

Shizuoka-Ken Kankyō Eisei Kagaku
Kenkyūsho Hōkoku 67(2024)
ISSN 1343-246X

静岡県環境衛生科学研究所報告

令和 6 年度

Bulletin
of
Shizuoka Institute of
Environment and Hygiene

No.67 2024

静岡県環境衛生科学研究所

はじめに

近年、静岡県においても地球温暖化の影響とみられる異常な気温の上昇傾向が続いています。静岡県の気象データによると、過去の統計期間における年平均気温は100年あたり約2.0℃上昇していると推計されており、特に夏季の猛暑日数が年々増えている状況です。また、近年は局地的かつ激甚な集中豪雨が頻発しており、災害のリスクが高まっていることも明らかになっています。こうした気象変動は地域の環境や住民の暮らしに多大な影響を及ぼしており、今後は環境変動に対して一層の的確な対応が求められています。

一方で、今年度はインフルエンザの流行が例年以上に早期に始まり、地域の健康管理に注意を要する状況となりました。また、厚生労働省によると、マダニが媒介する重症熱性血小板減少症候群(SFTS)は全国的に患者の増加が確認されています。県内においても、現時点で既に過去最多の患者数となっており、発熱や消化器症状などが現れ、重症化した場合には死に至ることもあります。屋外活動の際の感染症対策が重要です。

このような状況の中、静岡県環境衛生科学研究所は藤枝市を拠点に環境及び保健衛生の科学的・技術的中核機関として、地域の環境保全と県民の健康維持に努めています。最新の機器により、多様化する環境問題や健康危機管理事案の発生に的確かつ迅速に対応するとともに、本県の環境と県民の健康を守るための調査研究、試験検査、常時監視測定などの業務に日々、取り組んでいます。

本報告は、令和6年度における当研究所の調査研究成果をまとめたものです。皆様に広く御覧いただき、御指導・御助言をいただければ幸いです。

令和7年 11 月

静岡県環境衛生科学研究所長 横井 志伸

目 次

論 文

環境科学部

- 1 富士川水系の河川に係るアクリルアミド調査結果についての考察 ----- 1
長倉美由紀, 竹下由布子, 羽田好孝, 瀧井美樹, 渡邊充洋

微生物部

- 2 バンコマイシン耐性腸球菌 (VRE) の感染経路に関する研究 ----- 7
高橋奈緒美, 杉山英視, 鍋田信吾, 青山奈都子, 小柳純子, 西尾智裕,
寺井克哉
- 3 食中毒検査における PFGE 法に替わる分子疫学解析手法に関する研究 ----- 12
杉山英視, 小川紋, 鍋田信吾, 青山奈都子, 高橋奈緒美, 西尾智裕, 寺井克哉
- 4 魚類における粘液胞子虫 *Kudoa iwatai* の汚染実態調査 ----- 16
青山奈都子, 宮川真澄, 小柳純子, 杉山英視, 鍋田信吾, 高橋奈緒美,
西尾智裕, 寺井克哉
- 5 静岡県における SFTS ウイルス浸淫実態に関する研究 ----- 21
浅井希, 齋藤今日香, 中江優貴, 池ヶ谷朝香, 寺井克哉

医薬食品部

- 6 食品中のグリホサート分析法の開発 ----- 25
柏木久輝, 田中瑞希, 宮城島利英, 小郷沙矢香, 堀池あずさ
- 7 子供向けサプリメントに関する調査 ----- 31
田中瑞希, 宮城島利英, 柏木久輝, 小郷沙矢香, 堀池あずさ

大気水質部

- 8 静岡県内のオゾン生成ポテンシャルの日内変動の把握 ----- 37
金子亜由美, 横澤賢, 太田良和弘
- 9 不織布を適用した低周波風防の屋外における性能検証 ----- 41
村井範之
- 10 近接する 3 地点のオキシダント濃度の同等性調査 ----- 44
上野千恵, 渡邊崇之, 太田良和弘
- 11 機械学習手法を用いた光化学オキシダントの当日濃度予測手法の確立 ----- 48
横澤賢, 小田祐一, 村井範之

- 学会・研究会報告 ----- 52

- 表彰等 ----- 55

CONTENTS

PAPERS

Department of Environmental Science

- 1 Discussion on the Acrylamide Survey Results for the Fuji River System ----- 1
Miyuki NAGAKURA, Yuko TAKESHITA, Yoshitaka HANEDA, Miki TAKII and
Mitsuhiro WATANABE

Department of Microbiology

- 2 Research into the infection route of Vancomycin-Resistant Enterococc (VRE) -- 7
Naomi TAKAHASHI, Eiji SUGIYAMA, Shingo NABETA, Natsuko AOYAMA,
Junko KOYANAGI, Tomohiro NISHIO and Katsuya TERAII
- 3 Study on the molecular epidemiology analysis method alternatives to
pulsed-field gel electrophoresis for food poisoning testing ----- 12
Eiji SUGIYAMA, Aya OGAWA, Shingo NABETA, Natsuko AOYAMA,
Naomi TAKAHASHI, Tomohiro NISHIO and Katsuya TERAII
- 4 Survey of Kudoa iwatai (Mixosporea: Multivalvulida) in Marine Fishes ----- 16
Natsuko AOYAMA, Masumi MIYAKAWA, Junko KOYANAGI, Eiji SUGIYAMA,
Shingo NABETA, Naomi TAKAHASHI, Tomohiro NISHIO and Katsuya TERAII
- 5 A Study of the Prevalence of Severe Fever with Thrombocytopenia Syndrome Virus
in Shizuoka Prefecture----- 21
Nozomi ASAI, Kyoka SAITO, Yuki NAKAE, Asaka IKEGAYA and Katsuya TERAII

Department of Pharmaceutical and Food Science

- 6 Development of Analytical Methods for Glyphosate in Foods ----- 25
Hisateru KASHIWAGI, Mizuki TANAKA, Toshihide MIYAGISHIMA, Sayaka OGO
and Azusa HORIIKE
- 7 Investigation of Supplements for Children ----- 31
Mizuki TANAKA, Toshihide MIYAGISHIMA, Hisateru KASHIWAGI, Sayaka OGO
and Azusa HORIIKE

Department of Pollution Control

- 8 Diurnal Variation of Ozone Formation Potential in Shizuoka Prefecture ----- 37
Ayumi KANEKO, Ken YOKOZAWA and Kazuhiro OHTARA
- 9 Measurement of Outdoor Wind Noise by a Wind Proof Screen for Low Frequency Sound
using a Thin Non-woven Fabric ----- 41
Ayumi KANEKO, Akane YUKI, Ken YOKOZAWA and Kazuhiro OHTARA
- 10 Equivalence Investigation about Photochemical Oxidant Concentration of Three
Nearby Locations ----- 44
Chie UENO, Takayuki WATANABE and Kazuhiro OHTARA

11	Establishment of a Same-day Photochemical Oxidant Concentration Prediction using Machine learning -----	48
	Ken YOKOZAWA, Yuuichi ODA and Noriyuki MURAI	
	PRESENTATIONSAT CONFERENCES AND/OR SOCIETY MEETINGS -----	52
	COMMENDATION -----	55

富士川水系の河川に係る アクリルアミド調査結果についての考察

環境科学部 環境科学班 長倉美由紀, 竹下由布子, 羽田好孝,
瀧井美樹*, 渡邊充洋

Discussion on the Acrylamide Survey Results for the Fuji River System

Miyuki NAGAKURA, Yuko TAKESHITA, Yoshitaka HANEDA,
Miki TAKII* and Mitsuhiro WATANABE

令和3年5月、山梨県において採石業者の不法投棄の影響により、富士川中下流域の堆積物にポリアクリルアミドが含まれている可能性があり、ポリアクリルアミドは紫外線などで人体に神経障害の発生や発がん性が懸念されるアクリルアミドに分解されるとの問題が新聞にて報じられた。そのため静岡県は山梨県と連携し、県民の生活環境及び健康に影響を及ぼすおそれの有無を確認するため、アクリルアミドについて水質中の含有状況を調査してきた。当研究所で実施した令和3年7月から令和7年1月までの富士川水系の水質アクリルアミド調査において、検出されたアクリルアミドの濃度についてリスク評価を行った。その結果、現状のアクリルアミド濃度が人や水生生物へ与える影響はごく小さいと考えられた。

Key words: アクリルアミド, 河川水

acrylamide, aqueous environmental sample

はじめに

令和3年5月の新聞報道において¹⁾、富士川に流入する山梨県の雨畑川で採石業者が約10年にわたり排水処理汚泥を不法投棄し、凝集剤としてポリアクリルアミドを使用していたこと^{2,3)}、富士川中下流域の堆積物にポリアクリルアミドが含まれている可能性があること、またポリアクリルアミドは紫外線などで人体に神経障害の発生や発がん性が懸念されるアクリルアミドに分解されるとの問題が報じられた。

調査対象物質であるアクリルアミドはポリアクリルアミドの単量体であり、水環境を経由した人の健康や生態系への有害な影響について知見の集積が必要な物質として「要調査項目」に選定されている。アクリルアミドの環境リスク評価^{4,5)}によると、本物質は皮膚から容易に吸収され、中毒症状は主に慢性障害で、神経症状と肝障害を起こすとある。また発がんリスクについては、ヒトでの発がん性が示唆されているものの、十分な証拠

がないため、国際がん研究機関(IARC)の評価では2A(ヒトに対して恐らく発がん性がある)に分類されている。一方、ポリアクリルアミドは、アクリルアミドを重合原料とする高分子化合物で、凝集剤のほか紙力増強剤などで使用され⁶⁾、医薬部外品等の原料として配合することが認められている成分⁷⁾など、毒性が低いとされている⁸⁾。また、活性汚泥等の急速な生分解は受け難いものの、生物や光等によりゆっくり分解すると考えられている⁹⁾。

新聞報道を受け、静岡県は山梨県と連携し、県民の生活環境及び健康に影響を及ぼすおそれの有無を確認するため、アクリルアミドについて水質中の含有状況を調査してきた。調査の結果、検出されたアクリルアミドの濃度について、水生生物への影響や人の健康の関する影響等の観点からリスク評価を行ったので、その結果について報告する。

方法

富士川水系の水質アクリルアミド調査は令和3年7月から令和7年1月にかけて計19回実施した。調査地点は稲子川、芝川、稲瀬川、富士川(内房橋付近)、富士川(富原橋)、富士川(楽座付近)、富士川(富士川橋)の7地点であった(図1)。河川水中のアクリルアミドの分析は、

静岡県環境衛生科学研究所
(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉 232-1)
Shizuoka Institute of Environment and Hygiene
(232-1, Yainaba, Fujieda, 426-0083, Japan)
*: 静岡県中部健康福祉センター

「化学物質分析法開発調査報告書(平成 19 年度)」¹⁰⁾に掲載の方法を採用し、既報¹¹⁾のとおり実施した。



図 1 調査地点（静岡県地理情報システム上で表示）

結果

1 令和 6 年度までの富士川水系の水質アクリルアミド調査結果

静岡県による令和3年7月から令和7年1月までの富士川水系の水質アクリルアミド調査結果は、表1のようになった。令和6年度は富士川（富原橋）、富士川（富士川橋）及び稲瀬川（内房境川合流後）で検出され、富士川（内房橋付近）では検出されなかった。富士川（内房橋付近）は調査開始から継続して検出されていない。

令和 4 年 12 月に富士川（富原橋）で最大値 610 ng/L が検出されて以降は、これを超える濃度は確認されていない。

2 水生生物に対する考察

1) 水生生物に対する暴露濃度（予測環境中濃度：PEC）

水生生物に対する暴露の推定において、富士川水系水質の影響を評価するため表 1 の富士川水系水質調査の最大値 610 ng/L を予測環境中濃度 (PEC) として採用した。

2) 水生生物に対するアクリルアミドの影響のリスク評価

水生生物に対するリスク評価は、化学物質の環境リスク初期評価書¹²⁾に即して、富士川水系水質調査の結果を用いて実施した。アクリルアミドの水生生物に対する影響濃度に関して、信頼性が確認されたものを表 2 に整理する。急性毒性値については、甲殻類では *Daphnia magna* の 48 時間半致死濃度 (LC₅₀) が 160,000 µg/L、魚類では *Pimephales promelas* に対する遊泳行動等の 96 時間半数影響濃度 (EC₅₀) が 41,000 µg/L、その他の生物ではユスリカ類の *Paratanytarsus parthenogenetica* の 48 時間半数致死濃度 (LC₅₀) 410,000 µg/L であった。急性毒性値について、3 生物群（甲殻類、魚類及びその他）の信頼できる知見が得られたため、アセスメント係数と

して 1,000 を用いることとし、表 2 のうちその他の生物を除いて最も低い値（魚類の 41,000 µg/L）に適用し、急性毒性値による予測無影響濃度 (PNEC) として 41 µg/L (41,000 ng/L) が得られた。

アクリルアミドの PNEC 41,000 ng/L、富士川水系水質調査の最大値から採用した PEC 610 ng/L を用いて、PEC/PNEC 比を求めると 610/41,000≒0.015 となる。このため、富士川水系における本物質の水生生物に対するリスクは小さく、現時点では作業の必要はないと考えられる(図 2)。

表 1 静岡県による令和 3 年 7 月から令和 7 年 1 月までの富士川水系の水質アクリルアミド調査結果
(単位：ng/L)

測定日	稲子川	芝川	稲瀬川	富士川			
				内房橋 付近	富原橋	楽座 付近	富士川 橋
R3.7.28	<7.0	<7.0	<7.0	—	<7.0	—	<7.0
R3.10.27	<7.0	<7.0	<7.0	<7.0	<7.0	—	<7.0
R4.1.27	<7.0	<7.0	8.1	<7.0	41	38	35
R4.5.11	<7.0	<7.0	<7.0	<7.0	350	65	65
R4.5.24	—	—	<7.0	—	61	15	16
R4.8.3	—	—	<7.0	<7.0	81	23	22
R4.10.19	—	—	<7.0	<7.0	150	13	11
R4.12.8	—	—	8.9	<7.0	610	120	52
R5.2.8	—	—	7.7	<7.0	380	120	140
R5.4.19	—	—	<7.0	<7.0	84	37	38
R5.6.21	—	—	<7.0	<7.0	15	11	11
R5.8.2	—	—	400	<7.0	200	77	51
R5.10.4	—	—	<7.0	<7.0	47	14	15
R5.12.7	—	—	<7.0	<7.0	230	100	120
R6.2.7	—	—	7.5	<7.0	370	93	100
R6.4.15	—	—	<7.0	<7.0	17	—	9.5
R6.7.11	—	—	<7.0	<7.0	27	—	19
R6.10.2	—	—	<7.0	<7.0	53	—	14
R7.1.8	—	—	49	<7.0	290	—	82

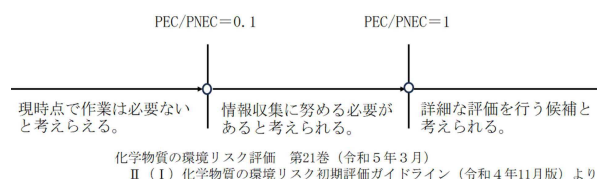


図 2 化学物質のリスク評価

表2 生態毒性の概要¹²⁾

EC₅₀：半数影響濃度 LC₅₀：半数致死濃度 NOEC：無影響濃度 IMM：遊泳阻害 MOR：死亡

生物種	急性	慢性	毒性値 ($\mu\text{g/L}$)	生物名	エンドポイント/ 影響内容	暴露期間 (日)
藻類	－	－	－	－	－	－
甲殻類	○		160,000	<i>Daphnia magna</i>	LC ₅₀ MOR	2
魚類	○		41,000	<i>Pimephales promelas</i>	EC ₅₀ IMM	4
	○		85,000	<i>Lepomis macrochirus</i>	EC ₅₀ IMM	4
	○		88,000	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	EC ₅₀ IMM	4
	○		100,000	<i>Lepomis macrochirus</i>	LC ₅₀ MOR	4
	○		110,000	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	LC ₅₀ MOR	4
	○		120,000	<i>Pimephales promelas</i>	LC ₅₀ MOR	4
その他			60,000	<i>Paratanytarsus parthenogenetica</i>	NOEC MOR	2
	○		410,000	<i>Paratanytarsus parthenogenetica</i>	LC ₅₀ MOR	2

3 人の健康に対する考察

1) 発がん性について

アクリルアミドは実験動物では発がん性が認められ、ヒトでの発がん性が示唆されているものの、ヒトでの発がん性に関しては十分な証拠がないため、国際がん研究機関 (IARC) の評価では2A (ヒトに対して恐らく発がん性がある) に分類されている⁶⁾。これに基づき、世界保健機関 (WHO) ではアクリルアミドの飲料水水質ガイドライン値を500 ng/Lと定めている¹³⁾。また、水道水の要検討項目の目標値として500 ng/Lが定められている。富原橋において1回のみこれら指標値を超過したが (令和4年12月)、その後令和7年1月まで継続して、これら指標値を超える検出はない。

2) ヒトに対する暴露量の推定 (一日暴露量の予測最大量)

アクリルアミドの環境経由のヒトへの暴露経路は呼吸による吸入暴露と飲料水及び食物からの経口暴露が主として考えられる。アクリルアミドは水溶解度が高く、オクタノール-水分配係数が小さいことから、環境中から食物への移行は小さいと判断された¹⁴⁾。そのため、一般環境大気からの吸入暴露量と飲料水からの経口暴露量について算出した。

① 大気中濃度の推定

「化学物質の初期リスク評価書 ver.1.0 No.35 アクリルアミド」⁶⁾に、平成15年度PRTR排出量データと広域大気拡散モデルAIST-ADMER Ver.1.5からアクリルアミドの大気中濃度を推定したところ、全国の年平均の最大値は0.0051 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であったとの報告がある。一方、環境省による平成23年度化学物質環境実態調査では、平成23

年度に静岡県を除く9自治体を対象としてアクリルアミド調査が実施されており、いずれも未検出であった (検出下限3.3-6.9 ng/ m^3 、表3)。以上のことから、モデル推定値である0.0051 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と表3の値を比較し、より大きい値である0.0051 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を大気中濃度に採用した。

② 飲料水中の濃度の推定

飲料水からの摂取量推定に用いる飲料水中濃度は表4に示す富士市上水道での測定値を活用することとし、定量下限の1/2である25 ng/Lを採用した。

表3 平成23年度化学物質環境実態調査 (アクリルアミド、大気)¹⁵⁾

調査年度	検出地点数/調査地点数	検出範囲 (ng/ m^3)	検出下限 (ng/ m^3)
H23	0/9	nd	3.3-6.9

表4 富士市による令和6年度富士川周辺上水道のアクリルアミド含有量分析¹⁶⁾

調査年度	採水場所	種別	検出範囲 (ng/L)	定量下限 (ng/L)
R6	東町水源地	地下水	nd	50
	日の出町水源地	地下水	nd	50
	木島2号水源地	地下水	nd	50
	中野水源地	地下水	nd	50
	岩松配水池	地下水	nd	50

③ ヒトのアクリルアミド摂取量の推定

ヒトに対する一日暴露量の最大量の算出において、成人の大気吸入量を 20 m³/人/日、飲水量を 2 L/人/日、体重を 50 kg と仮定した。

$$\begin{aligned}\text{大気からの摂取量} &: 5.1 \text{ (ng/m}^3\text{)} \times 20 \text{ (m}^3\text{/人/日)} \\ &= 102 \text{ (ng/人/日)} \cdots \text{(式 1)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{飲料水からの摂取量} &: 25 \text{ (ng/L)} \times 2 \text{ (L/人/日)} \\ &= 50 \text{ (ng/人/日)} \cdots \text{(式 2)}\end{aligned}$$

体重 1kg あたりの摂取量を求めると次のようになる。

$$\begin{aligned}\text{(式 1) より,} \\ \text{吸入摂取量} &: 102 \text{ (ng/人/日)} / 50 \text{ (kg/人)} \\ &= 2.04 \text{ (ng/kg/日)} \cdots \text{(式 3)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{(式 2) より,} \\ \text{経口摂取量} &: 50 \text{ (ng/人/日)} / 50 \text{ (kg/人)} \\ &= 1 \text{ (ng/kg/日)} \cdots \text{(式 4)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{(式 3), (式 4) より,} \\ \text{合計摂取量} &: 2.04 \text{ (ng/kg/日)} + 1 \text{ (ng/kg/日)} \\ &= 3.04 \text{ (ng/kg/日)} \cdots \text{(式 5)}\end{aligned}$$

なお、飲料水をすべて河川水でまかなうと仮定した場合、飲料水からの摂取量の推定に 2, 1) の 610 ng/L を採用すると、飲料水からの摂取量は以下ようになる。

$$\begin{aligned}\text{飲料水からの摂取量} &: 610 \text{ (ng/L)} \times 2 \text{ (L/人/日)} \\ &= 1,220 \text{ (ng/人/日)} \cdots \text{(式 6)}\end{aligned}$$

体重 1kg あたりの摂取量を求めると次のようになる。

$$\begin{aligned}\text{(式 6) より,} \\ \text{経口摂取量} &: 1,220 \text{ (ng/人/日)} / 50 \text{ (kg/人)} = 24.4 \\ &\text{(ng/kg/日)} \cdots \text{(式 7)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{(式 3), (式 7) より,} \\ \text{合計摂取量} &: 2.04 \text{ (ng/kg/日)} + 24.4 \text{ (ng/kg/日)} \\ &= 26.44 \text{ (ng/kg/日)} \cdots \text{(式 8)}\end{aligned}$$

3) 人の健康に対するアクリルアミドの影響のリスク評価

人の健康に対する影響は、無毒性量 (NOAEL) と人への予測最大一日曝露量を比較して暴露マージン (MOE) を求め、MOE と不確実係数積の比較により評価した。不確実係数積は、MOE 算出に用いた NOAEL が動物試験で

求めた値であり、人に対する無毒性量が含まれていないため、不確実性を考慮するため求めている。

NOAEL は、最も小さい値となるラットを用いた 90 日間経口投与試験の末梢神経への微小変化を指標とした NOAEL 0.2 (mg/kg/日)¹²⁾を採用した。

アクリルアミドのヒトに対する MOE を、ラットの 90 日間経口投与試験の NOAEL 0.2 (mg/kg/日) を用いて、以下のように算出した。

MOE

=NOAEL

$$\begin{aligned}&/ \text{ヒト体重 1 kg あたりの一日の推定経口摂取量} \\ &= 0.2 \text{ (mg/kg/日)} / 3.04 \text{ (ng/kg/日)} \\ &= 200,000 \text{ (ng/kg/日)} / 3.04 \text{ (ng/kg/日)} \\ &\approx 65,789\end{aligned}$$

不確実係数：

動物とヒトの感受性の種差についての不確実係数 (10)

感受性の個人差についての不確実係数 (10)

試験期間からの不確実係数 (5)

不確実係数積：500

MOE 65,789 は不確実係数積 500 より大きいことから、人の健康に対するリスクについては懸念なし、と考えられる。

仮に富士川の河川水 (最高濃度 610 ng/L) を飲料水として常時摂取した場合についての MOE を (式 8) の値を用いて算出すると次のとおりになる。

MOE

=NOAEL

$$\begin{aligned}&/ \text{ヒト体重 1kg あたりの一日の推定経口摂取量} \\ &= 0.2 \text{ (mg/kg/日)} / 26.44 \text{ (ng/kg/日)} \\ &= 200,000 \text{ (ng/kg/日)} / 26.44 \text{ (ng/kg/日)} \\ &\approx 7,564\end{aligned}$$

MOE 7,564 は不確実係数積 500 より大きいことから、人の健康に対するリスクについては懸念なし、と考えられる。

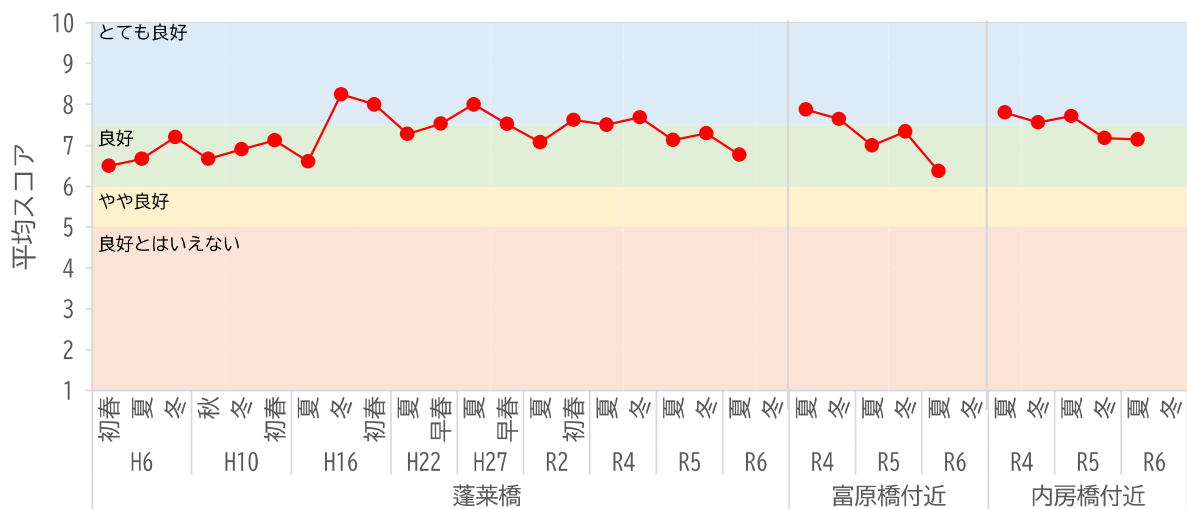


図3 平均スコアによる水質の評価（経年，河口は除く）

※令和2年以前の結果は，既往調査（河川水辺の国勢調査）の結果を引用¹⁸⁾

4 平均スコア法による水質の評価

本県の生活環境課で実施した富士川流域における底生動物調査のうち，水環境の状況を表す総合的な水質指標として活用事例が多い「平均スコア法」による評価結果を図3に示す¹⁷⁾。蓬萊橋と富士川調査地点との位置関係は図4に示すとおりである。なお，本調査では富士川河口部も調査対象としているが，日本版平均スコア法は，汽水域を含まない平瀬または早瀬の主な生物を対象としており，河口部はスコアを与えられた科の確認科数が少ないため，解析から除外した。

令和6年夏季の平均スコアは，蓬萊橋は6.8，富原橋付近は6.4，内房橋付近は7.1で，3地点とも良好な水質と判定された。

蓬萊橋では，平成6年度以降の平均スコアは6.5～8.3で，良好からとても良好な水質と判定され，良好な水質が保たれていると判断された。また，令和4年度以降の富原橋付近の平均スコアは6.4～7.9，内房橋付近の平均スコアは7.1～7.8で，蓬萊橋の平均スコアと同程度であった。

まとめ

令和6年度までの富士川水系の水質アクリルアミド調査結果より，水生生物及びヒトの健康に与える影響を考察したが，現状のアクリルアミド濃度が人や水生生物に与える影響はごく小さいと考えられる。また，平均スコア法から，実際の水質も良好であると評価された。

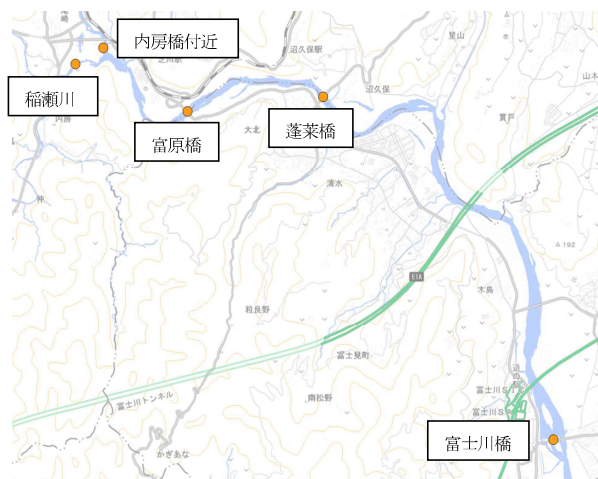


図4 蓬萊橋と富士川調査地点との位置関係

文献

- 1) 静岡新聞：富士川汚泥発生源は山梨，令和3年5月18日
- 2) 静岡新聞：凝集剤22トン川に投棄，令和3年7月27日
- 3) 静岡新聞：魚毒性凝集剤が流出，令和3年8月25日
- 4) 環境省環境保健部環境リスク評価室：化学物質の環境リスク評価，1，35-46(2002)
- 5) 環境省環境保健部環境リスク評価室：化学物質の環境リスク評価，2，1-11(2003)
- 6) 財団法人化学物質評価研究機構，独立行政法人製品評価技術基盤機構：化学物質の初期リスク評価書ver.1.0，

No.35 アクリルアミド (2007)

- 7)厚生労働省医薬・生活衛生局医薬品審査管理課：医薬部外品原料規格 2021
- 8)農林水産省：アクリルアミドの一般情報,
https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/acryl_amide/a_s_yosai/about/info.html
- 9)高分子凝集剤環境協会：高分子凝集剤の安全性について(アニオン・ノニオン編)＜改訂版＞ver.A_OEC16V01
- 10)環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課：化学物質と環境 平成 19 年度 化学物質分析法開発調査報告書, 972-993
- 11)瀧井美樹他：LC/MS/MS による環境試料中のアクリルアミド定量分析, 静岡県環境衛生科学研究所報告, **64**, 1-6(2021)
- 12)環境省：アクリルアミド,
<https://www.env.go.jp/chemi/report/h14-05/chap01/03/01.pdf>
- 13)WHO 飲料水水質ガイドライン (第 4 版),
https://www.niph.go.jp/soshiki/suido/pdf/h24whogdwq/WHOgdwq4thJPweb_all_20130220.pdf
- 14)環境省：アクリルアミド,
<https://www.env.go.jp/chemi/report/h15-01/pdf/chap01/03-2/01.pdf>
- 15)環境省：平成 23 年度版 化学物質環境実態調査 調査結果報告書,
<https://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2012/index.html>
- 16)富士市：水道水に含まれるアクリルアミドの分析結果について,
<https://www.city.fuji.shizuoka.jp/kurashi/c0401/rn2ola000002y9db.html>
- 17)株式会社環境アセスメントセンター：令和6年度 富士川底生動物現地調査業務報告書中間報 (2024)
- 18)国土交通省：河川環境データベース(河川水辺の国勢調査),
<https://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/mizukokuweb/gaiyou.htm>

バンコマイシン耐性腸球菌（VRE）の感染経路に関する研究

微生物部 細菌班 高橋奈緒美，杉山英視，鍋田信吾，
青山奈都子，小柳純子*，西尾智裕，
寺井克哉

Research into the infection route of Vancomycin-Resistant Enterococcc(VRE)

Naomi TAKAHASHI, Eiji SUGIYAMA, Shingo NABETA,
Natsuko AOYAMA, Junko KOYANAGI*, Tomohiro NISHIO
and Katsuya TERAJ

静岡県内の病院環境中における VRE の汚染状況を調査した。その結果，県内で流行している VRE と同様，vanA 遺伝子保有の *Enterococcus faecium* が分離された。また，この環境由来株と同じ医療機関で分離されたヒト由来株についてパルスフィールドゲル電気泳動を行ったところ相同性が確認された。

Key words: バンコマイシン耐性腸球菌(VRE), vanA 遺伝子 *Enterococcus faecium*, 環境由来菌
vancomycin-resistant enterococci(VRE), vanA gene, *Enterococcus faecium*, enviromental bacteria

はじめに

バンコマイシン耐性腸球菌（Vancomycin Resistant Enrerococci；VRE）は健康なヒトには問題のない細菌であるが，高齢者や基礎疾患を持つ患者にとっては，様々な感染症の重症化リスクとなる。静岡県では2019年以降，VREの届け出数が増加している。届出対象はVREによる感染症を発症した患者であるため，その背後には多くの保菌者が存在していると考えられる。特に医療機関では気づかないうちに感染が伝播している可能性もあり注意が必要である^{1,2)}。

本研究では病院環境中の VRE 汚染状況を把握し，感染経路を解明することにより医療機関における感染防止対策の支援，公衆衛生対策の一助とする。

材料および方法

1 対象医療機関と調査期間

調査対象は，感染症発生動向調査等による当所への定期的な VRE 株搬入がある，もしくは VRE 患者や保菌者（以下，患者等）の入院歴や集団感染事例があった医療

機関のうち，本調査に御協力いただいた 10 医療機関とし，調査期間は2023年11月から2024年4月とした。

2 供試材料

各医療機関 20～27 箇所を拭取り調査した。拭取り箇所は医療機関ごとに異なるが，主な箇所は表1のとおりとした。

表1 主な調査箇所

調査エリア		主な拭取り箇所
病室入口	ドアノブ，PPE ワゴン，アルコールポンプ等	
患者等周辺	ベッド柵，床頭台，カーテン，専用医療器具等	
共用トイレ	ドアノブ，カーテン等	
おむつカート	台上部，側面，取っ手等	
汚物室	ドアノブ，廃液槽蛇口ハンドル，洗浄乾燥機等	
浴室	ドア取っ手，手すり，風呂イス等	
透析室	ベッド柵，テレビ，専用医療器具等	
リハビリ室	歩行器手すり，専用医療器具等	
その他＊	休憩室: ドアノブ	
	処置室: ワゴン，器材等	
	ナースステーション: 手洗い蛇口ハンドル，PC マウスキーボード等	

＊医療従事者が共有で使用する箇所

静岡県環境衛生科学研究所
(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉 232-1)
Shizuoka Institute of Environment and Hygiene
(232-1, Yainaba, Fujieda, 426-0083, Japan)
＊：静岡県中部健康福祉センター

3 対象菌種

バンコマイシン(VCM)耐性遺伝子である vanA もしくは vanB 遺伝子を保有する *Enterococcus faecalis* または *E. faecium* を対象とした。

4 検査法

拭取りには環境拭取り用綿棒を用いた。この綿棒を分離培地へ塗抹する直接培養法と、綿棒自体を 3 µg/ml VCM 添加した BHI 液体培地 (BD) に浸漬して培養後、クロモアガー-VRE スクリーン培地 (関東化学) へ塗抹する増菌培養法を併用して実施した。

菌の発育が見られた寒天培地についてコロニースweepからの PCR 法により VCM 耐性遺伝子スクリーニングを行うとともに、寒天培地に発育した疑わしいコロニーを鉤菌し VCM ディスク (栄研化学) にて阻止円の有無を確認、グラム染色 (SHIMADZU) を行い、PCR 法にて菌種同定と VCM 耐性遺伝子の検出を行った。PCR 法は病原体検出マニュアル薬剤耐性菌³⁾ バンコマイシン耐性腸球菌に従い実施した。

5 分子疫学的解析

環境分離株と同じ医療機関のヒトから分離された株について、制限酵素 *Sma* I (TaKaRa) を用いたパルスフィールドゲル電気泳動 (PFGE)⁴⁾ を行った。すなわち、菌を TE buffer に懸濁して等量の 1% Seakem Gold Agarose (LONZA) と混和し、アガロースブロックを作成した。その後、リゾチーム (富士フイルム和光) にて 37℃一晩溶菌処理し、さらに Proteinase K (ROCHE) にて 50℃一晩除タンパク処理後、Tris-EDTA buffer で洗浄、置換してサンプルプラグを作成した。このプラグを適当な大きさに切断し、*Sma* I buffer で平衡化、*Sma* I にて 37℃一晩制限酵素処理を行った後、1% Seakem Gold Agarose (LONZA) に包埋、0.5% TBE buffer 中で水温 14℃、6V/cm、パルスタイム 3.0~17.0 秒、泳動時間

20 時間の条件で泳動を行った。電気泳動後、エチジウムブロマイド (NIPPON GENE) にて染色し、紫外線照射下で観察した。

得られた DNA 切断パターンの解析には、ソフトウェア GelJ ver2.0 を使用し、類似度は Dice 係数 (Tolerance 1.0%) により算出し、系統樹作成は平均距離法 (UPGMA) にて行った。

結果および考察

1 分離箇所

環境中の病原体調査を行うにあたり結果解釈に気をつけなければいけないことは「分離せず」は「病原体なし」ではない、ということである⁵⁾。環境調査は限定的であり、環境からの病原体分離にはサンプリング法、培養方法、病原体が生存できる環境か、アウトブレイク中か、等様々な要因が関与している⁵⁾ため、病原体存在の証明にはなるが、いないことの証明にはならないことに注意しなければならない。

このことを前提とし、今回行った 10 医療機関での拭取り箇所と VRE 分離箇所を表 2 に示す。10 医療機関 227 箇所を拭取り調査した結果、6 医療機関 24 箇所から vanA 遺伝子保有の *E. faecium* を分離した。特に患者等の周辺からは 77 箇所中 18 箇所と高率で分離された。患者等周辺で分離された箇所としては、床頭台が 5 箇所、ベッド柵が 4 箇所、ベッドサイドテーブルが 2 箇所、ベッド周りのカーテンが 2 箇所、ロッカー、車いす、ポータブルトイレ、洗面所、血圧計や体温計等患者専用の医療機器が各 1 箇所であった。

分離された患者等周辺では、動作自立や全介助といった日常活動の動作自立度に関わらず分離されたことから、患者等自身だけでなく医療従事者が周辺を汚染していることが考えられた。

表 2 拭取り調査箇所と VRE 分離箇所

(陽性数/拭取り数)

医療機関	調査エリア									計
	病室入口	患者等周辺	共用トイレ	おむつカート	汚物室	浴室	透析室	リハビリ室	その他	
A	0/4	0/9		0/2	0/5					0/20
B	0/4	0/6		0/3	0/5	0/4			0/1	0/23
C	0/2	0/10		0/2	0/4				0/2	0/20
D		3/5	0/1	0/1	0/8	0/1	0/3	0/2	0/6	3/27
E	0/2	1/5		0/2	2/3				0/8	3/20
F	0/1	5/14			2/5					7/20
G	0/2	7/15			0/2				0/7	7/26
H		0/7	0/5		1/6	0/2			0/7	1/27
I	0/2	2/6			1/5	0/4			0/4	3/21
J	0/3		0/1	0/1	0/11				0/7	0/23
計	0/20	18/77	0/7	0/11	6/54	0/11	0/3	0/2	0/42	24/227

2 分子疫学的解析

環境由来株と同じ医療機関にて分離されたヒト由来株について PFGE を行ったところ、環境から分離された 6 医療機関全てにおいて 80%以上の相同性が確認された。各医療機関の供試菌株を表 3～8, PFGE 結果を図 1～6 に示す。医療機関によっては、100%の一致を示すものもあった。

医療従事者は感染対策のため標準予防策を行っていると思われるが、田代ら⁶⁾の医療従事者に対する調査によれば、患者接触後に比べ環境接触後の手指消毒の意識は極端に低いことが明らかとなっている。また、WHO では、患者接触前、清潔操作前、体液接触時、患者接触後、環境接触後の 5 場面での手指衛生のタイミングを推奨している⁷⁾。今回の調査からも環境を介した感染伝播が起きていることが明確となったことから、特に医療現場では環境に触れた際にも手指の消毒を確実にを行い、病室内から外へ病原体を持ち出さないことの徹底が重要である。

今回の結果については、保健所や医療機関が参加する会議等においても報告を行っており、今後も VRE 感染症抑止となるよう菌株解析や情報提供を継続的にやっていくことが重要と考える。

まとめ

県内 10 医療機関の協力により、環境中 VRE の汚染状況を調査したところ、患者等周辺から高率で vanA 遺伝子保有の *E. faecium* を分離した。また、環境分離株とヒト分離株の PFGE 解析を行ったところ、いずれの医療機関においても 80%以上の相同性が認められ、VRE が環境を介して伝播していることが明確となった。

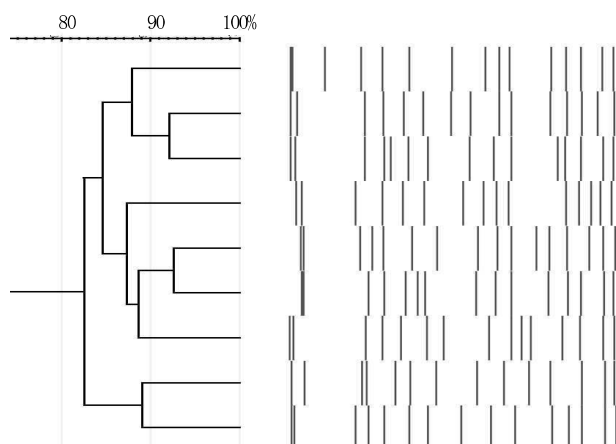


図1 D 医療機関

謝辞

本調査にあたり御協力いただきました医療機関の皆様、保健所等関係機関の皆様に感謝申し上げます。

文献

- 1) 倉井華子：静岡県におけるバンコマイシン耐性腸球菌（VRE）拡大について、静岡県薬剤耐性菌制御チーム（2020）
- 2) 国立感染症研究所：令和 5 年度薬剤耐性菌の検査に関する研修資料
- 3) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル薬剤耐性菌、令和 2 年 6 月改訂版
- 4) 国立感染症研究所：パルスフィールドゲル電気泳動 SOP（令和元年度薬剤耐性菌の検査に関する研修タイプングコース I 配布資料）（2020）
- 5) 田代将人他：感染対策と微生物検査 4 環境調査の感染対策への活用、モダンメディア、63 巻 5 号（2017）
- 6) 田代将人他：新入職者における手指衛生の意識・知識調査、日本感染症学会、31（2016）
- 7) WHO 手指衛生ガイドラインスライド日本語版 (<https://www.goodhandhygiene.jp/basic/whohhguideline/>)

表 3 D 医療機関供試菌株

名称	由来
ヒト I	C23091
ヒト I-2	C23045
ヒト I-3	C23021
ヒト I-4	C23025
ヒト I-5	C23035
ヒト I-6	C23052
環境 2	カーテン
環境 3	床頭台
環境 5	衣類用木製 BOX

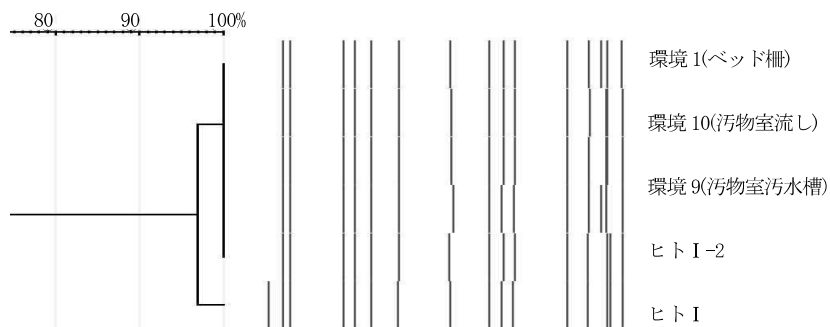


図 2 E 医療機関

表 4 E 医療機関供試菌株

名称	由来
ヒト I	C23033
ヒト I-2	C23138
環境 1	ベッド柵
環境 9	汚物室汚水槽
環境 10	汚物室流し

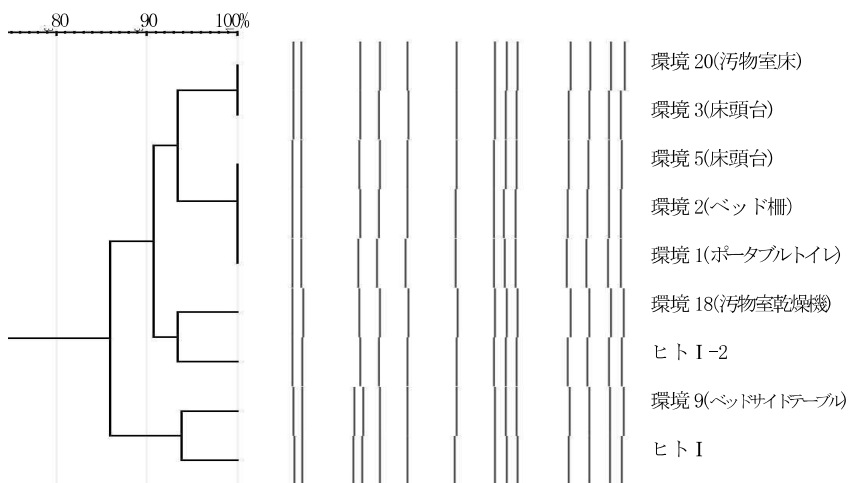


図 3 F 医療機関

表 5 F 医療機関供試菌株

名称	由来
ヒト I	C23097
ヒト I-2	C23098
環境 1	ポータブルトイレ
環境 2	ベッド柵
環境 3	床頭台
環境 5	床頭台
環境 9	ベッドサイドテーブル
環境 18	汚物室乾燥機
環境 20	汚物室床

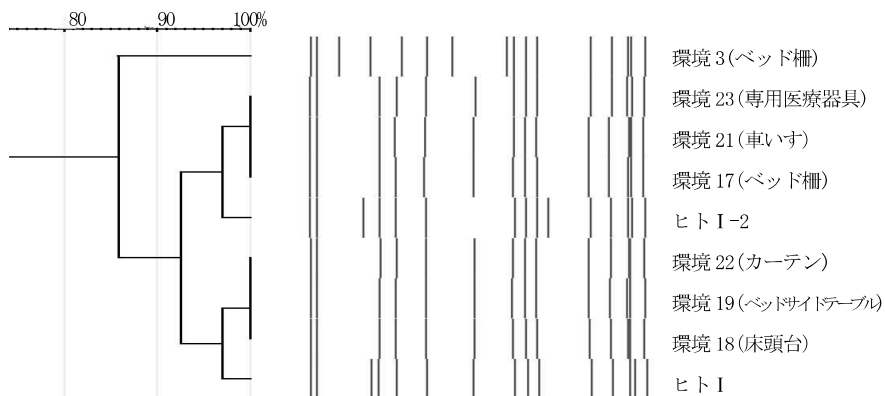


図 4 G 医療機関

表 6 G 医療機関供試菌株

名称	由来
ヒト I	C23095
ヒト I-2	C23132
環境 3	ベッド柵
環境 17	ベッド柵
環境 18	床頭台
環境 19	ベッドサイドテーブル
環境 21	車いす
環境 22	カーテン
環境 23	専用医療器具

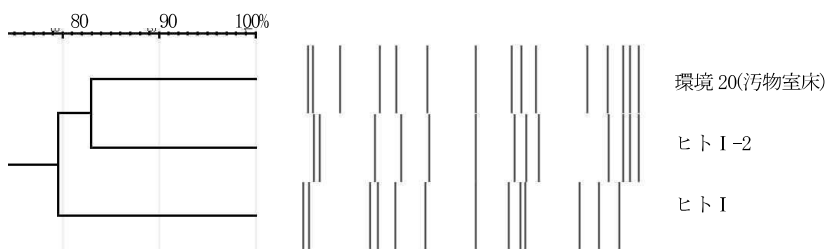


図 5 H 医療機関

表 7 H 医療機関供試菌株

名称	由来
ヒト I	C23135
ヒト I-2	C23143
環境 20	汚物室床

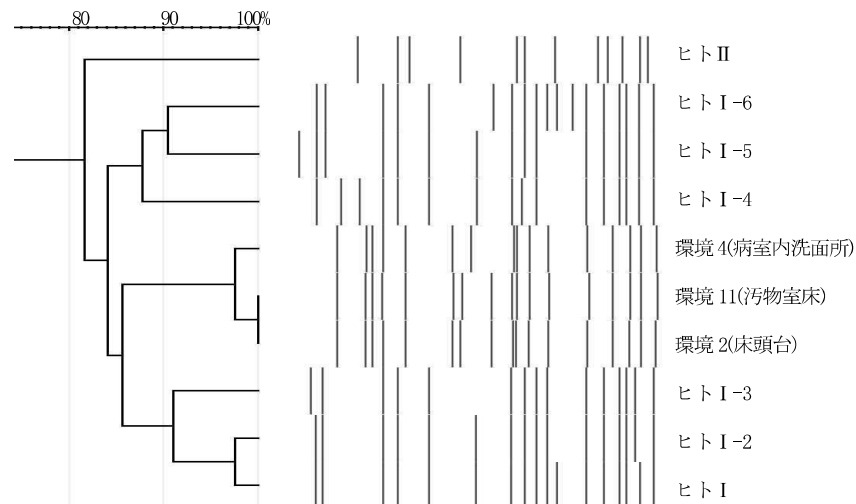


図 6 I 医療機関

表 8 I 医療機関供試菌株

名称	由来
ヒト I	C23122
ヒト I-2	C23074
ヒト I-3	C23073
ヒト I-4	C23101
ヒト I-5	C23120
ヒト I-6	C23124
ヒト II	C23123
環境 2	床頭台
環境 4	病室内洗面所
環境 11	汚物室床

食中毒検査における PFGE 法に替わる 分子疫学解析手法に関する研究

微生物部 細菌班 杉山英視, 小川紋*, 鍋田信吾,
青山奈都子, 高橋奈緒美, 西尾智裕,
寺井克哉

Study on the molecular epidemiology analysis method alternatives to
pulsed-field gel electrophoresis for food poisoning testing.

Eiji SUGIYAMA, Aya OGAWA*, Shingo NABETA,
Natsuko AOYAMA, Naomi TAKAHASHI, Tomohiro NISHIO
and Katsuya TERAJ

異なる地域で食中毒が発生した際、現在は菌株間の比較にパルスフィールドゲル電気泳動法 (PFGE 法) を実施している。しかし、PFGE 法には様々な欠点があり、加えてメーカーが機器の製造販売を中止し、修理サポート期間も 2027 年で終了することが決定しているため、PFGE 法に替わる分子疫学解析手法の整備が急務である。そこで、代表的な食中毒起因菌のカンピロバクターを対象に、PFGE 法の代替法となり得る MLST 法と FT-IR 法の 2 つの検査法を比較・検証したところ、どちらの検査法においても、PFGE 法の代替法として期待できる結果を得ることができた。

Key word : PFGE 法, 分子疫学解析手法, カンピロバクター, MLST 法, FT-IR 法
pulsed-field gel electrophoresis, molecular epidemiology analysis method, *Campylobacter*,
multilocus sequence typing, fourier transform infrared spectrometer

はじめに

近年は食品の広域流通に伴い、食中毒も広域に渡って発生する傾向がある。そのような食中毒が発生した場合、分離された菌株間の関連性を調査し、原因を明らかにすることが重要である。

現在、菌株間の遺伝子型の比較にはパルスフィールドゲル電気泳動法 (PFGE) 法を実施しているが、この検査法は実験操作が煩雑であり、解析に長時間を要するなど、欠点も少なくない。

菌株の比較に有用な検査法として、2006 年頃から Multilocus Sequence Typing (MLST) 法が提唱されている¹⁾。MLST 法とは、細菌の生存に必須な遺伝子であるハウスキープ遺伝子のうち 7 箇所の遺伝子について、塩基配列のパターンを数値化することで菌株の比較や関連性の解析を行う検査法である²⁾。

また、近年では新しい検査法として、ブルカージャパン株式会社の IR Biotyper (以下、IRBT) による菌株識別が提案されている。IRBT はフーリエ変換赤外線分光 (FT-IR) 法の技術を利用し、全ゲノム解析と同等の識別結果を得られることが報告されている³⁾。

そこで本研究では、PFGE 法に替わる細菌の株タイピング法の検討として、代表的な食中毒起因菌であるカンピロバクターを対象に、MLST 法と FT-IR 法で評価を行ったので報告する。

材料および方法

1 供試材料

1) PFGE 法および MLST 法

2021 年度に県内保健所管内で発生した有症苦情事例において分離された、*Campyrobacter jejuni* (以下 *C.j*) 7 株 (株 1~7) を供試した。

2) PFGE 法および FT-IR 法

2015 年度以降に県内で分離された、様々な由来を持つ *C.j* 15 株 (株 a~o) を供試した。そのうち株 b, c と株 f, g および株 n, o の 3 組は、それぞれ同じ由来を持つ。

静岡県環境衛生科学研究所

(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉232-1)

Shizuoka Institute of Environment and Hygiene

(232-1, Yainaba, Fujieda, 426-0083, Japan)

* : 元静岡県環境衛生科学研究所

2 方法

1) PFGE 法

供試菌株はミューラーヒントン培地で42℃、24時間微好気培養後、プラグを作製した。制限酵素として *Sma* I (TaKaRa) を用いて処理し、サイズマーカーは *Salmonella braenderup* H9812 の *Xba*I 切断断片を用いた。電気泳動は、CHEF DRIII (Bio-Rad) を用いて、泳動条件は電圧6V/cm、14℃、スイッチタイム6.7-38.4秒で、18時間とした。

2) MLST 法

DNA の抽出は供試菌株を CCDA 培地で42℃、48時間微好気培養して得られたコロニーからアルカリ熱抽出法により実施した。

K.E.Dingle らの方法⁴⁾ に準じ、供試菌株の7つのハウスキーピング遺伝子 (*aspA*, *glnA*, *gltA*, *glyA*, *pgm*, *tkt*, *uncA*) を対象としてPCR反応およびサイクルシーケンス反応を実施した。得られた塩基配列を PubMLST の登録情報と照合することで Sequence Type (ST) および Clonal complex (CC) の割り当てを行った。

3) FT-IR 法

本研究では IRBT (ブルカージャパン株式会社) を用いて行った。供試菌株は CCDA 培地で42℃、48時間微好気培養し、メーカーの手順書に沿って細菌懸濁液を作成した。プレートに各株4スポットずつ分注後、30℃で十分に乾燥させ、IRBT を用いてスペクトルを測定した。得られたスペクトルは IR Biotyper software および OPUS software により解析し、デンドログラムを作成した。

結 果

1 PFGE 法および MLST 法

PFGE 法では、供試した7株はA (株1, 2, 3, および6), B (株4および7) およびC (株5) の3パターンに分けられた (図1)。

MLST 法においても、株1, 2, 3, および6は ST-354 complex, 株4および7は ST-21 complex, 株5は ST-508 complex に型別された (表1)。

2 PFGE 法および FT-IR 法

PFGE 法では、供試した15検体のうち、同じ由来を持つ株b, c と株f, g および株n, o が、それぞれ同一の切断パターンを示した (図2)。

FT-IR 法においても、同じ由来を持つ株b, c と株f, g および株n, o について、PFGE 法と同じように近縁株と判定された (図3)。

考 察

食品流通が発展した近年、多数の自治体をまたぐ広域的

な食中毒事例への対策が強化され、事例間の関連を調べるために菌株の分子疫学的解析は重要な役割を果たしている。従来、細菌の遺伝子型別法としてPFGE法が広く利用されてきた。しかし、PFGE法装置の製造元が、装置の製造中止およびサポート終了を発表し、次の分子疫学的解析法の検討が急務であり、本研究では代替法としてMLST法およびFT-IR法を選定・比較した。

PFGE法、MLST法およびFT-IR法は、測定原理がそれぞれ異なる。すなわち、PFGE法は細菌のDNAを制限酵素で断片化し、その電気泳動パターンによって類似性を確認する方法である。MLST法は、複数のハウスキーピング遺伝子の配列を比較することでタイピングを行う方法である。一方、FT-IR法は赤外分光法の一つで⁵⁾、ブルカー社により開発されたIRBTはこの方法を利用して迅速に菌株識別を行う機器であり、微生物株から得られたスペクトルパターンにより評価するため、遺伝子学的手法とは異なる方法である。これら3種の分子疫学的解析法について保管菌株を用いて識別能等の比較を行い、代替法としての有用性について検討した。

カンピロバクターを用いて実施した比較では、MLST法およびFT-IR法ともにPFGE法の分類パターンと一致 (表1 および図1~3)、菌株の識別能力は同等であった。これにより、カンピロバクターによる集団感染事例の疫学解析において、いずれの方法も代替利用が可能であることが示唆された。

MLST法は、解析データを PubMLST へ送信し、データベースに登録されている情報に基づいて塩基配列の数値化を行い、STを割り当てる。ST番号が既存のデータと同一であれば、両者は起源が同じであろうと推定される。MLST法の特長としては、データが数値化されているため、食中毒が広域に渡って発生した際に、他の検査機関との比較や、分類されたSTの今までの検出状況などを把握することが可能となる。さらに、手技は煩雑ではなく検査日数もPFGE法より短い日数で解析ができる。

FT-IR法は、従来の遺伝子解析法であるPFGE法やMLST法と比較して、迅速かつ簡便に実施することが可能である。すなわち、アウトブレイクが疑われた際に求められる迅速なタイピングに貢献できる可能性があり、ランニングコストも安価である。提唱されてから日が浅い検査法であるため、PubMLSTのようなデータベースは存在しないが、これから多くの検査機関が様々な菌種で比較・検証を行いデータの集積をすることで、FT-IR法による解析手法が普及していくと思われる。

MLST法およびFT-IR法には、従来のPFGE法に比べて、上記のような様々な利点があった。

今回は保存菌株を使用した検討であったため、今後はリ

表1 MLST 法による ST と CC

株 No.	<i>aspA</i>	<i>glnA</i>	<i>gltA</i>	<i>glyA</i>	<i>pgm</i>	<i>tkt</i>	<i>uncA</i>	ST	CC
1	8	10	2	2	11	12	6	354	ST-354 complex
2	8	10	2	2	11	12	6	354	ST-354 complex
3	8	10	2	2	11	12	6	354	ST-354 complex
4	2	1	1	3	2	1	5	21	ST-21 complex
5	1	6	60	24	12	28	1	508	ST-508 complex
6	8	10	2	2	11	12	6	354	ST-354 complex
7	2	1	1	3	2	1	5	21	ST-21 complex

アルタイムで発生している食中毒事例等において、どのように活用できるかの検討も必要である。菌株の類似性を効果的に検出し, diffuse outbreak (散在的集団発生) の探知と感染拡大の防止が迅速に行えるように, 今後も様々な菌種や検査法について, PFGE 法との比較・検証が求められる。

まとめ

MLST 法と FT-IR 法の 2 つの検査法について, カンピロバクターを対象に, PFGE 法との比較・検証を行った。

その結果, どちらの検査法においても PFGE 法の代替法として期待できる結果が得られた。

PFGE 法サポート終了後の検査体制を整えるために, 今後も様々な菌種・検査法で PFGE 法との比較・検証を続けていく必要があると考えられる。

文 献

- 1) 木村凡: これからの細菌のゲノムタイピングとしての MLST 法, モダンメディア, **52**, 7 (2006)
- 2) 朝倉宏: ゲノムデータに基づく, カンピロバクターの蔓延要因と宿主・環境適応機構の探知, 日食微誌, **34**, 103-105 (2017)
- 3) 道家康平: 最新の微生物モニタリング技術-菌種同定・菌株識別をサポート, 月刊フードケミカル, **458**, 10-15 (2023)
- 4) K.E.Dingle et al. Multilocus Sequence Typing System for *Campylobacter jejuni*. J.Clin.Microbiol, **39**(1), 14-23 (2001)
- 5) 日本分析機器工業会: 「フーリエ変換赤外分光光度計の原理と応用」
<https://www.jaima.or.jp/jp/analytical/basic/spectroscopy/ftir/>

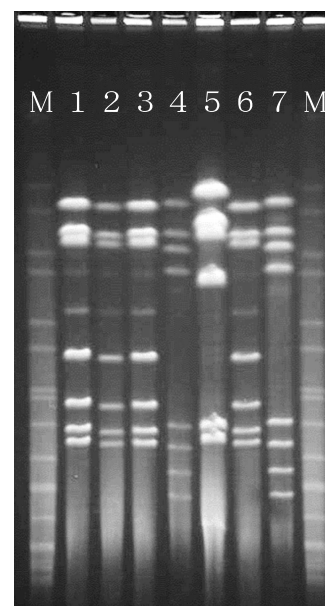


図1 PFGE 法による遺伝子型別
M : マーカー (*Salmonella braenderup*)
1~7 : 供試検体

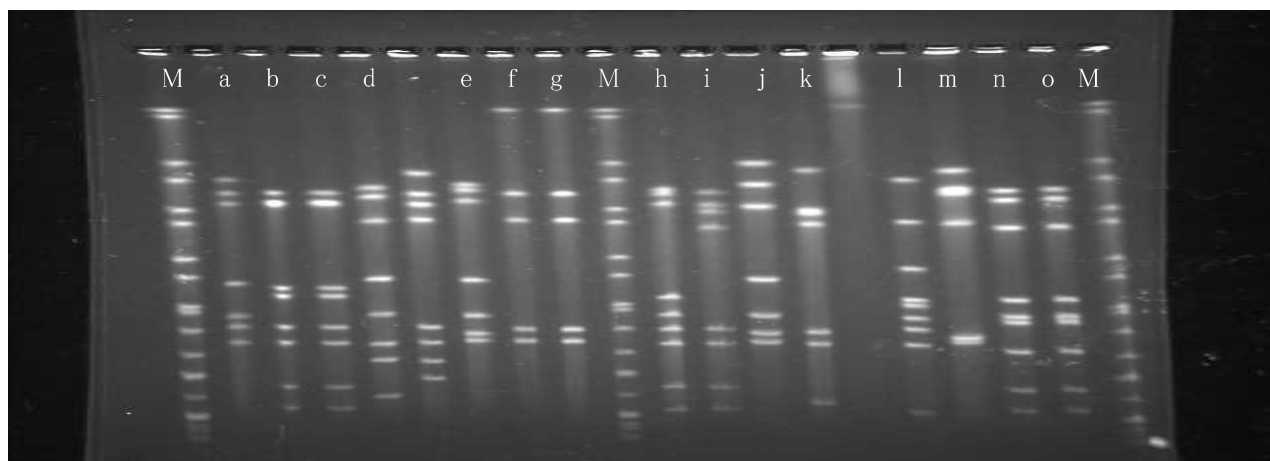


図2 PFGE 法による遺伝子型別
M：マーカー (*Salmonella braenderup*)
a～o：供試検体

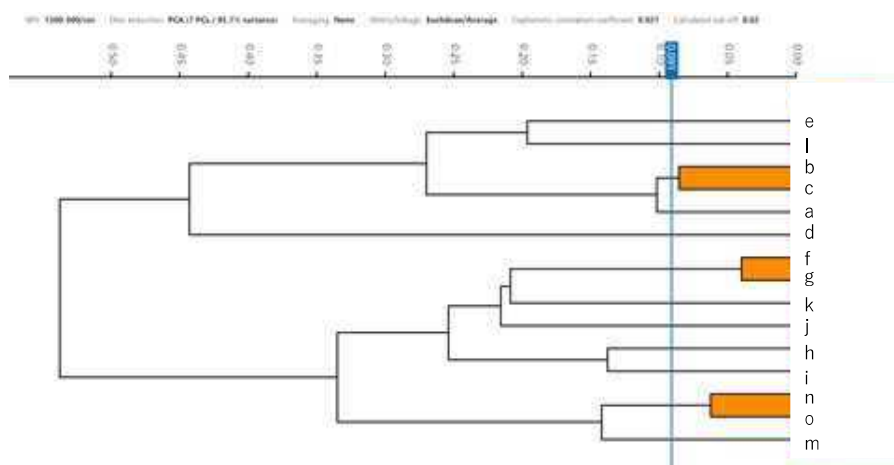


図3 FT-IR 法による遺伝子型別（塗りつぶされた株同士が近縁）
a～o：供試検体

魚類における粘液胞子虫 *Kudoa iwatai* の汚染実態調査

微生物部 細菌班 青山奈都子, 宮川真澄*, 小柳純子*,
杉山英視, 鍋田信吾, 高橋奈緒美,
西尾智裕, 寺井克哉

Survey of *Kudoa iwatai* (Mixosporea: Multivalvulida) in Marine Fishes

Natsuko AOYAMA, Masumi MIYAKAWA*, Junko KOYANAGI*,
Eiji SUGIYAMA, Shingo NABETA, Naomi TAKAHASHI,
Tomohiro NISHIO and Katsuya TERAJ

Kudoa septempunctata による食中毒は近年減少傾向にあるが, 他の粘液胞子虫も食中毒の原因である可能性が示唆されている. 静岡県では *K. iwatai* の検出事例が多いが, *K. iwatai* は食中毒の病因物質に指定されていないため, 全て有症苦情事例として処理されている. 魚の生食を原因とする健康被害の発生を未然に防止するために, 魚類における *K. iwatai* の汚染実態調査を行った. 14 種類 403 検体の魚類を対象に, 胞子ろ過液を作製して DNA 抽出後, リアルタイム PCR 法による定量解析を実施した. その結果, マダイ, クロダイ, スズキ, ヒラスズキ, キビレで *K. iwatai* 遺伝子が検出された. シストが確認されなかった検体でも *K. iwatai* 遺伝子陽性となった検体があった. 定量解析によりシストの有無と検出遺伝子量に関連がみられ, シストを目視した魚については, シストを除去したとしても生食は避けることが健康被害を防ぐために重要であると考えられた. また, *K. iwatai* の検出状況に季節性はみられなかった.

Key words: 粘液胞子虫, *Kudoa iwatai*, 魚, 汚染実態調査
Myxosporean, *Kudoa iwatai*, Fishes, Survey

はじめに

ヒラメに寄生する粘液胞子虫 *Kudoa septempunctata* が食中毒の病因物質として取り扱われるようになってから 10 数年が経過した. 近年は国内のヒラメ養殖場における対策が進み, *K. septempunctata* によるクドア食中毒の件数は年間 20 件程度までに減少している¹⁾. しかし, ヒラメ以外の魚の生食による有症苦情も多く報告されるようになった²⁾. 全国の地方衛生研究所では, 有症苦情事例の喫食残品の検査から, クドア属としては *K. iwatai*³⁻⁶⁾ や *K. hexapunctata*^{7), 8)}, クドア属以外に *Unicapsula seriolae*^{9), 10)} 等が検出され, 食中毒の原因である可能性が示唆されている. 静岡県においても, 同様の有症苦情事例の喫食残品や患者便から *K. iwatai* を検出する事例が多い^{4), 6)}. し

かし, *K. iwatai* は食中毒の病因物質と指定されていない種類であるため, 現状では全て有症苦情事例として処理されている. *K. iwatai* は, スズキやクロダイ, マダイ等に寄生し, 魚の筋肉内にシストを形成する粘液胞子虫である¹¹⁾ため, 寄生を肉眼で確認することが可能である. しかし, 浅沼らの *K. iwatai* に関するアンケート調査結果¹²⁾や有症苦情事例の聞き取り調査では, *K. iwatai* に関して見聞する機会が少なく, 取扱者の知識が不十分であることが表面化している. 魚の生食は日本の食文化であるため, 今後も魚の生食を原因とする *K. iwatai* による有症苦情事例の発生が推測され, 原因究明と啓発が必要である. これらのことから, 魚の生食に伴う *K. iwatai* のリスクを評価して健康被害を未然に防止するために, 魚類における *K. iwatai* の汚染実態調査を行ったので報告する.

静岡県環境衛生科学研究所

(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉 232-1)

Shizuoka Institute of Environment and Hygiene

(232-1, yainaba, fujieda, 426-0083, Japan)

*: 静岡県中部健康福祉センター

材料および方法

1 材料

静岡県内で捕獲・流通し, 生食する可能性のある海産魚を調査対象とした. 検体は静岡県水産・海洋技術研究

所により，選定および採材された．

2 孢子ろ過液の作製

シストの有無に関わらず，魚筋肉 10 g を無作為に採取し，宮川らのすり潰し法¹³⁾を参考に孢子ろ過液を作製した．すなわち，魚筋肉をストマッカー袋に入れた後 0.1%Tween80 加 PBS 90mL(TPBS)を添加して 60 秒間粉碎し，液状化・均質化された乳剤を調整した．乳剤を目開き 100 μ m のメッシュを用いて総量が 200mL になるよう TPBS で洗いながらろ過液を作製した．そのろ過液を 50mL 遠心管に 50mL ずつ計 4 本に分配し，3,500rpm10 分間遠心分離した．上清を捨て得られた 4 本分の沈渣を TPBS10mL で懸濁し，孢子ろ過液を作製した．孢子ろ過液は DNA 抽出まで -20℃ で凍結保存された．

3 DNA 抽出

Kudoa septempunctata の検査法に関する厚生労働省通知¹⁴⁾を準用し，孢子ろ過液 50 μ L から QIAamp DNA Mini Kit(QIAGEN)を用いて DNA を抽出した．

4 リアルタイム PCR 法

K. iwatai の 18S rDNA を標的とするプライマー及びプローブを使用した¹⁵⁾．PCR は反応液 25 μ L 当たり，Premix Ex Taq (Probe qPCR)(タカラバイオ)12.5 μ L，プライマー各 0.2 μ M，プローブ 0.2 μ M，ROX reference dye II 0.25 μ L，DNA テンプレート 2 μ L で行った．PCR は ABI7500 (Applied Biosystems)を用い，95℃30 秒 1 サイクルの後，95℃5 秒，60℃40 秒の反応を 50 サイクル行った．検量線

作成に必要な陽性コントロールプラスミドは大阪健康安全基盤研究所から提供を受けた．標的となる遺伝子が確認された検体について，検量線から検体 1g あたりの DNA コピー数を求めた．シストを確認した検体において *K. iwatai* 遺伝子を検出しなかった場合は，PCR 法および 18S rDNA のシーケンス解析により，粘液胞子虫の種の同定を行った．

結 果

1 検体収集

検体は 2023 年 5 月～12 月に静岡県内で採取され，14 種類 403 検体の魚類が収集された（表 1）．検体は凍結状態で搬入され，未加工の状態のほか，ドレス，ハラモ，フィレ，中骨，片身など様々な加工形態の検体が含まれた．肉眼でシストを確認した検体はクロダイ 5 検体，ヒラスズキ 1 検体（図 1），キビレ 1 検体であった．



図1 シストが確認されたヒラスズキ

表 1 魚種別の検体数，*K. iwatai* 遺伝子陽性数および陽性率

魚種	検体数 合計	シスト確認 検体数	遺伝子陽性 検体数	陽性率 (%)
マダイ	144	0	2	1.4
クロダイ	148	5	10	6.8
カンパチ	29	0	0	0.0
ブリ	32	0	0	0.0
イシダイ	16	0	0	0.0
ヘダイ	5	0	0	0.0
ギンガメアジ	1	0	0	0.0
スズキ	9	0	2	22.2
ヒラスズキ	8	1	1	12.5
シイラ	3	0	0	0.0
ヒラソウダ	3	0	0	0.0
キビレ	2	1	1	50.0
マゴチ	1	0	0	0.0
ヒラメ	2	0	0	0.0
計	403	7	16	4.0

表 2 *K. iwatai* 遺伝子陽性検体の定量結果

魚種	シスト確認 検体数	遺伝子 陽性数	検出遺伝子量 (コピー/g)					
			10 ³ ~	10 ⁴ ~	10 ⁵ ~	10 ⁶ ~	10 ⁷ ~	10 ⁸ ~
マダイ	0	2	1	1				
クロダイ	5	10	2	5	2		1	
スズキ	0	2	1		1			
ヒラスズキ	1	1						1
キビレ	1	1				1		

表 3 *K. iwatai* 遺伝子陽性検体の月別検出状況

魚種	1月*	2月*	3月*	4月*	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
マダイ (2)							2					
クロダイ (10)						2		1	1		3	3
スズキ (2)					1					1		
ヒラスズキ (1)											1	
キビレ (1)						1						

(): 遺伝子陽性検体数, *: 検体収集がなかった月

2 汚染実態調査

遺伝子陽性検体は 403 検体中 16 検体で認められ、内訳はマダイ 2 検体、クロダイ 10 検体、スズキ 2 検体、ヒラスズキ 1 検体、キビレ 1 検体であった (表 1)。

遺伝子陽性検体の検出遺伝子量は、10³~10⁸ コピー/g の範囲であった (表 2)。遺伝子陽性となったマダイ、クロダイ、スズキの検体は、魚筋肉の採取時にシストは確認されず、検出遺伝子量は 10³~10⁷ コピー/g であった。一方、ヒラスズキ、キビレの遺伝子陽性検体はシストが肉眼で確認された検体と一致し、検出遺伝子量は 10⁶~10⁸ コピー/g であった。

クロダイでシストが確認された 5 検体はすべて *K. iwatai* 遺伝子陰性であり、4 検体は *U. seriolae*、1 検体は *U. andersenae* と同定された。

遺伝子陽性検体の月別検出状況は、1~4 月は検体採取がなかったが、5~12 月はいずれの月でも陽性検体が認められた (表 3)。

考 察

粘液胞子虫は主に魚類に寄生し、魚病学的には問題があるが、ヒトに対する病原性はないとされていた¹⁶⁾。しかし、2011 年にヒラメに寄生する *K. septempunctata* が食中毒の病因物質と特定されて以来、ヒラメ以外の魚類の生食による同様の症状を呈する有症苦情事例についても、他の粘液胞子虫の関与が疑われている²⁻¹⁰⁾。静岡県においても、*K. septempunctata* 以外の粘液胞子虫の関与を疑

う有症苦情事例が発生し、特に食品残品や患者便から *K. iwatai* の胞子や遺伝子を検出した有症苦情事例は 10 事例以上発生している。粘液胞子虫の関与が推定される有症苦情事例での患者の胃腸炎症状は、*K. septempunctata* 食中毒と同様に、一過性で比較的軽く、予後良好で、死亡例は報告されていない。しかし、事例数や患者数は相当出ているため、疾病負荷が低いと考えられた¹⁷⁾としても、これらの因果関係の解明と定量的なリスク評価は不可欠である。

本調査では、DNA 抽出前に各検体の胞子ろ過液を作製した。厚生労働省から通知されているヒラメからの *Kudoa septempunctata* 検査法¹⁴⁾は、DNA 抽出の供試量が 50mg とわずかであり、本調査において同様に 50mg を採材した場合、寄生実態を正確に反映できない可能性が考えられた。すなわち、魚には粘液胞子虫による汚染があるにも関わらず、採取部位に虫体が存在しない可能性があり、採材による偏りを抑える必要があると考えられた。そのため、本調査では宮川らのすり潰し法¹³⁾を参考に、200 倍量である 10g を供試して胞子ろ過液を作製し、魚体の広範囲な部位を検索することにした。さらに、本調査ではリアルタイム PCR 法による定量解析を採用し、魚類における *K. iwatai* の汚染実態を定量的に調査した。

14 種類 403 検体の魚類において *K. iwatai* の汚染実態調査を実施したところ、*K. iwatai* の遺伝子はマダイ、クロダイ、スズキ、ヒラスズキ、キビレで検出され、既報^{11),18)}と同様の魚種で寄生が確認された。陽性率については、

検体数の差があるものの、マダイ 1.4%、クロダイ 6.8%、スズキ 22.2%、ヒラスズキ 12.5%であった。キビレは他調査^{4), 18)}において *K. iwatai* の寄生率が高い魚種であり、本調査においても 2 検体のうち 1 検体で寄生が確認された。遺伝子陽性となった検体は 16 検体であり、シストを目視した 7 検体よりも多く、シストが確認できない魚筋肉にも虫体の存在があることが明らかとなった。その理由として、シストが肉眼で観察できる大きさではなかった可能性や、未分化な状態の虫体が存在していた可能性が考えられた。

K. iwatai を特異的に検出するリアルタイム PCR 法を用いた定量的な解析では、シストの有無と検出遺伝子量との間に関連性を見出すことができた。遺伝子陽性検体のうち、シストが肉眼で確認されなかった検体の多くは、検出遺伝子量が $10^3 \sim 10^5$ コピー/g であった。一方で、シストを確認したヒラスズキやキビレの検体では、検出遺伝子量が $10^6 \sim 10^8$ コピー/g であった。*K. septempunctata* 食中毒ではヒラメ残品の遺伝子検査において 10^7 コピー/g 以上が検出された場合に陽性と判定する¹⁴⁾。 10^7 コピー/g は、食中毒との関連が疑われている他の粘液胞子虫においても、健康被害を引き起こす可能性を示唆する遺伝子量である¹⁹⁾。静岡県で発生した有症苦情事例においてもシストを目視した残品について *K. iwatai* の定量検査を実施したところ 10^7 コピー/g であった。これらのことから、シストを確認した場合は健康被害を引き起こす程の寄生量があると考えられ、注意する必要がある。魚筋肉にシストを確認したにも関わらず、シストを除去して生で提供したところ健康被害が発生した事例¹²⁾があることから、シストを目視した魚は寄生強度の大小に関わらず生食は避け、冷凍あるいは加熱調理してから喫食することが、健康被害を防ぐために重要であり、本調査の定量結果からも裏付けられた。

K. septempunctata による食中毒は、年間発生件数の 70% が夏期に発生しているとの報告がある²⁰⁾。本調査における *K. iwatai* 陽性検体の月別検出状況では、検体採取のない月以外はいずれの月においても陽性検体が確認され、季節性は認められなかった。これは、横山らの報告¹⁸⁾と同様の結果であった。魚種によって釣れやすい時期があるものの、*K. iwatai* の関与を疑う有症苦情事例は年中発生する可能性があると考えられた。

本調査で魚類における *K. iwatai* の定量的な汚染実態を明らかにしたことにより、シストの有無と食中毒を引き起こす可能性の関連が見出された。*K. iwatai* はヒトへの病原性を示唆する報告²¹⁾があるが、さらなる因果関係の解明と閾値設定等の定量的なリスク評価が求められる。

K. iwatai の下痢原性は、*K. septempunctata* と同様、加熱

や冷凍によって失活する。*K. iwatai* の寄生が確認されている魚種を加工・調理する際にはシストの有無に注意を払うこと、シストが確認された場合には全部を廃棄する、もしくは加熱・冷凍処理を施すことにより、健康被害を未然に防ぐことが可能と考えられる。食品事業者や消費者に対して魚に寄生する *K. iwatai* の知識を浸透させ、健康被害の発生を最小限に抑えたとともに、今後も引き続き有症苦情事例や *K. iwatai* 等の粘液胞子虫に対する調査、研究を強化していく必要があると思われる。

まとめ

14 種類 403 検体の魚類について、*K. iwatai* の汚染実態調査を行ったところ、5 種 16 検体で *K. iwatai* 遺伝子が検出された。定量解析によりシストの有無と検出遺伝子量に関連がみられ、シストを目視した魚については、シストを除去したとしても生食は避けることが健康被害を防ぐために重要であると考えられた。

謝 辞

検体の採材および収集に御協力いただきました静岡県水産・海洋技術研究所の皆様に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 厚生労働省：食中毒統計資料
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/syokuchu/04.html
- 2) 大西貴弘，他：生鮮魚介類の生食に関連した有症苦情事例残品に含まれる粘液胞子虫の検出，日食微誌，**33**，150–154 (2016)
- 3) 鈴木 淳，他：東京都内で発生したクドアが原因と考えられる下痢症について，病原微生物検出情報，**33**:153–155 (2012)
- 4) 青山奈都子，他：クドア・セブテンpunkタータ以外のクドアが病因物質と疑われた有症事例について，第 89 回麻布獣医学会講演要旨 (2014)
- 5) 塚田竜介，他：*Kudoa iwatai* が原因と疑われた有症苦情事例について一長野県，病原微生物検出情報，**39**: 224–225 (2018)
- 6) 浅沼貴文，他：*Kudoa iwatai* が原因と疑われる有症事例の背景と啓発の必要性について，病原微生物検出情報，**43**:97–99 (2022)
- 7) 川瀬雅雄，他：*Kudoa hexapunctata* 寄生メジマグロが原因と疑われる有症苦情事例と患者便検査に関する検討，日食微誌，**32**，48–53 (2015)
- 8) 滝沢和央，他：*Kudoa hexapunctata* が原因と疑われる食中毒事例の発生一福島市，病原微生物検出情報，

- 45:68-69 (2024)
- 9) 綿引正則, 他: クドア属粘液胞子虫の 18S リボソーム RNA 遺伝子を広く検出する PCR 法を用いて *Unicapsula seriolae* を検出した有症苦情事例, 日食微誌, **36**, 110-114 (2019)
 - 10) 丸山暁人, 他: カンパチに寄生した *Kudoa* 属に近縁な粘液胞子虫 *Unicapsula seriolae* の関与が疑われる集団有症事例, 病原微生物検出情報, **39**:225-226 (2018)
 - 11) 佐藤 宏: 食中毒の新たな寄生虫性病原体として注目される粘液胞子虫の生物学, 山口獣医学雑誌, **38**, 1-26 (2011)
 - 12) 浅沼貴文, 他: *Kudoa iwatai* が原因と疑われる有症事例に関する予防・啓発の試みについて, 食品衛生研究, **72**, 9 (2022)
 - 13) 宮川真澄, 他: 新しい粘液胞子虫検査法の検討, 第 59 回静岡県公衆衛生研究会抄録集, 静岡県健康福祉部 (2022)
 - 14) 厚生労働省: *Kudoa septempunctata* の検査法について, 平成 28 年 4 月 27 日付け生食監発 0427 第 3 号
 - 15) Iida-Aoyama, N. et al.: Development of a real-time PCR assay for detection of *Kudoa iwatai* (Myxosporea: Multivalvulida) in Japanese Seabass (*Lateolabrax japonicus*). J. Food Prot., **81**, 8, 1346-1350 (2018)
 - 16) 横山 博: 魚類に寄生する粘液胞子虫の生活環と起源, 原生動物学雑誌, **37**, 2, 1-9 (2004)
 - 17) 食品安全委員会微生物・ウイルス専門調査会: 寄生虫評価書 ヒラメの *Kudoa septempunctata*, <https://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/show/kya20151110862> (2015)
 - 18) 横山 博: 天然魚のクドア属粘液胞子虫による食中毒のリスク評価, 科学研究費助成事業研究成果報告書 (2015)
 - 19) 大西貴弘, 他: カンパチの生食に伴う有症苦情事例残品中の *Unicapsula seriolae* 寄生量の定量的解析の検討, 食衛誌, **59**, 1, 24-29 (2018)
 - 20) 大西貴弘, 他: クドア食中毒および *Kudoa septempunctata* の季節による特徴, 日食微誌, **30**, 125-131 (2013)
 - 21) 河合高生: 顕性感染型粘液胞子虫は食中毒を起こすのか?—下痢原性とその機序の解明—, 科学研究費助成事業 研究成果報告書 (2022)

静岡県における SFTS ウイルス浸淫実態に関する研究

微生物部 ウイルス班 浅井希, 齋藤今日香, 中江優貴,
池ヶ谷朝香, 寺井克哉

A Study of the Prevalence of Severe Fever with Thrombocytopenia Syndrome Virus in Shizuoka Prefecture

Nozomi ASAI, Kyoka SAITO, Yuki NAKAE,
Asaka IKEGAYA and Katsuya TERAJ

重症熱性血小板減少症候群 (SFTS) は、2011 年に中国で初めて報告されたウイルスを原因とするダニ媒介性感染症であり、日本では 2013 年に山口県で初めて患者が報告された。これまで患者の発生は西日本が中心であったが、2021 年に静岡県で初めての SFTS 患者が確認されて以降、毎年 SFTS 患者が発生している。

静岡県では、過去にも動物における SFTS ウイルスの浸淫状況を把握する目的で調査を実施してきた。今回、最新の SFTS ウイルス浸淫状況を把握するために動物およびマダニについて SFTS ウイルスの調査を実施した。その結果、ネコ 2 検体およびイノシシ 1 検体から SFTS ウイルス遺伝子が検出された。また抗 SFTS ウイルス抗体は検出されなかった。このことから、県内のイノシシでは SFTS ウイルスの広がりはいささか小さいと考えられる。しかし、県内における SFTS 患者の発生地域が拡大していることから、イノシシ以外の野生動物によって SFTS ウイルスが拡大していると考えられる。

Key words : 重症熱性血小板減少症候群, SFTS ウイルス, 動物, マダニ, 人獣共通感染症
Severe Fever with Thrombocytopenia Syndrome, SFTS virus, animal, tick, zoonosis

はじめに

重症熱性血小板減少症候群 (SFTS) は、2011 年に中国で初めて報告された SFTS ウイルスを原因とするダニ媒介性感染症である^{1,2)}。SFTS ウイルスに感染すると 6~14 日の潜伏期間を経て、発熱、消化器症状、血小板減少等を引き起こし、致死率も 10~30% と高い疾患である²⁾。感染様式は主にマダニに刺咬されることであるが、感染動物の体液や排泄物を介した感染例の報告もある³⁾。日本では、2013 年に山口県で初めて患者が報告されて以降、西日本を中心に患者の発生が報告されている⁴⁾。しかし、患者の発生地域が拡大するに伴い患者数は増加しており、静岡県でも 2021 年以降毎年 SFTS 患者が発生している (表 1)。

SFTS ウイルスの伝播には野生動物が関与しており、ウイルスを保有するマダニが吸血のために野生動物に付着し、その状態のまま野生動物が移動することで SFTS ウイルスの分布域が広がると考えられている⁵⁾。

今回、静岡県内の SFTS ウイルス浸淫状況を把握するため、イノシシ、イヌ、ネコ、マダニの SFTS ウイルス検査を実施したので、その結果を報告する。

静岡県環境衛生科学研究所

(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉232-1)

Shizuoka Institute of Environment and Hygiene

(232-1, Yainaba, Fujieda, 426-0083, Japan)

表 1 SFTS 患者発生数

年	2020	2021	2022	2023	2024
全国	78	110	118	134	120
静岡県	0	4	6	3	5

材料および方法

1 動物およびマダニからの SFTS ウイルス遺伝子検出

1) 動物からの検出

2022 年 6 月から 2024 年 12 月までに、静岡県内で捕獲されたイノシシおよび 2021 年 4 月から 2024 年 12 月までに、動物病院から SFTS 疑いとして検査依頼のあったイヌおよびネコを検体とした。イノシシは、本県が実施している豚熱のサーベイランス検査において陰性が確認された血清の譲渡を受けた。動物検体は、血清または血漿 140 μ L を QIAamp[®] Viral RNA Mini Kit (QIAGEN) を用い RNA を抽出した。抽出した RNA を用いて、国立感染症研究所獣医科学部が作成した「病原体検出マニュアル SFTS ウイルス (動物由来検体)」⁶⁾ を参考に、コンベンショナル RT-PCR 法により S 分節 125bp を確認することで、SFTS ウイルス遺伝子の検出を試みた。なお、一部はリアルタイム RT-PCR を実施した。

2) マダニからの検出

静岡県内で発生した SFTS 患者の居住地付近 7 地点で、旗振り法により植生マダニを採取した。採取したマダニは実体顕微鏡下で観察し、形態的な特徴を基に同定を行い、採取場所、種類、発育ステージ、雌雄で分類し、成ダニ 5 匹、若ダニ 10 匹を上限としてプールし 1 検体とした。注射針で穴を開けたマダニを、PBS(-)300 μ L を加えた破砕チューブに入れ破砕後、上清 100 μ L に ISOGEN（ニッポンジーン）1000 μ L とクロロホルム 200 μ L を添加、混合し室温でインキュベートした。これを遠心して得られた水層 600 μ L を 1.5mL マイクロチューブに移し、エタ沈メイト（ニッポンジーン）1 μ L とイソプロパノール 480 μ L を添加し、混合後 -80°C でインキュベートした。解凍後遠心し上清を捨て、70% エタノール 1000 μ L を加え遠心した。上清を捨て風乾後、蒸留水で溶出したものを抽出 RNA とした。抽出した RNA を用いて、「病原体検出マニュアル SFTS ウイルス（動物由来検体）」⁶⁾ を参考に、コンベンショナル RT-PCR 法により S 分節 201bp を確認し、SFTS ウイルス遺伝子の検出を試みた。

2 ヒトからの SFTS ウイルス遺伝子検出

2020 年 4 月から 2024 年 12 月までに、感染症発生動向調査に基づき、マダニ媒介感染症疑いとして当研究所に搬入された患者検体について、SFTS ウイルス遺伝子検査を実施した。血清または血漿、咽頭ぬぐい液、尿の 3 種類のうち提出された検体 140 μ L を QIAamp® Viral RNA Mini Kit (QIAGEN) を用い RNA を抽出した。この RNA を用いて、国立感染症研究所が作成した「病原体検出マニュアル 重症熱性血小板減少症候群（SFTS）」⁷⁾ を参考に、コンベンショナル RT-PCR 法により S 分節 458bp または 461bp を確認することで、SFTS ウイルス遺伝子の検出を試みた。

3 SFTS ウイルスの分子系統樹解析

動物およびヒトでの検査で SFTS ウイルス遺伝子陽性となった検体について、分子系統樹解析を行った。分子系統樹解析はダイレクトシーケンス法により S 分節 307bp の塩基配列を決定し、MEGA6 を用いて最尤法により行った。

4 イノシシからの抗 SFTS ウイルス抗体検出

イノシシの血清を用いて、「病原体検出マニュアル SFTS ウイルス（動物由来検体）」⁶⁾ を参考に、OD 0.5 を Cut-off 値と設定し、ELISA 法により抗 SFTS ウイルス抗体の検出を行った。

結 果

1 動物およびマダニからの SFTS ウイルス検出

1) 動物からの検出

捕獲されたイノシシは、静岡県の西部 251 頭、中部 188 頭、東部 203 頭、伊豆 190 頭の計 832 頭であり、動物病院から SFTS 疑いとして検査依頼のあった動物はイヌ 11 頭、ネコ 22 頭であった（表 2）。SFTS ウイルス遺伝子検査の結

果、東部のイノシシ 1 検体および中部のネコ 2 検体で SFTS ウイルス遺伝子が陽性であった（表 3）。

表 2 動物検体の採取地域

動物種	採取地域				
	西部	中部	東部	伊豆	計
イノシシ	251	188	203	190	832
イヌ	0	9	1	1	11
ネコ	2	18	2	0	22

表 3 遺伝子検査および抗体検査結果

	遺伝子検査		抗体検査	
	検体数	陽性数	検体数	陽性数
イノシシ	831	1	832	0
イヌ	11	0	NT	NT
ネコ	22	2	NT	NT
植生マダニ	48	0	NT	NT

2) マダニからの検出

採取されたマダニは 2 属 5 種（フタトゲチマダニ 193 匹、キチマダニ 5 匹、タカサゴチマダニ 33 匹、ヤマアラシチマダニ 9 匹、タカサゴキララマダニ 2 匹）であった（表 4）。また、プール条件により分類した結果、マダニは 48 検体に分類された。SFTS ウイルス遺伝子検査の結果、全ての検体で SFTS ウイルス遺伝子陰性であった（表 3）。

表 4 マダニ採取状況

マダニ種	成ダニ		若ダニ	採取数
	♀	♂		
フタトゲチマダニ	27	20	146	193
キチマダニ	2	1	2	5
タカサゴチマダニ	19	14		33
ヤマアラシチマダニ	9			9
タカサゴキララマダニ	1		1	2
計	58	35	149	242

2 ヒトからの SFTS ウイルス遺伝子検出

検査依頼のあった 157 症例について、SFTS ウイルス遺伝子検査を実施した結果、西部 4 症例、中部 2 症例、東部 2 症例、伊豆 2 症例の患者で SFTS ウイルス遺伝子が陽性であった。

3 SFTS ウイルスの分子系統樹解析

動物およびヒトでの検査で、SFTS ウイルス遺伝子が検出された 13 検体について分子系統樹解析をした結果、遺伝子

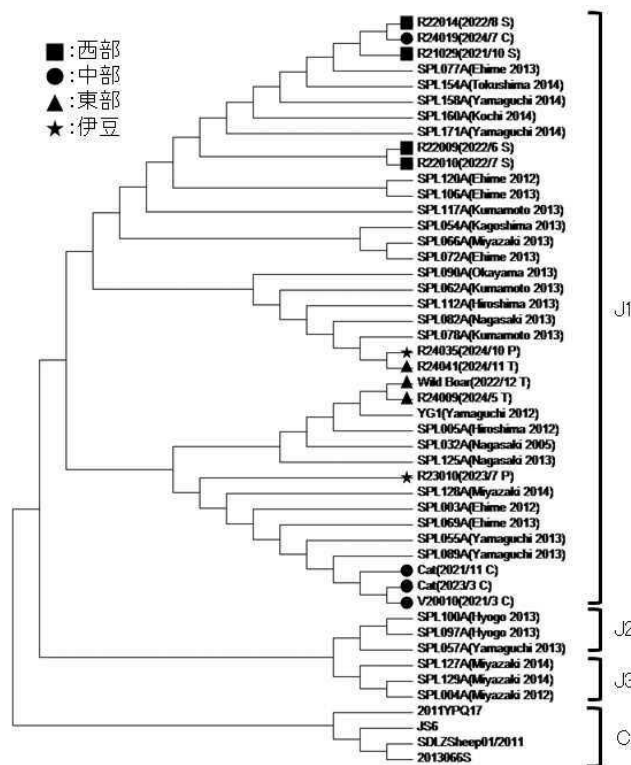


図1 SFTS ウイルスの分子系統樹解析結果 (S 分節, 307bp)

型は全て J1 型に分類された。2022 年までに検出された SFTS ウイルス遺伝子は、採取、発生地域ごとにクラスターが分れていたが、2023 年に伊豆で検出された SFTS ウイルス遺伝子は中部と近いクラスターに位置しており、2024 年に検出された SFTS ウイルス遺伝子では地域性がなく様々なクラスターに位置していた (図 1)。

4 イノシシからの抗 SFTS ウイルス抗体検出

イノシシでの抗体検査の結果、全ての検体で抗 SFTS ウイルス抗体は検出されなかった (表 3)。

考 察

イノシシ 832 検体を調査した結果、SFTS ウイルス遺伝子陽性率は 0.12% であり、抗 SFTS ウイルス抗体保有率は 0% であったことから、県内のイノシシでの SFTS ウイルスの広がりは小さいと考えられる。過去の全国的な野生動物の調査では、SFTS ウイルス遺伝子検出率は患者数の多い地域でも 0~1% であり、抗 SFTS ウイルス抗体保有率は、患者数の多い西日本で 30~70%、患者数の少ない東日本で 0~8% と大きな差があった⁸⁾。

しかし、本県でのヒトや愛玩動物での SFTS 発症例は続発しており、発生地域も拡大している。また、採取されたマダニは全て SFTS ウイルスの伝播に関与が示唆されているマダニ種であったことから、今後も患者数の増加が懸念される。

分子系統樹解析の結果、2023 年までに検出された SFTS ウイルスは全て日本で多く認められるクレードである J1 型であったが、県内の SFTS ウイルスは発生地域により複数のクラスターに分れていることが確認された。しかし、2024 年に検出された SFTS ウイルス遺伝子は、これまでと同じ J1 型に分類されたものの、発生地域と遺伝子系統に相関はみられなかった。このことから、県内への SFTS ウイルス侵入には複数のルートが存在し、県内に侵入した SFTS ウイルスはイノシシ以外の野生動物の関与により県内で広がっている可能性があると考えられる。

まとめ

動物検体およびマダニについて SFTS ウイルスの検査を実施した結果、ネコ 2 検体およびイノシシ 1 検体から SFTS ウイルス遺伝子が検出された。また、イノシシから抗 SFTS ウイルス抗体は検出されなかった。これらの結果から、県内のイノシシでの SFTS ウイルスの広がりは小さいと考えられる。しかし、県内での SFTS 患者の発生地域は拡大しており、分子系統樹解析からも SFTS ウイルスは県内で拡大していると考えられる。また、全国的にも SFTS 患者の発生地域の拡大とともに、患者数は増加しており、本県でも今後患者数が増加することが予想される。SFTS は致死率の高い人獣共通感染症であり、マダニを介した感染だけでなく、愛玩動物からの感染例も数多く報告されていることから、

感染予防が重要である。そのため、動物やマダニにおける SFTS ウイルスの保有状況についての調査は重要であり、調査結果を基に県民や病院に対して啓発、注意喚起を行い、SFTS ウイルスの感染予防の一助になるように努めていきたい。

謝 辞

本研究に対し御協力および御助言をいただきました国立感染症研究所獣医科学部、静岡県経済産業部農業局畜産振興課、静岡県農林技術研究所の皆様へ深く感謝いたします。

文 献

- 1) Yu XJ. et al. : Fever with Thrombocytopenia Associated with a Novel Bunyavirus in China. N Engl J Med, **364** (16), 1523-1532 (2011)
- 2) 国内外における重症熱性血小板減少症候群 (SFTS) の発生状況について,
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/sfts/2656-cepr/12668-sfts-ra-0801.html>
- 3) 国立感染症研究所：ペットから SFTS ウイルスに感染し、SFTS を発症した事例報告, 病原微生物検出情報, **40**, 117-118 (2019)
- 4) 感染症発生動向調査で届出られた SFTS 症例の概要 (2025 年 1 月 31 日更新),
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/sfts/sfts-idwrs/12675-sfts-2.html>
- 5) 国立感染症研究所：動物における SFTSV 感染の疫学調査, 病原微生物検出情報, **40**, 116-117 (2019)
- 6) 病原体検出マニュアル (動物由来検体) 重症熱性血小板減少症候群 (SFTS) 令和 6 年 10 月第 2 版,
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/from-vet.html>
- 7) 病原体検出マニュアル 重症熱性血小板減少症候群 (SFTS) 令和 6 年 5 月第 2 版,
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/labo-manual.html>
- 8) 令和 2 年度厚生労働科学研究費補助金 (食品の安全確保推進研究事業) 「野生鳥獣由来食肉の安全性確保とリスク管理のための研究」分担研究報告書
<https://mhlw-grants.niph.go.jp/project/149176>

食品中のグリホサート分析法の開発

医薬食品部 食品班 柏木久輝, 田中瑞希, 宮城島利英,
小郷沙矢香, 堀池あずさ

Development of Analytical Methods for Glyphosate in Foods

Hisateru KASHIWAGI, Mizuki TANAKA, Toshihide MIYAGISHIMA,
Sayaka OGO and Azusa HORIIKE

突発的に発生する食品への薬物混入による健康危機事例に際し、その原因物質を特定するためには、有害物質について迅速に実施可能な分析法を確立しておく必要がある。本研究はグリホサートの食品への混入事例発生時における危機管理体制を強化するため、HPLCによる迅速分析法を検討した。

選定した食品9品目を対象に、固相抽出カラムによる精製を取り入れた前処理方法を用いた分析法の性能評価を実施したところ、全ての評価項目(真度、併行精度、選択性及びS/N比)において良好な結果が得られた。

このことから、今回検討した分析法はグリホサートの試験法として有効であり、緊急時の検査体制を強化できたので報告する。

Key words: グリホサート, 高速液体クロマトグラフ, 分析法の開発, 健康危機管理, 性能評価試験
glyphosate, HPLC, development of analytical methods, health risk management, performance evaluation test

はじめに

グリホサートは、非選択性のアミノ酸系除草剤であり、たんぱく質合成に必要な芳香族アミノ酸の合成を阻害することによって殺草活性を発現する¹⁾。国外において、グリホサート耐性を持つ遺伝子組換え作物の栽培が積極的に行われ、グリホサートを主成分とする除草剤は農場等において大量に使用されており、使用を認めている国は150か国以上存在する。国内においては、グリホサート含有除草剤は毒劇物に指定されていないため、一般家庭においても入手しやすく、出荷量も年々増加しており、過去には清涼飲料水への混入事件等も発生している²⁾。これらのことから、食品へのグリホサート混入による健康危機事例の発生に備え、迅速に実施可能な分析法を事前に構築しておく必要性が高いと言える。

本県では食品に残留する農薬等におけるポジティブリスト制度のもと、LC-MS/MS及びGC-MS/MSを用いて約350項目の農薬の一斉分析が可能であるが、グリホ

サートはグリシンの窒素原子にホスホノメチル基が置換した構造を持つ高極性な物性であるため、現行の一斉分析法の項目に含めることは困難である。加えて、食品に含まれるグリホサートを定量するため、厚生労働省から通知された試験法³⁾(公定法)における前処理方法は複雑で時間を要するため、緊急時の検査には不向きである。

また、グリホサートは金属と吸着し、ピークテーリングや感度の減少を引き起こす^{4,5)}ことが知られており、LC-MS/MSを用いた分析⁴⁻⁶⁾では、配管を事前にリン酸でコーティングするか非金属製のものと交換する必要がある、こちらも手間と時間を要する。

そこで、本研究では、既報⁷⁻¹¹⁾を参考とし、食品中へのグリホサート混入が疑われる事例の発生時に迅速かつ簡便に検査を実施できるよう、高速液体クロマトグラフを用いた分析法を検討し、性能評価を行ったので報告する。

方法

1 試料

過去の食品への農薬混入事例から清涼飲料水(緑茶)、餃子及びソース、グリホサートの検出が懸念される農産物等としてハチミツ、大豆及び小麦粉を選定した。さら

静岡県環境衛生科学研究所
(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉 232-1)
Shizuoka Institute of Environment and Hygiene
(232-1, Yainaba, Fujieda, 426-0083, Japan)

に食品分類上、様々な特徴の食品を対象とするため、動物性たんぱく質等を多く含む牛乳、油脂を多く含むマヨネーズ及び複合的な食品としてカレーを加えた計9品目を試料として選定した。

2 試薬等

1) 標準品等

標準品は富士フィルム和光純薬(株)製グリホサート標準物質 98.9%を用いた。

標準溶液は標準品を水に溶解して $20 \mu\text{g/mL}$ とし、ポリプロピレン製容器で冷凍保存した。

検量線用標準液は標準溶液をアセトニトリル：水(1:1)を用いて希釈し、 $0.01 \sim 0.2 \mu\text{g/mL}$ の濃度に調製した。

2) その他の試薬等

アセトニトリルはLC/MS用、アセトン及び酢酸エチルは残留農薬分析用、クロロギ酸9-フルオレニルメチル(FMOC)はペプチド合成用、りん酸二水素カリウム、四ほう酸ナトリウム十水合物及びりん酸は特級を用いた。また、固相抽出カラムはジールサイエンス(株)製 InertSep SCX-2(500mg/6mL)を用いた。

3 装置及び分析条件

1) 装置

高速液体クロマトグラフ(Waters 社製 ArcHPLC)

2) 分析条件

検出器：蛍光検出器

カラム：Partisil-10 SAX (メルク社製)

(ϕ 4.6mm \times 250mm, 粒径 $10 \mu\text{m}$)

カラム温度： 40°C

流速：1.0mL/分

注入量： $20 \mu\text{L}$

移動相：A液：10mmol/L KH_2PO_4 (pH2.5)

B液：アセトニトリル

グラジエント条件：70:30(0) \rightarrow 70:30(30)

(A:B(分)) \rightarrow 30:70(35) \rightarrow 30:70(40)

\rightarrow 70:30(40) \rightarrow 70:30(55)

波長：ex.268nm, em.315nm

4 前処理方法

1) 前処理方法 I

粉碎均一化した試料 5.0g に含水量が 25mL になるよう水を加え 10 分間振とう抽出した。そこにアセトニトリル 25mL を加え 1 分間振とう混和後、5 分間静置した。遠心分離(3,000rpm, 5 分)を行い得られた抽出上澄液 2mL をアセトニトリル及びアセトニトリル：水(1:1)10mL ずつでコンディショニングした固相抽出カラムに注入した。得られた溶液にアセトニトリル：水(1:1)を加えて 4mL に定容し、誘導体化用溶液とした(図 1)。

2) 前処理方法 II

粉碎均一化した試料 5.0g に含水量が 50mL になるよう水を加え 10 分間振とう抽出後、遠心分離(3,000rpm, 5 分)を行った。得られた抽出上澄液 2mL を水でコンディショニングした固相抽出カラムに注入した。得られた溶液 1mL に同量のアセトニトリルを加え、誘導体化用溶液とした(図 2)。

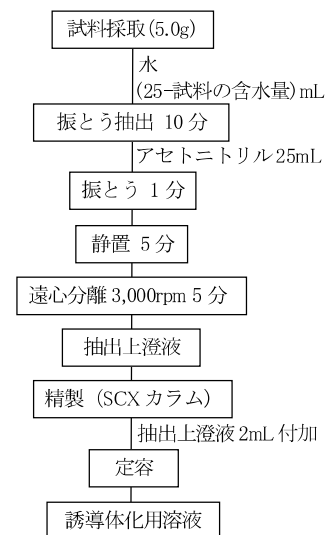


図 1 前処理方法 I のフロー

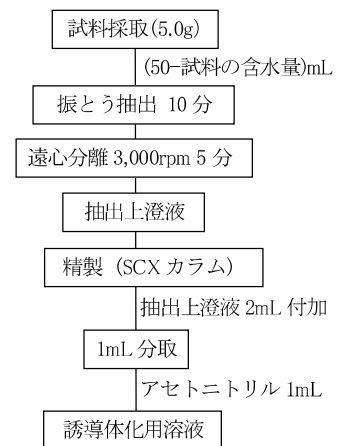


図 2 前処理方法 II のフロー

5 誘導体化方法

誘導体化用溶液 2mL に 0.05mol/L 四ほう酸ナトリウム水溶液及び 0.1%FMOC 溶液それぞれ 4mL を加え混和後、室温で 20 分間静置(誘導体化)した。これに酢酸エチル 10mL を加え 5 分間振とう後、遠心分離(3,000rpm, 5 分)を行い得られた水層を $0.2 \mu\text{m}$ フィルターでろ過し、HPLC 用試験溶液とした(図 3)。

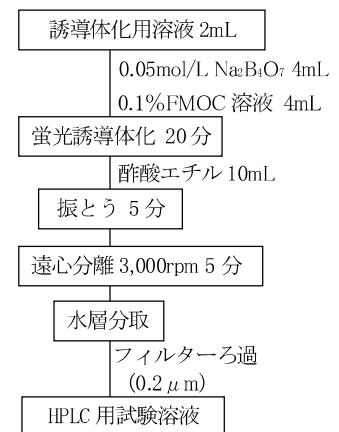


図 3 誘導体化方法のフロー

6 分析法の性能評価

各試料 n=3 で添加回収試験を実施し、本試験法の性能評価を行った。

粉碎均一化した試料 5.0g に濃度が $1.0 \mu\text{g/g}$ となるようグリホサートを添加し、約 30 分間静置後に前処理及び誘導体化を行った。評価項目は、真度、併行精度、選択性及び評価濃度の S/N 比とし、加工食品に含まれる農薬の検出法に関する厚生労働省通知¹²⁾を参考に評価目

標値を設定した(表 1)。

表 1 添加回収試験評価目標値

真 度 : 50~200%
併行精度 : 30%未満
選択性 : 妨害ピーク面積が添加濃度に相当するピーク面積の 1/3 未満
評価濃度の S/N 比 : 評価濃度ピークの S/N 比が 10 以上

結果と考察

1 検量線

検量線用標準液を誘導体化後、グリホサート濃度が $0.01 \sim 0.2 \mu\text{g/mL}$ の範囲で検量線を作成した結果、相関係数 0.999 以上と良好な直線性を示した。

2 誘導体化方法の検討

今回、グリホサートを FMOC 溶液により誘導体化後、HPLC-FL を用いて測定する方法について検討した。公定法においても同様の誘導体化方法を用いているが、前処理において 2 度の減圧濃縮・乾固が必要である(図 4)。

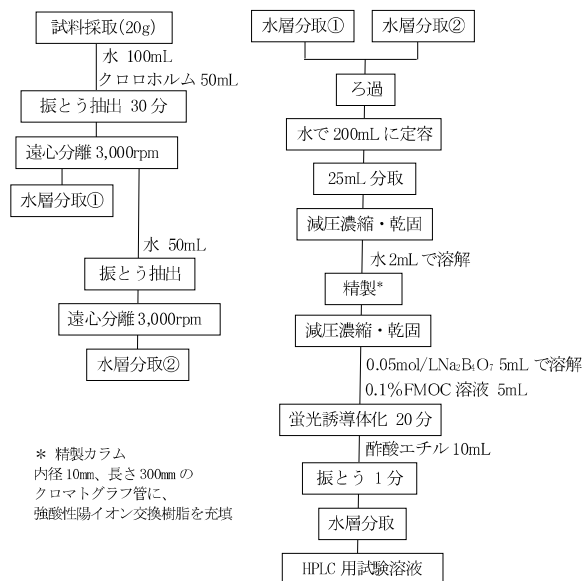


図 4 公定法の前処理及び誘導体化のフロー

減圧濃縮・乾固を行うことで、より低濃度の測定が可能となるが、溶媒が水のため長時間を要する。そこで前処理における抽出溶液の濃縮・乾固の工程を省略するため、低濃度まで測定可能な誘導体化方法を検討した結果、誘導体化用溶液に水と同量のアセトニトリルを混合することで、標準液 $2 \mu\text{g/mL}$ において、水の場合と比較してピーク面積が 2.3 倍以上、ピーク高さが 1.7 倍以上に改善した。そこで、混合する有機溶媒についてメタノール及びアセトニトリルの感度比較を行ったところ、面積値及び S/N 比ともにアセトニトリルを用いた方が良好

であり、標準液 $0.1 \mu\text{g/mL}$ においてアセトニトリルの方が S/N 比で 3.8 倍良好であった(図 5)。なお、混合比についても検討した結果、S/N 比が最も良好であった水：アセトニトリル(1:1)を採用した。

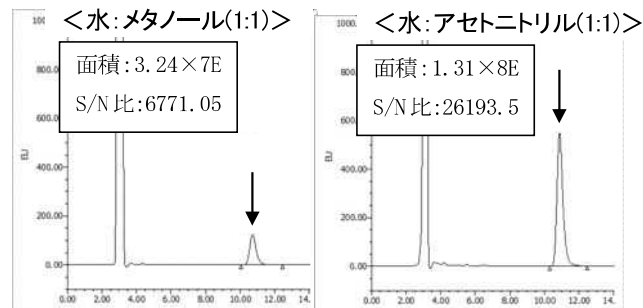


図 5 誘導体化用溶液の違いによる感度比較

また、大野ら⁷⁾は誘導体化の際、pH9 以上で誘導体の蛍光強度が安定すると報告しており、四ほう酸ナトリウム溶液の添加量が不足すると pH を十分に調整することができず、その後の FMOC 溶液による誘導体化反応が不十分になる。一方で過量に添加するとほう酸が析出し最終溶液の採取が困難となる。このため、FMOC 溶液及び酢酸エチルと併せて濃度 $0.05 \sim 0.1 \text{mol/L}$ 及び添加量 $1 \sim 10 \text{mL}$ の範囲で最適な組合せを検討した結果、前述した図 3 の条件で誘導体化を行うこととした。この方法では標準液 1.0ng/mL まで測定することが可能であった。

低濃度まで測定可能な誘導体化方法を確立できたことにより前処理における濃縮・乾固の工程を省略することが可能になった。

3 前処理方法の検討

グリホサートは非常に水溶性が高いため公定法では水を用いて 2 回抽出を行っている(図 4)。今回は、誘導体化方法の検討結果に加え試料中のたんぱく質除去も期待できることから、水での抽出後に同量のアセトニトリルを添加し混和する 1 回抽出とした。

1) 精製しない前処理方法

当初は迅速性を重視し、前処理工程において固相抽出カラムによる精製を行わず、前処理方法 I と同様の方法で遠心分離まで行った抽出上澄液をろ過し誘導体化用溶液とする方法(図 6)を検討した。濃度 $1.0 \mu\text{g/g}$ となるようグリホサートを添加した試料について、この方法を用いた前処理後、

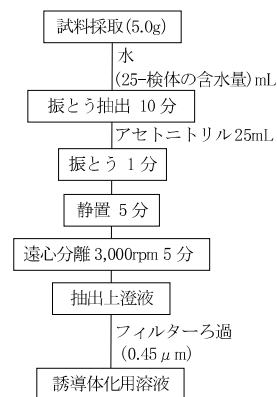


図 6 精製しない前処理方法

誘導体化を行い分析したところ、緑茶、ハチミツ以外の検体で試料注入直後から大きな夾雑ピークが出現し、グリホサートの保持時間(RT)までにベースラインへ戻らない等、ピーク分離が不十分であった(図7)。また、小麦粉の真度は、他の試料と比較して顕著に低い値であった(表2)。

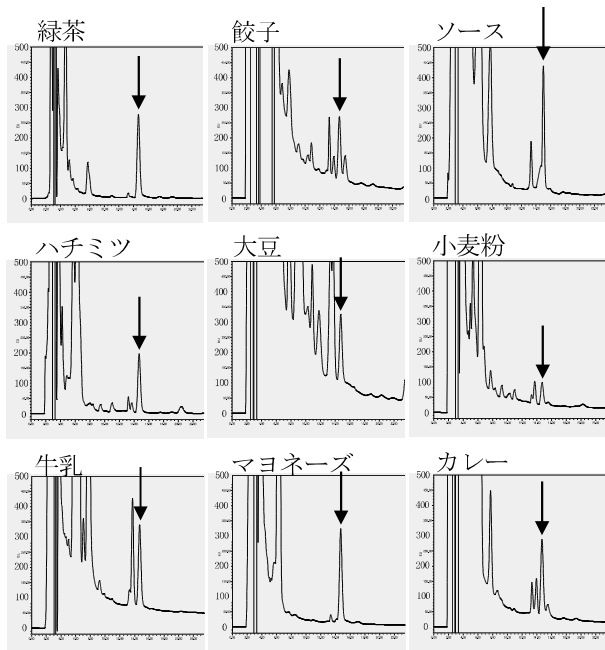


図7 各試料の分析結果(精製なし)

そこで、夾雑成分の除去を目的として、前処理に固相抽出カラムによる精製工程を追加することとし、使用するカラムについて、陰イオン交換作用のあるPSAカラム(ジーエルサイエンス(株)製InertSep PSA(500mg/6mL))と無極性相互作用及び強酸性陽イオン交換作用のあるSCXカラムを検討した。

検討方法は、 $1.0 \mu\text{g/g}$ となるようグリホサートを添加した各試料について、添加回収試験($n=1$)を実施し結果を比較した。

2) PSAカラムを用いた精製

前処理方法Ⅰを用いて遠心分離まで行い得られた抽出上澄液2mLを、アセトニトリル及びアセトニトリル：水(1:1)10mLずつでコンディショニングしたPSAカラムに注入した。カラムをアセトニトリル：水(1:1)2mLで洗浄後、0.14%アンモニア水2mLを用いて溶出した。得られた溶出液を水を用いて2mLに定容後、アセトニトリル2mLを加えて誘導体化用溶液とした。

分析の結果を図8に示す。精製工程を含まない方法と比較して試料注入直後の夾雑ピークは改善したが、餃子及びカレーのピーク分離が不十分であった(図8)。また真度は18~167%と試料によるばらつきが大きく、大豆、

小麦粉及び牛乳では顕著に低かった(表2)。

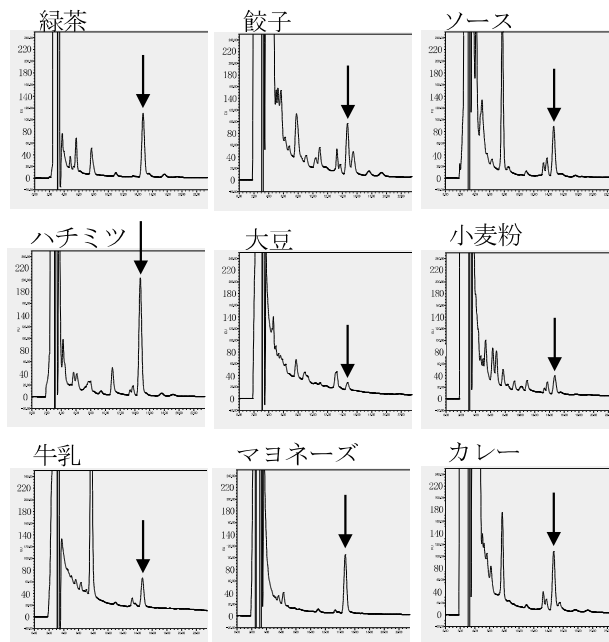


図8 各試料の分析結果(PSAカラム使用)

3) 小麦粉の前処理方法

ここまでの検討における小麦粉の真度は、精製しない前処理方法では32%、PSAカラムを用いた前処理方法では31%であり、いずれも非常に低い値であった。要因として抽出時に小麦粉が水を吸収し、残った水にはグリホサートが十分に溶出していないことが推察された。そこで抽出に用いる水の量を増やし、真度の変化を確認した。

粉碎均一化した試料5.0gに水50mLを加え10分間振とう抽出した。その後、遠心分離(3,000rpm, 5分)を行ない得られた抽出上澄液をろ過した。ろ過溶液1mLにアセトニトリル1mLを加え、誘導体化を行ったところ、真度が93%に改善した。このことから、小麦粉については抽出する水の量を50mLに増やした前処理方法Ⅱを用いて、SCXカラムの検討を行った。

4) SCXカラムを用いた精製

小麦粉以外の試料は前処理方法Ⅰ、小麦粉は前処理方法Ⅱに従ってSCXカラムを用いた精製工程を含む前処理を行った結果を図9に示す。精製工程を含まない方法と比較して試料注入直後の夾雑ピークは改善した。PSAカラムを用いた結果との比較では、SCXカラム使用時は試料注入直後の夾雑ピークが残ったものの、グリホサートのRT付近の夾雑ピークは効果的に除去することができ、ピークの分離も良好であった。また真度についても良好な結果が得られた(表2)。

これらのことから、前処理にSCXカラムを用いた精製工程を追加することとし、小麦粉以外の試料は前処理方

法Ⅰ，小麦粉は前処理方法Ⅱを採用することとした。

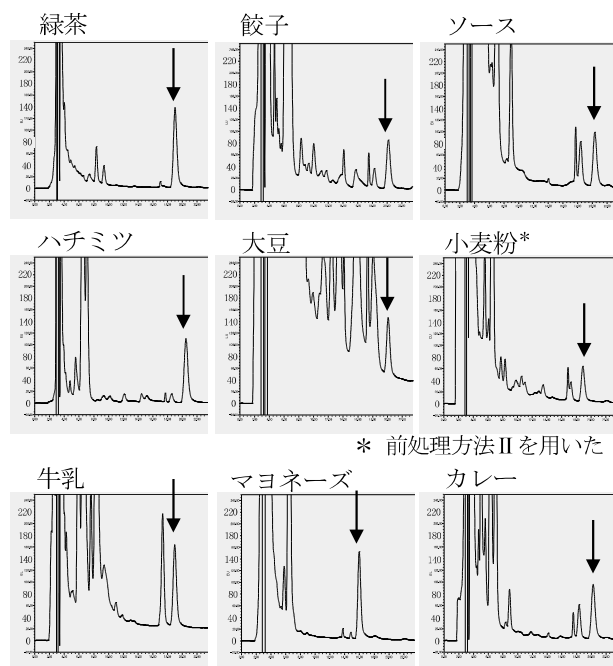


図 9 各試料の分析結果(SCX カラム使用)

表 2 各精製方法における真度

試料	真度(%)		
	精製なし	PSA カラム使用	SCX カラム使用
緑茶	109	92	100
餃子	77	65	72
ソース	164	79	75
ハチミツ	80	167	95
大豆	77	18	78
小麦粉	32	31	102*
牛乳	101	48	76
マヨネーズ	106	87	70
カレー	62	84	79

* 前処理方法Ⅱを用いた

4 添加回収試験による分析法の性能評価

対象とした食品 9 品目について，性能評価試験(n=3)を実施した結果を表 3 に示す。

1) 真度

真度の範囲は 75～117% であり，全ての試料で目標値を満たした。また，残留農薬試験法の妥当性評価ガイドライン¹³⁾における真度の目標値である 70～120% も満たしており，値は良好であると考えられた。

2) 併行精度

併行精度の範囲は 0.5～4.5% であり，全ての試料で目標値を満たした。

3) 選択性

各ブランク試料から妨害ピークは検出されず，選択性の目標値を満たした。

4) 評価濃度の S/N 比

全ての試料において評価濃度ピークの S/N 比は 10 以上であり，S/N 比の目標値を満たした。

以上，多様な夾雑成分が混同する食品 9 品目について，真度，併行精度，選択性及び S/N 比の評価目標値を全て満たしたことから，本試験法は健康危機事例等，緊急時のグリホサート試験法として有効であり，幅広い加工食品に対して適用できると考えられた。

また，本試験法は公定法と比較して，短時間で実施可能な簡便な検査法であり，緊急時の検査体制を強化できた。

なお，グリホサートの ADI(許容 1 日摂取量)は 1mg/kg(体重)/日であり，500mL のペットボトル飲料に体重 50kg の人の ADI 相当量(50mg)が混入した場合の濃度は 100 μ g/g となる。また，製品の毒性は，含有する界面活性剤に起因してグリホサートよりも高くなり，30～60 mL 程度の摂取により嘔吐等の消化器症状が出現する¹⁴⁾。代表的な製品にはグリホサートが約 48% 含まれており，この製品 30mL を 500mL のペットボトルに混入した場合の濃度は 28 μ g/g となる。今回設定した添加濃度(1.0 μ g/g)は，これらの濃度と比較して十分に低いことから，実際の混入事例においても対応可能であると考えられる。

表 3 性能評価試験結果

試料	真度(%)	併行精度(%)	選択性	評価濃度の S/N 比
緑茶	111	2.8	妨害ピークなし	10 以上
餃子	75	0.5	妨害ピークなし	10 以上
ソース	84	1.8	妨害ピークなし	10 以上
ハチミツ	103	1.0	妨害ピークなし	10 以上
大豆	77	4.5	妨害ピークなし	10 以上
小麦粉	100	1.8	妨害ピークなし	10 以上
牛乳	117	2.8	妨害ピークなし	10 以上
マヨネーズ	106	0.7	妨害ピークなし	10 以上
カレー	84	2.3	妨害ピークなし	10 以上

まとめ

食品へのグリホサート混入事例発生時に対応できるよう，HPLC を使用した食品中のグリホサート分析法を検討した。対象とした食品 9 品目における性能評価試験の結果，全ての試料において真度，併行精度，選択性及び S/N 比の評価目標値を満たす良好な結果であった。そのため，今回検討した試験法は幅広い加工食品についてグリホサートを分析することが可能であると考えられた。

また，今回検討した試験法は誘導体化溶液の組成をアセトニトリル：水(1:1)とし，低濃度の測定が可能となっ

たこと、水での抽出後にアセトニトリルを添加し誘導体化溶液と同じ組成としたことに加えて、固相カラムによる精製も得られる溶液が同じ組成となるよう行ったことで前処理工程における減圧濃縮・乾固の工程を省略でき、前処理に掛かる時間を大きく削減できた。加えて、抽出操作を1回としたことにより、公定法と比較して簡便かつ迅速な分析が可能になった。

これらのことから、本試験法は食品へのグリホサート混入が疑われる事例において、迅速に原因物質を定性・定量する試験法としては十分に有効であり、健康危機事例における当所の検査体制を強化できた。

文 献

- 1) 日本雑草学会：雑草研究 Vol.38(1), 52-53(1993)
- 2) 厚生労働省ホームページ：清涼飲料水の異物混入事例について，平成20年4月7日
<https://www.mhlw.go.jp/houdou/2008/04/h0407-3.html>
- 3) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知：食品に残留する農薬，飼料添加物又は動物用医薬品の成分である物質の試験法について，平成17年1月24日，食安発第0124001号
- 4) 小西賢治他：グリホサート及びグルホシネートの分析の自動化の検討，第36回農薬残留分析研究会講演要旨集，119-124(2013)
- 5) 福島宏暢他：液体クロマトグラフィータンデム質量分析計による高極性農薬の一斉分析法の開発，熊本県保健環境科学研究所報，第50号，26-34(2020)
- 6) 大澤佳浩他：小麦中グリホサート及び代謝物の分析法開発，第119回日本食品衛生学会学術講演会講演要旨集，88(2023)
- 7) 大野智也佳他：HPLCによる農産物中の含リンアミノ酸系除草剤の一斉分析法，食品衛生学雑誌，40巻1号，75-79(1999)
- 8) 天川映子他：食品中に混入されたグリホサート及びグルホシネートの迅速分析，東京都健康安全研究センター年報，57，235-238(2006)
- 9) 中西希代子他：蛍光検出器付き HPLC による加工食品中のグリホサート定量法，千葉県環境研究センター年報，第57号(2008)
- 10) 中山恵理子他：アルミナ精製による食品中グリホサートの逆相 HPLC 分析，富山県衛生研究所年報告，第44号(2021)
- 11) 佐々野僚一他：食品中のグリホサート及びグルホシネートの分析法の開発，第117回日本食品衛生学会学術講演会講演要旨集，45(2021)
- 12) 厚生労働省医薬食品局食品安全部基準審査課事務連

絡：加工食品中に高濃度に含まれる農薬等の迅速検出法について，平成25年3月26日

- 13) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知：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，食安発第1115001号
- 14) 大学病院医療情報ネットワークセンターホームページ：中毒時の対応に関する情報(中毒情報)について，
<https://www.umin.ac.jp/chudoku/chudokuinfo/u/u031.txt>

子供向けサプリメントに関する調査

医薬食品部 食品班 田中瑞希, 宮城島利英, 柏木久輝,
小郷沙矢香, 堀池あずさ

Investigation of Supplements for Children

Mizuki TANAKA, Toshihide MIYAGISHIMA, Hisateru KASHIWAGI,
Sayaka OGO and Azusa HORIIKE

子供向けサプリメント製品について、アンケート調査及び市販品の試買調査を実施し、製品の特徴等、得られた知見を消費者へ情報提供することにより、商品選択の一助となることを目的とした。

18歳以下の子を持つ親を対象としたアンケート調査の結果、サプリメント摂取者のうち、親が栄養の補給や身体の成長促進を目的に摂取させている子供が約7割、親が摂取量を管理せずにサプリメントを摂取する子供が約3割存在したこと等が分かった。また、試買調査の結果、調査対象品のカルシウム及び鉄の栄養成分表示値は、正しく表示されていた。カルシウムと鉄について、1日当たりの摂取目安量に含まれる含有量が製品間で大きく異なっていたこと、食事からの摂取量を加味しても推奨量を満たす製品と満たさない製品があったこと、乳幼児や小児は摂取を控えるよう注意喚起している製品があったこと等が分かった。製品選択時は成分の種類や価格だけでなく含有量、摂取上の注意事項、製品の管理方法等について留意する必要があると考えられる。

Key words: サプリメント, 子供, アンケート調査, カルシウム, 鉄
supplements, children, questionnaire survey, calcium, iron

はじめに

消費者の健康志向の高まりから様々なサプリメントが販売されている。千葉が実施したアンケート調査¹⁾によると、小学生から高校生の子を持つ母親のうち、自身の子にサプリメントを摂取させていると回答した母親は、小学生低学年で12.4%、高学年で14.6%、中学生で17.5%、高校生で21.3%であり、摂取させている理由は、健康維持や栄養補給を目的とした回答や成長のためという回答が多かった。

サプリメントにはカプセルや錠剤等の医薬品様の形状の製品や、グミやゼリーのような形状の製品等、様々な製品がある。中でも子供向けのサプリメントは摂取継続性を重視し、グミ、ウエハース、キャンディ等の菓子形状のものが多く流通しており、食べやすい反面、必要量以上に摂取することが懸念される。

そこで、アンケート調査による子供向けサプリメントの利用実態調査と市販品の試買調査を実施し、結果を情報発信することで消費者に子供向けサプリメントの適正な利用を促すことを目的とした。

試料及び方法

1 アンケート調査

18歳以下の子供がいる者を対象に、子供向けサプリメントに関するアンケートを実施した。アンケートの周知は研究所のホームページ、SNS (LINE, Facebook)、対面での呼びかけ、静岡県職員向けの全庁掲示板により実施し、回答媒体としてインターネットの「ふじのくに電子申請サービス」を利用した。

2 調査対象品

インターネット等で購入したグミ3銘柄、ウエハース3銘柄、錠剤・チュアブル4銘柄、粉末清涼飲料4銘柄の計14銘柄を調査対象品とした(表1)。

3 表示・価格調査

1日当たりの摂取目安量、栄養成分表示等について、製品の容器包装に記載されている表示を調査した。1日当たりの摂取目安量が記載されていない製品は、栄養成分表示に記載の成分量を1日当たりの摂取目安量とした。

価格調査には希望小売価格を使用した。希望小売価格がない製品は購入価格を使用した。

4 成分含有量調査

製品中のカルシウム及び鉄の含有量を以下の方法で測定した²⁾。

1) 試薬等

塩酸は関東化学株式会社製金属分析用、塩化ストロンチウム六水和物は富士フイルム和光純薬株式会社製原子

静岡県環境衛生科学研究所
(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉232-1)
Shizuoka Institute of Environment and Hygiene
(232-1, Yainaba, Fujieda, 426-0083, Japan)

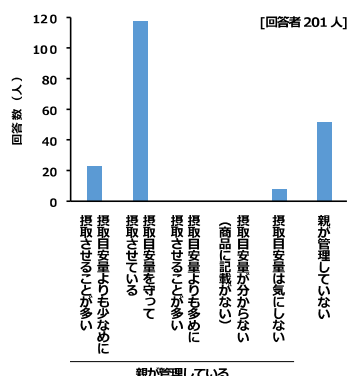


図4 サプリメントの管理

子供がサプリメントを摂取することについて不安な点がないかどうか質問したところ、有効な回答が得られた238人のうち146人(61.3%)が不安に感じていると回答した。その内訳として、「子供に有害な成分が入っていないか」、「副作用が現れないか」、「摂り過ぎてしまっていないか」の回答が多かった(図5)。

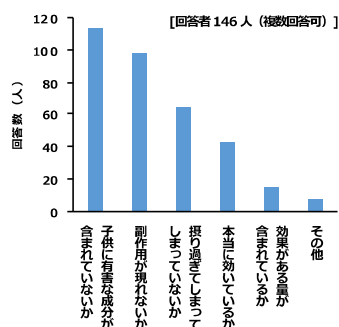


図5 子供のサプリメント摂取についての不安内容

2 市販品の試買調査

1) 調査対象品の選定

アンケート調査結果より、摂取者が多かったカルシウムと鉄を調査対象成分とした。また、形状は回答者が多かった粉末清涼飲料、錠剤・チュアブル及びグミに加え、カルシウム摂取者で多い形状であったウエハースを対象とした(全14銘柄、表1)。

2) 表示・価格調査

1日当たりの摂取目安量及び価格は表1のとおりであった。製品No.6は1日当たりの摂取目安量が記載されていなかったため、栄養成分表示に記載の成分量を1日当たりの摂取目安量とした。製品No.7, 8, 14は希望小売価格がなかったため、購入価格を使用した。

調査対象品のうち栄養機能食品は9製品あり、このうち当該栄養成分がカルシウムの製品は6製品、鉄の製品は5製品、ビタミンDの製品は4製品であった(表1)。食品表示基準により栄養機能食品の容器包装への記載が

義務付けられている内容(栄養機能食品である旨及び当該栄養成分の名称、栄養成分の機能、1日当たりの摂取目安量、摂取の方法、摂取をする上での注意事項、バランスのとれた食生活の普及啓発を図る文言、消費者庁の個別の審査を受けたものではない旨、1日当たりの摂取目安量に含まれる機能に関する表示を行っている栄養成分の量が栄養素等表示基準値に占める割合、栄養素等表示基準値の対象年齢及び基準熱量に関する文面)³⁾が、全ての栄養機能食品で記載されていた。各栄養機能食品中の栄養成分の機能に関する表示について、それぞれ食品表示基準で定められた「カルシウムは、骨や歯の形成に必要な栄養素です。」、「鉄は、赤血球を作るのに必要な栄養素です。」及び「ビタミンDは、腸管でのカルシウムの吸収を促進し、骨の形成を助ける栄養素です。」³⁾の文言が容器包装に記載されており、他の栄養成分の機能は記載されていなかった。栄養機能食品以外の製品は、栄養成分の機能が記載されていなかった。

鉄含有製品中の鉄について、ピロリン酸鉄として含まれている製品は9製品(製品No.2, 3, 5, 8, 10~14)、クエン酸鉄Naとして含まれている製品は1製品(製品No.6)であった。

3) 成分含有量調査

各製品のカルシウム及び鉄含有量を測定した(n=1, 表2, 3)。

表2 製品1g当たりのカルシウム含有量(測定値)

製品No.	1	3	4	5	6	7	9	11	12	13	14
カルシウム含有量(mg)	73	12	53	23	34	115	135	49	18	36	46

表3 製品1g当たりの鉄含有量(測定値)

製品No.	2	3	5	6	8	10	11	12	13	14
鉄含有量(mg)	5.25	0.73	0.44	0.13	4.88	5.52	0.58	0.44	0.29	0.35

各製品のカルシウム及び鉄含有量を、それぞれ栄養成分表示値と比較したところ、全ての製品で栄養成分表示値は、食品表示基準で定められた許容差の範囲(-20~+50%)³⁾内であった(図6, 7)。

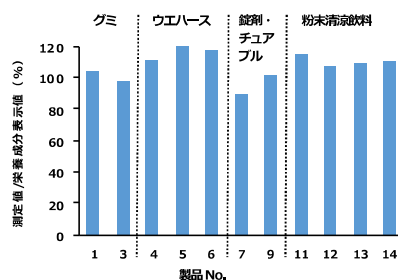


図6 カルシウム含有量の栄養成分表示値に対する測定値の割合

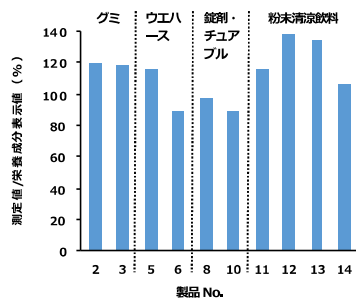


図7 鉄含有量の栄養成分表示値に対する測定値の割合

表2, 3の測定値をもとに、各製品に表示されている1日当たりの摂取目安量(表1)に含まれるカルシウム及び鉄の含有量を算出した(図8, 9)。1日当たりの摂取目安量に含まれる含有量は、カルシウムは98~1,001mg、鉄は0.88~26mgであり、カルシウム、鉄の両者とも製品間で大きく異なることが分かった。

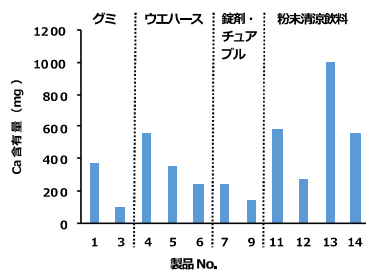


図8 1日の摂取目安量当たりのカルシウム含有量

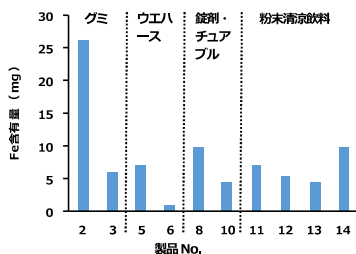


図9 1日の摂取目安量当たりの鉄含有量

4) 成分含有量当たりの価格調査

表1の価格及び表2, 3の測定値をもとに、価格100円当たりの含有量を調査したところ、カルシウムは179~3,353mg、鉄は4~89mgであり、価格と成分含有量の間に相関は見られなかった(図10, 11)。

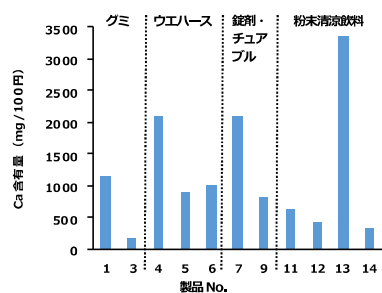


図10 価格100円当たりのカルシウム含有量

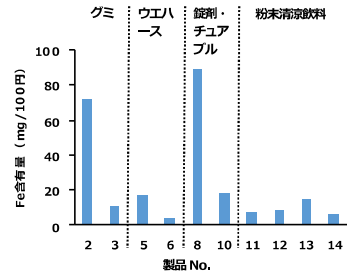


図11 価格100円当たりの鉄含有量

考 察

1 アンケート調査

アンケート調査により、幅広い年齢層の子供がサプリメントを利用し、栄養の補給や身体の成長促進を目的としている親が多いことが示唆された。これは先行研究¹⁾と同様の結果であった。摂取成分としてカルシウムや鉄が多く、カルシウム、鉄を摂取している子供のうち、栄養の補給や身体の成長促進を目的として親が摂取させていた子供は、それぞれ87%, 84%であった。そのため、栄養の補給や身体の成長促進を目的として、カルシウムや鉄を親が摂取させていた可能性がある。

親が摂取量を気にせずにサプリメントを摂取する子供は約3割存在し、その内訳は、0~6歳で9%, 7~12歳では19%, 13~18歳では42%であった。子供の年齢が低い場合でも、親が摂取目安量を管理せずにサプリメントを摂取する子供が一定数存在したため、そのような親に対してサプリメントの管理について注意喚起していく必要がある。

回答者全員のうち、子供のサプリメント摂取について不安に感じている者が約6割存在し、その内訳としてサプリメントの安全性や過剰摂取について心配している者が多かった。サプリメントの安全性について心配する者が多かった理由の1つとして、令和6年に機能性表示食品の紅麹関連製品に起因する健康被害が発生したこと⁴⁾が考えられる。また、今回のアンケートでは、子供の摂取量を管理している者が約7割存在した。過剰摂取を心配している者の多くが、子供の摂取量を管理していると考えられる。

2 市販品の試買調査

試買調査により、調査対象品に含まれるカルシウム及び鉄の含有量は、栄養成分表示値のとおりであった。栄養機能食品に関して容器包装への記載が義務付けられている内容は、全ての栄養機能食品で記載されていた。また、栄養成分の機能は全ての栄養機能食品で適切に表示されており、他の製品には記載されていなかった。

厚生労働大臣が定める「日本人の食事摂取基準」⁵⁾によるカルシウム及び鉄の推奨量は、年齢や性別により異なる。

る（表 4, 5）．例えば 12～14 歳の男性のカルシウムの推奨量は 1 日 1,000mg⁵⁾である．各製品の 1 日の摂取目安量当たりの含有量に、食事からの 1 日平均摂取量 624mg（7～14 歳）⁶⁾を加えると、今回の調査対象品について食事とサプリメント摂取を合わせて推奨量に達するものが 4 製品、達しないものが 7 製品あった（図 12）．また、鉄は月経がある 10～14 歳の女性の推奨量は 1 日 12.5mg⁵⁾である．各製品の 1 日の摂取目安量当たりの含有量に、食事からの 1 日平均摂取量 6.2mg（7～14 歳）⁶⁾を加えると、今回の調査対象品について食事とサプリメント摂取を合わせて推奨量に達するものが 5 製品、達しないものが 5 製品あった（図 13）．よって、年齢、性別、食事からの摂取量等を考慮して、個人に合った製品を選択する必要がある．

表 4 カルシウムの推奨量

年齢（歳）	推奨量（mg/日）	
	男性	女性
1～2	450	400
3～5	600	550
6～7	600	550
8～9	650	750
10～11	700	750
12～14	1,000	800
15～17	800	650

表 5 鉄の推奨量

年齢（歳）	推奨量（mg/日）		
	男性	女性	女性（月経あり）
1～2	4.0	4.0	—
3～5	5.0	5.0	—
6～7	6.0	6.0	—
8～9	7.5	8.0	—
10～11	9.5	9.0	12.5
12～14	9.0	8.0	12.5
15～17	9.0	6.5	11.0

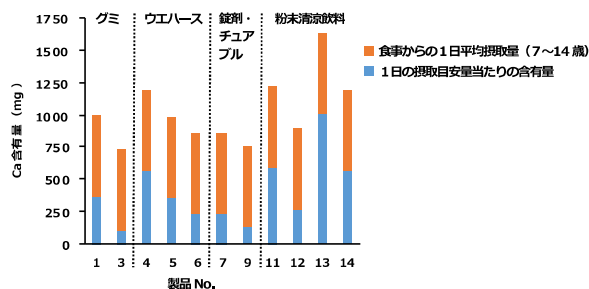


図 12 食事及びサプリメントからのカルシウム摂取量

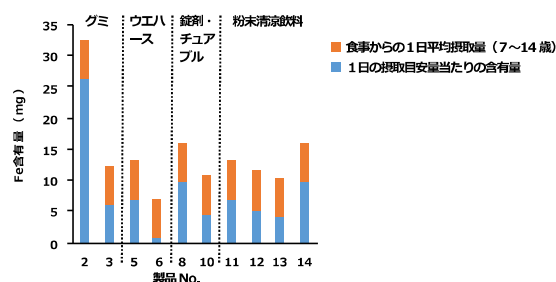


図 13 食事及びサプリメントからの鉄摂取量

カルシウムについて耐容上限量は小児に対しては設定されていないが、成人に対しては 1 日 2,500mg に設定されている⁵⁾．また、カルシウムの過剰摂取による健康被害として、高カルシウム血症が一般的に知られている⁷⁾．本研究の調査対象品の中では、粉末清涼飲料のカルシウム含有量が高い傾向が見られた．粉末清涼飲料は牛乳等で溶かして摂取することが一般的であり、実際に摂取するカルシウム量は図 8 で示した量よりも多くなる可能性がある．子供が粉末清涼飲料のサプリメントを継続して 1 日に数杯摂取する場合、カルシウムを過剰に摂取していないか注意することが望ましい．

鉄については耐容上限量が設定されていない⁵⁾ものの、アメリカ食品医薬品局(FDA)は、6 歳以下の小児について鉄剤の誤飲による急性中毒を警告している⁸⁾．また、20mg/kg 以上の鉄剤の摂取は胃腸症状等の急性中毒のリスクがあり、60mg/kg 以上摂取すると肝壊死等重度の症状を呈する可能性が報告されている⁹⁾．本研究の調査対象品の中には、摂取目安量（2 粒）あたり 20mg 以上の高用量の鉄が含まれているグミがあった（製品 No.1）．このグミ中の鉄は医薬品の鉄剤としても使用されるピロリン酸鉄の形で含まれており、体重 20kg の子供が 1 袋（40 粒）摂取した場合は摂取量が 20mg/kg を超えるため、急性中毒のリスクがある．一方、表示では乳幼児及び小児は摂取を控えるよう注意喚起していた．そのため、製品選択時は成分の種類だけでなく含有量や摂取上の注意事項について留意する必要がある．

3 今後の課題

今回のアンケート調査では半数以上の子供がサプリメントを利用していたが、先行研究では約 2 割の子供がサプリメントを利用していた¹⁾．サプリメントを摂取している者の割合が先行研究と比較して多かった理由として、子供がサプリメントを利用していない者が回答を控えた可能性がある．製品を利用していない者に対してもアンケートを行ってもらえるよう、アンケート方法を工夫する必要がある．

カルシウムや鉄の摂取については含有量だけでなく腸

管における吸収率も重要である。食事等から摂取したビタミンDは、肝臓及び腎臓で水酸化されることにより腸管からのカルシウムの吸収を促進する¹⁰⁾。今回の調査では、多くのカルシウム含有製品がビタミンDも含有していた(製品 No.1, 4, 5, 7, 9, 11~14)。これらの製品について、栄養成分表示値に示されたカルシウムとビタミンDの含有量に相関は見られなかった($R^2=0.000$)。そのため、カルシウム含有製品を選択する場合は、食事からのカルシウムとビタミンDの摂取量に応じて適切な製品を選択する必要があると考えられることから、消費者のカルシウムとビタミンD両方の摂取状況について調査を実施することが望ましい。また、食品中の鉄は10~15%がヘム鉄で残りが非ヘム鉄であるが、非ヘム鉄の吸収率はヘム鉄よりも低い¹¹⁾。今回の調査対象品中の鉄は全て、医薬品の鉄剤と同様、ピロリン酸鉄やクエン酸鉄Naといった非ヘム鉄として添加されている製品であり、吸収率は医薬品の鉄剤の成分に近いと考えられる。鉄剤の副作用として、悪心・嘔吐、腹痛、下痢等の胃腸症状があり^{12,13)}、鉄含有サプリメントについても1日当たりの摂取目安量を超えて摂取した場合に同様の症状が現れる可能性がある。また、推奨量を大きく超過した鉄含有サプリメントを慢性的に服用した者が、鉄過剰症を発症した事例が複数報告されている¹⁴⁾。慢性的な鉄の過剰摂取による有害事象について、今後も注視していく必要があると考えられる。

まとめ

18歳以下の子を持つ親を対象としたアンケート調査の結果、サプリメント摂取者のうち、親が栄養の補給や身体の成長促進を目的に摂取させている子供が約7割、親が摂取量を管理せずにサプリメントを摂取する子供が約3割存在したこと等が分かった。

また、試買調査の結果、調査対象品のカルシウム及び鉄の栄養成分表示値は、正しく表示されていた。カルシウムと鉄について、1日当たりの摂取目安量に含まれる含有量が製品間で大きく異なっていたこと、価格と成分含有量の間に相関は見られなかったこと、食事からの摂取量を加味しても推奨量を満たす製品と満たさない製品があったこと、乳幼児や小児は摂取を控えるよう注意喚起している製品があったこと等が分かった。

製品選択時は成分の種類や価格だけでなく含有量、摂取上の注意事項、製品の管理方法等について留意する必要があると考えられる。

文 献

- 1) 千葉剛：小学生から高校生における健康食品・サプリメントの利用実態調査。「健康食品」の安全性・有効性情報データベースを活用した健康食品の安全性確保に関する研究 分担研究報告書 (2018)。
- 2) 消費者庁通知：食品表示基準について。消食表第139号。平成27年3月30日 別添栄養成分等の分析方法等。
- 3) 内閣府令：食品表示基準。内閣府令第10号。平成27年3月20日 本則、別表第9, 11。
- 4) 消費者庁：機能性表示食品を巡る検討会報告書。令和6年5月27日。
- 5) 厚生労働省：「日本人の食事摂取基準 (2025年度版)」策定検討会報告書。令和6年10月。
- 6) 厚生労働省：令和5年国民健康・栄養調査結果の概要。令和6年11月25日。
- 7) Institute of Medicine：Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. National Academies Press, Washington, D.C. (2011)。
- 8) Food and Drug Administration：Iron-Containing Supplements and Drugs: Label Warning Statements and Unit-Dose Packaging Requirements. *Federal Register*, 62(10), 2218-2250 (1997)。
- 9) Baranwal AK, et al.：Acute Iron Poisoning: Management Guidelines. *Indian Pediatr.*, 40(6), 534-540 (2003)。
- 10) EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA)：Dietary reference values for vitamin D. *EFSA J.*, 14(10), e04547 (2016)。
- 11) Piskin E, et al.：Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods. *ACS Omega*, 7(24), 20441-20456 (2022)。
- 12) 添付文書：フェロミア錠 50mg フェロミア顆粒 8.3%。2025年2月改訂 (第2版)。
<https://pins.japic.or.jp/pdf/newPINS/00054284.pdf>
- 13) 添付文書：インクレミンシロップ 5%。2023年7月改訂 (第1版)。
<https://pins.japic.or.jp/pdf/newPINS/00054091.pdf>
- 14) 独立行政法人国民生活センター：海外事業者の鉄サプリメントの長期使用により鉄過剰症を発症。令和6年12月25日。
https://www.kokusen.go.jp/pdf/n-20241225_1.pdf

静岡県内のオゾン生成ポテンシャルの日内変動の把握

大気水質部 大気騒音環境班 金子亜由美, 横澤賢, 太田良和弘

Diurnal Variation of Ozone Formation Potential in Shizuoka Prefecture

Ayumi KANEKO, Ken YOKOZAWA and Kazuhiro OHTARA

大気汚染物質である光化学オキシダント(以下, Ox)は, 大気中の窒素酸化物や非メタン炭化水素等の揮発性有機化合物(以下, VOC)が紫外線による光化学反応を起こすことにより生成する. 先行研究により, 本県では大気中の VOC 成分のうち, トルエン由来のオゾン生成ポテンシャル(以下, OFP)が高いことが確認されている. しかし, VOC はオゾン生成に寄与するため, 昼間の OFP を低く見積もっている可能性がある. そこで, Ox 濃度が高くなると予想される晴天時に夜, 昼それぞれの OFP を調査した. その結果, 昼の OFP の減少は明確には確認されなかった. VOC 各成分由来の OFP の構成比の昼夜比較では, Ox 濃度が基準を超えた日にトルエンの昼間の比が小さくなり, トルエンが Ox 発生に寄与していると推定された.

Key words: 光化学オキシダント, 揮発性有機化合物, オゾン生成ポテンシャル, 日内変動
photochemical oxidant, volatile organic compounds, ozone formation potential, diurnal variation

はじめに

大気汚染物質である光化学オキシダント(以下, Ox)は, 大気中の窒素酸化物や非メタン炭化水素等の揮発性有機化合物(以下, VOC)が紫外線による光化学反応を起こすことにより生成する. Ox は全国的に環境基準未達成となっており, 県内においても Ox を監視している全ての大気常時監視測定局(以下, 測定局)で未達成である. 2022 年度に実施した先行研究により, 本県で大気中の VOC 成分のうち, トルエン由来のオゾン生成ポテンシャル(以下, OFP)が高いことが確認されている¹⁾. しかし, VOC はオゾン生成に寄与するため, 24 時間の試料採取による OFP の算出では昼間の OFP を低く見積もる可能性がある. そこで, 夜間と昼間とに分けて大気中の VOC を測定し, OFP の日内変動を把握することを試みた.

方法

1 調査地点

先行研究で調査対象とした測定局 6 地点について, Ox 濃度が高くなる日数及び時間を比較し, 調査対象の測定局を決定した.

2 大気採取

1) 採取機材

キャニスター: GL-Scan 6L(RESTEK 製)

サンプリングタイマー:

EN39-TM1200S(Ectech 製)

フィルター:

FW シリーズ・フィルター $2\mu\text{m}$ (Swagelok 製)

パッシブキャニスターサンプラー:

HEMMI PF5201A3155(HEMMI SLIDE RULE co.,LTD. 製)

キャニスターはあらかじめ洗浄後, 超純水 $100\mu\text{L}$ を加え, 窒素ガスで 200kPa に加圧してブランクが十分低いことを確認し, 採取前日又は当日に高真空排気後, 超純水 $100\mu\text{L}$ を加えたものを使用した.

2) 大気採取

静岡県環境衛生科学研究所
(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉 232-1)

Shizuoka Institute of Environment and Hygiene
(232-1, yainaba, fujieda, 426-0083, Japan)



図1 試料採取

キャニスターにサンプリングタイマー、パッシブキャニスターサンプラー、フィルターを取り付け、測定局に設置している採気管に接続して、大気試料を採取した。採取の状況を図1に示す。採取は

17:00 から 9:00 の 16 時間（夜間）及びその後の 9:00 から 17:00 の 8 時間（昼間）に分けて、それぞれ別のキャニスターに採取した。採取時の流速は採取時間によらず約 3.0mL/分とした²⁾。

3 分析

1) 試薬等

標準ガス：有害大気汚染物質測定用標準ガス
HAPs-J44+HC7成分 100ppb バランス
ガス N₂（住友精化㈱製）
内標準ガス：トルエン-D₈ 5ppb バランスガス N₂
（住友精化㈱製）

希釈ガス：環境用純窒素（太陽日酸 JFP㈱製）

2) 機器及び分析条件

希釈装置：キャニスター濃縮導入装置 CC2100
（ジーエルサイエンス㈱製）

分析機器：島津ガスクロマトグラフ質量分析計
GCMS-QP2020NX（㈱島津製作所製）

キャニスターに採取した大気試料は、希釈ガスで 200kPa に加圧希釈して分析試料とした。分析は有害大気汚染物質等測定方法マニュアルに従い分析した。分析条件を表1に示す。

表1 分析条件

分析条件	
濃縮量	200mL
カラム	Rtx-624 0.25mm×60m、1.4μm
カラム昇温条件	40°C(5min)→3.5°C/min→60°C→6°C/min →120°C→16°C/min→200°C(12min)
イオン源温度	210°C
インターフェース温度	210°C
キャリアガス	ヘリウム
検出方法	SIM法(定量)

4 オゾン生成ポテンシャルの算出

得られた測定値を希釈率で補正し、採取した大気試料中の VOC 成分の濃度を算出した。この濃度に

最大オゾン生成能（以下、MIR）（表2）を乗じて、VOC 毎に OFP を算出した。解析の対象は、測定可能な VOC50 成分のうち、MIR が既知の 40 成分とした。

表2 最大オゾン生成能

No.	化合物名	MIR	分類	No.	化合物名	MIR	分類
1	イソブタン	1.23	アルカン類	21	1,1-ジクロロエチレン	1.79	その他
2	ブタン	1.15		22	3-クロロ-1-プロペン	12.22	
3	ペンタン	1.31		23	ジクロロメタン	0.041	
4	ヘキサン	1.24		24	アクリロニトリル	2.24	
5	デカン	0.88		25	1,1-ジクロロエタン	0.089	
6	ウンデカン	0.61	アルケン類	26	cis-1,2-ジクロロエチレン	1.7	その他
7	1,3-ブタジエン	12.61		27	クロロホルム	0.022	
8	c-2-ブテン	14.24		28	1,1,1-トリクロロエタン	0.0049	
9	ペンゼン	0.72		29	テトラクロロメタン	0	
10	トルエン	4		30	1,2-ジクロロエタン	0.21	
11	エチルベンゼン	3.04	芳香族炭化水素	31	トリクロロエチレン	0.64	その他
12	m,p-キシレン	7.795		32	1,2-ジクロロプロパン	0.29	
13	o-キシレン	7.84		33	o-1,3-ジクロロプロベン	3.7	
14	スチレン	1.73		34	t-1,3-ジクロロプロベン	5.03	
15	4-エチルトルエン	4.44		35	1,1,2-トリクロロエタン	0.086	
16	1,3,5-トリメチルベンゼン	11.76	その他	36	テトラクロロエチレン	0.031	その他
17	1,2,4-トリメチルベンゼン	8.87		37	1,2-ジプロモエタン	0.102	
18	クロロメタン	0.038		38	モノクロロベンゼン	0.32	
19	ビニルクロライド	2.83		39	1,4-ジクロロベンゼン	0.178	
20	エチルクロライド	0.29		40	1,2-ジクロロベンゼン	0.178	

結果

1 調査地点

先行研究で調査対象とした測定局 6 地点について、Ox 濃度が高くなる日数、時間及び 1 時間値の最高値を図2に示した。Ox 濃度が高くなる日数等は自排三島、富士市鷹岡小学校の順となった。サンプリングタイマーを使用することから、屋内での採取が可能な富士市鷹岡小学校を調査地点とした。

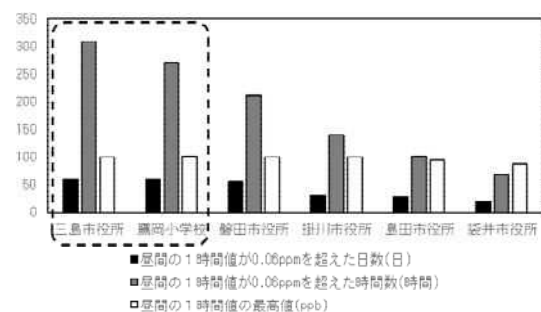


図2 調査地点光化学オキシダント監視結果

2 大気採取

晴天が続く、予想最高気温が 30°C を超える日の前日から大気採取を行った。大気採取は 6 月 5 日～6 月 6 日、7 月 22 日～7 月 23 日及び 9 月 4 日～9 月 5 日の 3 回行った。昼の検体の採取日の Ox の最高濃度はそれぞれ、65ppb、63ppb、50ppb であり、環境基準を超過した調査日は 6 月及び 7 月であった（図3）。

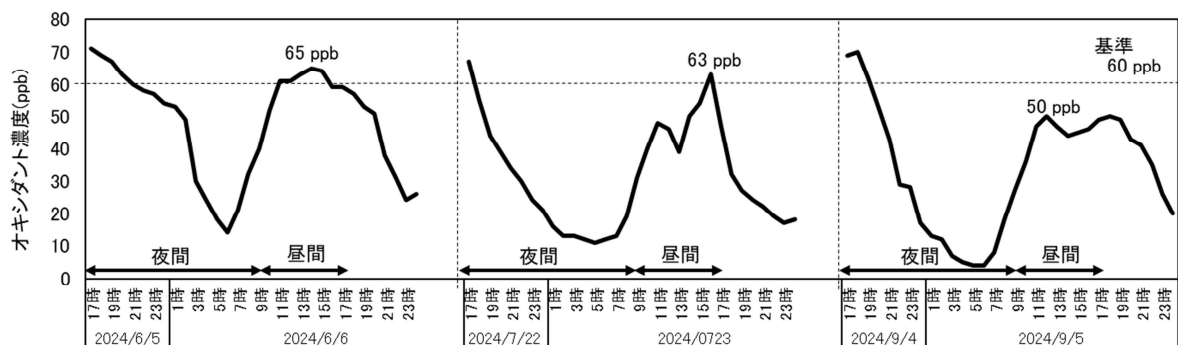


図3 調査日の光化学オキシダント濃度

3 VOC 各成分の濃度

VOC 各成分の濃度の積み上げグラフを図4に示す。

VOC 濃度の合計では、明確に昼に低くなることは確認できなかった。トルエンについては、3回全ての調査において、昼の濃度が夜間よりも低下した。

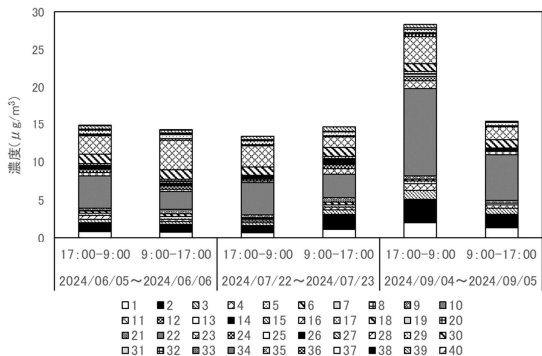


図4 VOC 各成分の濃度

4 オゾン生成ポテンシャルの算出

測定で得られた VOC 濃度に MIR を乗じて OFP を算出した。

各 VOC 成分由来の OFP の合計を昼夜で比較した (図5)。 OFP の合計で見ると 6 月及び 9 月は夜

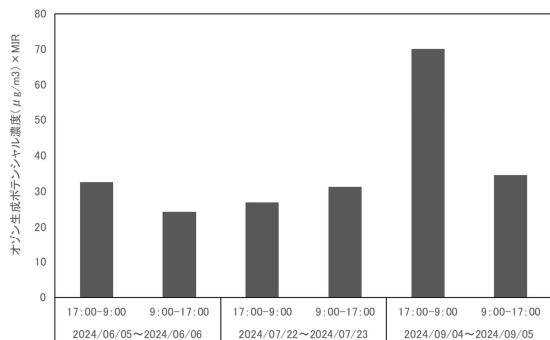


図5 オゾン生成ポテンシャル(合計)

よりも昼の OFP のほうが低く、7 月は高くなった。

オゾン生成に寄与する VOC 成分は他の成分と比較して昼に減少していると仮定し、昼夜で OFP に占める各 VOC 成分の構成比を比較した (図6)。 OFP に占めるトルエンの構成比は、6 月及び 7 月に夜間と比較して昼間小さくなった。一方、9 月には夜間と昼間で差がなかった。

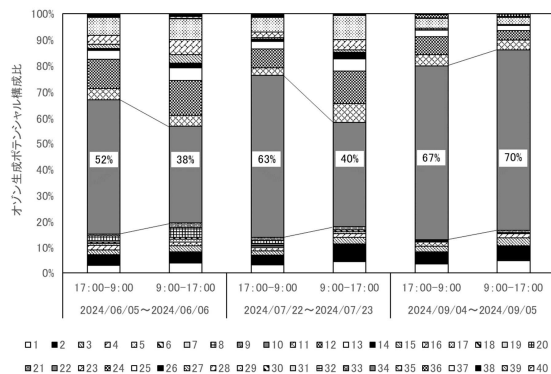


図6 オゾン生成ポテンシャル構成比

考察

1 VOC 各成分の濃度

夜間と昼間の濃度を比較したところ、濃度の合計では昼間に濃度が下がる明確な傾向は見られなかった。トルエンについては、3 回の調査ともに昼間の濃度が低くなった。

2 オゾン生成ポテンシャル

OFP の合計では、6 月及び 9 月は夜よりも昼の OFP が低く、7 月は高くなった。一方、Ox 濃度は 6 月及び 7 月に 60ppb を超過し、9 月には 50ppb にとどまり、OFP の合計では、Ox 濃度の上昇による昼間の低下の傾向は確認できなかった。

昼夜で OFP に占める各 VOC 成分の構成比を比較したところ、トルエンについては、6 月及び 7 月に昼間の構成比が低下し、9 月には変化しなかった。3 回の調査の結果ではあるが、Ox 濃度上昇により、昼間にトルエンの OFP が低下している可能性がある。

まとめ

晴天及び高温となる昼間には VOC はオゾン生成によって消費される。一方、大気中の VOC 濃度は通常 1 日の平均値として測定されるため、算出した OFP は低く見積もられている可能性がある。そこで、大気試料を夜間と昼間とに分けて採取、測定し、OFP の日内変動を把握することを試みた。その結果、昼の OFP の減少は明確には確認されなかったが、VOC 各成分由来の OFP の構成比の昼夜比較では、Ox 濃度が高い日に昼間のトルエン由来の OFP 構成比が低くなった。一方、Ox 濃度が低い日には、夜間と昼間のトルエン由来の OFP の構成比が同程度であった。3 回の調査ではあるが、トルエンが Ox 発生に寄与していると推定される。今後、同様の調査を繰り返し行い、Ox 濃度が低い日にトルエンの OFP の構成比が夜間と昼間で変化しないかを確認し、そのうえで、高 Ox となる日の OFP に日内変動について把握し、Ox 対策のための基礎資料としたい。

文献

- 1) 結城茜他：光化学オキシダント対策に向けた静岡県内大気中の揮発性化合物調査，静岡県環境衛生科学研究所報告，65，58-62(2022)
- 2) 上田真久他：名古屋市における揮発性有機化合物の昼夜観測，名古屋市環境科学調査センター年報，10，30-35(2021)

不織布を適用した低周波風防の屋外における性能検証

大気水質部 大気騒音環境班 村井範之

Measurement of Outdoor Wind Noise by a Wind Proof Screen for Low Frequency Sound using
a Thin Non-woven Fabric

Noriyuki MURAI

本報告では、厚さ 0.2 mm の薄膜状不織布を使用した低周波音測定のための半球型 2 次防風スクリーン開発品について、屋外における性能検証結果を報告する。

屋外における測定で、開発品は WS-15 より大きな風雑音の低減効果を示した。さらに風力発電施設近傍の測定で、開発品 WS が WS-15 より風速による音圧レベルの増加に対し、大きな低減効果を示した。

Key words: 防風スクリーン, 風雑音低減, 低周波騒音, 風力発電施設
wind-screen, wind-induced noise reduction, low frequency noise, wind power generation facility

はじめに

屋外における騒音測定では、風雑音を防ぐために防風スクリーンが用いられている。当所では、開発した不織布を適用した低周波風防（以下「開発品 WS」という。）を用いて、全天候型防風スクリーン WS-15 と比較したところ、1 Hz～160 Hz の 1/3 オクターブバンド周波数において平坦特性音圧レベルで平均 16.7 dB の風雑音を改善したことを報告している¹⁾。また、16 Hz から 16k Hz の周波数帯域における開発品の挿入損失は、平均 0.3 dB であった¹⁾。この結果を踏まえ、屋外での性能評価を行った。

方法

1 バイパス道路近傍での屋外測定

屋外（当研究所敷地）において、開発品 WS と WS-15 の風雑音低減に関する性能を測定した。開発品 WS は、木材ボードに固定した精密騒音計（リオン製 NL-52A）付属のマイクロホン UC-59 に 7 cm φ WS を一次 WS(図 1)として、その上に被せて設置した(図 2)。比較のための WS-15 は、木材ボードに固定した精密騒音計（リオン製 NL-52）付属のマイクロホン UC-59 に装着して測定した(図 3)。測定条件を Tabel 1 に示す。



図 1 Sound level meter

また、併せてデータロガー付きデジタル風速計（CEM 社製 DH-187）を用いて風速を測定した(図 2)。

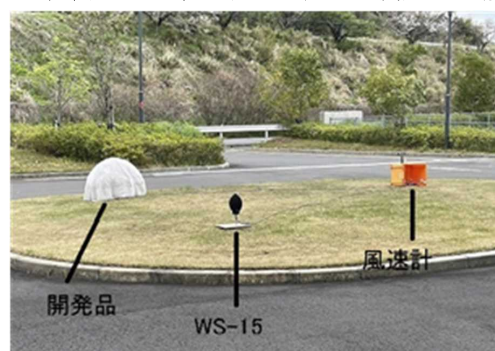


図 2 Measurement field

静岡県環境衛生科学研究所
(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉 232-1)
Shizuoka Institute of Environment and Hygiene
(232-1, Yainaba, Fujieda, 426-0083, Japan)



図 3 WS-15 fixed to a wood board

表 1 Measurement conditions

演算	3秒間の LZeq (等価音圧レベル)
測定時間	約1時間

測定で得られた等価音圧レベルについては、平均風速 3 m/s 以上のデータを抽出した (1188 data)。次に統計処理として、図 4 に示す様にヒストグラムを作成した。

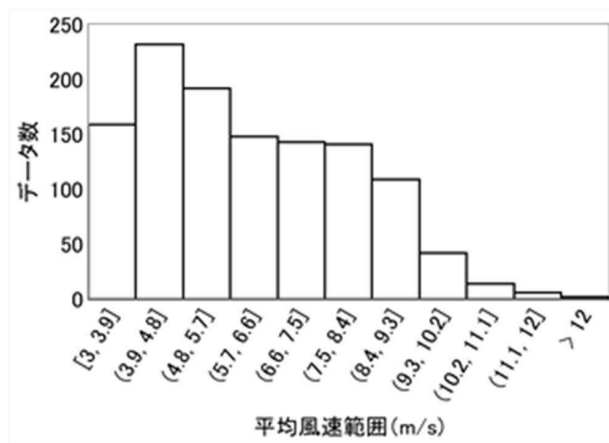


図 4 Histogram

なお、平均風速範囲からステージスの公式 (eq.(1)) により 11 の階級区間に分けた。さらに同区間のデータについては、箱ひげ図により異常値 (19 data) を除外した。

$$\text{階級区間数 } k = 1 + \log_2 N \quad (N=1188 \text{ data}) \quad (1)$$

2 風力発電施設「潮風」の測定

掛川市大須賀浄化センター内 (掛川市沖之須) にある風力発電施設「潮風」(図 5) 近傍において、バイパス道路近傍での測定と同様に開発品 WS と WS-15 の風雑音低減に関する性能を測定した(図 6)。測定条件を表 2 に示

す。なお、「潮風」の仕様は表 3 に示す。



図 5 Wind power generation facility “Shiokaze”

表 2 Measurement conditions

演算	3秒間の LZeq (等価音圧レベル)
測定時間	約 45 分
気温	10.2℃
湿度	38%
風速 (平均, 中央値, 最大)	6.7, 6.7, 11.9 m/s

表 3 Performance of “Shiokaze”

風車形式	アップウインド
カットイン風速	4m/s
定格風速	15 m/s
定格出力	660 kw
カットアウト風速	25 m/s
タワー高さ	50 m
ロータ直径	47 m

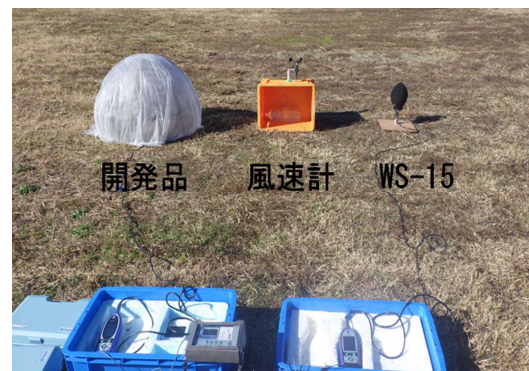


図 6 Measurement field

結果及び考察

1 バイパス道路近傍での屋外測定結果

平均風速 v と等価音圧レベル LZeq の関係を図 7 に示す。測定により得られた両者の関係は、以下のとおり

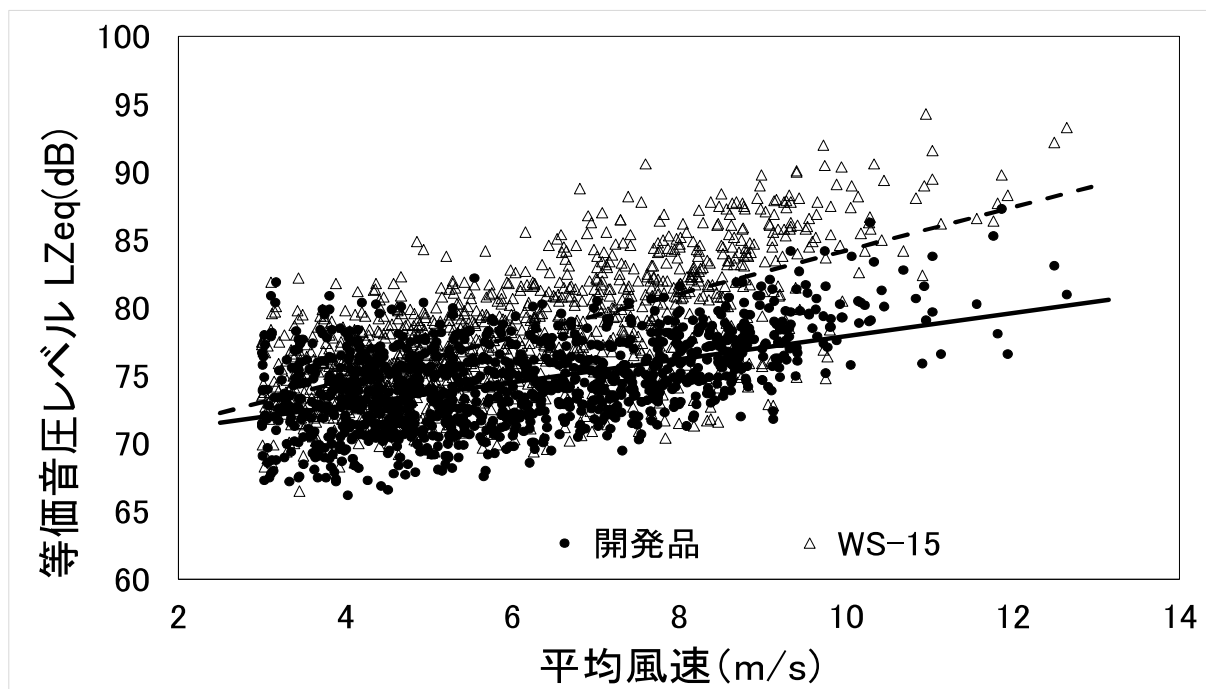


図7 A relationship between averaged wind speeds and equivalent sound pressure levels – Comparison between a developed WS and WS-15

である。

開発品 WS : $L_{Zeq}=0.85v+69.4$ (2)

(相関 $r^2=0.27$; 1169 data)

WS-15 : $L_{Zeq}=1.60v+68.3$ (3)

(相関 $r^2=0.44$; 1169 data)

例えば、これらの近似式の風速 v に、11 m/s を代入すると、開発品 WS の L_{Zeq} は、78.8 dB、WS-15 の L_{Zeq} は、85.9 dB となり、開発品 WS は 7.1 dB 風雑音が低いという結果を得られた。

2 風力発電施設「潮風」の測定

測定により得られた風速と等価音圧レベルの関係について、風速 8 m/s で開発品 WS の L_{Zeq} は、75.3 dB、WS の L_{Zeq} は、82.2 dB となり、開発品 WS は 6.9 dB L_{Zeq} が低いという結果を得られた。

まとめ

今回の屋外における測定で、開発品は WS-15 より大きな風雑音の低減効果を示した。また、風力発電施設近傍の測定で、開発品 WS が WS-15 より風速による音圧レベルの増加に対し、大きな低減効果を示した。さらに無響室内における実験で開発品による低減挿入損失はわずかであることが判明している¹⁾。

以上のことから開発品は風雑音を除外し、開発品は風雑音を除外し、風車騒音を受音するための風車騒音測定用 WS として十分な性能を示すことができた。

謝 辞

屋外(当研究所敷地及び風力発電施設「潮風」)における測定とデータ解析に、技術指導いただきました工業技術研究所照明音響科の木野科長に感謝します。また、本研究を始めた環境局生活環境課の小田専門主査に感謝します。

文 献

- 1) 小田祐一他：低周波風防への不織布の適用，騒音制御，Vol.47, No.4 (2023) pp.176-180.
- 2) 村井範之他：不織布を適用した低周波風防による屋外風雑音の測定，日本騒音制御工学会 2024 年秋季研究発表会講演論文集.京都市,2024 年 11 月,公益社団法人日本騒音制御工学会

近接する3地点のオキシダント濃度の同等性調査

大気水質部 大気騒音環境班 上野千恵, 渡邊崇之, 太田良和弘

Equivalence Investigation about Photochemical Oxidant Concentration of Three Nearby Locations

Chie UENO, Takayuki WATANABE and Kazuhiro OHTARA

静岡県と7市（静岡市、浜松市、沼津市、三島市、富士宮市、富士市、藤枝市）は、県内各地に大気常時監視測定局を設置しており、そのうち、藤枝市は、市内にある清掃工場の近隣に1局測定局（以下、「市有局」という）を設置している。市有局では、光化学オキシダント（Ox）を常時監視しているが、工場移転に伴い、市有局を移転する可能性があり、Ox 常時監視の代替地の検討が必要となる。

そこで、市有局と同じ市内にある自排車排出ガス藤枝測定局（以下、「自排藤枝局」という）及び当研究所のOx 濃度の同等性等を調査し、Ox 濃度測定地点の代替地として可能な地点を検証した。

自排局と市有局のOx1時間値の差を算出した結果、約6割の測定値が指示誤差の範囲内で、約8割の測定値が事務処理基準の代替地点の許容範囲内にあった。一方、市有局と研究所はOx1時間値の差を算出した結果、約3割の測定値が指示誤差の範囲内で、約4割の測定値が事務処理基準の代替地点の許容範囲内にあった。

また、線形回帰式の近似直線において、自排局と市有局及び研究所と市有局の傾きを算出した結果、自排局と市有局は一致度が高く、一方で、研究所は市有局より低値傾向であった。

これらの結果から、自排局を市有局のOx 常時監視の測定地点の代替地とすることが可能であることが示唆された。

Key words: 光化学オキシダント, 適正配置, 窒素酸化物, 大気常時監視

photochemical oxidant, optimal allocation, nitrogen oxides, continuous Monitoring of air pollution

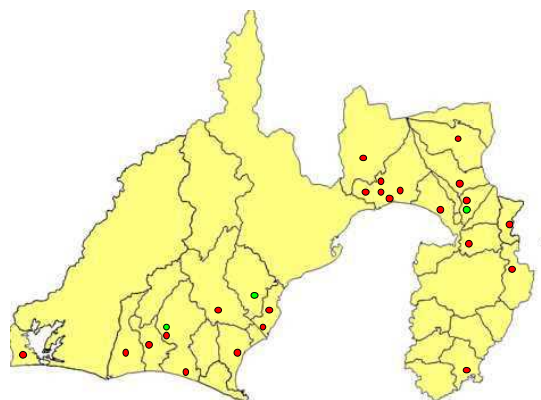
はじめに

静岡県における大気常時監視測定局の整備は大気汚染防止法第22条に基づき、1970年代から始まった。

測定局には、大気汚染状況を常時監視するための一般環境大気測定局（以下、「一般局」という）と自動車走行による排出物質に起因する大気汚染状況を常時監視するための自動車排出ガス測定局（以下、「自排局」という）があり、静岡県では、東部地区に9局（一般局8局、自排局1局）、富士富士宮地区に6局（一般局6局）、中部西部地区に11局（一般局9局、自排局2局）の計26局設置されている（図1）。

大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準（以下、「事務処

理基準」という）¹⁾に規定されている測定項目は、二酸化硫黄、浮遊粒子状物質、二酸化窒素、光化学オキシダント、非メタン炭化水素、微小粒子状物質があり、事務処理基準に基づき、地域の状況を勘案して各測定局において必要な項目について測定を実施している。



● 一般局 ● 自排局

図1 静岡県有の大気常時監視測定局

静岡県環境衛生科学研究所

(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉 232-1)

Shizuoka Institute of Environment and Hygiene

(232-1, Yainaba, Fujiieda, 426-0083, Japan)

光化学オキシダント(Ox)は県内全測定局において環境基準を達成できておらず、Oxが高濃度になると健康被害が発生する可能性があるため、高濃度になった場合、県の発令基準に基づき、注意報等を発令することとなっている。

Oxの常時監視は、静岡県を19地区に分け、県内にある43の測定局にオキシダント計を設置して実施している(図2)。

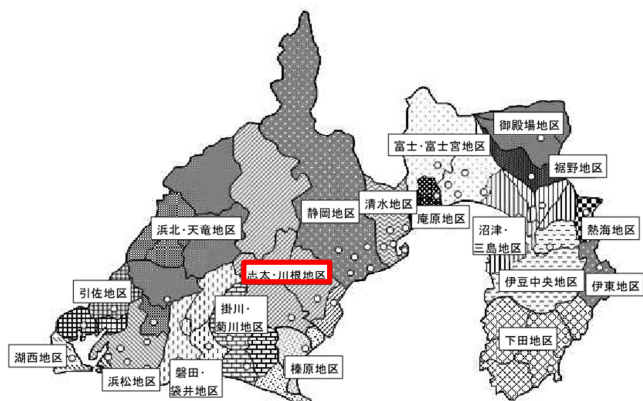


図2 光化学オキシダント常時監視測定局

このうち、志太・川根地区は市有局、焼津中学校測定局、島田市役所測定局の3局にオキシダント計を設置している。市有局は、清掃工場近隣に設置されており、清掃工場移転に伴い、測定局を新清掃工場の近くに移転する可能性がある。その場合、現地点と異なり、市街地から離れた地点となり、志太・川根地区のOxの監視局として望ましい地点とはいえず、市街地周辺の別の場所に測定地点を設置する必要がある。

そこで、本研究では、市有局と同じ市内の自排藤枝局及び当研究所と市有局とのOx濃度の同等性等を調査し、Ox濃度の代替地として可能な地点について検証した。

方法

1 測定地点及び測定時期

市有局、自排藤枝局、研究所及び清掃工場移転地の位置関係を図3に示す。研究所、自排藤枝局は清掃工場移転地より市街地にあり、研究所は事務処理基準上では、一般局となる。一方、自排局は自動車走行による大気汚染状況を把握するために設置されている測定局であり、自動車排出ガスから排出される一酸化窒素(NO)がOxを還元することによりOx濃度に影響を与えることが想定されるため、従来、自排局にはOx濃度の常時監視は行っていない。しかし、昨年度の研究²⁾において、一般局と近隣の自排局のOx濃度同等性が高いことが確認されており、当該自排局も同様である可能性があ

る。



図3 市有局、自排藤枝局、研究所及び清掃工場移転地の位置関係(国土地理院標準地図を使用)

これらのことから、自排藤枝局及び研究所にOx濃度が高濃度となりやすい5月～9月(研究所は8月28日まで)にオキシダント計を設置し、市有局とのOx濃度の同等性等について検証した。

2 自排藤枝局、研究所と市有局のOx濃度の比較

Ox濃度の1時間値について、2局間(自排局・市有局、研究所・市有局)の1時間値の差の評価、相関及び線形回帰式の近似直線を算出した。

3 他局との比較

志太・川根地区に設置されている3局とのOx濃度の相関を算出し、それぞれの相関について比較を行った。

4 窒素酸化物におけるOxに対する影響評価

市有局と自排局のNO及び二酸化窒素(NO₂)濃度の1時間値の差とOx濃度の1時間値の差の相関を算出した。

結果及び考察

1 自排藤枝局、研究所と市有局のOx濃度の比較

2局間の1時間値の差を算出した結果を表1に示す。

環境大気常時監視マニュアル³⁾における自動測定機の基本仕様の指示誤差として最大目盛りの±4%となっており、最大目盛りが100ppbのとき、±4ppbが指示誤差となる。測定結果のうち、上記指示誤差の範囲に入る測定値は、自排藤枝局は64.1%、研究所は31.2%含まれていた。

また、事務処理基準では、要件を満たすことができない採取口の場合の代替地点の選定基準として1時間値の平均値の差が大気環境基準の下限値の1/10を超えないこととなっており、Oxの大気環境基準値60ppbの1/10

の6ppbを超えないことが要件となる。測定結果のうち、この要件に入る測定値は、自排藤枝局は81.4%、研究所は42.5%含まれていた。また、自排藤枝局の9.8%が市有局の測定値より6ppm低値を示し、8.8%が高値を示した。一方、研究所の57.2%が市有局の1時間値より6ppm低値を示し、0.3%が高値を示した。

表1 市有局と各測定局の1時間値の差の割合

範囲 (ppb)	測定値数		割合	
	研究所	自排局	研究所	自排局
～-10	867	109	34.5%	3.9%
-10～-6	572	163	22.7%	5.9%
-6～-4	270	195	10.7%	7.0%
-4～4	785	1776	31.2%	64.1%
4～6	15	283	0.6%	10.2%
6～10	6	206	0.2%	7.4%
10～	1	37	0.0%	1.3%
合計	2516	2769		

※ 5月1日～9月30日の欠測値を除く1時間値

次に、自排局、研究所と市有局のOx濃度の1時間値の相関係数、近似直線及び決定係数を図4、5に示す。

市有局と自排局の相関は0.9549、市有局と研究所の相関は0.9080とどちらも市有局と高い相関があった。また、線形回帰式の近似直線において、自排局は1.0053、決定係数は0.9204で、市有局の値とのばらつきが小さく、一致度が高いことが示唆された。一方、研究所の傾きは0.7861、決定係数は0.8123で、市有局の値とのばらつきがやや大きく、低値傾向になることが示唆された。

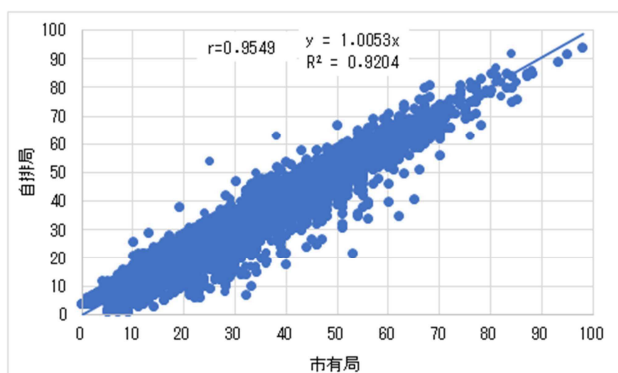


図4 市有局と自排藤枝局のOx濃度の1時間値の関係

2 他局との比較

志太・川根地区にある3測定局と自排局、研究所の相関係数の比較を表2に示す。全ての測定局及び研究所にお

いて、相関係数が0.9に近く、高い相関を示した。焼津中、

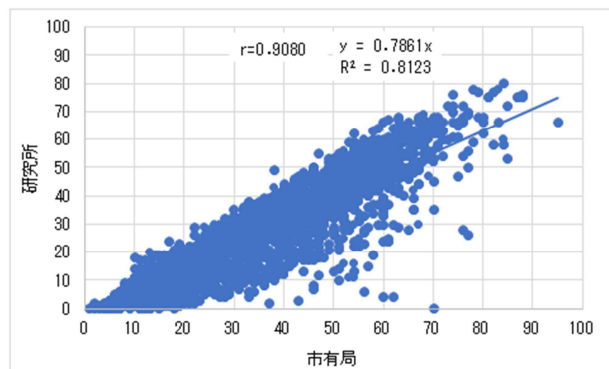


図5 市有局と研究所のOx濃度の1時間値

表2 研究所、自排藤枝局及び志太・川根地区測定局の相関係数

	研究所	自排藤枝	藤枝市	島田	焼津
研究所	1				
自排藤枝	0.9439	1			
藤枝市	0.9080	0.9549	1		
島田	0.9206	0.9309	0.9509	1	
焼津	0.8948	0.9525	0.9706	0.9216	1

島 図5 市有局と研究所のOx濃度の1時間値の自排藤枝局も市有局に近い高い相関を示した。

3 窒素酸化物におけるOxに対する影響評価

市有局と自排藤枝局のNO、NO₂及びOx濃度の1時間値について、2局間の差を算出し、NO、NO₂とOxの相関を算出した結果を図6、7に示す。

それぞれについて、弱い負の相関が見られたが、高い相関は見られず、市有局と自排藤枝局のNO、NO₂濃度がOx濃度に与える影響はほとんどないと考えられた。

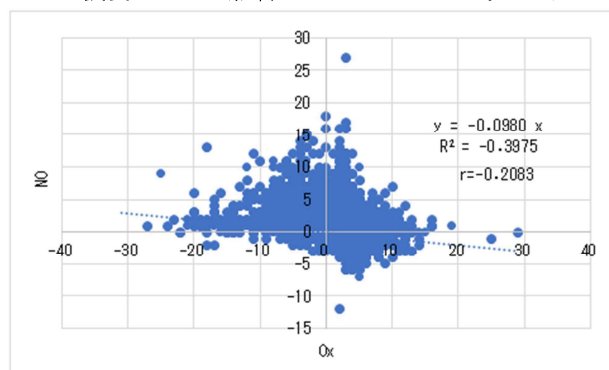


図6 市有局と自排藤枝局のNO濃度の1時間値の差分とOx濃度の1時間値の差分

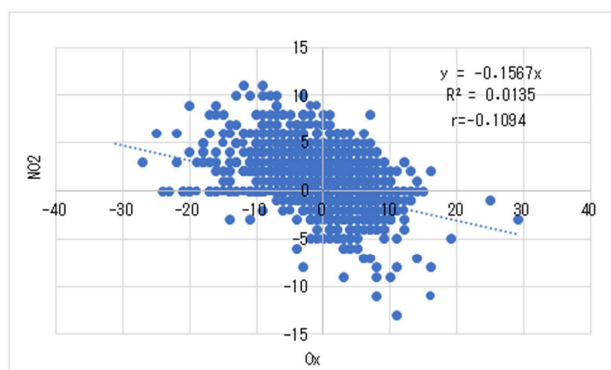


図7 市有局と自排藤枝局の NO_2 濃度の 1 時間値の差分

まとめ

一般局の市有局が移転する可能性があることから、近隣にある自排藤枝局または研究所が O_3 濃度常時監視測定地点の代替地することが可能であるかについて検証した。

市有局と自排藤枝局の測定値の約 80%は、大気汚染防止法事務処理基準の代替地点の要件の範囲内に入っていた。また、両地点の測定値は高い相関があり、近似直線の傾きは 1 に近く一致度が高いことが示唆された。一方、研究所については、大気汚染防止法事務処理基準の代替地点の要件の範囲内に入っている測定値は 40%程度で、測定値は高い相関を示すものの近似直線の傾きは約 0.8 となり低値傾向を示すことが示唆された。

また、自排藤枝局に懸念される NO 濃度の O_3 濃度を与える影響は低いと考えられた。

これらの結果から O_3 濃度常時監視測定地点を市有局から自排藤枝局にすることが可能であると示唆された。

文献

- 1) 環境省水・大気環境局, 大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務処理基準 (改正), 令和4年3月31日環水大総発第2203302号環水大発第2203306号環水大自発第2203303号
- 2) 上野千恵: 近接する自動車排出ガス測定局と一般環境大気測定局のオキシダント濃度の同等性調査, 静岡県環境衛生科学研究所報, 66, 59-62 (2023)
- 3) 環境省水・大気環境局, 環境大気常時監視マニュアル, 平成22年3月

機械学習手法を用いた 光化学オキシダントの当日濃度予測手法の確立

大気水質部 大気騒音環境班 横澤賢, 小田祐一*, 村井範之

Establishment of a Same-day Photochemical Oxidant Concentration Prediction using Machine learning

Ken YOKOZAWA, Yuuichi ODA* and Noriyuki MURAI

大気汚染物質である光化学オキシダント (Ox) は大気中の窒素酸化物や揮発性有機化合物と紫外線が反応することで生成される物質で、高濃度になると健康被害を及ぼす。静岡県では県内各地の大気常時監視測定局に自動測定器を設置し、24 時間監視をしており、100ppb を超過した際は、監視体制を強化している。そのため、Ox 濃度が 100ppb 以上を予測するモデルを作成することでさらなる監視強化につながるが、適したモデルが存在していないため、人工知能を用いて静岡県に適した Ox 濃度予測モデルを作成した。

予測地点は既報で実施したクラスター分析から西部、中部、東部・伊豆地区から各地区1地点ずつ選抜し、人工知能には時系列データの処理が得意なリカレントニューラルネットワーク(RNN)を使用した。モデル評価は汎用性および安定性評価を行った。その結果、正解率 80%以上でかつ再現率は 50%となっており、同期間を 10 回連続で予測した際のばらつきは、0.003~1.2ppb 程度に抑えることができた。また、実測値と予測値で陽性となるタイミングもほぼ合致していた。

Key words: 光化学オキシダント, 人工知能, リカレントニューラルネットワーク
photochemical oxidant, artificial intelligence, recurrent neural network

はじめに

大気汚染物質である光化学オキシダント (Ox) は大気中の窒素酸化物 (NOx) や揮発性有機化合物と紫外線が反応することで生成される物質で、高濃度になるとのどの痛みや頭痛などの健康被害を及ぼすことが知られている。そのため、静岡県では Ox 自動測定器を県内各地の大気常時監視測定局に設置し、24 時間監視をしており、Ox 濃度が 100ppb 以上になると監視体制を強化し、120ppb 以上が継続すると判断された場合は注意報を発令している。以上から、Ox 濃度が 100ppb 以上に達するときに予測することで、監視業務のさらなる強化につながる。そのような中で、Ox 濃度予測サービスは現在複数存在するが、日本全国を予測対象としており、局所的な予測がされていない場合や、日単位の予測で高濃度になるタイミングの把握が困難な場合があり、静岡県に適した濃度予測サービスが存在していない状況である。そこで、本研究では人工知能を用いて静岡県に適した Ox 濃

度予測モデルを作成し、その精度について評価を行ったので、報告する。

方法

1 開発環境構築

人工知能が予測をする際には、膨大な量の計算を複数かつ同時に行う必要がある。そしてこれを可能にする PC パーツとして GPU が存在する。本研究では、プログラミング言語は python を使用し、プログラミングの計算処理に GPU を利用できるように CUDA を導入した。さらに人工知能の学習をより高速かつ効率的に処理できるように cuDNN を導入した。なお、本研究ではパソコンを 3 台使用しており、それらのスペックは表 1 のとおりである。

表 1 予測に使用したパソコンスペック

	CPU	メモリ	GPU	GPUメモリ
PC1	AMD Ryzen 9 5900HS	32GB	NVIDIA GeForce RTX 3080 Laptop	16GB
PC2	Intel Core i5-13500	32GB	NVIDIA GeForce RTX3060	12GB
PC3	Intel Core i5-13400F	64GB	NVIDIA GeForce TX3060	12GB

2 測定局の選定

静岡県環境衛生科学研究所

(〒426-0083, 藤枝市谷稲葉 4-27-2)

Shizuoka Institute of Environment and Hygiene

(232-1, Yainaba, Fujieda, 426-0083, Japan)

*: 静岡県くらし環境部生活環境課

予測地点は既報¹⁾のクラスター分析により地区分けされた西部地区、中部地区、東部・伊豆地区からそれぞれ1地点ずつ選抜した。選抜項目は1つ目に欠測値が少ないこと、2つ目に100ppb 超過回数が多いこと、3つ目に100ppb を超過した時間が集中せず分散していることとした。その結果、西部は浜松中央測定局、中部は清水三保第一小学校測定局、東部・伊豆地区は熱海総合庁舎測定局となった。各地点の位置を図1に示す。

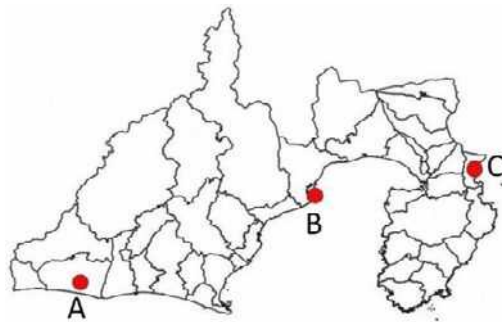


図1 予測地点

(A:浜松中央測定局, B:清水三保第一小学校測定局, C:熱海総合庁舎測定局)

3 相関分析による学習データ項目の検討

2で選定された測定局について、学習データ及び予測データに使用するデータ項目を選抜するためにOxとの相関分析を行った。データは1時間値とし、期間は2020年4月1日1:00から2024年4月1日0:00とした。データ項目は気温、降水量、風速、日射量、湿度、NOx、非メタン炭化水素(NMHC)とし、Oxとの相関を確認した。なお、Oxと風向の相関については、風向が文字データであることから、相関分析を使用できないため、統計分析フリーソフト「R」のパッケージで大気データの分析ができるopenairを用いて確認した。

4 学習アルゴリズムの選定及び精度評価

既報¹⁾では、データ分類に優れたサポートベクターマシンを用いることで予測を試みたが、十分な精度で予測することができなかった。今回使用した学習アルゴリズムは、リカレントニューラルネットワーク(RNN)の改良型であるLong Short Term Memory(LSTM)を使用した。このアルゴリズムは、今回のOxデータのような、過去の値が未来の値に影響を及ぼすような時系列データの処理が得意な学習アルゴリズムである。構造は、入力層、学習層、出力層の3層構造となっており、学習層で得られた予測結果を出力層に渡すだけでなく学習層にも出力することで、過去の値を記憶することができる(図2-A)。しかし、長期間のデータになると初期の重要なデータを

覚えていることができずに、影響が無視されてしまうという問題点がある。一方で、RNNの改良型であるLSTMは学習層内に、入力ゲート、出力ゲート、忘却ゲートの3つのゲートを設けている(図2-B)。これにより、学習に不必要なデータについては忘却ゲートから除去することで、「データを忘れる」ということが可能であり、必要なデータを記憶し、不必要なデータは忘れることで、長期間のデータを取捨選択しながら効率よく学習することができる。また、評価は監視体制を強化する100ppb以上を予測できるかを対象とし、100ppb以上を陽性、それ未満を陰性とした。予測値と実測値の陰性及び陽性の関係を表2に示す。評価項目は1つ目に様々な陽性パターンを正確に予測できる汎用性、2つ目に予測結果が予測するたびに変化しない安定性の2つとした。

汎用性評価は、予測地点において最も陽性となる回数が多い月を対象に1日ずつ予測し、1ヶ月間の予測精度を評価した。評価指標は、実測値及び予測値の陰性・陽性が一致しているかを示す正解率、予測値が陽性になるタイミングと実測値が陽性になったタイミングと一致しているかの指標となる適合率、実測値の陽性の事象を漏れなく陽性と予測しているかの指標となる再現率を用いた。3つの指標の算出方法を式(1)から式(3)に示す。

安定性評価は、陽性のデータを含む期間を10回連続で予測し、予測値にばらつきがないかを標準偏差から評価した。また、実測値と比較して予測値が陽性となったタイミングの差にも合わせて確認した。

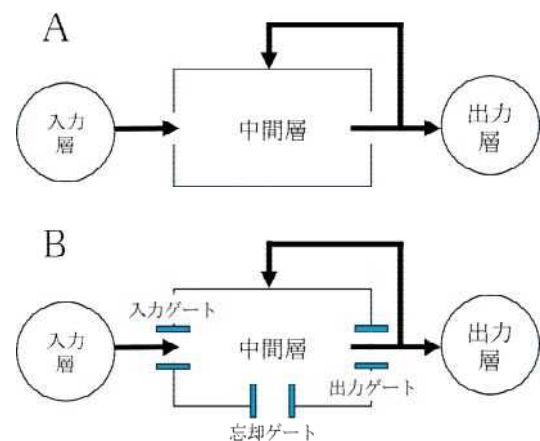


図2 人工知能の構造 (A:RNN B:LSTM)

表2 実測値と予測値結果の分類

		実測値	
		陽性	陰性
予測値	陽性	真陽性 (TP)	偽陽性 (FP)
	陰性	偽陰性 (FN)	真陰性 (TN)

$$\text{正解率} = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad (1)$$

$$\text{適合率} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

$$\text{再現率} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

結果と考察

1 データ項目の検討

Ox と各データの相関係数を表 3 に示し、各地点の Ox の汚染風配図を図 3 に示す。なお、汚染風配図のバーの長さは風向のデータ数を示しており、濃度の高さを色で分けている。表 3 から、相関係数は最大で中部の NOx が 0.5 程度であり、強い相関があるデータ項目はなかった。さらに、汚染風配図から、各地点で風向に偏りはあるものの、データ数が多い風向で Ox 濃度が高くなっているような明確な傾向はみられなかった。これは、Ox の濃度変動は特定の要素が支配的な要因になっているのではなく、複数の要素が同程度の影響を与えることによって、相関を示すような単純増加を示さなかったと考えられる。以上から、データの選抜は最初に Ox 濃度予測を最終的にリアルタイムで実施することを想定して、予報データを取得できない NOx や NMHC は除外した。そのほかの項目については、実際に予測をしていく中で、除外しても精度が変わらないまたは精度が向上する項目については随時除外した。

表 3 Ox との相関係数

	浜松中央 測定局	清水三保第一 小学校測定局	熱海総合 庁舎測定局
気温	0.03	0.13	0.00
降水量	-0.06	-0.03	-0.06
風速	0.37	0.19	0.17
湿度	-0.48	-0.39	-0.37
日射量	0.37	0.36	0.31
NOx	-0.32	-0.50	-0.10
NMHC	-0.23	-0.10	0.00

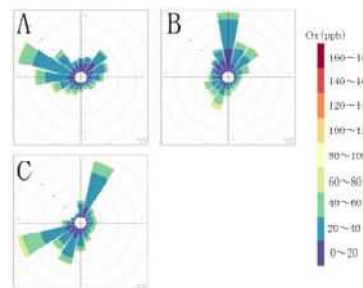


図 3 Ox の汚染風配図 (A:浜松中央測定局
B:清水三保第一小学校測定局, C:熱海総合庁舎測定局)

2 汎用性評価

各地点の結果を表 4 に示す。浜松中央測定局と清水三保第一小学校測定局は、適合率は 100% となっており予測値が陽性となったタイミングはすべて実測値も陽性となっていた。一方で熱海総合庁舎測定局は、適合率が他の 2 地点と比較して低く 28.6% となり、予測では 7 回陽性を示していたが、そのうち 5 回は実測値が陰性となっていた。これは、熱海総合庁舎測定局は他の 2 地点と比較して陽性の実測値の数が多く、陽性データが学習に過剰に影響を与えていると考えられる。また、この対策として適合率の低下を促すような学習（実測値が陰性の際に陽性と学習する場合）に対して、ペナルティを課すことで適合率を改善することができると考えられる。

表 4 各地点の評価結果 (単位: %)

地点	浜松中央 測定局	清水三保 第一小学校 測定局	熱海総合 庁舎測定局
正解率	96.8 (30/31)	96.8 (30/31)	80.6 (25/31)
適合率	100 (2/2)	100 (1/1)	28.6 (2/7)
再現率	66.7 (2/3)	50.0 (1/2)	66.7 (2/3)

3 安定性評価

各地点の結果を表 5～7 に示す。標準偏差は全地点で 0.003ppb から 1.2ppb 程度であり、予測に影響を及ぼさない程度に抑えられた。これは、通常プログラムが実行される際は、乱数が発生することで、予測値のばらつきが生じるが、これをシード値と呼ばれる乱数発生の初期値を設定することで、乱数を固定することができ、標準偏差の値が低く抑えられたと考えられる。実測値と予測値が陽性になるタイミングは、浜松中央測定局及び熱海総合庁舎測定局の予測について、陰性の実測値について陽性と予測している部分がある一方で、実測値が陽性のと

きの予測値はすべて陽性となった。

表 5 安定性評価結果（浜松中央測定局）

実測値	予測値平均	標準偏差
37	26	0.0051
43	37	0.0051
47	58	0.0062
65	77	0.0038
80	93	0.0052
90	101	0.0068
101	103	0.0050
101	102	0.0050
99	100	0.0029
90	96	0.0057
78	92	0.0052
73	89	0.0030
70	86	0.0044
64	83	0.0028

表 6 安定性評価結果（清水三保第一小学校測定局）

実測値	予測値平均	標準偏差
54	44	0.0081
64	52	0.0040
77	62	0.0067
84	74	0.0032
91	85	0.0050
98	94	0.0049
105	100	0.0045
104	103	0.0089
107	104	0.0063
105	103	0.0068
103	100	0.0047
96	96	0.0058
71	92	0.0041
52	88	0.0082

表 7 安定性評価結果（熱海総合庁舎測定局）

実測値	予測値平均	標準偏差
34	24	0.42
43	34	0.77
55	69	0.74
68	90	0.59
78	101	0.34
107	106	0.31
126	106	0.33
134	105	0.34
132	103	0.46
93	97	0.82
66	88	1.18
66	85	0.52
76	84	0.56
87	83	0.68

まとめ

本研究では、人工知能を用いて静岡県に適した O_x 濃度予測モデルを作成することを目的として、西部地区、中部地区、東部・伊豆地区の 3 地区について予測モデルを作成し、汎用性評価及び安定性評価を行った。学習アルゴリズム RNN が適していた。また汎用性評価から 3 地区において、80%以上の正解率でかつ 50%以上の再現率を持つモデルを作成することができた。さらに安定性評価から、予測値は安定しており実測値を陽性になるタイミングをほぼ合致していた。今後は自動で外部サイトからデータを回収することで学習用データと予測データを自動作成し、リアルタイムの O_x 濃度を予測するプログラムを構築することで、現在の監視業務をさらに強化していきたい。

参考文献

1)小田祐一他：サポートベクターマシンを用いた光化学オキシダント当日濃度予測， 静岡県環境衛生科学研究所報告， 66， 63-65(2023)

他誌に発表した論文

微生物部

- 1) 無莢膜型インフルエンザ菌による高齢者施設内集団感染事例
小柳純子, 楯 日佳理
公衆衛生情報「過去の事例から学ぶ健康危機管理事例」
2025. 1

学会・研究会の報告

環境科学部

- 1) 駿河湾における富士山からの海底湧出地下水 (XI)
村中康秀, 山崎創太, 小野昌彦, 井川怜欧
日本地球惑星科学連合 2024 年大会
2024. 5. 29 (千葉市)
- 2) 土壌および土壌材料の生態毒性学的特性評価 (ISO 15799) に関する検討
神谷貴文, 古川靖英, 瀬口真理子,
ISO/TC190 検討部会
第 29 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会
2024. 6. 13 (山形市)
- 3) 海水・海底砂泥反応系における生分解性プラスチックの生分解度のばらつきを生み出す因子の探索
綿野哲寛, 山崎創太, 神谷貴文, 糸賀公人,
植松正吾, 梅澤和寛, 谷幸則
日本微生物生態学会第 37 回広島大会
2024. 10. 30 (広島市)
- 4) 静岡県の高標高地域における気候変動モニタリング
山崎創太, 村中康秀, 神谷貴文, 綿野哲寛
第 27 回自然系調査研究機関連絡会議
2024. 11. 19 (小田原市)
- 5) 静岡県南アルプスにおける湧水等の同位体特性
山崎創太, 神谷貴文, 村中康秀, 申基澈
第 14 回同位体環境学シンポジウム
2024. 12. 20 (京都市)
- 6) 静岡県内河川のマイクロプラスチック汚染実態
竹下由布子, 羽田好孝, 瀧井美樹
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7 (静岡市)
- 7) 外来不快害虫ヤンバルトサカヤスデの傾向と対策
神谷貴文
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7 (静岡市)
- 8) 海水・海底砂泥反応系における生分解性プラスチックの生分解度のばらつきを生み出す因子の探索
綿野哲寛, 山崎創太, 神谷貴文, 渡邊充洋,
糸賀公人, 植松正吾, 梅澤和寛, 谷幸則
第 59 回日本水環境学会年会
2025. 3. 17 (札幌市)

- 9) 海洋生分解性プラスチックの評価試験で安定した結果を得るには？―（3）栄養塩の添加による効果―
神谷貴文, 綿野哲寛, 長倉美由紀, 渡邊充洋, 瀧井美樹
第 59 回日本水環境学会年会
2025. 3. 18（札幌市）

微生物部

- 1) 静岡県におけるインフルエンザウイルスの検出状況
池ヶ谷朝香, 浅井希, 中江優貴, 寺井克哉
中部地区獣医師大会獣医学術中部地区学会
2024. 9. 7～8
- 2) 流入下水中のウイルスゲノム量と感染性胃腸炎発生届患者数との関連性について
中江優貴, 浅井希, 池ヶ谷朝香, 寺井克哉
令和 6 年度（第 38 回）地研全国協議会関東甲信静支部ウイルス研究部会
2024. 10. 3～4
- 3) 日本紅斑熱における検体の種類と検査結果の関連性について
浅井希, 齋藤今日香, 中江優貴, 池ヶ谷朝香, 寺井克哉
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7
- 4) バンコマイシン耐性腸球菌に関する病院環境拭取り調査結果について
高橋奈緒美, 杉山英視, 鍋田信吾, 青山奈都子, 小柳純子, 西尾智裕, 寺井克哉
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7
- 5) 集団感染に関連した vanB 遺伝子保有腸球菌の解析結果
高橋奈緒美, 杉山英視, 鍋田信吾, 青山奈都子, 西尾智裕, 寺井克哉
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7
- 6) 入浴施設から分離された Legionella pneumophila 血清群 1 の分子疫学的解析環境
鍋田信吾, 杉山英視, 青山奈都子, 高橋奈緒美, 西尾智裕, 寺井克哉
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7

医薬食品部

- 1) GC-OrbitrapMS を用いた農産物毎のマトリクス成分の比較
小郷沙矢香, 田中瑞希, 宮城島利英, 柏木久輝, 堀池あずさ
第 120 回日本食品衛生学会学術講演会
2024. 11. 7-8（愛知県）
- 2) 服薬補助を目的とした食品が医薬品成分の溶出性に与える影響について
内田貴啓, 田中久通, 望月玲於, 白鳥暁子, 影山知子, 堀池あずさ, 小林千恵
第 57 回東海薬剤師学術大会
2024. 11. 17（岐阜県）
- 3) 焙煎コーヒー豆における総アフラトキシン試験法の妥当性評価
柏木久輝, 田中瑞希, 宮城島利英, 小郷沙矢香, 堀池あずさ
第 61 回全国衛生化学技術協議会年会
2024. 11. 21-11. 22（大阪府）
- 4) 服薬補助を目的とした食品が医薬品成分の溶出性に与える影響について
内田貴啓, 田中久通, 望月玲於, 白鳥暁子, 影山知子, 堀池あずさ
令和 6 年度地方衛生研究所全国協議会関東甲信静支部理化学研究部会
2025. 2. 7（長野県）
- 5) 日本薬局方（天秤関係）の改正を踏まえた対応について
田中久通, 内田貴啓, 望月玲於, 白鳥暁子, 影山知子, 堀池あずさ
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7（静岡市）
- 6) 食品中のグリホサート分析法の開発
柏木久輝, 田中瑞希, 宮城島利英, 小郷沙矢香, 堀池あずさ
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7（静岡市）
- 7) 子供向けサプリメントに関する研究
田中瑞希, 宮城島利英, 柏木久輝, 小郷沙矢香, 堀池あずさ
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7（静岡市）

大気水質部

- 1) 浜名湖浅海域における栄養塩の現状
平井一行
第 280 回技術連絡協議会
2024. 8. 22 (下田市)
- 2) 庄内湖における無機態・有機体窒素量と推定された有機態窒素生産
平井一行
第 281 回技術連絡協議会
2024. 10. 31 (富士宮市)
- 3) RNN による天気予報データを用いた光化学オキシダント濃度予測
横澤 賢
令和 6 年度全国環境研協議会関東甲信静支部大気専門部会
2024. 11. 8 (神奈川県)
- 4) 不織布を適用した低周波風防による屋外風雑音の測定
村井範之
日本騒音制御工学会 2024 年秋季研究発表会
2024. 11. 14 (京都府)
- 5) RNN (リカレントニューラルネットワーク) を用いた光化学オキシダント濃度予測
横澤 賢
全国大気汚染防止連絡協議会第 69 回全国大会
2024. 11. 15 (埼玉県)
- 6) 浜名湖浅海域における水環境の長期的変化
平井一行
第 30 回浜名湖をめぐる研究者の会
2024. 12. 14 (浜松市)
- 7) 浜名湖浅海域における水環境の長期的な変化とその要因
平井一行
第 2 回香川大学瀬戸内圏研究センター・沿岸海洋研究集会
2024. 12. 21~22 (香川県)
- 8) 同一市内の一般環境大気測定局と自動車排出ガス測定局の O₃ 濃度比較
渡邊崇之
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7 (静岡市)
- 9) 光化学オキシダント高濃度事象の解析とモデル化
渡邊崇之
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7 (静岡市)
- 10) 発生源不明の異臭のための調査分析リスト及びマニュアル作成
金子亜由美
第 61 回静岡県公衆衛生研究会
2025. 2. 7 (静岡市)
- 11) 富士山麓におけるオゾン及び酸性物質によるブナ林への影響について
横澤 賢
地方環境研Ⅱ型共同研究検討会
2025. 3. 10~11 (茨城県)
- 12) EEM-PARAFAC 法を用いた浜名湖の溶存態有機物の評価と COD への影響解析
中桐健志
第 59 回日本水環境学会年会
2025. 3. 17~19 (北海道)

表彰等

医薬食品部

- 1) 第 61 回静岡県公衆衛生研究会 第 1 分科会
優秀演題
子供向けサプリメントに関する研究
2025. 2. 7
田中瑞希, 宮城島利英, 柏木久輝, 小郷沙
矢香, 堀池あずさ
- 2) 第 61 回静岡県公衆衛生研究会 第 3 分科会
優秀演題
食品中のグリホサート分析法の開発
2025. 2. 7
柏木久輝, 田中瑞希, 宮城島利英, 小郷沙
矢香, 堀池あずさ

静岡県環境衛生科学研究所報告

(第 67 号)

令和 7 年 11 月

編集発行 静岡県環境衛生科学研究所

静岡県藤枝市谷稲葉 232- 1

電話 (054) 625-9121

E-mail kanki@pref.shizuoka.lg.jp

Website <https://kaneiken.jp>

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

