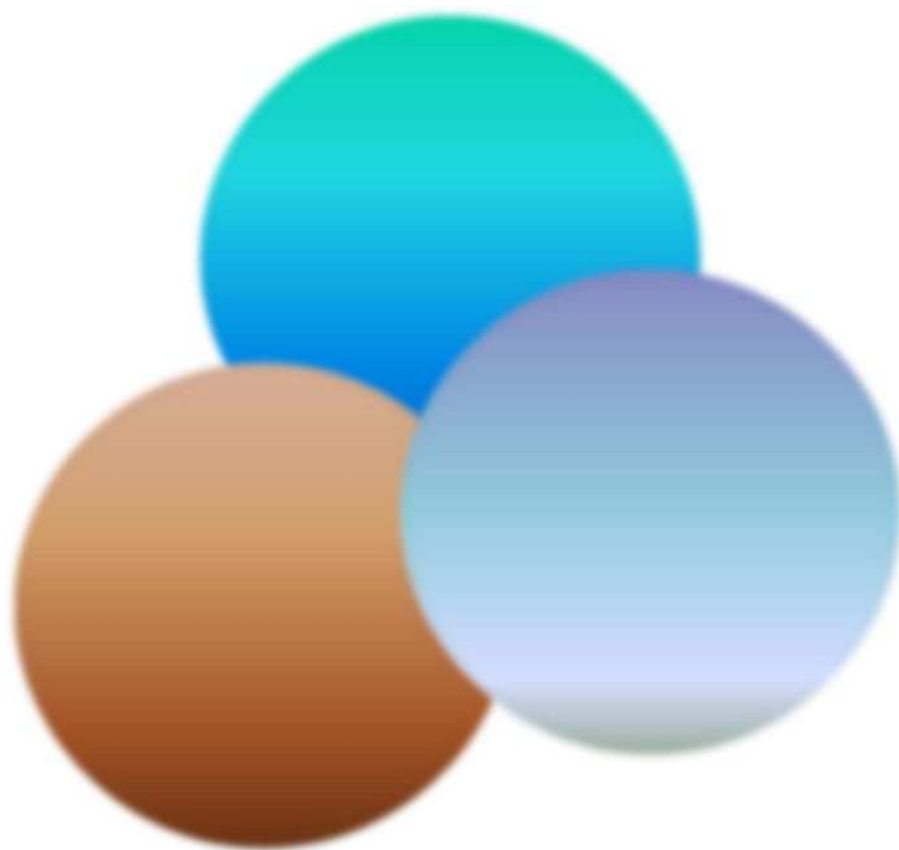


ISSN 2424-1083

季刊 全国環境研究会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.48 No.4 2023 (通巻 169 号)



目 次

【巻頭言】

地方環境研究所における研究について～地域課題と新たな調査技術への対応～	猿木信裕 / 1
-------------------------------------	----------

【特 集／大気シミュレーション～国環研の取組と地方環境研究所での活用事例～】

大気シミュレーションの技術的概要と国立環境研究所での取り組み	茶谷聡 / 2
福岡県での大気シミュレーション活用事例と今後の展望	山村由貴・廣瀬智陽子 / 13

【報 文】

岡山県内の河川におけるグリホサート及びグルホシネートの調査	小林隆太・橋本清美・吉岡敏行・浦山豊弘 / 19
栃木県内の環境中に排出される廃プラスチック類に関する調査	神野憲一・佐藤敬士・小林有見子・黒田彩香・高橋稔・小池静司 / 24
福岡県内の河川マイクロプラスチック調査	古賀智子・藤川和浩・板垣成泰・古賀敬興・鳥羽峰樹 / 30
大村湾奥部における流入河川モニタリング	豊村誠・松尾進・橋本京太郎 / 36

【環境省ニュース】

環境研究総合推進費の令和6年度新規課題公募について	環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室 / 42
---------------------------	--------------------------

C O N T E N T S

The research of the amount of Glyphosate and Glufosinate in Rivers in Okayama Prefecture	Ryuta KOBAYASHI, Kiyomi HASHIMOTO, Toshiyuki YOSHIOKA, Toyohiro URAYAMA	/ 19
Investigation on the discharge of waste plastics in the environment in Tochigi Prefecture	Kenichi JINNO, Hiroshi SATO, Yumiko KOBAYASHI, Ayaka KURODA, Minoru TAKAHASHI, Seiji KOIKE	/ 24
Study on the annual distribution of microplastics in rivers in Fukuoka prefecture	Tomoko KOGA, Kazuhiro FUJIWARA, Naruyasu ITAGAKI, Takaoki KOGA, Mineki TOBA	/ 30
Monitoring Water Quality of Inflow Rivers in the Inner Part of Omura Bay	Makoto TOYOMURA, Susumu MATSUO, Kyotaro HASHIMOTO	/ 36

◆巻 頭 言◆

地方環境研究所における研究について
～地域課題と新たな調査技術への対応～

群馬県衛生環境研究所長 猿 木 信 裕



令和5年度、6年度の2年間、全国環境研協議会関東甲信静支部の支部長を務めさせていただくことになりました。群馬県衛生環境研究所の猿木です。どうぞよろしくお願いいたします。

群馬県衛生環境研究所は、昭和24年11月に群馬県における公衆衛生の向上および増進に寄与するため、県庁構内に群馬県立衛生研究所が設置されたのが始まりです。昭和45年1月に移転し、その後、群馬県公害研究センターが併設されました。設立当初は、地域的な公害問題への対処を中心に業務を行ってききましたが、環境問題の変遷とともに、その業務も変わってきました。昭和53年に群馬県衛生公害研究所に改称、平成4年に群馬県衛生環境研究所に改称、平成11年に現在の場所に移転し、今年で設立74年を迎えます。

環境分野に関して、昭和50年代後半ごろから平成初期にかけては、酸性雨が大きな社会問題となっており、これらに関する調査研究を行い、数多くの実績を挙げました。21世紀に入り、PM2.5関連の研究に精力的に取り組み、PM2.5が社会問題に発展した時には、それまで蓄積した知見を活かして、迅速に行政支援を行うことができました。一方で、新しい問題や調査技術への対応も求められており、当所ではマイクロプラスチックや環境DNAといったテーマにも取り組んでいます。

こうした研究成果の一部は、学術的にも評価されていますが、環境部門の正規職員が9名（うち1名は別部署兼務）という小さな組織で、こうした実績を挙げることができたのには、二つの要因があると考えています。第一は、地域特性を最大限に生かした研究を行っていることです。群馬県は関東平野の最深部に位置するため、特に夏季において東京湾岸からの気塊が移流してくるという特徴があります。このため、群馬県特有の大気汚染が生じ、これに焦点を当てた調査・研究を行ったことが評価されたのだと思います。このような地域特性は、他の都道府県にも存在すると思われ、こうした地域特性を生かした調査・研究を行うことができる点は、地方環境研究所（地環研）の大きな強みになっています。人員や予算が厳しい中、地域特性を生かした業務にリソースを投入

することが地環研の生き残り策の一つであると考えています。第二は、当所独自の特別研究制度です。これにより行政からの要請前から、前述したPM2.5を含め、マイクロプラスチックや環境DNAといった、新しい問題や調査技術への対応が可能となりました。この特別研究制度とは、独創的又は先駆的な研究や社会的要請の強い諸問題に関する研究を行うもので、このための予算が特別に用意されており、所内での審査により研究テーマが採択されると実施可能となります。いわば所内の競争的研究資金であり、ここから科研費や環境研究総合推進費の獲得にも繋がっています。

令和4年には、本庁の関係部署と共同で「群馬県気候変動適応センター」が設立されました。地球温暖化の進行によって、日本では線状降水帯や台風による豪雨が発生することが多くなり、アメリカ、ヨーロッパ、中国、東南アジア等、世界中で大規模な洪水が発生する一方、熱波と強風による森林火災も多発しています。令和5年は11月になっても夏日が観測され、季節外れの暑さとなりました。夏には暑さ指数（WBGT）予測値に基づき、熱中症警戒アラートが発出されるようになり、これからは熱中症対策も課題であり、当所の気候変動適応センターとしての役割も重要になってきます。

当所は多くの地環研と同じように地方衛生研究所（地衛研）の機能も有しています。令和4年12月には地域保健法が改正され、令和5年4月から地衛研は法定化されました。今回のCOVID-19のパンデミックを受け、次のパンデミックに備えるため、地衛研には県の感染症予防計画と整合性をとった健康危機対処計画の策定、実践型訓練の実施等が求められています。健康危機には災害や食品衛生等、感染症以外の分野も含まれます。

COVID-19ではネット環境が整備され、Web会議も多くなりました。移動しないで会議に参加できるのはいいのですが、以前のような現地開催、顔を合わせての意見交換も大事だと思います。今後は、全環研活動により、国立環境研究所や他の地環研等と連携を強化して活動していくことが大事だと思いますので、どうぞよろしくお願いいたします。

＜特 集＞大気シミュレーション～国環研の取組と地方環境研究所での活用事例～

大気シミュレーションの技術的概要と国立環境研究所での取り組み

茶谷 聡*

(*国立研究開発法人 国立環境研究所)

1. はじめに

大気汚染物質のうち、光化学オキシダントの環境基準の達成率は、ほぼ0%で推移している¹⁾。一方、粒径が2.5マイクロメートル以下の微小粒子状物質（PM_{2.5}）の環境基準の達成率は、2021年度に100%に達した¹⁾。ただし、アメリカではより厳しい環境基準値が提案されており²⁾、世界保健機関（World Health Organization; WHO）はPM_{2.5}のAir Quality Guidelineとして5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ という値を示している³⁾。光化学オキシダントとPM_{2.5}のさらなる濃度低減が求められる。

光化学オキシダントの主成分であるオゾン（O₃）と、PM_{2.5}に含まれる多くの成分は、大気中での複雑な光化学反応過程を経て生成される二次生成成分である。二次生成成分の有効な濃度低減策を検討するためには、大気シミュレーションが有用である。本稿では、大気シミュレーションの技術的な概要と、国立環境研究所における取り組みについて紹介する。

2. 大気シミュレーションの技術的概要

大気汚染の原因物質は、自動車、船舶、航空機などの移動発生源、発電所や工場などの固定発生源の他、植物、海塩、ダストなどの自然発生源からも大気中に排出される。大気中に排出された原因物質は、風による移流、拡散、対流などの物理過程より輸送される。その間、光化学反応、液相反応、相平衡などの過程を経て変質し、最終的には沈着により大気中から除去される。大気シミュレーションは、このような大気中での大気汚染物質とその原因物質の物理化学的な挙動を計算機上で模擬したものである。

大気中での光化学反応過程を図1に模式的に示す⁴⁾。大気中の二酸化窒素（NO₂）が紫外線を受けて、一酸化窒素（NO）と酸素原子（O）に光解離する。Oは酸素分子（O₂）と反応し、O₃が生成する。O₃はNOと反応して消費され（タイトレーション）、NO₂が生成する。この場合、O₃の生成と消費が定常状態に達するため、O₃が高濃度になることはない。しかし、大気中に揮発性有機化合

物（Volatile Organic Compound; VOC）が存在する場合には、VOCから光化学反応を経て生成される過酸化ラジカル（HO₂やRO₂など）によって、NOがNO₂へと酸化される。O₃の消費を伴わずにNOが酸化され、O₃の元となるNO₂が生成することから、正味でO₃が増加することになる。

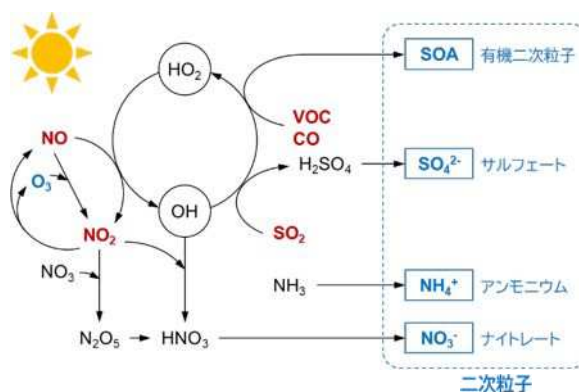


図1 大気中での光化学反応過程の模式図

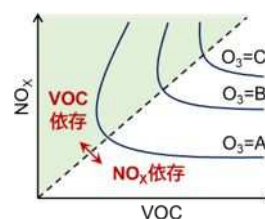


図2 NO_xとVOCに対するO₃の濃度の関係の模式図

このような複雑な光化学反応過程の影響により、O₃の濃度は原因物質である窒素酸化物（NO_x）とVOCに対して非線形な関係を有する。NO_xとVOCに対するO₃の濃度の関係を等値線で模式的に図2に示す⁵⁾。NO_xとVOCの量的な関係が、等値線の尾根を境とする「NO_x依存」と示した領域にある場合には、NO_xを減らすとO₃は減少するが、VOCを減らしてもO₃の濃度はあまり変化しない。逆に、「VOC依存」と示した領域にある場合には、VOCを減らすとO₃が減少するが、NO_xを減らしてもO₃はあまり変化しない。

いばかりか、逆に増加するようなことも想定されうる。 O_3 の有効な濃度低減策を立案するためには、このような複雑な光化学反応過程による非線形な関係を考慮する必要がある。

同じく、大気中での光化学反応や液相反応を経て、二酸化硫黄 (SO_2) が硫酸ガス (H_2SO_4)、 NO_2 が硝酸ガス (HNO_3) に酸化され、アンモニア (NH_3) などによって粒子化する。VOCも水酸化ラジカル (OH) などによって酸化され、有機二次粒子 (Secondary Organic Aerosol; SOA) が生成する。どれだけの量が粒子化するかは、関連する成分間の量的関係や相平衡定数、気温や湿度などに依存する。粒子成分によっては、 O_3 と同様に原因物質との間に強い非線形な関係を有するものもある⁶⁾。

大気シミュレーションの典型的な構成を図3に示す。大気シミュレーションは3つの主要素で構成される。排出インベントリは、あらゆる発生源から排出される大気汚染の原因物質の時々刻々の排出量を取りまとめたものである。領域気象モデルは、風、気温、湿度、日射量などの気象要素の時々刻々の変化を計算するものである。そして、排出インベントリと、領域気象モデルで計算された気象場を入力として、さまざまな物理化学過程による大気汚染物質とその原因物質の大気中での時々刻々の濃度変化を領域化学輸送モデルで計算する。

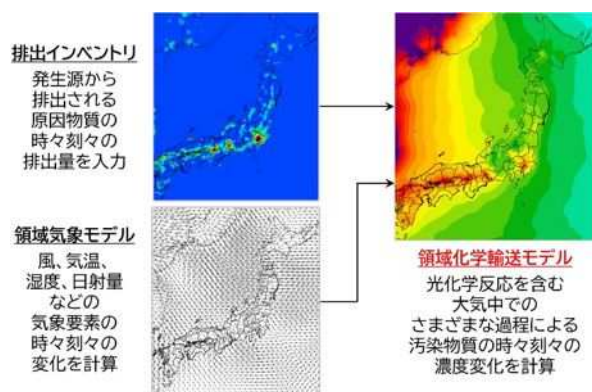


図3 大気シミュレーションの典型的な構成

領域化学輸送モデルには、複雑な光化学反応過程が組み込まれており、 O_3 や二次粒子成分に対する原因物質の非線形な関係を表現することができる。ただし、大気中には非常に多くの物質が存在しており、その全てを個別に表現することは計算負荷が高く不可能である。一般的には、大気中の物質と光化学反応を適切な数に集約して表現する化学反応メカニズム^{7,8)}が用いられる。また、無機成分のガス・粒子相平衡モデル⁹⁾の他、近年では有機成分の反応による揮発性の变化と粒子化を詳細に表現するモデル¹⁰⁾が組み込まれており、原因物質からの粒子

化が表現される。

このように、大気シミュレーションにより、原因物質との複雑で非線形な関係を考慮しながら、ガス状および粒子状の大気汚染物質濃度の時々刻々の変化を計算することができる。これにより、新たな対策の導入により原因物質の排出量を削減した場合に、二次生成成分を含む大気汚染物質の濃度がどれくらい変化するかを予測し、有効な濃度低減策の立案に資する知見を得ることができる。また、大気汚染のメカニズムの解明、発生源影響の評価、大気汚染物質濃度の予報の他、観測が行われていない地域を含めて大気汚染物質濃度の空間分布が得られることから、常時監視局の適正配置の検討¹¹⁾などにも役立てることができる。

次章では、大気シミュレーションの主要素である領域化学輸送モデルとして日本国内でも広く用いられているThe Community Multiscale Air Quality Modeling System (CMAQ) について紹介する。

3. 領域化学輸送モデルCMAQの概要

アメリカでは、大気汚染物質の環境基準を達成していない地域に対して、State Implementation Plan (SIP) の策定が求められる。SIPの策定にあたっては、SIPに掲げられる様々な対策による大気汚染物質濃度の低減効果を、大気シミュレーションを用いて評価する必要がある^{12,13)}。そのような背景もあり、アメリカでは領域化学輸送モデルの開発が積極的に進められている^{14,15)}。CMAQは、1998年に最初のバージョンが公開されて以来、アメリカ環境保護庁により開発が継続されている領域化学輸送モデルである¹⁶⁾。本稿の執筆時点でversion 5.4まで開発されている。

CMAQの詳細はアメリカ環境保護庁のウェブサイト (<https://www.epa.gov/cmaq>) で紹介されているが、本稿ではその概要について述べる。CMAQの特徴の一つとして、名称にも含まれているように、コミュニティ (Community) モデルであるということが強く意識されている。CMAQは、大気を東西方向、南北方向、鉛直方向の3次元の格子に区切って扱うオイラー型のモデルであり、それぞれの格子に含まれる大気汚染物質とその原因物質の移流、拡散、反応、沈着などのさまざまな物理化学過程による濃度変化を、時間間隔毎に計算する。モデルのソースコードの言語にはFortranが使用されている。それぞれの物理化学過程はモジュール化されており、外部の研究者が着目する過程について自身でソースコードに改良を加えて組み込むということが比較的容易にできる構成となっている。アメリカ環境保護庁だけではなく外部の研究者を含むコミュニティでCMAQをよりよいものに作り上げていくという思想が反映されている。

また、ノースカロライナ大学チャペルヒル校に Community Modeling and Analysis System (CMAS) Centerという組織が設置され、CMAQの配布、メールやウェブサイト上での情報交換、トレーニングなどを担っている。CMASが毎年開催している国際会議には、アメリカ内外から数百名が参加し、CMAQに限らず大気シミュレーション全般に関する研究発表と情報交換が行われており、CMAQのコミュニティの発展に貢献している。アメリカだけではなくアジアや南アメリカへの展開も図られており、アジアで開催される2回目の国際会議となる2023 International Conference on CMAS-Asia-Pacificが、2023年7月に埼玉県さいたま市で開催され、国内外から100名以上の参加があった。

CMAQのもう一つの特徴として、やはり名称に含まれているように、マルチスケール (Multiscale) が挙げられる。モデルによる大気汚染の解析は、単一の発生源から排出される汚染物質の拡散にはじまり、都市スケールでのオゾンや粒子状物質による大気汚染に拡大し、さらには越境輸送や半球規模での輸送を考慮する必要性が生じてきた。時間スケールについても、数日間の高濃度大気汚染にはじまり、環境基準の達成や対策効果などを評価する上で、1年から複数年にわたる期間を対象に計算を行う必要性が生じてきた。計算機能力の向上もあり、これらの必要性に応えられるように、空間的には都市から半球規模^{17, 18)}、時間的にも1時間から数年にわたるマルチスケールを扱えるようになってきている。ただし、半球規模に至る広域を全て数kmの高解像度で扱うのは計算負荷的に現実的ではない。広域は粗い解像度で計算し、その計算結果を境界条件として内側をより細かい解像度で計算するone-way nestingにより、マルチスケールでの輸送を扱えるようになっている。

また、「one atmosphere」という概念が意識されている。大気環境問題として、都市大気汚染、光化学スモッグ、酸性雨、気候変動との相互作用などがあり、これらの問題に対して複数の大気汚染物質が関わっている。中には単一の物質が複数の大気環境問題に影響を及ぼしている場合もある。CMAQは「one atmosphere」の概念の下、複数の大気汚染物質とその原因物質の大気中での物理化学的挙動を統一的に扱い、さまざまな大気環境問題への影響を解析することができるように、開発が継続されている。

CMAQの構成を図4に示す。大気汚染物質とその原因物質の濃度変化を計算するChemistry Transport Model (CCTM) の他、CCTMへの入力データを作成する複数のpreprocessorで構成される。図3に示したように、気象場は領域気象モデルで計算し、その計算結果をMeteorology-Chemistry Interface Processor (MCIP)

¹⁹⁾でCCTMへの入力データへと変換する。MCIPは、領域気象モデルのWeather Research & Forecasting Model (WRF) ²⁰⁾の出力データファイルを直接読み込めるようになっていることから、CCTMに inputsする気象場の計算にはWRFが広く用いられている。CCTMへの入力排出量データの作成には、Sparse Matrix Operator Kernel for Emissions (SMOKE) が用いられる。ただし、あらゆる排出インベントリをSMOKEで変換できるわけではない。アメリカでは、公式の排出インベントリであるNational Emissions InventoryをSMOKEで変換するための枠組みが整っており、SMOKEを各国の排出インベントリに対応させようという取り組みはあるものの^{21, 22)}、現時点ではSMOKEは日本の排出インベントリには対応していない。よって、日本の排出インベントリを使用するためには、独自のデータ変換ツールを用意する必要がある、それについては後述する。初期条件はICON、境界条件はBCONで作成する。時間不変の濃度プロファイルを与えられるようになっている他、外側領域の計算結果から内側領域の初期条件と境界条件を作成することも可能である。海塩粒子など、気象条件や土地利用に依存する排出量については、モデルの中でオンラインで計算できるようになっている。CCTMによる計算結果を評価するためのAtmospheric Model Evaluation Tool (AMET)、可視化するためのVisual Environment for Rich Data Interpretation (VERDI) が用意されている他、PythonやRなどの汎用言語で計算結果を処理することも可能である。

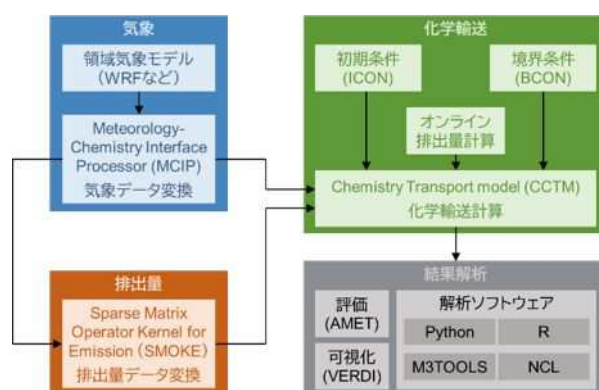


図4 CMAQの構成

CMAQのソースコードはCMASのウェブサイト (<https://cmascenter.org/index.cfm>) より無償でダウンロードすることができる。同じくCMASのウェブサイトより参照できるユーザーマニュアルによると、CMAQを実行するための計算機環境として、8コアのCPU、4GBのメモリ、400GBのハードディスクを有するLinuxのワークス

テーションが推奨されており、デスクトップのワークステーションでも実行が可能なレベルである。ただし、対象とする計算領域の格子数や計算対象期間、実行する計算ケース数などによって、望まれる計算機環境は大きく変わってくる。ユーザーマニュアルに挙げられている例によると、アメリカ南東部の100×80×35格子の対象領域の1日分の計算に必要な入力データのサイズは6.7GB、出力データのサイズは6.3GB、計算時間は4コアで47分とされている。筆者が関東地方の51×57×30格子の領域を対象に行った計算では、1日分の入力データのサイズが1.0GB、出力データのサイズが2.5GB、Intel Xeon Platinum 8164 CPUの8コアを使用した計算時間は25分であった。必要とされるソフトウェアとして、Fortranのソースコードをコンパイルするためのコンパイラが必要である。複数のコアを利用した並列計算を行う場合には、Message Passing Interface (MPI) ライブラリも必要になる。CMAQの入出力データファイルはnetCDFをベースとするI/O APIと呼ばれるフォーマットに従っており、それらのライブラリも必要である。CMAQの実行は、計算条件や入出力ファイルを記述した実行スクリプトをコマンドベースで実行させることで行い、計算条件を視覚的に設定できるようなインターフェースは用意されていない。よって、Linuxのコマンドに対するある程度の知識も必要とされる。

CMAQは、アメリカだけではなく世界中の研究者や行政などによって広く活用されている。CMAQを用いた研究に関する学術論文は年々増加している。調査²³⁾によれば、2022年にはCMAQを用いた研究に関する学術論文が194本発行され、そのうちの97本の著者に中国、75本にアメリカ、25本に韓国、6本に日本の研究者が名を連ねている。

4. 国立環境研究所での取り組み

筆者が所属する国立環境研究所の地域環境保全領域大気モデリング研究室では、CMAQを用いた大気シミュレーションによるさまざまな研究を行っている。また、CMAQで大気汚染物質濃度の予報を行うVisual atmospheric ENvironment Utility System (VENUS)²⁴⁾の開発と運用を行っており、予報結果をウェブサイト

(<https://venus.nies.go.jp/>)上で公開している。筆者は主に、入力データとして重要な排出インベントリの構築、大気シミュレーションを実行するための枠組みの整備、大気シミュレーションの実行を通じた大気質改善に資する知見の導出などに取り組んでいる。その中から、本稿では環境研究総合推進費（以下、推進費と表記する）の研究課題として実施したいくつかの研究内容について紹介する。

4.1 領域化学輸送モデル間相互比較

2016～2018年度に実施した推進費研究課題5-1601「大気中の二次汚染物質に対する発生源寄与推計と対策立案に資する規範的モデルの確立」では、Japan's Study for Reference Air quality Modeling (J-STREAM)²⁵⁾と称し、大気中での光化学反応過程を経て二次的に生成するO₃やPM_{2.5}に対して信頼性の高い規範的な領域化学輸送モデルを確立し、有効な対策立案に資することを目的として、領域化学輸送モデル間の相互比較に取り組んだ。地方環境研究所を含む国内の多くのモデル研究者の参加を得て、共通の領域化学輸送モデルへの入力データを配布した。参加者のモデルによって計算されたO₃やPM_{2.5}などの濃度を相互に比較し、その結果についてデータ検討会を開催して議論を深めることにより、濃度再現性を向上させるための方向性を明らかにした。

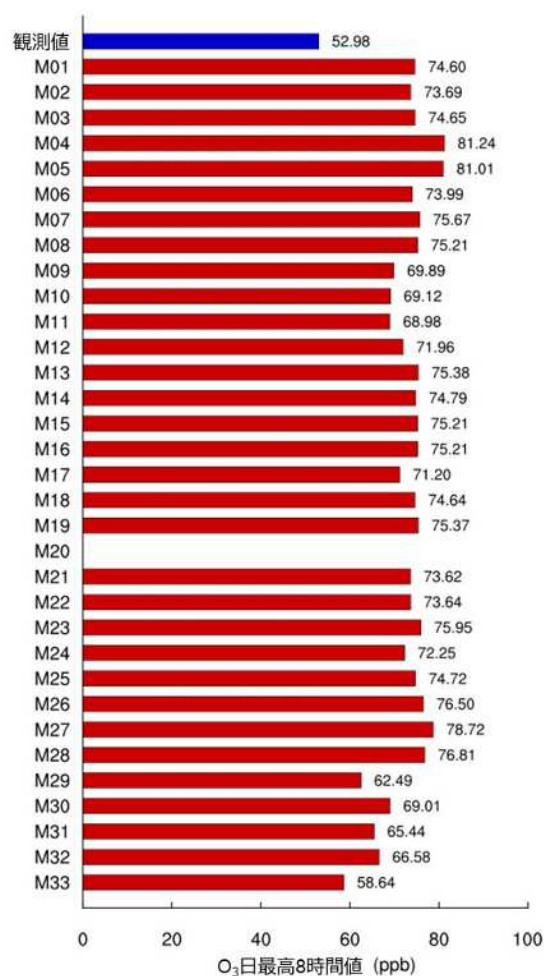
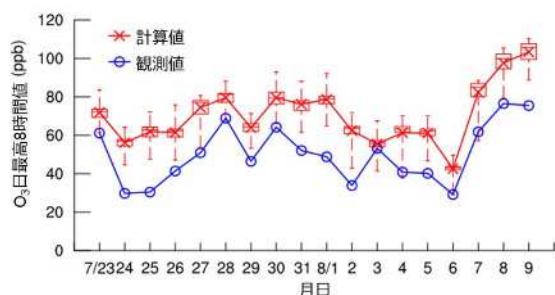


図5 全モデルによって計算された
関東地方の対象常時監視局における
O₃の日最高8時間値の期間平均値と観測値の比較



**図6 全モデルによって計算された
関東地方の常時監視局における
O₃の日最高8時間値と観測値の時系列比較**

相互比較の一例²⁶⁾として、参加した全てのモデルによって計算された関東地方の対象常時監視局におけるO₃濃度の日最高8時間値の期間（2013年7月23日～8月9日）平均値と観測値の比較を図5に示す。また、日最高8時間値の観測値と計算値の時系列比較を図6に示す。全てのモデルによる計算値の範囲を箱ひげ図で示している。この相互比較にはM01からM33までの33モデルが参加した。濃度の日変動傾向については比較的よく再現されたものの、全てのモデルが濃度の絶対値を過大評価していた。ただ、モデルによっては計算値が観測値により近いものもあった。その原因について調べたところ、2013年夏には西風による大陸からの越境輸送の影響が大きく、CMAQの新しいバージョンに組み込まれた海上でのハロゲンが絡む反応と沈着²⁷⁾、モデルに組み込まれている複数の化学反応メカニズムによる違い²⁸⁾、およびモデルによる鉛直方向の輸送の扱いの違いが、計算値に違いを生じさせる主要因であることが明らかになった。

同様のモデル間相互比較をPM_{2.5}についても行い、モデルによるPM_{2.5}計算値の違いの要因を明らかにした^{29, 30)}。また、モデルによる濃度再現性に大きな影響を及ぼす気象場について、領域気象モデルの設定の違いによる気象場と大気汚染物質濃度の計算値への影響を検討し、その結果と参加者間での議論を基に規範的なモデル設定としてとりまとめた。

4.2 大気シミュレーションの枠組みの整備

J-STREAMでは、モデル間相互比較だけではなく、モデルの使用者がより容易に大気シミュレーションを実行できるように、その枠組みを整備することも目的としていた。そこでネックとなるのが、排出インベントリデータの変換である。前述の通り、SMOKEは日本の排出インベントリには対応していないため、J-STREAMおよび2019～2021年度に実施された推進費研究課題5-1903「大気汚染対策効果評価のためのシミュレーション支援システムの

研究開発」において、日本の排出インベントリに対応した排出量データ変換ツールの構築を行った。

構築した排出量データ変換ツールの構成を図7に示す。排出インベントリデータをモデル入力データへと変換するために、さまざまな処理を行う構成となっている。排出インベントリの対象年と大気シミュレーションの対象年が異なる場合には、年による排出量の変化率を乗じて年次補正を行う。大気シミュレーションでは、排出量を増減させて大気汚染物質濃度への影響を評価することが多くあり、排出量に倍率を乗じて増減させる。排出インベントリの排出量が年総量の形で与えられている場合には、月別の排出割合を乗じて月変動を考慮する。曜日による排出量の変動が大きい場合には、曜日別の排出割合を乗じて曜日変動を考慮する。モデルには1時間毎の排出量を与える必要があり、時刻別の排出割合を乗じて時刻変動を考慮する。前述の通り、領域化学輸送モデルでは、化学反応メカニズムに基づき成分と光化学反応を集約して表現する。組成分解は、排出インベントリで与えられているVOCやPM_{2.5}などの排出量を、モデルが扱う成分別に分解するものである。一般的に、排出インベントリの水平解像度は、大気シミュレーションの対象領域の水平解像度とは異なる。排出インベントリの水平解像度での排出量を、大気シミュレーションの対象領域の格子に割り当てるために、水平分解を行う。鉛直方向も同様に、排出量を大気シミュレーションの鉛直層に割り当てるために、鉛直分解を行う。これらの変換を施した時刻別、成分別、格子別の排出量を、CMAQが必要とするI/O APIフォーマットでファイルに出力するツールとなっている。

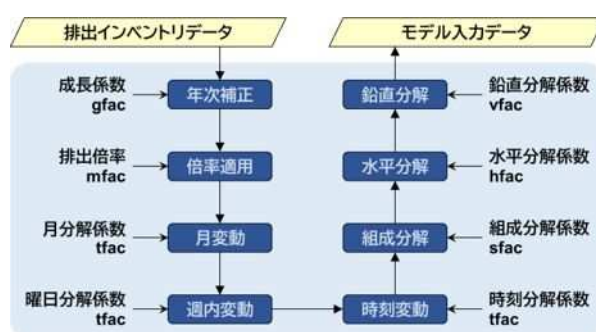


図7 排出量データ変換ツールの構成

図7に示すように、これらの変換をするためには、成長係数、排出倍率、月分解係数、曜日分解係数、時刻分解係数、組成分解係数、水平分解係数、鉛直分解係数が必要となるが、これらの係数類を全てモデルの使用者が自分で揃えるのは容易ではない。そこで、表1に示す複

数の排出インベントリデータを変換するための全ての係数類を「排出量データ変換用データセット」として取り揃えた。環境省の植生調査データから、植物起源VOC排出量を推計するためのモデルであるModel of Emissions of Gases and Aerosols from Nature (MEGAN)³¹⁾への入力データも作成できるようになっている。CMAQで海塩粒子の排出量をオンラインで推計するために必要な海洋のデータファイルも作成することができる。なお、水平分解係数については、モデル使用者が指定する計算対象領域に依存するため、CMASが開発しているSpatial allocatorを利用した水平分解係数作成ツールを構築し、表1に示す全ての排出インベントリについて、モデル使用者の計算対象領域に対応した水平分解係数を作成できるようにしている。

表1 「排出量データ変換用データセット」の対象排出インベントリ

対象発生源	排出インベントリ
国外（アジア）人為発生源	REAS ³²⁾
国外（アジア以外）人為発生源	EDGAR ³³⁾
バイオマスバーニング	GFED ³⁴⁾
国内自動車	環境省PM _{2.5} 排出インベントリ
国内自動車以外輸送	環境省PM _{2.5} 排出インベントリ
国内固定発生源	J-STREAM ³⁵⁾
日本周辺船舶	GLIMMS-AQ ³⁶⁾
火山	Carn et al. ³⁷⁾ , 気象庁
国内植生	環境省植生調査
海洋	GSHHG ³⁸⁾ , 国土数値情報

排出量データ変換ツールは、csv形式で入力データを作成し、CMAQと同様に実行スクリプトをLinuxのコマンドベースで実行させるようになっており、Linuxになじみのない利用者には敷居が高く感じられるかもしれない。そこで、我々の研究室で開発されている大気汚染シミュレーション支援システム（APOLLO）では、計算対象領域の設定に加えて、排出量を増減させて大気汚染物質濃度の変化を大気シミュレーションで評価することを想定し、排出量データ変換ツールへの入力データである排出倍率について、地域別、物質別、部門別の排出倍率をインターフェース上で指定し、csv形式の入力データファイルを作成することができるようになっている。

排出量データ変換ツールやデータセット、水平分解係数作成ツールなど、J-STREAMおよびその後の推進費研究課題での成果として構築したツールやデータセットについては、ウェブサイト

(<https://www.nies.go.jp/chiiki/jstream.html>) より申請を行い、無償で入手することができる。J-STREAMでのモデル間相互比較のために参加者に配布した入力データファイルも公開しており、大気シミュレーションによ

る試算などに有用である。

4.3 発生源感度解析

大気汚染物質の有効な濃度低減策を立案するためには、まず、大気汚染物質濃度に対する発生源の影響を把握する必要がある。発生源の影響を評価する主な指標として、発生源寄与と発生源感度がある³⁹⁾。発生源寄与（source apportionment）は、大気汚染物質濃度のうち、各発生源に由来するものの割合に相当する。一方、発生源感度（source sensitivity）は、各発生源の排出量が増減した場合に、大気汚染物質濃度がどれくらい変化するかに相当する。いずれも大気シミュレーションで評価することが可能であるが、本稿では発生源感度を評価した研究例⁴⁰⁾を紹介する。

大気シミュレーションで発生源感度を評価する方法はいくつか存在するが、ここではBrute Force Method（BFM）を採用した。BFMでは、まず全ての発生源の排出量データを使用したベースケースの計算を実行する。その後、対象とする発生源の排出量を変化させた計算を実行する。計算された大気汚染物質濃度のベースケースとの差を、その対象発生源の感度として評価する。2016年4月から翌2017年3月までの1年間を計算対象期間とし、表2に示す12発生源の感度を評価した。

表2 発生源感度解析の対象発生源

表記	対象発生源
s01	自動車
s02	船舶
s03	自動車以外輸送（機械、鉄道、航空機）
s04	固定燃焼（発電、産業、業務）
s05	バイオマス燃焼（喫煙、調理、野焼き）
s06	家庭での燃料燃焼
s07	蒸発VOC発生源
s08	農業（野焼きを除く）・蒸発NH ₃ （施肥、家畜など）
s09	自然（火山、植物、土壌）
s10	朝鮮半島からの越境輸送
s11	越境輸送（朝鮮半島を除く）
s12	海塩粒子

首都圏のO₃とPM_{2.5}の月平均濃度の計算値に対する発生源感度を図8に示す。O₃に対しては越境輸送（s11）の感度が支配的である。一方、国内の自動車（s01）や固定燃焼（s04）の感度は負になっている。これらの発生源から排出されるNOによりO₃が消費されるタイトレーションによるものである。ただし、負の感度には季節変動があり、光化学反応が活発な夏季には負の感度はほとんど見られない。O₃の月平均濃度に対しては越境輸送の影響が大きく、国内発生源の排出量を削減してもO₃の月平均濃度を低減させるのは難しいことを示唆している。PM_{2.5}についても越境輸送（s11）の感度が大きい、自動車

(s01), 船舶 (s02), 固定燃焼 (s04) の他, 農業・蒸発NH₃ (s08), 自然 (s09) もある程度の感度を有している。これらの排出量を削減することにより, PM_{2.5}濃度を低減できる可能性を示唆している。

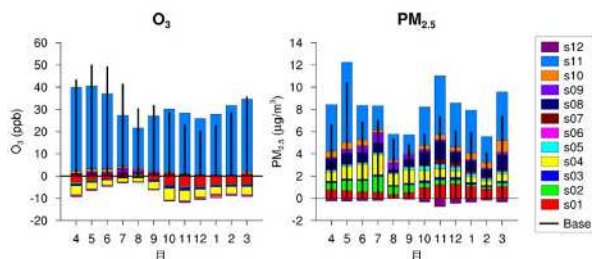


図8 首都圏のO₃とPM_{2.5}月平均濃度に対する発生源感度

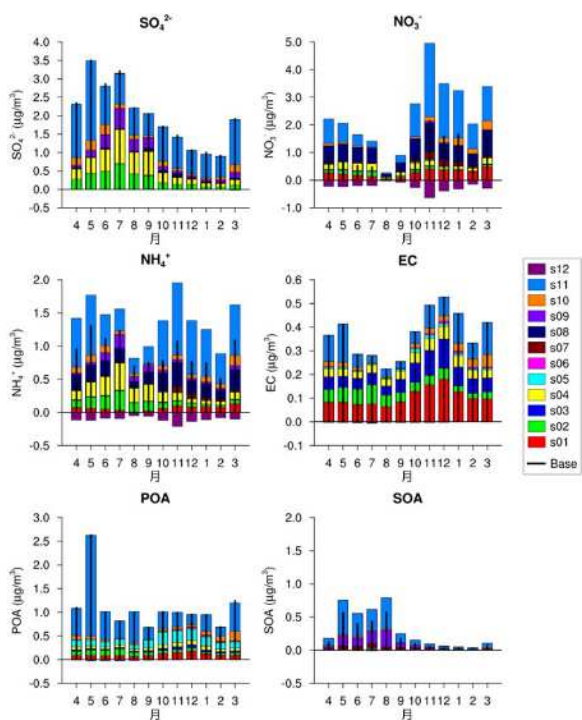


図9 首都圏のPM_{2.5}成分別月平均濃度に対する発生源感度

PM_{2.5}はさまざまな成分の集合体であり, 図9に示すように, 成分によって発生源感度が大きく異なる。国内発生源のうち, 自動車 (s01), 船舶 (s02), 固定燃焼 (s04) の他, SO₄²⁻に対しては火山の影響による自然 (s09), 元素状炭素 (EC) に対しては自動車以外輸送 (s03), 一次排出有機成分 (POA) に対してはバイオマス燃焼 (c05) の感度も比較的大きい。また, NH₃を排出しないにもかかわらず, NH₄⁺に対して船舶 (s02) や固定燃焼 (s04) が感度を有している他, NO_xを排出しないに

もかわらず, NO₃⁻に対して農業・蒸発NH₃が感度を有している。NH₄NO₃の粒子化に対してNH₃とNO_xの両者が相互に影響を及ぼすためである。このように, PM_{2.5}の成分によって発生源感度が異なるだけでなく, NH₃とNO_xのように複雑な影響も現れることから, 各成分の濃度を低減するためには, このような発生源感度の特徴を理解する必要がある。

4.4 対策によるオゾン濃度低減効果の評価

光化学オキシダントの環境基準達成率は極めて低い状態で推移している。常時監視局で観測されている光化学オキシダントの昼間の日最高1時間値の年平均値はやや上昇もしくは近年ではほぼ横ばいの状態にある¹⁾。O₃の原因物質であるNO_xとVOCに対してこれまでにさまざまな対策が施され, 排出量が削減されてきた。特にVOCについては, 2000年比で排出量を3割削減することを目指し, 規制と自主的取組のベストミックスによる対策が行われてきたが, 目標は既に達成されたにもかかわらず, 光化学オキシダントの環境基準の達成率は依然として低いままであり, 対策の効果が問われている。ただし, 光化学オキシダント濃度の長期的な改善傾向を評価する新指標値 (8時間値の日最高値の年間99パーセントタイル値の3年平均値) で見れば, 地域によっては低減傾向が見られている¹⁾。濃度の見方によって変化傾向が異なることが示唆される。

このようなO₃の長期的な濃度変化を, 対策などによる排出量の変化によって説明づけることができるのか, 2021年度から2023年度までの予定で実施している推進費研究課題5-2105「対策によるオゾン濃度低減効果の裏付けと標準的な将来予測手法の開発」において, 検討を行っている。本研究では, 2000年以降の長期間を対象に, 対策などによる排出量の変化を表現した排出インベントリを構築し, 長期間連続の大気シミュレーションを実行することにより, O₃濃度の長期的な変動傾向に対する国内発生源対策, および越境輸送や気象条件の影響を明らかにしようとしている。本稿ではその前段階として, 排出量の変化によるO₃濃度の変化を簡易的に評価した結果⁴⁾について紹介する。

本研究で新たに推計した, 2000～2019年の日本国内のNO_xとVOCの排出量を図10に示す。いずれもさまざまな対策によって排出量が減少していることがわかる。特に自動車に対する対策の効果が顕著に現れている。非燃焼VOCについては, 規制や自主的取組などの対策によって, 目標を上回る排出量の削減を達成している。その結果, 近年ではVOC排出量総量に対する植物起源の寄与が相対的に大きくなってきている。

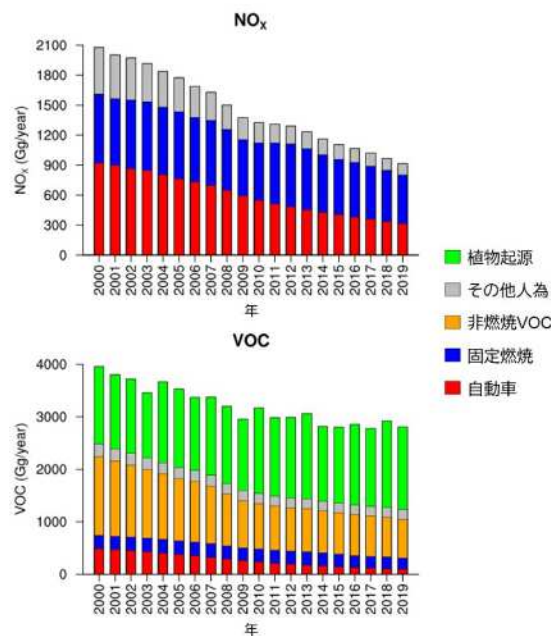


図10 2000～2019年の日本国内のNO_xとVOCの排出量

2018年の1年間を対象とし、図10に示した自動車、固定燃焼、非燃焼VOCについて、2018年の排出量を使用したケースと2000年の排出量を使用したケースの2ケースの計算を大気シミュレーションで実行し、両年間の排出量の変化によるO₃の濃度変化を評価した。なお、濃度の見方によって変化傾向が異なることが示唆されているため、濃度変化を表3に示す6種類のタイムスケールで評価した。このうち、MEAN_ALL、MEAN_MDA8、MEAN_PEAKが日別値の年間平均値、99P_MDA8、TOP10_MDA8、MAX_PEAKが年間の高濃度にあたる。MEAN_PEAKが、環境省の「大気汚染状況について」¹⁾で示されている日最高1時間値の年平均値、99P_MDA8の3年平均値が新指標値に相当する。アメリカでSIPによる大気汚染物質濃度の低減効果を大気シミュレーションで評価する際には、TOP10_MDA8の日最大8時間値の年間上位10日の計算結果が採用される^{12, 13)}。MAX_PEAKは環境基準達成の評価に用いられる。

表3 O₃濃度変化を評価したタイムスケール

表記	定義	用途
MEAN_ALL	年平均値	
MEAN_MDA8	日最大8時間値の年間平均値	
MEAN_PEAK	日最大1時間値の年間平均値	環境省「大気汚染状況について」
99P_MDA8	日最大8時間値の年間99%タイル値	3年平均値が新指標値に相当
TOP10_MDA8	日最大8時間値の年間上位10日平均	アメリカSIPの対策効果評価に使用
MAX_PEAK	日最大1時間値の年間最大値	環境基準達成の評価

関東地方周辺で計算されたO₃濃度の分布と観測値との比較を図11に示す。上がMEAN_ALL（年平均値）、下が99P_MDA8（日最大8時間値の年間99%タイル値）のタイムスケールで評価したもので、それぞれ左から、2018年のO₃濃度計算値の分布、2018年に対する2000年のO₃濃度計算値の差分の分布、常時監視局における2018年に対する2000年の光化学オキシダント濃度観測値の差分の分布を示している。MEAN_ALL（年平均値）の場合は、都心部の方がO₃濃度が低くなっており、都心部で多く排出されるNO_xによってO₃が消費されるタイトレーションの影響が強く現れている。また、2018年に対する2000年の差分が負の値となっており、2000年の方が2018年よりもO₃濃度が低いことを示している。NO_x排出量の削減により、タイトレーションによるO₃の消費量が少なくなり、2000年から2018年にかけてO₃濃度が上昇する結果となっている。このような傾向は、観測値とも定性的に整合している。一方、99P_MDA8（日最大8時間値の年間99%タイル値）で見た場合には、MEAN_ALLとは逆の傾向となっている。都心部近傍で濃度が高く、高濃度時には活発な光化学反応によるO₃の生成の方がタイトレーションよりも影響が大きいことを示しており、排出量の削減がO₃の濃度低減をもたらしている。その傾向は観測値とも定性的に整合している。

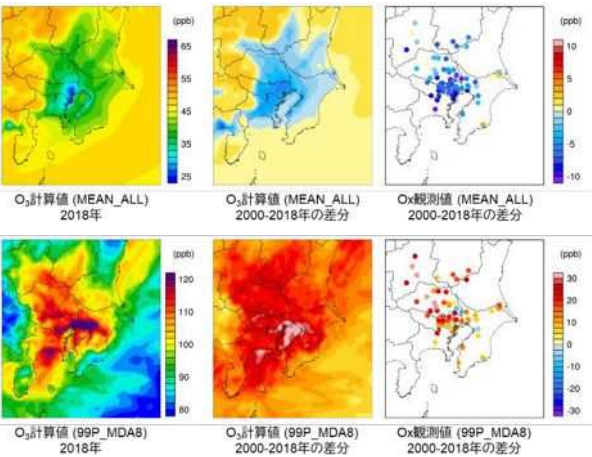


図11 関東地方の2018年におけるO₃濃度計算値と2000～2018年の排出量の変化によるO₃濃度変化の水平分布

2000～2018年の排出量の変化によるO₃濃度計算値の変化率を関東地方と東海～関西地方の都道府県別に整理して図12に示す。都道府県別に左から6種類のタイムスケールでの評価結果を並べて示している。図の右側には、地域内の全常時監視局における計算値と観測値の変化率を示している。埼玉、千葉、東京、神奈川、愛知、大阪

など、人口が多く発生源の多い都道府県において、日別値の年間平均値に負の傾向が見られるが、年間高濃度については、排出量の削減によって低減している。その傾向は観測値と計算値で定性的に整合しているが、観測値の変化率が計算値に比べて関東地方ではやや小さめ、東海～関西地方ではやや大きめに現れている。本計算では考慮していない越境輸送や気象条件の変化の影響も受けている可能性が考えられる。

図7に示したように、 O_3 の月平均濃度に対して国内の NO_x 発生源が負の感度を有していたのに対応して、 O_3 の濃度平均値が都心部で低く、排出量の削減によって上昇する結果となり、環境省の「大気汚染状況について」¹⁾で示されている日最高1時間値の年平均値の傾向と整合していた。逆に、年間高濃度については、これまでの対策による排出量の削減により、有効に低減されてきていることが示唆され、新指標値の変動傾向と整合する結果となった。2000～2018年の間の NO_x とVOCの排出量削減により、 O_3 濃度の平均値は下がらない一方で年間高濃度は低減される傾向が、大気シミュレーションで説明づけられた。

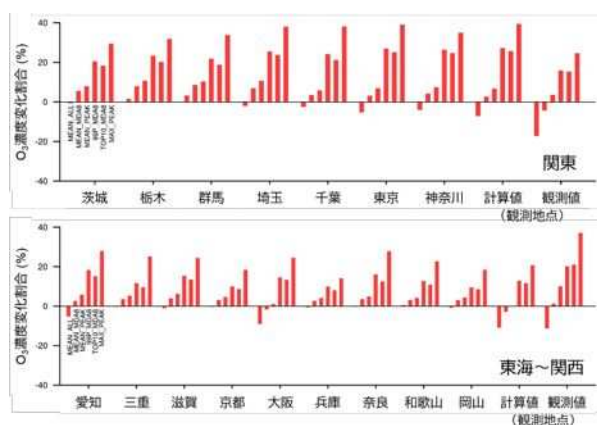


図12 2000～2018年の排出量の変化による
都道府県別の O_3 濃度計算値の変化率

5. おわりに

本稿では、大気シミュレーションと、重要な要素である領域化学輸送モデルとして広く用いられているCMAQについて、技術的な概要を紹介した。また、大気シミュレーションの適用研究例として、領域化学輸送モデル間相互比較、発生源感度解析、対策によるオゾン濃度低減効果の評価の内容を紹介した。大気汚染物質の濃度低減策を立案するために、大気シミュレーションが有用な知見を提供しうることを理解してもらえるとありがたいと思う。地方環境研究所の皆様にも大気シミュレーションを利用してもらえるように、大気シミュレーションの枠組

みの整備を進めており、その成果を公表している。大気シミュレーションに触れてもらい、ご意見やご要望、ご質問にお応えすることにより、大気シミュレーションを実行する上での障壁を取り除き、日本でも大気シミュレーションのコミュニティを発展させることができれば幸いである。

6. 謝辞

本稿で紹介した内容は、環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20165001, JPMEERF20195003, JPMEERF20215005）により実施した。

7. 引用文献

- 1) 環境省：大気汚染状況について、
<https://www.env.go.jp/air/osen/index.html>
(2023.11.13アクセス)
- 2) Environmental Protection Agency:
Reconsideration of the national ambient air quality standards for particulate matter.
Federal Register, 88, 5558–5719, 2023
- 3) World Health Organization: WHO global air quality guidelines. Particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization, Geneva, 2021
- 4) Meng Z., Dabdub D., Seinfeld J.H.: Chemical coupling between atmospheric ozone and particulate matter. *Science*, **277**, 116–119, 1997
- 5) Sillman S.: The relation between ozone, NO_x and hydrocarbons in urban and polluted rural environments. *Atmospheric Environment*, **33**, 1821–1845, 1999
- 6) Wang S., Xing J., Jang C., Zhu Y., Fu J.S., Hao J.: Impact assessment of ammonia emissions on inorganic aerosols in East China using response surface modeling technique. *Environmental Science & Technology*, **45**, 9293–9300, 2011
- 7) Carter W.P.L.: Development of the SAPRC-07 chemical mechanism. *Atmospheric Environment*, **44**, 5324–5335, 2010
- 8) Luecken D.J., Yarwood G., Hutzell W.H.: Multipollutant of ozone, reactive nitrogen and HAPs across the continental US with CMAQ-CB6. *Atmospheric Environment*, **201**, 62–72, 2019
- 9) Fountoukis C., Nenes A.: ISORROPIA II: a

- computationally efficient thermodynamic equilibrium model for $K^+-Ca^{2+}-Mg^{2+}-NH_4^+-Na^+-SO_4^{2-}-NO_3^--Cl^-H_2O$ aerosols. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **7**, 4639-4659, 2007
- 10) Donahue N.M., Robinson A.L., Stanier C.O., Pandis S.N.: Coupled partitioning, dilution, and chemical aging of semivolatile organics. *Environmental Science & Technology*, **40**, 2635-2643, 2006
- 11) Araki S., Iwahashi K., Shimadera H., Yamamoto K., Kondo A.: Optimization of air monitoring networks using chemical transport model and search algorithm. *Atmospheric Environment*, **122**, 22-30, 2015
- 12) Environmental Protection Agency: Modeling guidance for demonstrating air quality goals for ozone, $PM_{2.5}$, and regional haze. EPA 454/R-18-009, 2018
- 13) 速水洋: 米国環境保護庁モデリング手引書「Modeling Guidance for Demonstrating Air Quality Goals for Ozone, $PM_{2.5}$, and Regional Haze」抄訳 オゾンと $PM_{2.5}$ を中心に. 大気環境学会誌, **56**, 57-67, 2021
- 14) Chang J.S., Brost R.A., Isaksen I.S.A., Madronich S., Middleton P., Stockwell W.R., Walcek C.J.: A three-dimensional Eulerian acid deposition model: Physical concepts and formulation, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **92**, 14681-14700, 1987
- 15) Scheffe R.D., Morris R.E.: A review of the development and application of the Urban Airshed Model, *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, **27**, 23-39, 1993
- 16) Byun D.W., Schere K.L.: Review of the governing equations, computational algorithms, and other components of the Models-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) modeling system. *Applied Mechanics Reviews*, **59**, 51-77, 2006
- 17) Itahashi S., Mathur R., Hogrefe C., Zhang Y.: Modeling stratospheric intrusion and trans-Pacific transport on tropospheric ozone using hemispheric CMAQ during April 2010 - Part 1: Model evaluation and air mass characterization for stratosphere-troposphere transport. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20**, 3373-3396, 2020
- 18) Itahashi S., Mathur R., Hogrefe C., Napelenok S.L., Zhang Y.: Modeling stratospheric intrusion and trans-Pacific transport on tropospheric ozone using hemispheric CMAQ during April 2010 - Part 2: Examination of emission impacts based on the higher-order decoupled direct method. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20**, 3397-3413, 2020
- 19) Otte T.L., Pleim, J.E.: The Meteorology-Chemistry Interface Processor (MCIP) for the CMAQ modeling system: updates through MCIPv3.4.1. *Geoscientific Model Development*, **3**, 243-256, 2010
- 20) Skamarock W.C., Klemp J.B., Dudhia J., Gill D.O., Liu Z., Berner J., Wang W., Powers J.G., Duda M.G., Barker D.M., Huang X.-Y.: A description of the advanced research WRF version 4. NCAR Tech. Note NCAR/TN-556+STR, 2019
- 21) Kim S., Moon N., Byun D.W.: Korea emissions inventory processing using the US EPA's SMOKE system. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, **2**, 34-46, 2008
- 22) Woo J.-H., Choi K.-C., Kim H.K., Baek B.H., Jang M., Eum J.-H., Song C.H., Ma Y.-I., Sunwoo Y., Chang L.-S., Yoo S.H.: Development of an anthropogenic emissions processing system for Asia using SMOKE. *Atmospheric Environment*, **58**, 5-13, 2012
- 23) EPA-RTP Library: Community Multiscale Air Quality Modeling System, A 2022 research impact metrics analysis, 2023
- 24) 菅田誠治, 大原利眞, 黒川純一, 早崎将光: 大気汚染予測システム (VENUS) の構築と検証. 大気環境学会誌, **46**, 49-59, 2011
- 25) Chatani S., Yamaji K., Sakurai T., Itahashi S., Shimadera H., Kitayama K., Hayami H.: Overview of model inter-comparison in Japan's study for reference air quality modeling (J-STREAM). *Atmosphere*, **9**, 19, 2018
- 26) Chatani S., Yamaji K., Itahashi S., Saito M., Takigawa M., Morikawa T., Kanda I., Miya Y., Komatsu H., Sakurai T., Morino Y., Nagashima T., Kitayama K., Shimadera H., Uranishi K., Fujiwara Y., Shintani S., Hayami H.: Identifying key factors influencing model performance on ground-level ozone over urban areas in Japan through model inter-comparisons. *Atmospheric Environment*, **223**, 117255, 2020

- 27) Sarwar G., Gantt B., Schwede D., Foley K., Mathur R., Saiz-Lopez A.: Impact of enhanced ozone deposition and halogen chemistry on tropospheric ozone over the northern hemisphere. *Environmental Science & Technology*, **49**, 9203–9211, 2015
- 28) Kitayama K., Morino Y., Yamaji K., Chatani S.: Uncertainties in O₃ concentrations simulated by CMAQ over Japan using four chemical mechanisms. *Atmospheric Environment*, **198**, 448–462, 2019
- 29) Yamaji K., Chatani S., Itahashi S., Saito M., Takigawa M., Morikawa T., Kanda I., Miya Y., Komatsu H., Sakurai T., Morino Y., Kitayama K., Nagashima T., Shimadera H., Uranishi K., Fujiwara Y., Hashimoto T., Sudo K., Misaki T., Hayami H.: Model inter-comparison for PM_{2.5} components over urban areas in Japan in the J-STREAM framework. *Atmosphere*, **11**, 222, 2020
- 30) Itahashi S., Yamaji K., Chatani S., Kitayama K., Morino Y., Nagashima T., Saito M., Takigawa M., Morikawa T., Kanda I., Miya Y., Komatsu H., Sakurai T., Shimadera H., Uranishi K., Fujiwara Y., Hashimoto T., Hayami H.: Model performance differences in fine-mode nitrate aerosol during wintertime over Japan in the J-STREAM model inter-comparison study. *Atmosphere*, **11**, 511, 2020
- 31) Guenther, A.B., Jiang X., Heald C.L., Sakulyanontvittaya T., Duhl T., Emmons L.K., Wang X.: The Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature version 2.1 (MEGAN2.1): an extended and updated framework for modeling biogenic emissions. *Geoscientific Model Development*, **5**, 1471–1492, 2012
- 32) Kurokawa J., Ohara T.: Long-term historical trends in air pollutant emissions in Asia: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 3. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20**, 12761–12793, 2020
- 33) Crippa M., Guizzardi D., Muntean M., Schaaf E., Oreggioni G.: EDGAR v5.0 global air pollutant emissions. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/377801af-b094-4943-8fdc-f79a7c0c2d19>, 2019
- 34) van der Werf G.R., Randerson J.T., Giglio L., van Leeuwen T.T., Chen Y., Rogers B.M., Mu M., van Marle M.J.E., Morton D.C., Collatz G.J., Yokelson R.J., Kasibhatla P.S.: Global fire emissions estimates during 1997–2016. *Earth System Science Data*, **9**, 697–720, 2017
- 35) 茶谷聡, Cheewaphongphan P., 小林伸治, 田邊潔, 山地一代, 高見昭憲: 日本国内大規模固定発生源の業種別・施設種別・燃料種別大気汚染物質排出インベントリの構築. 大気環境学会誌, **54**, 62–74, 2019
- 36) Sakurai T., Ito M., Hanayama, S.: Development of air pollutants emission inventories for ships around Japan on a high geographical resolution. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, **15**, 2020096, 2021
- 37) Carn S., Fioletov V., McLinden C., Li C., Krotkov, N.A.: A decade of global volcanic SO₂ emissions measured from space. *Scientific Reports*, **7**, 44095, 2017
- 38) Wessel P., Smith W.H.F.: A global, self-consistent, hierarchical, high-resolution shoreline database. *Journal of Geophysical Research*, **101**, 8741–8743, 1996
- 39) Clappier A., Belis C.A., Pernigotti D., Thunis P.: Source apportionment and sensitivity analysis: two methodologies with two different purposes. *Geoscientific Model Development*, **10**, 4245–4256, 2017
- 40) Chatani S., Shimadera H., Itahashi S., Yamaji K.: Comprehensive analyses of source sensitivities and apportionments of PM_{2.5} and ozone over Japan via multiple numerical techniques. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20**, 10311–10329, 2020
- 41) Chatani S., Kitayama K., Itahashi S., Irie H., Shimadera H.: Effectiveness of emission controls implemented since 2000 on ambient ozone concentrations in multiple timescales in Japan: An emission inventory development and simulation study. *Science of the Total Environment*, **894**, 165058, 2023

＜特集＞大気シミュレーション～国環研の取組と地方環境研究所での活用事例～

福岡県での大気シミュレーション活用事例と今後の展望

山村 由貴*・廣瀬 智陽子*

(*福岡県保健環境研究所)

1. はじめに

福岡県は、越境汚染の影響を受けやすい北部九州に位置するため、PM2.5は西風の卓越する春季と冬季に高濃度が観測される傾向がある（例えば、鶴野ら2017¹⁾）。一方、県内には工業地帯や交通量の多い商業都市もあることから、光化学オキシダントは越境汚染影響の強い春季に加え、地域汚染の影響が強い夏季にも高濃度が観測されることがある²⁾。

越境汚染の影響については従来、

- ・HYSPLITによる後方流跡線の方位が中国大陸か
- ・五島、対馬、壱岐等、人為発生源の少ない離島の測定局で高濃度になっているか
- ・深夜、早朝に県内測定局で高濃度になっているか

等から判断していた。これらも重要な情報であるが、後方流跡線や測定局の測定値はある地点（点）のデータであることから、汚染の動きを面的に捉えることは難しい。また、越境汚染の影響の有無を判断することはできるが、その影響を定量的に評価することができない、さらに、測定値は現在までのデータしかないため、今後の濃度変化や越境汚染の影響を予測することが難しいといった問題もあった。

これらの問題を解決する手段の一つが、大気シミュレーションである。大気シミュレーションでは、任意エリアの汚染の動きを面的に示すことができ、さらに、任意発生源からの排出量を削減して計算を行うことで、その発生源の影響を評価することも可能である。光化学オキシダント数ppbレベルの定量評価を議論することは難しいと考えられるが、越境の影響が大きい・小さいというレベルの定量評価は可能と考えられる。さらに、計算に用いる気象データを未来の予測値にすることで、汚染の予測も可能となる。

大気シミュレーションによるPM2.5や光化学オキシダントの濃度予測は、SPRINTARS³⁾やVENUS⁴⁾が存在する。しかし、いずれも予測結果の最小表示単位は県である。

福岡県は玄界灘、瀬戸内海、有明海に面しているため海風の動きが複雑であることや、光化学オキシダントの原因物質であるNOxやVOCの排出量が多い都市部や工業地帯を有することから、海風や地域汚染の影響が強くなる

夏季は特に、県内であっても高濃度になるエリアや時間の地域性が強い²⁾。そのため、県内地域ごとの濃度レベルを予測して欲しいとのニーズがあった。

そこで、福岡県保健環境研究所では、2018年からシミュレーションモデルの導入に着手し、2022年2月から、福岡県独自の濃度予測を開始した。本稿では、福岡県で行っている予測の概要と事例について紹介する。

2. 計算条件

シミュレーションモデルには、世界的にユーザー数の多い、気象モデルWRF⁵⁾と化学輸送モデルCMAQ⁶⁾を使用した。WRFは米国大気研究センターと米国国立環境予測センターによって開発されたモデルであり、移流・拡散・雲微物理・積雲・大気境界層高さ・地表面・放射過程等を計算することが可能である。CMAQは米国環境保護庁によって開発されたモデルであり、気象と排出量情報とともに、様々な大気汚染物質について移流、拡散、沈着、気相・液相化学反応等を考慮した濃度を計算・出力することが可能である。

計算領域は図1に示す東アジア域（D01、解像度45km×45km）、西日本域（D02、解像度15km×15km）、北部九州域（D03、解像度5km×5km）でネスティングを行っている。

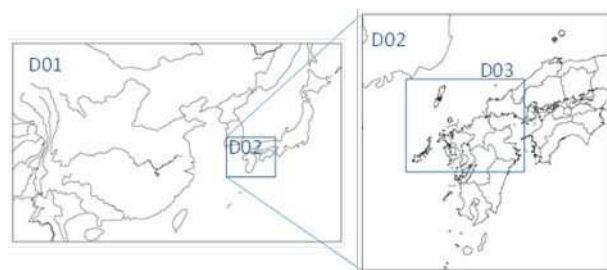


図1 計算領域

気象データには、米国国立環境予測センターの気象予報値GFS 0.25 Degree Global Forecast Grids Historical Archive (ds084.1)⁷⁾を使用している。排出量には、表1に示すデータを使用している。REASv2.1については、対象年が2008年であるため、文献値¹⁴⁾や衛星

データ¹⁵⁾をもとにSO₂、NOx排出量を補正して用いているが、現在発表されているREASv3（2015年までを対象）への更新も検討している。火山からのSO₂については、福岡県の大気に影響を与える可能性が高く、かつ気象庁によるSO₂排出量観測データの存在する桜島、阿蘇山、諏訪之瀬島を考慮した。予報対象期間は、当日～3日先までとした。

表1 排出量データ

東アジア人為起源 (日本を除く)	Regional Emission inventory in Asia (REAS) version 2.1 ⁸⁾
国内人為起源 (自動車・船舶を除く)	EAGrid2010-Japan ⁹⁾
国内船舶	OPRF's Ship Emission inventory ¹⁰⁾
国内自動車	JATOP Emission Inventory-Data Base 2011 Automobile Source (JEI-DB2011-AS) ¹¹⁾
植物起源VOC	Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature (MEGAN) version2.04 ¹²⁾
火山	気象庁火山活動報告資料 ¹³⁾

3. 福岡県内の大気汚染予報

3.1 予報システム概要

福岡県の予報システム（以下、本システム）の具体的な計算の流れを図2に示す。各作業はワークステーションのシェルスクリプトに記載し、Linuxのオペレーションシステムのジョブ管理ツールcronによって、毎日定時に自動で実行される。

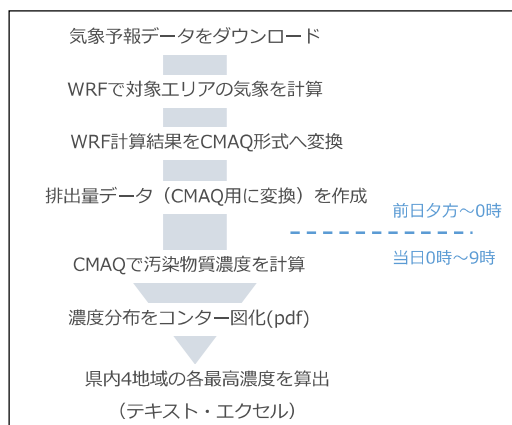


図2 予報システム概要

計算中に0時を超えると日付が変わり、不具合が生じるため、排出量データの作成までが0時前に終わるよう逆算し、予報対象日の前日夕方から気象データのダウンロードを実行する。

表1の排出量データは、物質名称や解像度がデータごとに異なるため、CMAQでの計算に適した形式に変換する

必要がある。このCMAQ用の排出量データ作成の際、以下の3パターンを作成することとした。これにより、通常の濃度分布に加え、越境汚染の寄与濃度、県内のVOC、NOx排出量削減要請の光化学オキシダント濃度低減に対する効果も同時に予測することが可能となる。

- ・全ての排出量を含むもの（濃度予測用。以下、この排出量での計算を通常計算とする）
- ・国外の人為起源排出量をゼロとしたもの（越境汚染寄与評価用。以下、この排出量での計算を国外ゼロ計算とする）
- ・県内VOC、NOx排出量を2割削減したもの（県内のVOC、NOx排出量削減要請の効果試算用）

0時を超えると、作成した3パターンの排出量で、CMAQによる計算が行われる。それぞれの計算結果から、PM2.5、光化学オキシダント濃度を取り出してコンターマップにし（図3）、pdf形式で保存される。なお、図3(b)の越境汚染の寄与濃度は、通常計算と国外ゼロ計算の差分である。

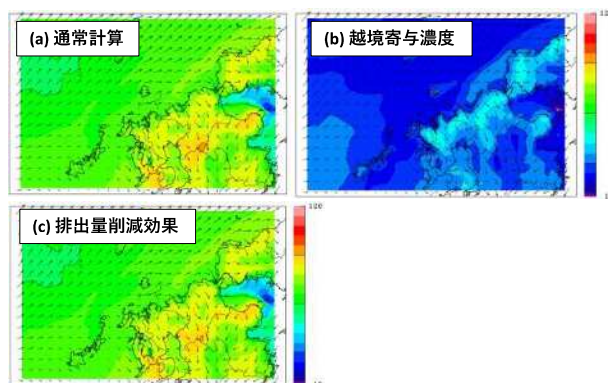


図3 計算結果のコンターマップ出力例
（光化学オキシダント）

(a) 通常計算、(b) 越境寄与濃度、(c) 排出量削減効果

さらに、県内を図4に示す4つの地域、1日を0～6、6～12、12～18、18～24時の4つの時間区分に分け、3日先までの各地域の最高濃度（光化学オキシダントは1時間値、PM2.5は6時間平均値）を算出する（図5(a)）。この結果はエクセルファイルとして出力すると共に、大気関係の業務に従事する県職員の登録メールアドレスへ自動で送信される。これにより、休日の高濃度対応が必要な場合も、予測結果を確認することが可能となる。光化学オキシダントが120ppb、PM2.5が70 μg/m³を超えると予測された場合には、図5(b)に示すように、該当地域の県民に対して、福岡県LINEで高濃度予測情報を配信することとしている¹⁶⁾。なお、日中の活動に活用できるよう、全ての計算工程は、遅くとも朝9時頃には完了するよう設計している。

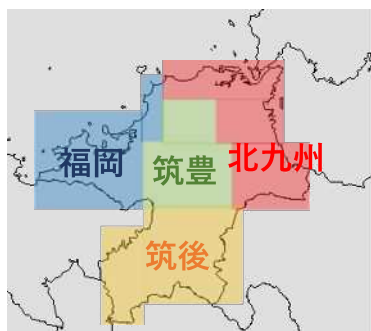


図4 地域区分

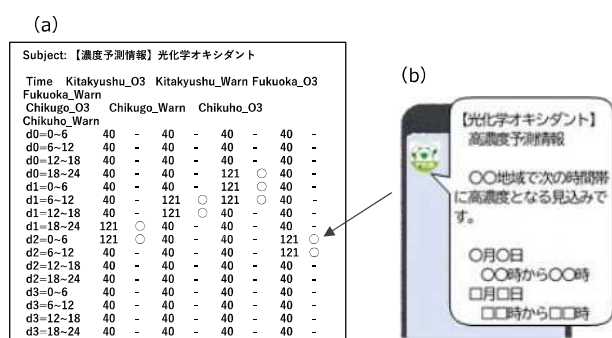


図5 濃度出力とLINE配信例

3.2 予測精度

予報を開始した2022年2月15日から2023年8月31日までの予測値について、観測値と比較したものを図6 (a)光化学オキシダント, (b)PM2.5) に示す。図6は、3.1で

述べた4つの時間区分, 各地域内の最高値(オキシダントは1時間値, PM2.5は6時間平均値)で比較しており, 観測値には大気常時監視局の測定値, 計算値には各地域に該当する計算格子のうち, 高度200m以下の平地の当日予測値を用いている。

光化学オキシダントは決定係数が0.43~0.51, RMSEが14.5~15.4ppbであった。観測値が80ppbを超えたデータのうち, 計算値の誤差が±20ppb以内であった割合は, 北九州75%, 福岡79%, 筑後88%, 筑豊82%であり, 高濃度対応に資する精度を得られていると考えられる。

一方, PM2.5は決定係数0.21~0.32であり, オキシダントに比べて精度は低かった。本システムでは, 微小粒子状SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, OC(有機炭素), EC(元素炭素)の和をPM2.5と仮定しているが, 実際には水分等の本システムでは考慮できていない成分が含まれていること, 各成分の主要発生源や生成過程が異なるため, 成分ごとに精度が異なる可能性があることや, 黄砂や野焼きや火事等, 排出量データに含まれない突発的な事象の反映は困難であることなどが原因と考えられる。

図6(b)のうち, PM2.5の観測値が70μg/m³を超える高濃度となったのは, 北九州で2件(図中赤丸A, B)と筑後で1件(図中赤丸C)の計3件である。このうち, 高濃度Aは, 福岡に黄砂が飛来した2023年4月13日であった。前述のとおり, 本システムでは, 黄砂を考慮することができないため, この高濃度Aを捉えることができなかったと考えられた。なお, 福岡県では黄砂は本システムとは別に予測を委託している。

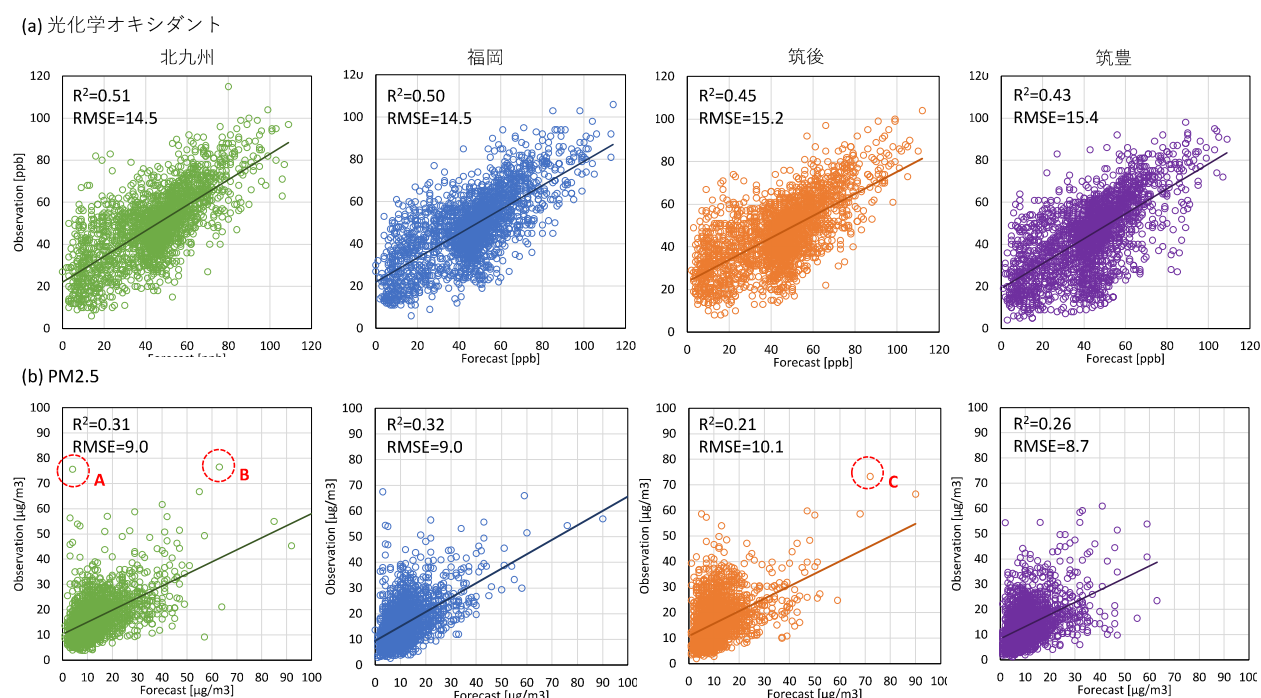


図6 観測値と予測値の比較 (a) 光化学オキシダント, (b) PM2.5

一方、高濃度B、Cは共に、越境汚染によって煙霧が発生した2023年1月6日であった（詳細は3.3に記載）。北九州（高濃度B）がやや過小ではあるが、1月6日は高濃度を予測することができていた。このことから、越境汚染に伴う高濃度事例に対しては、ある程度精度良く捉えることが可能と考えられる。

3.3 高濃度予報事例

予報開始以降に観測されたPM_{2.5}高濃度事例を紹介する。2023年1月5日～7日にかけて、九州・山口各県でPM_{2.5}の1時間値が50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高濃度が観測され、福岡県内では霧のように霞んだ状態となっていた（図7）。



図7 福岡県太宰府市の様子
(1月6日10:00 福岡県保健環境研究所屋上から撮影)

この時のPM_{2.5}濃度予測結果を図8(a)、そのうち越境汚染による濃度を図8(b)に示す。図8(a)(b)から、高濃度の主な要因は越境汚染であったことが示唆された。

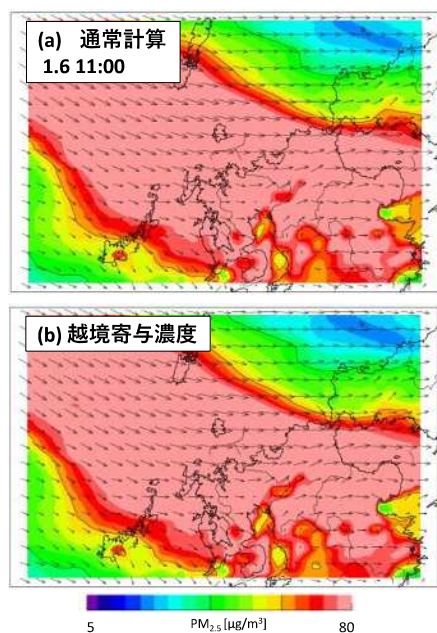


図8 PM_{2.5}濃度予測結果（1月6日11時）
(a)通常計算 (b)越境寄与濃度

3.4 異臭事例への応用

CMAQでは、前述したオキシダントやSO₄²⁻等のみでなく、SO₂やHNO₃等、数百種類の化学物質の濃度が同時に計算・出力される。ここでは、同時に出力されたSO₂の予測結果を、異臭事例に活用した例を紹介する。

2022年12月21日午前8時頃、福岡市内で「硫黄のような臭いがする」との通報が相次いだ。福岡市内にある測定局のSO₂時間値濃度は、最大で0.023ppm（午前9時、春吉局）まで上昇していた。SO₂濃度が上昇する要因として、もっとも典型的な例として火山が考えられる。ただし、SO₂の刺激臭が感知されるのは0.3-1 ppm¹⁷⁾であることから、臭いの原因はSO₂と同じ火山ガスであるH₂S等であった可能性が高いと考えられた。CMAQにはH₂Sが含まれていないため、H₂SがSO₂と類似する挙動をしたと仮定して、SO₂の解析を行った。

SO₂計算結果の水平分布図を、図9(a1)(a2)(a3)、桜島付近と福岡市付近を含む同一経度（図9(a1)の赤線）に沿った断面図を図9(b1)(b2)(b3)に示す。図9(b1)(b2)(b3)から、桜島から噴出したSO₂は高度を下げながら北上し、21日午前、福岡市付近で地上に到達していたことがわかる。地上への到達時間と、福岡市内で異臭通報が多く寄せられた時間帯が一致していることから、H₂S等の臭いの原因物質も、本計算のSO₂と同じ動きをしていた可能性が高いと考えられた。

4. 今後の展望

現在は高濃度が予測された時のみLINEで情報配信を行っているが、今後は濃度分布や高濃度有無等の情報を、福岡県ホームページ上にも掲載することを検討している。さらに、過去の計算結果と観測結果を用いて機械学習を行い、この学習済みモデルを使って、未来の濃度予測結果に対して補正を行うという試みも行っている。この補正機構によって精度向上が見込まれた場合、本システムへの組み込みを検討する。

本稿では大気シミュレーションの活用例を紹介したが、大気以外にも海洋や河川等、様々なシミュレーションモデルが存在する。また、技術の発展に伴い、近年はAIによる予測を活用した事例も増加している。

現象を予測し、それに対する対策を事前にコンピューター上で試算できることが、シミュレーションモデルやAIの大きな強みであり、地方自治体にとっても必要不可欠な技術である。今後、大気分野に限らず、地方環境研究所がシミュレーションモデルやAIといった情報技術を活用して事象の予測や施策の効果を試算し、その結果に基づいて、行政が最適な施策を実行するという仕組みが根付いていくことを期待して、本稿を締めたいと思う。

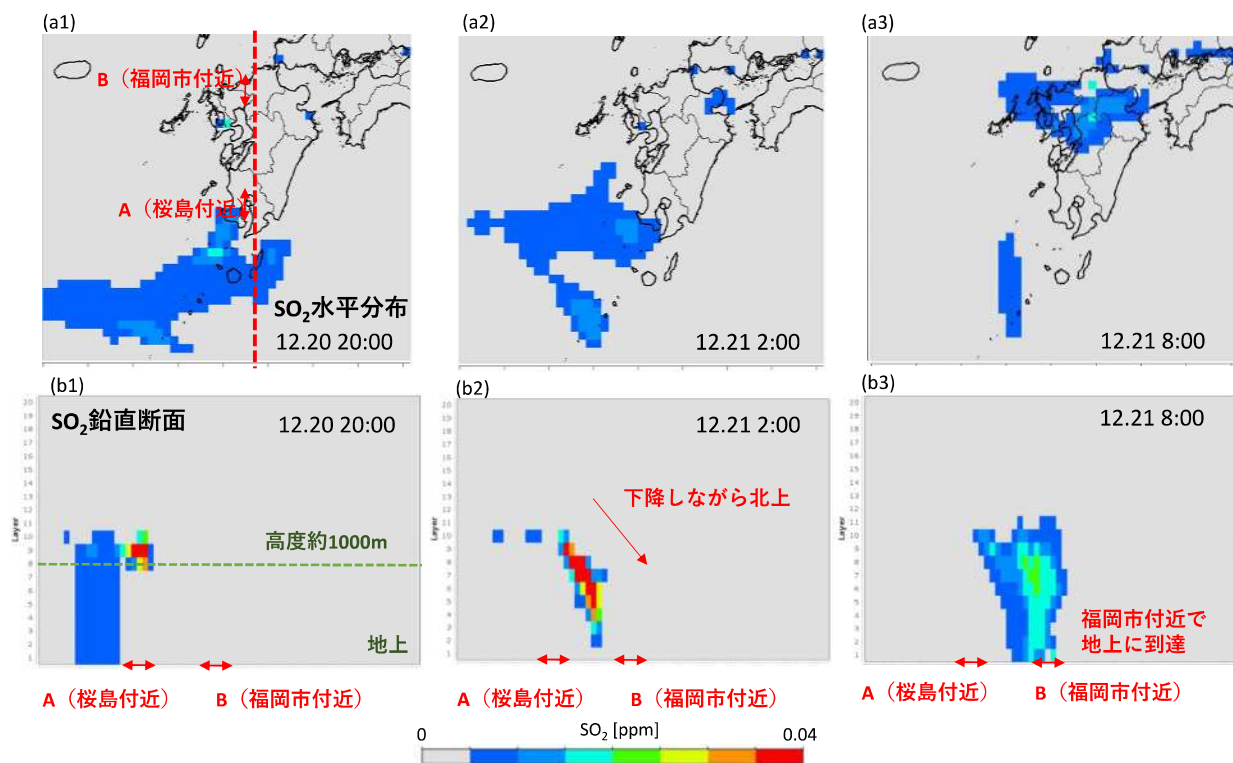


図9 SO₂濃度分布 (D02 (15km×15km))
(a1) (a2) (a3) 水平分布 (b1) (b2) (b3) 鉛直断面

5. 謝辞

本システムの構築および機械学習による誤差補正は、(独)環境再生保全機構 大気環境の改善分野に関する調査研究「地方公共団体におけるシミュレーションモデルを活用した光化学オキシダント対策の検討に関する調査研究」として実施しました。また、排出量データの作成は、大阪大学大学院工学研究科嶋寺光准教授からプログラムをご提供いただきました。ここに記して謝意を表します。

6. 参考文献

- 1) 鵜野伊津志, 桑原 昇平, 王 哲, 板橋 秀一, 弓本 桂也, 長田 和雄, 山本 重一: ソース・レセプター手法を用いた西日本・日本海沿岸への PM_{2.5} 越境輸送の解析. 大気環境学会誌, **32**, (3), 188-198, 2017
- 2) 山村由貴, 力寿雄, 中川修平, 山本重一: 福岡県内における地域汚染由来の高濃度オゾンに対する NO_x, VOC排出量削減の効果. 全国環境研会誌, **45**, (4), 51-61, 2020
- 3) 九州大学: SPRINTARS, <https://sprintars.riam.kyushu-u.ac.jp/> (2023.9.10アクセス)
- 4) 国立環境研究所: VENUS, <https://venus.nies.go.jp/> (2023.9.10アクセス)
- 5) Skamarock W. C., Klemp J. B., Dudhia J., Gill D. D., Barker D. M., Duda M. G., Huang X.-Y., Wang W., Powers J. G.: A Description of the Advanced Research WRF Version 3. *NCAR Technical Notes*, NCAR/TN-475+STR, 1-113, 2008
- 6) Byun D., Schere K. L.: Review of the governing equations, computational algorithms, and other components of the models-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) modeling system. *Applied Mechanics Reviews*, **59**, 51-76, 2006
- 7) NCAR: NCEP GFS 0.25 Degree Global Forecast Grids Historical Archive, <https://rda.ucar.edu/datasets/ds084.1/> (2023.9.10アクセス)
- 8) Kurokawa J., Ohara T., Morikawa T., Hanayama S., Janssens-Meanhout G., Fukui T., Kawashima K., Akimoto H.: Emissions of air pollutants and greenhouse gases over Asian regions during 2000-2008: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 2. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **13**, 11019-11058, 2013
- 9) 福井 哲央, 國領 和夫, 馬場 剛, 神成 陽容: 大気汚染物質排出インベントリEAGrid2000-Japanの年次

- 更新. 大気環境学会誌, **49**, 117-125, 2014
- 10) 海洋政策研究財団: 平成22年度 排出規制海域設定による大気環境改善効果の算定事業報告書, ISBN978-4-88404-265-3, 2010
- 11) (一財) 石油エネルギー技術センター: JATOP技術報告書「自動車排出量推計」, JPEC-2011AQ-02-06, 2012
- 12) Guenther A., Karl T., Harley P., Wiedinmyer C., Palmer P. I., Geron C.: Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature). *Atmospheric Chemistry and Physics*, **6**, 3181-3210, 2006
- 13) 気象庁: 各火山の活動状況,
https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/open-data/data_index.html (2023.9.10アクセス)
- 14) Zheng, B., Tong, D., Li, M., Liu, F., Hong, C., Geng, G., Li, H., Li, X., Peng, L., Qi, J., Yan, L., Zhang, Y., Zhao, H., Zheng, Y., He, K., Zhang, Q.: Trends in China's anthropogenic emissions since 2010 as the consequence of clean air actions. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **18**, 14095-14111, 2018
- 15) NASA: OMI/Aura Nitrogen Dioxide (NO₂) Total and Tropospheric Column 1-orbit L2 Swath 13x24 km V003,
https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/OMNO2_V003/summary (2023.9.10アクセス).
- 16) 福岡県: 光化学オキシダント・PM_{2.5}・黄砂の予測について,
<https://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/oxpm25kosa.html> (2023.9.29アクセス)
- 17) 日本火山学会: 第9回公開講座 火山ガスと防災,
<http://www.kazan-g.sakura.ne.jp/J/koukai/02/hirabayashi.html> (2023.9.10アクセス)

< 報 文 >

岡山県内の河川におけるグリホサート及びグルホシネートの調査*

小林隆太**・橋本清美**・吉岡敏行**・浦山豊弘**

キーワード ①除草剤 ②グリホサート ③グルホシネート ④HPLC ⑤水質環境調査

要 旨

蛍光誘導体化-HPLC法を用いて岡山県内の河川におけるグリホサート及びグルホシネートの水質環境調査を実施した。定量下限値は、要調査項目等調査マニュアルに示された目標定量下限値 (0.3 μ g/L) の約1/7であり、1 μ g/Lの濃度の試験液を用いた保存性試験では、冷蔵保存状態で6日間経過後も分解はほとんど認められなかった。水質環境調査における検出率は、グリホサートが50%、グルホシネートが17%であり、春季及び夏季に高かった。検出濃度を生物影響等の指標と比較した結果、生物への影響はほとんどないものであると考えられた。また、検出濃度に計画高水流量当たりの流域耕地面積の広さが影響している可能性が示唆された。

1. はじめに

グリホサート及びグルホシネートは、多くの植物に対して殺草性を示す非選択性のアミノ酸系除草剤である。国内ではそれぞれ1980年及び1984年に農薬登録がなされ、水溶性が高く、土壌吸着性を有し、低毒性である等の特徴を有している。特にグリホサートの販売量は年々増加しており、2021年度には過去最高を記録している¹⁾。

水質環境中の存在状況については、過去に環境省が実施した化学物質環境実態調査^{2), 3)}でいずれの地点からも検出されなかったが、岡山県では当該物質の調査事例がないことや販売量が年々増加していることから、県内の河川における水質環境調査を実施した。

2. 調査方法

2.1 試料採取方法及び採取地点

試料採取は、令和4年7月から令和5年6月までの夏季、秋季、冬季及び春季に各1回実施した。調査地点は一級河川である高梁川水系、旭川水系及び吉井川水系の各2地点、二級河川である伊里川水系、笹ヶ瀬川水系及び倉敷川水系の各1地点の合計9地点で実施した。

2.2 分析方法

分析は、要調査項目等調査マニュアル⁴⁾に準拠して、蛍光誘導体化-HPLC法で実施した。測定条件を表1、分析フローを図1に示す。グリホサート標準品は、富士フイルム和光純薬(株)製農薬混合標準液水質-8 (グリホサート、グルホシネート及びグリホサートの主な分解物であるアミノメチルホスホン酸 (AMPA) 各20 μ g/mL水溶液) を使用した。検量線は、4mLの溶媒に標準液を1ng~400ngの範囲で添加し、9点 (1, 2, 4, 10, 20, 40, 100, 200, 400ng) 作成した。分析方法の検出下限値 (MDL) 及び定量下限値 (MQL) は、河川水50mLに農薬混合標準液5ngを添加して調製した7試料を測定し、その標準偏差から求めた⁵⁾。

表1 測定条件

カラム	COSMOSIL 5NH2-MS (4.6 $\times$ 150mm)
移動相	0.1mol/L リン酸二水素カリウム緩衝液:アセトニトリル (7:3)
カラム温度	40 $^{\circ}$ C
流速	0.5mL/min
蛍光検出器	励起波長270nm, 測定波長315nm
注入量	20 μ L

*The research of the amount of Glyphosate and Glufosinate in Rivers in Okayama Prefecture

**Ryuta KOBAYASHI, Kiyomi HASHIMOTO, Toshiyuki YOSHIOKA, Toyohiro URAYAMA (岡山県環境保健センター)
Okayama Prefectural Institute for Environmental Science and Public Health

試料水 50mL : NaCl 2.5g+ほう酸緩衝液5mL+0.01M FMOC-C1 10mL
↓
振とう, 30分静置 (誘導体化)
↓
硫酸 (1+2) 0.5mL+酢酸エチル 40mL
↓
振とう10分, 静置
↓
水層(下層)を廃棄, ほう酸緩衝液 4mL添加
↓
振とう 10分, 静置
↓
水層(下層)1mLを分取, 0.45μm のフィルターでろ過
↓
HPLCで測定

図1 分析フロー

2.3 保存性試験

河川水1Lに農薬混合標準液1μgを添加した1μg/L試験液を調製し, ポリプロピレン製容器に入れて冷蔵庫に保管した。保存性試験として, 添加直後, 3日後及び6日後の試験液を図1の分析フローに従い分析を実施した。

3. 結果及び考察

3.1 検量線

グリホサート, グルホシネート及びAMPAの検量線を図2~4に示す。絶対検量線で直線近似としたが, いずれの物質も $R^2 \geq 0.999$ と良好であった。また, 検量線最低濃度のクロマトグラムを図5に示す。蛍光検出器であることから高感度で選択性が高く, 1ng/4mL (試料換算値0.02μg/L) まで検出することができた。

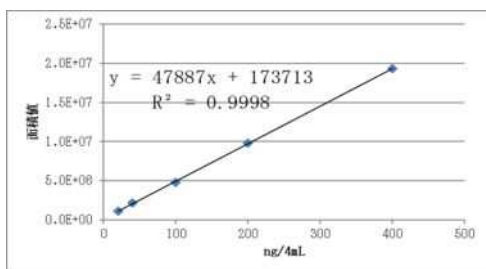


図2 グリホサート検量線 (1ng~400ng/4mL)

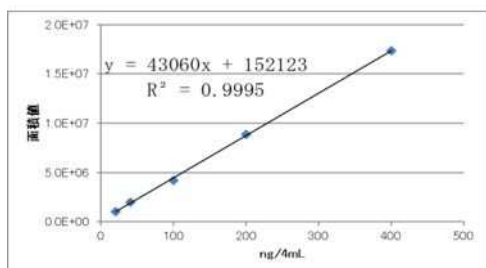


図3 グルホシネート検量線 (1ng~400ng/4mL)

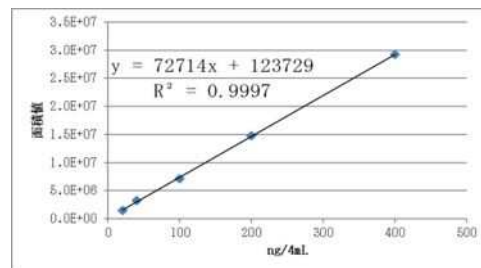


図4 AMPA検量線 (1ng~400ng/4mL)

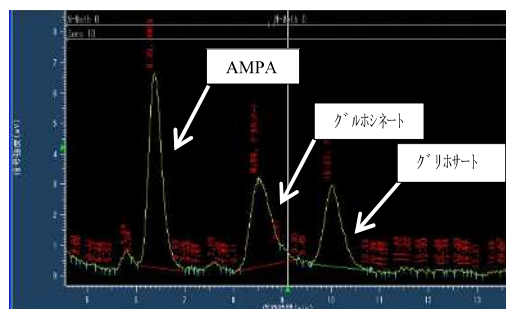


図5 検量線最低濃度のクロマトグラム

3.2 MDL及びMQL

MDL及びMQLを表2に示す。MQLは, 要調査項目等調査マニュアルに示された目標定量下限値 (0.3μg/L) の約1/7であった。なお, 変動係数 (CV) は, グリホサート及びAMPAで2~3%とばらつきが小さかったが, グルホシネートでは11.5%とばらつきが若干大きかった。

表2 MDL及びMQL

	グリホサート	グルホシネート	AMPA
MDL (μg/L)	0.01	0.02	0.008
MQL (μg/L)	0.04	0.05	0.02

3.3 保存性試験結果

保存性試験の結果を図6に示す。いずれの物質も冷蔵状態であれば6日後も80%以上残存しており, 分解はほとんど認められなかった。

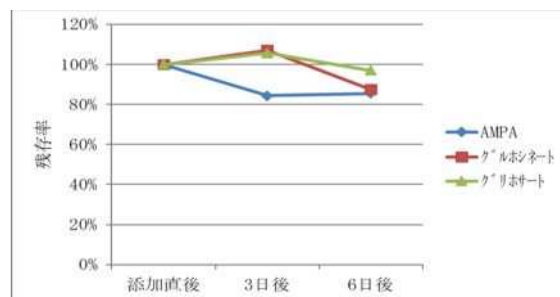


図6 保存性試験結果

3.4 水質環境調査結果

調査結果を表3、図7及び図8に示す。なお、AMPAについては、水質環境調査の中でHPLCカラムの劣化による保持能力の低下によって、妨害成分とピークが重なったため、定量値の算出は行っていない。

いずれの調査対象物質も春季及び夏季に多く検出され、検出率はグリホサートが50%、グルホシネートが17%であった。笹ヶ瀬橋や倉敷川橋で比較的高い濃度で検出され、検出最高濃度は、グリホサートが0.72µg/L（春季・倉敷川橋）、グルホシネートが0.34µg/L（夏季・倉敷川橋）であった。

その理由として、いずれの調査対象物質も春季から夏季にかけて散布量が増えること、笹ヶ瀬川及び倉敷川は一級河川に比べて計画高水流量当たりの流域の耕作面積が広く（表4）、河川中の農薬の濃度が相対的に高いことなどが考えられたが、いずれの調査対象物質も検出濃度が非常に低く、調査検体数も少ないことから、明確な理由の特定までには至らなかった。

また、グリホサートの検出濃度がグルホシネートと比べて高い理由は、グリホサートの県内出荷量がグルホシネートより約12倍多いためと推測された⁶⁾。

グリホサート及びグルホシネートに係る生物影響等の指標を表5に示す。予測無影響濃度については、水生生物（魚類、甲殻類及び藻類）への急性毒性値を安全係数（100）で除した値とした。各調査対象物質における最も低い指標については、グリホサートでは藻類への予測無影響濃度（0.18mg/L）、グルホシネートでは水質汚濁に係る登録基準（0.024mg/L）であり、本調査結果（最高検出濃度）をこれらの指標と比較したところ、グリホサートが1/250未満、グルホシネートが1/70未満と十分低い濃度であり、生物への影響はほとんどないと考えられた。

グリホサートは、1993年（平成5年）の化学物質環境実態調査で全国11地点のいずれからも検出されておらず（<0.2µg/L）、グルホシネートは、2006年（平成18年）の調査で全国10地点のいずれからも検出されていない（<0.67µg/L）。検出率の違いについて、化学物質環境実態調査では定量下限値が高いことに加え調査時期及び調査水域の違いによるものと考えられた。

表3 測定結果一覧

調査年月日		調査地点名		グリホサート濃度 (µg/L)	グルホシネート 濃度 (µg/L)
夏 季	R4. 7. 25	高梁川	中井橋	0.11	<0.05
	R4. 8. 1		霞橋	0.25	<0.05
	R4. 7. 25	旭川	落合大橋	0.11	<0.05
	R4. 8. 1		乙井手堰	0.10	<0.05
	R4. 7. 25	吉井川	周匝大橋	0.17	<0.05
	R4. 8. 1		鴨越堰	0.09	<0.05
	R4. 7. 25	伊里川	浜の川橋	0.32	0.06
	R4. 8. 1	笹ヶ瀬川	笹ヶ瀬橋	0.46	0.25
	R4. 8. 1	倉敷川	倉敷川橋	0.31	0.34
秋 季	R4. 10. 11	高梁川	中井橋	<0.04	<0.05
	R4. 10. 25		霞橋	<0.04	<0.05
	R4. 10. 11	旭川	落合大橋	<0.04	<0.05
	R4. 10. 25		乙井手堰	<0.04	<0.05
	R4. 10. 11	吉井川	周匝大橋	0.06	<0.05
	R4. 10. 25		鴨越堰	<0.04	<0.05
	R4. 10. 11	伊里川	浜の川橋	<0.04	<0.05
	R4. 10. 25	笹ヶ瀬川	笹ヶ瀬橋	<0.04	<0.05
	R4. 10. 25	倉敷川	倉敷川橋	<0.04	<0.05
冬 季	R5. 2. 14	高梁川	中井橋	<0.04	<0.05
	R4. 12. 19		霞橋	<0.04	<0.05
	R5. 2. 14	旭川	落合大橋	<0.04	<0.05
	R4. 12. 19		乙井手堰	<0.04	<0.05
	R5. 2. 14	吉井川	周匝大橋	<0.04	<0.05
	R4. 12. 19		鴨越堰	<0.04	<0.05
	R5. 2. 14	伊里川	浜の川橋	<0.04	<0.05
	R4. 12. 19	笹ヶ瀬川	笹ヶ瀬橋	<0.04	0.10
	R4. 12. 19	倉敷川	倉敷川橋	0.60	<0.05
春 季	R5. 4. 24	高梁川	中井橋	<0.04	<0.05
	R5. 5. 22		霞橋	<0.04	<0.05
	R5. 4. 24	旭川	落合大橋	0.05	<0.05
	R5. 5. 22		乙井手堰	0.06	<0.05
	R5. 4. 24	吉井川	周匝大橋	0.08	<0.05
	R5. 5. 22		鴨越堰	0.06	<0.05
	R5. 4. 24	伊里川	浜の川橋	0.09	<0.05
	R5. 5. 22	笹ヶ瀬川	笹ヶ瀬橋	0.46	0.14
	R5. 5. 22	倉敷川	倉敷川橋	0.72	0.16

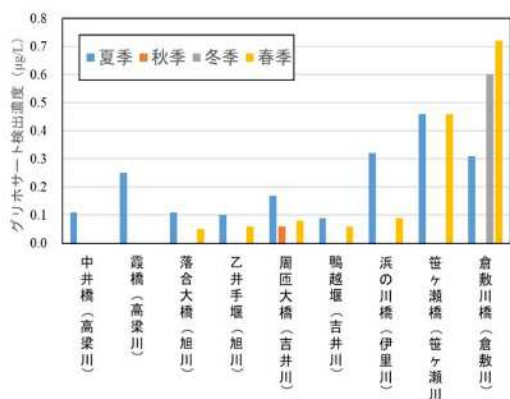


図7 グリホサートの季節別検出率

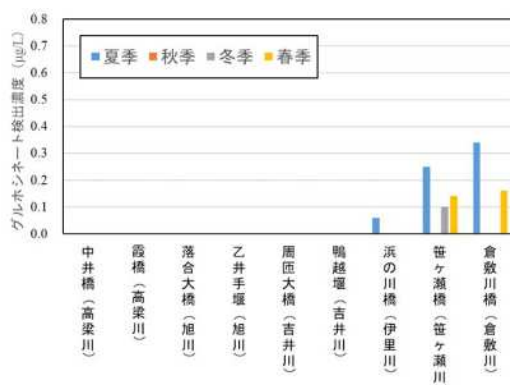


図8 グルホシネートの季節別検出率

表4 河川の流域耕地面積及び計画高水流量^{7)～13)}

河川名	吉井川	旭川	高梁川	倉敷川	笹ヶ瀬川
流域の耕作面積 a (ha)	20, 588	16, 064	19, 277	4, 696	4, 981
計画高水流量 b (m ³ /s)	8, 600	6, 000	13, 400	500	1, 100
地点	河口	下牧	船穂	河口	当新田
a/b	2.4	2.7	1.4	9.4	4.5

※注：計画高水流量：堤防が耐えられる最高の水位（計画高水位）における河川の流量のことで、河川の堤防工事などで基準となる。

表5 生物影響等の指標^{14)～15)}

名称	グリホサート (mg/L)	グルホシネート (mg/L)
水質汚濁に係る農薬登録基準	2.66	0.024
水産動植物の被害防止に係る農薬登録基準	6.2	10
魚類への予測無影響濃度 コイ96hrLC ₅₀ /安全係数100	1.18	9.37
甲殻類への予測無影響濃度 オオミジンコ48hrEC ₅₀ /安全係数100	0.643	5.43
藻類への予測無影響濃度 藻類72hrEC ₅₀ /安全係数100	0.18	0.8

3.5 分析上の注意点

今回使用したHPLCカラムは、カラム寿命が短いため、使用後はメタノール又はアセトニトリルで十分にカラム内部を洗浄する必要がある。HPLCカラムが劣化すると、特にAMPAの保持能力が低下し、AMPAのリテンションタイムが早くなり、妨害成分と重なるおそれがあるため、注意が必要である。

4. まとめ

グリホサート、グルホシネートについて蛍光誘導体化-HPLC法を用いて水質環境調査を実施し以下の結果を得た。

- (1) MQLは、グリホサートで0.04µg/L、グルホシネートで0.05µg/Lであった。
- (2) 河川水1Lに標準液1µgを添加し、保存性を確認したところ、6日後でも分解はほとんど認められなかった。
- (3) 水質環境調査における検出率は、グリホサートが50%、グルホシネートが17%であり、春季及び夏季に検出率が高かった。
- (4) 検出濃度と生物影響等の指標を比較した結果、生物への影響はほとんどないと考えられた。
- (5) 検出濃度に計画高水流量当たりの流域耕地面積の広さが影響している可能性が示唆された。

5. 引用文献

- 1) 有機農業ニュースクリップ：21年度グリホサート出荷量 過去最高を更新，<http://organic-newsclip.info/log/2022/22121152-1.html> (2023.10.3アクセス)
- 2) 環境庁環境保健部環境安全課：平成6年度版「化学物質と環境」，45，1996
- 3) 環境省環境保健部環境安全課：平成19年度版「化学物質と環境」，<https://www.env.go.jp/chemi/kurohon/>

- 2007/index.html (2023. 10. 3アクセス)
- 4) 環境省水環境部企画課：要調査項目等調査マニュアル（水質、底質、水生生物）（平成14年3月），
<https://www.env.go.jp/water/chosa/h14-03/full.pdf> (2023. 10. 3アクセス)
 - 5) 環境省大臣官房環境保健部環境安全課：化学物質環境実態調査の手引き（令和2年度版），
https://www.env.go.jp/chemi/mat_tebikir02.pdf (2023. 10. 3アクセス)
 - 6) 厚生労働省：令和3年度（令和2年10月～令和3年9月）農薬出荷量等について，
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/to_pics/bukyoku/kenkou/suido/suishitsu/05_00003.html (2023. 10. 3アクセス)
 - 7) 国土交通省：一級河川における流域等の面積、総人口、一般資産額等について，
<https://www.mlit.go.jp/common/001184133.pdf> (2023. 10. 3アクセス)
 - 8) 国土交通省：主な二級河川における流域等の面積、総人口、一般資産額等について，
<https://www.mlit.go.jp/common/001184135.pdf> (2023. 10. 3アクセス)
 - 9) 国土交通省中国地方整備局：吉井川水系河川整備計画【国管理区間】，
<https://www.cgr.mlit.go.jp/okakawa/kouhou/seibi/yoshii/pdf/seibikeikaku/hyoushi.pdf> (2023. 10. 3アクセス)
 - 10) 国土交通省中国地方整備局：旭川水系河川整備計画【国管理区間】，
<http://www.cgr.mlit.go.jp/okakawa/kouhou/seibi/asahi/asahi/asahomepe.html> (2023. 10. 3アクセス)
 - 11) 国土交通省中国地方整備局：高梁川水系河川整備計画【大臣管理区間】（変更），
https://www.cgr.mlit.go.jp/okakawa/kouhou/seibi/takahasi/files/plan_henkou04/plan_all.pdf (2023. 10. 3アクセス)
 - 12) 岡山県：倉敷川水系河川整備基本計画，
https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/879682_8371006_misc.pdf (2023. 10. 3アクセス)
 - 13) 岡山県：笹ヶ瀬川水系河川整備基本計画，
https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/879682_8370995_misc.pdf (2023. 10. 3アクセス)
 - 14) 一般社団法人日本植物防疫協会：農薬ハンドブック 2021年版，914-916・920-922，東京，2021
 - 15) 畠山成久，日本環境毒性学会監修：化学物質の生態リスク評価と規制-農薬編-，291-292，株式会社アイピーシー，東京，2006

< 報 文 >

栃木県内の環境中に排出される廃プラスチック類に関する調査*

神野憲一**・佐藤敬士***・小林有見子**・黒田彩香**・高橋稔**・小池静司**

キーワード ①河川ごみ ②散乱ごみ ③廃プラスチック類 ④マイクロプラスチック ⑤市街地

要 旨

筆者らは、栃木県内の環境中（主に河川）に排出されるプラスチックごみ（廃プラスチック類）の実態把握を目的として調査を実施してきた。河川水質及び底質における廃プラスチック類（マイクロプラスチックを含む）の調査や、河川への流入経路調査及び市街地の散乱ごみ調査を実施し、環境中の廃プラスチック類の発生原因と抑制対策について検討した。市街地調査の結果、廃プラスチック類の発生原因として主に意図しない散乱が考えられ、ポイ捨て防止のみならず、施設等の管理の徹底についても、普及啓発や注意喚起が必要と考えられた。

1. はじめに

プラスチックごみ（廃プラスチック類）による海洋汚染が、国際的に大きな問題となっている。令和元（2019）年6月のG20大阪サミットでは、2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにすることが宣言された。日本近海で浮遊する廃プラスチック類の主な発生源として、周辺国からの流出の他、国内からの流出も考えられるが、陸域における廃プラスチック類については、実態が十分解明されていない状況である。

そこで、栃木県内の環境中（主に河川）に排出される廃プラスチック類について、実態を把握し、発生抑制対策や普及啓発、環境学習等への活用方法を検討する基礎資料を得ることを目的として、令和元（2019）年度から令和3（2021）年度まで調査を実施したので報告する。

2. 調査方法

2.1 モデル河川調査¹⁾

環境省²⁾や神奈川県³⁾の方法を参考に検討した調査方法により、田川本川及び流入支川を対象として、水質及び底質試料を採取し、廃プラスチック類を分析した。調査対象とする廃プラスチック類は5mm未満のものとしたが、5mm以上のものも別途集計することとした。

水質試料の採取と河川ごみ調査は、豊水期（令和2（2020）年8月及び9月）と平水期（令和2（2020）年12月）に実施した。底質試料の採取は、令和3（2021）年1月に実施した。



図1 調査地点図

出典：国土地理院発行5万分の1地形図を加工して作成。

*Investigation on the discharge of waste plastics in the environment in Tochigi Prefecture

**Kenichi JINNO, Yumiko KOBAYASHI, Ayaka KURODA, Minoru TAKAHASHI, Seiji KOIKE（栃木県保健環境センター）
Tochigi Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science

***Hiroshi SATO（栃木県県土整備部都市整備課）Tochigi Prefectural Government City Maintenance Division
〔 全国環境研会誌 〕 Vol.48 No.4（2023）

表1 各河川の概況⁴⁾

河川名	概況
田川	日光市内に水源を発し、宇都宮市の中心部を通して茨城県筑西市内で鬼怒川に合流する、全長約80 kmの河川である。 宇都宮市内の上流域は農村地域であり、大曾橋付近で宇都宮市の中心街に入る。住宅地や商業地域の中を流下し、複数の支川の合流や、中小農業用水等としての取水・分流がある。築瀬橋と上御田橋の間で、下水道終末処理施設の放流水が流入する。 上の島橋は、周囲に水田や畑、山林が広がる。大曾橋と築瀬橋は中心市街地に位置し、周囲に住宅や商業施設がある。上御田橋は中心市街地の下流にあり、水田や畑が広がる。
山田川	宇都宮市北部に位置する羽黒山北西の丘陵地帯を水源として、田川に流入する、全長約18kmの河川である。 山田川末流の周辺は、水田や畑が広がり、住宅が点在する。
御用川	西鬼怒川を水源として江戸時代に開削された用水路で、宇都宮市内中心市街地で田川に合流する、全長約14kmの河川である。 錦中央公園の周辺は、住宅や小中学校、商店・事業所などがある。
釜川	宇都宮市の東弁天沼・西弁天沼を水源として、宇都宮市の繁華街を流下し田川に流入する、全長約7kmの河川である。下流区間は二層構造（河床が上下二層）となっており、上層は親水のため適量の水を流し、下層は上層で流しきれない分を引き受けている。 釜川末流1は下層の水、釜川末流2は上層の水が流下している。

調査対象は、宇都宮市の市街地を流下する田川本川及びその支川とした。調査地点を図1に、各河川の概況⁴⁾を表1に示した。本川流程は約15kmである。

- ・ 本川：上流から上の島橋、大曾橋、築瀬橋、上御田橋^{*1}
- ・ *1 底質試料の採取は、安全確保等を考慮し、上御田橋から上流の横川橋に変更した。
- ・ 支川：山田川末流、錦中央公園（御用川）^{*2}、釜川末流1・2^{*3}
- ・ *2 河川敷が管理された芝張りのため、底質試料は採取しなかった。
- ・ *3 三面コンクリート張構造のため、河川ごみ調査及び底質試料の採取は実施しなかった。

2.1.1 試料の採取及び分析方法

水質試料は、環境省が海洋で実施している方法²⁾を参考に、採取した。河川水中にプランクトンネット（目合い0.3mm）を10分間浸漬し、河川の表層を流れる廃プラスチック類を含む試料を採取した。本川については、流心、右岸、左岸で、支川については流心で、試料を採取した。採取の間、電磁流速計により流速を測定し、ろ水量を算出した。

底質試料は、採取場所のばらつきを考慮し、調査地点1地点当たり5箇所（40cm四方のフレームを5箇所に設置）で採取した。表面の土壌を約3cmすくい取り、5mmメッシュのふるいを通したものをトロ舟で混合し、その一部を分取し、試料とした。

採取した試料は、水洗、ふるい分け、浮遊分離を行い、プラスチック候補粒子を分離した。分離したプラスチック候補粒子は、実体顕微鏡で1個ずつ顕鏡して、形

状と色を記録後、長軸長さを計測した。材質の定性は、フーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR；日本分光製 FT/IR-4600）を用いて、全反射測定法（ATR 法）により行った。FT-IR で定性が難しいものについては、熱分解ーガスクロマトグラフ質量分析計（熱分解部；フロンティアラボ製 EGA/PY-3030D, GC/MS；島津製作所製 QP2010 Ultra）を用いて分析した。

2.1.2 河川ごみ調査

地方公共団体向け漂着ごみ組成調査ガイドラインガイドライン⁵⁾及び河川ごみ調査マニュアル⁶⁾を参考として、河川敷に散乱するごみの調査を実施した。河川敷等において、ごみの多い範囲を目視で選び、ごみの種類と個数を集計し、ゴミ量は 20L ゴミ袋に換算したランクにより示した。また、調査範囲の面積を記録し、単位面積当たりの個数を算出した。

2.2 廃プラスチック類の発生経路に係る調査⁷⁾

田川流域に排出された廃プラスチック類の量を把握し、廃プラスチック類の発生源と流出の原因、発生抑制対策を検討するため、田川への流入経路及び市街地について調査を行った。モデル河川調査において、河川ごみが多く確認された、田川本川の大曾橋から旭陵橋の区間を対象として、田川沿い及び田川に流入する側溝、水路などを踏査し、河川ごみの散乱状況を記録した。確認されたごみは、散乱ごみ実態把握調査ガイドライン⁸⁾に基づき分類した。

次に、流入経路調査で散乱ごみが多数確認された範囲を含む市街地（道路や水路を含む）を踏査し、確認されたごみは、散乱ごみ実態把握調査ガイドライン⁸⁾に基づ

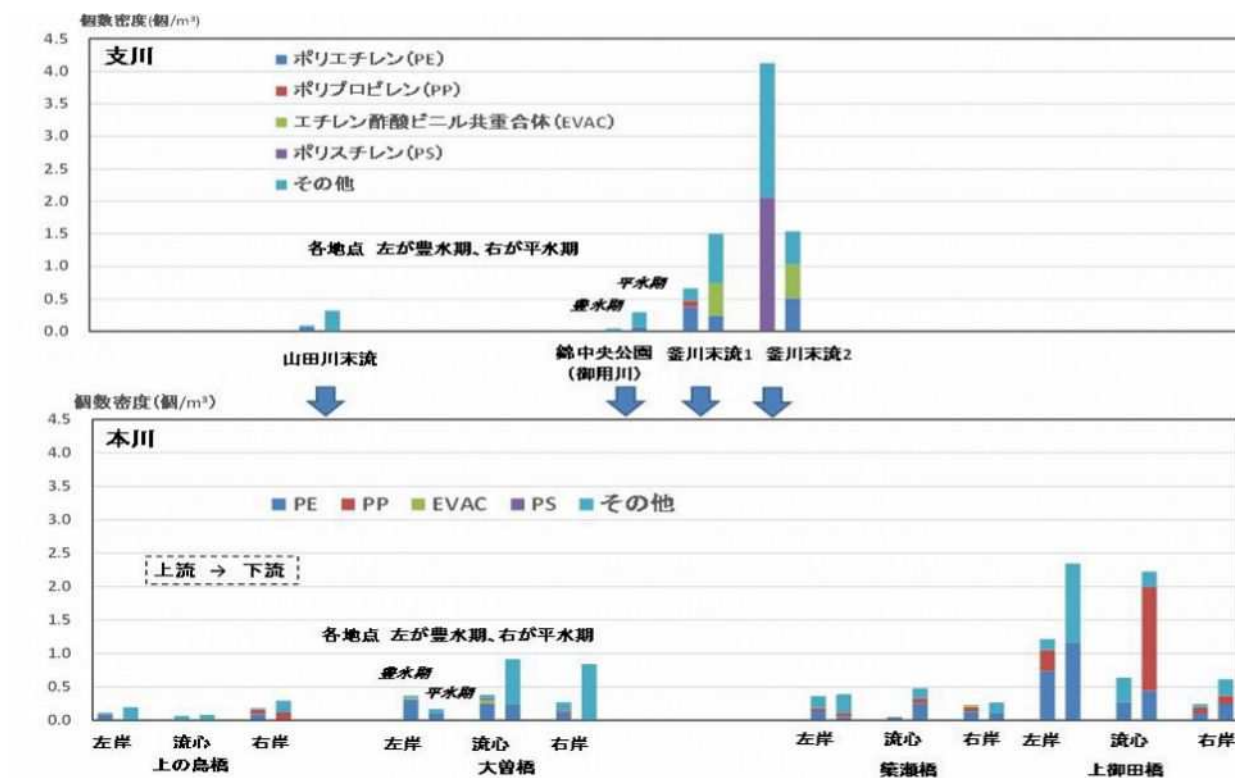


図2 水質試料の個数密度 (1m³当たり)

き分類するとともに、散乱ごみの流出原因を検討した。

3. 調査結果

3.1 モデル河川調査結果⁹⁾

水質試料の個数密度を図2に示した。主にポリエチレン (PE) , ポリプロピレン (PP) が確認された。本川では、上の島橋 (最上流) が最も低く、上御田橋 (最下流) が最高値であった。種類別個数は、PE, PP, EVAC (エチレン酢酸ビニル共重合体) , PS (ポリスチレン) 及びその他に分類した。種類別個数について、PEとPPは、豊水期では約7割、平水期では約4割を占めていた。堆肥カプセルと推察されたEVACの中空球は、豊水期に確認され、平水期には確認されなかった。

廃プラスチック類の個数密度に及ぼす要因について、ろ水量と個数密度の関係を検討したところ、ろ水量が少ないほど、すなわち河川の流量・流速が低いほど、個数密度が高い傾向が見られた。大曾橋と上御田橋では、豊水期より平水期の個数密度が高かったが、平水期の方が流量及び流速が低いことから、その影響が考えられた。支川では、釜川の個数密度が他の支川より高かったが、繁華街の影響のほか、流量・流速が低いことによる影響も考えられた。

今回の調査結果を、国内河川の調査結果^{9), 10)}と比較した。比較対象としたデータは、試料採取に用いたネット目合いが概ね0.3 (mm) であり、FT-IRで分析しているものを取り挙げた。鈴木らの調査結果⁹⁾によると、平均値1.2 (個/m³) , 最小値0.065 (個/m³) , 最大値2.7 (個/m³) , Kataokaらの調査結果¹⁰⁾によると、平均値1.6 (個/m³) , 最小値0 (個/m³) , 最大値12 (個/m³) であり、今回の調査結果は、これらの調査結果の範囲内であった。

底質試料の種類別個数を図3に示した。本川では、下流ほど増加する傾向が見られた。廃プラスチック類の種

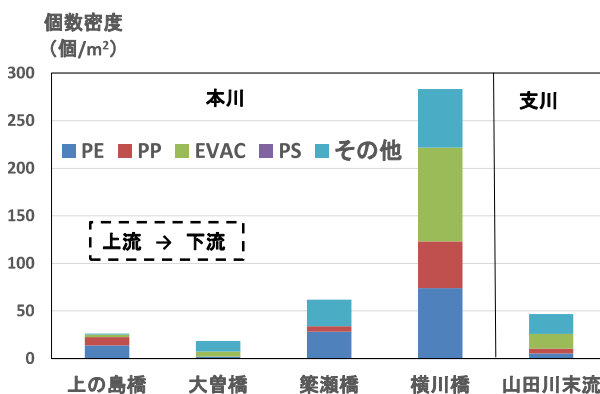


図3 底質試料の個数密度 (1m²当たり)

表2 河川ごみ調査（容積：20Lゴミ袋換算）

		本川				支川	
		上の島橋	大曾橋	築瀬橋	上御田橋	山田川末流	錦中央公園
豊水期 R2(2020). 8.7	20Lゴミ袋(袋)	<1/10	1/6	1/6	1/2	<1/10	<1/10
	主なプラスチックごみ	包装	食品容器、包装	包装	PETボトル、食品容器、包装	食品容器、包装、PETボトル	プラスチック破片
	賞味期限等 (西暦表示)		21年3月、20.8.7		20.12、21.4、21.7	20.3.27	
平水期 R2(2020). 12.3	20Lゴミ袋(袋)	<1/10	1/8	1/8	1/2	<1/10	<1/10
	主なプラスチックごみ	食品容器、包装、PETボトル	食品容器、包装	食品容器、包装、PETボトル	PETボトル、食品容器、包装	食品容器、包装、PETボトル	食品容器、包装
	賞味期限等 (西暦表示)	21.4.21	21.5.7、21.4	20.11.28、21.2.18、20.11.20	20.12、21.4、21.7、20.1.15	21.4、21.7	

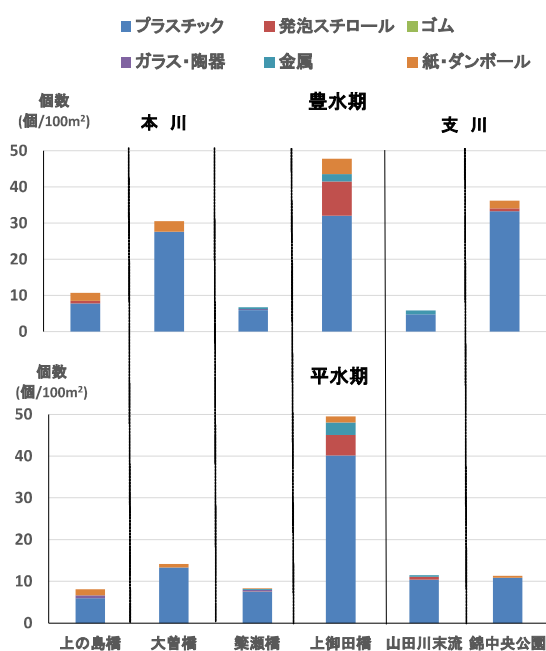


図4 河川ごみ調査（100m²当たりの個数）

類は、主にPE、PPが確認された。

参考として、神奈川県が実施した相模湾沿岸（海岸）の調査結果と比較した¹¹⁾。神奈川県の調査では、最高1,900（個/m²）、最低190（個/m²）の廃プラスチック類が確認されたが、この結果より本調査結果は概ね低い値であった。

河川ごみ調査の結果を図4に、ごみの容積を20Lゴミ袋に換算した結果と主なプラスチックごみ及び記載されていた賞味期限等を表2に示した（賞味期限等は西暦表示）。全地点で廃プラスチック類が大きい割合を占め、本川における河川ごみの容積は、底質試料の個数密度と同様、下流ほど増加する傾向が見られた。いずれの地点でも、包装、食品容器、ペットボトル、硬質プラスチック破片が6割以上を占めていた。

食品や飲料の容器の賞味期限等を確認したところ、調査年月日と比較的近いものが多く、短期間で河川ごみが下流へ流出している可能性が示唆された。一方、底質調査の際、横川橋において、河川敷で発見された廃プラスチック類の中に、消費期限が「12年5月18日」の包装が確認された。横川橋は、河川敷が草むらなどの植生に覆われており、特にフィルム状の廃プラスチック類は植生にトラップされやすいと考えられた。調査時点から8年半前の消費期限であることから、経路は不明であるが、その年月をかけて消費者からこの地点まで漂流してきたと考えられた。このことから、河川に供給された廃プラスチック類の一部は、河川敷の植生にトラップされ、増水時に下流へ流出するものとそのまま留め置かれるものがあり、トラップされたものが、太陽光や雨水、微生物などにより分解される可能性も示唆された。

3.2 廃プラスチック類の発生経路に係る調査結果⁷⁾

田川への流入経路について散乱ごみを調査した結果、全地点で廃プラスチック類が大きい割合を占めていた。田川本川は、右岸より左岸に河川ごみの個数が多く、宮の橋から下流の築瀬橋にかけての橋梁間毎に、散乱ごみが30～50個確認された。最も多かったごみはタバコの吸い殻だったが、近くにJR宇都宮駅があり、河川沿いに遊歩道があることから、通勤や散歩などの途中でポイ捨てされたと考えられた。また、田川に流入する水路にも散乱ごみが確認された。散乱ごみが多く確認された範囲を中心に、対象範囲を道路や市街地に広げて調査した。

周辺の道路や市街地などで散乱ごみが確認された場所を分類した結果を、図5に示した。路上、水路周辺、ゴミステーション・ゴミ箱で約70%を占めていた。

散乱ごみの組成を、図6に示した。廃プラスチック類が最も多く、約70%を占めていた。廃プラスチック類のうち、個数が多いものは、①飲料用PETボトル（1L未

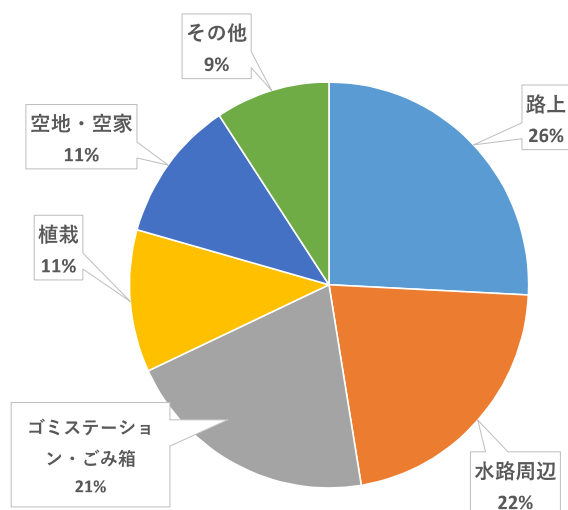


図5 散乱ごみ確認場所の分類

満)、②食品容器、③ポリ袋であり、3.1の河川ごみ調査においてよく確認された廃プラスチック類と一致していた。また、市街地における散乱ごみの状況として、以下のことが確認された。

- ① ごみステーションでは、防鳥ネット等がかけられていないごみ袋がカラス等に荒らされ散乱していたケースや、飲料自動販売機の脇に設置したごみ箱からペットボトルなどがあふれていたケースが確認された。さらに、ごみステーションでは、収集日以外に出されたごみが残置されていたケースも散見された。
- ② 水路周辺にも散乱ごみが確認され、周辺の住宅地などからの意図しない流入の他、投棄されたとみられるごみ袋も確認された。
- ③ 植栽や空地・空家など、人目のつかない場所で確認されたごみがあり、ポイ捨てなど意図的な散乱も原因として考えられた。
- ④ 三角コーンの破損が見られた所もあり、プラスチック製品の屋外での不適切な管理状況も、散乱・流出の一因と推察された。

環境中に排出される廃プラスチック類削減のため、「ポイ捨てをしない」と「ごみの飛散を防ぐ」が重要であるが、見落としがちなのが「屋外で使用・保管しているプラスチック製品」の管理である。屋外では、風雨や紫外線等の影響を直接受けるため劣化しやすく、気付かぬうちに破損して環境中に排出されることがある。屋外で使用しているプラスチック製品が、飛ばされることはないか、もろくなっていないかを定期的に確認し、必要に応じて交換する等の対応も肝要と考えられた。

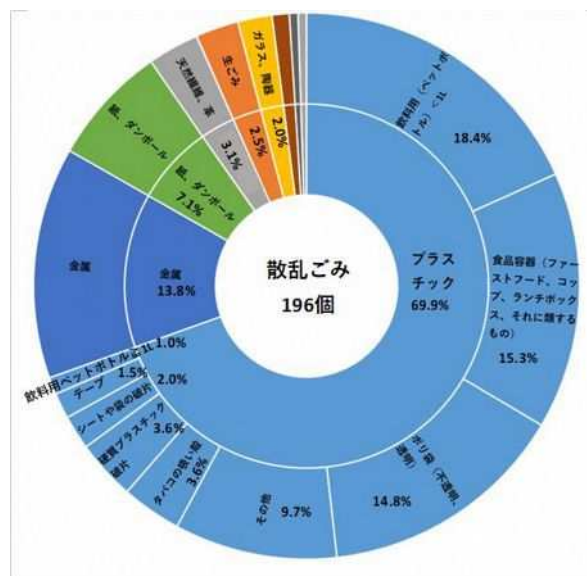


図6 散乱ごみの組成

4. まとめ

河川水質試料及び底質試料の廃プラスチック類の個数密度は、本川では、下流ほど増加する傾向が見られた。支川の水質試料について、釜川の廃プラスチック類の個数密度が高かったが、繁華街流下の影響が考えられた。そこで流入経路と市街地を調査し、廃プラスチック類の発生原因等を検討することとした。

市街地において散乱ごみが多く確認された場所は、路上、水路周辺、ゴミステーション・ごみ箱であり、主に意図しない散乱が原因と考えられ、ポイ捨て防止のみならず、普及啓発や注意喚起が必要と考えられた。水路周辺は多くの散乱ごみが確認されたことから、水路及び周辺のかんがい前の清掃が必要と考えられた。

5. 参考文献

- 1) 神野憲一，佐藤敬士，小林有見子，黒田彩香，高橋稔，小池静司：県内の環境中に排出される廃プラスチック類に関する調査（第2報）．栃木県保健環境センター年報，**26**，54-63，2021
- 2) 環境省：平成28年度沿岸海域における漂流・海底ごみ実態把握調査業務報告書（2016），https://www.env.go.jp/water/marine_litter/28_2.html（2023.12.7アクセス）
- 3) 池貝隆宏，三島聡子，長谷部勇太，小林幸文：海岸漂着量の評価のためのマイクロプラスチック採取方法．全国環境研会誌，**42**，197-202，2017
- 4) 栃木県県土整備部河川課：一級河川 利根川水系 田川圏域河川整備計画（第3回変更），2014.
- 5) 環境省：地方公共団体向け漂着ごみ組成調査ガイドライン（2019），<https://www.env.go.jp/content/>

- 900543326.pdf (2023.12.7アクセス)
- 6) 国土交通省：河川ごみ調査マニュアル (2012), https://gomi-map.org/manual_gomichosa.pdf (2023.12.7アクセス)
- 7) 神野憲一, 佐藤敬士, 小林有見子, 黒田彩香, 高橋稔, 小池静司：県内の環境中に排出される廃プラスチック類に関する調査 (第3報). 栃木県保健環境センター年報, **27**, 31-45, 2022
- 8) 環境省：散乱ごみ実態把握調査ガイドライン (2021), <https://www.env.go.jp/content/900543323.pdf> (2023.12.7アクセス)
- 9) 鈴木剛, 中尾賢志, 比嘉元紀, 谷脇龍, 伊藤彰, 宇野悠介, 佐藤敬士, 宇智田奈津代, 田中厚資, 秋田耕佑, 藤原康博, 倉持秀敏, 大迫政浩：河川マイクロプラスチックの排出実態把握と排出抑制対策に向けて. 地球環境, **27**, 253-264, 2022
- 10) Kataoka T., Nihei Y., Kudou K., Hinata H. : Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan. *Environmental Pollution*, **244**, 958-965, 2019
- 11) 池貝隆宏, 三島聡子, 菊池宏海, 難波あゆみ, 小林幸文：相模湾沿岸域のマイクロプラスチック漂着特性. 神奈川県環境科学センター研究報告, **41**, 1-10, 2018

<報 文>

福岡県内の河川マイクロプラスチック調査*

—土地利用及び水質分析の比較—

古賀智子**・藤川和浩**・板垣成泰**・古賀敬興**・鳥羽峰樹**

キーワード ①マイクロプラスチック ②河川 ③土地利用 ④水質分析

要 旨

福岡県内の河川において、季節ごとにマイクロプラスチック採取調査を2020年2月から2022年2月まで2年間実施した。調査は土地利用の異なる5河川で行い、水質汚濁項目やイオン類、重金属類などの水質分析も併せて実施した。その結果、同一地点でも個数密度の変動は非常に大きく、これは河川流量との関連が示唆された。また、土地利用の異なる河川間でマイクロプラスチックに特徴がみられ、個数密度と複数の水質項目との間に有意な相関が示された。

1. はじめに

海洋プラスチックごみが近年問題視されており¹⁾、自然環境中で生物が摂取することによる有害な影響が懸念されている。予想される生物への影響は二つに大別され、一つはプラスチックが生物の体内で異物として作用する物理的影響^{2)~4)}で、もう一つはプラスチックに含まれる添加物や自然環境中で吸着した疎水性物質による化学的影響^{5)~7)}である。プラスチックごみの中でも直径5 mm以下のプラスチックと定義されるマイクロプラスチック(MP)⁸⁾は、その大きさから生物が誤食しやすいことと、一度海洋へ流出してしまうと回収がほぼ不可能であることから特に問題視されている。MPは海洋のいたるところで検出されており、特に日本近海は浮遊MPのホットスポットであると言える⁹⁾。

このような状況の中、日本は2019年に「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」を提案し¹⁰⁾、2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指している。また同年、日本では海岸漂着物処理推進法¹¹⁾に基づく政府の基本方針が変更され、海洋環境の保全の一つとしてMP対策が盛り込まれた。2022年には、国連環境総会においてプラスチック汚染に関する法的拘束力のある国際文書(条約)を作るための政府間交渉委員会の設置が決定¹²⁾し、2024年までに作業を完

了することを目指している。

このように、世界的に海洋プラスチック汚染対策が急速に進められているが、海洋に流出するプラスチックの実態については、未だ十分なデータの蓄積には至っておらず、現在も実態把握につながる調査研究が求められている。それは、陸域の主要な流出源と考えられる河川についても同様で、先行研究では流出個数密度や年間流出量が一回の測定結果によって見積もられていることが多い(例えば、¹³⁾)。さらに、河川水の生物化学的酸素消費量や

表1 プラスチックの種類の略語

略語	プラスチックの種類
PE	ポリエチレン
PP	ポリプロピレン
PET	ポリエチレンテレフタレート
PAN	アクリル繊維
PS	ポリスチレン
PVA	ポリビニルアルコール
EPDM	エチレンプロピレンゴム
PA	ポリアミド
PU	ポリウレタン
PMMA	アクリル樹脂
ABS	アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン樹脂
PVC	ポリ塩化ビニル
EVA	エチレン-酢酸ビニル共重合樹脂

*Study on the annual distribution of microplastics in rivers in Fukuoka prefecture

**Tomoko KOGA, Kazuhiro FUJIWARA, Naruyasu ITAGAKI, Takaoki KOGA, Mineki TOBA (福岡県保健環境研究所)

Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences

表2 調査地点及び調査河川の概要

地点	河川延長 (m)	流域面積 (km ²)	調査期間 (四半期に1回)	地点周辺の土地利用	流域人口 (人)	田及び農用地 の割合	採取方法	採取時間
A	23,640	50.6	2020.2-2022.2 (2年間)	都市域	274,326	3.4%	水中ポンプ	1 m ³ 採水するまで
B	12,930	27.0	2020.2-2022.2 (2年間)	都市域	123,671	2.0%	自然通水	5分
C	9,290	29.1	2020.2-2022.2 (2年間)	農業地帯	2,546	24.1%	自然通水	5分
D	4,240	15.7	2020.2-2021.2 (1年間)	農業地帯	833	14.9%	自然通水	5分
E	3,230	11.8	2021.5-2022.2 (1年間)	上流に工業団地と 交通量の多い国道あり	11,354	29.0%	自然通水	5分

全窒素など、一部の水質項目との関連は研究されている¹³⁾が、イオン類や重金属類などとの関連はほとんど研究事例がない。

そこで、本研究では福岡県内の河川において、2020年2月から2022年2月までの2年間（一部の河川は1年間）、季節ごとにマイクロプラスチック採取調査を実施し、個数密度を調査した。調査河川は土地利用状況の異なる地点を選定し、併せて水質汚濁項目やイオン類、重金属類などの水質分析を実施し、MPとの関連を調査した。なお、MPの種類は表1のように略語を用いることとする。

2. 調査及び実験方法

2.1 調査の概要

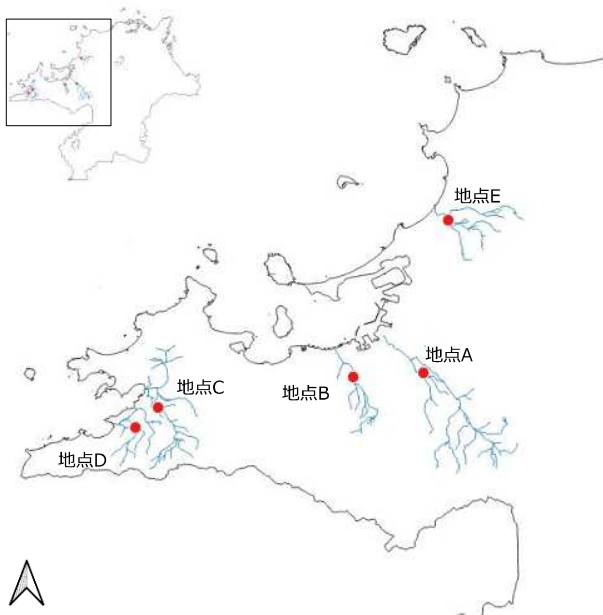


図1 調査地点及び調査河川

調査河川及び調査地点の概要を表2及び図1に示す。調査は、福岡県内を流れる二級河川の潮汐の影響を受けない5地点を選定した。地点A及びBは都市域を流れ、地点C及びDは農業地帯を流れる河川である。地点Eについては、

工業団地の近傍を流れた下流地点であり、近くには片側3車線の国道が走っている交通量の多い地点である。調査期間は地点A、B、及びCは2年間、地点D及びEは1年間実施した。

2.2 マイクロプラスチックの採取

MPの採取方法は、地点A以外の4地点は目合い300 µmのプランクトンネット（簡易プランクトンネット、離合社、網地NMG58）及びろ水計（デジタルろ水計2030、GENE-RAL OCEANICS）を用い、表層水を5分間自然通水した（通水量1.46～11.67 m³）。地点Aは、流速が小さく自然通水で採取できなかったため、表層水を水中ポンプ（BL-2512N、工進）にて吸水し、流量計（簡易タービン式流量計TB-K24-Ad、アクアシステム）を取り付け、ろ過量が約1 m³となるまで上記と同じプランクトンネットですろ過した。その他、現場で河川流量、溶存酸素量（DO）及び水温を測定した。プランクトンネットで採取した試料は、研究所に持ち帰った後、すぐにガラス瓶への移し替えを行った。

2.3 マイクロプラスチックの前処理及び測定方法

前処理は、まず試料を100 µmナイロンメッシュにろ過し、メッシュ上の試料をビーカーに移し替え、過酸化水素水（質量分率30.0～35.5%、富士フイルム和光純薬）で有機物の酸化分解を行った。その後、100 µmナイロンメッシュですろ過したものを、よう化ナトリウム（和光特級、富士フイルム和光純薬）水溶液で比重分離した。なお、汎用プラスチックの中で最も比重が大きいPVC（比重約1.4）を捕捉するため、よう化ナトリウム水溶液の比重を1.8に調製した。比重分離した上層を100 µmナイロンメッシュ上にろ過し、乾燥させたものを試料とした。

測定は、試料中のMP候補粒子を顕微鏡を用いてピックアップし、画像を撮影すると共に形状及び色の記録並びに長径の計測を行った。その後、フーリエ変換赤外分光光度計（FTIR-8X、日本分光、1回反射ATR PRO ONE X付き）または顕微フーリエ変換赤外分光光度計（Agilent Cary

620 FTIR, アジレント・テクノロジー) を用いてプラスチックの種類を同定した。

2.4 水質分析

MPの採取と併せて水質分析を行った。分析項目及び分析方法は以下の通りとした。水素イオン濃度 (pH), 電気伝導率 (EC), 化学的酸素消費量 (COD), 生物化学的酸素消費量 (BOD), 浮遊物質量 (SS), 全窒素 (T-N), 全リン (T-P), 全有機炭素 (TOC), ナトリウムイオン (Na^+), カリウムイオン (K^+), カルシウムイオン (Ca^{2+}), マグネシウムイオン (Mg^{2+}), 塩化物イオン (Cl^-), 硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$), 硫酸イオン (SO_4^{2-}), ホウ素 (B), アルミニウム (Al), 全鉄 (T-Fe), 全マンガン (T-Mn), 溶解性鉄 (S-Fe), 溶解性マンガン (S-Mn), 銅 (Cu) 及び亜鉛 (Zn) は日本産業規格工場排水試験方法JIS K 0102 (2019) に準拠した。重炭酸イオン (HCO_3^-) は鉍泉分析法指針 (平成26年改訂) に従った。直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩 (LAS) は, 環境庁告示第59号付表12に従った。すなわち, pHはガラス電極法, CODは100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量, SSは重量法, T-Nは紫外線吸光光度法, T-Pはペルオキシ二硫酸カリウム分解法, TOCは燃焼酸化 - 赤外線式TOC分析法, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , $\text{NO}_3\text{-N}$ 及び SO_4^{2-} はイオンクロマトグラフ法, B, Al, T-Fe, T-Mn, S-Fe及びS-Mnは誘導結合プラズマ発光分光分析法, Cu及びZnは誘導結合プラズマ質量分析法, HCO_3^- は炭酸水素イオン, 炭酸イオンおよび水酸化物イオンの分離滴定法, LASは液体クロマトグラフ質量分析法を用いた。

3. 結果と考察

3.1 マイクロプラスチックの詳細

5河川の個数密度の推移を図2に示す。2020年は夏季に個数密度が若干高くなる傾向があったが、2021年は8月にどの河川も低くなり、2022年2月には高い値を示すなど季節性は見られなかった。2年間の調査を通じて各地点の個数密度は大きく変動し、5河川の個数密度の最大

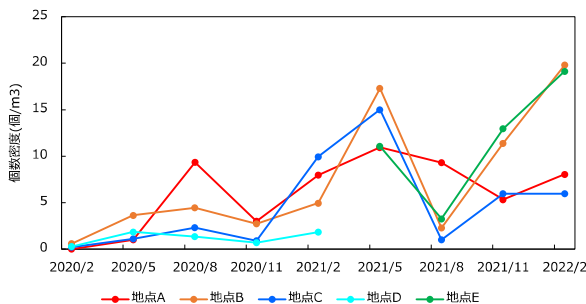


図2 個数密度の推移

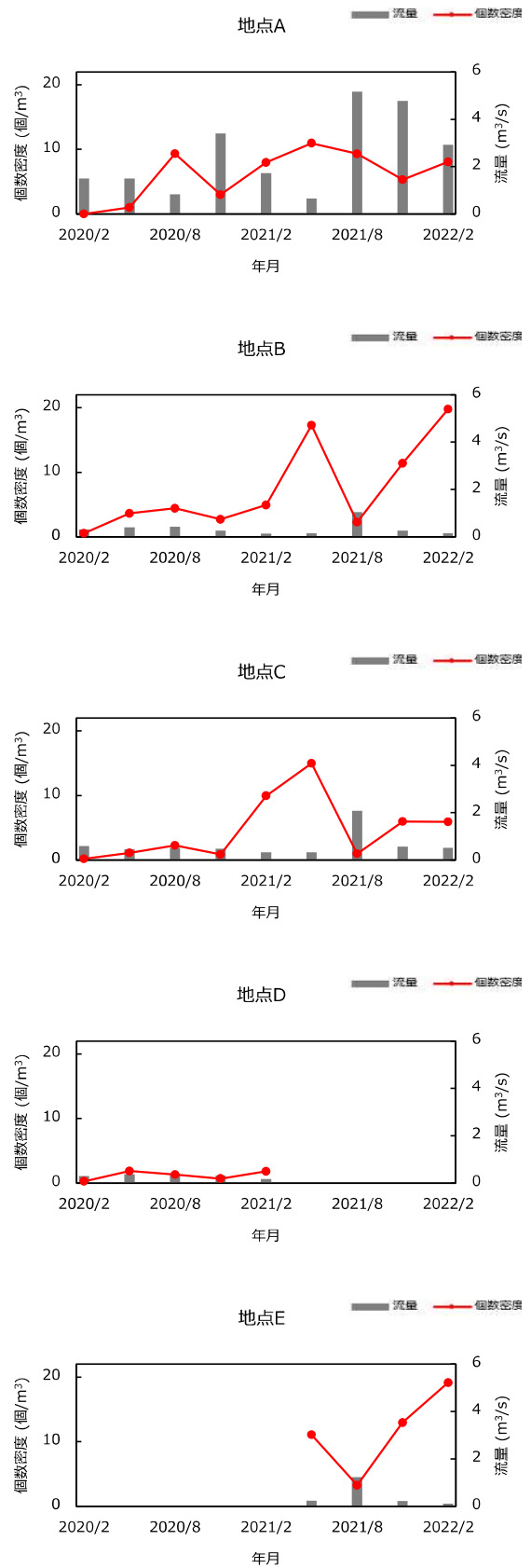


図3 個数密度と流量の推移

値は地点Bで19.8個/m³、最小値は地点Aで0個/m³であった。このことから、MPの個数密度の変動が非常に大きいため、河川の個数密度を見積もる際には複数回の調査を実施する必要があることが分かった。

個数密度が変動する要因の一つとして、河川流量の影響が考えられたため、図3に各河川の個数密度と河川流量の推移を示す。全ての河川で流量が大きいときに個数密度が低くなる傾向が見られた。この理由として、調査は雨が降っていない日に実施したが、調査日前の降雨の影響によってMPが既に流出した後であったか、または流量が大きいことでMPが希釈された可能性が考えられる。この検証には今後、出水時の調査を行ったり、週次や日次などサンプリング間隔を狭めて調査を実施したりする必要があると考えられる。

今回の調査全体の個数密度の平均値は6.0個/m³となり、先行研究¹³⁾の1.6個/m³より高い結果であった。

3.2 土地利用が異なる河川のマイクロプラスチック比較

各地点の個数密度の平均値を表3に示す。個数密度は工業団地近傍の地点Eが最も高く、都市域河川の地点A及びB、農業地帯河川の地点C及びDの順で低くなっており、産業活動が盛んな地域や人口密度が高い地域ほどMPが多く流出している可能性が考えられる。

表3 平均個数密度

地点名	平均個数密度 (個/m ³)
地点A (都市)	6.1
地点B (都市)	7.5
地点C (農業)	4.7
地点D (農業)	1.2
地点E (工業)	11.6

各地点のMPの形状別割合を図4に示す。全地点で破片、繊維状、フィルムの3種類で全体の98%以上を占めた。また、都市域河川である地点A及びBでのみ円柱・球状のものが検出された。MPは、製品の原料や添加物として用いられる一次MPと、製品が紫外線、熱、風や波などの物理的な力によって破碎、細片化された二次MPに分けられる。円柱・球状のものは一次MPと考えられ、製品そのものに含まれるMPが流出していることが示唆された。その他、工業団地近傍河川である地点Eのみ発泡状のMPが検出された。このMPは全てPSであったことから産業活動で発生した発泡スチロールの可能性が考えられる。

各地点のMPの色別割合を図5に示す。どの地点も白と青のMPが多く検出された。都市域河川で緑の割合が多い傾向が見られた。これは、近年MPの流出源と考えられている人工芝¹⁴⁾の可能性が考えられる。また、橙色のMPも

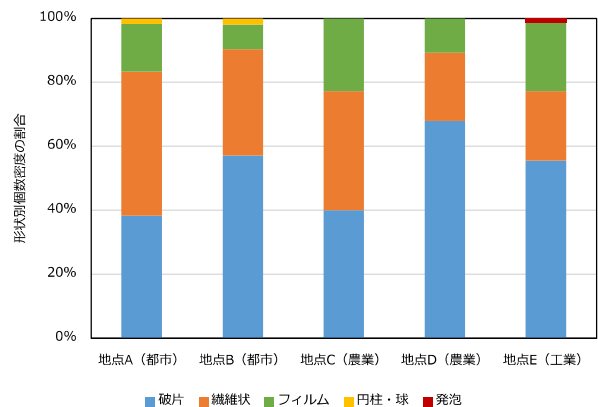


図4 MPの形状別割合

地点A及びBのみで検出されたことから、都市域特有のプラスチック製品からの流出と推察されるが、製品の特長には至らなかった。その他の特徴として、地点Eでは紫色のMPが検出され、地点C、D及びEではその他の色(褐色、ピンクなど)が比較的多く検出された。しかし、これらのMPについても何の製品由来かは不明であった。

各地点のMPの材質別割合を表4に示す。どの地点もPE、PP、PETの割合が高かった。また、PANは全て繊維状であり、2月、5月、11月に検出され8月は検出されなかった。このことから、セーターなどのニット製品からの剥離・流出の可能性が推察される。農業地帯河川の地点C及びDではPVAが多く検出され、これはロープなどに使用されることから農業資材の可能性が考えられる。本調査では比重1.8のよう化ナトリウム水溶液を用いて、汎用プラスチックの中で比重の大きいPVCの捕捉を試みたが、調査全体を通じて地点Cにおいて1個しか検出されなかった。PVCは河川への流出量は少ないか、流出したとしても河川表層にはほとんど存在せず、底層や河川底質にただちに移行しているものと考えられる。

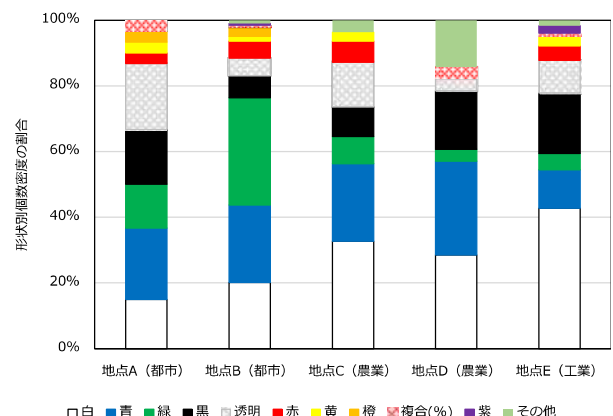


図5 MPの色別割合

表4 MPの材質別割合

地点名	PE (%)	PP (%)	PET (%)	PAN (%)	PS (%)	PVA (%)	EPDM (%)	PA (%)	PU (%)	PMMA (%)	ABS (%)	PVC (%)	EVA (%)
地点A (都市)	25.0	26.8	18.3	3.3	8.3	5.0	0	3.3	3.3	0	5.0	0	1.7
地点B (都市)	30.3	42.2	19.2	3.4	2.9	0.5	0	0.5	0	1.0	0	0	0
地点C (農業)	37.3	25.5	22.7	4.5	1.8	6.4	0.9	0	0	0	0	0.9	0
地点D (農業)	64.3	7.1	3.6	3.6	0	10.7	0	7.1	0	3.6	0	0	0
地点E (工業)	41.7	36.6	13.3	2.2	2.8	0	2.8	0	0.6	0	0	0	0

3.3 水質項目との関連

MPと水質項目の関係を解析するため、IBM製のSPSS Statistics (バージョン24) を用いてMPと各水質項目の間においてスピアマンの順位相関係数を求めた。有意な相関関係があったものについて、その結果を表5に示す。1%水準で有意な相関関係があったものは、BOD、EC、 Ca^{2+} 、TOC、 Na^+ 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 及び HCO_3^- であった。5%水準で有意な相関関係があった項目は、S-Mn、T-Mn、Cu、Zn、B及びS-Feであった。一方、有意な相関関係が見られなかった項目は、水温、pH、DO、COD、SS、T-N、T-P、LAS、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 NO_3^- 、Al及びT-Feであった。Kataokaら¹³⁾は、BOD、DO、T-N、T-Pについて個数密度との間に有意な相関が認められたとしているが、本研究ではBODのみ有意な相関が見られた。BODは、相関係数0.728と最も強い相関関係であった。このことから、MPは易分解性有機物が河川に

流入するのと似た経路で河川に流入していることが考えられ、水質汚濁が進行した河川におけるBODの流入負荷要因を調査すればMPの主要な汚染源が判明することが推察される。ただし、本研究のBODは最大で2.4 mg/Lと比較的低く、より高いBOD値の地点においてBODとMPの相関関係があるかを検証しなければならないことに注意を要する。水質汚濁負荷の主な要因としては、生活系、産業・工業系、畜産・水産系、市街地系、農地系、自然系などがある。表3の結果もふまえると、本研究では産業・工業系、市街地系、農地系の順で汚濁負荷への寄与が大きいたことが示唆された。

また、イオン類や重金属類など無機物質において、多数の水質項目と相関関係が見られた。これらは過去に報告がほとんどなく、無機物質についてもMPとの関連があることが示唆された。しかし、これらの項目は自然界に普遍的に存在するため流入源が判然としなかったり、BODと同様に測定値が低かったりした。そのため、MPとの関係性については現在のところ不明であり、今後更なる調査を要する。

4. まとめ

福岡県内の二級河川において、2年間MP採取調査と水質調査を実施した。MP個数密度は、季節的な変化は見られず調査日によって大きく値が変動した。これは、河川流量との関連が考えられるため、河川の個数密度を見積もる場合には平水時の調査を多く行ったり、流量が異なるときに複数回の調査を実施したりする必要があることが分かった。また今後、出水時の調査や週次、日次などサンプリング間隔を狭めて調査を実施しMP個数密度の変化を詳細に捉える必要があることも分かった。

河川周辺の土地利用による比較では、どの河川からも普遍的に検出されるMPもあれば、土地利用によって特徴的なMPも検出された。水質項目との比較では、水質汚濁項目との関連が示唆された。

今後、水質汚濁の程度が高い河川においてさらなる検証を要するものの、本研究においては水質汚濁が進行し

表5 MP個数密度と水質項目の相関

水質項目	最大値	最小値	平均値	相関係数
BOD (mg/L)	2.4	<0.5	1.1	0.728**
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	456	111	201	0.575**
Ca^{2+} (mg/L)	37.9	7.8	18.8	0.575**
TOC (mg/L)	2.5	0.5	1.2	0.545**
Na^+ (mg/L)	37.7	8.2	14.4	0.544**
K^+ (mg/L)	2.9	1.1	1.7	0.511**
SO_4^{2-} (mg/L)	31.0	4.4	13.8	0.463**
HCO_3^- (mg/L)	120	39.1	67.4	0.454**
S-Mn (mg/L)	0.109	0.003	0.026	0.401*
T-Mn (mg/L)	0.111	0.005	0.032	0.390*
Cu (mg/L)	0.003	<0.001	0.001	0.376*
Zn (mg/L)	0.011	<0.001	0.003	0.355*
B (mg/L)	0.053	0.002	0.022	0.341*
S-Fe (mg/L)	0.171	0.009	0.050	0.333*

** 1%水準で有意 (両側)

* 5%水準で有意 (両側)

た河川でMP排出抑制対策を重点的に行うことが効果的であることが考えられる。また、土地利用によらず普遍的に検出されるMPの排出抑制対策を行うと共に、個々の地域において特徴的なプラスチックの排出源があることが示唆されたため、各地域に応じたMP排出抑制対策を実施する必要もある。

5. 引用文献

- 1) 日本学術会議 健康・生活科学委員会 環境学委員会合同 環境リスク分科会：提言「マイクロプラスチックによる水環境汚染の生態・健康影響研究の必要性和プラスチックのガバナンス」, <https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t288-1.pdf> (2023. 10.9アクセス)
- 2) Barboza L. G. H., Vieira L. R., Branco V., Figueiredo N., Carvalho F., Carvalho C., Guilhermino L. : Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquatic Toxicology*, **195**, 49-57, 2018
- 3) Bour A., Haarr A., Keiter S., Hylland K. : Environmentally relevant microplastic exposure affects sediment-dwelling bivalves. *Environmental Pollution*, **236**, 652-660, 2018
- 4) Choi J. S., Jung Y., Hong N., Hong S. H., Park J. : Toxicological effects of irregularly shaped and spherical microplastics in a marine teleost, the sheepshead minnow (*Cyprinodon variegatus*). *Marine Pollution Bulletin*, **129**, 231-240, 2018
- 5) Guo X., Wang J. : Sorption of antibiotics onto aged microplastics in freshwater and seawater. *Marine Pollution Bulletin*, **149**, 110511, 2019
- 6) Sleight V.A., Bakir A., Thompson R. C., Henry T. B. : Assessment of microplastic-sorbed contaminant gene expression in larval zebrafish. *Marine Pollution Bulletin*, **116**, 291-297, 2017
- 7) 鍋谷佳希, 田中周平, 鈴木裕識, 雪岡聖, 藤井滋穂, 高田秀重 : 琵琶湖・大阪湾におけるマイクロプラスチックへのペルフルオロ化合物類および多環芳香族炭化水素類の吸着特性. 環境工学研究論文集, **73**, 7, III_1-III_8, 2017
- 8) Arthur C., Baker J., Bamford, H. : International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. 2009
- 9) 磯部篤彦 : 海洋プラスチックごみの発生・移動とその行方. 廃棄物資源循環学会誌, **29**, (4), 270-277, 2018
- 10) 環境省 : 大阪ブルー・オーシャン・ビジョン, https://www.env.go.jp/water/post_75.html (2023. 10.9アクセス)
- 11) 環境省 : 海岸漂着物処理推進法関係, https://www.env.go.jp/water/marine_litter/law.html (2023. 10.9アクセス)
- 12) 環境省 : Draft resolution "End plastic pollution: Towards an international legally binding instrument" <https://www.env.go.jp/content/900518598.pdf> (2023. 10.9アクセス)
- 13) Kataoka T., Nihei Y., Kudou K., Hinata H. : Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan. *Environmental Pollution*, **244**, 958-965, 2019
- 14) 小林俊介, 岡本洋輔, 片岡智哉, 向高新, 二瓶泰雄 : 河川水・堆積物中に含まれるマイクロプラスチックの製品特定の試み. 土木学会論文集B1 (水工学), **76**, (2), I_1351-I_1356, 2020

＜報 文＞

大村湾奥部における流入河川モニタリング*

豊村誠**, ***・松尾進**・橋本京太郎**

キーワード ①大村湾 ②津水湾 ③流入河川 ④流入負荷

要 旨

大村湾奥部において、COD 値上昇の要因の 1 つと考えられる河川からの流入負荷について、平常時及び降雨時に調査を行った。平常時の COD, T-N, T-P 流入負荷量は、昭和 55-56 年度の結果と比較して、鈴田川の COD 流入負荷を除き、29%～45%に減少していることが確認され、流入河川の水質の改善傾向が見られた。また、T-N 流入負荷量は 24%～76%, T-P 流入負荷量は 12%～72%に減少していることが確認された。降雨時の流入負荷は、COD が最大で平常時の 68～144 倍、T-N が平常時の 35～84 倍、T-P が平常時の 69～152 倍であった。福岡管区気象台の試算では、長崎県の年間降雨量は、21 世紀末には 20 世紀末と比較して増加すると予測されており、大村湾への流入負荷量は今後さらに高くなる可能性がある。

1. はじめに

長崎県本土のほぼ中央に位置する大村湾は、南北約 26 km、東西約 11 km、面積約 320 km²の海域であり、佐世保湾を介して狭い針尾瀬戸と早岐瀬戸だけで外海と通じていることから、全国でも稀な非常に二重の閉鎖性海域である。大村湾の水質は、上述の特徴のため、1970 年代以降の流域の都市化に伴う人口増加により、1976 年以降、化学的酸素要求量（COD）が環境基準値の 2.0 mg/L を大きく超過した状況が続いていたが、近年は污水处理人口普及率の向上など様々な対策が講じられてきた結果、湾内の COD の 75%値の平均値は、環境基準値（2.0 mg/L）付近を推移している。一方、令和 2 年度の公共用水域水質調査において、湾内の環境基準点 17 地点のうち、16 地点が環境基準値（2.0 mg/L）を超過している状況であり¹⁾、中でも、佐世保湾から遠い南部にある湾奥部の COD の 75%値が比較的高い濃度を示していた（喜々津川沖 2.7 mg/L、久山港沖 2.6 mg/L）。そこで、湾奥部において、COD 値上昇の要因の 1 つと考えられる河川からの流入負荷について調査を行った。



図1 水質調査地点（●）位置図。囲み文字で示した地点（▲）は公共用水域調査地点である。

戸川、鈴田川、今村川、真崎川、東大川、喜々津川、伊木力川の 7 河川を選定した。調査地点は図 1 に示すとおりである。

2. 材料と方法

2.1 調査河川及び調査地点

流入河川調査（平常時及び降雨時）では、河川流量や採水地点の状況、過去の調査状況などを考慮して、大上

2.2 調査実施日

令和 4 年 5 月 24 日から令和 5 年 1 月 31 日にかけて、平常時（四半期に 1 回：計 4 回）及び降雨時（年 3 回）に調査を実施した。詳細な調査日を図 2 に示す。また、

*Monitoring Water Quality of Inflow Rivers in the Inner Part of Omura Bay

**Makoto TOYOMURA, Susumu MATSUO, Kyotaro HASHIMOTO（長崎県環境保健研究センター）
Nagasaki prefectural Institute of Environment and Public Health

***現所属（長崎県庁県民生活環境部）Nagasaki prefectural office

本調査は、河川の水質調査であるため、日降水量（大村市及び諫早市）も重要な情報となるので併せて記載した。なお、日降水量は気象庁ホームページのデータ²⁾を引用した。

2.3 調査項目

測定した項目及び分析方法を表1に記載する。

流入河川調査では、流域からの流入負荷を推定するために、7河川の下流域において、流量、化学的酸素要求量（COD）、有機体炭素（TOC）、全窒素（T-N）、亜硝酸態窒素（NO₂-N）、硝酸態窒素（NO₃-N）、アンモニア態窒素（NH₄-N）、全りん（T-P）、りん酸態りん（PO₄-P）、浮遊物質量（SS）の測定を行い、COD、T-N、T-Pについては、同様の測定方法で、ろ過態（D-COD、D-T-N、D-T-P）の測定も実施した。

表1 分析方法

項目	分析方法
流量	JIS K0094
COD	JIS K 0102
TOC	JIS K 0102
SS	昭和46年環境庁告示第59号
T-N	JIS K 0102
NO ₂ -N	JIS K 0102
NO ₃ -N	Mullin-Riley法
NH ₄ -N	JIS K 0102
T-P	JIS K 0102
PO ₄ -P	JIS K 0102

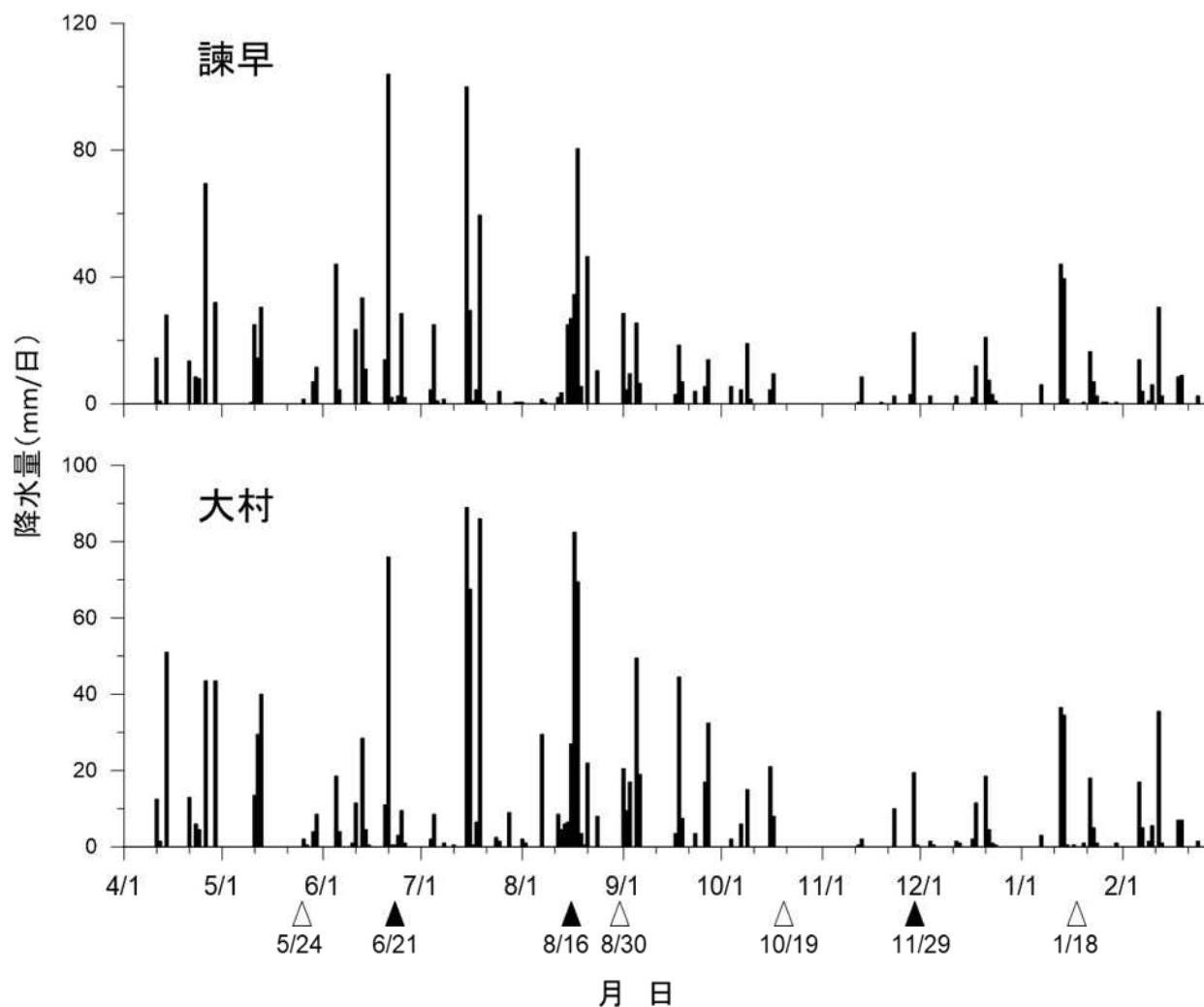


図2 令和4年度調査実施日（平常時：△，降雨時：▲）及び日降水量

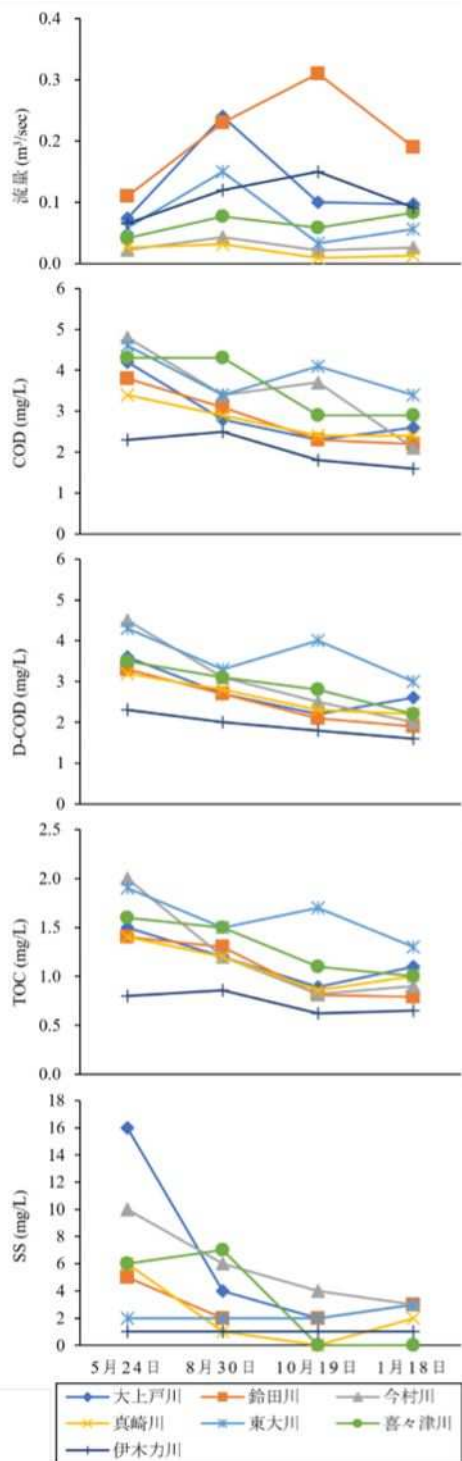


図3 流量, COD, D-COD, TOC, SSの季節変化

3. 結果と考察

3.1 水質調査結果

本調査で実施した湾奥部（南部）の流入河川の平常時の流量及び水質調査の結果を図3から図5に示す。

流量, COD, D-COD, TOC, SSの調査結果を図3に示す。流量は、8月30日を除くと鈴田川が最も多くなった。また、大上戸川、東大川、伊木力川も流量が比較的多か

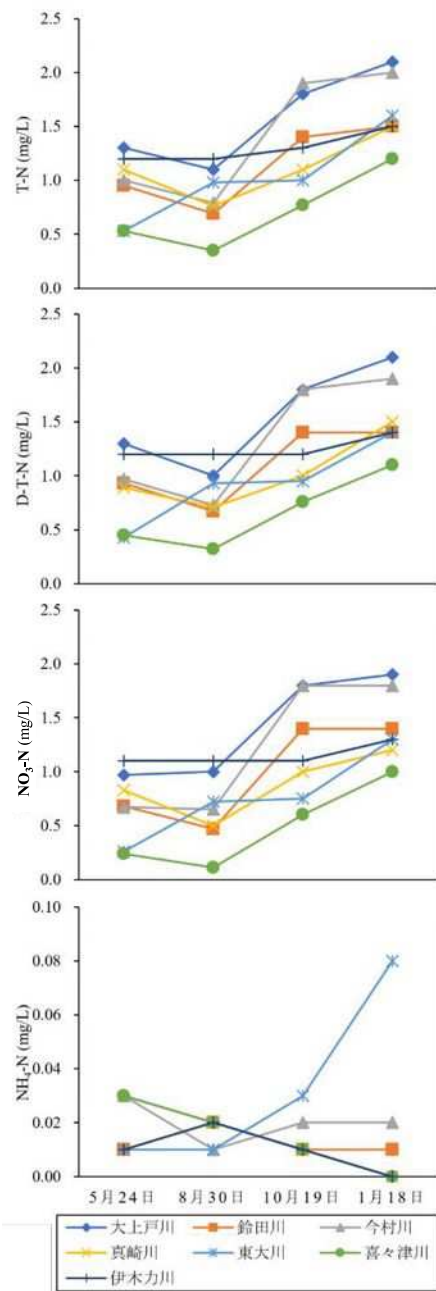


図4 T-N, D-T-N, NO₃-N, NH₄-Nの季節変化

ったが、採水時期によって流量が変化していることから、調査日直近以外の降雨の状況や農業用水の取水等の影響を受けていると思われる。

CODは、伊木力川を除いて春季（5月24日）に、D-CODは、調査河川全てで春季に、他の時期と比べて高濃度となった。TOCは、伊木力川を除いて春季（5月24日）に、他の時期と比べて高濃度となったほか、東大川において、年間を通してほとんどの河川（5月24日の今村川を除く）と比較して高濃度で推移した。SSは、大上戸川、鈴田川、今村川、真崎川において、春季（5月24日）に他の時期と比べて高濃度となった。

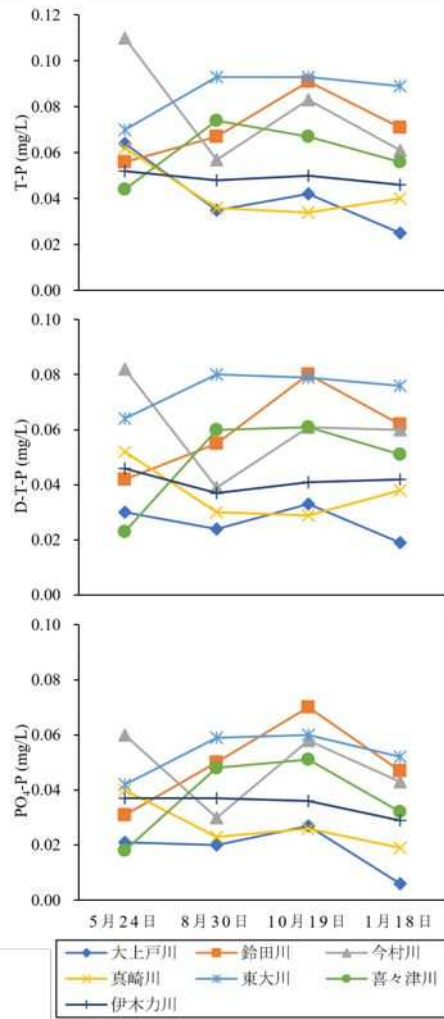


図5 T-P, D-T-P, PO₄Pの季節変化

T-N, D-T-N, NO₃-N, NH₄-N の調査結果を図 4 に示す。なお、NO₂-N は、全ての河川の全調査期間において、検出下限値 (0.02 mg/L) 以下であった。T-N, D-T-N, NO₃-N は、冬季 (1 月 18 日) に他の時期と比べて高濃度となった。また、冬季の東大川において、NH₄-N が他の時期と比べて高濃度 (0.08 mg/L) となった。

T-P, D-T-P, PO₄-P の調査結果を図 5 に示す。河川ごとに比較すると、今村川において、T-P, D-T-P, PO₄-P が春季 (5 月 24 日) に他河川と比べて高濃度となった。また、鈴田川において、D-T-P, PO₄-P が、秋季 (10 月 19 日) に他河川と比べて高濃度となった。また、東大川において、T-P, D-T-P, PO₄-P とともに年間を通して高濃度で推移した (5 月 24 日の今村川, 10 月 19 日の鈴田川を除く)。

3.2 平常時の流入負荷量

前述の水質調査及び流量調査結果をもとに、各河川における平常時の流入負荷量を算出し、図 6 に示した。各

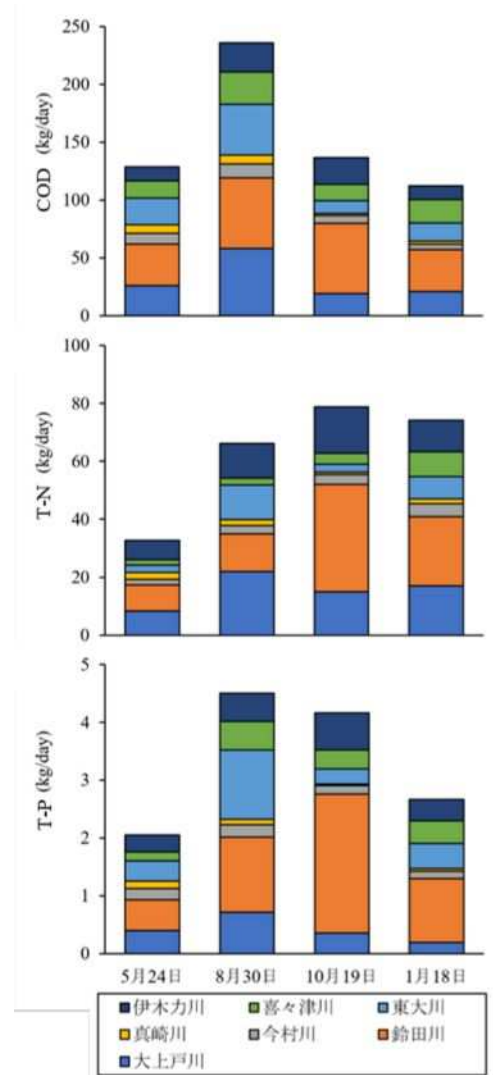


図6 COD, T-N, T-Pの季節変化

河川の流入負荷の合計は、概ね湾奥部 (津水湾) に流入する負荷量と考えられる。

COD 流入負荷量は、夏季 (8 月 30 日) に高い値を示し、各河川の流入負荷量を比較すると、鈴田川の流入負荷量が最も高く推移した。また、今村川と真崎川は東大川の支流である。今村川、真崎川、そして東大川の調査地点は、全て合流前であることから、それらを合計した場合、春季 (5 月 24 日), 夏季 (8 月 30 日) においては、東大川水系の流入負荷量が最も大きい結果となった。採水時期によって各河川の流入負荷量が全体に占める割合が変化しているため、各河川流域での土地利用状況等の複数の要因が負荷の要因となっているものと考えられる。

T-N 流入負荷量は夏季から冬季にかけて高い値を示し、各河川の流入負荷量を比較すると、夏季 (8 月 30 日) を除き、鈴田川の流入負荷量が、全体に占める割合が大きい結果となった。また、夏季 (8 月 30 日) は、大上戸

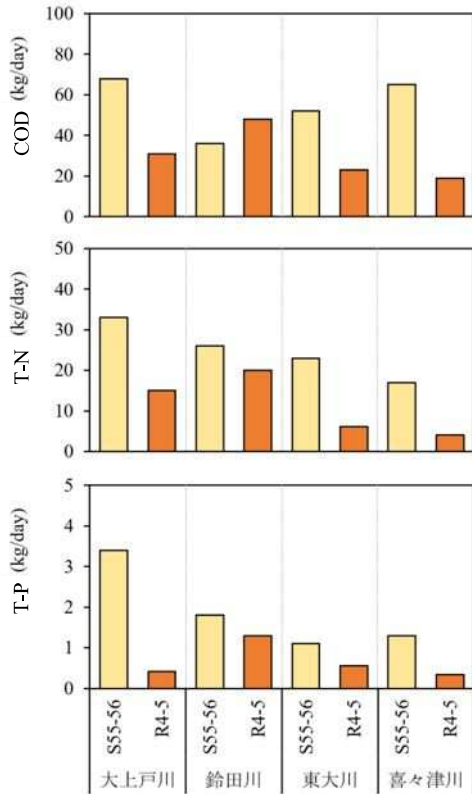


図7 COD, T-N, T-Pの流入負荷量の比較

川の流入負荷量の割合が大きくなった。

T-P 流入負荷量は、夏季から秋季にかけて高い値を示した。また、各河川の流入負荷量を比較すると、年間を通して、鈴田川の負荷量全体に占める割合が大きくなった。また、今村川と真崎川は東大川の支流であるため、それらを合計した場合、春季（5月24日）、夏季（8月30日）においては、東大川水系の流入負荷量が最も大きい結果となった。

今回調査を行った大上戸川、鈴田川、東大川、喜々津川の4河川について、昭和55年度から56年度にかけて行われた大村湾栄養塩類等収支挙動調査³⁾（S55-56調査）において、平常時の流入負荷量の調査が行われているため、今回測定した流入負荷の平均値（R4-5調査）と比較した。

COD, T-N, T-P 流入負荷量の S55-56 調査との比較結果を図7に示す。鈴田川のCOD流入負荷を除き、本調査におけるCOD流入負荷量は過去調査の流入負荷量の29%~45%に減少していることが確認され、水質の改善傾向が見られた。また、T-N流入負荷量は、過去調査の流入負荷量の24%~76%に減少していることが確認され、T-P流入負荷量についても、過去調査の流入負荷量の12%~72%に減少していることが確認され、大村湾への流入負荷の改善が見られた。

大村湾における窒素およびリンの流入負荷源として

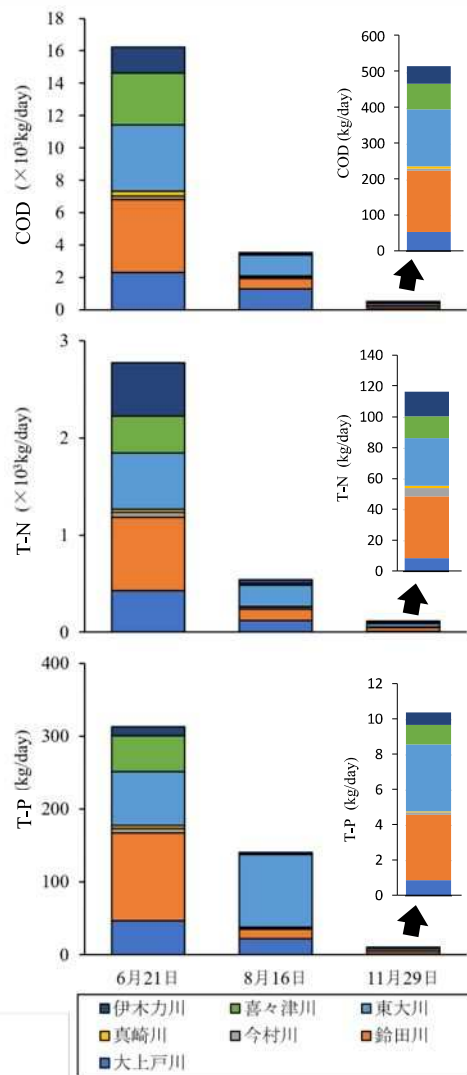


図8 COD, T-N, T-Pの降雨時の負荷量。11月29日のデータについては右上に拡大したものを示す。

は、生活排水などの生活排水系が窒素45%、リン35.2%、山林や水田などの土地系が窒素30.5%、リン20.8%、他に産業系（窒素11.6%、リン16.3%）や畜産系（窒素13.0%、リン27.8%）であり⁴⁾、生活系排水の割合が最も高い。

諫早市の津水湾沿岸にある地域（旧諫早市と旧多良見町）の人口⁵⁾は、昭和55年は95,254人であったのに対して、令和2年には107,777人に増加した。

大村湾沿岸の污水处理人口普及率は、昭和56年度は18.3%であったのに対して、平成30年度は94.1%に達し、大幅に上昇した⁶⁾。また、本調査を行った湾奥部周辺の地域では、大村湾南部流域下水道が平成12年3月31日に一部供用を開始し、順次供用開始区域を拡大している。平成12年度の認可面積は諫早市で624ha、多良見町及び大村市でそれぞれ99ha、及び44ha（合計767ha）であったのに対して⁷⁾、近年では、諫早市及び

多良見町でそれぞれ 712 ha 及び 314 ha（令和 3 年 3 月 31 日現在）⁸⁾、大村市で 108 ha（令和 5 年 3 月 31 日現在）⁹⁾ であり、合計 1134 ha に拡大していることから、下水道整備の進展が、栄養塩類の流入負荷低下の一因と考えられる。

3.3 降雨時の流入負荷量

降雨時調査の実施日における気象状況については以下のとおりであった。

① 6 月 21 日調査

調査実施日の降水量は、諫早で 104.0 mm、大村で 76.0 mm であった。また、日別の降水量を確認したところ、諫早・大村どちらにおいても 6 月 20 日から降水が続いており、前日までの降水量は、諫早で 14.0 mm、大村で 11.0 mm となっていた²⁾。

② 8 月 16 日調査

調査実施日の降水量は、諫早で 27.0 mm、大村で 27.0 mm であった。また、日別の降水量を確認したところ、諫早は 8 月 15 日から、大村は 8 月 12 日から降水が続いており、前日までの降水量が、諫早で 25.0 mm、大村で 25.5 mm となっていた²⁾。

③ 11 月 29 日調査

調査実施日の降水量は、諫早で 22.5 mm、大村で 19.5 mm であった。また、日別の降水量を確認したところ、諫早は 11 月 28 日から降水が続いており、前日までの降水量は 3.0 mm となっていた。なお、大村は前日の降水はなかった²⁾。

降雨時調査における水質及び河川流量の測定結果をもとに、各河川における降雨時の流入負荷量を算出し、図 8 に示した。

COD 流入負荷量は、降水量が多かった 6 月 21 日に最も大きく、約 16 t/日であり、平常時の 68～144 倍の流入負荷となった。また、各河川の流入負荷量を比較すると、6 月 21 日調査では鈴田川、8 月 16 日調査では大上戸川及び東大川、11 月 29 日調査では鈴田川が全体に占める割合が最も大きくなった。また、今村川と真崎川は東大川の支流であるため、それら合計すると、全ての降雨時調査において、東大川水系の流入負荷量が最も大きい結果となった。

T-N 流入負荷量は、6 月 21 日が最も大きく、約 2.7 t/日であり、平常時の 35～84 倍の流入負荷となった。また、各河川の流入負荷量を比較すると、6 月 21 日では鈴田川、8 月 16 日では東大川、11 月 29 日調査では鈴田川が全体に占める割合が最も大きい結果となった。

T-P 流入負荷量は、6 月 21 日が最も大きく、約 0.31 t/日であり、平常時の 69～152 倍の流入負荷となった。

また、各河川の流入負荷量を比較したところ、6 月 21 日調査では鈴田川、8 月 16 日調査及び 11 月 29 日調査では東大川が全体に占める割合が最も大きい結果となった。

近年、日降水量が 100 mm 以上の大雨の日数が増加している上に、短時間強雨の発生回数も増加している¹⁰⁾。また、長崎県の年間降雨量は、21 世紀末には 20 世紀末と比較して約 231 mm の増加が予測されており¹¹⁾、大村湾への流入負荷量は今後さらに高くなる可能性がある。また、陸域由来の有機物の流入・堆積も増えると考えられることから、今後、それらの大村湾への影響についても調べる必要がある。

4. 引用文献

- 1) 長崎県県民生活環境部地域環境課：令和 2 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果. 長崎県, p. 63, 2020
- 2) 気象庁：過去の気象データ検索,
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=&block_no=&year=&month=&day=
(2023. 3. 17 閲覧)
- 3) 長崎県環境部, 長崎県衛生公害研究所：大村湾栄養塩類等収支挙動調査 ―大村湾水質管理システムの策定をめざして―. 長崎県, p. 162, 1983
- 4) 長崎県環境部：第 3 期大村湾環境保全・活性化行動計画. 長崎県, p. 54, 2014
- 5) 諫早市：人口・世帯数の推移. 令和 2 年度 国勢調査結果（諫早市の詳しい結果）,
<https://www.city.isahaya.nagasaki.jp/uploaded/attachment/6820.xls> (2023 年 11 月 10 日アクセス)
- 6) 長崎県環境部：第 4 期大村湾環境保全・活性化行動計画. 長崎県, p. 52, 2019
- 7) 八尋龍太郎, 木下健一郎：大村湾南部流域下水道事業について. 九州技報, 27, 2000
- 8) 諫早市：諫早市生活排水対策推進計画（有明海流域・橘湾流域・大村湾流域）. 諫早市, p. 62, 2022
- 9) 大村市上下水道局：大村市の下水道, <https://omura-waterworks.jp/guide/drainage/data.php>
(2023. 10. 23 アクセス)
- 10) 環境省, 文部科学省, 農林水産省, 国土交通省, 気象庁：日本の気候変動とその影響. 気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート, p. 8, 2018
- 11) 福岡管区气象台：長崎県の将来予測. 九州・山口県の気候変動監視レポート別冊 九州・山口県の地球温暖化予測情報 第 2 巻 (2019 年 5 月増補版), pp. 77-86, 2019

＜環境省ニュース＞

環境研究総合推進費の令和6年度新規課題公募について

環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室

環境研究総合推進費（以下「推進費」という。）は、環境省が必要とする行政要請研究テーマ（行政ニーズ）を提示し、独立行政法人環境再生保全機構（以下「ERCA」という。）が課題の公募、審査、資金配分、進捗管理等を行う環境政策貢献型の競争的研究研究費です。例年、9月から10月にかけて1か月ほどの期間、新規課題の公募を行っており、これまで地方環境研究所からも多数の応募をいただいています。

今般、「令和6年度新規課題公募」を令和5年9月13日～10月17日に実施し、現在、採択に向けて審査を進めているところです。第一次審査（書面）及び第二次審査（ヒアリング）を経て採択された課題は、令和6年4月より研究開始となります。

本稿では、今回公募のトピックス及び行政ニーズについて紹介いたします。

1. 今回公募のトピックス

1) ミディアムファンディング枠

環境政策への貢献が期待できる研究課題を広く公募する「環境問題対応型研究」の公募区分では、自然科学分野から人文・社会科学分野まで多様な分野からの研究提案、若手研究者からの研究提案等、より多くの研究提案に機会を提供するため、令和4年度より、従来の研究開発費の支援規模が年間4,000万円以内の申請枠に加えて、年間2,000万円以内で実施する課題の申請枠である「ミディアムファンディング枠」を設けています。

ミディアムファンディング枠については、一定の採択枠を設けて積極的な採択を行います。

2) 革新型研究開発（若手枠A/B）

革新型研究開発（若手枠）は、研究代表者及び研究分担者の全てが「令和6年4月1日時点で40歳未満であること」、または「令和6年4月1日時点で博士の学位取得後8年未満であること」（産休・育休期間を除く）を要件とする、新規性・独創性・革新性に重点を置いた若手研究者向けの申請枠です。人文・社会科学分野を含む多様な分野の若手研究者の育成支援及び活躍促進を一層図るため、従来の研究開発費の支援規模が年間600万円以内の申

請枠（若手枠A）に加えて、令和4年度より年間支援規模300万円以内の申請枠（若手枠B）を設けています。

若手枠A/Bとも、一定の採択枠を設けて積極的な採択を行います。また、研究者の事務負担を軽減するため、中間評価・事後評価ヒアリング評価から書面評価への変更、半期レポートの簡略化等の取組を進めています。

その他の公募区分や詳細については「表1 令和6年度新規課題の公募区分」や、ERCAウェブサイトを御参照ください。

今回の令和7年度新規課題公募の開始時期は令和6年9月頃を予定しています。引き続き地方環境研究所からも積極的に応募いただきますよう、ご検討の程、よろしくお願いいたします。

参考：ERCAウェブサイト 環境研究総合推進費新規課題の公募について（令和6年度）

https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/r06_koubo_1.html

表1 令和6年度新規課題の公募区分

公募区分	最大年間支援額	研究期間
環境問題対応型研究（一般・技術実証型）	4千万円	3年以内
環境問題対応型研究（ミディアムファンディング枠）	2千万円	
次世代事業（補助率1/2）	1億円又は2億円	
革新型研究開発（若手枠A）	6百万円	
革新型研究開発（若手枠B）	3百万円	
戦略的研究開発（Ⅰ）	3億円	5年以内

2. 今回公募の行政ニーズ

環境政策貢献型の競争的研究費である推進費においては、研究課題の募集にあたり、環境省が設定する行政ニ

ーズに沿った研究開発の推進を求めています。

今回の公募では、統合領域で7件、気候変動領域で6件、資源循環領域で6件、自然共生領域で11件、安全確保領域で13件の合計43件の行政ニーズを提示しました。

行政ニーズの策定にあたっては、各都道府県及び政令指定都市等の環境担当部局宛てに地方ニーズの照会を行っており、今回提示した行政ニーズの中には、地方公共団体からの提案いただいたニーズに対応・関係するものも含まれており、本稿で紹介致します。

今後、令和7年度新規課題公募における行政ニーズ策定にあたり、各都道府県及び政令指定都市等の環境担当部局長宛てに地方ニーズの照会をする予定です。多くのご提案をお待ちしておりますので、ご検討の程、よろし

くお願いいたします。

その他の行政ニーズを確認されたい場合は、次参考サイトにある「(別添資料1) 令和6年度新規課題に対する行政要請研究テーマ(行政ニーズ)について」を御参照ください。

参考：ERCAウェブサイト 公募要領・応募様式等(令和6年度)

https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/r06_koubo_2.html

---地方公共団体からの提案に対応・関係する行政ニーズ---

統合領域	No. 1-3
行政ニーズテーマ名	閉鎖性海域での流入負荷の管理の効率化を目指したC・N・Pの動態と沿岸生態系への影響の把握
研究開発の背景・必要性	我が国では、水質総量削減制度の導入などにより汚濁負荷が削減され、水質が改善されてきた一方で、一部の海域においては、窒素・りんといった栄養塩類の不足によるノリ等の水産生物への悪影響が指摘されるようになっていることから「きれいで豊かな海」を目指し、令和4年の改正瀬戸内海環境保全特別措置法では、栄養塩類管理計画に基づく海域への栄養塩類供給が可能となったが、水産生物以外も含めた沿岸生態系全体への影響は十分に明らかになっていない。 また、瀬戸内海環境保全基本計画(令和4年2月)で、藻場・干潟等のCO2吸収・排出の評価に向けた調査・検討等の必要性が指摘されるなど、沿岸生態系により固定・貯留される有機物の中でも炭素はブルーカーボンとして、新たな二酸化炭素吸収源対策と目されている。 (引用資料) ・瀬戸内海環境保全特別措置法改正の概要 https://www.env.go.jp/water/heisa/setonaikai_law_rev.html ・瀬戸内海環境保全基本計画 https://www.env.go.jp/water/heisa/law.html
環境省が求める研究開発の成果(科学的知見)	閉鎖性海域においては陸域からの流入負荷が果たす役割が比較的大きいことから、下水道等の運転管理により海域に流入する汚濁負荷中の炭素・窒素・りんが、海域の水質にどのように影響を及ぼし、さらに藻場等の現存量にどのような影響を与えるのか解明することにより、排水規制による流入水質管理と藻場等の沿岸生態系による炭素貯留(ブルーカーボン)の相互関係を定量的に評価することを期待する。
研究開発成果の活用方法	人為的な汚濁負荷の制御と海中の炭素・窒素・りんの動態、さらには藻場等の沿岸生態系の現存量との相互関係が定量的に明らかになることにより、水質と生物多様性・生産性が両立するような、より高度な栄養塩類等の適正管理が可能となる。 さらに、沿岸海域における炭素の動態が明らかとなることで、藻場・干潟・浅場等の保全・再生・創出をはじめブルーカーボンに係る施策を定量的な評価のもとに推進し、カーボンニュートラルの実現に貢献する。

気候変動領域	No. 2-4
行政ニーズ名	暑さ指数の精緻化に関する研究及び熱中症対策に関する定量的評価に関する研究
研究開発の背景・必要性	令和5年5月12日に改正気候変動適応法が公布され、特に重大な健康被害が発生する恐れのある場合には、熱中症特別警戒情報を新たに発表すること等を定めている。我が国においても、これまでの平均気温等の変化や気候変動の予測、並びに熱中症の死亡者の状況さらには国外の事例や示唆を踏まえ、熱中症対策を強化するとともに、極端な高温に対する備えを進める必要がある。
環境省が求める研究開発の成果（科学的知見）	・現在、暑さ指数は約840地点で当日含め3日目までの予測や実況推定等（実測値は11地点のみ）がされているが、長期的な予測値や推定値の精度管理等が課題となっている。それらを解決する予測精度の向上、系統的に検証するシステム系の開発等の研究成果。 ・暑さ指数の定量的なリスク評価については、全国一律の基準となっているため、地域性や季節性を加味した重み付けによる定量的評価等の地域性等の評価に関する研究成果。 ・熱中症対策における啓発活動や冷涼な場所の提供に関する政策的効果の評価指標につながる、罹患率、重症化率、死亡率等の健康影響アウトカム改善を含む定量的評価方法（リアルタイム又は即時的、簡便なものが望ましい）に関する研究成果。
研究開発成果の活用方法	熱中症対策実行計画（※令和5年5月30日閣議決定）における熱中症対策に関する施策及び熱中症対策の計画的な推進に活用されることが期待される。具体的には、効果的な普及啓発や積極的な情報提供、高齢者等の熱中症弱者のための対策、地方公共団体における熱中症対策等を推進するとともに、熱中症警戒情報（改正適応法における熱中症警戒情報及び熱中症特別警戒情報）が発表された場合の関係者の対応の事前の確認・体制の整備などに寄与する。 （※）熱中症対策実行計画及び気候変動適応計画（一部変更）の閣議決定について https://www.env.go.jp/press/press_01675.html

資源循環領域	No. 3-6
行政ニーズ名	廃棄物の排出から処理の段階におけるPFASの管理手法の開発及び社会実装に向けた検討
研究開発の背景・必要性	国際的なPFASの包括的管理の動向を踏まえ、日本においても対応の加速化が求められており、令和4年度から「PFAS総合戦略検討専門家会議」が開催されているところ。PFASのうち、PFOS・PFOAについては製造・使用が既に禁止されており、廃棄物の排出から処理・処分・リサイクルの段階で管理することが重要である。 これまで推進費研究により、PFOSやPFOA等の廃棄物の焼却処理等における挙動や廃棄物最終処分場における挙動が取り組まれてきたが、その他のPFASを対象とした知見及び廃棄物処理の現場での管理のあり方に関する検討は不足している。 これらの物質を含む廃棄物の適正処理にあたっては、排出実態の把握と分析によるモニタリングと評価、物質の性質や廃棄物の性状に応じた処理・低減技術の開発が必要である。
環境省が求める研究開発の成果（科学的知見）	PFOS・PFOAを含むPFAS廃棄物全般に関する実態調査を行い、PFASのうち、有害性及び難分解性、存在量、国際的な注目度といった観点から対応の優先順位の高い物質及び廃棄物のフローを特定すること。 また、上記を踏まえ、以下のいずれかの検討を実施すること。 ①廃棄物分野で対応の優先順位の高い物質に対する網羅的な分析方法の整備や、社会実装を見据えたモニタリング手法の検討 ②対応の優先順位の高い廃棄物の性状や物質の性質から考えられる処理方法・環境リスクの低減方法の検討

研究開発成果の 活用方法	実態調査により得られたデータを活用し、環境省として対応していく物質及び廃棄物の優先順位を把握する。 また、PFASを含有する廃棄物の適正管理方策をまとめたガイドライン等を検討する際に、実態調査により得られたデータは重要なバックデータとして、モニタリング手法や対策技術は具体的な管理手法として掲載することが想定される。
-----------------	--

自然共生領域	No. 4-5
行政ニーズテーマ名	世界自然遺産地域における持続可能な観光管理手法の開発
研究開発の背景・ 必要性	世界自然遺産地域においては、新型コロナウイルスの感染収束に伴い、国内外から大幅な観光客の増加が予想され、オーバーユース等による資産価値への悪影響が懸念されている。各地域における資産の保護と管理は、世界遺産条約に基づく締約国の義務であり、とりわけ2021年に登録された奄美・沖縄では、観光管理を徹底するよう世界遺産委員会から勧告されている。このため、世界自然遺産地域における観光管理手法の開発が喫緊の課題である。また、遺産地域では、利用動態に関する基礎的な情報及び指標が不足しており、これらを充実させることが不可欠である。
環境省が求める 研究開発の成果 (科学的知見)	既存の世界自然遺産5地域又はその一部を対象として、観光利用が遺産の顕著で普遍的な価値(生態系や生物多様性等)に与える影響を、定量的に評価するための指標を開発し、行政のリソースやコスト、地域の実情及び実現可能性等を勘案したうえで、地域資源を活用した持続可能な地域振興のための観光管理手法を提示すること。その際、可能であれば、複数のシナリオを用いた将来予測を行うこと。
研究開発成果の 活用方法	既存の世界自然遺産地域の観光影響負荷やその要因分析、今後の予測等を通じ、観光振興やオーバーツーリズム対策を講じる施策に役立てるとともに、各地域において持続可能な地域振興施策を立案するための基礎とする。また、世界自然遺産5地域のうち「奄美・沖縄」については、世界遺産登録に当たり世界遺産委員会から観光管理を徹底するよう勧告されており、その課題解決のための基礎資料として活用する。

＜支部だより＞

北海道・東北支部

令和4年度及び令和5年度上半期の北海道・東北支部の活動状況について報告します。

（支部事務局：福島県環境創造センター）

1. 令和4年度北海道・東北支部総会（書面開催）

（担当：岩手県環境保健研究センター）

(1) 期日 令和4年7月8日（金）

(2) 内容

ア 支部総会

- ・令和3年度事業報告・決算報告について
- ・令和4年度支部事業計画案・予算案について
- ・全国環境研協議会第1回理事会の概要（報告）

イ 支部長表彰（4名）

玉田 克己氏（北海道）、八重樫 満氏（岩手県）、
小林 貴司氏（秋田県）、水戸部 英子氏（新潟県）

2. 令和4年度環境測定分析統一精度管理ブロック会議（Web開催）（担当：秋田県健康環境センター）

(1) 期日 令和4年7月15日（金）

(2) 内容

- ①令和3年度の調査結果について
- ②環境測定分析における留意点及び・精度管理について

3. 第48回北海道・東北支部研究連絡会議（書面開催）（担当機関：青森県環境保健センター）

(1) 期日 令和5年3月8日（金）

(2) 内容

①共通課題討論

- ・建材中のアスベスト含有の分析について
- ・ヘリウムガス供給不足への対応状況について
- ・鳥インフルエンザ等発生時における防疫措置に係る環境調査について
- ・金属等の測定方法について

②一般研究発表（3題）

- ・エネルギー・環境・地質研究所における「技術相談記録簿」管理システムの開発（北海道）
- ・航空機騒音通年測定局の測定条件調査（宮城県）
- ・東日本大震災・東京電力（株）福島第一原子力発電所事故による福島県内の大気中のメタン濃度の日内変動の変化（福島県）

4. 令和4年度北海道・東北支部酸性雨広域大気汚染調査研究専門部会（書面開催）

（担当：山形県環境科学研究センター）

(1) 期日 令和5年3月27日（月）

(2) 内容

- ①全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究専門部会の活動報告について
- ②令和4年度部会活動状況について
- ③令和5年度部会活動計画について
- ④酸性雨及び広域大気汚染等に関する提案・情報交換について
- ⑤研修企画提案について

5. 令和5年度環境測定分析統一精度管理ブロック会議（Web開催）（担当：福島県環境創造センター）

(1) 期日 令和5年6月28日（水）

(2) 内容

- ①令和4年度の調査結果について
- ②環境測定分析における留意点及び・精度管理について

6. 令和5年度北海道・東北支部総会

（担当：山形県環境科学研究センター）

(1) 期日 令和5年7月26日（水）～27日（木）

(2) 会場 山形国際ホテル（山形市）

(3) 内容

ア 支部総会

- ・令和4年度事業報告・決算報告について
- ・令和5年度支部事業計画案・予算案について
- ・令和5～6年度支部役員について
- ・全国環境研協議会第1回理事会の概要（報告）

イ 支部長表彰（6名）

永洞 真一郎氏（北海道）、対馬 典子氏（青森県）、
小山田 智彰氏（岩手県）、三沢 松子氏（宮城県）、
清水 匠氏（秋田県）、茨木 剛氏（新潟県）

ウ 講演（27日）「樹氷及び気候変動について」

講師：山形大学名誉教授 柳澤 文孝

※ 4年ぶりに対面方式で支部総会が開催されました。

編集後記

北九州市保健環境研究所です。今年は全国的に秋らしさを感じることなく冬が到来し、気候変動の影響が身近にも現れてきていることを実感しています。

本年7月、グテーレス国連事務総長が『地球沸騰化』時代の到来について言及しました。当編集後記執筆時点では中東ドバイにおいてCOP28が開催されており、各国の地球規模の温暖化に向けた取り組みが活発化しています。一方、パリ協定下での各国取り組みを全て達成できたとしても、今世紀中には産業革命前に比べ2.5～2.9℃の気温上昇が見込まれるとの報告がUNEPから出されるなど、気候変動への対策は待ったなしの状況となっており、このような状況の中、我々地方環境研究所の役割も大きな岐路に差し掛かっています。平成30年に施行された気候変動適応法において、都道府県等に地域気候変動適応センターの設置が求められました。当該センターの機能を新たに設けた地方環境研究所におかれましては、従来業務に加え、域内の気候変動に関する情報収集・発信などに努めておられることと存じます。

さて、筆者は新型コロナウイルス感染症における緊急事態宣言が初めて発令された時期に当所に異動となりました。現在、在籍四年目となりますが、今年は初めて所全体での忘年会が開催される予定です。在籍前半は職場と自宅を往復するだけの生活でしたが、徐々にコロナ禍前の状況に戻ってきたことを実感しています。ただ、国内ではインフルエンザが例年になく猛威を振るい、近隣国ではマイコプラズマ肺炎が流行している状況です。皆様におかれましては体調にはくれぐれもご注意ください。

最後になりましたが、巻頭言を執筆していただいた群馬県衛生環境研究所長の猿木様、特集記事を執筆していただいた国立環境研究所の茶谷様、福岡県保健環境研究所の山村様、廣瀬様、報文を投稿していただいた皆様、「環境省ニュース」を執筆していただいた環境省環境研究技術室様、「支部だより」を執筆していただいた福島県環境創造センター様、お忙しいところご協力をいただき、ありがとうございました。また、全国各支部会員の皆様におかれましては、今後とも会誌への積極的な投稿についてご協力をお願いいたします。

（北九州市保健環境研究所）

令和5年度

全国環境研協議会広報部会

＜部会長＞ 北九州市保健環境研究所長
＜広報部会担当理事＞ 福岡県保健環境研究所長

季刊 全国環境研会誌 Vol.48 No.4(通巻169号)
Journal of Environmental Laboratories Association

2023年12月25日発行

発行 全国環境研協議会

編集 全国環境研会誌 編集委員会