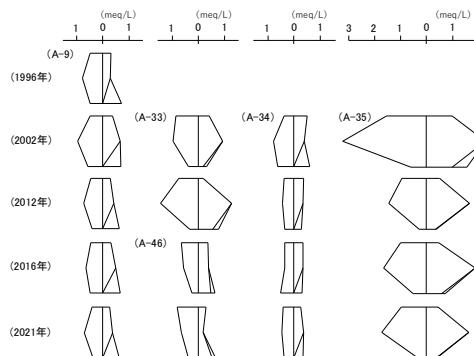


図 11 北部地域 5 地点のヘキサダイアグラム

西部地域同様、北部地域においても現在 NO₃⁻-N 濃度が 10mg/L を超過している地点はなく、A-9 のように 8mg/L 前後で高止まりしている地点も見られるものの、その他の地点では NO₃⁻-N 濃度は低く、低下傾向にある。

1.4 中央地域北側～東側

図 12 に中央地域北側～東側 11 地点の NO₃⁻-N 濃度変化を示した。A-3 は 1994 年度に 9mg/L を示したがその後は 5mg/L を推移し、調査を終了する 2009 年度には 3.9mg/L まで低下した。その後継調査地点である A-42 は 5 mg/L 付近を推移している。A-4 は 1996 年度から調査を終了する 2017 年度まで 9~10mg/L 付近を推移したが、その後継調査地点の A-49 は 2~3 mg/L の低い濃度を示している。A-7 は、1994 年度以降、一貫して 5mg/L 付近を推移し、大きな変化を示していない。A-8

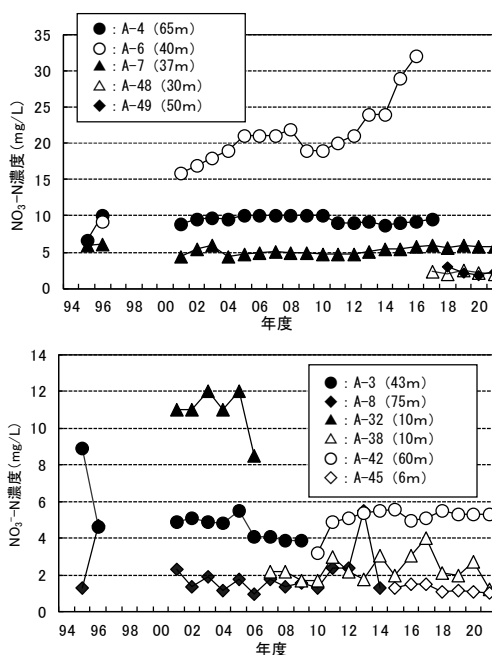


図 12 中央地域北側～東側 11 地点の NO₃⁻-N 濃度変化

は 1996 年度及び 2013 年度に 5mg/L 付近の値を示したが、他の年度は 1~2mg/L の低い濃度を示し、後継調査地点の A-45 についても 1mg/L 台の低い濃度を示している。A-32 は、2005 年度まで 10mg/L を超過していたが、その翌年には 8.5mg/L まで低下し、その後継調査地点の A-38 は 2~4mg/L を推移している。一方、これらの地点と異なり、A-6 は、1996 年度の 9.3mg/L から 2016 年度の 32mg/L まで大きく増加したが、その後継調査地点の A-48 は 2~3mg/L を推移している。A-4、A-6 及び A-32 を除けば NO₃-N 濃度が高い地点は見られず、また、A-6 を除けば、大きな濃度上昇傾向を示す地点は見られない。

次に、図 13 に中央地域北側~東側 11 地点のトリリニアダイアグラムを示した。一部の地点及び年度を除くと、その多くがⅢ（アルカリ土類非炭酸型）に含まれたが、A-38 の 2012 年度及び 2021 年度はⅣ（アルカリ非炭酸型）に含まれており特徴的な水質を示した。陽イオンに比べて陰イオンにおける年度間の組成変動が大きく、中央の菱形座標図（以下「キーダイアグラム」という。）上を概ね直線的に移動している。

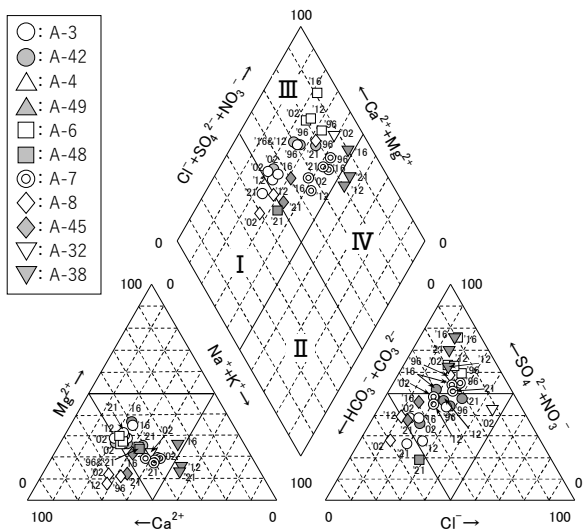


図 13 中央地域北側~東側 11 地点のトリリニアダイアグラム

次に、図 14 に中央地域北側~東側 11 地点の各年度のヘキサダイアグラムを示した。A-3 は 1996 年度に Ca-SO₄+NO₃ 型、2002 年度に Ca-HCO₃ 型の水質を示し、その後継調査地点である A-42 は、溶存成分が A-3 と同等かあるいは A-3 よりも少ない Ca-HCO₃ 型の水質を示した。A-4 は 2002 年度の Ca-HCO₃ 型を除くと Ca-SO₄+NO₃ 型の水質を示しているが、その後継調査地点である A-49 は、A-4 よりも溶存成分が少なく、A-38 に類似した Na-SO₄+NO₃ 型の水質を示している。

A-6 は Ca-SO₄+NO₃ 型の水質を示し、濃度の上昇とともに極端な形へと変化した。その後継調査地点である A-48 は、溶存成分が少ない Ca-HCO₃ 型の水質を示した。A-7 は、若干の変動はあるものの一貫して Na-SO₄+NO₃ 型の水質を示している。A-8 は、1996 年度に Ca-SO₄+NO₃ 型の水質を示したが、2002 年度以降は Ca-HCO₃ 型を示し、その後継調査地点である A-45 についても A-8 の 2002 年度以降の水質に類似している。A-32 は SO₄²⁻ が非常に少ない水質を示し、その後継調査地点である A-38 は A-49 に類似した Na-SO₄+NO₃ 型の水質を示している。

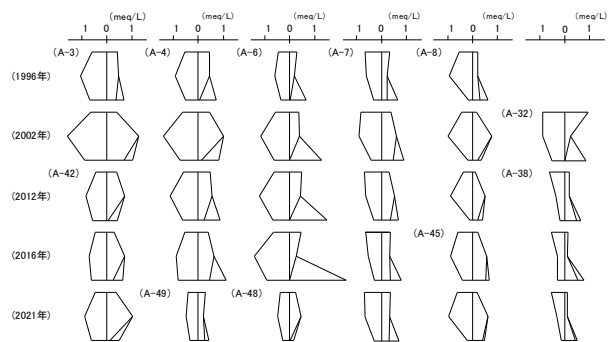


図 14 中央地域北側~東側 11 地点のヘキサダイアグラム

中央地域北側~東側では、いくつかの地点については依然として NO₃-N 濃度が高いが、多くの地点が 10mg/L を下回っており、増加傾向を示していないあるいは増加傾向を示しているとしても小さな増加にとどまっている。

1.5 中央地域南側~西側

中央地域南側~西側には、数多くの地点が含まれることから、さらにこの地域を「A-1,2,5,27,36,39 及び 44」、「A-13,14,17,28 及び 43」及び「A-10,11,11-2, 12,31 及び 37」の 3 つの地区に分けて考察した。

1.5.1 A-1, 2, 5, 27, 36, 39 及び 44 地区

図 15 に A-1,2,5,27 及び 44 並びに A-2 及び 5 のそれぞれの測定後継地点である A-39 及び 36 の計 7 地点の NO₃-N 濃度変化を示した。A-1 は、2001 年度の測定開始から 2021 年度まで 2~3mg/L と非常に低い値を示している。A-2 は測定開始から 2007 年度まで調査地点中最高濃度を示していたが、その後継調査地点である A-39 から A-44 へと NO₃-N 濃度は低くなり、A-44 の 2021 年度は 1.7 mg/L と非常に低い値を示している。A-5 及び A-36 は、大部分の年度が 10mg/L を超過しており、最も低い年度でも 10mg/L である。A-27 は、2010 年度までは 10mg/L を下回っていたが、翌年には 10mg/L を超過し、その後変動しながらも 2021 年度は

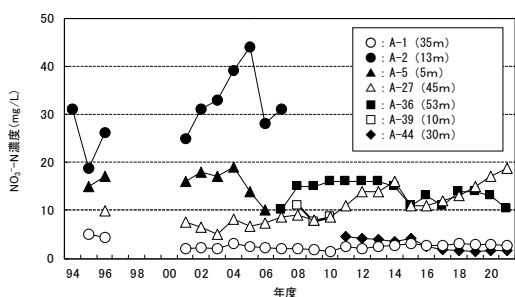


図 15 A-1, 2, 5, 27, 36, 39 及び 44 の NO₃⁻-N 濃度変化

18.7mg/L と高い値となっている。

次に、図 16 に A-1,2,5,27,36,39 及び 44 のトリリニアダイアグラムを示した。全てⅢ（アルカリ土類非炭酸型）に含まれており、しかもより上側に位置している。陽イオンに比べて陰イオンにおける年度間の組成変動が大きく、キーダイアグラム上を概ね直線的に移動している。

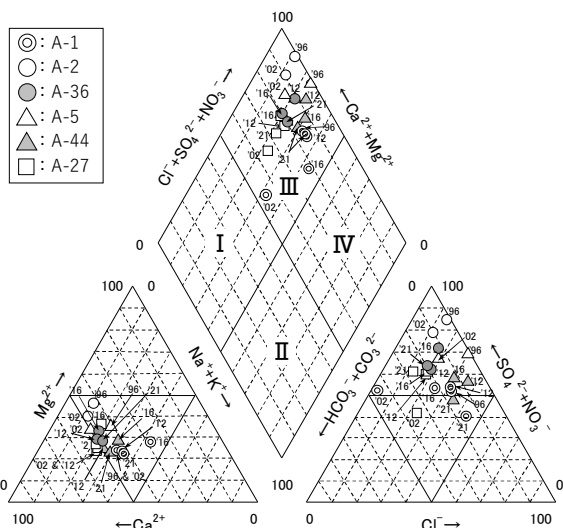


図 16 A-1, 2, 5, 27, 36 及び 44 のトリリニアダイアグラム

次に、図 17 に A-1,2,5,27,36,39 及び 44 の各年度のヘキサダイアグラムを示した。A-1 及び A-2 の後継調査地点である A-44 は他の地点よりも溶存イオン成分が少なく、概ね Ca-SO₄+NO₃ 型の類似した水質を示している。一方、A-27 及び A-36 では、他の 2 地点よりも溶存イオン成分が多い類似した Ca-SO₄+NO₃ 型の水質を示している。また、A-1 及び 27 とともに、2002 年度と 2012 年度間で、HCO₃⁻濃度が低下する水質変化を示しているが、A-1 では HCO₃⁻濃度が低下した分 Cl⁻が増加しただけで NO₃⁻に変化はない。一方、A-27 では HCO₃⁻濃度が低下した分 NO₃⁻が増加しており、異なる

水質変化を示している。A-1,27 及び 44 は半径 100m 内に収まるような非常に近い位置にあり、標高と井戸深度の関係から同じ地下水を取水していると考えられたが、水質調査の結果から、A-1 及び 44 が同じ地下水を取水しており、A-27 はむしろ少し離れた A-36 に近い地下水を取水しているものと考えられた。

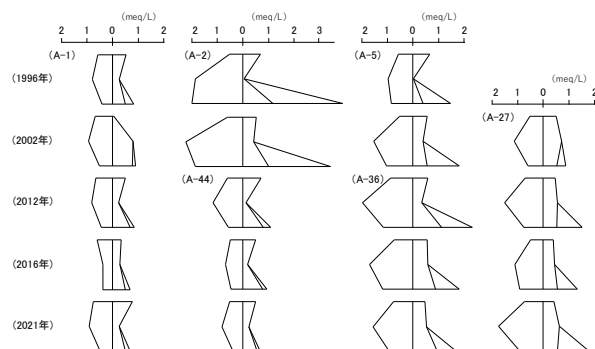


図 17 A-1, 2, 5, 27, 36 及び 44 のヘキサダイアグラム

1.5.2 A-13, 14, 17, 28 及び 43 地区

図 18 に A-13,14,17,28 及び 43 の NO₃-N 濃度の経年変化を示した。A-13 は 4mg/L から 2.5mg/L まで低下し、その後継測定地点である A-43 は、2011 年度の 3mg/L から 2019 年度に 4.9mg/L まで上昇している。A-14 は 2005 年度に 10mg/L まで上昇したが、その後 4mg/L まで低下している。A-17 は、1994 年度から 2020 年度まで一貫して 10mg/L を超過していないが、2011 年度の 3.6mg/L を境に上昇傾向にあり、2021 年度には 7.6 mg/L まで増加している。一方、A-28 は、大きな上昇傾向を示しており、1996 年度から 2014 年度までは 10mg/L を下回っていたが、翌年には 10mg/L を超過し、その後 2021 年度には 13.7mg/L となっている。

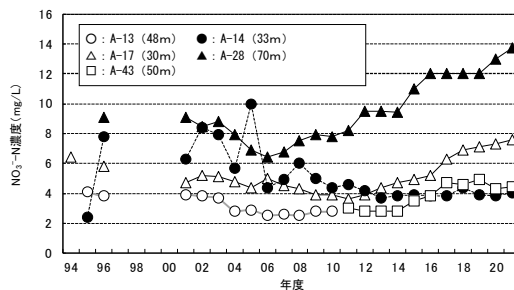


図 18 A-13, 14, 17, 28 及び 43 の NO₃⁻-N 濃度変化

次に、図 19 に A-13,14,17,28 及び 43 のトリリニアダイアグラムを示した。陰イオンの組成変動に比べて陽イオンのそれは非常に小さく、陰イオンの組成変動に伴いⅢ（アルカリ土類非炭酸型）領域内を概ね直線的

に移動している。

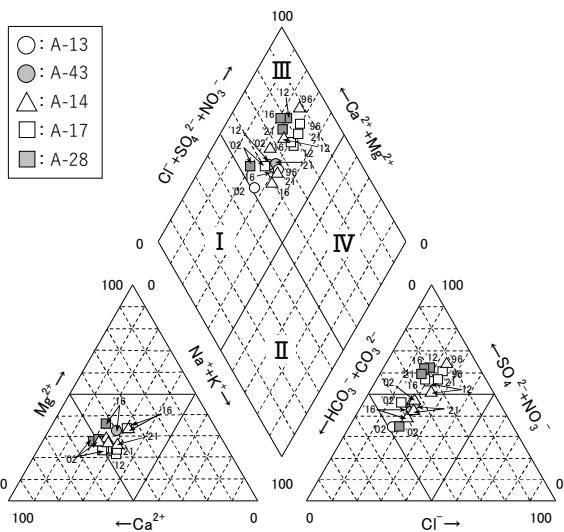


図 19 A-13, 14, 17, 28 及び 43 のトリリニアダイアグラム

次に、図 20 に A-13, 14, 17, 28 及び 43 の各年度のヘキサダイアグラムを示した。A-13 及び 43 は 2002 年の Ca-HCO₃ 型の水質を除けば Ca-SO₄+NO₃ 型を示しており、非常に類似した形を示した。A-14 は NO₃-N 濃度の低下とともに、極端な Ca-SO₄+NO₃ 型からより溶存成分の少ない形へと変化している。A-17 は A-13 や A-14 よりも溶存イオン成分が少ない Ca-SO₄+NO₃ 型の水質を示した。A-28 は前述した A-27 及び A-36 に類似した水質を示しており、また A-27 のように 2002 年度と 2012 年度間で HCO₃⁻濃度が低下する水質変化を示し、HCO₃⁻が減少した分だけ NO₃⁻が増加している。

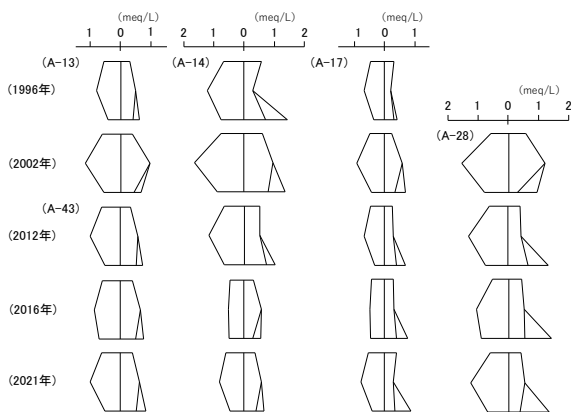


図 20 A-13, 14, 17, 28 及び 43 のヘキサダイアグラム

1.5.3 A-10, 11, 11-2, 12, 31 及び 37 地区

図 21 に A-10, 11, 11-2, 12, 31 及び 37 の NO₃⁻-N 濃度の経年変化を示した。A-10 は、2009 年度の 11 mg/L を除

けば 1996 年度の測定開始から 5mg/L 付近を推移している。一方、A-11 は 2003 年度の測定終了まで大きく増加しており、その後継測定地点である A-11-2 は 2005 年度の測定開始以後徐々に濃度が低下し、2011 年度には 10mg/L を下回り、2018 年度には 1.6mg/L という低い値を示している。A-12 は、2009 年度に 4.9mg/L まで低下したものの再び増加し、2020 年度には 17mg/L となるなど、2001 年度のレベルまで戻っている。A-31 は 2004 年度まで 17mg/L 付近を推移したが、次年度には 30mg/L へと急増している。その後継調査地点である A-37 は、大きな変動はみられないものの調査期間すべてで 10mg/L を超過している。

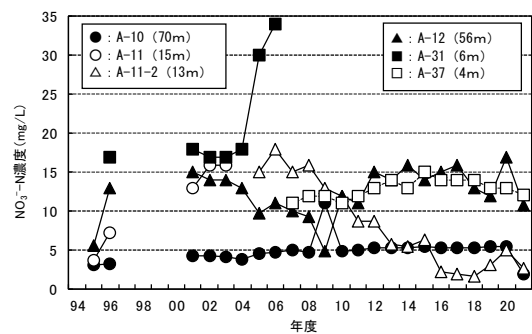


図 21 A-10, 11, 11-2, 12, 31 及び 37 の NO₃⁻-N 濃度変化

次に、図 22 に A-10, 11, 11-2, 12, 31 及び 37 のトリリニアダイアグラムを示した。A-10 は I (アルカリ炭酸型)、A-11 は IV (アルカリ非炭酸型)、その他の地点は III (アルカリ土類非炭酸型) に含まれた。陽イオンでは地点による組成の違いが見られるものの年度による組成変動は小さい。一方、陰イオンでは地点による組成の違

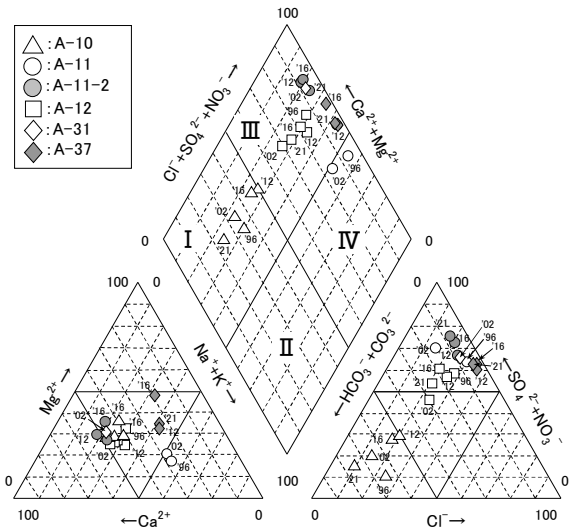


図 22 A-10, 11, 11-2, 12, 31 及び 37 のトリリニアダイアグラム

いととも、他の地域に比べて大きな年度による組成変動が見られる。

次に、図 23 に A-10,11,11-2,12,31 及び 37 の各年度のヘキサダイアグラムを示した。A-10 は全ての年度で Ca-HCO₃ 型の水質を示しているが、年度ごとに少しずつ形が異なっている。また、A-11 は特徴的な Na+K-SO₄+NO₃ 型の水質を示したが、A-11-2 では Ca-SO₄+NO₃ 型の水質を示した。A-11-2 は後継調査地点であるもののこの 2 地点は直線距離にして約 300m 離れており、それぞれ井戸深度が 13m 及び 15m と比較的浅いことから、異なる水質を示したものと考えられる。A-12 は Ca-SO₄+NO₃ 型の水質を示し、前述した NO₃-N 濃度の高い A-27 及び A-36 と類似していた。A-31 は Ca-SO₄+NO₃ 型、A-37 は Na+K-SO₄+NO₃ 型又は Mg-SO₄+NO₃ 型を示し、ともに HCO₃⁻ が非常に少ない水質を示している。特に、A-37 は A-30 の 2016 年度同様、HCO₃⁻ に加えて Ca²⁺ も少ない特異な水質を示した。

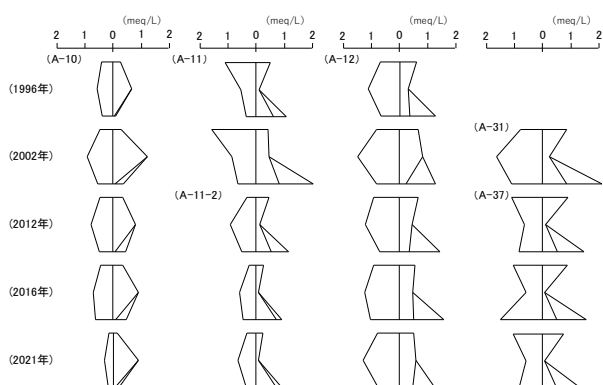


図 23 A-10, 11, 11-2, 12, 31 及び 37 のヘキサダイアグラム

1.5.4 中央地域南側～西側のまとめ

中央地域南側～西側は、NO₃-N 濃度が高い地域に見られる Ca-SO₄+NO₃ 型の水質を示す地点が多く、依然として NO₃-N 濃度の高い地点が多く見られ、濃度の上昇傾向を示す地点も見られる。

2. 削減計画に基づく対策に関する評価

2.1 指標井戸における NO₃-N 平均濃度の推移

廃止された井戸を含む全指標井戸（51 地点）及び 2001 年度当初から継続して同一井戸で連続的に調査を行っている 19 地点（2020 年度まで測定している A-19 を含む。以下「継続指標井戸」という。）における 2001 年度から 2021 年度までの NO₃-N の平均濃度の推移を図 24 に示した。

NO₃-N 濃度は、全指標井戸及び継続指標井戸ともに

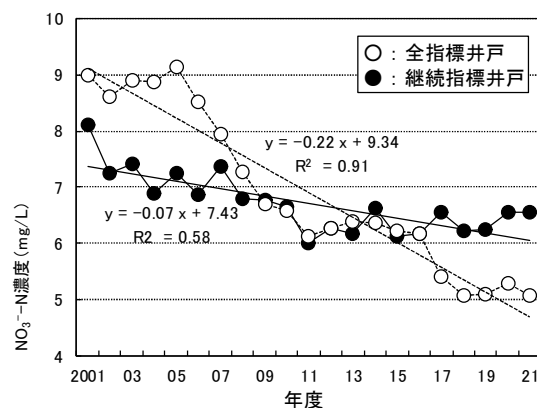


図 24 指標井戸における NO₃-N 濃度推移

低下しているが、全指標井戸では、より高い NO₃-N 濃度の井戸が廃止される傾向にあること、またその廃止に伴い隣接する井戸を代替地点として順次設定しているものの同一の水質を持つ井戸を設定することが非常に困難であることなどから、継続指標井戸に比べてより大きな濃度低下となっている。

一方、継続指標井戸では、近似直線から算出される 20 年間における NO₃-N 濃度の低下量は 1.4mg/L ほどと小さく、また直近 10 年間では横ばい傾向を示しているが、NO₃-N 濃度が低下していることを踏まえれば、削減計画に基づく対策には一定の効果が見られているといえる。

2.2 削減計画に基づく評価

削減計画³⁾では、NO₃-N 濃度に応じて「達成水質（NO₃-N 濃度として 10mg/L 以下）」及び「管理水質（NO₃-N 濃度として 5mg/L 以下）」の 2 つの目標水質を設定し、さらに指標井戸を 2001 年当時の NO₃-N 濃度で 3 つの濃度区分に分類することで、それぞれに最終目標が設定されている。そこで、表 2 に、継続指標井戸 19 地点について濃度区分ごとの地点数の変化を示した。

表 2 濃度区分ごとの継続指標井戸の地点数の変化

区分	2001年度 地点数	目標	経過			2021年度* 地点数 (B)	差 (=B-A)
			廃止 井戸	存続 井戸 (A)	変遷		
10mg/L超過	11	全て10mg/L以下	7	4	→ 2 → 2	4	0
5mg/L超過、 10mg/L以下	12	全て5mg/L以下	4	8	→ 1 → 2	4	-4
5mg/L以下	13	現状濃度を維持 または低下	6	7	→ 1 → 5 → 5	11	4
計	36	—	17	19	—	19	0

* A-19については2020年度の値で判断

まず、2001年度に10mg/Lを超過していた11地点（う

ち7地点は廃止)のうち, 2021年度も引き続き10mg/Lを超過したのは2地点であり, 残り2地点は5mg/L超過~10mg/L以下の区分及び5mg/L以下の区分にそれぞれ移動した。次に, 5mg/L超過~10mg/L以下であった12地点(うち4地点は廃止)のうち, 2021年度に引き続き5mg/L超過~10mg/L以下の区分にとどまったのは1地点であり, 残りの地点は2地点が10mg/L超過の区分へ, 5地点が5mg/L以下の区分へ移動した。5mg/L以下が5地点と改善した地点が多かったものの, 2地点が10mg/Lを超過しており, 明暗を分けた形となった。さらに, 2001年度に5mg/L以下であった13地点(うち6地点は廃止)のうち, 2021年度に引き続き5mg/L以下であったのは5地点であり, 2地点が5mg/L超過~10mg/L以下の区分に移動した。以上の結果から, 2022年度に達成すべき最終目標しないことが見込まれる結果となった。ただし, 10mg/L超過の区分は4地点で地点数として変化は見られなかったものの, 5mg/L超過~10mg/L以下の区分は8地点から4地点に減少し, 5mg/L以下の区分は4地点増加していることから, 削減計画に基づく対策によって一定の効果が出ているものといえる。なお, 地点によってはより濃度の高い区分への移動が見られたことから, 対策の効果が見られた地点と見られなかった地点が混在している状況といえる。

2.3 指標井戸におけるNO₃-N濃度分布

図 25 に指標井戸における直近の NO₃-N 濃度及び傾向を示した。ただし, ここでは 2017 年度以降の過去 5 年度間の最終調査年度における濃度を示している。北部, 南部及び西部の 3 地域では, それぞれ 1 地点を除く全ての地点で 5mg/L 以下の低い濃度であり, かつ A-40 を除く全ての地点で横ばいあるいは減少傾向を示している。一方, 中央地域では, 依然として NO₃-N 濃度が高い地点があるとともに, 他地域に比べて濃度の上昇傾向を示す地点が多く見られる。このため引き続き対策を進めていく必要がある。

なお, 熊本県は, 2022年度で対策期間を終了する第一期削減計画に引き続き2023年3月に第二期削減計画⁹⁾(2023~2042年度の20年間)を策定し, これまでの対策に加え, 新たに「環境と産業のバランス」や「安全な飲用水の提供」といった視点も考慮した取組みを開始している。

まとめ

1990年代後半に地下水中のNO₃-N濃度の高い地点が多く見られ, その後20年間にわたり対策が進められてきた荒尾地域について, 過去20年以上の地下水質調査結果を取りまとめるとともに, 5地域に分けて地下水質の変化について考察した。その結果, 次のことが明

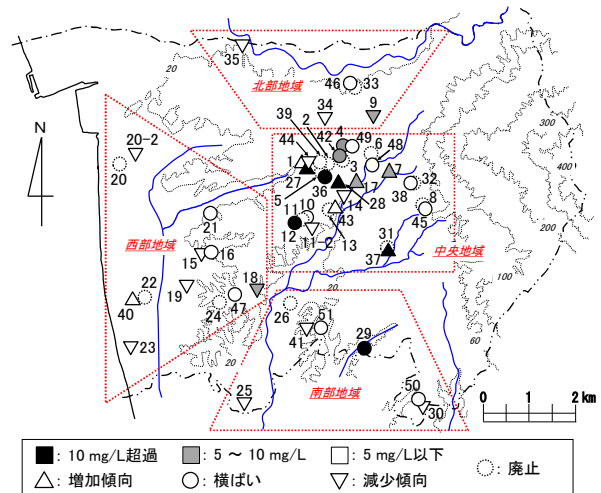


図 25 指標井戸における直近の NO₃-N 濃度及び傾向

らかとなった。

- 1) 南部地域では, 一部に NO₃-N 濃度が環境基準を超過し, かつ濃度変化がほぼ横ばいの傾向を示す地点が見られるが, その他の地点では NO₃-N 濃度は低く, かつ低下傾向を示している。
- 2) 西部地域及び北部地域では, 一部に NO₃-N 濃度が高止まりしている地点が見られるものの, 現在環境基準を超過する地点はなく, NO₃-N 濃度も低下傾向にある。
- 3) 中央地域北側~東側では, いくつかの地点については依然として NO₃-N 濃度が高いが, 多くの地点で環境基準を下回っており, 増加傾向を示していないあるいは小さな増加傾向にとどまっている。
- 4) 中央地域南側~西側は, 依然として NO₃-N 濃度が環境基準を超える高い地点が見られており, 濃度の上昇傾向を示す地点も見られている。
- 5) 継続指標井戸では, 20 年間で 1.4mg/L ほどの小さな NO₃-N 濃度の低下にとどまったが, NO₃-N 濃度が低下し, 低下傾向を示す地点が多く見られることを踏まえれば, 削減計画に基づく対策には一定の効果があったといえる。

謝 辞

長期間にわたり本調査に快くご協力いただいた井戸所有者の皆様へ深く感謝いたします。また, 荒尾市役所環境保全課及び水道局の職員の方々には, 長期間にわたり資料及び情報の提供, 採水に関する手配及び同行等, 多大なご協力をいただきましたことに深く感謝いたします。

文 献

- 1) 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, 71-76(1997) .
- 2) 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).
- 3) 熊本県ホームページ：荒尾地域硝酸性窒素削減計画（熊本県, 平成15年3月）.
<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/51/5570.html>（令和4年10月閲覧）.
- 4) 荒尾市ホームページ
<https://www.city.arao.lg.jp>（令和4年10月閲覧）.
- 5) 第6次荒尾市総合計画（荒尾市人口ビジョン・第2期あらお創生総合戦略）令和2年度－令和7年度（荒尾市）令和2年3月.
https://www.city.arao.lg.jp/pdf/dlPq=67577_filelib_77d58020db516774bea7cc56fb06f8eb.pdf（令和4年10月閲覧）.
- 6) 平田健正：水環境学会誌, 19(12), 950-955 (1996).
- 7) 廣畑昌章, 眞田知征, 芹川大成, 松崎達哉：熊本県保健環境科学研究所報, 51, 32-45 (2021).
- 8) 日本地下水学会編：“地下水水質の基礎－名水から地下水汚染まで－”, p.127-128 (2000), (理工図書).
- 9) 第二期荒尾地域硝酸性窒素削減計画（荒尾地域硝酸性窒素削減対策会議, 令和 5 年 3 月）.
<https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/attachment/215637.pdf>（令和5年9月閲覧）

3・2 資料

1) 感染症発生動向調査に伴う病原体検査 (2022 年度)

徳岡英亮 井上祐希江 前田莉花*¹ 原田誠也
平野孝昭 伊豆一郎 森 美聡 八尋俊輔*²

はじめに

熊本県感染症発生動向調査事業に基づき、2022 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 (鼻咽腔拭い液及び鼻汁を含む)、結膜ぬぐい液、便及び尿を検体とした。各種検体の受付数を表 1 に示した。なお、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 法ならびにシーケンス法を用いた。

結 果

2022 年度は、臨床検体 116 件の検査依頼があり、76 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 45 検体から分離、あるいは遺伝子が検出された。その主な内訳は、ヒトライノウイルスが 35 件、ヒトボカウイルスが 5 件、ヒトコロナウイルス OC43 型が 1 件、パラインフルエンザウイルス 1 型が 3 件、RS ウイルスが 2 件であった。

2. 下痢症ウイルス (ノロウイルス)

患者検体 11 検体のうち、GII 型が 1 件検出された。

3. アデノウイルス

上気道炎と診断された患者検体からアデノウイルスが 3 件、また、感染性胃腸炎からも 2 件検出され、いずれも型別不明 (NT) であった。

4. その他の病原微生物

ヘルパンギーナ, 手足口病, 発疹症, 咽頭結膜炎, 不明熱, 感染性胃腸炎, 流行性角結膜炎, その他結膜炎等と診断された患者検体から、混合感染を含め 31 検体から分離、あるいは遺伝子が検出された。その主な内訳はコクサッキーウイルス A6 型が 6 件, A10 型が 3 件, A16 型が 4 件, パレコウイルスが 4 件, ヒトライノウイルスが 4 件, ヒトボカウイルスが 2 件であった。また、手足口病, 発疹症, 不明熱と診断された患者検体からヘルペスウイルスが 7 件検出された。

ま と め

2022 年度は、2021 年度と比べ、感染症発生動向調査に伴う病原体検査に係る検体受付件数が少なかった。その理由として、新型コロナウイルス感染症の流行により、受診者数減少等の影響が考えられる。なお、インフルエンザウイルスについては、今回検出された検体はなかった。

今後も本検査を継続し、経年的なデータを蓄積しつつ広く公表することにより、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) 国立感染症研究所: 病原体検出マニュアル.
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/labo-manual.html> (2022 年 10 月閲覧).

*1 現県南広域本部保健福祉環境部 *2 現健康福祉部健康局薬務衛生課

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	尿	不明
小児科	105	99	0	6	0	0	0
基幹	5	1	0	1	2	1	0
眼科	6	0	6	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0
合計	116	100	6	7	2	1	0

表 2 疾患別ウイルス検出数 [令和 4 年 (2022 年) 4 月 1 日~令和 5 年 (2023 年) 3 月 31 日]

		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	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
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	0
	陰性													0
	検査中													0
RS ウイルス感染症	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
上気道炎	検体受付数	5	0	2	7	0	10	7	8	2	5	3	4	53
	Enterovirus NT								1					1
	Human bocavirus				1									1
	Human rhinovirus	5		1	4		4	4	3		3	1	1	26
	Parainfluenza 1						1	2						3
	RSV									1				2
	SARS-CoV-2							1						1
	Adenovirus NT+RSV										1			1
	Human rhinovirus+Adenovirus NT								2					2
	Human rhinovirus+Human bocavirus			1	2		1							4
	Human rhinovirus+Human coronavirus OC43											1		1
	RSV+Enterovirus NT								1					1
	RSV+Human rhinovirus						3		1	1	1	1	2	9
	陰性													0
検査中													0	
下気道炎	検体受付数	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Human rhinovirus			1										1
	陰性													0
	検査中													0
百日咳	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
ヘルパンギーナ	検体受付数	0	0	0	1	0	1	2	0	1	1	0	0	6
	Human rhinovirus				1			1						2
	Parechovirus NT									1				1
	Coxsackievirus A10+Human rhinovirus										1			1
	陰性						1	1						2
	検査中													0
手足口病	検体受付数	0	1	1	4	0	1	10	1	0	0	1	0	19
	Coxsackievirus A6							1	4					5
	Coxsackievirus B5								1					1
	Coxsackievirus A16							3						3
	HHV-6			1	1									2
	Coxsackievirus A6+HHV-1							1						1
	Coxsackievirus A10+HHV-6											1		1
	Coxsackievirus A16+Human bocavirus							1						1
	HHV-6+HHV-7+Parechovirus NT				1									1
	陰性		1		2			1						4
	検査中													0

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10	11	12	1月	2月	3月	計
発疹症	検体受付数	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Human boca				1									1
	Mumps	1												1
	HHV-6+Parecho NT+RSV				1									1
	陰性													0
	検査中													0
突発性発疹	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
咽頭結膜熱	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
	Entero 68+Parecho NT								1					1
	陰性													0
	検査中												1	1
伝染性紅斑	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
麻疹	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
風疹	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
水痘	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
心筋炎	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
無菌性髄膜炎	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
細菌性髄膜炎	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
脳炎・脳症等	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陰性													0
	検査中													0
流行性耳下腺炎	検体受付数	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	5
	陰性				1		1	1	1	1				5
	検査中													0
不明熱	検体受付数	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	HHV-6+Human rhino						1							1
	陰性													0
	検査中													0
感染性胃腸炎	検体受付数	1	3	0	1	0	0	0	0	3	2	0	1	11
	Adeno NT	1	1											2
	Noro G2												1	1
	Sapo NT		2											2
	陰性				1					3	2			6
	検査中													0
流行性角結膜炎	検体受付数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Coxsackie A10											1		1
	陰性													0
	検査中													0
その他結膜炎等	検体受付数	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	5	8
	HSV 1							1						1
	陰性	1						1						2
	検査中												5	5
その他	検体受付数	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6
	陰性	5					1							6
	検査中													0
検体受付総数		13	4	4	16	0	15	22	11	7	8	5	11	116
陽性		7	3	4	12	0	9	18	9	2	5	4	3	76
陰性		4	1	0	4	0	5	4	2	5	3	1	2	31
検査中・検査不能		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6

2) 日本脳炎調査 (2022 年度)

伊豆一郎 徳岡英亮

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。1970 年以前には全国で年間 1,000 人を超える患者が発生したこともある JE だが、ワクチンの普及により患者数は激減した。1992 年以降は一桁台が続いていたが、2016 年は 25 年ぶりに 10 人を超える患者が報告された¹⁾。本県では 2013 年に 2 名、2014 年に 1 名の発生が報告されて以降、発生は報告されていない²⁾。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パーキンソン様症状、痙攣、麻痺、精神発達遅滞、精神障害などの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調査事業の一環として JEV のヒトにおける感受性調査及び飼育ブタの感染源調査を行っていたが、熊本地震が発生した 2016 年度以降は、飼育ブタの感染源調査のみを実施している。

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

2022 年 6 月 28 日から 2022 年 8 月 30 日の間 (7 月 10 日から 16 日、7 月 24 日から 7 月 30 日及び 8 月 7 日から 20 日の週は未実施) の週 1 回、計 6 日間にわたって、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 検体を目安に、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を検体として、Real time PCR 法³⁾による JEV の特異遺伝子を検出する遺伝子検査を実施した。

結 果

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。2022 年度は 6 月から検査を開始したところ、開始当初から菊池市及び菊池郡大津町で HI 抗体を保有しているブタが散見され、8 月 1 日以降は HI 抗体陽性率は急増し、8 月 30 日まで 87~100% で推移した。

次に、HI 抗体価及び 2ME 感受性抗体保有数を表 2 に示す。8 月 1 日の熊本市植木町の検体 (HI 抗体陽性) から初めて 2ME 感受性抗体が確認され、その後、8 月 23 日から 8 月 30 日まで継続的に確認された。

本県の JE 注意報発令基準 (ブタ血清から 2ME 感受性抗体を保有するブタが 1 頭でも検出された場合又は JEV 遺伝子を保有するブタが 1 頭でも検出された場合) に従い 8 月 4 日に JE 注意報が発令された。

2. ブタ血清中の JEV 遺伝子検出

JEV 遺伝子検出状況を表 1 に併記した。ブタ血清中の JEV 遺伝子は、8 月 1 日の熊本市植木町の 5 検体から検出された。

考 察

6 月下旬から HI 抗体を保有するブタが複数確認されたが、いずれも抗体価が 20 倍以下と低く移行抗体と考えられた。8 月 1 日に 9 頭の 2ME 感受性抗体を持つブタが確認されたことから、JEV が活動した時期は、例年どおり (2019 年: 7 月 25 日、2020 年: 8 月 25 日、2021 年: 7 月 26 日)、7 月下旬から 8 月と推察された。

ま と め

ここ数年、本県での JE 患者の届出はなかったが、2022 年は 8 年ぶりに 3 例の患者の発生 (熊本市 1 例、菊池市 2 例) が確認され、そのうち 1 例 (菊池市) は、記録が残っている 2006 年以降、本県では初めての死亡例となった。

全国的には 5 例 (千葉県 1 例、広島県 1 例、本県 3 例) の JE 患者が報告されている⁴⁾が、その半数以上は本県の患者であった。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、毎年実施している本調査の結果、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、注意報の発令基準に達した場合は、いち早く県民に注意を促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, (2019).
- 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 感染症発生动向調査週報 2022 年第 52 週, (2022).

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

採血月日	熊本市	山鹿市	菊池市	合志市	大津町	HI 抗体保有率
2022 年 6 月 28 日			7/10		4/5	73%
2022 年 7 月 4 日		0/10		0/5		0%
2022 年 7 月 19 日	2/5	2/4	1/5			36%
2022 年 8 月 1 日	16/16(5)					100%
2022 年 8 月 23 日			8/10		5/5	87%
2022 年 8 月 30 日			13/15			87%

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

採血月日	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	
2022 年 6 月 28 日	15	4	5	6	0	0	0	0	0	0
2022 年 7 月 4 日	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0
2022 年 7 月 19 日	14	9	5	0	0	0	0	0	0	0
2022 年 8 月 1 日	16	0	1	2	1	1	2	1	8	9
2022 年 8 月 23 日	15	2	3	4	0	0	2	2	2	6
2022 年 8 月 30 日	15	2	8	4	0	0	0	0	1	1

3) 食品中における特定原材料の検査結果 (平成 18 年度～令和 4 年度)

中原優子

はじめに

食物を摂取した際、身体が食物に含まれるたんぱく質等 (アレルゲン) を異物として認識し、自分の体を過剰に防御することで不利益な症状を起こすことがあり、これを食物アレルギーという。症状は皮膚や呼吸器、消化器、神経など身体の様々な臓器に出現し、時には複数の臓器に症状が出現、さらに急激な血圧低下や意識障害 (アナフィラキシーショック) により、生命の危険にまで及ぶことがある¹⁾。

この食物アレルギーをもつ消費者の健康被害の発生を未然に防ぐ目的で、平成 13 年 4 月に厚生労働省は卵、乳、小麦、そば及び落花生の 5 品目を特定原材料として加工食品への表示を義務付けた²⁾。平成 20 年 6 月にはえび、かにの 2 品目を追加³⁾、さらに令和 5 年 3 月にはくみの表示義務化が公布され、令和 7 年 4 月から完全施行される予定である⁴⁾。

当所では平成 16 年度から食品中の特定原材料について検査を実施してきた。今回は平成 18 年度から令和 4 年度に県内で取去された食品について実施した検査結果について報告する。

実験方法

1. 対象

平成 18 年 4 月から令和 5 年 3 月までに県内の保健所から取去された食品延べ 593 検体とした。

いずれの検体にも原材料表示に検査対象とする特定原材料の記載は無かった。

2. 試薬

卵、乳、小麦、そば及び落花生

モリナガ FASPEK エライザ II (森永生科学研究所),
FASTKIT エライザ Ver.III (日水製薬株式会社)

えび、かに

甲殻類キット II 「マルハニチロ」(マルハニチロ株式会社)

FA テスト EIA-甲殻類 II (日水製薬株式会社)

3. 測定機器

マイクロプレートリーダー : SUNRISE REMOTE (TECAN 社製)

マイクロプレートウォッシャー : Wellwash Versa (Thermo Scientific 社製)

4. 方法

通知法⁵⁾に従い、スクリーニング検査を ELISA 法による定量検査法にて行った。

各検査で上記 2 に示す 2 種類の検査キットを用いて、どちらか一方または両方のキットで特定原材料由来たんぱく質を 10 µg/g 以上検出したものを陽性、両方のキットで 10 µg/g 未満のものを陰性と判定した。

結果

各検査項目の食品分類別の検体数及び陽性数を表 1 に示す。

表 1 各検査項目の食品分類別の検体数及び陽性数

検査項目	食品分類	検体数	陽性数
卵	菓子類	74	2
	めん類	12	2
	魚肉ねり製品	1	
	そうざい	3	
	その他	7	
	計	97	4
乳	菓子類	83	6
	めん類	4	
	魚肉ねり製品	1	
	そうざい	1	
	その他	7	
	計	96	6
小麦	菓子類	46	3
	野菜果物乾燥品及び加工品	11	
	穀類加工品	9	
	めん類	2	
	冷凍食品	2	
	その他	4	
計	74	3	
そば	めん類	52	
	菓子類	26	1
	野菜果物乾燥品及び加工品	7	
	そうざい	3	
	穀類加工品	3	
	その他の食品	4	
計	95	1	
落花生	菓子類	53	1
	そうざい	10	
	豆腐及びその加工品	2	
	めん類	2	
	野菜果物乾燥品及び加工品	2	
	その他	4	
計	73	1	
えび・かに	魚肉ねり製品	123	
	そうざい	15	
	魚介類加工品	5	
	菓子類	3	
	食肉加工品	2	
	冷凍食品	2	
	その他	8	
	計	158	0
合計	593	15	

検体数は卵 97 検体, 乳 96 検体, 小麦 74 検体, そば 95 検体, 落花生 73 検体, えび・かに 158 検体であった。陽性と判定された検体は 15 検体であり, 陽性率は高いほうから順に乳 (6.3%), 卵 (4.1%), 小麦 (4.1%), 落花生 (1.4%), そば (1.1%) の結果となった。えび・かにの検体では陽性の検体は無かった。

次いで, 食品分類ごとによる検体数とその陽性数を表 2 に示す。

表 2 食品分類別の検体数及び陽性数等

食品分類	検体数	割合 (%)	陽性数
菓子類	285	48.1	13
魚肉ねり製品	125	21.1	
めん類	72	12.1	2
そうざい	32	5.4	
野菜果物乾燥品及び加工品	22	3.7	
その他の食品	16	2.7	
穀類加工品	12	2.0	
冷凍食品	7	1.2	
魚介類加工品	7	1.2	
かん詰・びん詰食品	3	0.5	
味噌	2	0.3	
豆腐及びその加工品	2	0.3	
食肉加工品	2	0.3	
アイスクリーム類 氷菓	1	0.2	
弁当	1	0.2	
ソース類	1	0.2	
調味料	1	0.2	
その他の野菜・果物の加工品	1	0.2	
醤油	1	0.2	
	593		15

最も多い検査検体は菓子類 (48.1%) が全体の半数近くを占め, 次いで魚肉練り製品 (21.1%), めん類 (12.1%) の順となった。

陽性数は菓子類が 13 検体と圧倒的に多く, えび・かに以外の 5 項目全てにおいて陽性と判定された検体があり, 菓子の検体数 (285 検体) に対する陽性率は 4.6% となった。また, めん類 2 検体で陽性となり, いずれも卵の検査にて判明したものであった。

検査数全体に対する陽性の検体数の割合は 2.5% であった。

考察とまとめ

平成 18 年度から令和 4 年度までに当所で実施した, 県内で製造あるいは流通していた食品について, 特定原材料 7 品目の検査結果を報告した。特定原材料の記載の無い食品延べ 593 検体についてスクリーニング検査を実施, 15 検体が陽性と判定され, うち 13 検体が菓子類, 2 検体がめん類に分類される食品であった。これらの食品は, 適切な表示がなされていない可能性があることが分かった。

消費者庁は 3 年に一度, 食物アレルギーに関連する食品表示に関する全国的な調査研究を行い, 結果を公表し

ている⁶⁾⁹⁾。令和 3 年度の結果では, 即時型食物アレルギーの原因食物として最も割合が高かったのは, 鶏卵 (33.4%), 次いで牛乳 (18.6%), 木の実類 (13.5%) であった。症例数全体に占める特定原材料 7 品目によるものは 71.3% と高い割合を示していた。加えて, 同年度において, 誤食による即時型食物アレルギーの健康被害のうち, 7.0% が食品表示ミスに起因するものであった。平成 27 年度の調査では 3.0%, 平成 30 年度は 2.6% と, 特定原材料の表示義務化から 20 年以上が経過し, かつ現在においても食品表示法に基づく管理や事業者への周知啓発がなされているにも関わらず, 食品表示ミスによる誤食事例は一定の割合で発生していることがうかがえる。

また, 消費者庁は, 従前より症例数等が増加したことを受け, カシューナッツを特定原材料に加える検討に着手した¹⁰⁾。これら食品表示規制の動向を踏まえながら, 今後も検査を継続して行うことは, 食物アレルギーによる健康被害を防止し, 県民の食の安心・安全を守るうえで大変重要であると考えられる。

文 献

- 1) 一般社団法人日本アレルギー学会, 厚生労働省: アレルギーポータル アレルギーについて, 食物アレルギー <https://allergyportal.jp/knowledge/food/> (2023 年 6 月閲覧)。
- 2) 厚生労働省医薬局食品保健部長通知: 食発第 79 号, 食品衛生法施行規則及び乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令の施行について (2001)。
- 3) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知: 食安発第 0603001 号, 食品衛生法施行規則の一部を改正する省令の施行について (2008)。
- 4) 消費者庁次長通知: 消食表第 102 号, 「食品表示基準について」の一部改正について (2023)。
- 5) 消費者庁次長通知: 消食表第 139 号, 食品表示基準について, 別添アレルギーを含む食品の検査方法 (2015)。
- 6) 消費者庁: 平成 24 年度即時型食物アレルギーによる健康被害の全国実態調査報告書 (2013)。
- 7) 消費者庁: 平成 27 年度食物アレルギーに関連する食品表示に関する調査研究事業報告書 (2016)。
- 8) 独立行政法人国立病院機構相模原病院: 平成 30 年度食物アレルギーに関連する食品表示に関する調査研究事業報告書 (2019)。
- 9) 消費者庁: 令和 3 年度食物アレルギーに関連する食品表示に関する調査研究事業報告書 (2022)。

- 10) 消費者庁：第 5 回食物アレルギー表示に関するアドバイザー会議（2023 年 6 月 14 日）会議資料
https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/meeting_materials/review_meeting_005/（2023 年 6 月閲覧）。
- 11) 浜崎志帆：福岡市保健環境研究所報，**44**，118-120（2019）。
- 12) 鈴木 郷，西村幸江，野口辰美：宮崎県衛生環境研究所年報，**31**，76-78（2020）。
- 13) 木本佳那，大貝真実，堀田彩乃，荻野賀世，新藤哲也，笹本剛生：東京都健康安全研究センター年報，**72**，205-210（2021）。
- 14) 古谷貴志，新谷依子，佐藤 環，岡元冬樹，堀 就英：福岡県保健環境研究所年報，**49**，97-100（2022）。

4) 医薬品成分 (メラトニン及び 5-HTP) の分析方法の検討について

島 絵里子 八木一真* 中原優子

はじめに

近年、インターネットの普及により、多くの人々が多種多様ないわゆる「健康食品」と呼ばれるものを簡単に入手できるようになった。いわゆる「健康食品」は、病気や体の不調を治療するものではないが、医薬品のような効能効果を求めて購入する人もいると思われる。しかし、いわゆる「健康食品」から、含有が認められていない医薬品成分が検出される事例があり、これらに起因する健康被害の発生が懸念されている。

このような中、当所では、国民病とも言われる身近な不眠症²⁾に着目し、海外ではサプリメントとして販売されているが、国内では医薬品に区分され、さらに、国内流通の事例がある成分である^{3),4)}、メラトニン及び 5-ヒドロキシ-L-トリプトファン (以下「5-HTP」という。) を分析対象として、分析方法を検討し、良好な結果が得られたので報告する。

分析方法

1. 試薬等

1.1 標準品

メラトニン (生化学用) は富士フィルム和光純薬 (株) 製、5-HTP は東京化成工業 (株) 製を用いた。

1.2 その他試薬等

メタノール (HPLC 用)、アセトニトリル (HPLC 用)、ギ酸 (LC/MS 用)、酢酸アンモニウム (特級) は富士フィルム和光純薬 (株) 製を用いた。

1.3 標準溶液等の調製

標準原液は、各標準品を 1000 µg/mL となるようメタノールで調製した。標準溶液は、各標準原液を 5, 10, 25, 50, 75 及び 100 µg/mL となるようメタノールで適宜希釈した。

1.4 検討用試料

乳糖水和物 (結晶) 「NikP」(日医工)100 mg に添加量 1.5 mg となるよう、アセトン 1.5 mL に溶解させたメラトニン標準溶液を添加し、窒素気流下で乾固したものを検討用試料とした。また、5-HTP については、アセトンに溶解しなかったため、添加量 3 mg となるようメタノール 3 mL に溶解させた標準溶液を添加した。なお、添加量は、現在海外で販売されているサプリメントの表示含有量を参考に決定した。

2. LC-PDA 及び LC-MS/MS の測定条件

メラトニン及び 5-HTP を一度に分析できるよう、グラジエント条件を設定し、LC-PDA にて 210~400 nm 範囲で測定したところ、ジーエルサイエンス (株) の技術情報⁵⁾のとおり極大吸収波長が 280 nm 付近であったため、表 1 の LC 条件を決定し、波長 280 nm での定量分析を行った。

MS/MS の測定条件については、メラトニンについては 10 ng/mL、5-HTP については 10 µg/mL を使い、インフュージョン分析によって最適条件を得て (表 3)、LC-MS/MS により定性分析を行った (表 1)。

表 1 LC-MS/MS 測定条件

LC 部	ACQUITY UPLC H-Class Plus (Waters社製)
Analytical Column	Asahipak NH2P-50 4D (4.6 mm i.d. × 150 mm, 5 µm, Shodex)
Temperature	50°C
Mobile Phase	A液: 0.1%ギ酸, 10 mM酢酸アンモニウム含有95%アセトニトリル B液: 0.1%ギ酸, 10 mM酢酸アンモニウム水溶液
Gradient	表2参照
Flow Rate	表2参照
Injection Volume	10 µL (PDA), 2 µL (MS/MS)
MS/MS 部	Xevo TQ-XS (Waters社製)
Capillary Voltage	0.5 kV
Source Temperature	150°C
Desolvation Temperature	500°C
Cone Gas Flow	150 L/hr
Desolvation Gas Flow	1000 L/hr
Ionization	ESI (positive)
MRM	表3参照

*現県立こころの医療センター

表2 グラジエント条件

時間 (分)	流速 (mL/min)	A液 (%)	B液 (%)
0	0.5	100	0
3	0.5	100	0
3.1	1	100	0
8	1	0	100
13	1	0	100
13.1	0.5	100	0
23	0.5	100	0

表3 MS/MS条件

Compound	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Cone Voltage (V)	Collision Energy (V)
メラトニン	233.1	174.0	18	14
		115.1	18	34
		130.3	18	40
		143.0	18	28
		159.0	18	28
5-HTP	221.1	162.0	20	16
		106.1	20	30
		115.9	20	32
		134.0	20	24
		158.8	20	28

3. 試験溶液調製

検討用試料 100 mg にメタノール 10 mL を加え、10 分間振とうし、10 分間超音波抽出後、3,000 rpm で 5 分間遠心分離し、上清をガラスろうと (11G2) でろ過した。沈殿物に同じ操作を繰り返し、ろ液を、メラトニンにあつては 50 mL、5-HTP にあつては 100 mL に定容して抽出液とし、0.2 μm のシリンジフィルター (Agilent Technologies 社、非水系) に通し、試験溶液とした。分析フローは図 1 のとおり。

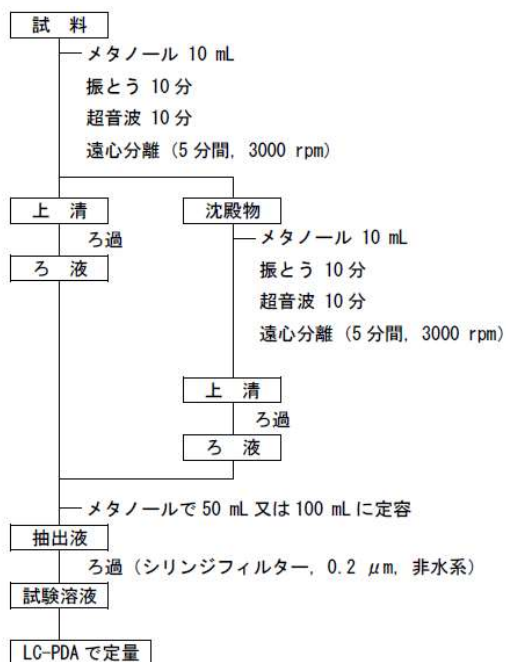


図1 分析フロー

結果

定量分析では、メラトニンは 3.3 分に、5-HTP は 7.4 分にピークを確認できた (図 2)。また、5~100 μg/mL の濃度範囲で測定を行い、検量線を作成したところ、相関係数 0.9999 以上と良好な直線性を示した (図 3)。添加回収試験では、両成分とも回収率 97%以上の良好な回収率が得られた。

定性分析では、メラトニンは 3.4 分に、5-HTP は 7.4 分にピークを確認できた。

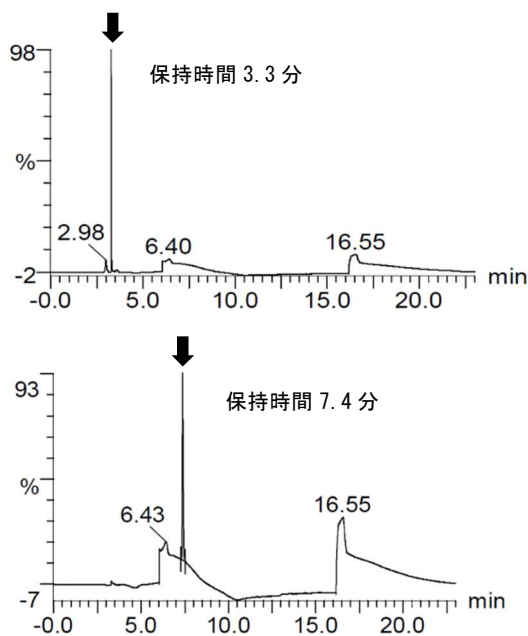


図2 クロマトグラム (上段:メラトニン, 下段:5-HTP)

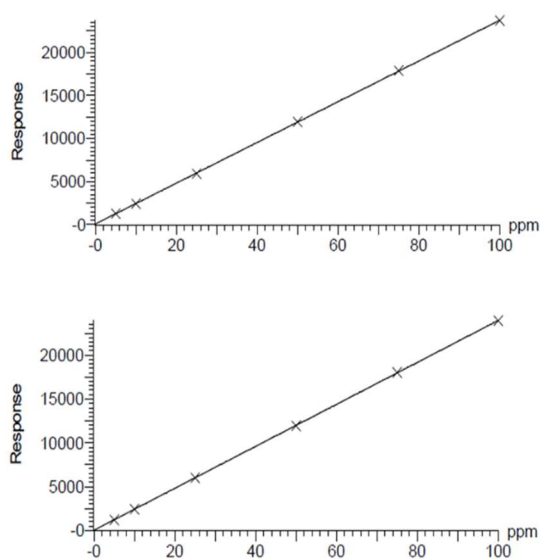


図3 検量線 (上段:メラトニン, 下段:5-HTP)

ま と め

これらの結果から、メラトニン及び 5-HTP の分析方法を確立するという当初の目標は達成できた。両成分は、海外において、カプセル、タブレット又はグミなど様々な形状で販売されているため、これら製品の均質化後に、本分析法で定量することは十分可能だと考えられる。

文 献

- 1) 厚生労働省：「無承認無許可医薬品等買上調査」の結果について。
https://www.mhlw.go.jp/stf/kinkyu/diet/musyouinin_00007.html (2023 年 8 月閲覧)。
- 2) 厚生労働省：e-ヘルスネット，不眠症。
<https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/heart/k-02-001.html> (2023 年 8 月閲覧)。
- 3) 長谷川貴志，石井俊靖，西條雅明，高橋市長，永田知子：千葉県衛研年報，56，52-54 (2007)。
- 4) 西條雅明，石井俊靖，長谷川貴志，高橋市長，永田知子：千葉県衛研年報，56，55-59 (2007)。
- 5) GL Sciences：技術情報，トリプトファン代謝物の分析。
https://www.gls.co.jp/technique/app/detail.php?data_number=LB493 (2023 年 8 月閲覧)。

5) 熊本県における放射能調査 (2022 年度)

上野一憲 北岡宏道 豊永悟史 角田朋生*1 木野世紀*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 2022 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。

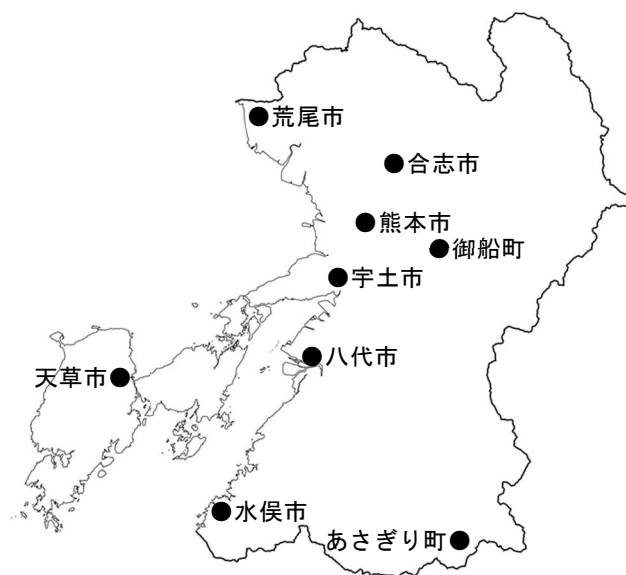


図 1 調査地点

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 4 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、午前 9 時に定時降水を採取した。この試料を濃縮・乾固し、午後 2 時にベータ線測定装置を用いてベータ線を測定した。

2.2 空間放射線量率調査

(1) 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 分間値は原子力規制庁に自動送信された。なお、検出器の地上高は宇土市が 14.5m、その他が 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(八代東高校、2021 年 2 月までは八代市役所)

(2) サーベイメータによる測定

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、近傍の気象露場において、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 核種分析調査

(1) 大気浮遊じん

宇土市(本研究所気象露場)において、3 カ月で 10,000m³の大気浮遊じんをろ紙に吸引採取した。採取したろ紙を併せ核種分析を行った。この調査を年 4 回実施した。

(2) 降下物

宇土市(本研究所屋上)において、1 ヶ月間の降下物を大型水盤に受け、翌月の初めに回収した。この降下物試料を蒸発濃縮し、核種分析を行った。この調査を年 12 回実施した。

(3) 陸水(蛇口水)

宇土市(本研究所)において、水道蛇口から蛇口水 100L を採取した。この試料水を濃縮し、核種分析を行った。

(4) 土壌

宇土市(本研究所)において、深度 0~5 cm と 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・ふるいわけをし、核種分析を行った。

(5) 精米、野菜類(ダイコン、ホウレンソウ)

合志市(熊本県農業研究センター生産環境研究所)

*1 現土木部道路都市局下水環境課

*2 現環境生活部環境局循環社会推進課

で生産された精米及び野菜類を入手した。精米は前処理することなく核種分析を行った。野菜類は炭化と灰化を行い、核種分析を行った。

(6) 牛乳

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入手し、前処理することなく核種分析を行った。

(7) 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入手した。これらの荒茶は炭化と灰化を行い、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-171B

3.3 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。90 検体のうち 1 月の 1 検体から 4.3Bq/L (14MBq/km²) の全ベータ放射能が検出された。この結果は過去 5 年の年間値の 2.2 倍(月間降水量で 2.7 倍)であったが、過去 10 年の年間値の範囲内であった。

なお、例年の降水量と同様に 6、7 月が最大であった。

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の集計結果を表 2 に示す。各地点の平均値は過去 5 年の年間値と同程度であり、全地点における最大値、最小値及び

平均値は、それぞれ 124、26 及び 39nGy/h であった。

宇土市近傍の地上高 1m におけるサーベイメータによる測定結果の最大値、最小値及び平均値は、それぞれ 41、29 及び 36nGy/h であった。この平均値は宇土市平均値 28nGy/h より 8nGy/h 高い。これは宇土市モニタリングポストの検出器が地上高 14.5m に設置されているのに対し、サーベイメータによる測定は地上高 1m で行うことから、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た。

3. 核種分析調査

ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線放出核種の測定結果を表 3 に示す。人工放射性核種 ¹³⁷Cs について、土壌 0~5cm は 1.3Bq/kg 乾土 (36MBq/km²)、土壌 5~20cm は 1.5Bq/kg 乾土 (180MBq/km²)、茶の最大値は 0.12 Bq/kg 乾物であった。これらの値は過去 5 年間の調査結果の範囲内であった。

なお、その他の人工放射性核種は検出されなかった。

ま と め

2022 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)
2022年 4月	205.8	6	ND	ND
5月	139.9	8	ND	ND
6月	288.3	10	ND	ND
7月	301.7	10	ND	ND
8月	163.9	8	ND	ND
9月	125.8	10	ND	ND
10月	58.1	5	ND	ND
11月	44.7	5	ND	ND
12月	33.9	6	ND	ND
2023年 1月	90.7	8	ND 4.3	14
2月	90.2	7	ND	ND
3月	117.7	7	ND	ND
年間値	1660.7	90	ND ~ 4.3	ND ~ 14
過去5年の年間値	1966.3	90	ND ~ 2.0	ND ~ 5.2

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)		
	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
2022年 4月	54	31	34	66	42	45	58	31	34	74	39	43	45	26	28	76	47	50
5月	68	32	34	87	42	45	55	32	34	80	40	43	53	26	28	102	47	51
6月	64	31	34	75	42	45	64	31	34	98	39	43	51	26	28	87	47	50
7月	87	32	34	87	42	45	120	31	34	87	39	43	55	26	28	84	47	50
8月	110	32	34	106	42	44	98	30	34	124	38	43	65	26	28	82	47	50
9月	84	32	34	76	42	44	88	31	34	80	40	43	62	26	28	77	47	50
10月	60	32	35	77	42	44	118	31	34	59	40	43	49	26	28	70	48	50
11月	71	32	35	64	42	45	51	31	35	66	40	44	44	26	29	71	47	51
12月	50	32	35	57	42	45	47	31	34	73	40	44	47	26	29	93	47	51
2023年 1月	65	32	35	88	42	45	54	31	35	67	39	43	60	26	29	75	47	50
2月	58	32	35	65	42	45	62	31	34	67	40	43	50	26	29	78	47	50
3月	66	32	36	67	42	45	68	31	35	80	40	43	55	26	29	80	47	50
年間値	110	31	35	106	42	45	120	30	34	124	38	43	65	26	28	102	47	50
過去5年の年間値	104	31	36	115	42	51	109	30	34	160	38	43	80	25	28	123	43	50

環境放射線データベースから検索・抽出・集計
 八代市：2021年度は八代東高校における測定結果、過去5年の年間値は主に八代市役所における測定結果

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	
				2022年度 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	2022年度 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	2022年度 最低値 最高値	過去5年 最低値 最高値	2022年度 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	2022年4月 ～2023年3月	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.070	0.090	mBq/m ³
降下物	宇土市	2022年4月 ～2023年3月	12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.5	1.8	MBq/km ²
陸水 蛇口水	宇土市	2022年6月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	130	130	160	mBq/L
土壌	宇土市	2022年10月	1	1.3	1.2	1.8	ND	ND	ND	200	150	240	Bq/kg乾土
				36	39	64	ND	ND	ND	5700	5200	8000	MBq/km ²
精米	宇土市	2022年10月	1	1.5	1.2	2.0	ND	ND	ND	190	160	260	Bq/kg乾土
				180	74	270	ND	ND	ND	25000	17000	27000	MBq/km ²
野菜類	合志市	2022年10月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	21	20	29	Bq/kg生
				ND	ND	ND	ND	ND	ND	76	70	80	Bq/kg生
茶	御船町 あさぎり町	2022年5月 2022年5月	2	ND	ND	ND	ND	-	-	240	210	270	Bq/kg乾物
				ND	0.12	ND	0.25	ND	ND	530	450	710	Bq/kg乾物
牛乳	合志市	2022年9月	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	55	48	54	Bq/L

— : 分析対象外核種等

ND : 測定値がその検出限界値未満

6) 熊本県の酸性雨長期モニタリング調査結果 (2022 年度)

上野一憲 豊永悟史

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 月から降水試料と非降水時における降下物を分けて捕集する降水時開放型採取装置に変更し²⁾、2008 年からは降水試料のみ調査を行っている。なお、非降水時における降下物の結果(乾性沈着)については、既報³⁾を参照されたい。

本報では 2022 年度の宇土及び阿蘇一の宮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。

2022 年度は宇土(熊本県保健環境科学研究所)及び阿蘇一の宮(熊本県阿蘇地域振興局)の 2 地点で調査を実施した。降水試料の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 30 mmol/L メタンスルホン酸溶液を用い、流速は 1.0 mL/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 4.5 mmol/L Na₂CO₃、0.5 mmol/L NaHCO₃ 混合溶液を用い、流速 1.0 mL/min に設定した。

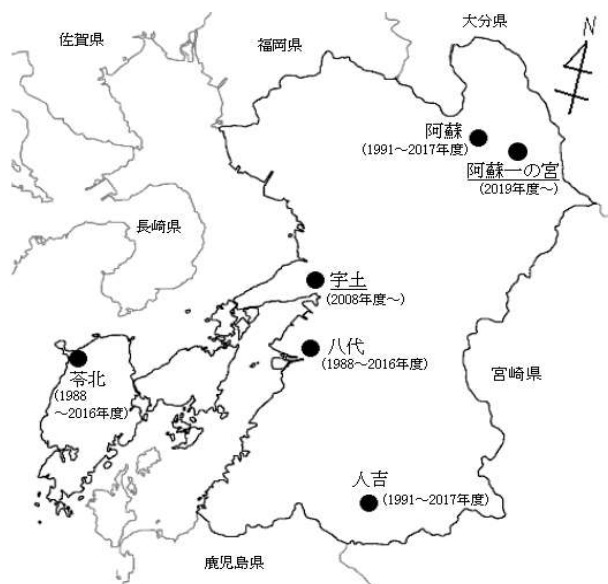


図 1 酸性雨調査地点

調査結果及び考察

1. 2021 年度⁵⁾との比較

表 1 に 2022 年度の調査地点における pH、EC 及び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。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、宇土においては 2021 年度と比べ 732.5 mm 減少した。また、阿蘇一の宮においては 2021 年度と比べ 206.0 mm 減少した。

pH の年平均値について、宇土においては 2021 年度と比べ 0.01 低かった。また、阿蘇一の宮における pH の年平均値は 2021 年度と比べ 0.11 高かった。

EC の年平均値について、宇土においては 2021 年度と比べ 0.12 mS/m 高かった。また、阿蘇一の宮においては 2021 年度と比べ 0.19 mS/m 高かった。

イオン成分の年平均濃度について、宇土においては主に海塩由来成分である Cl⁻及び Na⁺並びに K⁺は 2021 年度と比べそれぞれ 1.0 μmol/L、0.6 μmol/L、0.1 μmol/L 低かった。SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、Ca²⁺及び H⁺は 1.3 μmol/L、2.5 μmol/L、3.7 μmol/L、0.6 μmol/L、0.4 μmol/L 高く、Mg²⁺は変わらなかった。また、阿蘇一の宮においては SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺及び Mg²⁺について

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	4.52	1.49	10.6	7.9	22.0	15.8	7.6	0.6	1.8	1.1	30.0	1945.6
	最高	4.63	1.30	13.0	8.2	15.2	18.8	8.1	1.1	2.7	1.3	23.2	
	最低	4.99	6.86	20.4	20.1	161.8	33.5	18.7	1.3	7.3	2.8	151.7	
	最低	3.82	0.87	6.2	2.6	7.5	7.1	1.1	0.3	0.7	0.2	10.3	
宇土 n=46	平均	4.77	1.03	7.6	9.8	15.7	12.1	13.1	0.7	2.1	1.7	17.0	1817.5
	最高	4.78	0.91	6.3	7.3	16.7	8.4	13.7	0.8	1.5	1.7	16.6	
	最低	5.01	2.95	22.5	32.2	70.1	31.0	57.8	1.9	8.1	7.0	40.3	
	最低	4.39	0.55	2.9	2.4	4.5	4.5	3.1	0.3	0.8	0.7	9.8	

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: 2021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 ¹⁾ mm	pH	EC mS/m	SO ₄ ²⁻ meq/m ²	nss-SO ₄ ²⁻ meq/m ²	NO ₃ ⁻ meq/m ²	Cl ⁻ meq/m ²	nss-Cl ⁻ meq/m ²	NH ₄ ⁺ meq/m ²	Na ⁺ meq/m ²	K ⁺ meq/m ²	Ca ²⁺ meq/m ²	nss-Ca ²⁺ meq/m ²	Mg ²⁺ meq/m ²	H ⁺ meq/m ²	月別沈着量 meq/m ²
阿蘇一の宮	4	3	96.5	4.69	1.19	2.7	2.7	0.6	0.8	0.5	1.7	0.3	0.0	0.9	0.9	0.2	2.0	9.2
	5	4	340.1	4.60	1.15	6.2	6.2	0.9	3.2	2.7	3.0	0.4	0.1	0.5	0.5	0.2	8.6	23.0
	6	6	305.9	4.56	1.26	7.8	7.7	2.0	2.3	1.0	4.4	1.1	0.1	0.6	0.5	0.3	8.4	27.0
	7	4	290.5	4.99	0.89	4.4	4.1	4.2	3.7	0.3	6.7	2.9	0.2	1.0	0.9	0.7	3.0	26.8
	8	3	142.3	4.85	0.90	2.1	1.9	1.5	2.3	0.1	2.0	1.9	0.1	0.4	0.3	0.5	2.0	12.7
	9	4	252.2	4.91	0.87	3.1	2.6	0.7	5.5	0.7	1.8	4.1	0.2	0.7	0.5	0.9	3.1	20.1
	10	3	95.8	4.33	1.80	3.1	3.1	0.6	1.6	1.1	1.6	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1	4.5	12.1
	11	3	63.7	4.15	2.93	1.1	1.0	0.6	3.8	3.4	1.2	0.3	0.0	0.2	0.2	0.1	4.5	11.9
	12	2	26.1	4.03	4.32	1.1	1.0	0.5	2.4	1.8	0.9	0.5	0.0	0.4	0.4	0.1	2.4	8.3
	1	4	63.4	3.82	6.86	1.6	1.5	1.1	10.3	8.9	2.0	1.2	0.1	0.7	0.6	0.3	9.6	26.9
	2	3	118.4	4.49	1.67	2.9	2.8	1.0	3.2	2.2	2.4	0.9	0.1	0.8	0.8	0.3	3.8	15.4
	3	4	150.6	4.38	2.04	4.9	4.8	1.5	3.8	2.7	3.0	1.0	0.1	0.9	0.9	0.4	6.3	22.0
	合計 ^{注2)}	43	1945.6	4.52	1.49	41.2	39.4	15.3	42.7	25.3	30.7	14.8	1.2	7.1	6.5	4.1	58.3	215.4
宇土	4	3	107.6	4.69	1.07	2.2	2.2	0.8	0.5	0.1	1.0	0.3	0.1	0.8	0.8	0.2	2.2	8.1
	5	4	343.9	5.01	0.59	2.3	2.1	1.7	2.1	0.0	2.2	1.8	0.1	0.7	0.6	0.5	3.4	14.8
	6	6	243.7	5.00	0.55	1.4	1.3	1.2	1.4	-0.1	1.5	1.3	0.1	0.4	0.3	0.3	2.4	10.1
	7	4	319.2	4.83	0.87	3.1	2.6	3.1	4.7	-0.1	4.2	4.1	0.2	0.8	0.6	1.0	4.7	25.8
	8	4	184.6	4.81	1.12	3.1	2.6	3.5	4.2	-0.1	4.2	3.7	0.2	0.7	0.5	0.9	2.8	23.1
	9	4	120.5	4.89	1.01	1.6	1.2	0.3	3.8	0.1	0.5	3.2	0.1	0.3	0.2	0.7	1.5	12.1
	10	3	86.1	4.49	1.49	2.2	2.1	0.8	1.1	0.1	0.9	0.8	0.0	0.1	0.1	0.2	2.8	9.1
	11	3	53.7	4.64	1.10	0.9	0.8	0.6	0.6	0.0	0.4	0.5	0.0	0.2	0.2	0.1	1.2	4.5
	12	2	33.2	4.39	2.95	1.5	1.3	1.1	2.3	0.1	1.0	1.9	0.1	0.5	0.5	0.5	1.3	10.3
	1	4	96.5	4.70	1.60	2.5	2.2	1.9	2.9	0.2	2.2	2.3	0.1	1.1	1.0	0.6	1.9	15.5
	2	4	98.6	4.53	1.68	3.2	3.0	1.0	2.7	0.2	1.4	2.1	0.1	1.0	0.9	0.6	2.9	14.9
	3	4	129.9	4.55	1.56	3.9	3.7	1.9	2.2	0.1	2.4	1.8	0.1	0.8	0.8	0.5	3.6	17.3
	合計 ^{注2)}	45	1817.5	4.77	1.03	27.8	24.9	17.8	28.6	0.6	22.0	23.8	1.3	7.5	6.4	6.0	30.9	165.6

注1) 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月間降水量を算出

注2) pH及びECは加重平均値

は、それぞれ 2.4 μmol/L, 0.3 μmol/L, 3.0 μmol/L, 0.5 μmol/L, 0.5 μmol/L, 0.9 μmol/L, 0.2 μmol/L 低かった。Cl⁻及び H⁺についてはそれぞれ 6.8 μmol/L, 6.8 μmol/L 低かった。

2. 経月変化

表 2 に 2022 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、図 2 に 2022 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。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 1 月の 3.82 が最も低く、次いで 12 月の 4.03, 11 月の 4.15 の順であった。また、宇土では 12 月の 4.39 が最も低く、次いで 10 月の 4.49, 2 月の 4.53 の順であった。

EC では、阿蘇一の宮で 1 月の 6.86 mS/m が最も高く、次いで 12 月が 4.32 mS/m, 11 月が 2.93 mS/m の順であった。また、宇土では 12 月の 2.95 mS/m が最も高く、次いで 2 月の 1.68 mS/m, 1 月の 1.60 mS/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 6 月, 1 月, 7 月の順に高い値を示した。特に、5 月と 6 月是非

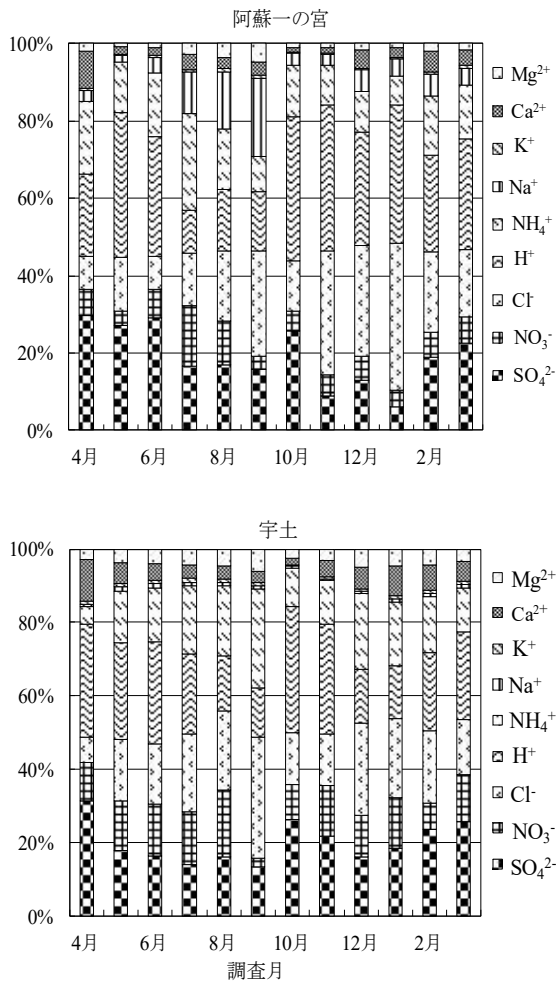


図 2 月別沈着量に対する各イオン成分沈着量の割合

海塩性である nss-SO₄²⁻が、1 月は nss-Cl⁻が際立って高く、低 pH に寄与した。また、宇土では降水量の多かった 7 月が最も高く、次いで 8 月、3 月の順で高い値を示した。アニオン成分のうち nss-Cl⁻/nss-SO₄²⁻比で阿蘇一の宮では 0.07 (8 月) ~12 (1 月) の間で推移した。また、宇土では-0.13 (6 月) ~0.23 (9 月) の間で推移した。

図 3 に H⁺に対する nss-SO₄²⁻及び nss-Cl⁻の各成分濃度間の相関を示した。阿蘇一の宮は対 nss-Cl⁻が高い相関 (r=0.968) を示した。また、宇土は対 nss-SO₄²⁻が高い相関を示した (r=0.885)。阿蘇一の宮は nss-Cl⁻が、また、宇土は nss-SO₄²⁻が降水の酸性化に寄与しているものと考えられた。

3. 経年変化

2008 年度から 2022 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

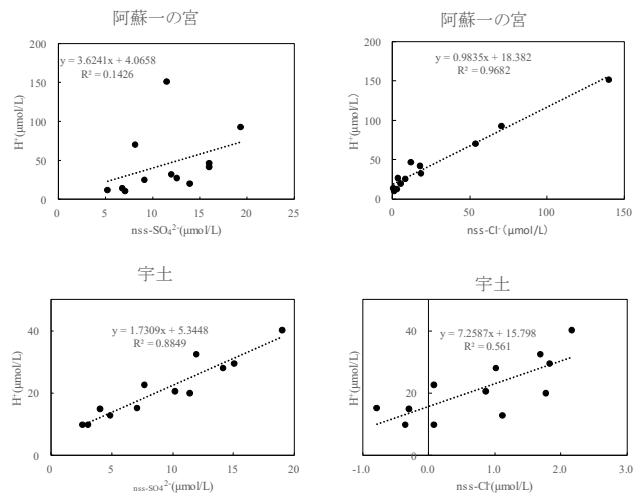


図 3 H⁺に対する nss-SO₄²⁻及び nss-Cl⁻

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 2021 年度と比較して低いレベルであった。また、阿蘇一の宮については阿蘇山の火山活動が活発だった 2019 年度は宇土と比較して SO₄²⁻, Cl⁻, H⁺の沈着量が際立って多かったが、2022 年度はイオン種による差はあるものの 2021 年度と同様のレベルであった。

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 未満の降水試料は観測されず、1 月の 4.02 が最も低かった。また、阿蘇一の宮においては、pH4 未満の降水試料は 3 検体 (2021 年度) から 4 検体 (2022 年度) に増加した。

表 5 に阿蘇山の噴火警報・予報及び噴火警戒レベルの状況を示した⁷⁾。阿蘇山の火山活動は 2022 年 3 月以降、噴火警戒レベルが 2 に引き下げられた後、2023 年 4 月 15 日に噴火警戒レベルが 1 に引き下げられた。以後、1 月 30 日から 3 月 23 日まで噴火警戒レベルが 2 に引き上げられたが、それ以降は噴火警戒レベル 1 で推移した。

これらの阿蘇山の火山活動の状況を踏まえ、阿蘇一の宮では nss-SO₄²⁻/SO₄²⁻比や nss-Cl⁻/Cl⁻比が大きいことから火山性ガスの影響によると考えられた。特に nss-Cl⁻濃度が高く、低 pH 化に寄与していることが推測された。

まとめ

阿蘇一の宮における年平均 pH は 2019 年度に 4.10

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	
阿蘇一の宮	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	
	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	
	2021	2151.6	4.63	1.30	55.7	17.7	32.8	40.6	17.5	2.3	11.6	5.7	50.0	233.9	
宇土	2022	1945.6	4.52	1.49	41.2	15.3	42.7	30.7	14.8	1.2	7.1	4.1	58.3	215.4	
	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	
2021	2289.5	4.78	0.91	28.9	16.8	38.3	19.3	31.4	1.8	6.9	7.8	38.0	189.2		
2022	1817.5	4.77	1.03	27.8	17.8	28.6	22.0	23.8	1.3	7.5	6.0	30.9	165.6		

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	開始日	終了日	降水量	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
			mm														
阿蘇一の宮	2022/11/28	2022/12/5	27.6	3.98	4.17	7.6	7.1	14.0	91.1	81.9	21.8	7.9	0.5	1.8	1.6	1.0	104.7
	2023/1/10	2023/1/16	44.9	3.77	7.16	5.1	4.8	6.4	172.3	165.0	19.9	6.3	0.5	1.2	1.0	0.9	169.8
	2023/1/16	2023/1/23	11.8	3.78	7.22	24.5	23.2	24.8	148.8	123.4	25.2	21.6	1.1	8.5	8.1	3.5	166.0
	2023/3/13	2023/3/20	25.1	3.89	5.30	26.4	25.8	10.5	77.4	65.9	22.9	9.8	1.0	2.6	2.4	1.6	128.2
宇土	2023/1/4	2023/1/10	1.9	4.02	6.41	47.8	45.7	139.7	48.3	8.6	150.8	33.8	4.2	9.4	8.7	4.9	95.5

表5 阿蘇山の噴火警報・予報及び噴火警戒レベルの状況(2022年発表履歴)⁷⁾

2022年3月14日 11時00分	噴火警戒レベルを2(火口周辺規制)に引き下げ
2022年4月15日 11時00分	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
2023年1月30日 13時30分	噴火警戒レベルを2(火口周辺規制)に引き上げ
2023年3月23日 11時00分	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

と極めて低い pH を示したが、その後の3年間は4.6前後で推移している。また、宇土における年平均 pH は4.7前後で推移しており、特異な pH の変化はなかった。

阿蘇一の宮は阿蘇山の火山活動の影響を受けやすいと考えられ、今後も阿蘇一の宮での降水成分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。

謝 辞

本調査の実施にあたり、阿蘇一の宮における降水試料の採取及び搬入に御協力いただきました阿蘇保健所に深謝いたします。

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, 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 (2022 年度).
- 5) 上野一憲, 角田朋生, 澤田 愛: 熊本県保健環境科学研究所報, 51, 68 (2021).
- 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/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact_vol.php?id=503 (2022 年 5 月閲覧).

7) 生物の生息状況による河川の環境評価（人吉・八代地域）（2022 年度）

澤田 愛

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、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¹⁾を支援するとともに、当所でも 1990 年度から 2016 年度まで県内河川 35 地点の環境基準点等において継続して調査を行ってきた。その結果は、環境保全課により公表される²⁾ほか、2013 年度までの結果が谷口³⁾によって各調査地点における生物の出現状況の変遷が取りまとめられている。

今回、2022 年度に上記 35 地点のうち 7 地点で調査を実施したので、その結果を報告する。

調査方法

1 調査期間

2022 年 10 月 21 日（1 地点）、10 月 28 日（2 地点）、11 月 4 日（2 地点）、11 月 11 日（2 地点）

2 調査地点

県南の球磨川及び川辺川⁴⁾の環境基準点等 7 地点（図 1）で調査を実施した。

3 調査方法

熊本県環境保全課「川の水環境・調査のてびき」⁴⁾に基づき行った。水生生物の採取は、D 型フレームネット（網目：約 1.0 mm）を用いて、水深約 10～30 cm の瀬においてキック・スイープ法により行った。

調査地点		
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	藤田	(川辺川)
7	川辺大橋	(川辺川)

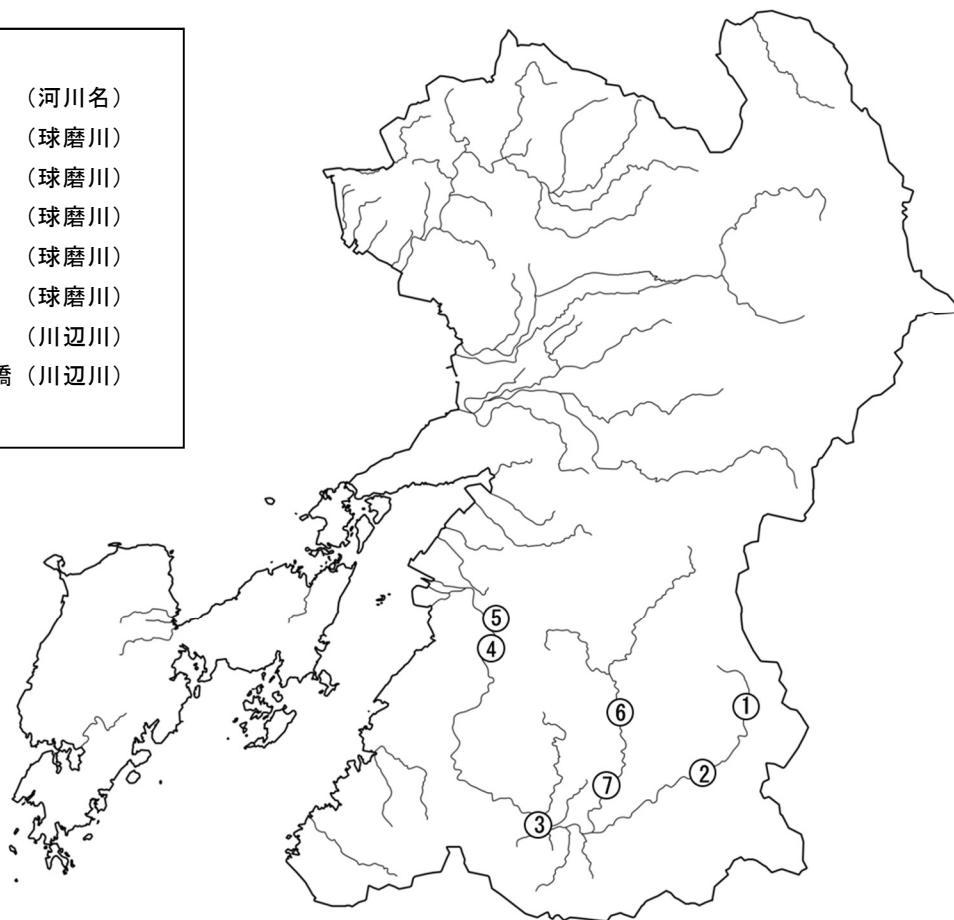


図 1 調査地点

4 評価方法

評価は熊本県が独自に定める 25 種類の指標生物種⁵⁾について、調査地点における出現状況を参考に、水生生物による川の水環境評価値（以下「生物評価値」とする）を基準とした。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、Ⅴ：不快な水環境の 5 段階に分類することができる。指標生物の同定は図説等^{6~11)}を参考とした。

また、生物の多様性をみるために、式 1 の Shannon の式より多様性指数を算出した。

式 1

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

H' : 多様性指数

S : 群集に含まれる種の数

Pi : 種 i の個体数が全体に含まれる割合

多様性指数 (H') 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

各地点における指標生物の出現数及び多様性指数を表 1 に示す。

また、各地点、各年度の生物評価値、確認された指標生物種数及び多様性指数について、それぞれ同一地点の過去 5 回の結果と比較した。その結果を表 2 に示す。なお、今回用いた各地点の過去 5 回の詳細な結果は表 3-1~表 3-7 に示す。

1 指標生物種数の変動

指標生物種数は、古屋敷を除き、過去 5 回の調査結果の範囲内であった。

変動のあった古屋敷では、確認された指標生物種数が 4 と、過去 5 回の最小値を大きく下回っていた。指標生物としては、ほぼ例年出現している携巢性トビケラ類、ヒラタカゲロウ類、マダラカゲロウ類、ブユ類・ガガンボ類、コカゲロウ類及びユスリカ類（白・緑）が確認されなかった。この要因としては、9 月 18 日~19 日にかけて九州付近を通過した台風 14 号の影響が大きいと考えられる。図 2 に示す熊本地方気象台発表の災害時気象資料¹²⁾によると、県内で記録の大雨となり、県内の九州山地付近である阿蘇・球磨地域で降水量が多くなっていた。当該地点に近い多良木町でも 347.0 mm の雨量が観測されており、前年 9 月の 1 か月間の雨量が 131.5 mmであることを考慮すると、台風による大雨が原因で指標生物が流されてしまったこと等

が考えられる。また、調査地点の下流にある市房ダムは台風の影響でサンプリング時にはまだ濁りが残っていたことや、調査地点の水量が例年に比べ多く、立っただけで流されるほどの早瀬であったこと等からも、古屋敷では台風 14 号の影響があったことが推察される。

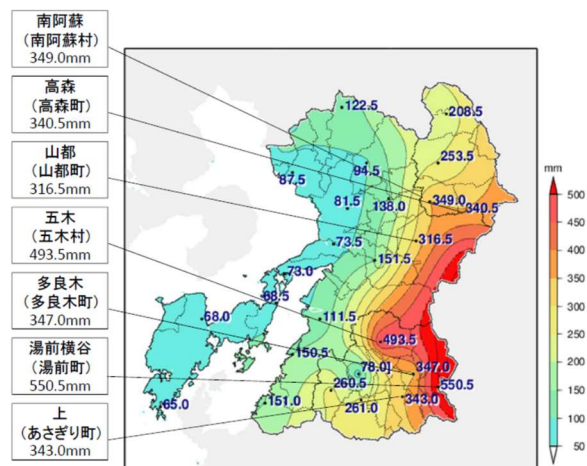


図 2 令和 4 年 9 月 15 日~19 日のアメダス総降水量「災害時気象資料」¹²⁾の一部を加工して作成

2 生物評価値の変動

生物評価値は川辺大橋を除き、過去 5 回の調査結果の範囲内であった。

川辺大橋では、過去 5 回の生物評価値は、Ⅱ又はⅢであったが、2022 年度はⅠとなった。これは、生物評価値Ⅰに区分されるカワゲラ類やヒラタカゲロウ類が比較的多く確認できたこと及びこれまであまり確認されなかったことのない携巢性トビケラ類が確認されたことによるものと考えられる。

なお、1990 年度から 2014 年度までの川辺大橋での調査では生物評価値がⅠを示している結果が半数以上であったことから、本調査時は以前のように生物の生息状況から確認される快適な水環境（生物評価値Ⅰ）に戻ったのだと考えられる。

3 多様性指数の変動

多様性指数は坂本橋で過去 5 回の調査結果の最大値を上回り、藤田で最小値を下回った。その他の地点は過去 5 回の調査結果の範囲内であった。

坂本橋では、前述した台風等の影響で石や水草に付着して生息している前年度の優占種であるブユ類・ガガンボ類、カゲロウ類が大きく減少したことを鑑みると、1 つの生物種に偏りが少なくなったことが要因で多様性指数が過去 5 回の最大値を上回ったと考えられ

る。しかしながら、8 年前の調査結果では多様性指数が 2.84 であったことも踏まえるとその差はわずかであり、大きな変動ではないと考えられる。

藤田では前年に比べて出現指標種数及び個体数が激減し、タニガワカゲロウ類及びユスリカ類の 2 種で個体数割合 65.7% を占めていたことが要因で、多様性指数が下がっていると考えられる。一方で、タニガワカゲロウ類は、毎年多く確認されており、過去 5 回での個体数割合は 8.0%~38.5% であり、今回の個体数割合 35.8% もこの範囲内であることから、多様性指数の低下にはユスリカ類の個体数割合の増加が寄与している可能性がある。ユスリカ類は過去 5 回の個体数割合が 0%~15.7% であったものの、今回は 29.9% と高い個体数割合を示している。竹門¹³⁾によると、ユスリカ類は造巣固着型(基質表面上に巣を固着させ、その巣の中で生息する底生動物群)、造巣掘潜型(細かい砂や泥、あるいは付着層の内部に分泌絹糸をまきつけて巣をつくり生活する底生動物群)であることから、巣を石等にしっかりと固着させて生息する生活型のおかげで、他の種に比べて、台風の影響を受けにくく、相対的に個体数が増加し、多様性指数の低下に影響したと考えられる。

まとめ

2022 年度に調査した河川の水生生物の生息状況は台風等の影響も考えられ、多少の変動はあったものの、例年と比較して異常な状況ではなかった。

一方で、過去の調査と比較して出現した指標生物種数や多様性指数が下がっている地点があり、今後も定期的な調査を行うことにより状況を確認していく必要がある。

文 献

- 1) 熊本県環境保全課 HP:「みんなの川の環境調査ー川の生き物と水質を調べてみようー」の参加者を募集しています!!
<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/51/93805.html>
(2023 年 7 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
<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/51/5691.html>
(2023 年 7 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 HP: みんなの川の環境調査「川の水環境調査のてびき」を掲載しています

<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/51/5650.html>
(2023 年 7 月閲覧)

- 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) 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/gyomu/saigai_soku_ho_siryu.html (2023 年 3 月閲覧)
- 13) 竹門康弘: 日本生態学会, 55, 189 (2005).

表1 指標生物の出現状況 (2022年)

No.	区分	指標生物名	古屋敷	中鶴橋	西瀬橋	坂本橋	横石	藤田	川辺大橋
1		カワゲラ類	3	3	23	8	10	9	8
2		ナガレトビケラ類	3		25			1	
3		ヒゲナガカワトビケラ類			7			2	
4	I	チラカゲロウ							
5		携巢性トビケラ類						2	3
6		ニッポンヨコエビ・サワガニ							
7		ヒラタカゲロウ類		5	21	37	1	5	7
8		ウズムシ類(プラナリア)							
9		ヘビトンボ類	1		2				
10	II	マダラカゲロウ類			16	4	3	3	3
11		タニガワカゲロウ類	1	43	209	19	16	24	
12		ブユ類・ガガンボ類			459	42			1
13		カワニナ							
14		ヒラタドROMシ類		7	7		4		
15	III	コカゲロウ類		3	408	3		1	2
16		コガタシマトビケラ			103	5			
17		ユスリカ類(白・緑)		16	502	2		20	3
18		貝類							
19	IV	サホコカゲロウ							3
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)		4		2	2		7
25		ホシチョウバエ							
		出現指標種数	4	7	12	9	6	9	9
		個体数	8	81	1782	122	36	67	37
		生物評価値	I	III	III	II	II	I	I
		多様性指数	1.81	2.07	2.48	2.40	2.06	2.40	2.93

表2 2022年調査と過去5回の結果との比較

地点名	古屋敷			中鶴橋			西瀬橋			坂本橋		
	2022	最小値	最大値	2022	最小値	最大値	2022	最小値	最大値	2022	最小値	最大値
指標生物種数	4	9	11	7	6	12	12	8	12	9	7	12
生物評価値	I	II	I	III	III	I	III	III	II	II	II	I
多様性指数	1.81	1.31	2.78	2.07	0.80	2.67	2.48	2.01	2.92	2.40	2.10	2.39

地点名	横石			藤田			川辺大橋		
	2022	最小値	最大値	2022	最小値	最大値	2022	最小値	最大値
指標生物種数	6	6	13	9	8	13	9	8	13
生物評価値	II	III	II	I	III	I	I	II	III
多様性指数	2.06	1.29	2.25	2.40	2.54	3.15	2.93	2.15	3.20

※ 下線は最小値を下回ったもの又は最大値を上回ったもの

表 3-1 古屋敷の指標生物の出現状況 (2015, 2016, 2018, 2020~2022 年)

No. 区分	指標生物名	2015	2016	2018	2020	2021	2022
1	カワゲラ類	6	3	14	9	4	3
2	ナガレトビケラ類	0	4	1	2	6	3
3	ヒゲナガカワトビケラ類	0	0	0	0	4	0
4	I チラカゲロウ	0	0	0	0	0	0
5	携巢性トビケラ類	7	16	7	16	25	0
6	ニッポンヨコエビ・サワガ.	15	5	3	0	0	0
7	ヒラタカゲロウ類	7	0	1	19	9	0
8	ウズムシ類(プラナリア)	0	0	0	0	0	0
9	ヘビトンボ類	0	0	5	4	1	1
10	II マダラカゲロウ類	2	0	6	8	7	0
11	タニガワカゲロウ類	22	18	6	2	60	1
12	ブユ類・ガガンボ類	7	3	7	5	0	0
13	カワニナ	0	0	0	0	0	0
14	ヒラタドROMシ類	0	0	0	0	0	0
15	III コカゲロウ類	28	76	82	280	143	0
16	コガタシマトビケラ	0	16	0	2	0	0
17	ユスリカ類(白・緑)	4	0	6	4	10	0
18	貝類	0	1	0	0	0	0
19	IV サホコカゲロウ	0	0	0	0	0	0
20	ミズムシ(等脚目)	0	0	0	0	0	0
21	ヒル類	0	0	0	0	0	0
22	V サカマキガイ	0	0	0	0	0	0
23	イトミミズ類	0	0	0	0	0	0
24	セスジユスリカ(赤)	0	0	0	0	0	0
25	ホシチョウバエ	0	0	0	0	0	0
	出現指標種数	9	9	11	11	10	4
	個体数	98	142	138	351	269	8
	生物評価値	I	I	I	II	I	I
	多様性指数	2.78	2.17	2.20	1.31	2.10	1.81

表 3-2 中鶴橋の指標生物の出現状況 (2015, 2016, 2019 ~2022 年)

No. 区分	指標生物名	2015	2016	2019	2020	2021	2022
1	カワゲラ類	2	7	13	34	4	3
2	ナガレトビケラ類	2	4	2	0	1	0
3	ヒゲナガカワトビケラ類	6	21	10	2	0	0
4	I チラカゲロウ	0	0	3	0	0	0
5	携巢性トビケラ類	1	1	0	0	0	0
6	ニッポンヨコエビ・サワガ.	0	0	0	0	0	0
7	ヒラタカゲロウ類	0	16	86	0	0	5
8	ウズムシ類(プラナリア)	0	0	0	0	0	0
9	ヘビトンボ類	0	0	0	0	0	0
10	II マダラカゲロウ類	16	21	75	4	0	0
11	タニガワカゲロウ類	8	87	65	134	203	43
12	ブユ類・ガガンボ類	3	58	32	0	0	0
13	カワニナ	0	0	0	0	0	0
14	ヒラタドROMシ類	0	0	6	11	3	7
15	III コカゲロウ類	27	241	289	52	12	3
16	コガタシマトビケラ	26	72	53	2	0	0
17	ユスリカ類(白・緑)	305	16	59	11	10	16
18	貝類	0	0	0	0	0	0
19	IV サホコカゲロウ	0	0	0	0	0	0
20	ミズムシ(等脚目)	0	0	0	0	0	0
21	ヒル類	0	0	0	0	0	0
22	V サカマキガイ	0	0	0	0	0	0
23	イトミミズ類	0	0	0	0	0	0
24	セスジユスリカ(赤)	0	0	0	0	0	4
25	ホシチョウバエ	0	0	0	0	0	0
	出現指標種数	10	11	12	8	6	7
	個体数	396	544	693	250	233	81
	生物評価値	II	I	II	III	III	III
	多様性指数	1.36	2.49	2.67	1.95	0.80	2.07

表 3-3 西瀬橋の指標生物の出現状況 (2015, 2016, 2018, 2020~2022 年)

No. 区分	指標生物名	2015	2016	2018	2020	2021	2022
1	カワゲラ類	1	0	3	7	3	23
2	ナガレトビケラ類	0	0	0	0	3	25
3	ヒゲナガカワトビケラ類	20	17	9	0	1	7
4	I チラカゲロウ	0	0	0	0	0	0
5	携巢性トビケラ類	0	0	8	0	0	0
6	ニッポンヨコエビ・サワガ.	0	0	0	0	0	0
7	ヒラタカゲロウ類	3	14	102	2	0	21
8	ウズムシ類(プラナリア)	0	0	0	0	0	0
9	ヘビトンボ類	0	0	0	0	0	2
10	II マダラカゲロウ類	9	5	146	1	2	16
11	タニガワカゲロウ類	2	9	21	40	74	209
12	ブユ類・ガガンボ類	1	27	90	3	8	459
13	カワニナ	0	0	0	0	0	0
14	ヒラタドROMシ類	5	0	20	3	14	7
15	III コカゲロウ類	21	14	135	50	20	408
16	コガタシマトビケラ	5	148	48	1	0	103
17	ユスリカ類(白・緑)	37	15	76	84	121	502
18	貝類	0	0	0	0	0	0
19	IV サホコカゲロウ	0	0	0	0	0	0
20	ミズムシ(等脚目)	0	0	0	0	0	0
21	ヒル類	0	0	1	0	1	0
22	V サカマキガイ	0	0	0	0	0	0
23	イトミミズ類	0	0	0	0	0	0
24	セスジユスリカ(赤)	0	0	0	0	1	0
25	ホシチョウバエ	0	0	0	0	0	0
	出現指標種数	10	8	12	9	11	12
	個体数	104	249	659	191	248	1782
	生物評価値	III	III	II	III	III	III
	多様性指数	2.57	2.06	2.92	2.01	2.02	2.48

表 3-4 坂本橋の指標生物の出現状況 (2015, 2016, 2019 ~2022 年)

No. 区分	指標生物名	2015	2016	2019	2020	2021	2022
1	カワゲラ類	1	0	2	2	20	8
2	ナガレトビケラ類	1	0	1	2	4	0
3	ヒゲナガカワトビケラ類	1	1	0	1	1	0
4	I チラカゲロウ	0	0	0	0	0	0
5	携巢性トビケラ類	0	0	2	0	6	0
6	ニッポンヨコエビ・サワガ.	0	0	2	0	0	0
7	ヒラタカゲロウ類	49	1	207	40	113	37
8	ウズムシ類(プラナリア)	0	0	0	0	0	0
9	ヘビトンボ類	0	0	0	0	0	0
10	II マダラカゲロウ類	12	4	46	16	10	4
11	タニガワカゲロウ類	13	3	110	197	82	19
12	ブユ類・ガガンボ類	54	2	0	6	342	42
13	カワニナ	0	0	0	0	0	0
14	ヒラタドROMシ類	0	0	2	0	0	0
15	III コカゲロウ類	36	10	67	274	142	3
16	コガタシマトビケラ	0	7	9	31	23	5
17	ユスリカ類(白・緑)	2	0	5	331	1	2
18	貝類	0	0	1	0	0	0
19	IV サホコカゲロウ	0	0	0	0	0	0
20	ミズムシ(等脚目)	0	0	0	0	0	0
21	ヒル類	0	0	0	0	0	0
22	V サカマキガイ	0	0	0	0	0	0
23	イトミミズ類	0	0	0	0	0	0
24	セスジユスリカ(赤)	0	0	0	0	0	2
25	ホシチョウバエ	0	0	0	0	0	0
	出現指標種数	9	7	12	10	11	9
	個体数	169	28	454	900	744	122
	生物評価値	II	II	I	II	II	II
	多様性指数	2.28	2.39	2.11	2.10	2.24	2.40

表 3-5 横石の指標生物の出現状況 2015, 2016, 2019~2022 年)

No. 区分	指標生物名	2015	2016	2019	2020	2021	2022
1	カワゲラ類	2	6	12	11	22	10
2	ナガレトビケラ類	0	0	1	0	65	0
3	ヒゲナガカワトビケラ類	0	0	0	0	1	0
4 I	チラカゲロウ	0	0	0	0	0	0
5	携巢性トビケラ類	5	2	1	0	2	0
6	ニッポンヨコエビ・サワガ.	0	0	0	0	0	0
7	ヒラタカゲロウ類	0	0	3	2	0	1
8	ウズムシ類(プラナリア)	0	0	2	0	0	0
9	ヘビトンボ類	0	0	0	0	0	0
10 II	マダラカゲロウ類	5	1	19	0	34	3
11	タニガワカゲロウ類	36	8	51	266	221	16
12	ブユ類・ガガンボ類	1	0	6	0	16	0
13	カワニナ	0	0	0	0	0	0
14	ヒラタドROMシ類	1	1	3	0	14	4
15 III	コカゲロウ類	6	10	59	9	81	0
16	コガタシマトビケラ	0	0	3	0	8	0
17	ユスリカ類(白・緑)	47	0	179	193	430	0
18	貝類	0	0	3	0	0	0
19	サホコカゲロウ	0	0	0	0	0	0
20 IV	ミズムシ(等脚目)	0	0	0	0	0	0
21	ヒル類	0	0	0	0	0	0
22	サカマキガイ	0	0	0	0	0	0
23 V	イトミミズ類	0	0	0	0	0	0
24	セスジユスリカ(赤)	0	0	0	1	9	2
25	ホシテウバエ	0	0	0	0	0	0
出現指標種数		8	6	13	6	12	6
個体数		103	28	342	482	903	36
生物評価値		III	III	III	II	III	II
多様性指数		1.95	2.14	2.17	1.29	2.25	2.06

表 3-6 藤田の指標生物の出現状況 (2014~2017, 2021, 2022 年)

No. 区分	指標生物名	2014	2015	2016	2017	2021	2022
1	カワゲラ類	13	2	6	25	8	9
2	ナガレトビケラ類	7	1	0	0	3	1
3	ヒゲナガカワトビケラ類	13	31	1	44	9	2
4 I	チラカゲロウ	0	1	0	0	0	0
5	携巢性トビケラ類	0	1	2	8	2	2
6	ニッポンヨコエビ・サワガ.	0	0	0	0	0	0
7	ヒラタカゲロウ類	2	19	1	11	33	5
8	ウズムシ類(プラナリア)	2	0	0	0	0	0
9	ヘビトンボ類	2	1	0	1	0	0
10 II	マダラカゲロウ類	6	10	0	9	5	3
11	タニガワカゲロウ類	22	13	6	20	81	24
12	ブユ類・ガガンボ類	11	9	1	4	5	0
13	カワニナ	0	0	0	0	0	0
14	ヒラタドROMシ類	8	0	0	1	0	0
15 III	コカゲロウ類	35	70	5	59	37	1
16	コガタシマトビケラ	0	1	3	0	4	0
17	ユスリカ類(白・緑)	18	4	0	34	23	20
18	貝類	0	0	0	0	0	0
19	サホコカゲロウ	0	0	0	0	0	0
20 IV	ミズムシ(等脚目)	0	0	0	0	0	0
21	ヒル類	0	0	0	0	0	0
22	サカマキガイ	0	0	0	0	0	0
23 V	イトミミズ類	0	0	0	0	0	0
24	セスジユスリカ(赤)	0	0	0	0	0	0
25	ホシテウバエ	0	0	0	0	0	0
出現指標種数		12	13	8	11	11	9
個体数		139	163	25	216	210	67
生物評価値		II	I	I	III	I	I
多様性指数		3.15	2.54	2.67	2.84	2.63	2.40

表 3-7 川辺大橋の指標生物の出現状況 (2014~2016, 2018, 2020, 2022 年)

No. 区分	指標生物名	2014	2015	2016	2018	2020	2022
1	カワゲラ類	24	1	17	12	9	8
2	ナガレトビケラ類	5	0	0	0	0	0
3	ヒゲナガカワトビケラ類	5	0	11	19	0	0
4 I	チラカゲロウ	0	0	0	1	0	0
5	携巢性トビケラ類	3	0	0	5	0	3
6	ニッポンヨコエビ・サワガ.	0	0	0	0	0	0
7	ヒラタカゲロウ類	22	12	2	24	34	7
8	ウズムシ類(プラナリア)	0	0	0	0	0	0
9	ヘビトンボ類	0	0	1	6	0	0
10 II	マダラカゲロウ類	19	2	6	24	33	3
11	タニガワカゲロウ類	43	13	16	12	10	0
12	ブユ類・ガガンボ類	4	27	7	2	13	1
13	カワニナ	0	0	0	0	0	0
14	ヒラタドROMシ類	5	1	2	5	0	0
15 III	コカゲロウ類	82	23	33	48	107	2
16	コガタシマトビケラ	2	0	26	7	17	0
17	ユスリカ類(白・緑)	38	70	2	21	21	3
18	貝類	0	0	0	0	0	0
19	サホコカゲロウ	0	0	0	0	3	3
20 IV	ミズムシ(等脚目)	0	0	0	0	0	0
21	ヒル類	0	0	0	0	0	0
22	サカマキガイ	0	0	0	0	0	0
23 V	イトミミズ類	0	0	0	0	0	0
24	セスジユスリカ(赤)	0	0	0	0	0	7
25	ホシテウバエ	0	0	0	0	0	0
出現指標種数		12	8	11	13	9	9
個体数		252	149	123	186	247	37
生物評価値		II	III	III	II	III	I
多様性指数		2.85	2.15	2.87	3.20	2.53	2.93

3・3 誌上発表論文抄録

地方環境研究所の研究成果を行政施策に活用していくためには何が必要なのか？

—PM2.5に関する研究を対象とした事例研究—

環境科学会誌 Vol36, No2, p28. (2023)

著者名 豊永悟史*1, 小原大翼*1,2, 宮崎康平*1, 古澤尚英*3

*1熊本県保健環境科学研究所, *2熊本県環境生活部環境局環境保全課, *3熊本県宇城保健所

地方環境研究所（以下、「地環研」）は、都道府県及び指定都市（以下、「都道府県等」）の出先機関として環境行政を推進するための調査や研究を担っており、その研究成果は都道府県等の行政施策へ活用されること（以下、「行政活用」）が求められる。そこで、研究成果の行政活用の実態とそれに影響する要因を把握することを目的としたアンケート調査を行った。全国的な政策課題である PM2.5 に関する研究を対象として、関連業務を担当する地環研と行政部署に対して、それぞれ個別にアンケートを送付し回答を得た。個別の研究単位では、「活用有」と回答された研究は 25% (n=36)、「活用無」と回答された研究が 72% (n=104)、「無回答」が 3% (n=5) であり、「活用無」の研究が大半を占めた。都道府県等单位では、「活用有」の研究がある地環研では、「活用有」の研究がない地環研に比べて実施した研究の数が多いという関係が認められた ($p < 0.05$)。この結果から、研究の数が多く「活用有」の研究がある地環研 (n=12)、研究の数が多く「活用有」の研究がない地環研 (n=13)、研究の数が少なく「活用有」の研究がない地環研 (n=22) の 3 タイプに地環研を分類することができた。個別の研究の行政活用の有無及び地環研のタイプごとに、各回答項目を集計した結果に統計検定を適用し、研究成果の行政活用に影響を与える主な要素を評価した。その結果、研究単位では研究の「立案・計画」及び「取組体制」の二つの要素が、都道府県等单位では「専門性」と「行政部署との連携」の二つの要素が影響していると推測された。これらの要素は相互に関連しており、行政活用を推進していくためにはバランスを維持しながら各要素を強化していくことが重要であると考えられた。

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

LC-MS/MSによる嘔吐毒セレウリドの迅速分析法の開発

全国公衆衛生獣医師協議会調査研究発表会九州ブロック 令和4年7月 書面発表

小林将英*1、八木一真*2、山口奈穂*3

*1 熊本県食肉衛生検査所、*2 県立こころの医療センター、*3 熊本県健康局薬務衛生課

セレウス菌（*Bacillus cereus*）による食中毒は、臨床症状により下痢型と嘔吐型に分類され、国内で発生する食中毒の大半が嘔吐型である。この嘔吐型食中毒を引き起こす原因毒素がセレウリドである。セレウリドの検査法としてはHep-2細胞の空胞化変性の有無による形態変化を観察する生物学的検査もあるが、結果判定までに時間を要し、検査手技に熟練を要する点が問題点として挙げられる。

近年、高感度、高選択性のLC-MS/MSを用いたセレウリドの分析法の報告がなされているが、食品試料で検討したものがほとんどであり、吐しゃ物や便を用いた分析事例は少ない。今回、本県で検討したLC-MS/MSを用いたセレウリドの迅速分析法について、食品試料を用いて「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」に基づく妥当性評価試験を行ったところ、良好な結果が得られた。また、2016年に本県で発生したセレウス菌による食中毒の実試料（患者便・吐しゃ物）を分析した結果、PCR法で陽性となった検体全てからセレウリドが検出された。このことから、本分析法は食品のみならず生体試料においても有効な手法であり、定性確認であれば試験開始後3～4時間程度で結果が判明し、迅速性にも優れていることから、健康危機管理事案に対する検査体制強化に寄与できる分析法であると考えられる。

地方環境研究所の研究成果を行政的に活用していくためには何が必要なのか？（Ⅱ）

：インタビュー調査による解析

第63回大気環境学会年会 2022年9月14日～9月16日 大阪公立大学中百舌鳥キャンパス

発表者 豊永悟史*1、小原大翼*1,2、宮崎康平*1、古澤尚英*3

*1熊本県保健環境科学研究所、*2熊本県環境生活部環境局環境保全課、*3熊本県宇城保健所

地方環境研究所（以下、「地環研」）は、環境行政を推進するための調査・研究を行う自治体の出先機関である。本研究では、地環研による研究成果の各自治体の環境政策の立案・実施への活用（以下、「行政活用」）状況及び行政活用に影響を与える要因を調べるために、PM_{2.5}関係の業務を所管している地環研及び行政部署の職員を対象としたインタビュー調査を行った。インタビュー調査の協力者は6自治体の15名であり、いずれもPM_{2.5}関係の業務や研究の担当者もしくは担当係長であった。また、すべての自治体について、地環研と行政部署で各1名以上の聞き取りを実施した。インタビュー調査はWeb会議システムにより、半構造化面接として行い、行政活用における各部署の役割や、各部署の業務量や体制、部署間の関係性、研究成果の行政活用状況等について聞き取りを実施した。調査の状況は、協力者から同意を得て録画した上で、逐語録を作成し、分析を行った。行政活用及び研究活動の活発さに影響を与える要因を分析したところ、「上司の意向」や「環境問題の解決による行政ニーズの低下」等の要因の存在が示唆された。また、「人員数や予算の不足」に関して多数の言及があり、特に行政部署でその傾向が見られた。地環研と行政部署の日常的なコミュニケーションの契機としては、①環境モニタリング等の定型業務に関する内容、②予算に関する内容、③住民からの苦情や議会対応等の事案に関する内容の3点が主要なものとして挙げられる一方で、研究の実施状況等について話す機会は限られる傾向が見られた。また、複数の協力者の発

言から、②では立場の違いによる行き違いが生じやすく、③は地環研が技術的助言を行うことで存在価値を示す機会として捉えられていることが推察された。これらのコミュニケーションは、地環研と行政部署の関係性を理解する上で重要であり、研究活動の活発さや研究成果の行政活用状況にも影響している可能性が考えられた。

アスベスト対策を目的とした解体工事立入計画への指導履歴活用の試み

第63回大気環境学会年会 2022年9月14日～9月16日 大阪公立大学中百舌鳥キャンパス

発表者 豊永悟史*¹、古澤尚英*²、中島尚哉*³、山形 卓*³

*¹ 熊本県保健環境科学研究所、*²熊本県宇城保健所、*³熊本県環境生活部環境局環境保全課

不適切な解体工事等によって建材中のアスベスト繊維が飛散し、作業員や周辺住民がばく露されることで、肺がんや悪性中皮腫などを発症するリスクが高まることが知られている。近年、大気汚染防止法による規制が強化され、成形板等（いわゆるレベル3建材）が規制対象に追加された。このため、大気汚染防止法を所管する地方自治体では、立入検査体制の強化等の対応が必要となるが、レベル3建材は一般家屋にも多く使用されており、対象となる解体工事は膨大な数となることから、全件立入りは現実的に困難である。このため、各解体工事に優先度を設定し、限られた人的資源を配分しながら立入検査を実施していく必要がある。アスベストの飛散リスクは、施工業者の作業状況に大きく影響されることから、本研究では、施工業者（元請け、下請け）への指導履歴を活用し、立入の優先度設定に活用する手法を検討した。また、元請け、下請けの関係についても評価するため、ネットワーク分析の適用を検討した。使用したのは、令和2年7月豪雨で被害を受けた地域での立入記録の一部である。この立入記録はデータベース化されているため、定量的な解析が可能となっている。令和2年7月豪雨では、2,426件の公費解体の申請が行われており、そのほぼ全てが令和3年度中に解体を完了している。立入記録の指導項目を飛散リスクの高さで4段階に分類し、分類ごとにリスク係数を設定した。リスク係数の設定にあたっては、熊本地震の際に実施した可搬型蛍光顕微鏡による調査結果を参考とした。公費解体が開始された2020年10月～2021年度末までの立入記録から各解体工事のリスク係数を計算し、それを施工業者（元請け、下請け）別に集計した。さらに、元請けと下請けの関係についてもネットワーク分析を用いて解析した。元請け別に集計した結果について見ると、リスク係数の集計値は元請けの間で最大約30倍の違いが見られた。また、リスク係数の集計値が高い上位2割の元請けが、全体の集計値合計の6割を占めており、他の元請けに比べて、飛散リスクが高い項目で指導を受けやすい元請けが存在することが示唆された。下請けでも同様の傾向が認められており、これらの施工業者への立入検査の優先度を高くすることが望ましいと考えられた。施工業者の元請け、下請けの関係を把握するため、ネットワーク分析を行った結果、業者間のネットワークは、施工業者間の情報の流通を規定しており、地方自治体からの指導内容の伝搬にも影響していることが示唆された。指導履歴は、通常案件別に記録されるため視覚的・定量的に扱うことが難しい場合が多いと推測されるが、データベース化して用いることで、様々な活用が期待される。このような情報を一種のビッグデータとして活用していくことは、効率的・効果的な行政施策の実施を進める上で今後重要になっていくと考えられる。

インタビュー調査による地方環境研究所の研究成果が行政活用されるための条件の探索

環境科学会2022年会 2022年9月8日～9月9日 オンライン

発表者 豊永悟史*¹、小原大翼*^{1,2}、宮崎康平*¹、古澤尚英*³

*¹ 熊本県保健環境科学研究所、*²熊本県環境生活部環境局環境保全課、*³熊本県宇城保健所

地方環境研究所（以下、「地環研」）は、環境行政を推進するための調査・研究を行う自治体の出先機関である。本研究では、地環研による研究成果の各自治体の環境政策の立案・実施への活用（以下、「行政活用」）状況及び行政活用に影響を与える要因を調べるために、PM_{2.5}関係の業務を

所管している地環研及び行政部署の職員を対象としたインタビュー調査を行った。インタビュー調査の協力者は6自治体の15名であり、いずれもPM_{2.5}関係の業務や研究の担当者もしくは担当係長であった。また、すべての自治体について、地環研と行政部署で各1名以上の聞き取りを実施した。インタビュー調査はWeb会議システムにより、半構造化面接として行い、行政活用における各部署の役割や、各部署の業務量や体制、部署間の関係性、研究成果の行政活用状況等について聞き取りを実施した。調査の状況は、協力者から同意を得て録画した上で、逐語録を作成し、分析を行った。行政活用及び研究活動の活発さに影響を与える要因を分析したところ、「上司の意向」や「環境問題の解決による行政ニーズの低下」等の要因の存在が示唆された。また、「人員数や予算の不足」に関しても多数の言及があり、特に行政部署でその傾向が見られた。地環研と行政部署の日常的なコミュニケーションの契機としては、①環境モニタリング等の定型業務に関する内容、②予算に関する内容、③住民からの苦情や議会対応等の事案に関する内容の3点が主要なものとして挙げられる一方で、研究の実施状況等について話す機会は限られる傾向が見られた。また、複数の協力者の発言から、②では立場の違いによる行き違いが生じやすく、③は地環研が技術的助言を行うことで存在価値を示す機会として捉えられていることが推察された。これらのコミュニケーションは、地環研と行政部署の関係性を理解する上で重要であり、研究活動の活発さや研究成果の行政活用状況にも影響している可能性が考えられた。

アスベスト対策のための指導履歴に基づいた解体工事立入計画の検討

環境科学会2022年会 2022年9月8日～9月9日 オンライン

発表者 豊永悟史*1, 古澤尚英*2, 中島尚哉*3, 山形 卓*3

*1 熊本県保健環境科学研究所, *2熊本県宇城保健所, *3熊本県環境生活部環境局環境保全課

不適切な解体工事等によって建材中のアスベスト繊維が飛散し、作業員や周辺住民がばく露されることで、肺がんや悪性中皮腫などを発症するリスクが高まることが知られている。近年、大気汚染防止法による規制が強化され、成形板等（いわゆるレベル3建材）が規制対象に追加された。このため、大気汚染防止法を所管する地方自治体では、立入検査体制の強化等の対応が必要となるが、レベル3建材は一般家屋にも多く使用されており、対象となる解体工事は膨大な数となることから、全件立入りは現実的に困難である。このため、各解体工事に優先度を設定し、限られた人的資源を配分しながら立入検査を実施していく必要がある。アスベストの飛散リスクは、施工業者の作業状況に大きく影響されることから、本研究では、施工業者（元請け、下請け）への指導履歴を活用し、立入の優先度設定に活用する手法を検討した。また、元請け、下請けの関係についても評価するため、ネットワーク分析の適用を検討した。使用したのは、令和2年7月豪雨で被害を受けた地域での立入記録の一部である。この立入記録はデータベース化されているため、定量的な解析が可能となっている。令和2年7月豪雨では、2,426件の公費解体の申請が行われており、そのほぼ全てが令和3年度中に解体を完了している。立入記録の指導項目を飛散リスクの高さで4段階に分類し、分類ごとにリスク係数を設定した。リスク係数の設定にあたっては、熊本地震の際に実施した可搬型蛍光顕微鏡による調査結果を参考とした。公費解体が開始された2020年10月～2021年度末までの立入記録から各解体工事のリスク係数を計算し、それを施工業者（元請け、下請け）別に集計した。さらに、元請けと下請けの関係についてもネットワーク分析を用いて解析した。元請け別に集計した結果について見ると、リスク係数の集計値は元請けの間で最大約30倍の違いが見られた。また、リスク係数の集計値が高い上位2割の元請けが、全体の集計値合計の6割を占めており、他の元請けに比べて、飛散リスクが高い項目で指導を受けやすい元請けが存在することが示唆された。下請けでも同様の傾向が認められており、これらの施工業者への立入検査の優先度を高くすることが望ましいと考えられた。施工業者の元請け、下請けの関係を把握するため、ネットワーク分析を行った結果、業者間のネットワークは、施工業者間の情報の流通を規定しており、地方自治体からの指導内容の伝搬にも影響していることが示唆された。指導履歴は、通常案件別に記録されるため視覚的・定量的に扱うことが難しい場合が多いと推測されるが、データベース化して用いることで、様々な活用が期待される。このような情報を

一種のビッグデータとして活用していくことは、効率的・効果的な行政施策の実施を進める上で今後重要になっていくと考えられる。

アスベスト対策を目的とした解体等工事の立入計画へのネットワーク分析の活用

2022年度環境情報科学研究発表大会 2022年12月5日～12月11日 オンライン

発表者 豊永悟史*¹, 古澤尚英*², 中島尚哉*³, 山形 卓*³

*¹熊本県保健環境科学研究所, *²熊本県宇城保健所, *³熊本県環境生活部環境局環境保全課

不適切な解体工事等によって建材中のアスベスト繊維が飛散し、作業員や周辺住民がばく露されることで、肺がんや悪性中皮腫などを発症するリスクが高まることが知られている。近年、大気汚染防止法による規制が強化され、成形板等（いわゆるレベル3建材）が規制対象に追加された。このため、大気汚染防止法を所管する地方自治体では、立入検査体制の強化等の対応が必要となるが、レベル3建材は一般家屋にも多く使用されており、対象となる解体工事は膨大な数となることから、全件立入りは現実的に困難である。このため、各解体工事に優先度を設定し、限られた人的資源を配分しながら立入検査を実施していく必要がある。多くの解体等工事には元請と下請が存在し、請負契約を通じて複雑なネットワークを形成している。このようなネットワークは人や組織の行動に影響を与えることが知られている。施工業者間のネットワークは不適切作業の発生と関連していることが想定されるが、情報へのアクセスの困難さ等を背景に、定量的に分析された例はほとんどない。そこで本研究は、自治体の立入計画への活用を最終的な目標として、解体等工事への自治体による立入記録にネットワーク分析を適用し、施工業者間のネットワークと不適切作業の関係性を明らかにすることを試みた。使用したのは、令和2年7月豪雨で被害を受けた地域での立入記録の一部である。令和2年7月豪雨では、2,426件の公費解体の申請が行われており、そのほぼ全てが令和3年度中に解体を完了している。ネットワーク分析の結果、コミュニティによって平均違反項目数に違いがあることや、回数中心性が高い施工業者がコミュニティの平均違反項目数に影響を与えている可能性があることが示された。これは、施工業者が属するコミュニティによって不適切作業の発生可能性が異なることを示唆しており、効率的な立入計画を立案する上で重要な知見であると考えられる。

地方環境研究所の研究成果を行政的に活用していくためには何が必要なのか？

—PM2.5に関する研究を例に—

大気環境学会関東支部科学コミュニケーション部会研究会 2022年11月29日 オンライン

発表者 豊永悟史*

*熊本県保健環境科学研究所

地方環境研究所（以下、「地環研」）は、環境行政を推進するための調査・研究を行う自治体の出先機関である。本研究では、地環研による研究成果の各自治体の環境政策の立案・実施への活用（以下、「行政活用」）状況及び行政活用に影響を与える要因を調べるために、PM_{2.5}関係の業務を所管している地環研及び行政部署の職員を対象としたアンケート調査及びインタビュー調査を行った。各調査の結果から、「行政活用前提の研究計画と実施体制」や「専門性と行政部署との連携のトレードオフの克服」が必要であることが示された。これらの結果を踏まえ、本発表では行政活用の推進に必要な手法として「課題探知スキーム」、「ナレッジブローカー」、「プロジェクトチーム方式」の3つを提案した。「課題探知スキーム」は、政策的な課題を捉え、研究テーマとリンクさせる仕組みであり、行政部署に向けたニーズ調査や地環研と行政部署の検討会等が具体例として挙げられる。「ナレッジブローカー」は地環研と行政部署の両方の立場を理解し、両者の仲介役となれる資質を有した人材である。「プロジェクトチーム方式」は部署を横断して組織され、研究の実施から行政施策への活用までを一貫して担うものであり、行政部署と地環研が同じ立場で連携しやすい方式である。以上の手法を駆使することで、時代の変化に合わせた新たな地環研の存在意義を見出せる可能性があると考えられる。

えられた。

都市域バックグラウンドデータを用いた PM_{2.5} に対する地域変動寄与の簡易推定

第49回環境保全・公害防止研究発表会 令和4年（2022年）11月17日 オンライン開催

角田朋生^{*1}，山本裕典^{*1,2}，豊永悟史^{*1}

^{*1}熊本県保健環境科学研究所，^{*2}熊本県環境センター

熊本県の PM_{2.5} 濃度の状況は、都市域（熊本市内）で濃度レベルが相対的に高く環境基準非達成の地点が点在している。PM_{2.5} の濃度変動は、空間的スケールの異なる変動の影響を受けていると考えられている。したがって、濃度変動を空間的スケール別に切り分け、各変動の寄与を評価することで、都市域で濃度レベルが高い要因を詳細に明らかにできる可能性がある。本研究では、都市域バックグラウンド地点に設置した大気環境測定車と都市域地点の常時監視局の PM_{2.5} 等の測定データを使用することで、都市域の濃度変動を越境移流等の影響による広域変動（主に広域的な濃度変動）と地域発生源等の影響による地域変動（主に地域的な濃度変動）に切り分けて評価することを試みた。都市域地点の PM_{2.5} 濃度に対する地域変動の寄与割合を差分法と回帰分析法の2手法で推定した結果は24～39%であり、地点別の推定結果に手法による大きな相違はなかった。これらの推定結果から、地域変動は都市域の PM_{2.5} 濃度に対して一定の寄与があると考えられた。

都市域バックグラウンドデータを用いた PM_{2.5} に対する地域変動寄与の簡易推定

第23回大気環境学会九州支部研究発表会 令和5年（2023年）3月10日 ハイブリッド開催

角田朋生^{*1}，山本裕典^{*1,2}，豊永悟史^{*1}

^{*1}熊本県保健環境科学研究所，^{*2}熊本県環境センター

熊本県の PM_{2.5} 濃度の状況は、都市域（熊本市内）で濃度レベルが相対的に高く環境基準非達成の地点が点在している。PM_{2.5} の濃度変動は、東アジアからの越境移流等の影響による広域変動（主に広域的に生じる濃度変動）と地域発生源等の影響による地域変動（主に地域的に生じる濃度変動）といった異なる空間的スケールで生じる変動の影響を受けていると考えられている。そこで本研究では、都市域バックグラウンド地点に設置した大気環境測定車と都市域地点の常時監視局の PM_{2.5} 等の測定データを使用して、都市域の濃度変動を広域変動と地域変動に切り分けて評価し、都市域で濃度レベルが高い要因を明らかにすることを試みた。都市域地点の PM_{2.5} 濃度に対する地域変動の寄与割合の推定を差分法と回帰分析法の2手法で行った結果、差分法で24～39%、回帰分析法で26～34%であり、地点別の推定結果に手法による大きな相違はなかった。この結果から、地域変動は、都市域の PM_{2.5} 濃度に対し一定の寄与があり、都市域で PM_{2.5} の濃度レベルが相対的に高い要因になっていると考えられた。

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)

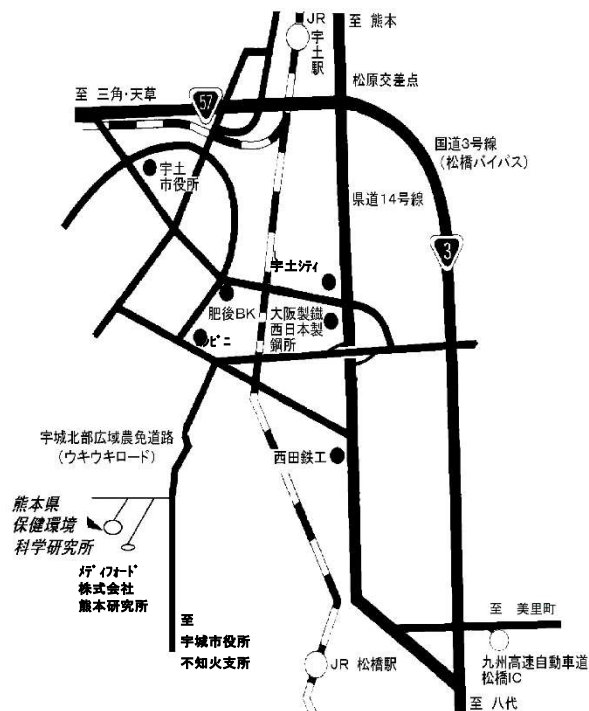
総務課 (代) 23-5771

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4年度版 所報編集委員会
委員長 廣畑 昌章
副委員長 久保園 一誠
委員 森 美聡 田村 香菜
古澤 尚英 芹川 大成

熊本県保健環境科学研究所報

令和4年度 第52号
2022

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5年度 (2023年度)