

NIMD Forum 2023

Current Status and Challenges of Environmental Mercury Monitoring in
the Asia-Pacific and African Regions for Contributing the Effectiveness
Evaluation of the Minamata Convention

水俣条約の有効性評価に資するアジア太平洋及びアフリカ地域の
環境水銀モニタリングの現状と課題

18-19 November 2023

Minamata Disease Archives, Conference Hall

National Institute for Minamata Disease and Ministry of the Environment,
Japan

Program

November 18 Saturday

9:30 – 9:45 Opening Remark

Mitsuya Maeda *Director-General of NIMD, Japan*

Koki Takaki *Director of Mercury Management Office of Ministry of the Environment, Japan*

9:45 – 9:50 Brief Introduction of NIMD Forum 2023

Kohji Marumoto *NIMD, Japan*

9:50 – 10:00 Coffee Break

Session 1 Mercury Monitoring in Biota 1

Chairs: Noriyuki Suzuki *National Institute for Environmental Studies, Japan*

Lynwill G. Martin *South African Weather service, South Africa*

10:00 – 10:50 Keynote Speech

Global Mercury Concentrations in Biota: Their Use as a Basis for a Biomonitoring Framework in Asia

生物相における全球水銀濃度： アジアにおけるバイオモニタリングの基礎としての利用

David C. Evers *Biodiversity Research Institute, USA*

10:50 – 11:20 Mercury Concentrations in Sediment, Water, and Fish in Freshwater

Ecosystems: Summary of the National Mercury Monitoring Network of South Korea

陸水生態系における魚、水、堆積物中の水銀濃度：韓国における水銀モニタリングネットワークの概要

Seunghee Han *Gwangju Institute of Science and Technology, Korea*

11:20 – 11:50 Indispensable Methylmercury (MeHg) Analysis for Reconstructing Historical Bird Hg Burden Using Museum Specimens

博物館標本を用いた鳥類の水銀曝露の歴史的な傾向の復元に不可欠なメチル水銀分析

Akinori Takeuchi *National Institute for Environmental Studies, Japan*

11:50 – 13:30 Lunch

Session 2: Global and Regional Monitoring Network for Atmospheric Mercury

Chairs: David Schmeltz *Environmental Protection Agency, USA*

Kohji Marumoto *NIMD, Japan*

13:30 – 14:20 Keynote Speech

Mercury Observations in Africa: How Monitoring Can Fill in the Gaps to Determine the Effectiveness of the Minamata Convention

アフリカ地域における水銀の観測：いかにモニタリングが水俣条約の有効性を判断するためのデータギャップを埋めるか

Lynwill G. Martin, *South African Weather service, South Africa*

14:20 – 14:50 New Observations in the National Atmospheric Deposition Network (NADP) in North America

北米の大気沈着ネットワークプログラム (NADP) による新しい観測

David A. Gay *National Atmospheric Deposition Program, USA*

14:50 – 15:20 Overview of the Asia Pacific Mercury Monitoring Network (APMMN)

アジア-太平洋水銀モニタリングネットワークの概観

Guey-Rong Sheu *National Central University, Taiwan*

15:20 – 15:30 Coffee Break

Session 3: National Monitoring Network for Atmospheric Mercury

Chairs: David A. Gay *National Atmospheric Deposition Project, USA*

Takaaki Itai *The University of Tokyo, Japan*

15:30 – 16:00 Long-term Monitoring of Mercury in Air and Rainwater in Taiwan

台湾における大気・降水中の水銀の長期モニタリング

Guey-Rong Sheu *National Central University, Taiwan*

16:00 – 16:30 Long-term Trends of Mercury in Air and Wet Depositions in Japan

日本における大気及び降水中の水銀の長期的変動

Kohji Marumoto *NIMD, Japan*

16:30 – 16:50 Mercury Contents in Rainwater in Matsue and Minamata, Japan during 2020 to 2023

2022 年から 2023 年の松江市および水俣市の降水中の水銀含有量について

Masamichi Takebe *National Institute of Technology, Matsue College, Japan*

16:50 – 17:10 Pathway of the Air Mass Causing Mercury Deposition in Matsue, Japan

松江市に水銀を含む降水をもたらす空気塊の経路について

Naoki Aoyama *National Institute of Technology, Matsue College, Japan*

18:00 – 19:30 Welcome Banquet

November 19 Sunday

Session 4 Monitoring in Atmospheric Mercury

Chairs: Guey-Rong Sheu *National Central University, Taiwan*

Akinori Takeuchi *National Institute for Environmental Studies, Japan*

10:00 – 10:10 Brief Introduction of This Session

Itsuki Kuroda *Mercury Management Office of Ministry of the Environment, Japan*

10:10 – 10:40 Comparative Study of the Different Methods of Atmospheric Mercury

Monitoring - Manual and Automated Active Sampling

手動アクティブサンプリング法と自動アクティブサンプリング法との並行観測

Tatsuya Hattori *IDEA Consultants Inc., Japan*

10:40 – 11:10 Analysis of the Variation in the Annual Mean Estimate Obtained from

Intermittent Measurements of Atmospheric Mercury

間欠サンプリングによる年平均値の推定に関する誤差変動の検証

Mitsuko Yasoshima *IDEA Consultants Inc., Japan*

11:10 – 11:30 How is a Concentration of Atmospheric Mercury in My High School?

私の高校の大気中水銀濃度はどのくらいか？

Momoka Nakamura *Minamata High School, Japan*

11:30 – 12:00 Observation in the Atmospheric Concentrations of Speciated Hg in Volcanic Area

火山地帯における大気中水銀形態別濃度の観測

Yuichi Maruo *NIMD, Japan*

12:00 – 13:30 Lunch

Session 5 Mercury Monitoring in Biota 2

Chairs: David C. Evers *Biodiversity Research Institute, USA*

Seunghye Han *Gwangju Institute of Science and Technology, Korea*

13:30 – 14:00 Spatial Distribution of Total Mercury and Its Stable Isotope Ratio in Skipjack Tuna from Northwest Pacific Ocean

北西太平洋におけるカツオ中の総水銀濃度および水銀安定同位体比の地域変動

Takaaki Itai *The University of Tokyo, Japan*

14:00 – 14:30 Spatial Variation in Methylmercury Accumulation within Plankton Communities across the Western North Pacific

北西太平洋におけるプランクトン群集内のメチル水銀蓄積の空間的変動

Yuya Tada *NIMD, Japan*

14:30 – 15:00 Global-scale Prediction of Medium-term Variation of Methylmercury in Seafood

全球海産物中のメチル水銀濃度の中期変動予測

Toru Kawai *National Institute for Environmental Studies, Japan*

15:00 – 15:10 Coffee Break

15:10 – 15:40 General Comments and Discussion

David Schmeltz *Environmental Protection Agency, USA*

Noriyuki Suzuki *National Institute for Environmental Studies, Japan*

15:40 – 15:45 Notification of Next NIMD Forum

Koichi Haraguchi *NIMD, Japan*

15:45 – 15:50 Closing Remark

Masanori Saito *Associate Director-General of NIMD, Japan*

Global Mercury Concentrations in Biota: Their Use as a Basis for a Biomonitoring Framework in Asia

David C. Evers

Biodiversity Research Institute, 276 Canco Road, Portland, Maine 04103, USA

(david.evers@briwildlife.org)

An important provision of the Minamata Convention on Mercury is to monitor and evaluate the effectiveness of the adopted measures and its implementation. Biotic mercury (Hg) data are now available on a global scale, which improves the understanding of global efforts to reduce the impact of Hg pollution on people and the environment. Data from the primary, peer-reviewed literature are now compiled in the Global Biotic Mercury Synthesis (GBMS) database. These data provide a foundation for establishing regional biomonitoring frameworks that are needed to track Hg concentrations in biota at various levels of spatial and temporal scales for all continents and oceanic basins. Biotic Hg data from the GBMS database will be presented for fish, birds and marine mammals in Asia and compared with other regions of the world. Ecosystem sensitivity and important biodiversity areas will be modeled and mapped. Bioindicators of interest by biome will be recommended within areas of greatest interest for Asia.

生物相における全球水銀濃度： アジアにおけるバイオモニタリングの基礎としての利用

David C. Evers

Biodiversity Research Institute, 276 Canco Road, Portland, Maine 04103, USA

(david.evers@briwildlife.org)

水銀に関する水俣条約の重要な規定は、採択された措置とその実施の効果を監視・評価することである。生物学的な水銀 (Hg) データは現在地球規模で入手可能であり、Hg 汚染による人々や環境への影響を軽減するための全球的な取り組みに対する理解を深めている。主要な査読付き文献からのデータは、現在、全球生物水銀統合データベース (GBMS) にまとめられている。これらのデータは、すべての大陸と海洋のさまざまなレベルの空間的・時間的スケールで生物相中の Hg 濃度を追跡するために必要な、地域的バイオモニタリングの枠組みを確立するための基礎となる。GBMS データベースからの生物 Hg データは、アジアの魚類、鳥類、海洋哺乳類について提示され、世界の他の地域と比較される。生態系の感受性と生物多様性の重要な地域がモデル化され、マッピングされる。アジアにおいて最も関心の高い地域内での生物系群ごとに関心のある生物指標が推奨される。

Mercury Concentrations in Sediment, Water, and Fish in Freshwater Ecosystems: Summary of the National Mercury Monitoring Network of South Korea

Seunghee Han

School of Earth Sciences and Environmental Engineering

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

Gwangju, Republic of Korea

The Minamata Convention was adopted in 2013 to protect human health and the global environment from the anthropogenic release of mercury and mercury compounds, and came into force on August 2017. South Korea signed the agreement on September 2014, and after the revision of the 'Residual Pollutants Control Act' and ratification of the National Assembly in 2020, the agreement took effect in South Korea to manage mercury and mercury compounds. Under Articles 19 and 22 of the Minamata Convention, the pilot project of the national mercury monitoring network was conducted from 2016 to 2020. Through the five-year pilot project, monitoring parameters and sites, and frequency and matrix of investigation, to identify the temporal and spatial trends of mercury levels in domestic lakes and rivers, were determined, and analytical techniques were systematized. The main project has been in progress since 2021 according to the monitoring methodology determined by the pilot project to verify the effectiveness of the Minamata Convention. Total mercury and methylmercury in water and sediment, and total mercury in fish have been investigated two times a year from the five lakes (Lake Chungju, Lake Buan, Lake Okjeong, Lake Paldang, and Lake Paro) and four rivers (Nakdong River, Han River, Geumgang River, and Yeongsan River). In this presentation, I would like to summarize the investigation results and also the statistical processing results of mercury, methylmercury, and conventional parameters. To identify the major sources of methylmercury in water, preliminary mass budget was constricted, and the correlation and factor analysis were performed to elucidate the main environmental parameters affecting mercury methylation in sediment and fish accumulation. Furthermore, attempts were made to find the physical factors that control the temporal changes of methylmercury in the surface water of lakes and rivers surveyed.

陸水生態系における魚、水、堆積物中の水銀濃度：韓国における水銀モニタリングネットワークの概要

Seunghee Han

School of Earth Sciences and Environmental Engineering

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

Gwangju, Republic of Korea

水俣条約は、水銀および水銀化合物の人為的な放出から人の健康と地球環境を守るために2013年に採択され、2017年8月に発効した。韓国は2014年9月に条約に署名し、2020年に「残留汚染物質管理法」の改正と国会の承認を経て、水銀および水銀化合物を管理するための協定が韓国で発効した。水俣条約第19条および第22条に基づき、2016年から2020年まで全国水銀モニタリングネットワークのパイロットプロジェクトが実施された。5年間のパイロットプロジェクトを通じて、国内の湖沼・河川における水銀濃度の時間的・空間的傾向を明らかにするためのモニタリング項目と地点、調査の頻度と基盤が決定され、分析技術が体系化された。本格的なプロジェクトは、水俣条約の有効性を検証するため、パイロットプロジェクトで決定されたモニタリング手法に従って2021年から実施されている。5つの湖沼（Chungju湖、Buan湖、Okjeong湖、Paldang湖、Paro湖）と4つの河川（Nakdong川、Han川、Geumgang川、Yeongsan川）において年2回の頻度で水と底質中の総水銀とメチル水銀、魚類中の総水銀を調査している。本講演では、これらの調査の結果と総水銀、メチル水銀、および慣習的なパラメータの統計解析の結果を要約する。水中におけるメチル水銀の主な発生源を同定するために、予備的な物質収支を構築した。そして、堆積物中の水銀のメチル化と魚類蓄積に影響を与える主要な環境パラメータを明らかにするために、相関分析と因子分析を行った。さらに、調査対象とした湖沼および河川の表層水中のメチル水銀の時間的変化を制御する物理的要因の探索も試みた。

Indispensable Methylmercury (MeHg) Analysis for Reconstructing Historical Bird Hg Burden Using Museum Specimens

Akinori Takeuchi

National Institute for Environmental Studies, Japan

Reconstructing a historical trend of biota mercury (Hg) levels is an important aspect to evaluate impacts of anthropogenic Hg emission on Hg bioaccumulation over time. There are extensive museum collections in Japan comprising avian resources to perform retrospective Hg biomonitoring because of their inertness and the bound Hg within the feather that is stable for a long period of time. It is known that most Hg in feathers is methylated Hg (MeHg) so that total Hg concentrations are often measured to estimate MeHg. However, it was documented that preservatives that contain inorganic Hg had been traditionally applied to the museum collections in Europe and the U.S. This contamination has made total Hg concentrations of archived specimens questionable, and existence of it in Japan has remained unknown. Whether the presence of the contamination or not in osprey (*Pandion haliaetus*) body feathers archived in Japanese museums, therefore, was investigated. We optimized and validated a MeHg analytical method for feathers using a gas chromatography coupled to atomic fluorescence spectroscopy and human hair certified reference materials (CRMs). Both nitric acid and potassium hydroxide alkaline extraction techniques for MeHg quantification of the CRMs were evaluated. Both techniques provided satisfactory results, and the acid extraction method was chosen in this study because previous studies suggested that acid extraction provided the better recoveries for feather samples. Most Hg in the measured osprey's feathers collected in 2019 were MeHg. Their MeHg concentrations ranged from 1.4 to 5.3 ppm. The proportion of MeHg in the museum samples collected between 1950s and 70s, on the other hand, ranges from 8 to 97 %. Also, their MeHg concentrations were between 0.1 and 3.6 ppm whereas their total concentrations ranged from 1.3 to 3.6 ppm. These results suggest that any museum feather samples before 1970s may be contaminated with the Hg preservatives in Japan, and the historical avian Hg burdens can be overestimated without MeHg analysis. Analyses of Hg speciation in feathers are essential for the retrospective Hg biomonitoring.

博物館標本を用いた鳥類の水銀曝露の歴史的な傾向の復元に不可欠なメチル水銀分析

武内章記

国立研究開発法人国立環境研究所

生物中の水銀濃度の経年変化は、人為的に排出された水銀の影響を把握する上で重要な情報である。過去の水銀濃度を把握するために博物館に保存されている鳥標本の水銀濃度を活用する方法があるが、欧米では過去に標本試料に水銀防腐剤を塗布していたことが知られている。そこで、我が国でも水銀防腐剤の使用の有無を確認するために、鳥羽試料のメチル水銀分析手法の最適化を図り、博物館に保存されているミサゴの羽試料のメチル水銀分析を実施した。性質の似ているヒト髪の毛の標準物質を用いて分析手法の最適化を図り、硝酸抽出による冷原子蛍光分析計を用いた手法を確立した。そして、2019年に採取されたミサゴの羽試料は、総水銀濃度に占めるメチル水銀濃度の割合が95%以上であったのに対して、1950年代から70年代にかけての試料は8%から97%まで変動を示した。この結果から、博物館に保管されている1970年代以前のミサゴの羽試料は水銀防腐剤に汚染されている可能性が高く、総水銀分析だけでは、ミサゴに蓄積していた水銀量を過大に評価してしまう可能性がある。博物館試料を用いた水銀の遡及的な生物モニタリングでは、形態別水銀分析を実施してメチル水銀濃度で評価する必要がある。

Mercury Observations in Africa: How Monitoring Can Fill in the Gaps to Determine the Effectiveness of the Minamata Convention

Lynwill G Martin, Casper Labuschagne, Thumeka Mkololo, Peter Cloete, Marumo Setlhare, Erenst Mbambalala and Pieter Labuschagne

Cape Point Global Atmosphere Watch Station, South African Weather Service.

The African continent has been identified as a data scarce region for atmospheric mercury measurement evident from the limited amount of available peer reviewed articles published. The Cape Point Global Atmosphere Watch (GAW) Station operated by the SA Weather Service has been conducting continuous mercury measurements on the continent since September 1995 making Cape Point the station with the longest data record in the Southern Hemisphere. The Cape Point GAW Station unique location is however not a true reflection of the current status of mercury in the atmosphere within South Africa as it serves more as a background site. With the need to have a better understanding of the Fate and Transport of mercury within the country, the SA Mercury Network was established to investigate this.

The SAMNet started in April 2020 and its aim was to expand the ground-based mercury observation stations in the country. The project is funded by the Department of Science and Innovation, in support of the Global Observation System for Mercury (GOS4M), a GEO flagship program (www.gos4m.org).

The presentation will focus on the data collected at the new established SAMNet stations as well as the Passive Sampling Network that was started in 2021 in collaboration with Environment and Climate Change Canada which also covers sites in Namibia, Ghana, Botswana and Tanzania. Three SAMNet sites also perform monthly sampling using the Gold Amalgamation Manual Method developed by the Ministry Environment of Japan (MOEJ) as part of the MOYAI Initiative that supports developing countries in strengthening their monitoring capabilities as well as implementation of the Minamata Convention. The results of the automated instruments against the Manual Method will also be presented.

アフリカ地域における水銀の観測：いかにモニタリングが水俣条約の有効性を判断するためのデータギャップを埋めるか

Lynwill G Martin, Casper Labuschagne, Thumeka Mkololo, Peter Cloete, Marumo Setlhare, Erenst Mbambalala and Pieter Labuschagne
Cape Point Global Atmosphere Watch Station, South African Weather Service.

アフリカ大陸は大気中の水銀測定においてデータの乏しい地域であることは、公表されている査読付き論文の数が限られていることから明白である。南アフリカ気象局が運営するケープポイント GAW (Global Atmosphere Watch) ステーションでは、1995 年 9 月以来、アフリカ大陸で水銀の連続測定を行っており、ケープポイントは南半球で最も長いデータを記録しているステーションとなっている。しかし、ケープポイント GAW ステーションのユニークな立地としては、南アフリカ国内の大気中の水銀の現状を正しく反映しているのではなく、むしろバックグラウンド的なサイトとして機能している。南アフリカ国内における水銀の動態と輸送についてより深く理解する必要があるため、南アフリカ水銀ネットワーク (SAMNet) が設立された。

SAMNet は 2020 年 4 月に開始され、その目的は国内の地上水銀観測ステーションを拡充することである。このプロジェクトは、地球観測に関する政府間会合 (GEO) のフラッグシップ・プログラムである水銀グローバル観測システム (GOS4M; www.gos4m.org) の支援を受けて、科学技術革新省から資金援助を受けている。

本講演では、新設された SAMNet ステーションで収集されたデータに加え、2021 年にカナダ環境・気候変動省と共同で開始されたパッシブサンプリングネットワーク (ナミビア、ガーナ、ボツワナ、タンザニアのサイトも含む) で収集されたデータに焦点を当てる。SAMNet の 3 カ所では、途上国のモニタリング能力強化と水俣条約実施を支援する MOYAI イニシアチブの一環として日本の環境省が展開している金アマルガムマニュアル法を用いた毎月のサンプリングも実施している。また、マニュアル法と自動観測装置との比較についての結果も発表する。

New Observations in the National Atmospheric Deposition Network (NADP) in North America

David A. Gay

National Atmospheric Deposition Program

University of Wisconsin Madison

The National Atmospheric Deposition Program (NADP) currently monitors for mercury in precipitation for wet deposition, and atmospheric measurements for dry deposition estimates of mercury. However, as science and policy needs evolve, so must routine measurements evolve to provide long-term and consistent measurements that best meet new needs. Over the past 30 years, the NADP's mercury program has evolved from wet only measurements, to gaseous measurements of speciated mercury, and now includes mercury measurements of litterfall at its newest network. The NADP effort also now includes the Mercury in the Environment and Links to Deposition subcommittee (MELD) which focuses specifically on mercury issues relevant to NADP. We also now collaborate with our partners in the Asia Pacific Mercury Monitoring Network.

During this talk, first I will provide some background information about NADP that is relevant to this mercury workshop discussion, focused on the development of networks and the NADP goals for its mercury networks. Second, I will detail a few new initiatives that are being developed for potential use within the NADP mercury networks and the Asia Pacific Mercury Monitoring Network (APMNN), a partner of the NADP. These include a new bag system for monitoring wet deposition, which should significantly reduce costs and likely improve quality. Further, I will discuss the ongoing development of a passive atmospheric mercury network, following the MerPAS system of Tekran Instruments. I will also briefly discuss an idea for a trans pacific network that will be a collaboration of NADP, the APMNN, and hopefully with Japan MOE. Along with these major topics, I will introduce a few more new ideas coming out of the NADP membership.

北米の大気沈着ネットワークプログラム (NADP) による新しい観測

David A. Gay

National Atmospheric Deposition Program

University of Wisconsin Madison

全米大気沈着プログラム (NADP) は現在、湿性沈着については降水中の水銀を監視し、水銀の乾性沈着推定については大気測定を実施している。しかし、科学と政策のニーズが進化するにつれて、新たなニーズに最適な長期的かつ一貫性のある測定を提供するために、継続的な測定も進化しなければならない。過去 30 年間にわたり、NADP の水銀プログラムは、湿性沈着のみの測定から、形態別水銀の大気測定へと発展し、現在では最新のネットワークによりリターフォールの水銀測定も行っている。現在、NADP の取り組みには、特に NADP に関連する水銀問題に焦点を当てる MELD (Mercury in the Environment and Links to Deposition) 小委員会も含まれている。また、現在ではアジア太平洋水銀モニタリングネットワークのパートナーとしても協力している。

この講演では、はじめに今回の水銀ワークショップの議論に関連する NADP の背景に関する情報を提供し、ネットワークを進展させることや NADP の水銀ネットワークの目標に焦点を当てる。次に、NADP の水銀ネットワークや、NADP のパートナーであるアジア太平洋水銀モニタリングネットワーク (APMNN) で使用される可能性のある、開発中のいくつかの新しい取り組みについて詳しく説明する。これらには、湿性沈着をモニタリングするための新しいバッグシステムが含まれ、大幅なコスト削減と質の向上が期待できる。さらに、Tekran Instruments の MerPAS システムに続く、現在進行中のパッシブサンプラーによる大気水銀ネットワークの開発についても述べる。そして、NADP、APMNN、そしてできれば日本環境省との協力による太平洋横断ネットワークの構想についても簡単に述べる。これらの主要なトピックの他に、NADP メンバーから生まれた新しいアイデアについてもいくつか紹介する。

Overview of the Asia Pacific Mercury Monitoring Network (APMMN)

Guey-Rong Sheu

*Department of Atmospheric Sciences, National Central University
Taoyuan, Taiwan*

The Asia Pacific Mercury Monitoring Network (APMMN) cooperatively measures mercury in precipitation in a network of sites operating in Asia and the Western Pacific region. The network addresses significant data gaps in a region where mercury emission estimates are the highest globally, but available measurement data are limited. The reduction of mercury emissions under the Minamata Convention on Mercury also justifies the need for continent-wide and consistent observations that can help determine the magnitude of the problem and assess the efficacy of reductions over time. The APMMN's primary objectives are to monitor wet deposition and atmospheric concentrations of mercury and assist partners in developing their own monitoring capabilities. Network planning began in 2012 with pilot wet deposition sampling starting in 2014. The APMMN started operation in 2016. Currently, 15 sites in Australia, Fiji, India, Indonesia, Korea, Mongolia, Nepal, Palau, Philippines, Sri Lanka, Taiwan, Thailand and Vietnam measure mercury in precipitation following standardized procedures adapted from the National Atmospheric Deposition Program (NADP). The network also has a common regional analytical laboratory in Taiwan, and quality assurance and data flagging procedures, which ensure the network makes scientifically valid and consistent measurements. Results from our ongoing analytical quality assurance measurements show accurate analytical analyses. We have partnered with the National Institute for Minamata Disease (NIMD) to concurrently conduct an inter-comparison study at National Central University (NCU) and NIMD to assess the variability of wet Hg deposition measurements using various types of wet deposition samplers (KASC-02, MIC-B and N-CON). Future APMMN plans are to (1) foster new network partnerships, (2) continue to collect, quality assure, and distribute results on the APMMN website, (3) provide training and share best monitoring practices, and (4) establish a gaseous concentration network for estimating dry deposition.

アジア-太平洋水銀モニタリングネットワークの概観

Guey-Rong Sheu

Department of Atmospheric Sciences, National Central University

Taoyuan, Taiwan

アジア太平洋水銀モニタリングネットワーク (APMMN) は、アジアと西部太平洋地域で活動するネットワークで、降水中の水銀を共同で測定している。このネットワークは、水銀排出量の推定値が世界的に最も多いにもかかわらず、利用可能な測定データが限られている地域における重大なデータギャップに対処するものである。また、水銀に関する水俣条約に基づく水銀排出量の削減を正しく評価するには、問題の大きさを判断し、削減の効果を長期的に評価するのに役立つ、大陸全体にわたる一貫した観測が必要である。APMMN の主な目的は、水銀の湿性沈着と大気中濃度を監視し、パートナーたちの独自の監視能力の育成を支援することである。ネットワークの計画は 2012 年に開始され、試験的な湿性沈着サンプリングは 2014 年に開始された。APMMN は 2016 年に運用を開始し、現在、オーストラリア、フィジー、インド、インドネシア、韓国、モンゴル、ネパール、パラオ、フィリピン、スリランカ、台湾、タイ、ベトナムの 15 カ所で、全米大気沈着プログラム (NADP) で採用されている標準手順書に従って、降水中の水銀を測定している。また、このネットワークは台湾に共通の地域分析ラボを持ち、品質保証とデータフラグ付けの手順により、科学的に妥当で一貫性のある測定を行っている。継続的な品質保証測定の結果は、正確な分析結果が得られていることを示している。私たちは国立水俣病総合研究センター (NIMD) と提携し、台湾国立中央大学 (NCU) と NIMD において、様々なタイプの湿性沈着サンプラー (KASC-02、MIC-B、N-CON) を用いた水銀の湿性沈着量測定のばらつきを評価する相互比較研究を同時に実施している。今後の APMMN の計画として、(1)新たなネットワーク・パートナーシップの育成、(2)APMMN ウェブサイトでの結果の収集と品質保証、配布の継続、(3)ベスト・モニタリング・プラクティスのトレーニングと情報共有の提供、(4)乾性沈着量を推定するためのガス状水銀濃度ネットワークの構築、が挙げられる。

Long-term Monitoring of Mercury in Air and Rainwater in Taiwan

Guey-Rong Sheu

Department of Atmospheric Sciences, National Central University

Taoyuan, Taiwan

Taiwan is located downwind of the East Asian continent, which is the largest anthropogenic mercury (Hg) emission source region globally. Although many studies have been conducted in East Asia to study the concentration, distribution, transport and transformation of Hg in air and rainwater, long-term monitoring studies are rare in this region. Ongoing systematic long-term monitoring of Hg in air and rainwater has been conducted in Taiwan since 2006. Speciated atmospheric Hg concentrations have been monitored since 2006 and weekly wet deposition samples have been collected for total Hg analyses since 2009 at the Lulin Atmospheric Background Station (LABS; 120.87° E, 23.47° N, 2862 m a.s.l.) in central Taiwan to collect baseline information of Hg in the free troposphere and to study the trans-boundary transport of Hg from regional and global sources. Additionally, a nation-wide wet Hg deposition monitoring network, consisting of 11 sites in Taiwan and a remote islet site in subtropical Northwest Pacific Ocean, has been in operation since late 2008 to collect weekly wet deposition samples for total Hg analyses. The purpose of this wet deposition network is to establish a national database of Hg concentrations in precipitation and the associated wet deposition fluxes. During this presentation, some background information about the atmospheric Hg monitoring at LABS and the wet Hg deposition monitoring network will be provided firstly. Then the concentration, distribution, deposition, source-receptor relationship, temporal trend of atmospheric and rainwater Hg will be reported and discussed.

台湾における大気・降水中の水銀の長期モニタリング

Guey-Rong Sheu

Department of Atmospheric Sciences, National Central University

Taoyuan, Taiwan

台湾は、世界最大の人為起源水銀 (Hg) 排出源地域である東アジアの大陸の風下に位置している。東アジアでは、大気中や降水中の Hg の濃度、分布、輸送、変質に関する多くの研究が行われているが、長期的なモニタリング研究はほとんど行われていない。台湾では 2006 年以来、大気中および降水中の Hg の長期モニタリングが継続的に実施されている。台湾中央部のルーリン山バックグラウンド大気観測所 (LABS; 120.87° E, 23.47° N, 2862 m a.s.l.) において、大気中の形態別 Hg 濃度は 2006 年から測定され、2009 年からは総 Hg 分析のために毎週降水試料が採取されており、自由対流圏の Hg のベースラインに関する情報を収集し、地域および地球規模の発生源からの Hg の越境輸送を研究している。さらに、台湾の 11 カ所と亜熱帯北西太平洋の離島サイトからなる全国的な湿性 Hg 沈着モニタリングネットワークが 2008 年後半から運用され、総 Hg 分析のための湿性沈着試料を毎週採取している。この湿性沈着ネットワークの目的は、降水中の Hg 濃度とそれに関連する湿性沈着フラックスの全国データベースを構築することである。本講演では、はじめに LABS での大気中 Hg モニタリングと湿性 Hg 沈着モニタリングネットワークに関する背景的な情報を提供する。次に、大気中および降水中の Hg の濃度、分布、沈着量、発生源と影響を受ける場所との関係、時系列的な傾向について報告し、議論する。

Long-term Trends of Mercury in Air and Wet Depositions in Japan

Kohji Marumoto

NIMD, Japan

Currently, there are continuous monitoring sites for atmospheric mercury (Hg) in Japan at Cape Hedo on the northern tip of Okinawa Island, Minamata, Fukuoka, and Oga. At sites other than Minamata, the concentrations of the three types of atmospheric Hg, gaseous elemental Hg (GEM), gaseous oxidized Hg (GOM), and fine particulate bound Hg (PBM_{2.5}), are monitored separately. In Minamata, the concentration of gaseous total Hg (TGM), which is a combination of GEM and GOM, is also monitored. In addition, the continuous monitoring for wet Hg deposition at 8 sites, including the above four sites and Hirado, Matsue, Omaezaki, and Tsukuba, have been conducted. The observations in Matsue and Tsukuba sites have been conducted jointly with Matsue National College of Technology and the National Institute for Environmental Studies, respectively. Minamata and Hirado sites began the observations in March 2011, Fukuoka in June 2013, and Omaezaki in December 2013, accumulating data for about 10 years. During the presentation, the results of the analysis of those long-term observation data are reported.

The average concentrations of TGM in Minamata and GEM in Fukuoka during the all period were $1.78 \pm 0.40 \text{ ng m}^{-3}$ and $2.05 \pm 0.72 \text{ ng m}^{-3}$, respectively, slightly higher in Fukuoka site, which is an urban area. The concentrations at both sites have been gradually decreasing since the start of observations. This downward trend was also observed at Cape Hedo and Mt. Lulin in Taiwan, indicating that atmospheric Hg concentrations in the Asian region are on a downward trend over a wide area. PBM_{2.5} concentrations in Fukuoka also showed a decreasing trend over time. On the other hand, no such declining phenomenon has been observed in GOM concentrations in Fukuoka. No decrease in Hg concentrations in wet depositions was also observed in Minamata, Hirado, and Fukuoka sites. This is consistent with past studies showing that wet Hg deposition in Japan is mainly due to the uptake of atmospheric GOM into rainwater. However, the concentration of Hg in wet depositions in Omaezaki has been decreasing over time, and the reasons for this decrease are unknown. Since Hg deposition from the atmosphere is an important process for supplying Hg to terrestrial ecosystems, it is necessary to continue long-term monitoring to clarify the long-term trends and factors behind such changes.

日本における大気及び降水中の水銀の長期的変動

丸本幸治

国立水俣病総合研究センター

現在、日本には大気中水銀 (Hg) の連続モニタリング地点が沖縄本島北端の辺戸岬、水俣市、福岡市、男鹿市にある。水俣市以外の地点では大気中に存在する主要な3つの形態、ガス状金属水銀 (GEM) とガス状酸化態水銀 (GOM)、微小粒子状水銀 (PBM_{2.5}) の濃度をそれぞれ形態別にモニタリングしている。また、水俣市では GEM と GOM を合わせたガス状総水銀 (TGM) 濃度をモニタリングしている。また、降水中 Hg の連続観測を上記4地点と平戸市、松江市、御前崎市、つくば市の8箇所で実施しており、松江市とつくば市についてはそれぞれ松江高専と国立環境研究所と共同で観測を行っている。これらの観測点のうち、水俣市と平戸市では2011年3月から、福岡市では2013年6月から、御前崎市でも2013年12月から観測を開始しており、約10年間のデータが蓄積されている。本講演では、それらの長期的な観測データを解析した結果について報告する。

解析対象期間中の水俣市の TGM 平均濃度、福岡市の GEM 平均濃度はそれぞれ $1.78 \pm 0.40 \text{ ng m}^{-3}$ 、 $2.05 \pm 0.72 \text{ ng m}^{-3}$ であり、都市域である福岡市の方がやや高い。長期的なトレンドを見ると、両地点ともに観測開始から徐々に濃度が低下している。このような低下現象は辺戸岬や台湾のルーリン山における観測結果でも同様であり、アジア地域の大気中 Hg 濃度は広域的に低下傾向にあるといえる。また、福岡市における PBM_{2.5} 濃度も経年的に低下している。一方、福岡市の GOM 濃度にはこのような低下現象はみられていない。また、降水中 Hg 濃度についても水俣市、平戸市、福岡市では低下現象はみられていない。このことは、日本の大気中水銀の湿性沈着過程において大気中 GOM の降水への取込が主であるという過去の研究結果と整合的である。しかしながら、御前崎市の降水中 Hg 濃度は経年的に低下しており、その要因は不明である。大気からの Hg 沈着は地上の生態系への供給源として重要であるため、今後もモニタリングを長期的に継続し、その長期的な変動傾向と要因について明らかにしていく必要がある。

Mercury Contents in Rainwater in Matsue and Minamata, Japan during 2020 to 2023

Masamichi Takebe¹, Naoki Aoyama¹, Nozomu Hirose¹ and Kohji Marumoto²

¹ Matsue National College of Technology, ² National Institute for Minamata Disease

This study analyzed concentration in wet deposition in Matsue and Minamata Japan from Sep. 2020 to May 2023. Wet deposition as a precipitation is one of the main transportation routes of mercury (Hg) from atmosphere to ground. Annual rainfall volume weighted mean (VWM) concentrations of Hg in Matsue and Minamata are 6.9 and 6.1 ng/L, respectively. Matsue and Minamata showed different seasonal tendency, the VWM concentration of Hg in Matsue and Minamata in winter was the highest and lowest in the seasons, respectively. This difference infers that air mass with Hg from Asia continent differently supplied to Matsue and Minamata during winter. While Hg concentration in wet deposition tend to decrease with precipitation due to dilution effect by rainwater, degree of Hg deposition (ng/m²) was positively correlated to precipitation. As a result, the highest Hg deposition (ng/m²) in the year were found in summer, which was the season there were some heavy rainfall events. The maximum weekly Hg deposition was up to a few ng/m².

Hg concentration in wet deposition is positively correlated with non-sea-salt-SO₄²⁻ (nss-SO₄²⁻) concentration. The correlation coefficient is relatively high during spring and winter in Matsue. Nss-SO₄²⁻ is known to originates mainly from anthropogenic sources such as fossil fuel combustion. Therefore, the positive correlation infers the contribution of fossil fuel combustion to the Hg supply to Matsue. As major dissolved ions, wet deposition contained Na⁺ and Cl⁻. concentration of Na⁺ and Cl⁻ in wet deposition is remarkably correlated, suggesting both of ions originated from NaCl of seawater as a natural source. Hg concentration in wet deposition is weakly correlated with Na⁺ concentration during winter in Matsue. However, the correlation does not mean that Hg in wet deposition originated from natural source, but that Hg and Na⁺ in wet deposition in Matsue were supplied from the direction of Sea of Japan. Dilution effect of rainwater probably causes decreasing both of nss-SO₄²⁻ and Na⁺ contents in wet deposition, and possibly causes positive correlation among contents of each ion. So, it is unclear which contribution of fossil fuel combustion or dilution effect by rain water mainly caused the positive correlation between Hg and nss-SO₄²⁻ in wet deposition. To explore the relation between Hg and nss-SO₄²⁻, this study examined correlations between Hg/Na⁺ ratio and nss-SO₄²⁻/Na⁺ ratio. Since this correlation plot is not affected by the dilution effect of rainwater, the plot is considered to depict more reliable information about relationship between Hg and nss-SO₄²⁻ in wet deposition. During winter, nss-SO₄²⁻/Na⁺ ratio and Hg/Na⁺ ratio in wet deposition of Matsue and Minamata shows positive correlation, suggesting that anthropogenic pollution such as a fossil fuel combustion mainly contributed to the Hg supply to Matsue and Minamata. Compared to the case of winter, there are some weeks showing high Hg/Na⁺ ratio relative to nss-SO₄²⁻/Na⁺ ratio in the other seasons. In such weeks, there is possibility that Hg was supplied to Matsue and Minamata by processes or origins different from those in the case of winter.

2022 年から 2023 年の松江市および水俣市の降水中的水銀含有量について

武邊勝道¹、青山直樹¹、広瀬 望¹、丸本幸治²

¹ 松江高等専門学校、² 国立水俣病総合研究センター

本研究では、2020 年 9 月から 2023 年 5 月までの松江市と水俣市における湿性沈着物の水銀 (Hg) 濃度を分析した。降水としての湿性沈着は、Hg の大気から地上への主要な輸送経路の一つである。松江と水俣の年間の雨量加重平均水銀濃度は、それぞれ 6.9 ng/L と 6.1 ng/L である。松江と水俣では季節的な傾向が異なり、冬の雨量加重平均濃度は松江が最も高く、水俣が最も低かった。この違いは、アジア大陸からの Hg を含む気塊が、冬季に松江と水俣に異なる経路で供給されたことを示唆している。希釈効果によって Hg 湿性沈着量は降水量に比例して減少するが、沈着量 (ng/m²) は降水量と正の相関を示した。その結果、1 年で最も Hg 湿性沈着量 (ng/m²) が多かったのは、降水量の多い夏であった。Hg の 1 週間単位の湿性沈着量は最大で、数 ug/m² 程度であった。

湿性沈着の水銀濃度は、非海塩性 SO₄²⁻ (nss-SO₄²⁻) 濃度と正の相関がある。この相関係数は松江の春と冬に比較的高い。nss-SO₄²⁻ は主に化石燃料の燃焼などの人為起源であることが知られている。したがって、正の相関は、松江への Hg 供給に化石燃料燃焼の寄与を推測させる。主な溶存イオンとして、湿性沈着物には Na⁺ と Cl⁻ が含まれていた。湿性沈着物中の Na⁺ と Cl⁻ の濃度は顕著な相関を示し、両イオンが海水の NaCl に由来していることを示唆した。湿性沈着物中の Hg 濃度は、松江の冬季の Na⁺ 濃度と弱い相関を示した。しかし、この相関は湿性沈着物中の Hg が自然起源であることを意味するものではなく、松江の湿性沈着物中の Hg と Na⁺ が日本海方向から供給されたことを意味する。雨水の希釈効果が湿性沈着物中の nss-SO₄²⁻ と Na⁺ の含有量を減少させ、各イオンの含有量に正の相関をもたらしたと考えられる。したがって、湿性沈着物中の Hg と nss-SO₄²⁻ の正の相関は、化石燃料の燃焼による寄与と雨水による希釈効果のどちらが主な原因かは不明である。Hg と nss-SO₄²⁻ の関係を調べるために、本研究では水銀/Na⁺ 比と nss-SO₄²⁻/Na⁺ 比の相関を調べた。この相関プロットは雨水の希釈効果に影響されないため、湿性沈着物中の Hg と nss-SO₄²⁻ の関係についてより信頼性の高い情報を示すと考えられる。冬季の松江と水俣の湿性沈着物中の nss-SO₄²⁻/Na⁺ 比と水銀/Na⁺ 比は正の相関を示し、松江と水俣への Hg の供給は主に化石燃料の燃焼などの人為的汚染が寄与していることが示唆された。冬季の場合と比較すると、他の季節の nss-SO₄²⁻/Na⁺ 比に対して Hg/Na⁺ 比が高い週がある。このような週では、冬季とは異なるプロセスや起源によって Hg が松江や水俣に供給された可能性がある。

Pathway of the Air Mass Causing Mercury Deposition in Matsue, Japan

Naoki Aoyama¹, Masamichi Takebe¹, Nozomu Hirose¹, and Kohji Marumoto²

¹ Matsue National College of Technology, ² National Institute for Minamata Disease

Mercury (Hg) in atmosphere originates from natural sources such as volcanic activity and volatilization from sea and soil surfaces, and anthropogenic sources such as fossil fuel combustion and waste incineration. Atmospheric circulation transports Hg to various region, and precipitation transports Hg in atmosphere to the ground.

From September 2020 to May 2023, this study measured total Hg concentration in wet deposition at Matsue, which faces to the Sea of Japan. The Hg concentration in wet deposition during the winter is high, compared to the other season. In order to clarify the weather conditions that led to the high Hg concentration in wet deposition, the backward trajectory analysis for one week prior to the precipitation events in the winter. For the analysis, this study used the HYSPLIT model of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and focused air masses at 1000, 2000, and 3000m, considering the altitude of the atmospheric boundary layer. During winter, a high and low pressure generally develops over the Asia continent and over the Sea of Okhotsk, respectively. In such typical condition, the northwest monsoon blows strongly. The backward trajectory analysis showed that air masses over Matsue commonly came from west to northwest with 30 to 60 degrees north latitude. When the concentration of Hg in wet deposition was especially high in the winter, air masses arrived Matsue by way of area around Eastern and Northern China. Continental air masses going through Chinese coastal area with 30 to 45 degrees north latitude probably contains pollutants and increased Hg concentrations of wet deposition in Matsue. However, there are also some cases that Hg concentrations in wet deposition in Matsue were low even when air masses arrived from the northwest, indicating that the arrival of air masses from the northwest does not always result in high Hg concentrations of wet deposition in Matsue

松江市に水銀を含む降水をもたらす空気塊の経路について

青山直樹¹、武邊勝道¹、広瀬 望¹、丸本幸治²

¹ 松江高等専門学校、² 国立水俣病総合研究センター

大気中の水銀 (Hg) は、火山活動や海面・土壌からの揮発などの自然起源と、化石燃料の燃焼や廃棄物の焼却などの人為起源から放出される。大気循環は Hg を様々な地域に輸送し、降水は大気中の Hg を地上に輸送する。

本研究では、2020年9月から2023年5月にかけて、日本海に面する松江市の湿性沈着物中の総 Hg 濃度を測定した。冬季の湿性沈着物中の Hg 濃度は他の季節に比べて高かった。湿性沈着中の Hg 濃度が高くなる気象条件を明らかにするために、冬季の降水イベントの1週間前からの後方流跡線解析を行った。解析には米国海洋大気庁 (NOAA) の HYSPLIT モデルを用い、大気境界層の高度を考慮して 1000m、2000m、3000m の気団に着目した。冬季には、アジア大陸上空とオホーツク海上にそれぞれ高気圧と低気圧が発生する。このような典型的な条件では、北西モンスーンが強く吹く。後方流跡線解析の結果、松江上空の気団は北緯 30° ~60° の西から北西から来ていることが多かった。特に冬季の湿性沈着 Hg 濃度が高いときには、中国東部・北部付近を經由して松江に飛来していた。北緯 30° ~45° の中国沿海部を通過する大陸気団が汚染物質を含み、松江の湿性沈着物の Hg 濃度を上昇させたと考えられる。しかし、北西からの気団が飛来しても松江の湿性沈着物の Hg 濃度が低い場合もあり、北西からの気団の飛来が必ずしも松江の湿性沈着物の Hg 濃度を高くするとは限らない。

Comparative Study of the Different Methods of Atmospheric Mercury Monitoring - Manual and Automated Active Sampling

Tatsuya Hattori¹, Kohji Marumoto², Noriyuki Suziki³, Yasuyuki Shibata³, Akinori Takami³, Akinori Takeuchi³, Akane Yamakawa³, Toru Kawai³, Norio Fukuzaki⁴, Akira Mizohata⁵, Yoshinobu Watanabe¹, Hiromitsu Nagasaka¹, Itsuki Kuroda⁶, and Koki Takaki⁶

¹ IDEA Consultants Inc., ² NIMD, Japan, ³ National Institute for Environmental Studies, Japan ⁴ Niigata Institute for Technology, ⁵ Osaka Prefecture University, ⁶ Ministry of the Environment, Japan

Mercury is a unique heavy metal that is liquid at room temperature, easily volatilized, and travels and disperses on a global scale. To obtain the detailed information and future prediction of the pollution, various data of emission, release and environmental monitoring are necessary to analyze the global situation. In atmospheric mercury monitoring, three main methods are used, which are described in the “Guidance on monitoring mercury and mercury compounds to support the effectiveness evaluation of the Minamata Convention”. The three types of methods are manual active sampling method, automated active sampling method, and passive sampling method. These three methods have their own advantages, so they are used for different objectives and situations of monitoring. The data obtained from all three methods are valuable, so it is important to evaluate the comparability between the data from different methods.

To evaluate the comparability of data between manual and automated active sampling methods, side-by-side monitoring of atmospheric mercury was conducted in one month in each season during the period from May 2021 to February 2022 at urban (Fukuoka city, Fukuoka pref.) and rural (Oga city, Akita pref.) sites in Japan. The monitoring by automated active sampling method was conducted by the dedicated mercury monitoring system (model 1135-1130-2537, Tekran Inc.), and the manual active sampling method was conducted based on the "Manual of Measurement Method of Hazardous Air Pollutants", which is the official method for atmospheric monitoring in Japan.

The data were compared with each sampling period of the manual active sampling method (24 hours). The daily mean concentrations of atmospheric mercury obtained by the two methods were compared and their agreement was evaluated using statistical methods including t-test, correlation analysis, and Bland-Altman analysis. The measurements obtained by the two methods agreed with each other with a correlation coefficient of 0.99 or higher, and no significant difference was found in the t-test. In the Bland-Altman analysis, more than 96% of all data were found to be within the 95% limits of agreement (LOA). From this study, it was found that the two main methods used for atmospheric mercury monitoring are in good agreement with each other. It can be very useful information to use the data obtained from different projects and institutions for analyzing the status of global mercury pollution and for evaluating the effectiveness of activities under the Minamata Convention on Mercury.

手動アクティブサンプリング法と自動アクティブサンプリング法との並行観測

服部達也¹、丸本幸治²、鈴木規之³、柴田康行³、高見昭憲³、武内章記³、山川 茜³、河合 徹³、福崎紀夫⁴、溝畑 朗⁵、渡邊恵史¹、長坂洋光¹、黒田一樹⁶、高木恒輝⁶

¹ いであ株式会社、² 国立水俣病総合研究センター、³ 国立研究開発法人国立環境研究所、⁴ 新潟工科大学、⁵ 大阪府立大学、⁶ 環境省

水銀は常温で液体であり、揮発しやすく、地球規模で移動・拡散する特異な重金属である。水銀汚染に関する詳細な情報や将来予測を得るためには、排出、放出、環境モニタリングの様々なデータから地球規模の状況を分析する必要がある。大気中水銀モニタリングでは、“Guidance on monitoring mercury and mercury compounds to support the effectiveness evaluation of the Minamata Convention”に記載されている3種類の方法が主に用いられている。手動アクティブサンプリング法、自動アクティブサンプリング法、パッシブサンプリング法である。これら3つの方法はそれぞれの利点があり、モニタリングの目的や状況に応じて使い分けられている。これら3つの方法から得られるデータはいずれも有用であるため、異なる方法から得られるデータ間の比較可能性を評価することが重要である。

手動アクティブサンプリング法と自動アクティブサンプリング法のデータの比較可能性を評価するために、2021年5月から2022年2月までの期間中、日本の都市部（福岡県福岡市）と農村部（秋田県男鹿市）で、各季節の1ヶ月間、大気中水銀の並行観測を実施した。自動アクティブサンプリング法によるモニタリングは、専用の水銀モニタリングシステム（model 1135-1130-2537, Tekran Inc.）を用いて行い、手動アクティブサンプリング法は、日本の大気モニタリングの公定法である「有害大気汚染物質測定法マニュアル」を基に行った。

データは、手動アクティブサンプリング法の各サンプリング期間(24時間)と比較した。2つの方法で得られた大気中水銀の日平均濃度を比較し、t検定、相関分析、Bland-Altman分析などの統計的手法を用いて評価した。2つの方法による測定値は相関係数0.99以上で一致し、t検定では有意差は認められなかった。Bland-Altman分析では、全データの96%以上が95%の一致限界(LOA)内にあることがわかった。この研究から、大気中の水銀モニタリングに用いられる2つの主要な方法は、互いによく一致していることがわかった。異なるプロジェクトや機関から得られたデータを、世界の水銀汚染状況の分析や、水銀に関する水俣条約に基づく活動の効果評価に利用することは、非常に有益な情報となりうる。

Analysis of the Variation in the Annual Mean Estimate Obtained from Intermittent Measurements of Atmospheric Mercury

Mitsuko Yasoshima¹, Takashi Yamamoto¹, Akane Yamakawa², Noriyuki Suzuki², Jingyang Chen¹, Itsuki Kuroda³, and Koki Takaki³

¹ IDEA Consultants, Inc, ² National Institute for Environmental Studies, Japan, ³ Ministry of the Environment, Japan

To accurately assess the average concentration of atmospheric mercury, it is the best to continuously monitor atmospheric mercury. However, continuous monitoring is often difficult for a variety of reasons, such as cost and the conditions surrounding the monitoring site. Monitoring may be facilitated by intermittent sampling, such as one day each month, but the representativeness of the sampling period relative to the annual average should be considered.

To examine the representativeness of intermittent sampling data on annual mean values, random sampling (Monte Carlo) simulations were performed using 32 reported continuous monitoring sites data obtained by automatic measuring devices under different climatic and environmental conditions. Also, continuous monitoring data conducted in Japan urban, rural and background area were used for this study. From the daily mean values calculated from continuous observations, data were randomly selected twice (equivalent to six months), four times (seasonal), six times (bimonthly), and twelve times (monthly), and these were used as the annual mean values estimated from intermittent sampling. The number of simulation was determined by conducting actual tests to confirm the number of times required for convergence (convergence condition: the difference is less than 0.0001 ng/m³) for all sites. Based on the above convergence condition, the random sampling simulations were repeated 10,000,000 times (2 days/year sampling), 5,000,000 times (3 days/year), 1,000,000 times (6 days/year) and 500,000 times (12 days/year) respectively.

Coefficient of Variation (CV) of the estimated annual mean obtained from the random sampling was calculated by each monitoring site and sampling frequencies. The CV evaluated from random sampling were 3.2~30.8 % (2 days/year sampling), 2.1~18.6 % (4 days/year), 1.8~14.2 % (6 days/year), and 1.2~9.7 % (12 days/year), respectively. The ranges between 5% and 95% percentiles of the estimated annual mean were 10.4~98.2 % (2 days/year sampling), 7.0~60.8 % (4 days/year), 6.0~45.3 % (6 days/year), and 3.9~34.2% (12 days/year), respectively. The results show that CV was low at observation sites where atmospheric mercury concentrations are relatively constant throughout the year. On the other hand, CV was higher at observation sites with relatively large fluctuations in atmospheric mercury concentrations, such as urban areas and Antarctica. Therefore, it is necessary to consider the sampling frequency according to the atmospheric environment of the observation site. This study evaluates the uncertainty in annual mean values estimated from intermittent sampling, which is useful for assessing atmospheric mercury on a global scale.

間欠サンプリングによる年平均値の推定に関する誤差変動の検証

八十島光子¹、山本 享¹、山川 茜²、鈴木規之²、陳 敬陽¹、黒田一樹³、高木恒輝³

¹ いであ株式会社、² 国立研究開発法人国立環境研究所、³ 環境省

大気中水銀の平均濃度を正確に把握するためには、大気中水銀を連続的に観測することが最善である。しかし、継続的なモニタリングはコストやモニタリング地点の周辺状況など様々な理由から困難な場合が多い。各月 1 日など断続的なサンプリングを行うことでモニタリングが容易になる場合もあるが、年平均値に対する間欠サンプリングの代表性を考慮する必要がある。

年平均値に対する間欠サンプリングデータの代表性を検討するため、公開されている気候・環境条件の異なる自動測定装置による 29 地点の大気中水銀連続観測データを用いてランダムサンプリング（モンテカルロ法）によるシミュレーションを行った。また、日本の都市部、地方、バックグラウンドで実施された連続モニタリングデータも本研究に使用した。連続観測データから大気中水銀の日平均値を算出し、2 日（半年毎のサンプリングを想定）、4 日（季節毎）、6 日（隔月）および 12 日（毎月）の日平均値データを無作為に抽出し、間欠サンプリングから推定される年間平均値を計算した。シミュレーションの回数は、収束に必要な回数（収束条件：差が 0.0001 ng/m³ 以下）をすべての地点で実際に試行し決定した。上記の収束条件に基づき、ランダムサンプリングシミュレーションをそれぞれ 10,000,000 回（2 日/年サンプリング）、5,000,000 回（3 日/年サンプリング）、1,000,000 回（6 日/年サンプリング）、500,000 回（12 日/年サンプリング）繰り返した。ランダムサンプリングから得られた推定年平均値の変動係数（CV）をモニタリング地点とサンプリング頻度ごとに計算した。ランダムサンプリングによる CV は、それぞれ 3.2~30.8 %（2 日/年サンプリング）、2.1~18.6 %（4 日/年）、1.8~14.2 %（6 日/年）、1.2~9.7 %（12 日/年）であった。推定年平均値の 5%~95 %パーセンタイルの範囲は、それぞれ 10.4~98.2 %（2 日/年サンプリング）、7.0~60.8 %（4 日/年）、6.0~45.3 %（6 日/年）、3.9~34.2 %（12 日/年）であった。大気中の水銀濃度が年間を通じて比較的一定である観測地点では CV は低く、一方都市部や南極のように大気中の水銀濃度の変動が比較的大きい観測地点では、CV は高くなった。このため、観測地点の大気環境に応じてサンプリングの頻度を検討する必要があることが確認された。本研究は、断続的なサンプリングから推定される年平均値の不確実性を評価することで、地球規模での大気中水銀の評価に役立つと期待される。

How is a Concentration of Atmospheric Mercury in My High School?

Momoka Nakamura

Minamata High School

In Japan, environmental standards and emission standards have been established for mercury emissions into the air, water, and soil, and measures have been taken for each media. Among these, the guideline value for mercury in the atmosphere is set at an annual average of 40 ng Hg/m³ or less. In Japan, mercury in the air is continuously monitored at about 300 sites, and the average concentration is approximately 2 ng Hg/m³, and there are no observation sites which have ever exceeded the guideline value.

I have lived in Minamata City since birth and have studied environmental issues such as Minamata disease and mercury. In this study, two atmospheric mercury monitoring devices were installed on the premises of Minamata High School, and mercury in the air was collected by the gold amalgamation method and then measured by the thermal-desorption gold amalgamation CVAFS or CVAAS methods. In this presentation, I will present the results of the measurement of mercury concentration in the air at the two locations in Minamata High School and also report the comparison with the mercury concentration in the air along the coast of Minamata Bay, which has been continuously conducted by the NIMD.

私の高校の大気中水銀濃度はどのくらいか？

中村百花

水俣高校

日本では、大気、水質、土壌への水銀排出に関して環境基準や排出基準を設け、それぞれについて対策が行われています。その中でも、大気における水銀の指針値は年平均 40 ng Hg/m³ 以下とされています。日本では約 300 地点で大気中の水銀が継続的にモニタリングされ、その平均濃度は約 2 ng Hg /m³であり、指針値を超えた観測地点はこれまでにありません。

私は、生まれたときから水俣市に暮らし、水俣病や水銀などの環境問題を学んできました。本研究では、私が通う水俣高校の敷地内に 2 か所の大気中水銀モニタリング装置を設置し、大気中の水銀を金アマルガム法で採取後、加熱気化-金アマルガム -冷原子蛍光法 (CVAFS 法) もしくは冷原子吸光法 (CVAAS 法) で測定しました。本講演では、敷地内の 2 か所の大気中水銀濃度測定結果を紹介すると共に、水俣湾沿岸で国立水俣病総合研究センターが継続的に実施している大気中水銀濃度との比較も行いましたので、その結果も報告いたします。

Observation in the Atmospheric Concentrations of Speciated Hg in Volcanic Area

Yuichi Maruo and Kohji Marumoto

NIMD, Japan

Volcanos are the major natural mercury (Hg) sources, emitting 500 t/year to the atmosphere. Hg is released from the volcanos in three atmospheric speciations: gaseous elemental mercury (GEM), gaseous oxidized mercury (GOM), and Particle-bound mercury (PBM). Therefore, these speciated Hg emissions should be continuously monitored. Continuous degassing of GEM from the volcanos was 10 % of the total volcanic GEM flux, while 90 % of volcanic Hg was released during sporadic eruptions. These facts imply that the speciated mercury concentration could be used as the reference index of the volcano's activity. Our objectives of this study were (1) to monitor the speciated Hg concentrations at the volcano and (2) to evaluate whether the speciated Hg concentration can be used to predict the volcano's activity. We observed speciated Hg concentration at Sensuikyo station, which is located 2.5 km northeast of Nakadake No. 1 Crater of Mt. Aso. The speciated Hg was collected from December 2021 to August 2023 by an automated monitoring system (Tekran 2537X, TEKRAN instruments; Tekran 1130, TEKRAN instruments; Tekran 1135, TEKRAN instruments). The observed mean concentration from April 2022 to March 2023 was 1.71 ng/m³, 15.4 pg/m³, and 53.9 pg/m³ for GEM, GOM, and PBM, respectively. The maximum Hg concentrations were 8.98 ng/m³, 1550 pg/m³, and 2852 pg/m³ for GEM, GOM, and PBM. The concentrations were sporadically high when the volcano activity was intense, and the wind was blown from the crater. The average concentrations when the volcano was active were 1.2, 4.2, and 16.7 times larger than when the activity was settled down; the GOM and PBM concentration was significantly greater. When the volcano's activity was peaceful, 2-hour average concentrations were constantly smaller than 4 ng/m³ for the GEM and 100 pg/m³ for the GOM and PBM. The volcanic tremor was officially used as one of the reference indexes of the volcano's activity by the Japan Meteorological Agency; however, the GOM and PBM concentration took a higher value than 100 pg/m³ before the volcanic tremor became larger. These results implied that the GOM and PBM concentrations can be used to predict the activity of Mt. Aso.

火山地帯における大気中水銀形態別濃度の観測

丸尾裕一、丸本幸治

国立水俣病総合研究センター

火山は年間 500 トンの水銀を大気中に放出しており、自然起源の主要な水銀放出源である。水銀はガス状金属水銀 (GEM)、ガス状酸化態水銀 (GOM)、粒子状水銀 (PBM) の 3 つの形態によって、火山から放出されるため、形態別水銀濃度をモニタリングする必要がある。また、火山ガス由来の GEM は約 10 %が鎮静時に連続的に放出されているが、残りの 90 %は噴火によって散発的に放出されることが報告されている。そこで、形態別水銀をモニタリングすることで、火山活動の活発化を予測できるのではないかと考えた。本研究の目的は (1) 火山において形態別水銀濃度をモニタリングすること、(2) 形態別水銀濃度が火山活動の活発化の予測に使用できるか評価することであった。観測は阿蘇山の中岳第 1 火口から北東に約 2.5 km の地点にある、仙酔峡において行った。2021 年 12 月 10 日から 2023 年 8 月 10 日にかけて、自動測定システム (2537X, TEKRAM instruments 社 ; 1130, TEKRAM instruments 社 ; 1135, TEKRAM instruments 社) を用いて形態別水銀濃度を観測した。2022 年度の平均濃度は GEM が 1.71 ng/m³、GOM が 15.4 pg/m³、PBM が 53.9 pg/m³であった。また、2022 年度の濃度の最大値は GEM が 8.98 ng/m³、GOM が 1550 pg/m³、PBM が 2852 pg/m³であり、火山活動が活発な時期に局所的に高い値を示した。いずれの形態の水銀についても、風が中岳第 1 火口の方角から吹くとき、高い水銀濃度を示した。火山活動が活発な時期と鎮静時の平均水銀濃度比は GEM が 1.2 倍、GOM が 4.2 倍、PBM が 16.7 倍であり、GOM 濃度と PBM 濃度が顕著に大きかった。火山活動が鎮静化している時期における 2 時間平均の GEM の濃度は 4.0 ng/m³以下、GOM、PBM の濃度は 100 pg/m³以下であった。火山性微動の振幅は気象庁が阿蘇山の火山活動の指標の 1 つとして用いているが、GOM 濃度、PBM 濃度は火山性微動の振幅が増大するよりも前に 100 pg/m³以上の値を示した。従って、GOM 濃度、PBM 濃度は阿蘇山の火山活動の活発化の指標として利用できることが示唆された。

Spatial Distribution of Total Mercury and Its Stable Isotope Ratio in Skipjack Tuna from Northwest Pacific Ocean

Takaaki Itai

Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

Mercury in various tuna species has been collected attention because this is a big source of human methylmercury (MeHg) exposure. The total Hg level (>90% as MeHg) in tuna could also be a valuable bioindicator of marine MeHg. The development of Hg stable isotope geochemistry indicates the availability of this tool not only as a geochemical tracer but also ecological tracer although the interpretation of stable isotope ratio in migratory species is still a matter of debate. The skipjack tuna (*Katsuwonus Pelami*) is a common tuna species in tropical to temperate oceans. Migration patterns in the western North Pacific follow a north-south seasonal cycle where the poleward movement occurs in the fall-summer season. Therefore, this species is suitable to see the latitudinal variation of elements behavior. We have collected skipjack tuna from North Western Pacific covering (i) Oyashio (belongs to the North Pacific Subpolar Gyre), (ii) Kuroshio (belongs to the North Pacific Gyre), (iii) Equatorial Counter Current, to measure the stable isotope ratios of C, N, and total Hg. The THg concentration of skipjack tuna varied from 0.01 to 1.05 $\mu\text{g/g}$ (wet wt.) depending on region and body size. Overall, samples from the marginal ocean showed high THg, while those from the open ocean were lower. The $\delta^{13}\text{C}$ showed an increasing trend from north to south. It was consistent with the global latitudinal gradient of particulate organic carbon. The $\delta^{202}\text{Hg}$ and $\Delta^{199}\text{Hg}$ also showed significant geographical variation among three different ocean currents. According to experimental studies using bluefin tuna, the turnover rate of C and MeHg is around year. The rate of skipjack tuna might be shorter considering its life span, but likely in order of several months. Nevertheless, C and Hg stable isotope variation suggests it reflects, at least partly, recent isotope signal before catching. Foraging depth estimated from MIF values are consistent with the biologging studies. A decrease in the estimated foraging depth was observed from south to north, probably due to the change in water temperature. An increase in THg levels in skipjack tuna was observed with increasing foraging depth except for the samples near the equator. THg in samples from depths >200 m generally exceeded the Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare guideline (0.4 $\mu\text{g/g}$). In the presentation, we will discuss factors controlling variation of Hg isotope signature by comparing oceanographic, ecological data available with mentioning more global THg dataset by Anais et al. (2022).

北西太平洋におけるカツオ中の総水銀濃度および水銀安定同位体比の地域変動

板井啓明

東京大学大学院理学系研究科

マグロ・カツオ類に含まれる水銀は、ヒトへの主要なメチル水銀 (MeHg) 曝露源である。また、マグロ中の総 Hg (THg) レベルは主に MeHg であることから、マグロ中 THg の地域比較は、海洋 MeHg の動態解析にも有用である。水銀安定同位体地球化学の発展は、このツールが地球化学的トレーサーとしてだけでなく、生態学的トレーサーとしても利用可能であることを示しているが、回遊種における安定同位体比の解釈についてはまだ議論の余地がある。カツオ (*Katsuwonus Pelami*) は熱帯から温帯の海洋で一般的な種である。この種は、北太平洋西部において、秋から夏にかけて南北方向に幅広く回遊する。したがって、本種は海洋中 THg や MeHg 分布の緯度変化を推定するのに適している。本研究では、(i) 親潮-黒潮混合域、(ii) 黒潮域、(iii) 北赤道逆海流域からカツオを採集し、炭素、窒素、THg の安定同位体比をそれぞれ測定した。カツオの THg 濃度は、産地や体長によって 0.01~1.05 $\mu\text{g/g}$ (wet wt.) の範囲で変動した。一般的傾向として、沿岸域の試料は THg が高値であり、外洋の試料は低値であった。 $\delta^{13}\text{C}$ は北から南にかけて増加傾向を示し、粒子状有機炭素の緯度方向の変化と整合的であった。 $\delta^{202}\text{Hg}$ と $\Delta^{199}\text{Hg}$ も、3つの異なる海域間で有意な地理的変動を示した。カツオ体内の C と MeHg の滞留時間は、クロマグロを用いた実験的研究から数カ月程度と推定されるが、炭素と水銀の安定同位体比変動は、少なくとも部分的には、漁獲域付近の同位体情報を反映していると考えられる。 $\Delta^{199}\text{Hg}$ から推定した採餌深度は、カツオの生態学的知見と整合的であった。推定された採餌深度は南から北へ向かって減少しており、水温変化の影響が示唆された。カツオの THg 濃度は、赤道付近のサンプルを除き、推定採餌深度が深くなるにつれて増加する傾向が認められた。講演では、これら生物地球化学的データの傾向を解釈するため、国際的研究グループによる Global なデータセットを利用し (Anais et al., 2022)、海洋学的、生態学的データを併せた解析結果を示す。

Spatial Variation in Methylmercury Accumulation within Plankton Communities across the Western North Pacific

Yuya Tada¹, Kohji Marumoto¹, Akinori Takeuchi², and Hajime Obata³

¹ NIMD, Japan, ² National Institute for Environmental Studies, Japan

³ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Methylmercury (MeHg), an exceedingly toxic and bioaccumulative heavy metal, undergoes biomagnification within the food chain, accumulating at elevated levels in fish and shellfish residing at higher trophic levels within the ecosystem. Previous research has revealed regional differences in MeHg concentration among Pacific Ocean fish. One plausible factor influencing MeHg levels in fish is the MeHg content within plankton, their primary dietary source. However, limited data is presently available concerning the MeHg distribution within plankton. This study aims to elucidate the process of MeHg concentration within plankton communities through the analysis of MeHg levels in plankton and seawater in the western North Pacific. Plankton samples were collected from the western North Pacific during the GEOTRACES ocean expedition aboard the R. V. Hakuho Maru (KH-22-7 cruise). Plankton samples were collected by vertical towing from depths of 80-175 meters to the surface, using a NORPAC net with a 100 μm mesh size, at ten stations spanning from the equator along the 155°E longitude line to 44°N. These samples were subsequently size fractionated using Teflon mesh with varying mesh sizes (100-500 μm , 500-1,700 μm , and >1,700 μm). These samples were lyophilized, weighed, and analyzed for MeHg content. The concentrations per unit of wet weight exhibited an increasing trend with larger plankton sizes at all stations. These findings suggest that MeHg biomagnification unequivocally occurs within plankton communities in the western North Pacific, dependent on predator-prey relationships in plankton ecosystems. The MeHg biomagnification factor showed an order of magnitude variation from north to south, notably increasing in the northern part of the western North Pacific. Remarkably, MeHg levels within the >1,700 μm fractions at the northern station were up to 15 times greater compared to those at the southern station. A previous study has reported that mercury concentrations in skipjack tuna were elevated in the northern part of the Pacific Ocean, particularly on the western side, where they were 1.5 to 2 times higher than in the central North Pacific and 4 to 5 times higher than in the western South Pacific (Médieu et al., 2022 Proc Natl Acad Sci USA). This result is consistent with the north-south distribution of MeHg concentrations in the plankton community obtained in this study, suggesting that the changes in mercury biomagnification in these fish may be closely related to MeHg levels in the plankton comprising their diet.

北西太平洋におけるプランクトン群集内のメチル水銀蓄積の空間的変動

多田雄哉¹、丸本幸治¹、武内章記²、小畑 元³

¹国立水俣病総合研究センター、²国立環境研究所、³東京大学大気海洋研究所

メチル水銀は非常に毒性が強く、生物濃縮性があることから、食物連鎖を介して濃縮され、生態系内の高次栄養段階に位置する魚介類へと高濃度に蓄積される。また、これらの魚介類の摂取によりヒトへ曝露される。近年、魚肉中の水銀濃度が、種類や採取地域によって大きく変動することが明らかとなってきたが、その変動要因に関しては不明な点が多い。魚肉中のメチル水銀濃度の変動に影響を与える要因の一つとして、餌となるプランクトン中のメチル水銀濃度の変化が考えられるが、これらの濃度や分布に関する情報は極めて少ないのが現状である。そこで、本研究では、北太平洋西部を対象海域として、プランクトン中の総水銀・メチル水銀を分析することで、プランクトン群集内におけるメチル水銀濃縮過程を明らかにすることを目的とした。北太平洋西部海域におけるプランクトン試料の採取は、学術研究船白鳳丸を用いた GEOTRACES 海洋研究航海(KH-22-7)において実施した。東経 155 度線の赤道から北緯 44 度までの 10 測点において、NORPAC ネット(目合い 100 μm)を用いた鉛直曳き(水深 80~175 m から表層まで)によりプランクトンを採取した後、さらに、異なる目合いのテフロンメッシュ(100-500 μm 、500-1,700 μm 、>1,700 μm)を用いてサイズ分画した。これらの試料を凍結乾燥し、秤量した後、総水銀並びにメチル水銀分析を実施した。海水-プランクトン間のメチル水銀分配係数を求める際、プランクトン中の含水率を 90%と仮定して湿重量換算で算出した。分析の結果、単位湿重量あたりのプランクトン中メチル水銀濃度は、すべての観測点においてプランクトンのサイズが大きくなるに従って増加する傾向を示した。これらのことから、西部北太平洋のプランクトン群集内においてもメチル水銀濃縮が起こっており、これらは低次生態系における捕食者-被食者の関係に大きく依存していることが示唆された。また、海水-プランクトン間のメチル水銀分配係数は、南北において 1 桁レベルで変動し、北方の海域で増大する傾向を示した。特に、北方海域の 1,700 μm 以上のプランクトン群集におけるメチル水銀濃度は、南方海域のそれと比べて最大 15 倍も高い値を示した。これまでの研究で、カツオ中の水銀濃度は太平洋北部、特に北太平洋西部で高く、北太平洋中部で採取されたものの 1.5~2 倍、南太平洋西部で採取されたものの 4~5 倍高い値を示したことが報告されている (Médiéu et al., 2022 Proc Natl Acad Sci USA)。この結果は、本研究で得られたプランクトン中のメチル水銀濃度の南北分布と一致しており、これらの魚類における水銀蓄積量の変化は、餌となるプランクトン中のメチル水銀濃度と密接な関係がある可能性を示唆している。

Global-scale Prediction of Medium-term Variation of Methylmercury in Seafood

Toru Kawai

National Institute for Environmental Studies, Japan

The Minamata Convention on Mercury has been enforced for six years now. Discussions are underway domestically and internationally for its first effectiveness evaluation. While we anticipate a certain degree of reduction in anthropogenic emissions with the current measures, it is crucial to consider future predictions using modeling. This approach will allow quantitative assessment of the impact of these reductions on mercury concentrations in the environment and organisms, as well as the potential risk of human exposure. Thus, we developed a global model for mercury called the Finely-Advanced Transboundary Environmental Model for Mercury (FATE-Hg). We used FATE-Hg and developed an integrated model that enables us to predict, both retrospectively and prospectively, the methylmercury concentration in seafood, human exposure from consuming seafood, and the subsequent economic repercussions in projects, particularly those supported by the Environment Research and Technology Development Fund of the Ministry of the Environment. In this presentation, we highlight this suite of models and share our findings to date.

We require input data on the future climate, carbon cycle, and reactive substance concentrations to make future predictions using FATE-Hg. To this end, we used prediction results from Earth system models and performed simulations across multiple climate and emission scenarios. In the future, methylmercury concentration in seafood will be influenced by a combination of environmental factors, such as climate change, and emissions. Upon analyzing the impact of climate change, we found no substantial difference between the sustainable scenario and the fossil fuel-dependent scenario up until 2050. The methylmercury concentration in seafood and its exposure to humans decreases in all emission scenarios, typically reacting to emission reductions with a time lag of approximately 5–10 years. Our findings highlight the importance of implementing control measures at an early stage.

全球海産物中のメチル水銀濃度の中期変動予測

河合 徹

国立研究開発法人国立環境研究所

水銀に関する水俣条約の発効から6年が経過し、第一回目の有効性評価に向けた国内外での検討が進められている。対策に伴う人為排出量の削減が一定程度見込まれ、このような排出削減が環境や生物内の水銀濃度、そして人への水銀の曝露リスクに対してどの程度対応するかを定量的に評価するためにはモデルを用いた将来予測が不可欠である。そこで、我々は水銀の全球モデル FATE-Hg を開発し、また、環境省環境研究総合推進費などのプロジェクトにおいて、FATE-Hg を運用し、海産物中のメチル水銀濃度、海産物の摂取によるメチル水銀の人への曝露、さらにメチル水銀への曝露に伴う経済的な損失を過去―将来に亘って予測することができる統合的なモデルの開発を進めてきた。本発表では、これらの一連のモデルについて紹介し、これまでに得られた結果を発表する。

FATE-Hg を用いて将来予測を行うためには、入力情報となる将来の気候、炭素循環、反応物質濃度などのデータが必要である。これらのデータには地球システムモデルの予測結果を用い、複数の気候シナリオと排出シナリオにおけるシミュレーションを実施した。将来の海産物中のメチル水銀濃度は、気候変動などの環境要因と排出シナリオの複合的な影響を受けると考えられる。気候変動の影響について解析した結果、2050年までの中期的な期間においては、持続可能なシナリオと化石燃料依存のシナリオに有意な差は確認されなかった。メチル水銀の海産物中の濃度と人への曝露量は排出量の削減に対して5-10年程度の時間差を持って応答し、いずれの排出シナリオにおいても減少する結果が得られた。これらの結果から、早期における対策の実施の必要性が示唆された。

Memo