

令和2年度国立水俣病総合研究センター年報の刊行に当たって

前中期計画 2015 は、令和元年度をもって期間満了となり、令和2年度は、中期計画 2020 の初年度となります。国立水俣病総合研究センターは、毎年年報を刊行し、1 年間の研究の進捗状況や当センターの活動を網羅して掲載し、ご報告しております。令和2年度の年報は中期計画 2020 の初年度ということもあり、研究の進捗についてはこれから本格化することとなりますが、本年報をご精読頂き、ご助言、ご指導を賜れば幸いです。

毎年3月には外部有識者による研究評価委員会を開催しておりますが、令和2年度は新型コロナウイルス感染防止対策の観点から、対面及びWebによるハイブリッド型での開催といたしました。さらに今回から各研究・業務課題に対する評価方法を見直し、新たな視点からのご評価いただくことといたしました。委員各位には関係資料を事前にお送りし、書面での内容確認を行っていただくなどご負担をおかけしましたが、例年と異なる形での評価にご理解とご協力をいただき、心から御礼申し上げます。

令和2年度における研究の進捗についてですが、水俣病の客観的診断法の開発のため、地元医療機関や他研究機関等と連携しつつ、脳磁計（MEG）及び磁気共鳴画像診断装置（MRI）を活用する手法により、認定患者とコントロール（健常者）の各種脳データの比較研究を進め、研究の現状等について地元住民や患者団体を対象とした説明会を令和2年12月に行いました。基礎研究分野においては、メチル水銀中毒モデルラットにおいて、神経障害性疼痛が発生していることを明らかにし、薬剤（ガバメンチン）が治療効果を示すことを明らかにしました。

これら研究の他にも、多くの研究分野において進捗があり、研究評価委員会でもその成果を認められたところ です。

また、当センターの組織・体制については、社会状況の変化を的確に捉え、当センターに期待される役割を果たせるよう組織・体制の充実を図ってまいりましたが、さらなる体制の強化を図るため、環境・保健研究部の主任研究員1名を本年度、生態学研究室長へ昇任させました。今後も適宜、組織・体制の充実を図ってまいります。

本年度より「中期計画 2020」が始まりましたが、プロジェクト型調査・研究及び基盤研究についてはこれまで以上に深化・発展させるとともに、十分な体制を確保し、世界的にも認められるような質の高い研究を目指してまいります。また、研究に付随して実施する業務についても、国内外の公害の再発の防止と被害地域の医療・福祉の向上に着実に応えられるように、引き続き当センター全体として取り組みます。

今後とも当センターの使命を常に意識しつつ、組織一体となって調査・研究、業務に取り組んでまい る所存です。引き続きご指導、ご鞭撻をよろしくお願い致します。

令和3年7月

環境省 国立水俣病総合研究センター所長

森光 敬子

目 次

I. 令和2年度(2020年度)国立水俣病総合研究センター概要

1. 組織・運営	2
2. 予算・定員・主要施設整備状況	4
3. 主要施設	5

II. 令和2年度(2020年度)研究及び業務報告

1. 病態メカニズムグループ	9
(1) メチル水銀による神経毒性メカニズムとその予防及び治療に関する基礎研究	12
(2) 食品成分によるメチル水銀の健康リスク軽減に関する研究	17
(3) メチル水銀によるタンパク質機能変動とその防御因子に関する研究	20
(4) メチル水銀毒性センサーの開発と毒性機序の解析	24
2. 臨床・福祉・社会グループ	28
(1) メチル水銀曝露のヒト健康影響評価及び治療に関する研究	32
(2) 水俣病被害地域における地域再生に関する研究	37
(3) 地域福祉支援業務	41
(4) 水俣病患者に対するリハビリテーションの提供と情報発信	46
(5) 水俣病に関する病理標本の適切な管理及びこれらを用いた情報提供	50
(6) 水俣市との包括的連携協定に関するニーズ調査業務	52
3. リスク評価グループ	55
(1) 水俣病における水銀とセレンの共存及びメチル水銀の胎・乳児影響に関する研究	57
(2) メチル水銀曝露に対するハイスルクグループの曝露評価システムの強化	63
(3) 開発途上国における水銀の曝露評価と技術移転	67
(4) 毛髪水銀分析を介した情報提供	70
4. 自然環境グループ	72
(1) 海洋中における形態別水銀の鉛直分布構造の要因解明	77
(2) 土壌及び水・底質環境中における水銀の動態に関する研究	83
(3) 大型海洋生物等におけるセレンとの複合体形成によるメチル水銀毒性の生体防御	89
(4) 魚類への水銀蓄積の起点となる基礎生産者動態と食物連鎖を介した生物濃縮に関する研究	94
(5) 発生源別水銀安定同位体組成のキャラクタリゼーション	99
(6) 海洋におけるメチル水銀の形態変化過程に関与する微生物群の動態解明	104

(7) アジアー太平洋地域における大気中水銀の中・長期的濃度変動要因に関する研究	109
(8) 水俣湾水質モニタリング及び水俣地域における各種活動支援	115
(9) 小・中学生を対象とした科学技術研究に関するアウトリーチ活動	120
5. 国際貢献・情報グループ	125
(1) 水銀分析技術の簡易・効率化と標準物質の開発	127
(2) 世界における水銀汚染懸念地域の毛髪水銀調査	130
(3) NIMD フォーラム及びワークショップ	132
(4) 国際共同研究事業の推進	135
(5) 水俣病情報センターにおける情報発信及び資料整備	138
(6) WHO 協力機関としての活動	142
7. 令和2年度(2020年度) 報告・発表一覧	144
8. 令和2年度(2020年度) 外部共同研究報告	148
9. 令和2年度(2020年度) 共同研究者一覧	151
10. 令和2年度(2020年度) 客員研究員研究概要	152
11. 令和2年度(2020年度) 外部研究費 獲得状況一覧	153
12. 令和2年度(2020年度) 所内研究発表会	155
13. 関係機関等との連携及び活動報告	156
14. 令和2年度(2020年度) 一般公開について	157
15. 令和2年度(2020年度) 国際共同研究事業一覧	158
16. 令和2年度(2020年度) 国内共同研究事業一覧	159
17. 令和2年度(2020年度) 研修見学一覧	161
18. 令和2年度(2020年度) 来訪者(要人, 政府・省庁関係者, 一般客)	163
資料	164
1. 国立水俣病総合研究センターの中長期目標について	165
2. 国立水俣病総合研究センター中期計画 2020	170
3. 令和2年度(2020年度)研究・業務一覧	181
4. 令和2年度人事異動	183

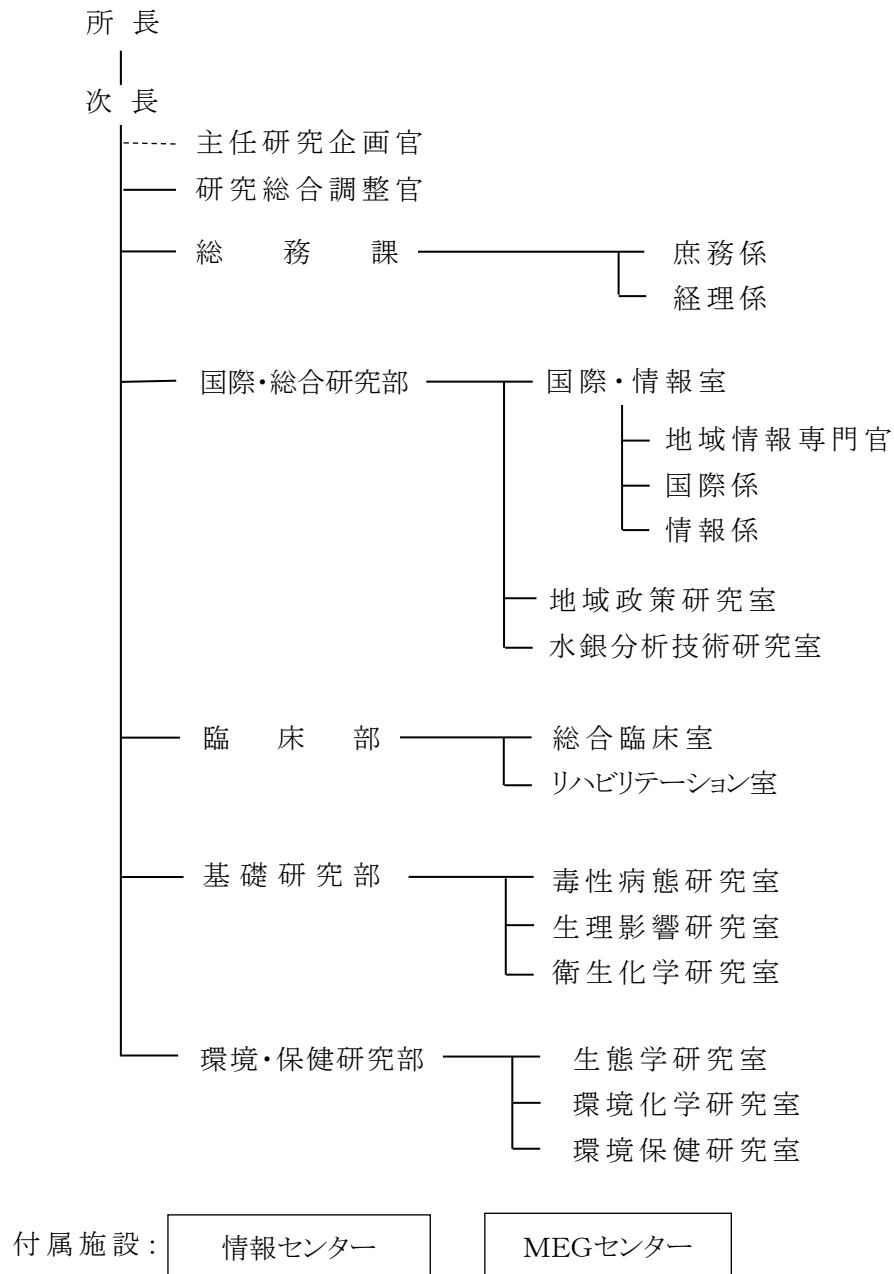
I．令和２年度国立水俣病総合研究センター概要

1. 組織・運営

(1) 組織

国立水俣病総合研究センターは、研究部門の国際・総合研究部、臨床部、基礎研究部及び環境・保健研究部と事務部門の総務課を合わせ4部1課11室体制、定員31人となっている。

また、主任研究企画官を設置し、センターの所掌事務のうち重要事項を掌らせている。



(令和3年3月31日現在)

(2) 職員構成（定員 31 人 現員 28 人）

所長	技官	森 光 敬 子	○臨床部		
次長	事務官	眼 目 佳 秀	臨床部長	技 官	中村 政明
主任研究企画官(併)	技官	松 山 明 人	総合臨床室長(併)	同	中村 政明
研究総合調整官	同	藤 村 成 剛	看護師	同	板谷 美奈
研究企画官(併)	同	中 村 政 明	検査技師	同	三 浦 陽 子
研究企画官(併)	同	藤 村 成 剛	リハビリテーション室長(併)	同	中 村 政 明
研究企画官(併)	同	山 元 恵	作業療法士	同	中 村 篤
○総務課			○基礎研究部		
総務課長	事務官	田 中 雅 国	基礎研究部長(充)	技 官	藤 村 成 剛
庶務係長	同	永 谷 晃 啓	毒性病態研究室長(併)	同	藤 村 成 剛
庶務係員	同	井 越 有 香	主任研究員	同	丸 本 倍 美
経理係長(併)	同	永 谷 晃 啓	生理影響研究室長(併)	同	藤 村 成 剛
経理係員	同	佐 藤 篤 史	主任研究員	同	住 岡 暁 夫
○国際・総合研究部			衛生化学研究室長(併)	同	藤 村 成 剛
国際・総合研究部長	技 官	松 山 明 人	主任研究員	同	永 野 匡 昭
国際・情報室長(併)	事務官	田 中 雅 国	主任研究員	同	鶴 木 隆 光
地域情報専門官(併)	同	田 中 雅 国	○環境・保健研究部		
国際係長	同	新 垣 た ず さ	環境・保健研究部長	技 官	山 元 恵
情報係長	同	槌 屋 岳 洋	生態学研究室長	同	吉 野 健 児
情報係員(併)	同	井 越 有 香	環境化学研究室長	同	丸 本 幸 治
主査	技 官	杉 田 高 行	主任研究員	同	伊 禮 聡
地域政策研究室長(併)	同	松 山 明 人	主任研究員	同	多 田 雄 哉
研究員	同	原 田 利 恵	環境保健研究室長(併)	同	山 元 恵
水銀分析研究室長(併)	同	松 山 明 人	研究員	同	劉 曉 潔
主任研究員	同	原 口 浩 一			

(令和 3 年 3 月 31 日現在)

2. 予算・定員

(1) 予算

(単位：千円)

区 分	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度
総額	778,105	748,756	771,213	757,190	669,918
事務費	68,228	66,501	77,439	84,016	75,804
研究費	581,853	618,317	571,182	592,599	594,114
施設整備費	128,024	63,938	122,592	80,575	0

(2) 定員

区 分	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度
総 務 課	4	4	4	5	5
国際・総合研究部	7	7	7	7	7
臨 床 部	6	6	6	6	6
基 礎 研 究 部	7	7	7	7	7
環境・保健研究部	6	6	6	6	6
計	30	30	30	31	31

3. 主要施設

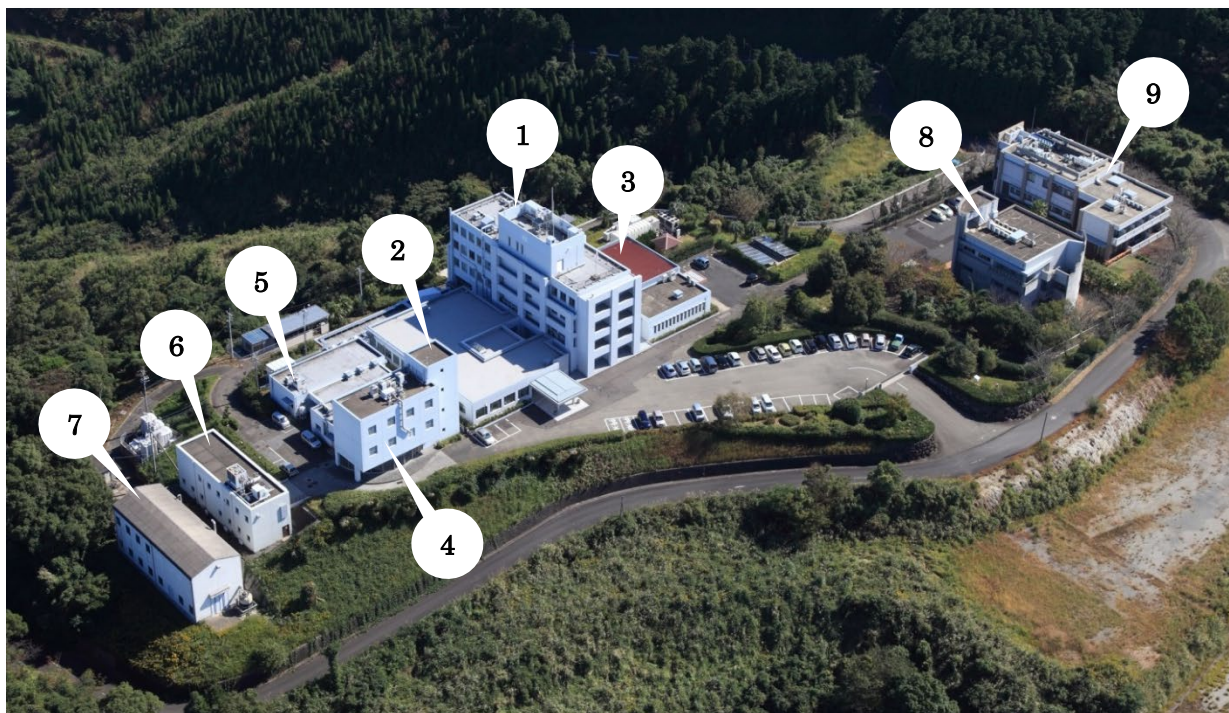
(1) 主要施設整備状況

2020 年度における施設整備としては、主に以下の改修工事を実施した。

国立水俣病総合研究センターにおいては、落雷による自動火災報知器設備の改修工事、共同研究実習棟 2 階の LED 化工事、個別空調改修工事等を行った。

水俣病情報センターにおいては、外気取り入れ口フィルター取替工事、エレベーター修繕、電気室ラインファン取替工事、非常灯取替工事等を行った。

(2) 施設配置図



国立水俣病総合研究センター
 <所在地> 〒867-0008 熊本県水俣市浜 4058-18

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. 本館（高層棟） | 6. ラジオアイソトープ実験棟 |
| 2. 本館（低層棟） | 7. 特殊廃液処理棟 |
| 3. リハビリテーション棟 | 8. 国際研究協力棟 |
| 4. リサーチ・リソース・バンク棟 | 9. 共同研究実習棟 |
| 5. 動物実験棟 | |



10. 水俣病情報センター
 <所在地> 〒867-0055 水俣市明神町 55-10



11. メグ(MEG) センター
 <所在地> 〒867-0041 水俣市天神町 1-2-1
 水俣市立総合医療センター内

■本館（高層棟）〔 1 〕

本施設は、実験室・居室のほか磁気刺激治療などを行う内科診療室・処置室を備えている。

■本館（低層棟）〔 2 〕

本施設は、実験室・居室のほか総務課及び会議室などを配置している。

■リハビリテーション棟〔 3 〕

本施設は、胎児性、小児性水俣病患者を中心として生活の質向上のため外来のリハビリテーションを実施する目的で開設され、各種リハビリのほか磁気刺激治療などとも連携した取組を行っている。

■リサーチ・リソース・バンク棟〔 4 〕

本施設は、水俣病に関する過去のメチル水銀中毒実験や熊本県及び新潟県の剖検試料を保存し、研究者に研究資料として提供することを目的として、平成 8 年 4 月に開設された。

■動物実験棟〔 5 〕

本施設は、SPF(特定病原菌非汚染)動物実験棟、中大動物実験棟及び小動物実験棟の三棟で構成されており、飼育室、手術解剖室、行動実験室、生理実験室、処置室、洗浄室を備え、温度、湿度、換気、照明等の環境因子が適切に制御され、徹底した微生物制御のもと各種動物実験が可能になっている。

■ラジオアイソトープ実験棟〔 6 〕

本施設は、多くの分野で幅広く用いられ、有用な研究手法となっている放射性同位元素(RI)を利用可能な 4 つの実験室のほか、暗室、培養室や動物飼育設備などを備え、in vitro(試験管内)から in vivo(生体内)まで実験することができる。

■特殊廃液処理棟〔 7 〕

本施設は、研究センターから排出される水銀を始めとする有害重金属を含む実験廃液を種類別に分別し、各種専用の処理ユニットにより無害化処理を行っている。

特に水銀に関しては、処理廃水・排煙を連続モニターで監視するなど外部への漏出防止のために万全の体制が確立されている。

■国際研究協力棟〔 8 〕

本施設は、水銀汚染に関する国際的な調査・研究を図ることを目的とし平成 9 年 7 月に開設された。主に海外からの研究者は 3 階の宿泊室に滞在し、当センターの研究施設を利用して共同研究等を実施する。

現在この施設では、海洋生物を含む環境中の水銀動態に関する研究が進められている。海水循環システムを備え、海洋生物の飼育も可能である。

■共同研究実習棟〔 9 〕

本施設では、当センターの環境化学研究室及び生態学研究室のメンバーを中心に、環境中(特に水と大気中)における水銀動態の研究のため、継続して試料サンプリングを行うなど水銀モニタリングを行っている。また、国内研究者専用の宿泊設備が併設されている。

■水俣病情報センター〔 10 〕

本施設は、平成 13 年に設置され、平成 23 年歴史的資料保有施設に指定された。

設置の目的は、(1)水俣病に関する資料、情報を一元的に収集、保管、整理、提供し、水俣病に関する研究に資する (2)展示や情報ネットワークを通じて研究者や市民に広く情報を提供する (3)水俣病に関する学術交流等を行うための会議を開催することである。

これらの活動を通じ、水俣病についての一層の理解の促進を図り、水俣病の教訓の伝達、水俣病及び水銀に関する研究の発展への貢献を目指している。

■メグ (MEG) センター〔 11 〕

本施設は、メチル水銀中毒の客観的な診断法の研究を目的として平成 21 年に開設された。

脳磁計(MEG)・MRI を活用した研究やこれまで改善が困難であった水俣病の症状に対する最新の治療研究、及び地域貢献として脳に関する健康相談を行っている。

Ⅱ．令和２年度研究及び業務報告

1. 病態メカニズムグループ Pathomechanism Group

水銀による生体影響、毒性発現の分子メカニズムを解明し、その成果をメチル水銀中毒の初期病態の把握や毒性評価、毒性発現メカニズムに基づいた障害の防御、修復のための新たな治療法開発へと発展させることを目標とする。そのため、培養細胞系、モデル動物を用いて、メチル水銀の組織や個体への感受性差を明らかにするためのメチル水銀曝露がもたらす生体ストレス応答差やシグナル伝達系変動の差に関する検討、メチル水銀に対する生体応答差をもたらす因子に関する検討、メチル水銀による神経細胞死やメチル水銀傷害後の神経機能改善に関する検討、メチル水銀曝露後の水銀排泄に対する食物繊維の影響等を生化学的、分子生物学的、病理学的な視点から遂行する。このようにして、メチル水銀の毒性発現メカニズムを明らかにしていくとともに、メチル水銀による毒性発現をブロックする薬剤や神経機能を改善する薬剤についても検討する。

当グループの各研究についての令和2年度概要は以下のとおりである。

[研究課題名と研究概要]

1. メチル水銀による神経毒性メカニズムとその予防および治療に関する基礎研究

(プロジェクト研究)

藤村成剛 (基礎研究部)

(1) メチル水銀神経毒性の選択的細胞傷害に関する基礎研究

メチル水銀妊娠期曝露ラットにおいて母体脳のシナプスが再構成されることを明らかにした。本結果についての研究結果をまとめ、論文投稿を行い、受理/掲載された。また、*in vitro* レベルでの比較検討の結果、*in vivo* と同様に“海馬神経細胞”が“大脳皮質神経細胞”と比べてメチル水銀毒性に抵抗性を示すことを明らかにした。また、その抵抗性の要因は抗酸化能と関係することが示唆された。

(2) メチル水銀神経毒性の個体感受性及びバイオマーカーに関する基礎研究

メチル水銀中毒モデルラットにおいて血中チオール抗酸化能がメチル水銀毒性の予測マーカーとして有用であることを明らかにした。本結果についての研究結果をまとめ、論文投稿を行い、受理/掲載された。

(3) メチル水銀による神経障害性疼痛の発症及びその薬剤効果に関する基礎研究

メチル水銀中毒モデルラットにおいて神経障害性疼痛が発生していることを明らかにした。また、その発生メカニズムに体性感覚野における触覚/痛覚複合シナプス形成が関係することが示唆された。本結果についての研究結果をまとめ、学会及び研究会で発表(学会等発表^{1,3})を行うとともに論文投稿を行った。さらに薬剤(ガバペンチン)が本神経障害性疼痛に対して治療効果を示すことを明らかにした。

(4) 外部研究機関との共同研究

本研究センターで行っていないメチル水銀毒性の研究分野(小胞体ストレス、エピゲノム等)について外部研究機関と共同研究を行い、学会及び研究会で発表を行った。

(5) その他

これまで約15年間研究してきた“メチル水銀毒性と酸化ストレス”についての原著論文(10報)を中心として総説をまとめ、論文投稿を行い、受理/掲載された。また、以前行っていた研究“筋萎縮に対する振動刺激の回復効果”について研究会で発表を行った。

2. 食品成分によるメチル水銀の健康リスク軽減に関する研究 (基盤研究)

永野匡昭 (基礎研究部)

本課題は、食物の機能を利用することにより、魚介類摂食によるメチル水銀(MeHg)の健康へのリスクを軽減することを目的としている。これまで我々は、小麦ふすまやフラクトオリゴ糖摂取がMeHg投与後の組織中水銀濃度を減少させることを明らかにしてきた。

今年度は、まず食物繊維によるMeHgの糞中排泄

促進の可能性について調べるため、食物繊維と MeHg の結合について試験管内実験を行った。また、小麦ふすまとフラクトオリゴ糖の併用効果について実験動物を用いて検討した。

3. メチル水銀によるタンパク質機能変動とその防御因子に関する研究 (基盤研究)

鶴木隆光 (基礎研究部)

メチル水銀 (MeHg) 曝露による神経系への毒性機序の探究において生体のレドックス (酸化還元) 変動は不可欠の概念である。我々は高い求核性・抗酸化性を有する低分子化合物である活性イオウ分子 (RSS) を介したレドックス恒常性維持機構を明らかとしてきた。RSS 中のサルフェン硫黄はタンパク質のシステイン残基にも易転移し当該部位をポリイオウ化することが明らかとなり、多彩な機能制御を行うことが推察されるものの、神経細胞において MeHg 曝露による当該機能変動に着目した研究は皆無である。そこで本研究はいまだ統合的理解に乏しいポリイオウ化を介したタンパク質の機能制御に焦点を当て、神経細胞における特異的分子のポリイオウ化被修飾状態の変動がもたらす機能変化をシグナル毒性や細胞機能と紐づける試みにより、MeHg 毒性機序とその防御因子の解明を目指す。

本年度はポリイオウ化タンパク質の定性・定量解析の要となるアルキル化試薬を用いたゲルシフトアッセイとプルダウンアッセイの検討を行った。本解析系を用い検出されるラット血漿中アルブミンのポリイオウ化は、RSS モデル化合物処理により増強された。また、RSS モデル化合物で処理したラット脳試料を MeHg 等種々の親電子物質で処理すると、電気泳動度に変化を示す複数のタンパク質が検出された。これらは RSS からタンパク質のシステイン残基へと転移したサルフェン硫黄が MeHg により奪取されることを示唆する。脳中タンパク質のポリイオウ化及び MeHg 曝露による当該修飾の変動がもたらす毒性影響解析を進展させたい。

4. メチル水銀毒性センサーの開発と毒性機序の解析 (基盤研究)

住岡暁夫 (基礎研究部)

メチル水銀 (MeHg) への曝露は、脳内で酸化ストレスを誘導し神経細胞死を引き起こすが、MeHg の脳組織内での細胞感受性や、発達段階で異なる障害を示す作用機序は不明である。しかし、MeHg の神経細胞に対する毒性メカニズムの解析には、投与された MeHg が脳に到達し神経細胞死が起こるまでの毒性を示す時期を捉える必要がある。そこで、新たに MeHg 毒性のセンサーベクターを開発するとともに、MeHg による神経細胞への障害作用を検証する。

(1) メチル水銀毒性のセンサーベクターの開発に関する研究

脳に MeHg が到達し神経細胞死が起こるまでの過程を捉えるため、MeHg の毒性を簡便に見出すセンサーベクターを開発する。MeHg 曝露による、タンパク質翻訳時のセレノシステイン挿入の障害を利用し、MeHg 依存的な蛍光、又は発光シグナルが得られるセンサーベクターを遺伝子工学的な手法で、開発を進める。

本年度は、蛍光蛋白質 GFP を利用した蛍光シグナル検出系から、新たにホタルルシフェラーゼを利用した化学発光法を導入した。その結果、細胞系では蛍光法での 1-10 倍から、発光法での 1-1000 倍以上の定量的なシグナル検出が可能になった。また、MeHg 依存的にシグナルを低下するセンサーベクターから、新たにシグナルを増加するセンサーベクターの開発を目指した。転写抑制ドメインと DNA 結合ドメインの融合タンパク質に人工的なセレノシステイン残基を導入したセンサーベクターを作成し、MeHg 依存的に増大したシグナルを得ることに成功した。

次年度は、これらの解析を進展させ、センサーベクターの機能評価と、毒性センサーマウス作成のための準備を進める。センサーベクターの機能評価では、他の毒性センサーベクターとの比較と、他の毒物曝露時のセンサーベクターの反応性を評価する。毒性センサーマウス作成のための準備では、現在の転写因子とルシフェラーゼ発現の 2 つのベクターから、1 ベクターへ統合し、小脳顆粒細胞での遺伝子発現系で MeHg への反応性を評価する。

(2) メチル水銀による神経細胞に対する作用に関する

る研究

神経細胞の機能を担う特徴的な構造であるシナプスと軸索構造に注目し、MeHgの作用を検証した。

個体を用いた実験系では、MeHgが脳内へ移行する時期を把握する必要があるため、この問題を解消するため、MeHgの選択的な毒性が確認されている小脳顆粒細胞の初代培養を導入した。小脳顆粒細胞へのMeHgの投与の結果、シナプスの蛋白質AMPA型グルタミン酸受容体が特異的にTx可溶性画分から不溶性画分に移行すること、軸索のマーカー蛋白質Tau、MBPが消失することを確認した。また、AMPA受容体の局在変化は従来のNMDA受容体を介したカルシウムシグナルに依存しない新規なメカニズムであることがわかった。

軸索のマーカー蛋白質で、様々な神経変性疾患で凝集体形成を確認されているTau蛋白質の解析では、MeHgを含む酸化剤特異的な毒性作用を確認した。さらに、Tau蛋白質の異常なリン酸化修飾を誘導する遺伝子欠損マウスでの、MeHg投与実験から、MeHgへの高い感受性を確認した。

次年度は、MeHgのシナプスへの作用について、メカニズムを引き続き解析するとともに、興奮毒性への影響など病理学的な意義を検証する。MeHgのシナプスへの作用については、Tau蛋白質の凝集化と分解へ影響するメカニズムを検証する。遺伝子欠損マウスでは、引き続き個体レベルでの解析を続け、MeHgへの感受性変化の原因を探る。

■病態メカニズムグループ（プロジェクト研究）

メチル水銀による神経毒性メカニズムとその予防および治療に関する基礎研究（PJ-20-01）

Fundamental research on neurotoxic mechanism of methylmercury and its prevention and treatment

[主任研究者]

藤村成剛（基礎研究部）

研究の総括、実験全般の実施

[共同研究者]

永野匡昭，住岡暁夫，鶴木隆光（基礎研究部）

実験全般の技術協力

中村政明（臨床部）

臨床サンプルを用いたバイオマーカー探索

中村 篤（臨床部）

メチル水銀中毒モデルにおける神経症状解析

臼杵扶佐子（鹿児島大学）

研究全般に対する助言

上原 孝（岡山大学）

神経変性疾患におけるメチル水銀毒性の関与
解析

栗田尚佳（岐阜薬科大学）

神経発達期におけるメチル水銀によるエピジェ
ネティックス変化解析

[区分]

プロジェクト研究

[重点項目]

メチル水銀の健康影響評価と治療への展開

[グループ]

病態メカニズム

[研究期間]

2020 年度－2024 年度（5 ヶ年）

[キーワード]

メチル水銀（Methylmercury）、選択的細胞傷害
（Selective cytotoxicity）、個体感受性（Sensitivity of
individuals）、予防及び治療（Prevention and

treatment)

[研究課題の概要]

現在まで解明されていないメチル水銀の神経毒性メカニズム（選択的細胞傷害及び個体感受性）について、培養神経細胞及びメチル水銀中毒モデル動物を用いて実験的に明らかにする。

また、明らかになった神経毒性メカニズムを元に、その神経毒性を予防及び治療する薬剤等の効果について実験的に検証する。

[背景]

メチル水銀の主な標的器官は脳神経系であるが、毒性感受性は脳の発達段階で異なるのみならず、同年齢層においても部位や細胞によって異なる。例えば、成人期においてメチル水銀曝露は、大脳皮質の一部、小脳の顆粒細胞、後根神経節に細胞死を引き起こすが、その他の神経細胞では病変は認められない。これまでの研究において小脳における細胞選択性に抗酸化酵素が重要な役割を果たしていること（文献¹）及び胎児性曝露における神経の脆弱性にシナプス形成不全が関与している事（文献²）が示唆されているが、全体的な解明にまでには至っていない。さらに、個体間でメチル水銀曝露量と重症度が必ずしも相関しないことから、その感受性には個体差があると考えられる。このようなメチル水銀毒性の選択的細胞傷害及び個体感受性については未だ情報が不足しており、メチル水銀中毒の診断、予防及び治療を行う上での障害となっている。

メチル水銀は再生困難な神経細胞を傷害するため、重篤かつ不可逆的な神経機能障害をもたらす。しかしながら、メチル水銀毒性は、予防または早期の進行抑制によりその毒性を軽減できる可能性がある（文献³⁻⁵）。また、一旦進行した神経症状についても薬剤等の処置によってその神経症状を軽減できる可能性もある（文献³⁻⁶）。

[目的]

培養神経細胞及びメチル水銀中毒モデル動物から採取した選択的細胞傷害を示す細胞群を用いて、分子病理学的、生化学的、分子生物学的な手法により、細胞分化・細胞増殖等の細胞学的問題に関わる因子について検討し、メチル水銀の選択的細胞傷害について明らかにする。また、これらの知見を発展させて、個体のメチル水銀感受性を左右する因子を明らかにする。さらに、薬剤等のメチル水銀毒性に対する効果を実験的に検証する。以上の研究によって、メチル水銀中毒の診断、毒性防御及び治療に応用することを目指す。

さらに、本研究では本研究センターでは行っていないメチル水銀毒性の研究領域(小胞体ストレス、次世代影響等)について、外部研究機関との共同研究を積極的に行い、論文発表及び学会発表に繋げる。

[期待される成果]

メチル水銀の選択的細胞傷害メカニズム及び個体感受性に関する知見により、メチル水銀中毒の診断への寄与が期待される。さらに、明らかになった神経毒性メカニズムを元に、その神経毒性を予防及び治療する薬剤等の効果について実験的に検証することによって、メチル水銀による神経障害を予防及び治療する薬剤等の開発に繋がる可能性がある。

また、選択的細胞傷害と個体感受性の問題は、メチル水銀中毒だけではなく、他の神経向性中毒物質や環境ストレス因子、さらには神経変性疾患の病態解明にも繋がることが期待される。さらに、既に確立された神経毒性の評価系(文献^{1,5)})においてメチル水銀以外の環境毒及び神経変成疾患原因物質に対する薬剤の改善効果についても検討し、全般的な神経機能障害の軽減に繋がることも期待できる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

1-1.メチル水銀神経毒性の選択的細胞傷害に関する基礎研究

メチル水銀妊娠期曝露ラットにおける母体

脳のシナプス変化について研究結果をまとめ、論文化を行う。また、“大脳皮質神経細胞”と“海馬神経細胞”をラット脳から分離培養し、メチル水銀毒性に対する脆弱性/抵抗性の違いについて明らかにする。

1-2.メチル水銀神経毒性の個体感受性及びバイオマーカーに関する基礎研究

ラットを用いたメチル水銀毒性の予測マーカーについての研究結果をまとめ、論文化を行う。

1-3.メチル水銀による神経障害性疼痛の発症及びその薬剤効果に関する基礎研究

ラットを用いてメチル水銀曝露による神経障害性疼痛発症メカニズムを明らかにし、その研究結果をまとめ、学会発表及び論文化を行う。また、本モデルラットを用いて、薬剤(ガバペンチン)による疼痛治療効果を明らかにする。

1-4.外部研究機関との共同研究

本研究センターで行っていないメチル水銀毒性の研究分野(小胞体ストレス、エピゲノム等)について外部研究機関と共同研究を行い、学会発表及び論文化を行う。

2. 2021 年度

2-1.メチル水銀神経毒性の選択的細胞傷害に関する基礎研究

ラット脳から分離培養した“大脳皮質神経細胞”と“海馬神経細胞”の遺伝子発現について網羅的な解析を行う。以上の研究結果をまとめ、学会発表及び論文化を行う。

2-2.メチル水銀神経毒性の個体感受性及びバイオマーカーに関する基礎研究

より鋭敏なメチル水銀毒性の予測マーカーの探索のため、メチル水銀中毒モデルラットにおける血中タンパク質のポリチオール化と神経症状の関係について明らかにする。

2-3.メチル水銀による神経障害性疼痛の発症及びその薬剤効果に関する基礎研究

これまで行ってきたメチル水銀中毒モデルラットにおける神経障害性疼痛発生についての研究結果をまとめ、学会発表及び論文化を

行う。また、本薬剤 (ROCK阻害剤及びガバペンチン) の予防/治療効果についても研究結果をまとめ、学会発表を行う。

2-4. 外部研究機関との共同研究

本研究センターで行っていないメチル水銀毒性の研究分野(小胞体ストレス, エピゲノム等)について外部研究機関と共同研究を行い、学会発表及び論文文化を行う。

2-5. その他

執筆依頼されている学術書 (2nd Edition of Handbook of Neurotoxicity) のメチル水銀神経毒性チャプター部分について執筆を行う。

3. 2022 年度

3-1. メチル水銀神経毒性の選択的細胞傷害に関する基礎研究

メチル水銀以外の毒性物質(グルタミン酸, DEM等)に対する脆弱性/抵抗性及び特異的な阻害剤の効果について解析し、両細胞のメチル水銀毒性に対する脆弱性/抵抗性の違いについてのメカニズムを明らかにする。以上の研究結果をまとめ、学会発表を行う。

3-2. メチル水銀神経毒性の個体感受性及びバイオマーカーに関する基礎研究

メチル水銀中毒モデルラットにおける血中タンパク質のポリチオール化と神経症状の関係について明らかにする。以上の研究結果をまとめ、学会発表及び論文文化を行う。

3-3. メチル水銀による神経障害性疼痛の発症及びその薬剤効果に関する基礎研究

メチル水銀中毒モデルラットにおける神経障害性疼痛に対する薬剤(ROCK阻害剤及びガバペンチン)の予防/治療効果について研究結果をまとめ、学会発表及び論文文化を行う。

3-4. 外部研究機関との共同研究

本研究センターで行っていないメチル水銀毒性の研究分野(小胞体ストレス, エピゲノム等)について外部研究機関と共同研究を行い、学会発表及び論文文化を行う。

4. 2023 年度

4-1. メチル水銀神経毒性の選択的細胞傷害に関する基礎研究

メチル水銀以外の毒性物質(グルタミン酸, DEM等)に対する脆弱性/抵抗性及び特異的な阻害剤の効果についても解析し、両細胞のメチル水銀毒性に対する脆弱性/抵抗性の違いについてのメカニズムを明らかにする。以上の研究結果をまとめ、論文文化を行う。また、”小脳顆粒細胞” についても分離培養を行い、遺伝子発現, メチル水銀を初めとする毒性物質に対する脆弱性/抵抗性についてのメカニズムを明らかにする。以上の研究結果をまとめ、学会発表を行う。

4-2. メチル水銀神経毒性の個体感受性及びバイオマーカーに関する基礎研究

臨床サンプルにおける血中タンパク質のポリチオール化について明らかにする。

4-3. メチル水銀による神経障害性疼痛の発症及びその薬剤効果に関する基礎研究

メチル水銀中毒モデルラットにおける神経障害性疼痛に対する薬剤(ROCK阻害剤及びガバペンチン)の予防/治療効果について研究結果をまとめ、学会発表及び論文文化を行う。

4-4. 外部研究機関との共同研究

本研究センターで行っていないメチル水銀毒性の研究分野(小胞体ストレス, エピゲノム等)について外部研究機関と共同研究を行い、学会発表及び論文文化を行う。

5. 2024 年度

5-1. メチル水銀神経毒性の選択的細胞傷害に関する基礎研究

”小脳顆粒細胞” について、遺伝子発現, メチル水銀を初めとする毒性物質に対する脆弱性/抵抗性についてのメカニズムを明らかにする。以上の研究結果をまとめ、論文文化を行う。

5-2. メチル水銀神経毒性の個体感受性及びバイオマーカーに関する基礎研究

臨床サンプルにおける血中タンパク質のポリチオール化について明らかにする。以上の研究結果をまとめ、学会発表及び論文文化を行う。

5-3. メチル水銀による神経障害性疼痛の発症及び
その薬剤効果に関する基礎研究

本研究は2023年度に終了予定。

5-4. 外部研究機関との共同研究

本研究センターで行っていないメチル水銀
毒性の研究分野(小胞体ストレス, エピゲノム等)
について外部研究機関と共同研究を行い、学
会発表及び論文発表を行う。

[2020年度の研究実施成果の概要]

1. メチル水銀神経毒性の選択的細胞傷害に関する
基礎研究

メチル水銀妊娠期曝露ラットにおいて母体脳のシ
ナプスが再構成されることを明らかにした。本結果に
ついての研究結果をまとめ、論文投稿を行い、受理/
掲載された(論文発表¹)。

また、*in vitro* レベルでの比較検討の結果、*in vivo*
と同様に“海馬神経細胞”が“大脳皮質神経細胞”と
比べてメチル水銀毒性に抵抗性を示すことを明らか
にした。また、その抵抗性の要因は抗酸化能と関係
することが示唆された。

2. メチル水銀神経毒性の個体感受性及びバイオマ
ーカーに関する基礎研究

メチル水銀中毒モデルラットにおいて血中チオー
ル抗酸化能がメチル水銀毒性の予測マーカーとして
有用であることを明らかにした。本結果について
の研究結果をまとめ、論文投稿を行い、受理/掲載
された(論文発表²)。

3. メチル水銀による神経障害性疼痛の発症及びその
薬剤効果に関する基礎研究

[令和元年度-3 年度 科学研究費補助金・基盤研究
(C), 課題番号 19K07077(代表)]

メチル水銀中毒モデルラットにおいて神経障害性
疼痛が発生していることを明らかにした。また、その
発生メカニズムに体性感覚野における触覚/痛覚複合シ
ナプス形成が関係することが示唆された。本結果に
ついての研究結果をまとめ、学会及び研究会で発表
(学会等発表^{1,3})を行うとともに論文投稿を行った。さ
らに薬剤(ガバペンチン)が本神経障害性疼痛に対し
て治療効果を示すことを明らかにした。

4. 外部研究機関との共同研究

本研究センターで行っていないメチル水銀毒性の
研究分野(小胞体ストレス, エピゲノム等)について外
部研究機関と共同研究を行い、学会及び研究会で
発表を行った(学会等発表⁵⁻⁷)。

5. その他(年次目標に記載していなかったもの)

これまで約15年間研究してきた“メチル水銀毒性と
酸化ストレス”についての原著論文(10報)を中心とし
て総説をまとめ、論文投稿を行い、受理/掲載された
(論文発表³)。また、以前行っていた研究“筋萎縮に
対する振動刺激の回復効果”について研究会で発表
を行った(学会等発表⁴)。

[備考]

本課題研究の一部は、令和元年度から、環境省・
特別研究費「メチル水銀による神経・筋機能障害に
対する神経・筋線維の再生治療に関する実験的研究
」として研究費を得ている。

また、本課題研究の一部は、課題名「環境毒性物
質による神経/筋機能障害に対する神経軸索/筋線維
再生治療の実験的研究」として、令和元年-3 年度
科学研究費・基盤研究 (C)(代表)に採択され、研究
費を得ている。

[研究期間の論文発表]

- 1) Fujimura M, Usuki F (2020) Pregnant rats exposed to low level methylmercury exhibit cerebellar synaptic and neuritic remodeling during the perinatal period. Arch. Toxicol., 94, 1335-1347.
- 2) Fujimura M, Usuki F, Unoki T (2020) Decreased plasma thiol antioxidant capacity precedes neurological signs in a rat methylmercury intoxication model. Food. Chem. Toxicol., 146, 111810.
- 3) Fujimura M*: Usuki F* (2020) Methylmercury-mediated oxidative stress and activation of the cellular protective system. Antioxidants (Basel), 9, 1004. *Co-first author.

[研究期間の学会発表]

- 1) Fujimura M, Usuki F, Nakamura A: Methylmercury induces allodynia through activation of inflammatory microglia in spinal cord and subsequent stimulation in somatosensory cortex of rats. 60th Society of Toxicology, Virtual event, 2021. 3.
- 2) 藤村成剛, 臼杵扶佐子: メチル水銀による神経細胞過剰活性化と部位特異的な神経変性. 第 47 回日本毒性学会学術年会, Web meeting, 2020. 6.
- 3) 藤村成剛, 臼杵扶佐子, 中村篤: メチル水銀曝露はラット足底部に神経障害性疼痛の 1 種である疼痛閾値低下 (アロディニア) を引き起こす. メタルバイオサイエンス研究会 2020, Web meeting, 2020. 11.
- 4) 藤村成剛, 臼杵扶佐子, 中村篤, 中野治郎, 沖田実, 樋口逸郎: 局所振動刺激はラットにおいてメカノストレス因子を誘導し筋萎縮からの回復を促進する. 令和 2 年度メチル水銀研究ミーティング, Web meeting, 2021.1.
- 5) 平岡秀樹, 岩脇隆夫, 熊谷嘉人, 藤村成剛, 上原孝: メチル水銀による部位特異的な神経障害における小胞体ストレスの寄与. 第 47 回日本毒性学会学術年会, Web meeting, 2020. 6.
- 6) 野川斐奈, 郷すずな, 栗田尚佳, 藤村成剛, 位田雅俊, 保住功: 環境化学物質曝露の神経分化に及ぼす影響と DNA メチル化の関与. メタルバイオサイエンス研究会 2020, Web meeting, 2020. 11.
- 7) 野村亮輔, 平岡秀樹, 藤村成剛, 熊谷嘉人, 上原孝: *in vivo* メチル水銀曝露による中枢小胞体ストレス応答変化. 令和 2 年度メチル水銀研究ミーティング, Web meeting, 2021.1.
- synaptophysin expression in the cerebellar granule cells of rats. Brain Res., 1464, 1-7.
- 3) Fujimura M, Usuki F, Kawamura M, Izumo S (2011) Inhibition of the Rho/ROCK pathway prevents neuronal degeneration in vitro and in vivo following methylmercury exposure. Toxicol. Appl. Pharmacol., 250, 1-9.
- 4) Fujimura M, Usuki F (2015) Methylmercury causes neuronal cell death through the suppression of the TrkA pathway: In vitro and in vivo effects of TrkA pathway activators. Toxicol. Appl. Pharmacol., 282, 259-266.
- 5) Fujimura M, Usuki F (2015) Low concentrations of methylmercury inhibit neural progenitor cell proliferation associated with up-regulation of glycogen synthase kinase 3 β and subsequent degradation of cyclin E in rats. Toxicol. Appl. Pharmacol., 288, 19-25.
- 6) Usuki F, Tohyama S (2011) Vibration therapy of the plantar fascia improves spasticity of the lower limbs of a patient with fetal-type Minamata disease in the chronic stage. BMJ Case Rep., pii: bcr0820114695.

[文献]

- 1) Fujimura M, Usuki F (2014) Low *in situ* expression of antioxidative enzymes in rat cerebellar granular cells susceptible to methylmercury. Arch. Toxicol., 88, 109-113.
- 2) Fujimura M, Cheng J, Zhao W (2012) Perinatal exposure to low dose of methylmercury induces dysfunction of motor coordination with decreases of

■病態メカニズムグループ(基盤研究)

食品成分によるメチル水銀の健康リスク軽減に関する研究(RS-20-01)

Study on reducing the health risk of methylmercury by food ingredients

[主任研究者]

永野匡昭(基礎研究部)

研究の総括、実験全般の実施

[共同研究者]

藤村成剛(基礎研究部)

研究全般に対する助言、動物実験のサポート

瀬子義幸(元山梨県富士山科学研究所)

腸内細菌によるメチル水銀代謝に関する助言

[区分]

基盤研究

[重点項目]

メチル水銀の健康影響評価と治療への展開

[グループ]

病態メカニズム

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

メチル水銀(Methylmercury)、食品成分(food ingredients)、排泄(Excretion)

[研究課題の概要]

食物の機能からメチル水銀(MeHg)の健康へのリスクを軽減することを目的として、試験管内で有効な食品成分を探索し、その有効性について実験動物を用いて検証する。

[背景]

現代の MeHg 曝露は、主に魚介類の摂食によるものである。第 61 回 FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議における MeHg の再評価以降、魚食文化を有

する我が国においても妊婦を対象とした魚介類等の摂食に対して勧告が行われた。これらの魚介類等にはクジラ・イルカやマグロ等も含まれており、我が国にはこれらをよく食べる地域も存在する。一方、世界には海洋哺乳動物や魚の摂食を介した MeHg に対してリスクが高い集団が存在することが報告されている。¹⁾ このように、水銀は世界規模での環境汚染物質であり、水銀に特化した国際会議 International Conference on Mercury as a Global Pollutant 2019 が 2019 年 9 月にポーランド・クラクフで開催された。取り上げられていたテーマの中の 1 つの項目として「Genetics, gastrointestinal and nutrient factors impacting effects and uptake of mercury」があり、本研究課題はこの分野に該当する。MeHg の蓄積と排泄に対する食品成分の影響に関する先行研究として、小麦ふすま(bran)による水銀排泄速度の増大や組織中水銀濃度の減少²⁾がある。そのメカニズムについては腸内細菌による MeHg 代謝の活性化と推察されているが、確証が得られていない。

これまでに我々は、MeHg 単回経口投与後のマウス組織中水銀濃度に対する効果について検討してきた。その結果、bran の効果は尿及び糞中への水銀排泄促進によるものであり、糞中への水銀排泄メカニズムは腸内細菌による MeHg 代謝の活性化ではない可能性が示唆されている。また、難消化性多糖類のうち、フラクトオリゴ糖(FOS)は MeHg 単回経口投与後の糞中への水銀排泄を促し、脳を含む組織中水銀濃度を減少させることを明らかとした。³⁾ 更に、FOS による水銀排泄メカニズムは、おそらく腸内細菌の MeHg 代謝の活性化によることが示唆された。

[目的]

本研究の目的は、水銀の排泄を促す食品成分又はその排泄メカニズムを利用した MeHg のリスク低減について検討し、基礎的知見を得ることである。

[期待される成果]

MeHg の吸収を抑える、又は MeHg の排泄を促す成分を含む食品を摂取することにより、魚介類のメリットは生かし、魚介類摂食による MeHg の健康へのリスクを軽減させるための食べ合わせやレシピの提案に繋がることが期待される。その結果、健康の維持・増進を図るうえで食生活の助けとなり、人々の安心と安全に貢献できると考える。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

- (1) MeHg と結合する食品成分の探索を試験管内で実施
- (2) 組織中水銀濃度に対する bran と FOS の併用効果
これまでに MeHg 投与後の組織中水銀濃度を減少させることを明らかにした bran と FOS を併用し、その効果について実験動物を用いて検討する。
- (3) 前中期計画で得られた知見「MeHg 単回投与後の bran の効果」に関する論文作成
- (4) 前中期計画 2015 で得られた糞サンプルの水銀測定

2. 2021 年度

- (1) (継続) 組織中水銀濃度に対する bran と FOS の併用効果
- (2) MeHg の健康リスクに対する bran 又は FOS の効果(毒性用量)
体重と脳組織病理を指標とし、MeHg の健康リスクに対する bran 又は FOS の効果について実験動物を用いて検討する。
- (3) 2020 年度に糞サンプル中水銀濃度の結果が得られたので、低濃度 MeHg 連続投与時の bran 又は FOS の効果に関する論文作成

3. 2022 年度

- (1) 2020–2021 年度に得られた知見「組織中水銀濃度に対する bran と FOS の併用効果」に関する論文作成
- (2) (継続) MeHg の健康リスクに対する bran 又は

FOS の効果(毒性用量)

- (3) 2020 年度の試験管内実験で MeHg との結合が認められた食品成分を対象として、MeHg の蓄積と排泄に対する効果を検討する。

4. 2023 年度

- (1) 2021–2022 年度に得られた知見「MeHg の健康リスクに対する bran 又は FOS の効果」に関する論文作成
- (2) (継続) 2020 年度の試験管内実験で MeHg との結合が認められた食品成分を対象として、MeHg の蓄積と排泄に対する効果を検討する。
- (3) 2020 年度の試験管内実験で MeHg との結合が認められた食品成分を対象として、MeHg の健康リスクに対する効果を検討する。
- (4) 上記(2)「MeHg の蓄積と排泄に対する効果」に関する論文作成

5. 2024 年度

- (1) (継続) 上記(4)「MeHg の蓄積と排泄に対する効果」に関する論文作成
- (2) (継続) 2020 年度の試験管内実験で MeHg との結合が認められた食品成分を対象として、MeHg の健康リスクに対する効果を検討する。
- (3) 上記(2)「MeHg の健康リスクに対する効果」に関する論文作成

[2020 年度の研究実施成果の概要]

1. MeHg と結合する食品成分の探索

これまでに環境汚染物質等の排泄を促すことが報告されているグアーガム⁴⁾及びアルギン酸ナトリウム^{4,5)}、MeHg の排泄速度を高める可能性が示されているペクチン²⁾(リンゴ由来及び柑橘系由来)、糖や中性脂肪を吸着する難消化性デキストリンの計 4 種類の食品成分と MeHg との結合について調べた。その結果、いずれの食物繊維も MeHg との結合は認められなかった。一方、グアーガムについては水溶液の粘性が非常に高く、今後濃度を下げて再検討したい。

2. 組織中水銀濃度に対する FOS と bran との併用効果

MeHg 単回経口投与(5 mg/kg) 16 日後のマウス組

織中水銀濃度は、脳及び血液において FOS と bran の併用による相加効果が認められたが、肝臓及び腎臓ではいずれも認められなかった。また、尿中への水銀排泄作用においても、FOS と bran の併用による効果が認められた。糞中水銀排泄量については現在、測定中である。

そのほか、前中期計画 2015 で得られていた糞サンプルの水銀測定を行った。その結果、低濃度 MeHg 連続経口投与 (2.27 及び 22.7 µg/kg) 時のマウス組織中水銀濃度に対する FOS 又は bran の効果は、MeHg 単回経口投与 (5 mg/kg) 時と同様 bran は尿及び糞、FOS は糞中への水銀排泄促進によることが確認された。更に、MeHg 単回経口投与後のマウス組織中水銀濃度に対する bran の効果は、糞中への水銀排泄の寄与が大きいことが明らかとなった。また、組織中水銀濃度の有意な減少が認められなかった 5% bran 群においても、尿と糞を合わせた水銀の総排泄量は有意に増加しており、bran は 5% の配合量でも水銀排泄に効果があることが判明した。

[研究期間の論文発表]

- 1) Nagano M, Fujimura M, Tada Y, Seko Y. Dietary fructooligosaccharides reduces mercury levels in the brain of mice exposed to methylmercury. Biol. Pharm. Bull. (in press).

[研究期間の学会発表]

- 1) 永野匡昭, 藤村成剛:メチル水銀連続投与後の組織中水銀濃度に対する食品成分の影響. 生命金属に関する合同年会 (ConMetal 2020), Web meeting, 2020. 11.

[文献]

- 1) United Nations Environment Programme (2019) Global Mercury Assessment 2018: 101-11.
- 2) Rowland IR, Mallet AK, Flynn J et al. (1986) The effect of various dietary fibres on tissue concentration and chemical form of mercury after methylmercury exposure in mice. Arch Toxicol 59: 94-98.

- 3) Nagano M, Fujimura M, Tada Y et al. Dietary fructooligosaccharides reduces mercury levels in the brain of mice exposed to methylmercury. Biol. Pharm. Bull. (in press)
- 4) Ikegami S, Umegaki K, Kawashima Y et al. (1994) Viscous indigestible polysaccharides reduce accumulation of pentachlorobenzene in rats. J. Nutr. 124:754-760.
- 5) Idota Y, Harada H, Tomono T et al. (2013) Alginate enhances excretion and reduces absorption of strontium and cesium in rats. Biol. Pharm. Bull. 36: 485-491.

■病態メカニズムグループ（基盤研究）

メチル水銀によるタンパク質機能変動とその防御因子に関する研究 (RS-20-02)

Research on methylmercury-induced alteration of protein function and its protective factors

[主任研究者]

鵜木隆光(基礎研究部)

研究の総括、実験全般の実施

[共同研究者]

藤村成剛(基礎研究部)

研究全般に対する助言、動物実験のサポート

熊谷嘉人(筑波大学)

研究全般に対する助言

秋山雅博(慶応義塾大学)

研究全般に対する助言

[区分]

基盤研究

[重点項目]

メチル水銀曝露の健康影響評価と治療への展開

[グループ]

病態メカニズム

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

メチル水銀 (Methylmercury)、レドックスバランス (Redox balance)、酸化ストレス (Oxidative stress)、活性イオウ分子 (Reactive sulfur species)、サルフェン硫黄 (Sulfane sulfur)

[研究課題の概要]

メチル水銀 (MeHg) 曝露による生体影響をサルフェン硫黄を介したレドックス制御という観点から解析し、MeHg の毒性機序及びその防御因子について明らかにする。

[背景]

MeHg は化学的に親電子性を有し、タンパク質や核酸の求核置換基と容易に共有結合するため、MeHg による生体高分子の化学修飾が毒性発現に寄与するとされている。また、MeHg 曝露に際し、酸化ストレスを伴う細胞内レドックス(酸化還元)バランスの破綻が細胞傷害をもたらす。

このような MeHg 毒性に対し、細胞内に豊富に存在するグルタチオン (GSH) は抱合体形成により細胞外排出を促進する。また、硫化水素 (生理的条件下では HS⁻として存在すると考えられる) は解毒代謝物としてビスメチル水銀スルフィド [(MeHg)₂S]の生成に寄与する¹⁾。一方で近年、生体内ではイオウ転移酵素を介しシステインへ過剰なイオウ原子がサルフェン硫黄として挿入されたシステインパースルフィド (CysSSH) が産生され、CysSSH を起点とし GSSH といった多彩な分子群が産生されることが明らかとなった²⁾。これら活性イオウ分子 (Reactive sulfur species; RSS) と称される分子群は高い求核性・抗酸化性を有し、(MeHg)₂S 生成を介した不活化や細胞内レドックスバランスの維持を通じて MeHg による細胞傷害の防御因子としての機能が示唆される³⁾。実際に我々は MeHg 毒性防御への RSS の重要性を個体レベルで明らかとした^{4,5)}。

一方でこれら RSS 中のサルフェン硫黄は他のイオウ原子に可逆的に結合する特性を有し、それ故にタンパク質のシステイン残基への転移によって当該部位をポリイオウ化することが明らかとなった。さらに驚くべきことに、タンパク質翻訳時にポリイオウ化が行われる機序も発見された⁶⁾。このサルフェン硫黄を介したポリイオウ化による修飾形態が有する生理的意義は未解明な点が多いが、システイン残基の過酸化や MeHg 付加を防ぐ可逆性担保機構としての重要性が示され^{3,7)}、MeHg 毒性との関連も明らかにされ始めている⁸⁾。

[目的]

ポリイオウ化を介したタンパク質の機能制御に焦点を当て、神経細胞における特異的分子のポリイオウ化被修飾状態の変動がもたらす機能変化をシグナル毒性や細胞機能と紐づける試みにより、MeHg 毒性機序とその防御因子の解明を目指す。

[期待される成果]

サルフェン硫黄を介したレドックス制御という新たな観点から知見を得ることでMeHgによる毒性機序の理解に貢献するとともに、リスク評価及び毒性防御への寄与が期待される。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

(1) ポリイオウ化タンパク質の定性的解析

タンパク質のポリイオウ化修飾状態をゲルシフトアッセイにより解析する。

(2) ポリイオウ化タンパク質の定量的解析

タンパク質のポリイオウ化修飾状態をプルダウンアッセイにより解析する。

(3) 外部研究機関との共同研究

外部研究機関との共同研究を円滑に進めて、論文発表及び学会発表に繋げる。

2. 2021 年度

(1) 脳内ポリイオウ化タンパク質の探索

実験動物脳及びその初代培養神経細胞等を試料とし、プルダウンアッセイにより得たポリイオウ化タンパク質の同定を行う。

(2) ポリイオウ化タンパク質への MeHg 曝露影響

MeHg 曝露下において脳内ポリイオウ化タンパク質の被修飾量の変動を解析する。MeHg の標的となるポリイオウ化修飾部位を予測し、タンパク質機能に与える影響を考察する。

(3) 外部研究機関との共同研究

外部研究機関との共同研究を円滑に進めて、論文発表及び学会発表に繋げる。2022 年度

(1) ポリイオウ化タンパク質への MeHg 曝露影響

脳内ポリイオウ化タンパク質の MeHg 標的部位を同定し、タンパク質機能に与える影響を考察する。

(3) 外部研究機関との共同研究

外部研究機関との共同研究を円滑に進めて、論文発表及び学会発表に繋げる。

4. 2023 年度

(1) 脳内ポリイオウ化タンパク質の機能解析

脳内ポリイオウ化タンパク質の疑似ポリイオウ化変異体を用い、MeHg 曝露による神経細胞機能変動への影響を解析する。

(2) タンパク質のポリイオウ化と MeHg 毒性防御解析

RSS 投与や RSS 産生酵素の発現により培養神経細胞におけるポリイオウ化タンパク質の増加を解析する。併せて MeHg 曝露による細胞機能変動及び細胞死の軽減を解析する。

(3) 外部研究機関との共同研究

外部研究機関との共同研究を円滑に進めて、論文発表及び学会発表に繋げる。

5. 2024 年度

(1) 前年度の解析を継続し、得られた知見を整理する。

(2) 外部研究機関との共同研究

外部研究機関との共同研究を円滑に進めて、論文発表及び学会発表に繋げる。

[2020 年度の研究実施成果の概要]

本年度はポリイオウ化タンパク質の定性・定量解析の要となるマレイミド試薬を用いたゲルシフトアッセイとプルダウンアッセイの検討を行った。ラット血漿を緩衝液にて希釈後、脱塩処理にて分取した高分子画分を RSS モデル化合物 Na_2S_3 と反応させた。反応後、脱塩を行った画分中のチオール基を BPM により標識した。脱塩後、ストレプトアビジン付加超常磁性ビーズにて BPM 被標識タンパク質をプルダウンし、還元剤処理によりポリイオウ化タンパク質を回収した。また、還元剤存在下で緩衝液に溶解し調製したラット脳ホモジネートを脱塩し、分取した高分子画分を RSS モデル化合物 Na_2S_4 と反応させた。反応後、脱塩画分中のチオール基を BPM により標識した。これをハロゲン化アルキルや有機水銀等、種々の親電子物質と反応後 SDS-PAGE に供しゲルシフトアッセイを行った。別法として、前述の画分中のチオール基を種々

の親電子物質と反応した後、BPM により標識しゲルシフトアッセイを行った。

本解析系を用い検出されるラット血漿中アルブミンのポリイオウ化は、RSS モデル化合物処理により増強された。また、RSS モデル化合物で処理したラット脳試料を MeHg 等種々の親電子物質で処理すると、電気泳動度に変化を示す複数のタンパク質が検出された。これらは RSS からタンパク質のシステイン残基へと転移したサルフェン硫黄が MeHg により奪取されることを示唆する。

[備考]

本研究の一部は課題名「活性イオウ分子に着目したメチル水銀の選択的細胞傷害に関する研究」として、2019-2020 年度、日本学術振興会 科学研究費助成事業 若手研究に採択され、研究費を得ている。

[研究期間の論文発表]

- 1) Akiyama M, Unoki T, Kumagai Y (2020) Combined exposure to environmental electrophiles enhances cytotoxicity and consumption of persulfide. *Fundam. Toxicol. Sci.* 7, 161-166.
- 2) Akiyama M, Unoki T, Yoshida E, Ding Y, Yamakawa H, Shinkai Y, Ishii I, Kumagai Y (2020) Repression of mercury accumulation and adverse effects of methylmercury exposure is mediated by cystathionine γ -lyase to produce reactive sulfur species in mouse brain. *Toxicol. Lett.* 330, 128-133.
- 3) Fujimura M, Usuki F, Unoki T (2020) Decreased plasma thiol antioxidant capacity precedes neurological signs in a rat methylmercury intoxication model. *Food Chem. Toxicol.* 146, 111810.

[研究期間の学会発表]

- 1) 鵜木隆光, 秋山雅博, 新開泰弘, 熊谷嘉人, 藤村成剛: 活性イオウ分子を介した新電子ストレス防御. 第 47 回日本毒性学会学術年会, Web 開催, 2020. 7.
- 2) 鵜木隆光, 秋山雅博, 熊谷嘉人, 藤村成剛: 活

性イオウ分子の脳内分布とメチル水銀感受性の連関. 生命金属に関する合同年会 2020, Web 開催, 2020. 11.

[文献]

- 1) Yoshida E, Toyama T, Shinkai Y, Sawa T, Akaike T, Kumagai Y (2011) Detoxification of Methylmercury by Hydrogen Sulfide-Producing Enzyme in Mammalian Cells. *Chem. Res. Toxicol.*, 24, 1633-1635.
- 2) Ida T, Sawa T, Ihara H, Tsuchiya Y, Watanabe Y, Kumagai Y, Suematsu M, Motohashi H, Fujii S, Matsunaga T, Yamamoto M, Ono K, Devarie-Baez NO, Xian M, Fukuto JM, Akaike T (2014) Reactive cysteine persulfides and S-polythiolation regulate oxidative stress and redox signaling. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 111, 7606-7611.
- 3) Abiko Y, Yoshida E, Ishii I, Fukuto JM, Akaike T, Kumagai Y (2015) Involvement of Reactive Persulfides in Biological Bismethylmercury Sulfide Formation. *Chem. Res. Toxicol.*, 28, 1301-1306.
- 4) Akiyama M, Unoki T, Shinkai Y, Ishii I, Ida T, Akaike T, Yamamoto M, Kumagai Y (2019) Environmental electrophile-mediated toxicity in mice lacking Nrf2, CSE, or both. *Environ. Health Perspect.*, 127, 67002.
- 5) Unoki T, Akiyama M, Kumagai Y (2020) Nrf2 Activation and Its Coordination with the Protective Defense Systems in Response to Electrophilic Stress. *Int. J. Mol. Sci.*, 21, 545.
- 6) Akaike T, Ida T, Wei FY, Nishida M, Kumagai Y, Alam MM, Ihara H, Sawa T, Matsunaga T, Kasamatsu S, Nishimura A, Morita M, Tomizawa K, Nishimura A, Watanabe S, Inaba K, Shima H, Tanuma N, Jung M, Fujii S, Watanabe Y, Ohmuraya M, Nagy P, Feelisch M, Fukuto JM, Motohashi H (2017) CysteinyI-tRNA synthetase governs cysteine polysulfidation and mitochondrial bioenergetics. *Nat. Commun.*, 8, 1177.
- 7) Dóka É, Ida T, Dagnell M, Abiko Y, Luong NC,

Balog N, Takata T, Espinosa B, Nishimura A, Cheng Q, Funato Y, Miki H, Fukuto JM, Prigge JR, Schmidt EE, Arnér ESJ, Kumagai Y, Akaike T, Nagy P (2020) Control of protein function through oxidation and reduction of persulfidated states. *Sci. Adv.*, 6, eaax8358.

- 8) Nishimura A, Shimoda K, Tanaka T, Toyama T, Nishiyama K, Shinkai Y, Numaga-Tomita T, Yamazaki D, Kanda Y, Akaike T, Kumagai Y, Nishida M (2019) Depolysulfidation of Drp1 induced by low-dose methylmercury exposure increases cardiac vulnerability to hemodynamic overload. *Sci. Signal.*, 12, 587.

■病態メカニズムグループ(基盤研究)

メチル水銀毒性センサーの開発と毒性機序の解析(RS-20-03)

Development of sensor for methylmercury toxicity and research on the mechanism of the methylmercury neurotoxicity

[主任研究者]

住岡暁夫(基礎研究部)

研究の総括、実験全般の実施

[共同研究者]

藤村成剛(基礎研究部)

研究全般に対する助言とサポート

[区分]

基盤研究

[重点項目]

メチル水銀曝露の健康影響評価と治療への展開

[グループ]

病態メカニズム

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 年)

[キーワード]

メチル水銀(Methylmercury)、シナプス(Synapse)、軸索(Axon)、生体イメージング(Bioimaging)

[研究課題の概要]

メチル水銀(MeHg)の曝露は神経細胞死を引き起こすが、脳組織内での細胞特異性や発達時期による違いを担うメカニズムは不明である。しかし、個体へのMeHg曝露実験では、MeHgが脳に到達し神経細胞死にいたるまでの時期を捉え解析を行うことは困難である。そこで、MeHg毒性のセンサーベクターを開発し、毒性を可視化するとともに、MeHgによる神経細胞への障害作用を検証する。

[背景]

MeHgの毒性機序は、酸化ストレス傷害をトリガーとする。しかし、酸化ストレス傷害の作用は多岐にわたるため、MeHg曝露が中枢神経系で神経細胞死をもたらす経路や、MeHgの病変部位の特異性を説明する分子メカニズムなど、未だ不明な点が多い(図1)。

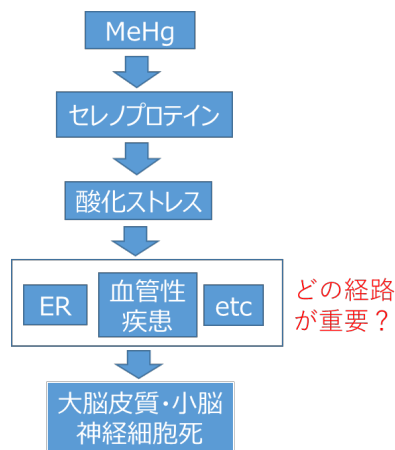


図1. MeHgの毒性経路の概念図

脳内のMeHgはセレノプロテインに作用し、酸化ストレスを誘導し、様々な過程を経て神経細胞死を引き起こす。

MeHg曝露が神経細胞死をもたらす経路を解析するにあたり、MeHgが脳に移行してから神経細胞死にいたるまでの適切な時期に観察する必要がある。しかし、動物実験においてMeHgの作用には個体差があり、MeHgの脳への移行は採取した組織中のHg量を測定し評価するため、煩雑な手間と時間的・空間的分解能の低さが問題になる。そこで、MeHgによるセレノシステインの翻訳障害¹⁾を利用して、MeHgによる障害を可視化するセンサーベクターを開発する。

脳の高次機能は神経回路網による情報伝達で維持されている。この情報伝達は、軸索と神経細胞間を繋ぐシナプスで行われる。そこで、MeHgによる神経細胞への毒性の解析にあたって、神経細胞の機能を

担うシナプスと軸索に注目して解析を行う。

興奮毒性によるシナプスの異常は酸化ストレスとの関連性が報告されている²⁾。興味深いことに、興奮毒性の主要な因子であるグルタミン酸受容体は、サブユニット毎に特異的な脳内の発現分布・発生時期を示し³⁾ており、MeHgの細胞選択性と関連する可能性がある。そこで、MeHgによるシナプスの興奮毒性経路への作用を検証する。

神経細胞内で情報伝達を担う軸索のマーカータンパク質として微小管重合タンパク質 Tau が知られている。Tau の病変は ALS やアルツハイマー病などの様々な神経変性疾患の原因と考えられている。興味深いことに、MeHg は微小管の重合を阻害し、マウスへの MeHg 曝露は Tau 蛋白質のリン酸化修飾の増大を引き起こす^{4,5)}。そこで、MeHg による軸索のタンパク質への作用を検証する。

本計画は 2018-2019 年度に実施した「メチル水銀による中枢神経系における後期毒性機序の研究」で提案した研究案から、成果の得られた計画を中心に発展させた継続課題である。

[目的]

MeHg の細胞選択性や発達時期依存性のメカニズムを明らかにしたい。その際に適切な解析時期を把握する必要があり、この問題を解決するため MeHg 毒性のセンサーベクターを開発する。並びに、神経細胞の情報伝達を担うシナプスと軸索に注目し、MeHg の神経細胞への毒性機序を研究する。

[期待される成果]

MeHg 毒性のセンサーベクターの開発によって、これまで困難であった細胞やマウスの生体を用いたリアルタイムの MeHg 障害の観察が可能になる。このセンサーベクターを利用した MeHg 毒性の可視化マウスによって、神経細胞死に至るまでのメカニズムの理解とこれまで見落とされていた障害の発見などが期待できる。

MeHg と神経細胞の興奮毒性の主要な因子であるグルタミン酸受容体のサブユニット発現との関連を明らかにすることで、MeHg の選択的神経傷害メカニ

ズムへの知見が得られる。そして、Tau 蛋白質を代表とする軸索タンパク質の異常を観察することで、MeHg による神経機能障害への知見が得られると期待できる。

[年次計画概要]

1. 2021 年度以降

2020 年度までに設計したセンサーベクターについて、他の酸化剤の比較や、他の毒性センサーとの比較を実施し、これまでの知見とともに論文にまとめる。

センサーベクターを発現するセンサーマウスを作成する。しかし、現在設計されたベクターは、1 つの遺伝子の発現用に別れているため、遺伝子の安定発現株の取得と維持が困難であり、これを解決するため、2 つの遺伝子の発現を一つにまとめたベクターを設計し作成する。

[2020 年度の研究実施成果]

1. メチル水銀毒性のセンサーベクターの開発に関する研究

蛍光蛋白質 GFP を利用した蛍光シグナル検出系から、新たにホタルルシフェラーゼを利用した化学発光法を導入した。その結果、培養細胞系で発光法での 1-10 倍から、発光法での 1-1000 倍以上の範囲で定量的なシグナル検出が可能になった。

センサーベクターの評価・改善については、前年度の外部評価会議での指摘をもとに、MeHg 依存的にシグナルを増加するセンサーベクターの開発を代わりに優先させた。転写抑制ドメインと DNA 結合ドメインの融合タンパク質に人工的なセレノシステイン残基を導入したセンサーベクターを作成し、MeHg 依存的に増大したシグナルを得ることに成功した(図 2, 3)。

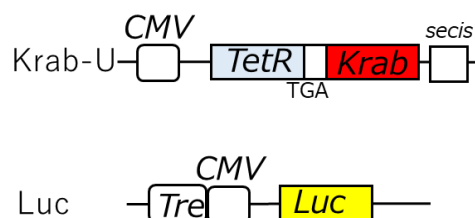


図2 MeHg 毒性センサー案2 (Krab-U/Luc)

MeHg への曝露でセレノシステインの挿入が障害を受け、転写抑制ドメインが欠損し、ルシフェラーゼが発現誘導する。

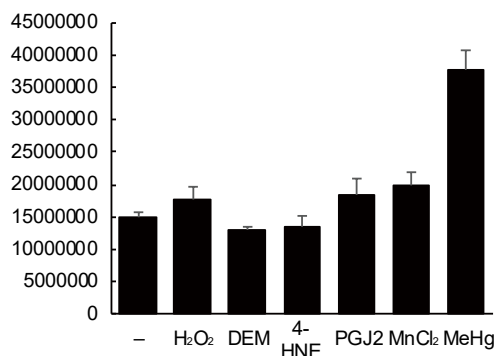


図3 Krab-U/Luc センサーによる毒性検出

培養細胞系で、Krab-U/Luc センサーによって、酸化剤から MeHg 特異的な毒性を検出。

2. メチル水銀による神経細胞の興奮毒性経路に対する作用に関する研究

MeHg の神経毒性の機序を解析するに当たり、個体レベルでの解析は、MeHg の投与後に脳に到達してから神経細胞死に至るまでの適切な期間を捉える必要がある。そこで、2018-2019 年度の計画で、小脳顆粒細胞の初代培養法を導入し、MeHg 投与時のシナプス蛋白質の発現分布の変化を観察した。その結果、AMPA 型グルタミン酸受容体の MeHg 曝露時の後シナプス画分への異常な局在が観察されたので、本年度はその詳細とメカニズムについて検証を行った。他のグルタミン酸受容体の局在を観察したところ、MeHg による局在異常は、AMPA 受容体特異的な現象であることが分かった。さらに他の酸化誘導剤に曝露した結果、AMPA 受容体の局在な異常は MeHg 特異的であることが分かった。また、NMDA 受容体の阻害剤、カルシウムイオンのキレーター投与実験から、MeHg によって誘導される AMPA 受容体の局在変化は、従来の NMDA 受容体-カルシウムシグナル経路に依存しないことが分かった。

2018-2019 年度の計画で、軸索のマーカー蛋白質 Tau の過剰リン酸化を誘導する遺伝子改変マウスで MeHg への感受性増大を示す予備的な知見が得られている。本年度は、例数を増やし死亡曲線を測定した結果、オス、メス両方の遺伝子改変マウスで MeHg 曝露から死亡するまでの期間が半減する、劇

的な MeHg への感受性増大が観察された。また、脳内への MeHg の移行量を、脳組織を採取して全水銀量を測定し評価を実施している。

[備考]

なし

[研究期間の論文発表]

なし

[研究期間の学会発表]

- 1) [Sumioka A](#) (2020) Methylmercury induces abnormal localization of AMPA-type Glutamate receptor. Annual meeting of MBSJ, online
- 2) [住岡暁夫](#) (2021) メチル水銀により誘導される AMPA 型グルタミン酸受容体の異常な局在. メチル水銀研究ミーティング, オンライン

[文献]

- 1) Usuki F, Yamashita A, and Fujimura M. (2011) Post-transcriptional defects of antioxidant selenoenzymes cause oxidative stress under methylmercury exposure. J Biol Chem. 286, 6641-6649.
- 2) Bondy S C, and LeBel C P. (1993) The relationship between excitotoxicity and oxidative stress in the central nervous system. Free Radic Biol Med. 14, 633-642. Review.
- 3) Tomita S, Chen L, Kawasaki Y, Petralia R S, Wenthold R J, Nicoll R A and Brecht D S. (2003) Functional Studies and Distribution Define a Family of Transmembrane Ampa Receptor Regulatory Proteins. Journal of Cell Biology 161, 805-816.
- 4) Fujimura M, Usuki F, Sawada M and Takashima A (2009) Methylmercury Induces Neuropathological Changes with Tau Hyperphosphorylation Mainly through the Activation of the C-Jun-N-Terminal Kinase Pathway in the Cerebral Cortex, but Not in the Hippocampus of the Mouse Brain. Neurotoxicology 30, 1000-1007.
- 5) Miura K, Inokawa M, and Imura N (1984) Effects of

methylmercury and some metal ions on microtubule networks in mouse glioma cells and in vitro tubulin polymerization. Toxicology and Applied Pharmacology 73, 218-231.

2. 臨床・福祉・社会グループ

Medical practice・Welfare・Society Group

【研究】

水俣病被害者の高齢化に伴い、水俣病による中枢神経障害に起因する症状の他に、変形性頸椎症やメタボリックシンドロームなどによる症状が加わり、臨床的な神経学的所見だけで水俣病を診断することは困難になってきていることから、他の疾患と鑑別するのに有用な水俣病を含めたメチル水銀中毒の客観的診断法の確立が望まれている。

また、痙縮やジストニアなどの不随意運動、神経障害性疼痛や運動失調、振戦などの不随意運動などが水俣病患者の生活の質(QOL)の低下に深く関与しており、有効な治療法が望まれている。

さらに、水俣病被害地域における地域再生に向けて、綿密な計画の企画が求められている。

そこで、本研究グループでは、水俣病患者の神経機能の客観的な評価のための脳磁計(MEG)及びMRIを用いた脳機能の評価法の確立を目指した研究を行っている。また、上記の症状に対する磁気刺激治療の有効性と安全性を検討する研究を開始した。さらに、水俣病被害地域における地域再生の課題を多角的に分析する研究も開始した。

当グループの各研究についての令和2年度研究概要は以下のとおりである。

〔研究課題名と研究概要〕

1. メチル水銀曝露のヒト健康影響評価及び治療に関する研究

(プロジェクト研究)

中村政明(臨床部)

水俣病の病態の客観的評価法の確立のために、MEGとMRIを用いて、水俣病認定患者および水俣病被害地域以外のコントロール地区の症例の所見の比較検討を行っている。

MEGによる感覚野の解析で、水俣病とコントロールを判別するのに有用なパラメータが、体性感覚誘発脳磁場(SEF)のN20mの振幅・波形の再現性・感覚野のhigh γ 活動を検討することで、水俣病とコントロールが

60%以上の感度で識別できることを見出した。また、水俣病認定患者ではSEFの γ 活動が低下しているため、感覚野のconnectivityが障害されている可能性がある。そこで、感覚野のconnectivityの評価法の確立のために、標準脳を用いて同定した感覚野由来のSEFのデータを抽出し、感覚野のネットワークを評価するスク립トの開発を進めている(産業技術総合研究所の岩木先生との共同研究)。

水俣病とコントロールの脳内ネットワークを比較するために、明らかな他原因による脳の器質的疾患を有する者を除外した14例の水俣病認定患者と39例の健常者を対象に、安静時fMRIの解析を行った。その結果、機能的結合度は、水俣病において、尾状核/視床-小脳、後頭葉-側頭葉(Heschl 回を含む)で低下し、楔前部/後部帯状回-下側頭回、小脳半球-後頭葉、側頭葉-淡蒼球間で上昇していた(熊本大学の平井教授との共同研究)。

水俣病の治療研究では、九州大学病院臨床研究審査委員会に、「水俣病患者を含む神経障害性疼痛に対する磁気刺激治療の有効性を確認する単施設前後比較試験」の研究課題について申請し、承認された。また、水俣病認定患者13名の訪問聞き取りを行った。

2. 水俣病被害地域における地域再生に関する研究

(基盤研究)

原田利恵(国際・総合研究部)

研究課題を多角的に分析するために、①水俣病被害の実態把握の上、②地域の福祉的課題を掘り起こし、③課題解決へ向けて地域再生のノウハウとしての地元学・地域研究を行い、④先駆的・実験的取組としてアートによる地域づくりを検証するという、4つの異なる視点から研究を開始した。

研究対象は、水俣病患者を基軸として、家族、コミュニティ、専門的機関、地域全体へと展開する計画である。

2020年度は主に①及び②に中心的に取り組んだ。

① については、水俣市袋地区及び津奈木町における妊産婦調査(Itai,2003)を軸にヒアリング調査を実施中である。②については、水俣市社会福祉協議会と協働で「水俣市における地域福祉ニーズ調査」を実施した。③はプレ調査段階である。④は津奈木美術館の企画に協力するなど参与観察を行っている。

調査が終了した②地域福祉ニーズ調査についての概要は次の通りである。

ケアラー(介護を行っている人)の実態調査を目的として、水俣市内5地区(1,021世帯)を対象としたアンケート調査を実施した。回収率は24.49%であった。

アンケートに答えてくれたケアラーの90%は、主に親族等からのサポートを受けながらケアを続けている状況であったが、「誰からも支えてもらっていない」と回答した人が10%いた。

また、ケアラーの40%が「信頼して相談できる人や機関・窓口がない」と答え、孤立感を感じている人が12%いた。

まわりに支えてくれる人が誰もおらず、孤立感を感じているケアラーに対する、専門的な相談窓口・機関からの支援が喫緊の課題であることが判明した。

続いて、アンケートでインタビューに協力してもよいと回答した人への訪問ヒアリングや市内の福祉や地域関係の団体へのヒアリングを実施し、水俣市における地域福祉の課題を具体化した。

【業務】

臨床部は、水俣病患者の高齢化を踏まえ地域の福祉向上を目指し、関係機関と協力して積極的に水俣病対策に関する業務を行っている。水俣病被害者やその家族に有効な在宅支援の在り方を検討するために、平成18年度より3年間、「介護予防等在宅支援モデル事業」を、平成21年度より3年間、「介護予防等在宅支援のための地域社会構築推進事業」、平成24年度より1年間、「水俣病被害者支援のための地域社会福祉推進事業」を実施してきた。今年度も引き続き、これまでの実績を踏まえて、更に介護予防事業が水俣病被害地域に根付くように、水俣市及び出水市での福祉活動を支援した。平成28年度よりアンケート調査による手工芸のプログラムの改善を開始するとともに、

地域リビングへの参加者の増加を目指して、平成29年度より国水研のホームページとfacebookを用いて地域リビングの広報活動を開始した。

また、胎児性・小児性を中心とした水俣病患者のデイケアを取り入れた外来リハビリテーションに加えてリハビリテーションの啓発活動(リハビリテーション技術講習会及び介助技術講習会)による知識の共有、地域への情報発信、水俣病認定患者の疼痛、痙縮に対する振動刺激治療や骨格筋電気刺激の有用性についての検討を行っている。更に、平成26年度に導入した起立運動や歩行運動をアシストするロボットスーツ(HAL: Hybrid Assistive Limb)を着装しての平行棒内歩行訓練や無動力歩行アシスト機(アルク)を使った歩行訓練を行っている。

水俣病の剖検例の病理組織標本及び資料は、他の疾患等と異なり、極めて貴重なものであるため、デジタル化して永久保存するとともに有効活用できるよう、体制の整備を進めている。

さらに、水俣市との包括的連携協定を推進するために、水俣市や関連団体への情報提供・調査を開始した。

当グループの各業務についての令和2年度業務概要は以下のとおりである。

【業務課題名と業務概要】

1. 地域福祉支援業務

(業務)

中村 政明(臨床部)

水俣病被害者やその家族等の高齢化に伴う諸問題に対して、ADLの改善につながるようなリハビリを含む支援のあり方を検討するために、平成18年度より3年間、「介護予防等在宅支援モデル事業」を、平成21年度より3年間、「介護予防等在宅支援のための地域社会構築推進事業」、平成24年度より1年間、「水俣病被害者支援のための地域社会福祉推進事業」を実施してきた。

今年度は、これまでの実績を踏まえて、さらに介護予防事業が水俣病被害地域に根付くように、水俣市では「手工芸で脳トレ」を行うことで水俣市社会福祉協議会の公民館活動を支援した。さらに、より良い手工

芸を提供するために、地域リビング参加者にアンケート調査を行い、手工芸のプログラムを作成したところ、参加者のより高い満足度を得ることが出来たが、新型コロナウイルス感染症のため参加者が激減した。また、水俣地区で課題になっている介護問題に対して、水俣市社会福祉協議会と共同でケアラー支援事業を開始する予定だったが、新型コロナウイルス感染症のため中止となった。

また、出水市に関しては、出水市社会福祉協議会・高尾野支所・野田支所の「ふれあいいいききサロン活動」の支援を行った。アンケート調査で出水市の参加者にも高い満足度が得られたが、新型コロナウイルス感染症のため参加者が激減した。

活動範囲を津奈木町に展開するために、津奈木町社会福祉協議会に手工芸教室の体験をしていただく予定であったが、新型コロナウイルス感染症のため中止となった。

多くの地域住民に介護予防事業に参加していただくために、国水研のホームページとfacebookを用いて地域リビングの広報活動を行った。特に、facebookでは、毎回実施した手工芸教室の活動報告と次回の予告を行い、最新の情報を発信した。

2. 水俣病患者に対するリハビリテーションの提供と情報発信 (業務)

中村 篤(臨床部)

胎児性・小児性を中心とした水俣病患者を対象に、生活の質(QOL)の向上を第一の目的として、デイケアの形で外来リハビリテーションを実施した。COVID-19の感染拡大の影響を受け、講習会の中止および外来リハを行うことができない時期もあった。その中でも単身者に対しては電話や短時間での訪問を実施することでサポートを継続し、柔軟に対応することができた。

これまで実施している振動刺激、促通反復療法(川平法)、ロボットスーツ HAL に加え、末梢性磁気刺激、ベルト電極式骨格筋電気刺激、無動力歩行アシスト機(アルク)を新たに導入し、歩行障害に焦点を当てたリハビリテーションを実施した。また、視線入力やiPadを用いたコミュニケーション方法の訓練も導入したことで、利用者の利用頻度の増加にもつながった。

また、地域住民への情報発信、介護予防に関する取り組みとして、もやい直しの事業の一環として設立された「おれんじ館」へ月に3回訪問し、水俣病患者を含めた地域の高齢者を対象に、身体機能評価や認知機能評価、ADL評価、健康体操教室を開催した。今年度開催できなかった講習会の次年度の開催に向け、web会議などの方法の検討を行った。

3. 水俣病病理標本を用いた情報発信 (業務)

丸本倍美(基礎研究部)

水俣病の剖検例の病理組織標本は、他の疾患等と異なり人類が二度と得ることが出来ない極めて貴重なものであり、世界中で水俣病の病理組織標本を多数保有している研究機関は当センターのみである。しかしながら、病理組織標本は年月の経過とともに褪色が起るため永久に保管することが困難である。現在、永久保存を目指し、水俣病症例の病理組織標本を継続的にデジタル化する。また、デジタル化した病理組織標本を、病理を学ぶ学生および研究者のための教材として活用するためのホームページを作成する。併せて、一般市民や子供たち向けの病理学解説パンフレットの作成を行う。

当センターでは、病理組織標本の他にも貴重な病理に関する試料を多数保有しており、それらの整理・保存作業も継続的に実施する。

4. 水俣市との包括的連携協定に関するニーズ調査業務 (業務)

原田利恵(国際・総合研究部)

本業務では、水俣市との包括的連携協定に基づき、水俣市との協力関係を強化し、「もやい直し」を含む地域再生に関する施策を支援することを目的としている。

具体的には、地域政策研究室がこれまで培ってきた地域におけるネットワークや調査実績を活かして、水俣市や関連団体への情報提供・調査の協力等を行っていく。

2020年度は、「水俣市における地域福祉ニーズ調査」について報告書にまとめた。調査結果は水俣市と水俣市社会福祉協議会が策定した「第3次水俣市地

域福祉計画・地域福祉活動計画」に反映された。

また、水俣市の地域振興係の空き家対策、移住者支援に関して、情報提供を行い、協働で空き家の視察、空き家所有者や移住者へのヒアリングを行った。移住者へのヒアリングは、雑誌『田舎暮らし』の水俣特集に掲載された。また、新規開設した移住ポータルサイトに順次、反映されている。

次年度以降も、水俣市社会福祉協議会及び水俣市企画課地域振興係への調査協力等を継続して行う。

■臨床・福祉・社会グループ(プロジェクト研究)

メチル水銀曝露のヒト健康影響評価および治療に関する研究(PJ-20-02)

Research on health effects of methylmercury exposure in humans and therapeutic development

[主任研究者]

中村政明(臨床部)

研究の総括、研究全般の実施

水俣病患者の治療法の検討

田尻征治(水俣市立総合医療センター)

患者のリクルート

衛藤誠二(鹿児島大学)

河村健太郎(鹿児島大学)

菅田陽怜(大分大学)

河上敬介(大分大学)

治療効果の評価

井崎敏也(岡部病院)

ボツリヌス治療の実施

[共同研究者]

三浦陽子(臨床部)

脳磁計(MEG)、筋電図の測定

板谷美奈(臨床部)

診察・検査の補助

中村 篤(臨床部)

検査の補助

劉 曉潔(環境・保健研究部)

水俣病認定患者とのコンタクト

山元 恵(環境・保健研究部)

毛髪水銀濃度の測定

坂本峰至(所長特任補佐)

臍帯水銀濃度に関する情報提供

藤村成剛(基礎研究部)

基礎研究から治療に関する助言

楠 真一郎(水俣市立総合医療センター)

近藤 匠(水俣市立総合医療センター)

MRI 検査の助言、サポート

平井俊範(熊本大学)

阿部 修(東京大学)

MRI の解析

飛松省三(福岡国際医療福祉大学)

Samu Juhana Taulu(the University of Washington)

MEG 研究の助言

岩木 直(産業技術総合研究所)

MEG 解析のスキプトの作成

郡山千早(鹿児島大学)

立森久照(国立精神・神経医療研究センター)

統計解析

大林光念(熊本大学)

糖尿病性ニューロパチーの MEG 解析

水俣病の治療向上に関する検討班

[区分]

プロジェクト研究

[重点項目]

メチル水銀曝露の健康影響評価と治療への展開

[グループ]

臨床・福祉・社会

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

水俣病 (Minamata disease)、脳磁計 (magneto-encephalography)、MRI、経頭蓋磁気刺激 (transcranial magnetic stimulation)、ボツリヌス治療 (botulinum toxin therapy)

[研究課題の概要]

水俣病を含むメチル水銀中毒の客観的な診断法の確立を最終目的として、本研究では脳磁計(MEG)とMRIを用いたメチル水銀中毒の脳機能の客観的評価法としての有用性について検討する。

また、胎児性・小児性水俣病を含む水俣病患者のQOL(Quality of Life:生活の質)の向上を目指して、

症状及び合併症の病態を把握するとともに、有効な治療法について検討する。

[背景]

水俣病の診断は、疫学的条件と神経症候の組み合わせによりなされているのが現状であり、客観的指標に乏しいことが現在の診断が混迷している原因の一つとなっている。メチル水銀の人体への曝露量を評価する際に毛髪水銀濃度が有力な指標として使用されているが、慢性期の影響評価には適さないことに加えて、感覚障害、小脳失調、視野・聴覚障害といった症状は、水俣病の神経症状の病態を直接反映する指標ではない。また、水俣病被害者へのより良いフォローアップを行う上で、病態の客観的評価の確立が求められている。近年、MEG¹⁾やMRIなど、開頭することなく脳の働きを視覚化する技術(非侵襲計測技術)の進歩により、メチル水銀中毒の脳機能の科学的な解明が期待されるようになった²⁾。

水俣病、とりわけ胎児性・小児性水俣病の症状である神経障害性疼痛や振戦、運動失調はこれまであまり有効な治療法がなく、患者のADL (Activities of Daily Living: 日常生活動作)の低下の大きな一因になってきた³⁾。近年、前述の症状に対する有効な治療法として、磁気刺激治療が注目されている⁴⁾。そこで、水俣病の神経障害性疼痛や振戦、運動失調などの後遺症に対する磁気刺激治療の有効性と安全性について検討する。

[目的]

メチル水銀曝露の病態を客観的に評価するために、水俣病被害地域とコントロール地区の高齢者において、MEG・MRI検査を実施し、比較検討を行う。

また、水俣病患者のQOL改善のために、ADL低下の一因となっている神経障害性疼痛や振戦、運動失調などの後遺症に対する磁気刺激治療の有効性と安全性について検討する。

[期待される成果]

MEGを用いた中枢性感覚障害を客観的に評価する方法やMRIを用いた脳萎縮部位の同定や神経線

維の走行・脳内のネットワークの解析が確立されれば、混迷している水俣病の診断に寄与するとともに、治療の効果を客観的に評価できることが期待される。更に、経時的に水俣病患者の脳機能を客観的に評価することで、水俣病患者の健康管理やリハビリテーションの進め方等、水俣病患者にとってより良い環境作りを構築していく上で役立つ情報が得られることが期待される。

水俣病の症状であるADL低下の一因となっている神経障害性疼痛や振戦、運動失調などの後遺症に対する磁気刺激治療の有効性と安全性が確立すれば、メチル水銀中毒の後遺症で苦しんでいる多くの方を救済できることが期待される。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

水俣病の病態の客観的評価法の確立のために、水俣病認定患者及びコントロール地区の高齢者のMEG データを用いて、感覚障害の客観的評価に適した解析法の検証・開発を行う。

また、MRIを用いてresting state fMRIを行うことで、水俣病の脳内ネットワークを検討する。

水俣病患者のQOLを妨げる要因の一つである神経障害性疼痛に対する磁気刺激治療が実施できるよう準備を進める。

2. 2021 年度

MEGを用いた水俣病の感覚障害の評価に関して論文作成を行う。引き続き、水俣病認定患者のデータ取得に努めるとともに、病態の客観的評価法の確立のために、MEG・MRIによる客観的評価法の検証・開発を行う。

水俣病患者のQOLを妨げる要因の一つである神経障害性疼痛に対する磁気刺激治療を開始する。

3. 2022 年度

水俣病認定患者のデータ取得に努めるとともに、病態の客観的評価法の確立のために、MEG・MRIによる客観的評価法の検証・開発を行う。

水俣病患者のQOLを妨げる要因の一つである神

経障害性疼痛に対する磁気刺激治療を継続して行う。(図 1)。

4. 2023 年度

水俣病認定患者のデータ取得に努めるとともに、病態の客観的評価法の確立のために、MEG・MRI による客観的評価法の検証・開発を行う。

水俣病患者の QOL を妨げる要因の一つである神経障害性疼痛に対する磁気刺激治療の有効性と安全性に関する結果を取りまとめる。

5. 2024 年度

水俣病認定患者のデータ取得に努めるとともに、病態の客観的評価法の確立のために、MEG・MRI による客観的評価法の検証・開発を行う。

治療研究に関しては、水俣病の運動失調に対する磁気刺激治療の有効性と安全性についての治療研究を開始する。

[2020 年度の研究実施成果]

1. 水俣病認定患者とコントロールの SEF データの比較・検討:

水俣病認定患者 43 名とコントロール 219 名の SEF データの比較・検討を行った(① 70 歳未満のグループ:コントロール:138 名:男性 75 名、女性 63 名、 59.6 ± 5.3 歳;水俣病認定患者:17 名:男性 10 名、女性 7 名、 58.8 ± 4.2 歳;② 70 歳以上のグループ:コントロール:81 名:男性 40 名、女性 41 名、 76.7 ± 5.0 歳;水俣病認定患者:26 名:男性 13 名、女性 13 名、 77.5 ± 5.2 歳)(SEF の評価項目:① N20m の振幅、② N20m の波形の再現性(センサーの N20m の平均波形と個々の刺激の N20m 波形との相互相関係数で評価)、③ N20m の γ 帯域の検討)。本解析において感覚野に相当するチャンネルを選定することが重要であるため、センサーの SEF の N20m 波形と N20m の source wav の correlation を計算し、最も correlation が高いセンサーで解析を行った。

両方のグループで、両手の刺激で水俣病認定患者で N20m の振幅の低下と N20m 波形の再現性の低下が認められた。特に、水俣病認定患者で N20m 波形の再現性の低下を示した症例が多く見られた

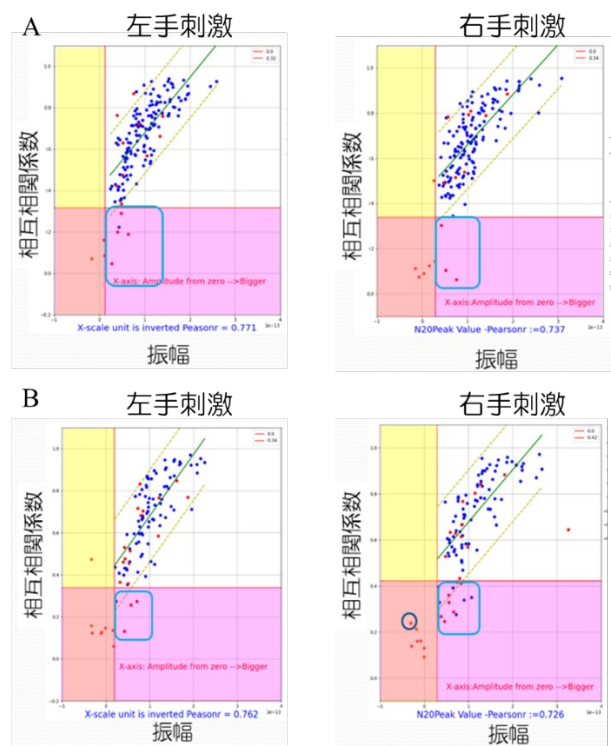


図 1:N20m の振幅と N20m 波形の再現性

A:70 歳未満のグループ B:70 歳以上のグループ

●:コントロール ●:水俣病認定患者

次に、感覚野のネットワークに重要な役割を果たしている N20m の γ 帯域を検討したところ、両方のグループで、両手の刺激で水俣病認定患者で N20m の γ 帯域が低下していることが判明した(図 2)。

SEF の評価項目である① N20m の振幅、② N20m の波形の再現性、③ N20m の γ 帯域のいずれかで異常があるのは、コントロールで 19 名、水俣病認定患者で 28 名であった(感度:65.1%; 特異度:91.3%)。

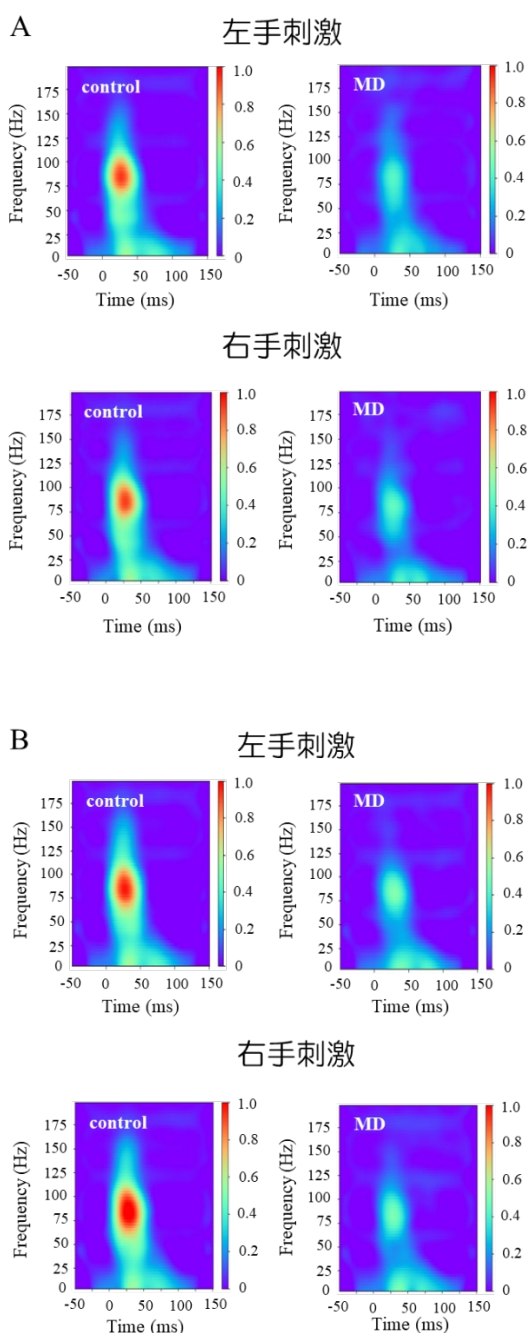


図 2: N20m の γ 帯域の検討

A: 70 歳未満のグループ B: 70 歳以上のグループ

2. 感覚野のネットワークの定量システムの開発:

水俣病認定患者は感覚野のネットワークが破綻している可能性があるため、昨年度から第 1 次体性感覚野と第 2 次体性感覚野との connectivity を調べるスクリプトの作成を行っている。

現在、SEF の raw data から同定された感覚野部位由来の波形の抽出を行っている。

3. 安静時 fMRI による水俣病の脳内ネットワークの解析:

水俣病とコントロールの脳内ネットワークを比較するために、明らかな他原因による脳の器質的疾患を有する者を除外した 14 例の水俣病認定患者と 39 例の健常者を対象に、安静時 fMRI の解析を行った。その結果、機能的結合度は、水俣病において、尾状核/視床-小脳、後頭葉-側頭葉 (Heschl 回を含む) で低下し、楔前部/後部帯状回-下側頭回、小脳半球-後頭葉、側頭葉-淡蒼球間で上昇していた (図 3) (熊本大学の平井教授との共同研究)。

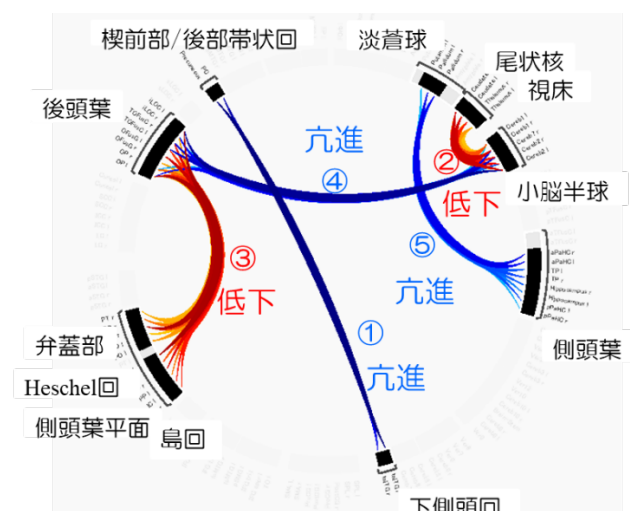


図 3: 水俣病の脳内ネットワークの解析

4. 神経障害性疼痛に対する磁気刺激 (rTMS) 治療:

水俣病の神経障害性疼痛に対する磁気刺激治療の研究に関しては特定臨床研究に該当するため、昨年度に九州大学病院臨床研究審査委員会に「水俣病患者を含む神経障害性疼痛に対する磁気刺激治療の有効性を確認する単施設前後比較試験」の研究課題について認定臨床研究審査委員会に申請し、令和 2 年 6 月に承認されたが、修正項目があったため、令和 2 年 10 月に修正申請し、11 月に承認された。今年度は 2 名の登録があったが、新型コロナウイルス感染症の流行のため、次年度に延期となった。

5. 水俣病認定患者の訪問聞き取り

水俣病認定患者 15 人を訪問し、現在の状況の聞き取りを行った（延べ回数：21 回：劉担当）。

[備考]

毎月 1 回、水俣市立総合医療センターに研修に来ている医学部生に対して、水俣病の説明及び MEG・磁気刺激の体験実習を行った。

[研究期間の論文発表]

- 1) 坂本峰至, 柿田明美, 中村政明. 「メチル水銀」
脳の発生とその異常－D.外的要因による異常.
CLINICAL NEUROSCIENCE 2020 Dec; 38(12):
1594-1597.

[研究期間の学会発表]

- 1) 中村政明. 脳磁計と MRI を用いた水俣病の臨床研究. 脳磁計(MEG)と MRI を用いた水俣病の臨床研究に係る報告会, 水俣. 2020. 12.
- 2) 平井俊範、中村政明、阿部 修、戌亥章平、東美奈子、服部洋平: 水俣病における脳構造の統計解析- 安静時 fMRI による解析. 令和 2 年度度「重金属等による健康影響に関する総合的研究」水俣病に関する総合的研究, Web meeting, 2021. 1.

[文献]

- 1) 中里信和(2006)脳磁図検査の臨床応用. 神経内科 65: 508-519.
- 2) 鶴田和仁, 藤田晴吾, 藤元登四郎, 高田橋篤史 (2008)有機水銀中毒患者における体性感覚誘発磁場(SEF)の検討. 第 38 回日本臨床神経生理学会.
- 3) 原田正純(2000)胎児性メチル水銀症候群. 領域別症候群シリーズ. 30 Pt 5, pp. 102-104.
- 4) Lefaucheur JP, André-Obadia N, Antal A, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). Clin Neurophysiol 2014;125:2150-206.

■臨床・福祉・社会グループ(基盤研究)

水俣病被害地域における地域再生に関する研究(RS-20-04)

Area studies about the regional revitalization in Minamata City and neighboring cities

[主任研究者]

原田 利恵(国際・総合研究部)
研究全般

Studies)、地域社会(Local Community)、社会的環境(Social Environment)、地域再生(Regional Revitalization)

[共同研究者]

中村 政明(臨床部)
調査・研究についての助言
松山 明人(国際・総合研究部)
調査・研究についての助言
吉本 哲郎(地元学ネットワーク)
調査の共同実施、研究への助言
石原 明子(熊本大学)
調査の共同実施、研究への助言
板井八重子(くすのきクリニック)
調査の共同実施、研究への助言
田代 久子(水俣市社会福祉協議会)
調査の共同実施、研究への助言
楠本 智郎(つなぎ美術館)
調査の共同実施、研究への助言
亀山ののこ(フォトグラファー)
共同調査・映像記録

[研究課題の概要]

水俣市を中心として水俣病により被害を受け疲弊した地域における再生に関する社会学的研究を行う。

[背景]

1994年、吉井正澄元市長が「もやい直し」を宣言してから26年、2009年の地域振興を盛り込んだ水俣病特別措置法成立から11年が経過した。

しかしながら、地域の衰退(高齢化問題、人口減少、耕作放棄地、空き家・空き店舗問題等)は止まらず、市民は閉塞感を感じている。したがって、こうした問題に対する新しいアプローチを検討し提示することが求められている。

[目的]

水俣病により被害を受け疲弊した地域における地域再生に関する社会学的研究を多角的な視点から行う。水俣病患者を含む地域福祉の向上や衰退地域の活性化のための手法を開発し、水俣病の社会的影響、住民主体の取り組みについて考察し、水俣病に関する歴史的資料の記録・収集・保存を行う。

[区分]

基盤研究

[重点項目]

地域・福祉向上への貢献

[グループ]

臨床・福祉・社会

[研究期間]

2020～2024年度(5ヶ年)

[キーワード]

水俣病(Minamata Disease)、地域研究(Area

[方法]

研究対象は水俣病患者を基軸として、患者家族、小規模地域コミュニティ、専門的機関・行政、地域全体へと展開する。

そして、研究課題を多角的に分析するために、①水俣病被害実態の把握の上、②地域福祉の課題を掘り起こし、③課題解決へ向けて地域再生のノウハウについて考察し、④先進的・実験的取り組みについて検証する。それにより、地域再生の方向性への展望を示す。

水俣病被害地域の再生を研究課題とするにあたっては前提として、被害に関して、少なくとも実態の一部について把握し、被害者の心情を理解する努力が求められる。そして、水俣市において水俣病患者は公害被害者として補償の対象となってきたために、地域福祉施策の対象となることが遅れた。また、水俣病以外の障がい者にとっては、水俣病認定患者の補償内容が手厚く感じられるため、両者の間に距離が生じた面がある。近年、地域福祉の観点から、水俣病問題を論じる必要性が高まり、この領域の研究が進みつつある。

さらに、水俣地域の再生に関する歴史を語る上で欠かせない「もやい直し」について考察し、実績を上げている水俣地域の活性化の取り組みについて、実践の論理的根拠となってきた「地元学」について、検証する必要がある。

最後に市民の閉塞感を突破する糸口として、アートによる地域づくりの可能性について、近代化の負の遺産としての公害を現代美術はどう扱うのか、という視点から考察する。

これらを問題の所在として、被害論、地域福祉論、地元学やアートによる実践理論を踏まえ、水俣病被害地域の再生のあり方についての提示を試みる。

4つの視点から行う調査方法は次の通りである。

①水俣市袋地区及び津奈木町における妊産婦調査(Itai,2004)を軸にヒアリング調査を行い、生活史として記録することで、埋もれた被害実態を明らかにする。坂本(坂本他,2001)や板井(Itai,2004)の研究によると、妊婦へのメチル水銀高濃度曝露による死産における男児の過剰死が示唆されるが、本ヒアリング調査によって、この仮説の検証を試みる。

②地域福祉ニーズ調査及び水俣病患者の福祉ニーズ調査を実施し、地域全体及び水俣病患者における共通の福祉課題を明らかにする。

③地域活性化の成功事例として既にあるシーズをつなぐ概念として、地元学の手法を整理する。地元学の手法を使った水俣市の各種取組について、立ち上げから20年以上経過した現在の状況について考察する。特定の地域について地元学の取組を実践し、方法論について検証する。

④津奈木・水俣地域におけるアートによる地域づくりの企画に関わり、参与観察による事例研究を行い、新しい地域づくりの手法を提案する。

[期待される成果]

公害・環境問題に関する実践的な地域研究の蓄積に貢献できる。

特定の地域において集中的に質的な調査を積み上げていくことで、学術的に貴重なデータが得られる。

地域全体の福祉の底上げをはかることが、水俣病患者の福祉の向上につながる。

アートによる地域づくりという新しいアプローチにより、これまでつながってこなかった人・場所をつなぎ、「もやい直し」の深化を促進させうる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

主に①及び②に取り組む。①では、水俣市袋地区及び津奈木町における妊産婦調査(Itai,2003)を軸にヒアリング調査を実施し、撮影記録も行う。②では、水俣市社会福祉協議会と協同し、水俣市における地域福祉ニーズ調査を実施する。

また、2018－2019 年度基盤研究の「胎児性水俣病の社会的環境に関する研究」の学会誌への掲載を目指す。

2. 2021 年度

①水俣病被害地域における妊産婦調査を継続し、作業仮説を検証する。

②2020 年度に実施した地域福祉ニーズ調査を学術的に取りまとめ、学会発表し、論文化する。

③地元学を援用した中山間地におけるフィールド調査を段階的に実施する。

④津奈木町におけるアートによるまちおこしの参与観察を継続する。

3. 2022 年度

①の妊産婦調査、③の地元学を援用したフィールド調査、④のアートによる地域づくりの事例研究のうち、まとまったものから順次、学会発表し、論文化を行う。

4. 2023 年度

①の妊産婦調査、③の地元学を援用したフィールド調査、④のアートによる地域づくりの事例研究のうち、まとまったものから順次、学会発表し、論文化を行う。

5. 2024 年度

①の妊産婦調査、③の地元学を援用したフィールド調査、④のアートによる地域づくりの事例研究のうち、まとまったものから順次、学会発表し、論文化を行う。

中期計画の総括を行い、時期中期計画の課題を析出する。

[2020 年度の研究実施成果]

1. 妊産婦調査

対象者が高齢であることからアクセスできる件数が限られる中、新型コロナの影響もあり調査に遅れが出たが、対象者の周辺へヒアリングを広げながら調査を進めた。

2. 地域福祉ニーズ調査

水俣市社会福祉協議会が実施主体となり、地域福祉ニーズに関するアンケート調査及びヒアリング調査を実施し、アンケート調査票作成、調査票の集計・分析を行い、ヒアリングに同行した。

なお、本研究は国立水俣病総合研究センター倫理審査委員会の承認を得て行っている(疫学倫理/20/001)。

調査概要は以下の通りである。

目的:水俣市における介護に関する地域福祉ニーズを把握する。

方法:水俣市内で福祉事業所のない 5 地区(1,021 世帯)の全世帯を対象として、自治会を通じてアンケート票を配布し、郵送にて回収した。

回収率は 24.49%であった。

回答者のうち、ヒアリングに協力してもよいと回答した人(7/11 名)への訪問ヒアリング及び、市内の福祉や地域関係の団体(約 20 団体)へのヒアリングを実施した。

アンケート調査票:①フェイスシート、②暮らしの不安、③地域への愛着、④近隣支援、⑤地域活動、⑥

幸福度、⑦福祉への関心度、⑧ケアラーに関する質問、⑨心身の健康状態、⑩抱える問題・不安、⑪水俣市の福祉への意見・要望

調査期間:2020 年 3 月～2020 年 12 月

調査結果:アンケートの回答者全体の中で、暮らしの悩みや不安で最も多かったのは介護問題で 79 人(31.6%)、続いて経済的な事情を挙げたのが 59 人(23.6%)、次が家族の問題で 50 人(20.0%)。地域間の差異は特に見られなかった。

また、年代別に見た場合、若い世代ほど仕事に関する悩みが多く、世代が上がるにつれて介護に関する悩みや不安が増えていく傾向にあった。経済的な問題に関しては 50 代が少ないという結果であった。

介護を行っている「ケアラー」の男女比は、女性が 66%、男性が 32%と女性のケアラーが男性よりも約 2 倍多かった。年代については、70 歳代が 32%で最も多く、次が 60 歳代の 28%、続いて 80 歳代の 15%、50 歳代の 14%と続いた。ケアラーの 75%が 60 歳以上の高齢者ということがわかった。

いわゆる「老老介護」と言われるように、高齢者がさらに高齢の親や、自分の配偶者の面倒を見ているという状況が伺えた。そして介護を担っているケアラーの多くは女性である。

また、ケアラーの 90%は、主に親族等からのサポートを受けながらケアを続けている状況であった。

しかしながら、「誰からも支えてもらっていない」と回答した人が 10%存在した。また、「信頼して相談できる人や機関・窓口がない」と答えた人はケアラーの 40%に上った。

「ケアをしていることで“孤立している”」と感じたことがある人が 12%いた。

まわりに支えてくれる人が誰もおらず、孤立感を感じている行政の支援が届いていないケアラーたちに対する、専門的な相談窓口・機関からの支援が喫緊の課題であることが判明した。

なお、アンケートでは「相談先がない」という回答が約 40%あったが、ヒアリングでは相談窓口として行政や社協の役割が大きいこと、またセルフヘルプグループの役割が大きいことが判明した。

また、障がい者団体ヒアリングでは、窓口を設ける

だけではなくアウトリーチおよびニーズを拾うための調査の必要性について言及された。

訪問ヒアリングでは、認知症の妻を介護している高齢者の夫の事例や、介護離職をして都会からUターンしたものの経済的に厳しい状況に陥っているケアラーの実態等が明らかとなった。

3. その他の調査

地元学に関する調査はプレ調査段階で、アートによる地域づくりに関する調査は、つなぎ美術館の企画に協力するなど参与観察を行っているところである。

「胎児性水俣病患者が置かれた社会的環境に関する研究—過去のヒアリングデータ分析より」が、『環境社会学研究第27号』に掲載決定した。

[備考]

なし

[研究期間の論文発表]

なし

[研究期間の学会発表]

なし

[文献]

- 1) 吉本哲郎(2008)『地元学をはじめよう』岩波書店.
- 2) 吉本哲郎(1995)『わたしの地元学—水俣からの発信』NEC クリエイティブ.
- 3) 安川文朗・石原明子編(2014)『現代社会と紛争解決学』ナカニシヤ出版.
- 4) 坂本峰至, 板井啓明, 村田勝敬(2017) メチル水銀の胎児期曝露影響—水俣病から環境保健学研究へ—. 日本衛生学雑誌 No.72(3), 140-148.
- 5) ITAI Yaeko, 2004, “An Epidemiological Study of the Incidence of Abnormal Pregnancy in Areas Heavily Contaminated with Methylmercury,” *Environmental Sciences*, 11.2:83-97.
- 6) 慶應義塾大学環境情報学部植原研究室(2016-2017)『水俣市民意識調査』.

- 7) 水俣市(2001)『第3期水俣市地域福祉計画 令和3～8年度』.
- 8) 水俣市(2001)『第8期水俣市高齢者福祉計画及び介護保険事業計画 2021(令和3)～2023(令和5)年度』.
- 9) 水俣市社会福祉協議会(2001)『第3期地域福祉活動計画 令和3～8年度』.
- 10) 水俣市社会福祉協議会(2000)『水俣市障害者基本計画調査』.
- 11) 永野ユミ(2012)「水俣における福祉の歩みとこれからの課題」花田昌宣・原田正純『水俣学講義[第5集]』.
- 12) 一般社団法人日本ケアラー連盟(2015)『地域における支えあいの可能性とケアをする人の生活に関するアンケート調査』.
- 13) 一般社団法人日本ケアラー連盟(2016)『ケアラーを支援する地域をつくる—地域包括ケアシステムの構築に向けた地域の支えあいに基づく介護者支援の実践と普及に関するモデル事業報告書』.
- 14) 尾崎寛直(2006)「水俣における地域再生と『地域ケア』ネットワーク」東京経済大学『東京経済大学会誌』249:87-113.
- 15) 社会福祉法人水俣市社会福祉協議会(2012)「地参地笑でまちづくり 縦糸に力を一横糸にまごころを—」『地域福祉実践研究』3:91-93.
- 16) 高橋信幸(2012)「“地参地笑”のまちづくりから学ぼう—水俣市における CSW 実践—」『コミュニティソーシャルワーク』9:71-72.
- 17) 田代久子(2012)「地参地笑のまちづくり」『コミュニティソーシャルワーク』9:65-71.

■臨床・福祉・社会グループ(業務)

地域福祉支援業務(CT-20-01)

Local welfare support service

[主任担当者]

中村政明(臨床部)

業務の統括、地域福祉活動への参加

[共同担当者]

板谷美奈(臨床部)

地域リビング活動の企画・実施

劉 曉潔(環境・保健研究部)

水俣地区の地域リビング活動の補佐

田代久子(水俣市社会福祉協議会)

水俣地区における活動の責任者

慶越道子(出水市社会福祉協議会・高尾野支所)

高尾野地区における活動の責任者

島元由美子(出水市社会福祉協議会・野田支所)

野田地区における活動の責任者

片川隆志(出水市社会福祉協議会)

出水地区における活動の責任者

[区分]

業務

[重点項目]

地域・福祉向上への貢献

[グループ]

臨床・福祉・社会

[業務期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

水俣病(Minamata disease)、地域福祉(area welfare)、
介護予防(care prevention)、臨床研究(clinical
research)

[業務課題の概要]

これまでに当センターが行ってきた介護予防支援事業の活動が、地域社会へと根付く活動になることを目指した業務である。

また、地域との連携を深めることで臨床研究への協力につなげる。

[背景]

水俣病の公式確認(1956 年 5 月 1 日)以来すでに約 64 年経過した。被害者の多くは高齢化し、日常生活能力の低下とともに、それを支える家族の負担が指摘されている。しかしながら、メチル水銀の影響による神経症状の緩和や介護予防については、これまであまり取り組みがなされていないのが現状である。

こうした状況を踏まえ、水俣病被害者やその家族等の高齢化に対応するため、ADL の改善につながるようなリハビリテーションを含む支援のあり方を検討してきた。2006 年度より 3 年間「介護予防等在宅支援モデル事業」、2009 年度より 3 年間「介護予防等在宅支援のための地域社会構築推進事業」、2012 年度より 1 年間「水俣病被害者支援のための地域社会福祉推進事業」を実施してきたところである。

また、水俣病の臨床研究を進めるには、地域住民との信頼関係の構築が不可欠である。

[目的]

これまでの実績を踏まえて、介護予防事業がさらに水俣病被害地域に根付くように、水俣市及び出水市での福祉活動を支援する。

また、脳磁計(MEG)・頭部 MRI 検査の説明を行い、研究への同意が得られれば検査登録を行う。

更に、水俣病被害地域の健康不安を取り除くため、必要に応じて、水俣市立総合医療センターに設置しているメグセンターへの受診を勧める。

[期待される成果]

本事業が地域に根付くことで、地域全体で水俣病被害者を含めた高齢者を支援していくための仕組みが構築されることが期待される。

更に、臨床研究に協力していただける被験者の確保につながることを期待される。

また、必要に応じてメグセンター受診を勧めることで、水俣病被害者の健康不安解消につながることを期待される。

[年次計画概要]

1. 2020-2024 年度

水俣市社会福祉協議会主催の地域リビングと、出水市社会福祉協議会・高尾野支所および野田支所主催のふれあいきいきサロン活動の支援を継続して行う。

「もやい音楽祭実行委員会」の委員活動を行い、地域との連携を深める。

水俣・芦北地域水俣病被害者等保健福祉ネットワークに参加する。

水俣病患者が多く存在する水俣市及び出水市の沿岸地域の方に MEG・頭部 MRI 検査を勧めるほか、健康面で不安がある方には、メグセンターへの受診を勧める。

水俣市社会福祉協議会と共同で「ケアラー支援事業」を行う。

水俣病の被害地域である津奈木町に手工芸教室ができるよう準備をすすめる。

[2020 年度の業務実施成果]

水俣市社会福祉協議会と出水市社会福祉協議会と共同して下記の活動を行った。

1. 水俣市での介護予防支援業務

(1) 地域リビング(水俣市社会福祉協議会:水俣社協)の概要

本年度は、新型コロナウイルス感染防止の為、開催の延期またはキャンセルが相次ぎ、昨年より大幅に減少した。実施地区に対しては、水俣社協より新型コロナウイルス感染防止のための説明および協力依頼を行い、活動時も健康チェック・手指消毒・マスクの着

用・換気などを徹底し実施した。

19 地区を対象に延べ回数 40 回、延べ人数 396 名(平均 9.9 名/回)に対して、クラフトバンドや和紙を使用した小物作り、認知症予防の生活についての講話を行った(図 1)。



図1:水俣市での支援活動地区



水俣市で実施しているサロン活動の様子

(2) アンケート調査による手工芸プログラムの検討

アンケート調査が手工芸プログラムの検討に有効なことから、今後の活動に活かすために、本年度も手工芸教室の参加者に対してアンケートを実施した。

アンケート内容は、①性別②年齢③満足度④初参加であるか⑤要望で、結果を下記に示す。

参加地区数：19 地区（40 回）

参加人数:396 名

① 性別:男性 76 名(19%)、女性 320 名(81%)

② 平均年齢:77.6 歳

③ 満足度評価:「満足」が 90%(図 2)。

④ 初参加であるか:「はい」35 名(9%)、「いいえ」360 名(91%)(図 2)。

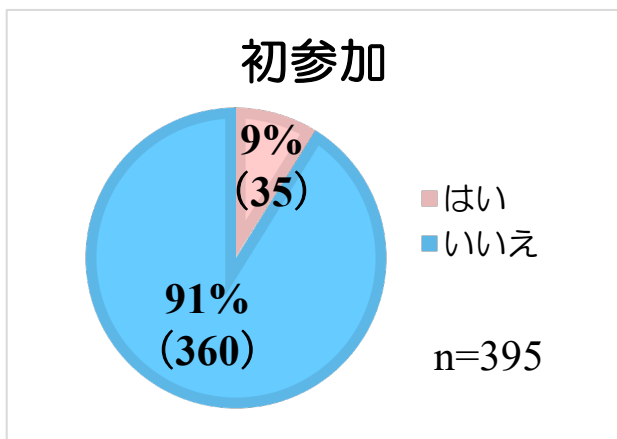
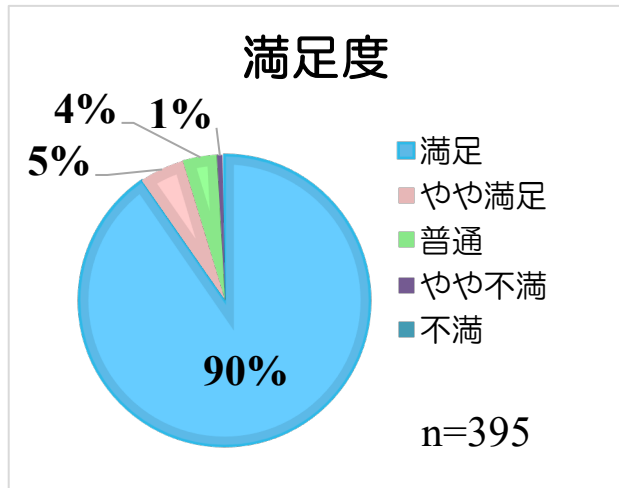


図2:水俣市の参加者のアンケート結果

⑤ 国水研に対する要望(感想)

- ・楽しく過ごすことが出来た
- ・研究センターでの仕事が知りたい
- ・研究センターを見学したい
- ・ぜひ回数を増やしてほしい
- ・初めて参加したが、ものづくりで手先を動かすことが出来てよかった
- ・作成したものを愛用している
- ・メグ検査を受けました等

また、地域リビングに参加している高齢者との交流を目的として、毎年水俣社協が開催している地域リビング交流会は、新型コロナウイルス感染防止のため今年度は中止となった。

(3) 臨床研究への呼びかけ

臨床研究への協力と健康不安解消のため、地域

リビング参加者に対し MEG・頭部 MRI 検査のリクルートを行ない、5 名に対して検査を実施した。次年度も引き続き実施していく予定である。

(4) 「もやい音楽祭実行委員会」の委員活動

今年度は新型コロナウイルス感染防止の為、開催中止となった。

(5) 水俣・芦北地域水俣病被害者等保健福祉ネットワークの参加

今年度は新型コロナウイルス感染防止の為、開催中止（不参加）となった。

(6) ケアラー支援事業

水俣市社会福祉協議会と共同で「ケアラー支援事業」を行う予定であったが、新型コロナウイルス感染症流行のため中止となった。

2. 出水市での介護予防支援業務

(1) ふれあいいきいきサロン活動(出水市社会福祉協議会・高尾野支所・野田支所:出水社協)の概要

本年度は、水俣市同様、新型コロナウイルス感染防止の為、開催の延期またはキャンセルが相次ぎ、昨年より大幅に減少した。実施地区に対しては、新型コロナウイルス感染防止対策を行いながら、介護予防支援業務を行った(図3)。

16 地区を対象に沿岸地域は「手工芸」を、それ以外の地区では、外部講師による「健康体操」「音楽療法」を延べ人数 217 名に実施した(表1)。

表1:出水市での支援状況

手工芸	音楽療法	体操
99 名/9 回	42 名/3 回	76 名/5 回



図3: 出水市での支援活動地区



出水市で実施しているサロン活動の様子

- ・回数を増やしてほしい
- ・貴研究所の業務が理解できないので、PR 活動を積極的にされたら、もっと身近になるかと思う等

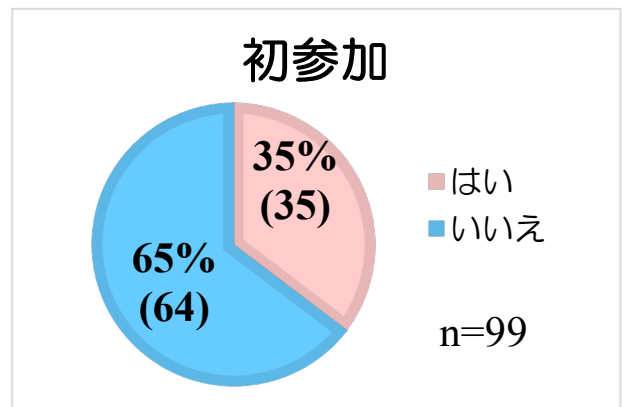
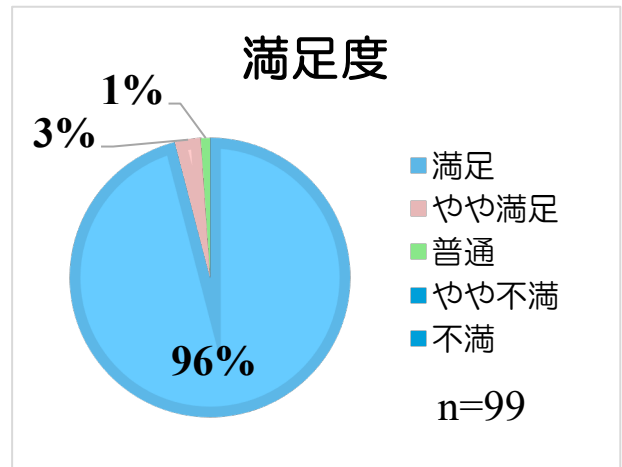


図 4: 出水市の参加者のアンケート結果

(2) アンケート調査

水俣市の参加者と同じく、出水市の参加者にも高い満足度が得られていることが分かった。

アンケートの結果を下記に示す。

参加地区数：9 地区

参加人数：99 名 (平均参加人数 11.0 名/回)

- ① 性別：男性 18 名 (18%)、女性 81 名 (82%)
- ② 平均年齢：77.7 歳
- ③ 満足度：参加者の 96% が満足されていた (図 4)。
- ④ 初参加であるか：「はい」35 名 (36%)、「いいえ」64 名 (65%)
- ⑤ 国水研に対する要望(感想)
 - ・楽しく、ものづくりが出来た
 - ・毎回楽しいのでこの活動を続けてほしい

(3) 出水市沿岸地区への臨床研究への呼びかけ

臨床研究への協力と健康不安解消のため、新規の手工芸参加者(沿岸地区)に対し MEG・頭部 MRI 検査のリクルートを行ない、3 名の方の協力が得られた。次年度は、引き続き MEG・頭部 MRI 検査へのリクルートを行うと共に、出水市社協に依頼し認定患者の多い地区への手工芸教室を新規に開催できるよう活動する。

3. 介護予防事業の広報活動

今年度も介護予防業務をアピールするため、ホームページでは次回実施予定を、フェイスブックでは介護予防活動の報告を行った(図 5)。

地域リビング

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

2030年に掲げて
世界の未来を
「持続可能な開発目標」です

SDGs

SDGsは全世界が合意した2030年の
明るい未来像の実現に向けて
進めようとする17のゴールと169の
ターゲットで構成されています。
地域リビングは17のうち4つのゴール
を達成することで明るい社会の実現に
貢献します。

- ◆ 国立水俣病総合研究センターでは、水俣病被害地域の高齢者を支援するための介護予防支援事業を行っています。
団体での参加を希望される場合は、準備の開始もありますので問い合わせ先(ページ下記)までご連絡ください。
- ◆ 昨年度に引き続き、参加された皆様にも引き続き地域リビング活動を提供していくため、今年度もアンケートにご協力いただいています。
昨年度(H29年度)のアンケート結果を掲載していますので、興味のある方はご覧ください。

水俣での活動

水俣市社会福祉協議会と協力して、地域リビング活動を行っています。(H30年4月現在 19 か所)
改修した公民館で、地域の方へのアンケートの提供とともに各種健康教室(国水研は「ものづくりで楽しく病予防」を担当)を行っています。

《水俣市協活動予定表》

開催予定日	時 間	開催地区
3/5(火)	10:00	湯ノ見
3/19(火)	13:30	神 川

国立水俣病総合研究センター
内容 2019年12月25日 11:00

12月19日「3区公民館(水俣市)」では
写真立てを作りました。
今年から参加された方も加わり
人数が増えていきました。
お孫さんの写真を入れるとおしゃやる方が
多かったです。
写真立てを作るが難いですが
決めなければならぬのですが
中には、親にでも頼んでも出来るように
顔に写さず上手に写す方もいました。
今年最後の「ものづくりで楽しく病予防」が
無事に終わりました。
皆様、よい年末年始をお過ごしください。
来年も元気に会いましょう。
船の練習とトレーニングに励むの方は、
以下の連絡先にお問い合わせください。
総合課 田中・田中
TEL: 0966-453-3111(内線403)



公民館



図5:ホームページ・フェイスブックを用いた活動報告

4. 津奈木町への事業展開

津奈木町社会福祉協議会に手工芸教室の趣旨説明を行う予定であったが、新型コロナウイルス感染防止のため実施出来なかった。

[文献]

- 1) 特許番号 第 3515988 号(発明者:鳥取大学医学部教授 浦上克哉)

■臨床グループ(業務)

水俣病患者に対するリハビリテーションの提供と情報発信(CT-20-02)

Rehabilitation programs for patients with Minamata disease and dissemination of information on care and rehabilitation

[主任担当者]

中村 篤(臨床部)

リハビリテーション全般

リハビリ技術および介助技術講習会企画

[共同担当者]

中村 政明(臨床部)

医療相談、身体状況に対する医学的サポート

講習会企画サポート

[区分]

業務

[重点項目]

地域・福祉向上への貢献

[グループ]

臨床

[業務期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

水俣病患者 (Minamata disease patients)、リハビリテーション(rehabilitation)、生活の質(QOL)、日常生活動作(ADL)、HAL (Hybrid Assistive Limb)、磁気刺激(magnetic stimulator)、ベルト電極式骨格筋電気刺激装置 (belt electrode skeletal muscle electrical stimulation)、情報発信 (dissemination of information)

[業務課題の概要]

胎児性、小児性を中心とした水俣病患者の生活の質(QOL)の向上を第一の目的に、個々の利用者のニーズに応じた外来リハビリテーション(リハ)を実施する。身体機能や日常生活動作(ADL)、精神機能

においてリハが必要な方々を対象とし、対象者を生活者として診る視点から実施する。これまで明らかにしてきた痙縮に対する振動刺激治療¹⁾⁴⁾やロボットスーツ Hybrid Assistive Limb (HAL)⁵⁾に加え、磁気刺激治療、ベルト電極式骨格筋電気刺激法(B-ses)を組み合わせた手法を積極的に取り入れた。特に今年度からは、加齢に伴う身体能力や機能の低下を維持・防止するため、歩行障害に着目しロボットスーツ HAL と無動力歩行アシスト機(アルク)を使い分けリハを実施する。また、外来リハ参加者の生活の場、即ち自宅や入所施設、日々の活動施設などでの QOL の向上のために、また ADL 訓練や介助方法の指導、福祉用具や住環境整備についての指導のために適宜訪問リハも行う。そして、当センター外来リハをより多くの方に利用してもらえるよう、地域福祉の拠点活動に赴き、活動を提供することで、外来リハの PR と地域との連携を図っていきたい。

さらに、水俣病発生地域の医療の一翼を担い、リハ技術、介助技術を地域に普及させるために、介護、リハ、医療関係者を対象にして、第一線で活躍している講師を招き、講習会を開催する。介助技術、リハ技術に関する講演、実技指導により、知識の共有、技術の向上を図る。また、共生社会の実現に向け、水俣病の経験を下に、障害や障害者への理解を深めるための情報発信も行いたい。

[背景]

多くの医療機関や施設では、運営や保険制度上の問題から慢性期(維持期)にある対象者に対して、個々の障害特性にあった十分なリハの提供が難しい状況にある。このような中で、個々の機能および能力を把握し、それぞれのニーズに即した機能および能力の訓練や、達成可能な活動・作業を用いたリハの提供は、保険制度にとらわれない当センターの特徴を活かしたものであり、当センターの役割として重要

なことである。水俣病患者の多くが高齢化しており、身体機能や活動能力の低下が懸念されるため、有効なリハの提供が必要となる。当センターでは、これまで有用であると報告したロボットスーツ HAL による歩行訓練⁵⁾に加え、磁気刺激装置やベルト電極式骨格筋電気刺激装置など新たな機器と組み合わせた治療を実施することで、運動機能や ADL 能力の維持・向上につなげていく必要がある。

[目的]

身体機能、ADL および精神機能においてリハが必要な胎児性・小児性を中心とした水俣病患者を対象に、外来リハを実施し、利用者個々の QOL の向上、機能の維持改善を図る。さらに、リハ効果、その内容および新しいリハ情報に関して、積極的に情報発信する。

[期待される成果]

リハが必要な胎児性・小児性を中心とした水俣病患者の QOL の向上、機能の維持が図れ、患者の症状、経過の把握も可能となる。リハ効果、その内容および新しいリハ情報に関して、地域の専門職へ情報発信が可能となる。

[年次計画概要]

下記について 5 年間を通して実施する。

1. 対象者の生活、機能を維持し、より豊かなものにするために、生活全般に関わるさまざまな「作業活動」を治療や援助、あるいは指導の手段として用いる作業療法を中心としたリハを行う。
2. これまで実施している振動刺激治療、促通反復療法(川平法)、ロボットスーツ HAL に加え、磁気刺激治療、ベルト電極式骨格筋電気刺激法(B-ses)等の手法を組み合わせ、加齢に伴う身体能力や機能の変化、さらに合併している病態に対応したプログラムによる症状の改善と ADL 改善をめざす。
3. 対象者に関わる家族、介護者、施設スタッフと情報交換しながら連携を図り、身体状況や障害に応じた環境調整のための情報や生活場面におけるハンディキャップに対する対処方法などの指導及び情報

の提供を行う。また、症状に応じた服薬指導や検査、症状に応じた病院紹介を適宜行う。

4. 地域のリハ、介護の専門職の技術の向上を図り、知識や情報を共有するために、専門職を対象とした講習会や講演会を開催し、情報の提供に努める。
5. 水俣病の経験を下に、障害や障害者に対する理解が深まる取り組みを実践する。
6. 保健所を中心とした水俣・芦北地区水俣病被害者等保健福祉ネットワークに参加し、問題を抱えた患者に対する支援(相談、訪問リハなど)に努める。

[2020 年度の業務実施成果の概要]

1. 水俣病患者に対する外来リハの提供

昨年 1 月より、終日で実施するデイケアの体制から午前と午後に分けた体制へと変更した。これにより利用者の予定に応じた柔軟な受け入れが可能となった。また、外来リハ実施頻度も、月曜日から木曜日の週 4 日を維持しており、COVID-19 による非常事態宣言発令等の影響もあったが、利用者のとの関係を維持しながら活動を継続することができた。

内容に関しては、疼痛、痙縮を認める症例に振動刺激治療、磁気刺激治療、ベルト電極式骨格筋電気刺激法(B-ses)、促通反復療法(川平法)等を個々の症状に応じて実施した。また、歩行障害に着目し、ロボットスーツ HAL とアルクを使い分けた歩行訓練も実施した。以下に主な内容と今年度の外来リハ利用者を示す。

(1) 物理療法

足底腱膜の緊張亢進に伴う疼痛軽減を目的に行ったハンディマッサージャーを用いる振動刺激治療(図 1A)が、胎児性水俣病患者の疼痛の軽減のみでなく痙縮の改善にも有用であり^{1,2)}、ADL の改善へとつながっている³⁾。今年度より導入したベルト電極式骨格筋電気刺激装置は、3 例に導入し、いずれも実施後の効果を実感している声が聞かれている。(図 1B)



A



B

図 1. (A) 足底振動刺激治療

(B) ベルト電極式骨格筋電気刺激法 (B-ses)

(2)運動療法

筋緊張の亢進、疼痛、麻痺などの症状や高齢により歩行障害がある方に対し、ロボットスーツ HAL とアルクを使い分けた歩行訓練を実施した。ロボットスーツ HAL は 60 代の車椅子移動の胎児性水俣病患者の筋力低下予防のために導入しており、今年で 6 年目となった。今年度も起立運動や歩行運動に対する HAL のアシストを利用した HAL 装着による平行棒内歩行訓練(図 2A)を継続して実施した。アルクは独歩の方が装着可能な無動力歩行アシスト機であり、負担軽減や歩幅・歩行速度の向上といった効果が期待されている。現在 60 代の胎児性水俣病患者に対し、アルクを使った歩行訓練を実施しており、明らかな身体機能の改善は認めていないが、訓練後の移動や歩行のしやすさといった体感が得られている。一方で現在独歩が可能な胎児性水俣病患者でも、将来歩行が困難になることへの不安を抱えている。そのため、将来に備え訓練に取り組むことは、筋力維持や本人が抱える不安の軽減につながる。



A.



B.

図 2.(A)HAL 装着平行棒内歩行訓練

(B)アルクを使った歩行訓練

(3)ADL 訓練

これまで、不随意運動のために嚥下障害のある利用者に対し、昼食前の嚥下マニュアルにそった嚥下

訓練やアイスマッサージを実施していたが、2020 年 1 月からは当センターでの昼食を中止したため、今後は症状や希望にあわせて適宜介入を検討していく。また、福祉用具タチアップを使用して、残存機能を生かした立位や移乗の訓練を行った(図 3)。姿勢改善につながるクッションの相談指導、車椅子調整、装具の不具合に関する相談なども適宜行った。



【タチアップ】

図 3. 福祉用具を利用した立位、移乗動作訓練

(4)手工芸

QOL の向上を目的に、楽しみながら脳機能の賦活、巧緻動作、協調運動の維持・向上を図るため、手工芸を用いた訓練を実施した。利用者は完成作品を家族や知人にプレゼントするといった目的を持って作業に取り組んでいる。またリハ室内や情報センターでの作品展示など、作品を発表する機会の提供により作品づくりの意欲が高まって、精神機能の維持、向上がもたらされている。

表 1 今年度の外来リハ利用者

延利用者数 140 名 (2020.4~2021.1)

性	年齢	移動手段	
男	65	車椅子	胎児性
男	68	独歩	小児性
女	69	独歩	未認定
男	65	車椅子	胎児性
男	61	独歩	胎児性
男	82	独歩	小児性
男	61	独歩	胎児性
女	65	車椅子	胎児性
女	83	車椅子	未認定

(5)オンライン交流会

外来リハを利用していた患者のうち、明水園からの

利用者が、COVID-19の影響から参加できない状況が長く続いている。また、ある患者は明水園の利用者がいないことを理由に外来リハを休むことも多くなった。そこで、利用者間の交流を図ることを目的に、当センターが中心となり、明水園と水俣病患者が通所するほっとはうすの3施設間で、オンラインによる交流会を実施した。久しぶりの顔合わせということもあり、参加者からは「とても良かった」「また開催してほしい」との感想が聞かれ、満足度は高い様子であった。次年度もCOVID-19の感染状況を鑑みて、オンラインを使った交流会を継続的に実施したいと考える。



図4. オンライン交流会の様子

2. 地域との連携

外来リハ利用者の生活の場でのQOLの向上を図るため、ほっとはうす等施設側との情報交換を密に行い、利用者の抱えている問題点の解決に努めた。また、通所している作業所関係者も含め、情報交換を行った。

また、水俣市の南部地域の保健福祉の拠点およびもやい直し事業の一環として設立された「おれんじ館」へ月に3回訪問し、水俣病患者を含めた地域の高齢者を対象に、介護予防目的の身体機能測定や健康体操を実施した。

3. 講習会の開催

今年度も講習会の開催を予定していた。しかし、COVID-19の感染拡大による非常事態宣言の発令や会場となる情報センターの閉館、そして当センターのネットワーク移行などの影響を受け、今年度は開催ができなかった。そのため、次年度に向けて開催方法

に関する情報収集及び検討を行った。

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会等発表]

- 1) 中村 篤、牧迫飛雄馬、丸田道雄、宮田浩紀、田平隆行: 運転を中断した地域在住高齢者の生活上重要な作業の特徴および抑うつとの関連. 第55回日本作業療法学会、WEB、2020.9

[文献]

- 1) 遠山さつき、臼杵扶佐子 (2011) 振動刺激による疼痛および痙縮の緩和がADL改善に有効であった胎児性水俣病患者の1例. 総合リハビリテーション 39:1091-1094.
- 2) Usuki F, Tohyama S (2011) Vibration therapy of the plantar fascia improves spasticity of the lower limbs of a patient with fetal-type Minamata disease in the chronic stage. BMJ Case Reports doi:10.1136/bcr.08.2011.4695
- 3) 遠山さつき、臼杵扶佐子 (2013) 3年間の振動刺激治療がもたらした慢性期胎児性水俣病患者のADL能力の向上. 作業療法ジャーナル 47: 1185-1189.
- 4) Usuki F, Tohyama S (2016) Three case reports of successful vibration therapy of the plantar fascia for spasticity due to cerebral palsy-like syndrome, fetal-type Minamata disease. Medicine 95 (15) e3385. doi: 10.1097/MD.0000000000003385.
- 5) 中村 篤、臼杵扶佐子: ロボットスーツ HAL の導入により平行棒内自由歩行が改善した慢性期胎児性水俣病患者の1例. 総合リハビリテーション、46:667-670、2018

■臨床・福祉・社会グループ(業務)

水俣病に関する病理標本の適切な管理およびこれらを用いた情報提供(CT-20-03)

Information dissemination using Minamata disease pathology specimens

[主任担当者]

丸本倍美(基礎研究部)

業務全般の実施

[共同担当者]

藤村成剛(基礎研究部)

中村政明(臨床部)

菰原義弘(熊本大学)

業務を進める上での助言

植木信子(東京都医学総合研究所)

八木朋子(東京都医学総合研究所)

国水研専用 WEB ページの作成

新井信隆(東京都医学総合研究所)

業務全般に関する助言

病理標本コンサルテーション

[区分]

業務

[重点項目]

メチル水銀曝露の健康影響評価と治療への展開

[グループ]

臨床・福祉・社会

[業務期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

水俣病 (Minamata disease)、神経病理 (Neuropathology)、病理組織標本(Histopathological slides)、デジタル化 (Digitation)、情報発信 (Information transmission)

[業務課題の概要]

水俣病の剖検例の病理組織標本は、他の疾患等

と異なり人類が二度と得ることが出来ない極めて貴重なものであり、世界中で水俣病の病理組織標本を多数保有している研究機関は当センターのみである。しかしながら、病理組織標本は年月の経過とともに褪色が起こるため永久に保管することが困難である。よって、これらをデジタル化し永久保存を目指す。合わせて、デジタル化した病理組織標本を、病理を学ぶ学生及び研究者のための教育用症例として活用することを目指す。

また、当センターでは、病理組織標本の他にも貴重な病理に関する試料を多数保有しており、それらの整理・永久保存及び活用を目指す。

[背景]

1996 年に水俣病に関する貴重な試料を保管する目的でリサーチリソースバンク棟が建設され、国立水俣病総合研究センターでは現在まで同施設において、様々な貴重な標本を収集、保管している。保管している標本は主として熊本大学医学薬学研究科より当センターに貸与されている試料であるが、それ以外にも多数の貴重な標本を保管している。水俣病に関する病理標本及び資料を整理・保管することは当センターの責務の一つである。また、当センターは、単一疾患の病理標本が多数保存されている世界的にも例を見ない施設である。

[目的]

当センターにおいて適切に標本を整理・保存し、標本を有効活用することが本業務の主な目的である。

パラフィンブロックを再包埋・ラベリングすることにより、将来、研究に再利用できる試料として整理・保管する。また、病理組織標本は年月が経過すると褪色が起こるため、永久に保存することが困難である。よって、これらの病理組織標本をデジタル化することにより永久保存し、後世に残す資料とする。また、デ

デジタル化した標本を世界中の研究者及び学生が教育資料として利用できるようにする。

[期待される成果]

貴重な水俣病に関する標本を整理・永久保管することにより、国研としての役割を果たすことができる。パラフィンブロックの将来の研究への活用が可能となる。また、デジタルデータを用いた教育への活用及び国際貢献が可能となる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

病理組織標本のデジタル化

今後の試料管理に関する熊本大学との協議

デジタル化した標本のホームページでの公開

リサーチリソースバンクに保管されている試料の整理・管理

2. 2021 年度

病理組織標本のデジタル化

熊本大学との共同研究契約の締結

熊本大学からパラフィンブロックの移管

リサーチリソースバンクに保管されている試料の整理・管理

ホームページの充実

水俣病ブレインバンク設立のための作業を開始

病理標本に関するリーフレットの作成

武内・衛藤分類の再考察

3. 2022 年度

病理組織標本のデジタル化

熊本大学からパラフィンブロックの移管

リサーチリソースバンクに保管されている試料の整理・管理

ホームページの充実

水俣病ブレインバンク設立のための作業

病理標本に関するリーフレットの作成

武内・衛藤分類の再考察

4. 2023 年度

リサーチリソースバンクに保管されている試料の整理・管理

ホームページの充実

水俣病ブレインバンク設立のための作業

病理標本に関するリーフレットの作成

武内・衛藤分類の再考察

バンクに保管されている物品のリスト化及び個数把握

5. 2024 年度

リサーチリソースバンクに保管されている試料の整理・管理

ホームページの充実

ブレインバンク設立(欧米のブレインバンク・国内外の神経病理学会・WHO などとの連携)

病理標本に関するブックレットの作成

[2020 年度の業務実施成果の概要]

数値はこれまでの累計を示す。

1. 熊本大学より貸与されている病理標本の整理(430/450)・管理

2. 新潟大学より提供されている病理標本の管理(30/30)

3. 水俣病症例(熊本大学関連)の病理組織標本のデジタル化 (145/204)

4. 水俣病認定例および棄却例に関する 35 mm スライドのデジタル化(280/450)

5. 熊本大学にて剖検された水俣病症例のパラフィンブロックの再包埋作業(118/204)

6. 水俣病病理標本データベース HP の作成を継続

7. 病理標本以外の多くの貴重な資料の整理病理標本の整理・管理。

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会発表]

なし

■臨床・福祉・社会グループ(業務)

水俣市との包括的連携協定に関するニーズ調査業務(CT-20-04)

Needs survey on the agreement for comprehensive cooperation with Minamata City

[主任担当者]

原田利恵(国際・総合研究部)
業務の統括

[共同担当者]

中村政明(臨床部)
業務への助言
松山明人(国際・総合研究部)
業務への助言
水俣市社会福祉協議会
共同調査の実施
水俣市総務企画部地域振興課
共同調査の実施
地域政策研究室職員
業務の遂行

[区分]

業務

[重点項目]

地域・福祉向上への貢献

[グループ]

臨床・福祉・社会

[業務期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

包括的連携協定(Agreement for comprehensive cooperation)、行政(Administration)、政策提言(Policy recommendation)

[業務課題の概要]

水俣市へ政策提言をした内容の実装化への協力を行う。

[背景]

本業務を中心的に担っている地域政策研究室は、国立水俣病総合研究センターにおける唯一の社会科学系研究室として前身の社会科学研究室時代から、住民の生活や意識に関する調査等に取り組んできた。

2004 年に最高裁判決において水俣病を拡大させた国や県の責任が確定したことを受け、2005 年度からの中期計画では、「地域に貢献する研究・業務」を中心課題に置いた。2009 年 7 月には「水俣病被害者の救済及び水俣病問題の解決に関する特別措置法」が成立し、施策に動きがあったことを受け、2011 年度、社会科学分野の充実を目指して研究体制を強化した。また、地域に密着した調査・研究を進めていくため、実験的にサテライト事務所を中心市街地に開設した。2012 年度は水俣市と共同で商店街における調査報告書を取りまとめ、地域に貢献できる成果を上げた。

2013 年度に当センターの組織改革が実施され、社会科学研究室から地域政策研究室へと改編された。2014 年には「まち・ひと・しごと創生法」が施行され、水俣地域においても地域創生が喫緊の課題となった。これを受けて 2015 年 2 月に水俣病被害地域のまちづくりに貢献できる地域政策研究を行うことを視野に、当センターは水俣市との間で包括的連携協定の締結をした。

2015 年度は、水俣地域の地域創生に向けて、政策提言書を取りまとめるための取組みを進めた。市民との新たな対話の場（フューチャーセッション）を設けてアイデアを引き出し、それをもとに、地域創生のビジョン及びその実現方法を検討するため、「みなまた地域創生ビジョン研究会」を開催した。その成果を政策提言「地域創生のビジョンについての提言ー3 世代育み健やかタウン」として、2017 年 3 月に水俣市に提出した。提言内容は、水俣市の福祉計画等の改訂や健康づくり条

例の制定に反映された。

また、熊本県は1977年から水俣湾へドクロ処理事業を開始し、完了した1990年からは「環境創造みなまた推進事業」を皮切りに環境再生事業や市民参加型の事業に取り組んできた。

水俣市は、1994年5月1日、水俣病犠牲者慰霊式で当時の吉井正澄市長が行政として初めて水俣病患者に陳謝し、「もやい直しの始まりの日」を宣言して以来、市民どうしの絆の再生や地域全体の活性化に関する事業を進めてきた。

国も、この「もやい直し」を政策として後押ししようとしており、国立水俣病総合研究センターは、当該地域に立地する唯一の国の研究機関として支援していく必要がある。そして、当センターが水俣市民や水俣病患者を対象に調査研究を進めていくためにも地元自治体や公的団体の協力が不可欠である。

[目的]

水俣市との包括的連携協定に基づき、水俣市との協力関係を強化し、「もやい直し」を含む地域再生に関する施策を支援することを本業務の目的とする。

[方法]

- (1) 水俣市の施策の基礎データとなるニーズ調査の実施
- (2) 各種調査への協力、情報提供、政策・施策の提言等
- (3) 提言をした内容の実装化への協力

[期待される成果]

- (1) 水俣市における「もやい直し」及び地域再生に貢献し得る。
- (2) 地域のシンクタンクとして地域政策へ参画することにより、地域社会に貢献できる。
- (3) 当センターのプレゼンスが高まる。
- (4) 当センターの研究への理解が深まり、研究への協力が得られやすくなる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

水俣市における地域再生や地域福祉に関する政策を中心に、水俣市や関連団体へ情報提供を行い、政策の基礎資料となる調査の協力を行う。

水俣市総務企画部企画課、水俣環境アカデミア、水俣市社会福祉協議会等の関係諸機関と連携を図り、連携協定に関する計画策定へ向けて、課題を発掘するためのニーズ調査を実施する。

自治体の政策に参画し、学術的な視点から政策提言を行うことを目指す。

2. 2021 年度

水俣市における地域再生や地域福祉に関する政策を中心に、水俣市や関連団体へ情報提供を行い、政策の基礎資料となる調査の協力を行う。

水俣市総務企画部企画課、水俣環境アカデミア、水俣市社会福祉協議会等の関係諸機関と連携を図り、連携協定に関する計画策定へ向けて、課題を発掘するためのニーズ調査を実施する。

自治体の政策に参画し、学術的な視点から政策提言を行うことを目指す。

3. 2022 年度

水俣市における地域再生や地域福祉に関する政策を中心に、水俣市や関連団体へ情報提供を行い、政策の基礎資料となる調査の協力を行う。

水俣市総務企画部企画課、水俣環境アカデミア、水俣市社会福祉協議会等の関係諸機関と連携を図り、連携協定に関する計画策定へ向けて、課題を発掘するためのニーズ調査を実施する。

自治体の政策に参画し、学術的な視点から政策提言を行うことを目指す。

4. 2023 年度

水俣市における地域再生や地域福祉に関する政策を中心に、水俣市や関連団体へ情報提供を行い、政策の基礎資料となる調査の協力を行う。

水俣市総務企画部企画課、水俣環境アカデミア、水俣市社会福祉協議会等の関係諸機関と連携を図

り、連携協定に関する計画策定へ向けて、課題を発掘するためのニーズ調査を実施する。

自治体の政策に参画し、学術的な視点から政策提言を行うことを目指す。

5. 2024 年度

水俣市における地域再生や地域福祉に関する政策を中心に、水俣市や関連団体へ情報提供を行い、政策の基礎資料となる調査の協力を行う。

水俣市総務企画部企画課、水俣環境アカデミア、水俣市社会福祉協議会等の関係諸機関と連携を図り、連携協定に関する計画策定へ向けて、課題を発掘するためのニーズ調査を実施する。

自治体の政策に参画し、学術的な視点から政策提言を行うことを目指す。

支援に関して、情報提供を行い、協働で空き家の視察、空き家所有者や移住者へのヒアリングを行った。地域振興係より調査対象者となる移住者の紹介を打診され、協力した。

移住者ヒアリングの一つは、雑誌『田舎暮らし』の水俣特集に掲載された。また、ヒアリング内容は、新規開設した移住ポータルサイトに順次、反映されている。

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会発表]

なし

[2020 年度の業務実施成果の概要]

情報センター業務の一環として行ってきた「水俣市との包括的連携協定に関する業務」について、業務課題を明確化するために、本年度より、水俣市における地域政策に関する課題の発掘を中心の柱に据えることとし、業務名に「ニーズ調査」を入れることとした。また、業務をより充実させ、確実に成果を出していくために、新規業務として情報センター業務から独立させた。

2020 年度は、地域政策研究室がこれまで培ってきた地域におけるネットワークや調査実績を活かして、水俣市や関連団体への情報提供・調査の協力(調査デザイン、実施、分析・とりまとめ等)を行った。

水俣市社会福祉協議会と協働で地域福祉ニーズに関する調査を実施し、分析結果を報告書にまとめ、調査結果は水俣市の「第 3 期地域福祉活動計画」に反映された。調査結果から相談窓口へのニーズが高いことが読み取れたので、活動の広報・相談窓口の充実を重点課題の一つとして上げた。

地域福祉ニーズ調査におけるヒアリングで、過去に地域政策研究室が主催したフューチャーセッションに参加し、課題を抽出して活動を展開した育児サークルがあることを確認した。

水俣市企画課地域振興係の空き家対策、移住者

3. リスク評価グループ Risk Assessment Group

メチル水銀曝露に対するハイリスクグループとして、高濃度の水銀に曝露した集団、及び水銀に対する高感受性のグループが挙げられる。リスク評価グループは、環境汚染に起因する水銀のヒトへの曝露評価及び健康影響を総合的に研究する。特にメチル水銀の高濃度曝露集団及び胎児・小児や疾病を持つ脆弱性の高い集団を対象とし、メチル水銀の曝露とリスク評価ならびに健康影響の解明を、セレンを始めとする各種交絡因子を考慮に入れた疫学的研究と実験的研究の両面から実施する。

当グループの各研究に関する令和 2 年度研究概要は以下の通りである。

[研究課題名と研究概要]

1. 水俣病における水銀とセレンの共存及びメチル水銀の胎・乳児影響に関する研究 (基盤研究)

坂本峰至(所長特任補佐)

(1) 水俣病発生当時の歴史的保存試料の新規分析による水銀濃度と連動して動くセレン濃度の研究(科研費:19K12353):

① ヒバリガイモドキと水俣病認定患者の臓器の同一試料で検討を行った。ジチゾン比色法は原子吸光法と比べ、低い濃度を示す傾向にあり、特に高濃度域での乖離が大きかった。当時のジチゾン法による総水銀濃度分析は、本来の水銀濃度を過小評価していた可能性が示唆された。

② 水俣病に関する歴史的試料全てで、セレン濃度上昇が確認された。特に、水俣湾汚泥のセレン上昇が、他の生物試料と比較して桁違いに高かったことは、比較的高濃度のセレンも湾内に排出されていた可能性を示唆した。今後、水俣病の患者臓器の分析及びメチル水銀を高濃度・長期曝露する動物実験を行うことで、生物試料におけるセレン濃度上昇の機序について考察を加える。

(2) 胎児性水俣病の外挿: 脳の“感受性の窓”に相当する14日齢ラットにメチル水銀を曝露するこ

とで、短期記憶障害、ジストニア様症状、脳の神経細胞変性、反応性星状細胞増加、TUNEL 陽性アポトーシス、グルタチオンペルオキシダーゼとチオレドキシンの活性低下が観察された。Environ Res. 2020 Sep;188 (IF:5.715)に掲載された。

- (3) 母体血と臍帯血における総水銀、無機水銀、セレンの赤血球/血漿分布は現在投稿中である。
- (4) 母体経由の児へのメチル水銀負荷量の研究は、ラット実験を終了し、成果をまとめている。
- (5) 総説「メチル水銀」脳の発生とその異常が、CLINICAL NEUROSCIENCEに掲載された。

2. メチル水銀曝露に対するハイリスクグループの曝露評価システムの強化 (基盤研究)

山元 恵(環境・保健研究部)

- (1) 糖代謝異常の病態下におけるメチル水銀の生体内動態の解明を目的として、雄の 12 週齢の KK-Ay 2 型糖尿病マウス、BL/6 正常マウスにメチル水銀 (3 dose) を単回投与し、経時的に(4d, 7d, 11d, 14d) サンプルングした血液及び標的組織(脳、腎臓、肝臓、膵臓)中の総水銀を分析した。得られたデータを薬物動態パラメータ(V_d/F , K_{el} , $t_{1/2}$, AUC, CL/F , K_p 値: 組織/血漿水銀値, K_p 値: 組織/全血水銀値)を用いて解析した結果、本実験条件下における MeHg の血球、脳、肝臓、腎臓、膵臓への吸収、及び各組織からの排出は、KK-Ay>BL/6 の傾向を示すことが明らかになった。これらの結果を論文として投稿し、受理された (J. Appl. Toxicol. 2020 Oct. *in press*)。
- (2) 糖代謝異常の病態下におけるメチル水銀の母仔移行解明を目的として、雌の糖代謝異常モデルマウスの確立に関する検討を行った。これまで雌の糖代謝異常 Diet-Induced Obesity (DIO) マウスモデルに関する報告は非常に少ない。本研究において選択した普通食と高脂肪食をマウスに給餌する比較実験を行った。その結果、12 週間の

給餌期間及び糖代謝異常マーカーによる評価に基づく DIO マウスモデルを得た。現在、本モデルマウスの妊娠・出産とメチル水銀の曝露・評価系に関して検討中である。

- (3) 糖代謝異常(妊娠糖尿病、糖尿病合併妊娠)の病態下における母児の各生体試料(毛髪、血液、胎盤組織、臍帯組織)における水銀に関する研究を産業医科大との共同研究で進めており、得られた試料中の総水銀分析を進めている(平成 30 年度:26 検体、令和元年度:41 検体、令和 2 年度:12 検体=計 79 検体)。

3. 開発途上国における水銀の曝露評価と技術移転 (基盤研究)

山元 恵(環境・保健研究部)

- (1) ベトナム・ハノイの妊婦を対象とした調査に関して、2019 年度末までにリクルートした 48 名の FFQ について整理した。
- (2) インドネシアにおける水銀の曝露評価に関する調査候補地に関して、金採掘地域に関する情報を得た。
- (3) 曝露評価のツールとなる水銀分析法に関する研究紹介を日本分析化学会の機関紙「ぶんせき」に寄稿した(2021 年 1 月号)。

4. 毛髪水銀分析を介した情報提供 (業務)

永野匡昭(基礎研究部)

本業務は、環境中の水銀に対する理解を深めていただくために、国水研及び付属施設である水俣病情報センターへの来訪者等に対して実施しているものである。

2020 年は希望者 125 名に対して毛髪水銀測定を行い、測定結果について簡単な解説を付けた上で各個人に通知した。また、2014-2018 年のデータに 2019 年分を加えて、毛髪水銀濃度と因子(年齢、性別、魚介類の摂食頻度及び量など)との関連性について解析を行った。

■リスク評価グループ(基盤研究)

水俣病における水銀とセレンの共存及びメチル水銀の胎・乳児影響に関する研究
(RS-20-05)

Studies on coexisting of mercury and selenium in Minamata disease and effects of methylmercury
to fetus and breast-feeding infants

[主任研究者]

坂本峰至(所長特任補佐)
研究の総括、実験全般の実施

[キーワード]

水俣病(Minamata disease)、セレン(Selenium)、メチル水銀(Methylmercury)、胎児(Fetus)、児(Infants)

[共同研究者]

中村政明(臨床部)
認定患者の臨床症状と病理所見確認
丸本倍美(基礎研究部)、原口浩一(国際・総合研究部)、安武 章(元基礎研究部)、山元 恵(環境・保健研究部)、板井啓明(東京大学)
歴史的な生体・環境試料の生化学・組織学的分析及び動物実験の実施
衛藤光明(介護老人保健施設樹心台)、竹屋元裕(熊本大学)
ヒト・動物試料の病理学的検索
村田勝敬(秋田大学)、中野篤浩(元基礎研究部)、遠山千春(筑波大学)、Chan HM(カナダ・オタワ大)、Domingo JL(スペイン・ロビーラ・イ・ビルジリ大)、Balogh SJ(米国・Moyau Consulting Engineering and Science)
研究助言及び統計解析

[研究課題の概要]

1. 水俣病関連試料の新規分析でメチル水銀曝露と連動して上昇したセレン濃度の研究(科研費(C) JP19K12353)
2. メチル水銀の胎・乳児影響に関する研究

[背景]

1. 水俣病の原因物質が水銀であることが究明される前に、環境やヒト臓器に高濃度のセレンが検出されたことから、セレンが原因物質ではないかと疑われたことがある。しかし、当時の環境や水俣病患者に於けるセレン動態は明確でない。そこで、研究センターに保存されている、水俣病関連試料を新規に解析することで、水俣病におけるメチル水銀曝露と連動するセレン濃度の検討が可能となる。
2. 発達期の脳はメチル水銀毒性に対する感受性が高い。水俣病では母親への影響は軽度でも、重篤な症状を呈する胎児性や小児性患者が確認された。そこで、胎盤や母乳を介した胎・乳児へのメチル水銀移行とその影響を評価することにより、次世代を担う児の脳をメチル水銀の影響から守るために重要な情報を得ることが可能となる。

[区分]

基盤研究

[重点項目]

メチル水銀曝露の健康影響評価と治療への展開

[グループ]

リスク評価

[研究期間]

2020年度－2024年度(5ヶ年)

[目的]

1. 水俣病関連試料の新規分析でメチル水銀曝露と連動して上昇したセレン濃度の研究
(1) 当時の測定法で得られた総水銀濃度の評価: 水俣病発生当時にジチズン比色法によって測定されたヒバリガイモドキと認定患者臓器の総水銀濃度を原子吸光法で再測定した値と比較検討する。

(2) 水俣病関連試料を用いて総水銀とセレン濃度との関連に関する研究：①メチル水銀発生源であるアセトアルデヒド精留塔ドレインとその投与で発症した猫 717 号の脳、肝臓、腎臓、②水俣湾保存汚泥、③汚染魚、④ヒバリガイモドキ、及び⑤水俣病患者の脳、小脳、肝臓、腎臓の貴重な歴史的試料を新規に分析して結果を解析する。

2. メチル水銀の胎・乳児影響に関する研究

(1)発達期の脳における高感受性の窓 (Vulnerable window) に関する研究：ヒト胎児性水俣病における外挿研究を目的として、脳に特異的に病変を惹起する新生仔ラットを用い、組織学、生化学、及び行動科学的検索を行い、論文として掲載する。

(2)母体血と臍帯血における総水銀、無機水銀、セレン濃度の赤血球/血漿分布に関する研究：胎児の脳はメチル水銀に対して高感受性であることが知られている。加えて、母体血と臍帯血の詳細な分析で、その感受性を修飾する可能性のある背景要因を評価する。更に、メチル水銀曝露指標の赤血球総水銀濃度と無機水銀曝露指標の血漿総水銀の関係について論文投稿する。

(3)母乳経由の児のメチル水銀負荷量に関する研究：妊娠中にメチル水銀曝露した母親から生まれた新生仔を水銀非投与の里親につけ授乳させる。また、その逆のメチル水銀非投与の母親から生まれた新生仔を水銀投与の里親につけ授乳させる cross-fostering 研究を実施し、母乳由来のメチル水銀移行量を乳児におけるメチル水銀体内負荷量や脳中水銀濃度への寄与度として評価する。

[期待される成果]

1. 水俣病当時の環境や患者臓器における、メチル水銀曝露に連動して上昇したセレン濃度の実態とその機序が明らかになる。本、研究は水俣病に関する当研究所であるからこそ検討可能であり、水俣病に関する新規研究成果として、国際的に発信される。
2. 発達期の感受性の高い胎・乳児の脳をメチル水銀毒性から守るために必要な、リスクマネジメントに貢献する情報としての研究成果が発信される。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

(1)水俣病発生当時の歴史的試料の新規分析による水銀濃度と連動して上昇したセレン濃度の研究：

1)水俣病発生当時のジチゾン比色法と現在の原子吸光法で測定した総水銀濃度をヒバリガイモドキと認定患者臓器の総水銀濃度で比較する。

2)歴史的試料の解析により環境の各曝露パスウェイに於ける水銀セレン濃度の新規分析を行う。

(2)発達期の脳における高感受性の窓に関する研究：ヒト胎児性水俣病の外挿を目的として、脳に特異的に病変を惹起するラット新生仔を用い、組織学、生化学、及び行動科学的に検索し結果を論文発表する。

(3)母体血と臍帯血における総水銀、無機水銀、セレンの赤血球/血漿分布に関する研究：発達期の胎児の脳がメチル水銀曝露に対して高感受性であるが、その感受性を修飾する可能性のある背景要因について検討し、更に、メチル水銀曝露指標の赤血球総水銀濃度と無機水銀曝露指標の血漿総水銀の関係について論文投稿する。

(4)母乳経由の乳児へのメチル水銀負荷量に関する研究：妊娠中にメチル水銀曝露した母親から生まれた新生仔を水銀非投与の里親につけ授乳させる。また、その逆のメチル水銀非投与の母親から生まれた新生仔を水銀投与の里親につけ授乳させる cross-fostering 研究を実施し、母乳由来のメチル水銀の乳児移行と乳児におけるメチル水銀負荷量への寄与度を検討する。

2. 2021 年度

(1) 水俣病の歴史的試料の新規分析による水銀濃度と連動して上昇したセレン濃度の研究：水俣病認定患者 13 名の脳、小脳、肝臓、腎臓に於けるメチル水銀曝露に連動して上昇するセレン濃度について、対照 20 名との比較を行う。更に、各臓器、特に脳における水銀とセレンのモル比を比較し、水俣病患者の脳で増加したセレン濃度の意義について考察する。加えて、ラットへの長期・高濃度のメチル水銀を投与研究で、各臓器に於けるセレン濃度の変化について検討する。

- (2) 母体血と臍帯血における総水銀、無機水銀、セレンの赤血球/血漿分布に関する研究：メチル水銀曝露に対する胎児の感受性を修飾する可能性のある背景要因の検討及びメチル水銀曝露指標の赤血球総水銀濃度と無機水銀曝露指標の血漿総水銀の関連について論文発表する。
- (3) 水俣病発生時に用いられたジチゾン比色法と現在の原子吸光法で測定した総水銀濃度の比較に関する成果を投稿する。
- (4) 母乳経由の児のメチル水銀負荷量に関する研究：母乳由来のメチル水銀移行と児におけるメチル水銀の体内保持量や脳中濃度への寄与度を検討し投稿する。

3. 2022 年度

- (1) 水俣病の歴史的試料の新規分析による水銀濃度と連動して上昇したセレン濃度の研究：メチル水銀発生源のアセトアルデヒド精留塔ドレイン及び細川らの投与実験で発症した猫 717 号の臓器、水俣湾汚泥、汚染魚、ヒバリガイモドキ、水俣病認定患者 13 名と対照 20 名の大脳、小脳、肝臓、腎臓の保存試料を用いて総水銀濃度とセレン濃度に関する研究成果をまとめて、投稿し論文発表する。
- (2) 水俣病患者の経時・空間的発生分布に関して、病理解剖された患者の大脳と小脳の病変を考慮に入れて解析し、論文発表する。

[2020 年度の研究実施成果]

1. 水俣病の歴史的試料の新規分析による水銀濃度と連動して上昇したセレン濃度に関する研究

- (1) 当時の測定法で得られた総水銀濃度の評価：

試料・方法：1959 年 5-7 月に水俣湾と周辺地域 17 ヶ所から採取（水俣川への排水変更後 8-10 ヶ月）されたヒバリガイモドキと水俣病認定患者の肝臓、腎臓の計 17 試料のホルマリン保存試料を使い、当時ジチゾン比色法で分析された総水銀濃度に関して、同一試料を用いて原子吸光法で分析した値と比較検討した。

結果：図 1 に当時のジチゾン比色法(上)と原子吸光法(下)による再分析で得られたヒバリガイモドキ中総水銀濃度の水俣湾における分布を示した。

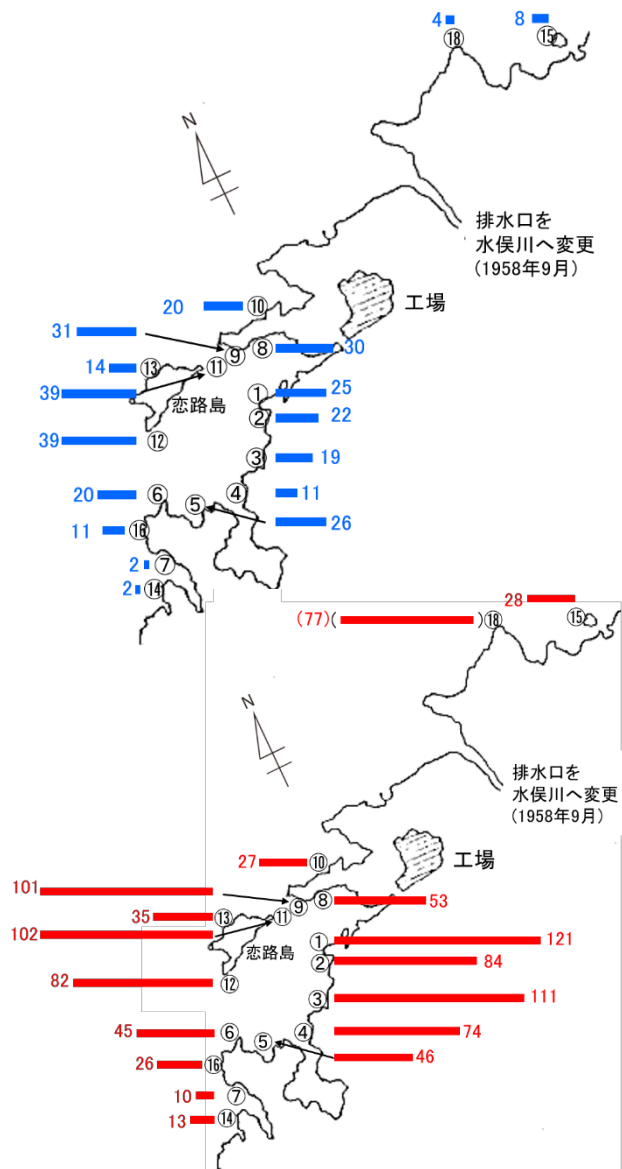


図 1. 水俣湾及び湯の児 17 ヶ所から採取されたヒバリガイモドキ中の総水銀濃度分布。ジチゾン比色法（上）と原子吸光法（下）

ジチゾン比色法に比べて、原子吸光法で測定された総水銀濃度の方が、水俣湾における汚染の状況及び水俣川河口への排水口の変更による汚染拡大、及び湾内の土壌中水銀濃度をより正確に反映していることが示された。

更に、図 1 に示した 17 ヶ所から採取されたヒバリガイモドキ中の総水銀濃度のジチゾン比色法と原子吸光法による分析値の相関を図 2 に示した。

加えて、水俣病認定患者臓器の同一試料でジ

チゾン比色法と原子吸光法で測定した総水銀濃度の相関(n=17)を図3に示した。

ヒバリガイモドキと患者臓器中総水銀濃度は共に、ジチゾン比色法は原子吸光法と比べ、低い濃度を示す傾向にあった。特に高濃度域ほどジチゾン比色法による測定値は、原子吸光法による測定値との乖離が大きくなり、より低い値を示した。

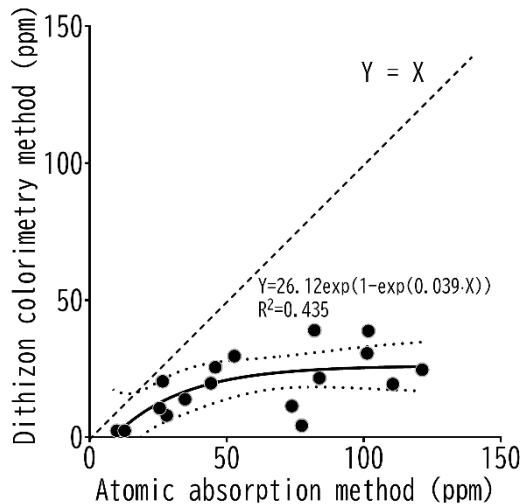


図2. ヒバリガイモドキ中の総水銀濃度のジチゾン比色法(Y軸)と原子吸光法(X軸)による値(n=17)

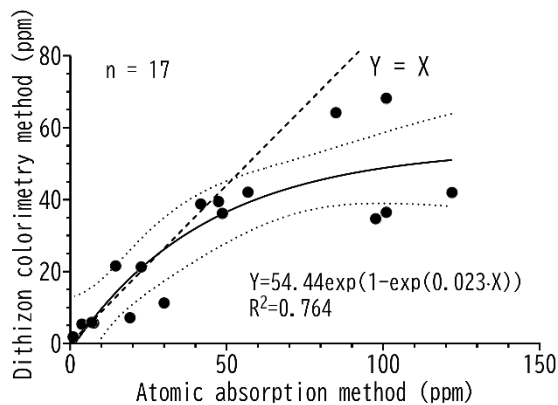


図3. 患者臓器中の総水銀濃度のジチゾン比色法(Y軸)と原子吸光法(X軸)による値(n=17)

考察：これらの結果は、当時のジチゾン比色法は水銀濃度と吸光度が直線関係を示す濃度までに適切な希釈がなされておらず、当時のジチゾン法による総水銀濃度分析は、本来の水銀濃度を過小評価していた可能性がある。即ち、新潟水俣病で成人の発症閾値であるとされた毛髪50ppmは、

椿らが原子吸光法で再測定した結果は82ppmであったと発表(1978)したように、実際は、より高いメチル水銀曝露量が発症閾値であった可能性がある。実際に、WHOは、イラクでのメチル水銀中毒における発症閾値を125ppmとしている(1976)。

(2)水俣病に関する歴史的試料中のメチル水銀曝露に連動して上昇したセレン濃度に関する研究：

試料・方法：メチル水銀発生源のアセトアルデヒド精留塔ドレインとそのドレイン投与実験で発症させた猫717号の臓器、水俣湾汚泥、汚染魚、ヒバリガイモドキ、水俣病患者の脳、小脳、肝臓、腎臓の貴重な歴史的試料(図4)。

結果：図5に猫717号と対照の臓器中セレン濃度を示した。アセトアルデヒド精留塔ドレイン(HI液)の総水銀濃度は74ppmで、セレンは検出限界以下であった。細川らが実験で、HI液を餌に添加し

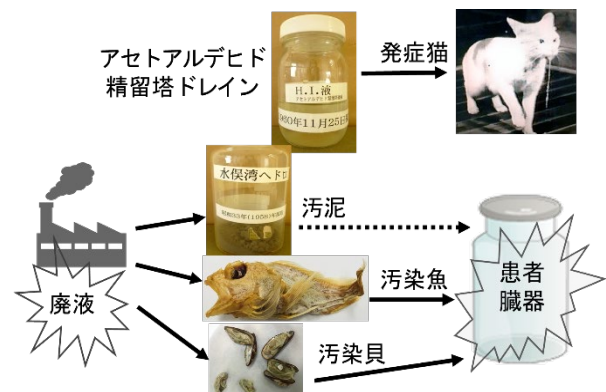


図4. セレン濃度分析に用いた歴史的環境及び患者臓器試料

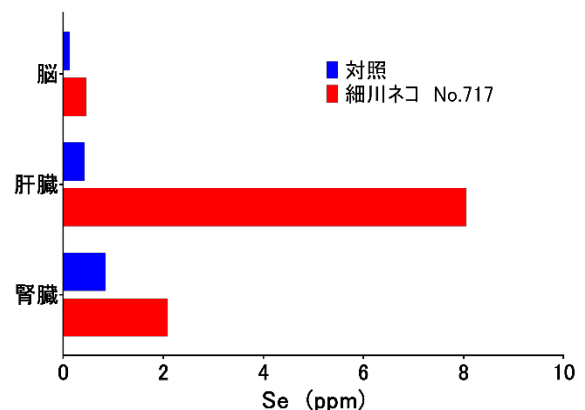


図5. 対照と猫717号の臓器中セレン濃度

て中毒症状を呈した猫 717 号の総水銀濃度は脳 17、肝臓 102、腎臓 31 ppm であった。猫 717 臓器のセレン濃度は、脳 0.5、肝臓 8、腎臓 2 ppm であり、対照猫の脳 0.1、肝臓 0.4、腎臓 0.8 ppm と比較

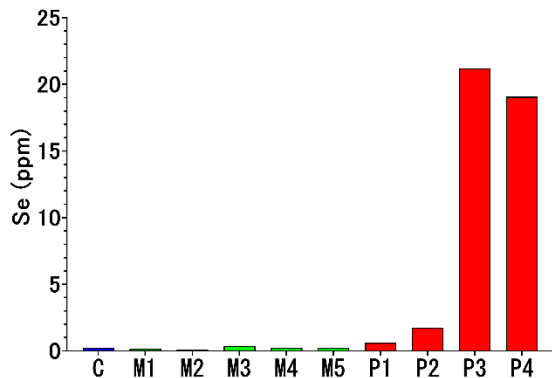


図 6. 対照底質 (C)、最近の水俣湾底質 (M1-5)、歴史的保存汚泥 (P1-5) におけるセレン濃度

し、特に肝臓で高いセレン濃度であった。

保存汚泥の総水銀濃度は P3 が 401 ppm、P4 が 3620 ppm であり、図 6 に対照 (C)、最近の水俣湾底質 (M1-5)、歴史的保存汚泥 (P1-5) のセレン濃度を示した。P3 のセレン濃度は 21.2 ppm、P4 が 19.1 ppm であり、対照の 0.24 ppm と比べ約 90 倍の高さであった。

図 7 に汚染真鯛と対照におけるセレン濃度を示した。当時、水俣湾で捕獲された鯛筋肉中総水銀濃度は 44 ppm であった。汚染魚のセレン濃度は、3.2 ppm で、対照 (n = 6) と比べて約 3 倍高い濃度であった。

図 8 に前述 (図 1) の 17 ヶ所から採取されたヒバリガイモドキのセレン濃度分布を示した。更に、図 9 に原子吸光法で測定した同ヒバリガイモドキ試料の総水銀濃度 (図 1) とセレン濃度の相関を示した。総水銀濃度とセレン濃度は $r = 0.89$ の強い相関を示した。この結果は、水銀濃度とセレン濃度の間に、量・反応的な関連があり、ヒバリガイモドキのメチル水銀曝露量とセレン濃度が密接な関連を持つことが示唆された。

考察：以上、アセトアルデヒド精留塔ドレイン蒸留液 (HI 液) で発症のネコ器臓器、水俣湾汚泥、汚染魚、汚染貝類 (ヒバリガイモドキ) の全ての水俣

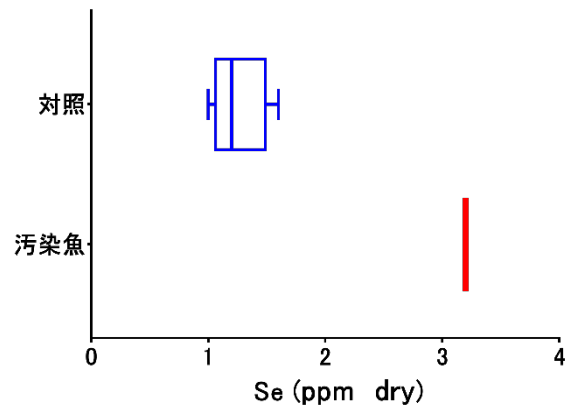


図 7. 対照 (n = 6) と汚染真鯛におけるセレン濃度

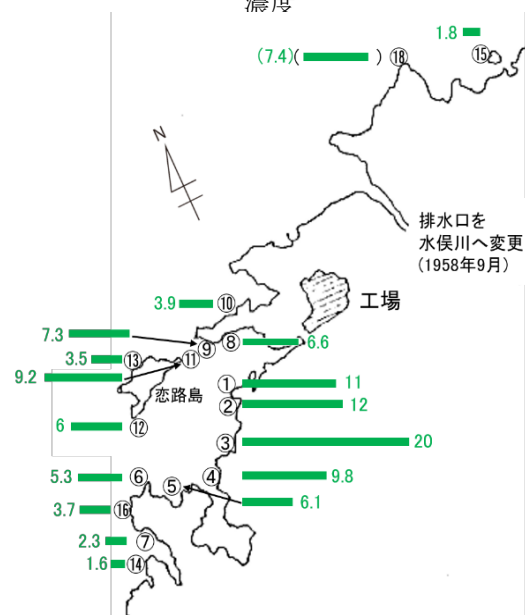


図 8. ヒバリガイモドキのセレン濃度分布

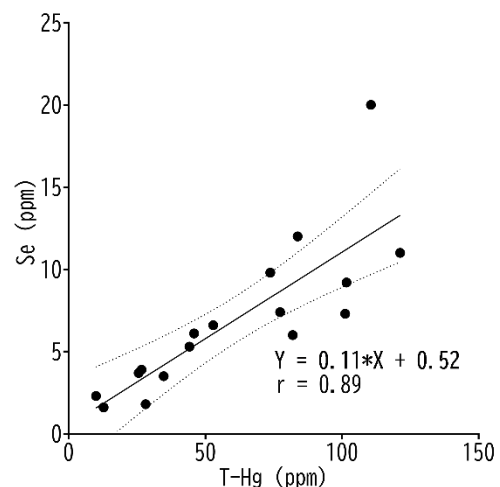


図 9. ヒバリガイモドキ総水銀とセレン濃度の相関

病関連試料で、水銀濃度に連動したセレン濃度の上昇が確認された。特に、水俣湾汚泥のセレン上昇は他の生物試料と比較して桁違いに高く、メチル水銀と同時に、比較的高濃度のセレンも湾内に排出されていた可能性が示唆された。考え得るセレンの発生源は硫酸製造に使われた硫化鉱に含まれる硫黄の同属元素として含まれていたセレンではないかと推察している。

一方、セレンは2価の無機水銀との親和性が強いので、生体内でのメチル水銀の無機化に伴って水銀とセレンのある種の複合体濃度が形成されることで、通常のセレンのターンオーバーが影響を受けることで、セレンが臓器内留まることが濃度上昇を引き起こした可能性があると考えられる。そこで、令和3年度は、水俣病患者臓器分析でセレン濃度上昇と水銀/セレンのモル比について検討を行い、患者臓器で増加したセレン濃度の意義について考察したい。加えて、メチル水銀を高濃度・長期曝露する動物実験の実施で、セレン濃度の変動を確認し、患者臓器や生物試料におけるセレン濃度上昇の機序についても考察を加えたい。

2. メチル水銀の胎・乳幼児影響に関する研究

- (1)胎児性水俣病の外挿：大脳の“感受性の窓”に相当する14日齢ラットにメチル水銀を曝露することで、短期記憶障害、ジストニア様症状、大脳の脳神経細胞変性、反応性星状細胞増加、TUNEL陽性アポトーシス、グルタチオンペルオキシダーゼとチオレドキシンの活性低下が観察された。結果は、*Environ Res* 2020 Sep;188 (IF:5.715)に掲載された。
- (2)母体血と臍帯血における総水銀、無機水銀、セレンの赤血球/血漿分布は *Environ Res* に *Plasma and red blood cells distribution of total mercury, inorganic mercury, and selenium in maternal and cord blood in a Japanese population.* のタイトルで2021年2月16日に accept された。
- (3)母乳経由の児へのメチル水銀負荷量に関する研究は、ラットを使った実験を終了し、現在その結果をまとめている。

[備考]

本研究の一部は JSPS 科研費 JP19K12353 の助成を受けたものである。

[研究期間の論文発表]

- 1) Sakamoto M, Kakita A, Sakai K, Kameo S, Yamamoto M, Nakamura M. Methylmercury exposure during the vulnerable window of the cerebrum in postnatal developing rats. *Environ Res*. 2020 Sep; 188: 109776.
- 2) 坂本峰至, 柿田明美, 中村政明. 「メチル水銀」脳の発生とその異常—D.外的要因による異常. *CLINICAL NEUROSCIENCE* 2020 Dec; 38 (12) : 1594-1597.

[研究期間の学会発表]

- 1) Sakamoto M: Health hazard of mercury and its countermeasures. UNEP Online Training Programme #1: Role of monitoring laboratory for national mercury management, Web meeting, 2020.12. (基調講演)
- 2) 坂本峰至, 丸本倍美, 板井啓明, 安武 章, 遠山千春, 中村政明: 高濃度メチル水銀曝露に連動して上昇するセレン: 水俣病関連試料と動物実験による検証. 第6回日本セレン研究会 生命金属に関する合同年会 (ConMetal 2020), Web meeting, 2020.11.
- 3) 坂本峰至, 丸本倍美, 原口浩一, 遠山千春, 板井啓明, 安武 章, 衛藤光明, 中村政明: 水俣病における濃度メチル水銀曝露に連動して上昇するセレン濃度: 水俣病関連保存試料による検証. 令和2年度メチル水銀研究ミーティング, Web meeting, 2021.1.
- 4) 坂本峰至, 安武 章, 原口浩一, 中村政明, 龍田希, 仲井邦彦, 村田勝敬: 日本人の母体血と臍帯血における総水銀、無機水銀、セレンの赤血球/血漿分布. 第91回日本衛生学会学術総会, Web meeting, 2021.3.

■リスク評価グループ(基盤研究)

メチル水銀曝露に対するハイリスクグループの曝露評価システムの強化(RS-20-06)

Improvement of the exposure assessment system for groups at high risk of methylmercury exposure

[主任研究者]

山元 恵(環境・保健研究部)
研究の総括、実験全般の実施

[グループ]

リスク評価

[共同研究者]

中村政明(臨床部)
研究デザインのサポート
坂本峰至(所長特任補佐)
研究デザインのサポート
堀内正久(鹿児島大学)
研究デザインのサポート
柳澤利枝(国立環境研究所)
動物実験のサポート
茂木正樹(愛媛大学)
動物実験のサポート
中野篤浩(元基礎研究部長)
水銀分析法、研究デザインのサポート
秋葉澄伯(鹿児島大学)
統計解析のサポート
郡山千早(鹿児島大学)
統計解析のサポート
柴田英治(産業医科大学)
ヒト試料収集
辻 真弓(産業医科大学)
ヒト試料収集、統計解析のサポート
周東 智(北海道大学)
動物実験のサポート

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

メチル水銀 (methylmercury)、感受性 (susceptibility)、病態 (disease state)、胎児・新生児 (fetus, newborn)、糖代謝異常 (disturbance of glucose metabolism)

[研究課題の概要]

病態下におけるメチル水銀の代謝・動態・毒性発現を明らかにする。特に糖代謝異常に関連するメチル水銀への感受性の変化や感受性要因の明確化を目的として、ヒトと実験動物を対象に研究を行う。

[背景]

1. メチル水銀への感受性の個人差を生じる要因の一つとして、疾患に伴う代謝異常が挙げられる¹⁾。世界の成人人口の約 5～6%が糖尿病に罹患しており、若年層や低・中所得国における有病率の急速な増加は公衆衛生上の大きな問題となっているが²⁾、糖代謝異常の病態下におけるメチル水銀の代謝・動態・毒性発現に関しては明らかになっていない。
2. Western Pacific 地域(日本、韓国、中国など)における糖代謝異常合併妊娠の頻度は約 12%と推定されているが³⁾、糖代謝異常の病態下の妊婦におけるメチル水銀の代謝・動態や母児移行については明らかになっておらず、リスク評価・管理についても行われていない。
3. 母親の糖代謝異常と水銀の関連については、妊娠糖尿病の母親から出産した児の胎便中の水銀

[区分]

基盤研究

[重点項目]

メチル水銀曝露の健康影響評価と治療への展開

値は高い傾向を示した⁴⁾、・臍帯血中のメチル水銀と母親の糖代謝異常(妊娠糖尿病・糖尿病合併妊娠)には有意な相関はなかった⁵⁾、・母親の毛髪水銀値と妊娠糖尿病の罹患は負の相関を示した⁶⁾、・母親の血中水銀値と妊娠糖尿病のリスクは正の相関を示した⁷⁾など、様々な知見が報告されており、一致した見解は得られていない。

4. 「水銀に関する水俣条約」の有効性評価の一環として、様々な集団、特にハイリスクグループのリスク評価・管理に資する基礎データが、求められている⁸⁾。
5. これまで糖代謝異常の病態下におけるメチル水銀の代謝・動態や毒性発現の解明を目的として、KK-Ay2 型糖尿病モデルマウスとBL/6 マウスへのメチル水銀の連続投与による比較実験を行い、2 型糖尿病に特徴的な体組成(体脂肪率の上昇等)に伴うメチル水銀の組織への蓄積の促進や組織の脆弱性により、KK-Ay マウスは早期に毒性発現することを報告した^{9,10)}。

[目的]

1. 病態下におけるメチル水銀の代謝・動態・毒性発現を明らかにする。特に糖代謝異常に関連するメチル水銀への感受性の変化や感受性要因の明確化を目的として、ヒトと実験動物を対象に研究を行う。
2. 感受性要因(疾患由来の代謝異常)を考慮した妊娠期の母親及び新生児に対する精度の高いメチル水銀の曝露評価、リスク評価・管理の強化に資する基礎データを得る。

[期待される成果]

病態下、特に糖代謝異常がメチル水銀の代謝・動態や毒性発現へ及ぼす影響の一端が明らかになる。「水銀に関する水俣条約」の有効性評価の一環として、ハイリスクグループのリスク評価・管理に資する基礎データが得られる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

- (1) 2型糖尿病マウスにおけるメチル水銀の体内動態に関するデータ解析を進め、論文化を行う。
- (2) 糖代謝異常の母マウス・新生仔マウスにおけるメチル水銀の代謝・動態に関して、雌の糖代謝異常モデルマウスの確立を行う。本モデルを用いて、妊娠・出産及びメチル水銀の投与条件に関する検討を行う。
- (3) 糖代謝異常(妊娠糖尿病、糖尿病合併妊娠)の病態下における母児の各生体試料(毛髪、血液、胎盤組織、臍帯組織)採取を進め、得られた検体の水銀分析を行う。

2. 2021 年度

- (1) 雌の糖代謝異常モデルマウスの妊娠・出産とメチル水銀の曝露・評価系に関する条件を確立し、メチル水銀の母仔移行に関するデータを取得。
- (2) ヒト試料収集、食事アンケート調査、水銀分析、元素分析を進める。

3. 2022 年度

- (1) 前年度までに得た糖代謝異常モデルマウスにおけるメチル水銀の母仔移行に関するデータを基に水銀の体内動態の解析を行い、論文化を行う。
- (2) 糖代謝異常モデルマウスにおいてメチル水銀の母仔移行に影響を及ぼす可能性のある物質に関する予試験を行う。
- (3) ヒト試料収集、食事アンケート調査、水銀分析、元素分析等を進める。

4. 2023 年度

- (1) 糖代謝異常モデルマウスにおいてメチル水銀の母仔移行に影響を及ぼす可能性のある物質に関する本試験を行う。
- (2) ヒト試料に関して、食事アンケート調査、水銀値、元素データの相関解析を行い、論文化する。

5. 2024 年度

糖代謝異常モデルマウスにおいてメチル水銀の母仔移行に影響を及ぼす可能性のある物質に関する知見の論文化を行う。

[2020 年度の研究実施成果の概要]

1. 糖代謝異常の病態下におけるメチル水銀の生体内動態の解明を目的として、雄の 12 週齢の KK-Ay2 型糖尿病マウス、BL/6 正常マウスにメチル水銀 (3 dose) を単回投与し、経時的に(4d, 7d, 11d, 14d) サンプルングした血液及び標的組織(脳、腎臓、肝臓、膵臓)中の総水銀を分析した。得られたデータを薬物動態パラメータ(K_p 値, V_d/F , K_{el} , $t_{1/2}$, AUC, CL/F)を用いて解析した結果、本実験条件下におけるメチル水銀の血球、脳、肝臓、腎臓、膵臓への吸収及び排出は、KK-Ay>BL/6 の傾向を示すことが明らかになった。これらの結果をまとめて論文を投稿し、受理された。
2. 糖代謝異常の病態下におけるメチル水銀の母仔移行の解明を目的として、雌の糖代謝異常モデルマウスの確立に関する検討を行った。これまで雌の食餌誘導型の糖代謝異常 : Diet-Induced Obesity (DIO) マウスモデルに関する報告は非常に少ない。本研究において選択した普通食と高脂肪食をマウスに給餌する比較実験を行った。その結果、12 週間の給餌期間及び糖代謝異常マーカーによる評価に基づく DIO マウスモデルを得た。現在、本モデルマウスの妊娠・出産とメチル水銀の曝露・評価系に関して検討中である。
3. COVID-19 の蔓延により、試料採取が極めて困難であった。今年度は 12 検体を採取し、得られた試料中の水銀分析を行っている(平成 30 年度:26 検体、令和元年度:41 検体、令和 2 年度:12 検体=計 79 検体)。

[備考]

本研究に関連する外部研究資金として、科研費：挑戦的萌芽研究(平成 23－25 年度)「疾患由来の代謝異常がメチル水銀の毒性発現に及ぼす影響」、及び基盤研究(C)(平成 28－31 年度)「糖尿病の病態におけるメチル水銀の動態・毒性発現の修飾機構」に採択されている。

[研究期間の論文発表]

- 1) Yamamoto M, Yanagisawa R, Sakai A, Mogi M, Shuto S, Shudo M, Kashiwagi H, Kudo M, Nakamura M, Sakamoto M. (2020): Toxicokinetics of methylmercury in diabetic KK-Ay mice and C57BL/6 mice. J. Appl. Toxicol. 41(6): 928-940.
- 2) Sakamoto M, Kakita A, Sakai K, Kameo S, Yamamoto M, Nakamura M. (2020): Methylmercury exposure during the vulnerable window of the cerebrum in postnatal developing rats. Environ. Res. 188: 109776.
- 3) Muniroh M, Gumay AR, Indraswari DA, Bahtiar Y, Hardian H, Bakri S, Maharani N, Karlowee V, Koriyama C, Yamamoto M. (2020): Activation of MIP-2 and MCP-5 expression in methylmercury-exposed mice and their suppression by N-Acetyl-L-Cysteine. Neurotox. Res. 37(4): 827-834.

[研究期間の学会発表]

- 1) 山元 恵, 柳澤利枝, 酒井敦史, 茂木正樹, 周東智, 首藤正親, 柏木葉月, 工藤めぐみ, 中村政明, 坂本峰至 :KK-Ay 糖尿病マウスと C57BL/6 マウスにおけるメチル水銀の体内動態. 第 91 回日本衛生学会学術総会, Web 会議, 2021. 3.
- 2) 片岡千里, 吉野健児, 柏田祥策, 山元 恵 :牡蠣へのメチル水銀の取り込みに及ぼすマイクロプラスチックの影響. 令和 2 年度メチル水銀研究ミーティング, Web 会議, 2021.1.
- 3) 大黒亜美, 藤田健太, 石原康宏, 山元 恵, 山崎岳 :ドコサヘキサエン酸 (DHA) 代謝物のメチル水銀毒性に対する神経細胞保護作用の検討. 令和 2 年度メチル水銀研究ミーティング, Web 会議, 2021.1.

[文献]

- 1) World Health Organization. (2008) Guidance for identifying population at risk from mercury exposure.
- 2) World Health Organization. (2016) Global report on diabetes.

- 3) 宮越 敬. (2020) アジア各国での妊娠糖尿病の現状. 産科と婦人科. No.87(5), 505-509.
- 4) Peng S, Liu L, Zhang X, Heinrich J, Zhang J, Schramm KW, Huang Q, Tian M, Eqani SA, Shen H. (2015) A nested case-control study indicating heavy metal residues in meconium associate with maternal gestational diabetes mellitus risk. Environ. Health. 14: 19.
- 5) Wells EM, Herbstman JB, Lin YH, Jarrett J, Verdon CP, Ward C, Caldwell KL, Hibbeln JR, Witter FR, Halden RU, Goldman LR. (2016) Cord blood methylmercury and fetal growth outcomes in Baltimore newborns: Potential confounding and effect modification by omega-3 fatty acids, selenium, and sex. Environ. Health Perspect. 124: 373-379.
- 6) Valvi D, Oulhote, Y, Weihe P, Dalgård C, Bjerve KS, Steuerwald U, Grandjean P. (2017) Gestational diabetes and offspring birth size at elevated environmental pollutant exposures. Environ. Int. 107: 205-215.
- 7) Wang Y, Zhang P, Chen X, Wu W, Feng Y, Yang H, Li M, Xie B, Guo P, Warren JL, Shi X, Wang S, Zhang Y. (2019) Multiple metal concentrations and gestational diabetes mellitus in Taiyuan, China. Chemosphere. 237: 124412.
- 8) Basu N, Horvat M, Evers DC, Zastenskaya I, Weihe P, Tempowski J. (2018) A State-of-the-Science Review of Mercury Biomarkers in Human Populations Worldwide between 2000 and 2018. Environ. Health Perspect. 126: 106001.
- 9) Yamamoto M, Yanagisawa R, Motomura E, Nakamura M, Sakamoto M, Takeya M, Eto K. (2014) Increased methylmercury toxicity related to obesity in diabetic KK-Ay mice. J. Appl. Toxicol. 34: 914-923.
- 10) Yamamoto M, Motomura E, Yanagisawa R, Hoang VAT, Mogi M, Mori T, Nakamura M, Takeya M, Eto K. (2019) Evaluation of Neurobehavioral Impairment in Methylmercury-Treated KK-Ay Mice by Dynamic Weight-Bearing Test. J. Appl. Toxicol. 39: 221-230.

■リスク評価グループ(基盤研究)

開発途上国における水銀の曝露評価と技術移転(RS-20-07)

Exposure assessment of mercury and technology transfer in developing countries

[主任研究者]

山元 恵(環境・保健研究部)
研究の総括、研究全般の実施

[重点項目]

メチル水銀曝露の健康影響評価と治療への展開
国際貢献

[共同研究者]

坂本峰至(所長特任補佐)
疫学研究デザインのサポート
郡山千早(鹿児島大学)
疫学研究デザイン、サンプルの収集、統計解析
秋葉澄伯(鹿児島大学名誉教授)
疫学研究デザイン、統計解析のサポート
中野篤浩(元基礎研究部長)
水銀分析法の改良のサポート
田端正明(佐賀大学名誉教授)
水銀分析法の改良のサポート
寶來佐和子(鳥取大学)
微量元素分析
Hung The Dang (Hanoi University of Public Health, Vietnam)
サンプルの収集、食事調査
Hang Thi Minh Lai (National Institute of Occupational and Environmental Health, Vietnam)
サンプルの収集、食事調査
Do Thi Thu Hien (National Hospital of Dermatology and Venereology, Vietnam)
サンプルの収集、食事調査
Nha Ba Pham (Bach Mai Hospital, Vietnam)
サンプルの収集、食事調査
Muflihatul Muhiroh (Diponegoro University, Indonesia)
サンプルの収集、食事調査

[グループ]

リスク評価

[研究期間]

2020 年度－2024 年度 (5 年)

[キーワード]

水銀曝露 (mercury exposure)、胎児 (fetus)、人力
小規模金採掘 (artisanal and small-scale gold
mining : ASGM)、開発途上国 (developing countries)、
メチル水銀分析 (methylmercury analysis)

[研究課題の概要]

開発途上国(ベトナム、インドネシア等)における水
銀の曝露評価研究を行い、対象国における水銀の
バイオモニタリングシステム、水銀分析の技術移転を
行う。

・ベトナム:妊娠期の母親及び新生児におけるメチ
ル水銀の曝露状況の把握を行う。出産可能年齢の女
性への魚介類摂取に関するガイダンスの策定に必要
な基礎資料を得る。

・インドネシア:水銀汚染が懸念される地域(金採
掘等)に関する実態調査を行う。

[背景]

- 1.「水銀に関する水俣条約」の有効性評価の一環とし
て、様々な集団、特にハイリスクグループのリスク評
価・管理に資する基礎データが求められている¹⁾。
- 2.メチル水銀曝露に対して感受性の高い胎児へのリ
スク管理において、妊婦における魚介類摂取を通
じたメチル水銀の曝露評価は、世界共通の課題で
あり、特に魚介類の摂取量の多い国や地域におい

[区分]

基盤研究

て重要な公衆衛生学的課題である。近年ベトナムにおいては魚食量が増加しているにも関わらず、妊娠可能年齢の女性を含む住民における食事(魚食)を通じたメチル水銀曝露状況はほとんど把握されていない。

- 3.これまでの研究において、生物試料中の総水銀・メチル水銀の簡易分析法を開発し^{2,3)}、本法の公衆衛生への応用の一環として、市販の魚介類(エビ)中の水銀及びセレンに関する実態調査を行った⁴⁾。また、ハノイの一般住民を対象とした毛髪水銀レベルと魚介類摂取の関連に関する疫学研究を行い、ベトナムにおける魚食とメチル水銀の曝露状況に関する初めての研究として発表した⁵⁾。
- 4.インドネシアにおいて、水銀汚染が懸念される地域(金採掘等)があるが、曝露評価や汚染に関する実態調査はほとんど行われていない。

[目的]

- 1.「水銀に関する水俣条約」の有効性評価の一環として、様々な集団、特にハイリスクグループのリスク評価・管理に資する基礎データを得る。
- 2.ベトナムにおける住民、特に妊娠可能年齢の女性におけるメチル水銀曝露評価システムを確立し、リスク管理に必要な基礎的データを得る。
- 3.インドネシアにおいて、水銀汚染が懸念される地域(金採掘等)に関する実態を把握し、必要に応じて対策を講じる。

[方法]

- 1.ベトナムにおける妊娠可能年齢層を含む住民の毛髪、爪を採取する。併せて魚食を中心とした食事・栄養アンケート調査(food frequency questionnaire: FFQ)を実施する。
- 2.採取した試料(毛髪・爪など)における水銀及びセレン等の元素分析を行う。
- 3.居住地域、性、及び魚介類の摂取状況等ごとのメチル水銀の曝露評価を行う。毛髪の水銀濃度、その他の修飾因子(セレン等)の相関を調べ、日本での先行研究⁶⁾と比較解析する。

- 4.インドネシアの金採掘に伴う水銀汚染が懸念される地域において、先行研究^{5,6)}に準じてヒト試料収集を行い、水銀の曝露・リスク評価を行う。

[期待される成果]

- 1.ベトナムにおける住民、特に妊娠可能年齢の女性におけるメチル水銀曝露評価システムが確立され、リスク管理に必要な基礎的データが得られる。
- 2.インドネシアにおいて水銀汚染が懸念される地域(金採掘等)に関する実態が把握され、対策を講じることが可能になる。
- 3.「水銀に関する水俣条約」の有効性評価の一環として、ハイリスクグループのリスク評価・管理に資する基礎データが得られる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

- (1)ベトナム・ハノイの妊婦を対象としたメチル水銀の曝露評価に関して、2019年度末までにリクルートした検体(毛髪・爪・便)を入手し、水銀・元素の分析を行う。併せてFFQについて整理する。
- (2)インドネシアにおける水銀の曝露評価に関する調査候補地に関して、現地カウンターパートと予備情報を収集する。

2. 2021 年度

- (1)ベトナム・ハノイからサンプル(毛髪・爪・便)の運搬を行い、得られた試料の水銀及び元素の分析を行う。
- (2)インドネシアにおける水銀の曝露評価に関する調査候補地に関する情報収集を進める。併せて共同研究者とCOVID-19蔓延下における水銀の曝露評価に関する新規なプロトコルの確立を試みる。

3. 2022 年度

- (1)ベトナム・ハノイにおけるサンプル中の水銀とその他の各因子(元素、魚食量等)との相関を解析し、論文化を行う。
- (2)ベトナムの調査対象地域の候補として、魚介類の多食地域に関する予備調査を行う。

- (3) インドネシアにおいて、調査対象地域を決定し、カウンターパートとの共同研究締結、対象集団のリクルート、疫学研究手続を行う。

4. 2023 年度

- (1) ベトナムにおける魚介類の多食地域の調査に関して、カウンターパートとの共同研究締結、対象集団のリクルート、疫学研究手続を行う。
- (2) インドネシアにおいて、生体試料採取のセットアップ、生物試料収集、食事アンケートの実施を行う。

5. 2024 年度

- (1) ベトナムにおける魚介類の多食地域の調査に関して、生体試料(毛髪・血液等)採取のセットアップ、生物試料収集、食事アンケートを実施する。
- (2) インドネシアにおいて、サンプル中の水銀分析、元素分析、各因子間の相関解析、論文化を行う。

[2020年度の研究実施成果の概要]

1. 今年度、ベトナムにおけるメチル水銀の胎児期曝露に関する調査研究について、バックマイ病院 (Bach Mai Hospital) より、2019 年度末までにリクルートした 48 名の FFQ について、ベトナムのカウンターパート研究者と、取りまとめ・翻訳を行った。
2. インドネシアのカウンターパートである Diponegoro University の共同研究者よりインドネシアにおける水銀の曝露評価に関する調査候補地に関して、金採掘地域に関する情報を得た。
3. 曝露評価のツールとなる水銀分析法に関する研究紹介を日本分析化学会の機関紙「ぶんせき」に寄稿した。

[研究期間の論文発表]

なし

[研究期間の総説・書籍]

山元 恵、丸本幸治：地域発の分析化学「水俣発の水銀分析法」ぶんせき、日本分析化学会、2021 ; 1: 21-22.

[研究期間の学会発表]

なし

[文献]

- 1) Basu N, Horvat M, Evers DC, Zastenskaya I, Weihe P, Tempowski J. (2018) A State-of-the-Science Review of Mercury Biomarkers in Human Populations Worldwide between 2000 and 2018. Environ. Health Perspect. 126: 106001.
- 2) Miyamoto K, Kuwana T, Ando T, Yamamoto M, Nakano A (2010) Methylmercury analyses in biological materials by heating vaporization atomic absorption spectrometry. J. Toxicol. Sci. 35: 217-224.
- 3) Yoshimoto K, Anh HT, Yamamoto A, Koriyama C, Ishibashi Y, Tabata M, Nakano A, Yamamoto M. (2016): Simple analysis of total mercury and methylmercury in seafood using heating vaporization atomic absorption spectrometry. J. Toxicol. Sci. 41: 489-500.
- 4) Hoang VAT, Sakamoto M, Yamamoto M. (2017): Mercury and selenium levels, and their molar ratios in several species of commercial shrimp in Japan regarding the health risk of methylmercury exposure. J. Toxicol. Sci. 42: 509-517.
- 5) Hoang VAT, Do HTT, Agusa T, Koriyama C, Akiba S, Ishibashi Y, Sakamoto M, Yamamoto M. (2017): Hair mercury levels in relation to fish consumption among Vietnamese in Hanoi. J. Toxicol. Sci. 42: 651-656.
- 6) Sakamoto M, Chan HM, Domingo JL, Oliveira RB, Kawakami S, Murata K (2015) Significance of fingernail and toenail mercury concentrations as biomarkers for prenatal methylmercury exposure in relation to segmental hair mercury concentrations. Environ. Res. 136: 289-294.

■リスク評価グループ(業務)

毛髪水銀分析を介した情報提供(CT-20-05)

Information service using hair mercury analysis

[主任担当者]

永野匡昭(基礎研究部)

業務統括、水銀分析

[共同担当者]

蜂谷紀之(元国立水俣病総合研究センター職員)

データ解析

水俣病情報センター職員

来館者の毛髪採取

ずいぶん体内に取り込まれ、その一部が毛髪にも排泄される。したがって、毛髪水銀分析は水銀を身近なものとして捉え、自身の MeHg の摂取状況を知る上で手軽で有用な手段である。これまで、国水研では来訪者や情報センター来館者のうち、希望者を対象として毛髪の水銀分析を行ってきた。更に、本業務は中期計画 2015 より「8. 広報活動と情報発信機能の強化及び社会貢献の推進 (3)水銀に関する情報発信の推進」に盛り込まれ、本中期計画でも継続されている。

[区分]

業務

[目的]

本業務は、毛髪水銀分析の結果の通知を通して微量の MeHg 摂取に関する情報発信を行い、MeHg を含む環境中の水銀についての理解を深めていただくことを目的としている。

[重点項目]

メチル水銀曝露の健康影響評価と治療への展開

[期待される成果]

環境中の水銀に関して理解の普及が考えられる。

[グループ]

リスク評価

[年次計画概要]

[業務期間]

2020 年度－2024 年度(5 年)

1. 2020 年度

国水研来訪者及び情報センター来館者のうち、希望者の毛髪水銀分析を行い、結果の通知を通して微量の MeHg 摂取に関する情報発信を行う。これと並行して 2014–2019 年のデータを解析し、現代日本人における毛髪中水銀濃度に関する論文の作成・投稿を目指す。

[キーワード]

メチル水銀(Methylmercury)、毛髪水銀(Hair mercury)、情報提供(Information service)

2. 2021 年度

前年度同様、毛髪水銀分析を介して微量の MeHg 摂取に関する情報発信を行う。更に、毛髪中水銀濃度の地域差に関する論文を作成し、投稿を目指す。

[業務課題の概要]

環境中の水銀について関心を持ち理解を深めていただくため、国立水俣病総合研究センター(国水研)来訪者及び付属施設である水俣病情報センター(情報センター)来館者のうち、希望者に対して毛髪水銀を分析し、魚介類由来のメチル水銀(MeHg)による健康影響に関する情報提供を行う。

3. 2022–2024 年度

引き続き、毛髪水銀分析を介して微量の MeHg 摂取に関する情報発信を行う。

[背景]

MeHg は微量ではあるが、主に魚食を通して絶え

[2020 年の業務実施成果の概要]

2020 年の毛髪水銀測定希望者等は情報センターで 118 名、国水研では 24 名であり、計 142 名の毛髪水銀分析を行い、測定結果について簡単な解説を付けた上で各個人に通知した。希望者等を所属機関等で分類すると、修学旅行生等の学校行事関係者が 121 名、学校行事関係者を除く情報センターでの希望者が 4 名、総務課を通じて依頼を受けた地方自治体関係者が 17 名であった。

そのほか、2014-2018 年のデータに 2019 年のものを加えデータ解析を行うとともに、論文作成のための文献を収集した。

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会発表]

なし

5. 自然環境研究グループ Nature Environment Group

本グループは 7 つの研究課題と 2 つの業務課題から構成されており、地球規模から地域レベル、並びに水俣湾周辺における水銀の環境循環の解明を目指して、野外調査、室内実験、各種分析などを含めた総合的な研究を行っている。その研究対象媒体は大気、水、土壌、底質、生物と、多岐にわたっており、とりわけ生物相においては植物プランクトン等の低次生産者からカジキ等の大型消費者までを網羅した幅広い研究課題設定となっている。また、水銀安定同位体比を利用した水銀放出源や化学反応プロセスの解明にも挑戦している。さらに、国内外の研究機関とも協力し、水俣条約発効に伴う有効性評価に資する貴重な環境中水銀データを得るために活動している。一方、水銀研究や科学技術の教育・普及を目的として、小・中学生、高校生を対象としたアウトリーチ活動も精力的に取り組んでいる。

2020 年度の各研究課題及び業務課題の研究概要は以下のとおりである。

[研究・業務課題名と概要]

1. 海洋中における形態別水銀の鉛直分布構造の要因解明 (プロジェクト研究)

丸本幸治(環境・保健研究部)

本研究では、北太平洋を主なフィールドとして海洋中における水銀の鉛直構造を支配する要因を理解し、かつ数理モデルへの応用を考慮して可能な限り定式化することを目的としている。そのため、以下の 4 つのサブテーマを設定し、研究を遂行している。

- ① 海洋表層における大気－海洋間の水銀フラックスの高精度定量化
- ② 海水中水銀の化学形態別鉛直・水平分布の把握
- ③ 表層・亜表層における植物プランクトンへの水銀取込の速度及び海水－プランクトン間の分配係数の実態解明
- ④ 中深層域の高水圧条件下でのメチル水銀の生成・消失の機構と速度の解明

今年度は①～③に関する現場観測及び室内実験

を行った。まず①では、二酸化炭素やメタンのガスフラックス観測に利用されている平衡器を水銀分析計に接続して、海洋からの水銀フラックス連続観測システムを構築し、2020 年 8 月の新青丸航海及び 10-11 月のかいめい航海で試験運用した。溶存ガス状水銀濃度のリアルタイム計測が可能となり、結果は良好であったが、無人自動運転の確立のためにはいくつかの改善すべき点があることもわかった。次に、②については、昨年度 9 月に伊豆・小笠原海域で採取した海水試料の総水銀及びメチル水銀の分析を完了した。総水銀濃度は表層で低く、深層域で高かった。一方、メチル水銀は表層でほとんど検出されず、100m 程度の亜表層から深層までほぼ一定の濃度であったが、海溝部でやや低くなる傾向がみられた。今年度も同海域で海水を採取し、形態別水銀分析用試料約 500 試料を得ると共に、溶存ガス状水銀の船上分析も実施することができた。最後に、③については、外洋性珪藻へのメチル水銀添加培養実験を行い、メチル水銀取込量が水温上昇に伴って増大することがわかった。このことは、珪藻へのメチル水銀取込が受動的な吸着ではなく、代謝による能動的な吸収であることが示唆された。

2. 土壌及び水・底質環境中における水銀の動態に関する研究 (基盤研究)

松山明人(国際・総合研究部)

新規課題として表記のテーマを設定し、以下に示す 3 項目の内容について研究を行ったので、それぞれの成果概要について述べる。

① 海水中における水銀メチレーション特性の検討

本研究は前中期計画 2015 からの継続である。これまでの検討では、水俣湾の生海水を使用した場合、インキュベーション実験において総水銀濃度の経時変化が安定せず、メチル水銀の生成についても不安定であった。そこで、今回は生海水ではなく、0.8 ミクロンのメンブランフィルターで濾過した海水を用いて研究を進めた。海水温と塩分濃度を 2 段階で変化さ

せ、且つ採水時期の異なる水俣湾海水を用いて実験を行ったが、総水銀濃度の変動は少なくこれまでの結果と比べ安定した。一方、メチル水銀の生成については、実験開始当初に急激な生成が観察されたケースもあったが、濃度的には全体として低い水準で推移した。

② 水俣湾の水質変動に伴う水俣湾底質の特性変化の把握

本研究では水俣湾で採取された表層底質を用いた。実験は海水の海水温、塩分濃度、各 3 段階に変化させ水銀の溶出実験を行った。溶出試験方法は、環境庁告示勸告 46 号を参考とした。溶出実験の結果、上記2要因でそれぞれ総水銀溶出量に違いは見られたが、塩分濃度の変動による総水銀溶出量の違いが大きかった。

③ 八代海に堆積した底質に含まれる水銀の分布特性と底質中水銀の由来把握

本研究は前中期計画 2015 からの継続である。研究結果より、デルフト 3D による底質移動ミュレーション結果(主に粘土粒子が水俣湾から八代海へ移動する)と八代海表層底質中の比較的高い総水銀濃度の平面分布結果はよく一致していた。そこで、底質粒子の有機物を事前に分解除去しなくても、底質粒子を分散させ粒径別に回収できる方法を考案した。試験的に水俣湾外から天草海域までに分布する底質試料数カ所を対象に、鉛直方向の底質試料数点について本法を適用した。その結果、鉛直方向の深度別、地点別で且つ底質粒径別に区分けされた底質中の総水銀濃度に違いが明確に見られた。また上述で用いた同様の試料を用いて、マルチコレクターによる同位体分析を行った。現在、同位体分析用に準備した総試料数 48 を全て分析した。結果として底質の採取地点別、深度別で同位体比の違いが把握されている。また昨年と比べ機械本体も安定し、分析状況も良くなった。

3. 大型海洋生物等におけるセレンとの複合体形成によるメチル水銀毒性の生体防御 (基盤研究)

丸本倍美(基礎研究部)

食物を通じて体内に取り込まれたメチル水銀は体

内で徐々に無機水銀に変換される。無機化する能力は動物種によって様々である。必須金属であるセレンが無機化に大きな役割を果たすことが知られているが、全容は不明である。これまで、水銀やセレンの臓器内での分布について X 線プローブマイクロアナライザー(EPMA)を用いて病理学的に検索することで、動物種による無機水銀及びセレンの分布の違いを明らかにしてきた。EPMA の諸臓器中のどの細胞に水銀やセレンが凝集するのかを明らかにできる特徴を生かし、大型海洋生物、特に、クジラ類、カジキ類における水銀及びセレンの組織内分布を明らかにしていく。今年度はクジラ類の体長と諸臓器に含まれる総水銀濃度の関係に注目して研究を行った。

4. 魚類への水銀蓄積の起点となる基礎生産者動態と食物連鎖を介した生物濃縮に関する研究

(基盤研究)

吉野健児(環境・保健研究部)

沿岸食物網における中心的基礎生産者は一般に浮遊性植物プランクトンであり、表層だけでなく沈降により底層魚介類の生産にも寄与する。しかしながら安定同位体分析の結果によると、水俣湾では浮遊性植物プランクトンよりも底生微細藻類の寄与が大きい。底泥は海水より水銀濃度が高く、底生藻類由来の水銀が食物連鎖を通して底魚類での相対的に高い水銀蓄積を招いている可能性がある。しかしながら基礎生産者に関する知見は水俣湾では不足しており、特に潮下帯底生微細藻類の現存量や水銀濃度、安定同位体比などの基礎情報は皆無である。本研究では基礎生産者の現存量動態とそれらに影響を与えうる環境パラメータの把握、それら基礎生産者と消費者の安定同位体・水銀分析を行う。

本年度は浮遊性プランクトンの動態調査及び将来の水銀分析と同位体分析のため、走光性を利用して底生微細藻類を分析に耐える量を安定的に採取する方法の確立に取り組んだ。調査は 6 月から 8 月を除き 12 月まで毎月行った。梅雨時の大雨や秋の巨大台風など特異な年であったが、浮遊性植物プランクトン動態については梅雨明け後の 7 月は塩分成層とその後の好天により、表層にブルームが生じていた。

10 月以降には成層は解消され鉛直混合し、それとともに表層でのブルームも消失していった。浮遊性植物プランクトンの寄与が大きい水俣湾ではあるが、成層解消後の 10 月、11 月の栄養塩濃度の状況から貧栄養な環境とは認められなかった。

底生微細藻類の採取については、泥試料の採取にはエクマン採泥器が、光条件は光量子で 30 $\mu\text{mol}/\text{sec}$ 以下の環境が走光性の点からは良好であった。しかし十分量を採取するには採取する底泥量を増やし試行回数を増やす以外になく、純度も高める必要がある。

5. 発生源別水銀安定同位体組成のキャラクタリゼーション (基盤研究)

伊禮 聡(環境・保健研究部)

本研究は自然環境で観測される水銀の発生源において水銀試料を採取し、その水銀安定同位体比と誤差を決定(発生源別初期同位体組成のインベントリーの構築)・報告することで、水銀安定同位体測定を用いた水銀動態研究の進展に貢献することを目的とする。本年度は、我々の身の回りで使用される水銀使用製品を調達し、その水銀分析手法の確立とその安定同位体比測定を実施した。

現在我々の身の回りで使用されている主な水銀使用製品は蛍光管や温度計などで、以前利用されていた水銀使用ボタン電池などは国内で製造・販売されていない。このため蛍光管と水銀温度計を調達し、その中に含まれる水銀を採取・分析試験を行った。水銀温度計は新品を 3 種類、計 9 本調達し、分析を行った。蛍光管は新品や使用済みのものを 80 本以上調達して分析を行ったが、多くは試験分析で失敗した。ここでは最終的に分析に成功した 13 本の蛍光管について記述する。

温度計は先端を破壊して液状金属水銀を採取、そしてその一滴を 20 mL の 40%逆王水(硝酸:塩酸が 2:1)を入れた 20 mL ガラスバイアルに入れて完全に溶解させた後、冷気化マルチコレクター型 ICP 質量分析計で濃度や同位体比を測定した。蛍光管の水銀はガス状金属水銀(GEM)とガラス管に付着する水銀が混在するため、最初に閉鎖系空間の中で管を破

壊して発生する GEM を水銀捕集管で捕集した。捕集した GEM は新規開発したプラスチックバッグ抽出法により 100 mL の 40%逆王水に溶解させ分析した。破壊後の蛍光管は両端の金属部分を取り除き、ガラス管を粉々に砕いてビーカーに移し、100 mL の 40%逆王水、あるいは濃硫酸・過塩素酸混合溶液に浸して管壁に付着する水銀を溶解させ分析した。

サンプル水銀の酸溶液への溶解試験は、温度計の水銀は目視による完全溶解確認から、GEM のプラスチックバッグ抽出法ではガス中の残渣 GEM 量測定から、そして蛍光管内壁に付着する水銀は濃硫酸・過塩素酸混合溶解溶液の時系列濃度変動から水銀がほぼ完全に溶解したことを確認した。そして水銀の 5 つの安定同位体比 ($^{199}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$, $^{200}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$, $^{201}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$, $^{202}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$, そして $^{204}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$ の比をそれぞれ δ 表記し、 $\delta = \text{サンプルの同位体比} / \text{参照物質の同位体比} - 1$ と定義)分析では、温度計水銀は全ての同位体で δ 値 0.53 ‰の範囲内で一致することが判明した。これに対し、蛍光管の水銀は GEM で 1.8 から 11 ‰の範囲で、内壁付着水銀は 1.4 から 6.3 ‰の範囲と大きく変動することが判明した。また全体的に、GEM は付着水銀よりも同位体組成が軽いことも判明した。

6. 海洋におけるメチル水銀の形態変化過程に関する微生物群の動態解明 (基盤研究)

多田雄哉(環境・保健研究部)

本研究では、沿岸域から外洋域、深海域を含めた海洋観測を実施し、海水中における形態別水銀濃度を定量すると同時に、水銀メチル化及び脱メチル化に関連する微生物遺伝子群を、メタゲノム解析並びに分子生物学的手法を駆使して解析することで、海洋における微生物学的なメチル水銀生成・分解機構に関する知見を得ることを目的としている。本年度は、2019 年 7 月に瀬戸内海西部(特に豊後水道)において取得した試料について、海水中総水銀・メチル水銀分析を行うと同時に、メタゲノム解析による水銀メチル化遺伝子 (*hgcAB* 遺伝子) 並びに脱メチル化遺伝子(特に *merB* 遺伝子)解析を実施した。

本研究の結果から、瀬戸内海西部では、海水中総

水銀・メチル水銀濃度と *hgcA*、*hgcB* 及び *merB* 遺伝子の存在量との間には関連が見られなかった。また、*hgcA* の系統解析の結果、検出された *hgcA* は、メタン菌や好熱菌を含む Euryarchaeota、亜硝酸酸化細菌を含む *Nitrospira* 並びに *Nitrospina* が持つ *hgcA* 遺伝子に近縁であることが明らかとなった。一方、*merB* 遺伝子の系統解析の結果、検出された遺伝子の 57% が、*Actinobacteria* 系統群の *merB* 遺伝子に近縁であることが明らかとなった。これらのことから、瀬戸内海西部においては、異なる微生物系統群がメチル水銀の生成及び分解過程に関与していることが明らかとなった。

7. アジア太平洋地域における大気中水銀の中・長期的濃度変動要因に関する研究 (基盤研究)

丸本幸治(環境・保健研究部)

本研究では、水俣条約の有効性評価に資する大気・降水中水銀の継続的なデータを取得することを第一の目的としている。また、その季節変動や経年変動の有無とそれらの要因、並びに放出源の影響も明らかにすることも目的の一つである。これらの目的を達成するため、水俣市と福岡市で大気中水銀の連続モニタリングを、水俣市、平戸市、福岡市、御前崎市で降水中水銀のモニタリングを実施している。しかし、機器のメンテナンス等のため、2020 年 4 月～12 月の期間中は水俣市以外での降水中水銀モニタリングを中止し、2021 年 1 月から再開している。今年度は新しく島根県松江市と茨城県つくば市において降水中水銀のモニタリングを開始した。また、阿蘇中岳第一火口の北側に位置する仙酔峡において大気中連続モニタリングを開始し、火山からの水銀放出の影響を調べた。このモニタリングでは、大気中水銀濃度が南風のときに上昇することから、火山ガスの影響を受けていることがわかったが、日中に急激に濃度が低下する特異的な現象を見出し、その要因について考察した。

一方、降水中水銀モニタリングについては、水俣条約への対応から国際的な精度管理プログラムへの参加や台湾中央大学との共同研究を行い、データの信頼性の確保に努めた。

8. 水俣湾水質モニタリング及び水俣地域における各種活動支援 (業務)

松山明人(国際・総合研究部)

新規業務として表記のテーマを設定し、以下に示す 2 項目の内容にて業務を行ったので、その成果概要について述べる。

① 水俣湾水質モニタリング

全体で年 3 回(2020 年 5 月、8 月、11 月)に水俣湾及び採水モニタリングを行った。採水場所は、水俣湾内の 3 ヶ所(裸背、湾奥、恋路島)で行った。親水護岸水質モニタリングは、水俣病情報センター地先からフェリー乗り場に至るまでの埋め立て地護岸壁の 5 カ所で年 2 回(5 月、9 月)に行われた。結果、2020 年度の水俣湾の溶存態総水銀濃度の全体平均値は 0.30 ± 0.07 ng/L、溶存態メチル水銀は 0.04 ± 0.02 ng/L であった。親水護岸は溶存態総水銀濃度が 1.7 ± 0.3 ng/L であった。

② 水俣地域における各種活動支援(副題 水俣湾における効率的な牡蠣養殖技術の開発)

過去の調査の結果、水俣川河口域の栄養塩濃度が他と比べ高いことが明らかとなっていることから、2020 年 2 月後半に、水俣川河口域に牡蠣養殖用筏を設置し、他海域(袋湾、丸島新港)にも養殖筏を設置して、牡蠣生育の差異について今年度は検証した。河口域については、2020 年 5 月頃までは順調に生育が推移したが、ほたて貝殻にフジツボが密集した。その結果、実験開始当初は発育が良好であった河口域実験区の牡蠣生育が急激に悪化した。また昨年 7 月初旬の九州南部豪雨により水俣川が増水し、河口に設置した養殖筏が破壊され流亡した。そこで新たに、沈下橋構造の牡蠣養殖筏を 8 月に設置し実験を再開した。しかしながら、河口域は 2020 年 8 月からの再始動であるため、3 実験区のデータが均質にそろっておらず、実験を正確に評価するには至らなかった。

9. 小・中学生を対象とした科学技術研究に関するアウトリーチ活動 (業務)

丸本倍美(基礎研究部)

研究者や研究機関は、科学的知識や研究成果等を国民に周知することが求められている。国水研が位置する水俣市は水俣病が発生した町として国内外に知られているが、小中学生の水銀そのものに対する知識は乏しい。そこで、水俣市内の小中学校において水銀に関する出前授業を実施し、水銀に関する正しい知識を提供する。また、双方向性を重視するために、研究者からの一方的発信ではなく、出前授業後に質問箱を設置し、子供たちからの質問に答えることでフィードバックを可能とする。併せて、水銀に関する出前授業以外に依頼された事案についても積極的に対応することで地域に貢献する。今年度は水俣市内外の小学校に出前授業、質問箱の設置及び回答の作成を行った。

■自然環境グループ(プロジェクト研究)

海洋中における形態別水銀の鉛直分布構造の要因解明(PJ-20-03)

Study on factors influencing the vertical distribution in speciated mercury in the ocean

[主任研究者]

丸本幸治(環境・保健研究部)
研究の総括、実験全般の実施

[キーワード]

水銀 (Mercury) 、大気-海洋交換 (Air-sea exchange) 、海洋生物 (Marine wildlife) 、生物蓄積 (Bio magnification)、鉛直分布 (Vertical profile)

[共同研究者]

多田雄哉(環境・保健研究部)
海洋観測及びプランクトンへの水銀取込実験等
武内章記(国立環境研究所)
海洋観測の共同実施及び水銀の形態分析に関する助言
河合 徹(国立環境研究所)
海洋観測、モデルパラメータに関する助言
竹田一彦、岩本洋子(広島大学)
沿岸域における海洋観測協力
登尾浩助(明治大学)、近藤文義(海上保安大学校)
水銀フラックス観測の共同実施
小畑 元(東京大学大気海洋研究所)
太平洋における海洋観測への協力
川口 慎介(海洋研究開発機構)
深海における海洋観測への協力
林 政彦(福岡大学)
南極海における海洋観測への協力

[研究課題の概要]

海洋における総水銀とメチル水銀の濃度は表層で低く、水深が深くなるにつれて高くなる傾向がある。メチル水銀については中層において特異的に濃度が高いことも知られている。このような鉛直分布を決定する要因について、以下の観点から定量的に明らかにすることを目指す。対象とする海域は地球規模で俯瞰してデータが少ない北太平洋西部を主とする。はじめに、同海域における海洋中水銀の形態別分析を行い、主要な形態である二価水銀化合物(Hg(II))、ガス状金属水銀(Hg(0))、モノメチル水銀(mono-methyl Hg、以下 MMHg)、ジメチル水銀(Di-methyl Hg、以下 DMHg)の存在割合を明らかにする。次に、その存在割合に影響すると考えられる表層における大気-海洋間の水銀交換と植物プランクトンへの取込と排泄、中深層におけるマリンスノーからの水銀の溶出について現場観測と室内実験により定量的に明らかにする。また、それぞれの現象において影響が大きい環境パラメータ(水温、塩分など)を検索し、それらのパラメータから現象を再現できる簡易なモデル式を構築する。

[区分]

プロジェクト研究

[背景]

人間活動や自然要因によって環境中への放出された水銀は、最終的に海洋へと到達し、その一部が海洋中の微生物によりメチル水銀へと変換され、海洋生物へと移行する。ヒトへのメチル水銀の健康リスクは魚介類の摂取と密接に関係しており、水銀に関する水俣条約第 19 条においても環境中における水銀の輸送量や循環量、並びにヒトを含めた生物への曝露量を把握するため、ヒトや環境中の水銀濃度に

[重点項目]

メチル水銀の環境動態

[グループ]

自然環境

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

関する長期的なモニタリングとモデル予測を実施することが求められている。魚介類へのメチル水銀蓄積過程を理解するためには、海洋環境中の水銀の形態変化と大気-海洋、海水-生物等の媒体間の移動フラックスを定量的に把握する必要がある。しかしながら、地球規模で俯瞰してみると、大西洋や太平洋東部、地中海、北極海に比べて日本周辺の北太平洋西部海域の海洋環境におけるこれらのデータは不足している。これまで当研究センターで実施してきた東シナ海及び北太平洋亜寒帯域における海洋観測から、外洋におけるメチル水銀濃度の鉛直分布は総水銀濃度と同様に表層で低く、中深層において高濃度で存在するが、とりわけ中層域において極大値となり、表層でも植物プランクトンの指標となるクロロフィル a 濃度極大域においても高くなることが明らかになっている¹⁾。しかし、その濃度変動要因について確定的なことは理解されていない。

これまでの研究により、海水中水銀の主要な形態として有機態である MMHg と DMHg 及び無機態である Hg(0) と Hg(II) 化合物が存在すると考えられる。しかしながら、MMHg と DMHg についてはそれらを合算した Methylated Hg (MeHg) として測定されることが多く、それは海水中の MMHg を測定するために保存試薬として酸を添加すると、DMHg が MMHg に変換されることに起因する²⁾。そこで、主にガス態で存在する DMHg の特性を利用して、海水を窒素ガスでバブリングすることで DMHg を除き、その後酸を添加して MeHg を測定することにより、それを MMHg とみなす方法が考案されている。一方、Hg(0) を測定するときにも、Hg(0) がほぼガス態で存在していることを利用して DMHg と同様に窒素ガスでバブリングし、下流に導入した金アマルガム捕集管に Hg(0) を捕集し、測定する。一般的に溶存ガス状水銀 (Dissolved gaseous Hg, 以下 DGHg) と言われるが、この DGHg もガス状で存在する Hg(0) と DMHg を合算したものである。MeHg と DGHg はどちらも DMHg を内包するため、これが 4 つの主要形態の存在割合を正確に把握する上で大きな障害の一つとなっていると考えられる。しかしながら、最近では DMHg に対する捕集効率がほぼ 100% であるカーボン系樹脂を使用し、窒素ガス

バブリング下で DMHg のみを捕集して測定する方法が考案されており³⁾、すでに東部太平洋亜熱帯域⁴⁾ 及び北極海⁵⁾ における海水中水銀の形態別分析に応用されている。

[目的]

本研究では以下の 4 つのサブテーマを設定し、北太平洋を主なフィールドとして海洋中における水銀の鉛直構造を支配する要因を理解する。また、数理モデルへの応用を考慮し、可能な限り定式化することを目的とする。

1. MMHg、DMHg) 及び無機水銀 (Hg(0) 及び Hg(II)) の濃度及び総水銀に対する存在割合の水平・鉛直分布
2. 海洋表層における大気-海洋間の水銀フラックスの高精度定量化
3. 表層・亜表層における植物プランクトンへの水銀取込の速度及び海水-プランクトン間の分配係数
4. 中深層域の高水圧条件下でのメチル水銀の生成・消失の機構と速度

[期待される成果]

1. 地球規模で俯瞰してデータの不足している北太平洋西部海域の全水深の形態別水銀濃度データが得られ、地球規模の水銀循環の理解に貢献する。
2. 大気-海洋表面の水銀フラックスに関して極めて実測に近い値が得られ、従来法による推計値の検証が可能となる。
3. 多種類の植物プランクトンへの水銀取込に関して速度と機構に関する情報が得られ、海洋生物への水銀蓄積過程及び環境リスクの理解に貢献する。
4. 海洋表層から深層までのメチル水銀の生成・消失に関する知見が得られ、メチル水銀の環境リスクの評価に貢献する。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

サブテーマ 1 について海洋中水銀の形態別存在割合の把握のため、現場観測及び室内実験により DMHg の分析方法を確立する。また、サブテーマ 2

について従来のガス交換モデルによる方法のうち平衡器を用いた連続モニタリングシステムを構築する。現場観測も行い、問題点を抽出して改善していく。一方、サブテーマ 3 については外洋性珪藻を対象株とした MMHg 取込実験を行う。

2. 2021 年度

前年度に引き続き、サブテーマ 1, 2 についての検討及び改善を進める。サブテーマ 2 については緩和渦集積法 (Relax eddy accumulation method, 以下 REA 法) を用いた新しい水銀フラックス観測システムを構築する。サブテーマ 3 では、ブラシノ藻 (もしくはクリプト藻) を対象株とした MMHg 取込実験を行う。

3. 2022 年度

この年に実施予定の白鳳丸航海に参加し、北部太平洋における海水中水銀の形態別存在割合を明らかにする。また、大気－海洋間水銀フラックスの観測も行い、平衡器を用いたガス交換モデル法 (従来法) と REA 法を用いた新しい観測方法を比較検討する。サブテーマ 3 については、前年度の結果を論文にまとめると共に、クリプト藻 (もしくはブラシノ藻) を対象株とした MMHg 取込実験を行う。

4. 2023 年度

引き続き、海水中水銀の分析を進め、データを蓄積すると共に、論文としてまとめる。また、可能な限り、南極海において大気－海洋間水銀フラックスの観測を行い、異なる方法での比較検討を行う。これまで培養した植物プランクトンを対象に高圧条件下での MMHg 及び Hg(II) の溶出実験を開始する。

5. 2024 年度

引き続き、高圧条件下での MMHg 及び Hg(II) の溶出実験を行い、結果をまとめて論文とする。また、大気－海洋間水銀フラックスの観測データを解析し、それに影響する環境因子の検索を試みる。さらに、植物プランクトンへの MMHg の取込速度について環境因子との関係性を調べ、論文としてまとめる。

[2020 年度の研究実施成果]

海水中水銀の形態別水銀の存在割合の把握

海水中における4つの主要な形態の水銀の存在割合を明らかにするため、今年度はDMHgの測定方法

を確立することを目指した。はじめに文献調査を行い、DMHgの捕集効率が100%であるカーボン系樹脂³⁾を用いた捕集管を作成した。DMHgは生体への毒性が極めて強いため、その取扱が困難であることから、先行研究に従って、MMHgである塩化メチル水銀 (CH_3HgCl) を誘導体化してエチルメチル水銀 ($\text{CH}_3\text{HgC}_2\text{H}_5$) としてガス化してこの捕集管に捕集して検量線を作成する方法を採用することとした。また、先行研究⁵⁾では、カーボン系樹脂捕集管を加熱してDMHgを脱着した後、700°Cの加熱炉でHg(0)に変換し、それを金アマルガム捕集管に捕集して保存する方法が記載されていたため、この方法も採用することとした。しかしながら、ここで使用するカーボン系樹脂にHg(0)が少しでも吸着すると、DMHgの測定値に正の誤差を与える可能性があると思われたが、文献にはそれに関する検討は記載されいかなかった。そこで、作成したカーボン系樹脂捕集管へのHg(0)標準ガスの吸着試験を実施したところ、捕集管へのHg(0)の吸着はみられなかった。そのため、本研究では上記の方法をもとに、検量線を作成した。その結果、カーボン系樹脂に捕集した $\text{CH}_3\text{HgC}_2\text{H}_5$ を金アマルガム捕集管に移送して得た検量線は、Hg(0)標準ガスを用いて作成した検量線とほぼ一致しており(図1)、同方法によりDMHgの定量が可能であることがわかった。

次に、試験的に実際の海水への適用を試みた。海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の研究船かいめいを使用して2020年10月25日から11月11日まで実施された航海KM-20-08に参加し、伊豆・小笠原海域において海水を採取した。そして、それを窒素ガスでバブリングし、発生したDMHgをカーボン系樹脂捕集管に捕集した。捕集管は-30°Cで保管し、実験室に持ち帰った後、上述した方法でDMHgを測定した。また、窒素ガスでバブリングした後の海水とバブリングをしていない元の海水の両方に保存試薬である酸を添加して持ち帰り、MMHg及びMeHgの分析を行った。両者の分析にはハイブリッド法⁶⁾を使用した。図2に北緯34°00'、東経143°00'におけるDMHgとMMHgの鉛直分布を示した。カーボン系樹脂に捕集したDMHgと、MeHgの分析値からMMHgの分析値を差し引いて求めたDMHgの値は多少の誤差はあるものの概ね一致

していた。そのため、先行研究を基に確立したDMHg分析法が有効であることが示唆される。しかし、今回得られた結果では有機態で存在する水銀のほとんどがMMHgではなく、DMHgであり、他の研究例に比べてDMHgの割合が高い結果となった。今後はさらに測定数を増やして誤差が生じる要因やDMHgの割合が高い要因などを検討していく必要がある。

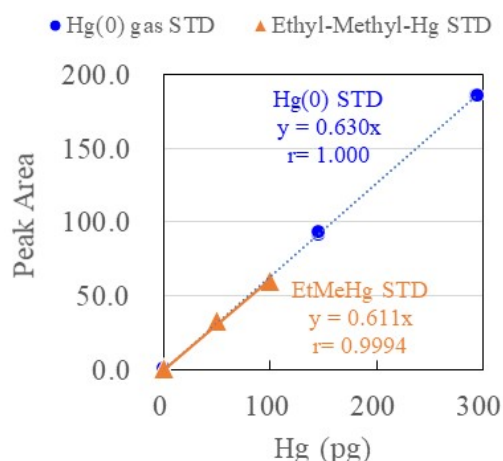


図1 Hg(0) gas STD と Ethyl-Methyl-Hg (EtMeHg) STD の検量線の一例

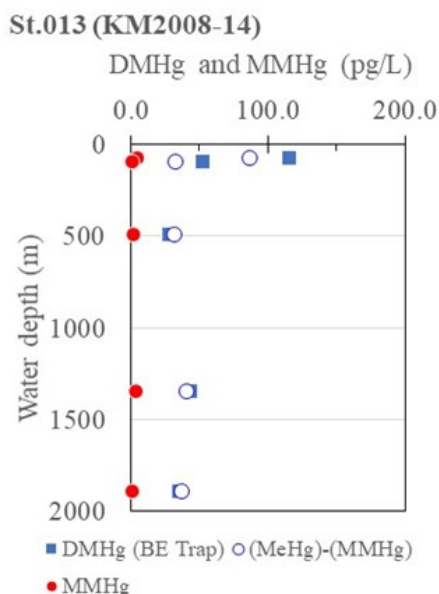


図2 KM-20-08 航海における外洋海水 DMHg の試験的分析結果

大気-海洋間水銀フラックスの高精度観測

本研究の最終目標は、直接的なガスフラックス観測法である渦相関法を微量ガスに応用したREA法を

海洋表層からのHgフラックス観測に応用することである。その前段階として、これまでガスフラックス観測法として一般的に普及しているガス交換モデル法⁷⁾について、当研究センターで行われていた単発のバッチ方式⁸⁾⁹⁾ではなく、気液平衡器を用いた連続方式¹⁰⁾による観測データの取得を試みた。大気中での濃度がガス状Hgに対して比較的高いCO₂やCH₄のフラックス観測に使用されている気液平衡器システムのポンプや流量計、バルブ等を選定し、CO₂やCH₄と共に微量のガス状Hgのフラックスが観測できるように改良した。そして、JAMSTECの新青丸を使用して2020年8月に実施されたKS-20-11航海及び前述のKM-20-08航海にて改良したシステムの試験的な運用を行った。

図3にKM-20-08航海時における大気中のガス状Hg及びCH₄、並びに気液平衡器により平衡状態となった空気中のガス状Hg及びCH₄の濃度変動を示した。また、ガス状Hgの気液平衡濃度からガス交換モデルを用いて算出したHgフラックスもこの図に示した。図より、ガス状HgやCH₄の気液平衡濃度はその前後の大気中濃度よりも高く、伊豆・小笠原海域ではどちらのガス成分も海洋表面から大気へガスが放出されていることが示唆される。また、これらのデータを用いて算出したHgガスフラックスは0.0012～0.31 ng/m²/minの範囲であり、平均0.061±0.052 ng/m²/min (N=212)であった。これを1時間あたりに換算すると、3.7±3.1 ng/m²/hであり、この値は東シナ海で観測された値⁸⁾とほぼ同程度であった。気液平衡器を用いたHgフラックス観測は平衡器内の水位を一定に保ち、大気測定ラインと気液平衡濃度測定ラインを自動で切り替えることで無人での運用が可能である。しかしながら、今回実施した観測では船からの表層海水供給量が不安定であったため、気液平衡器内の水位を一定に保つことが難しかったこと、また、測定ラインの切替もうまくいかなかったこともあり、無人での運用は断念した。そのため、限られた日の日中にしかデータが得られなかったことから、平衡器への水位計のや測定ライン自動切替方法などを今後検討していく必要がある。

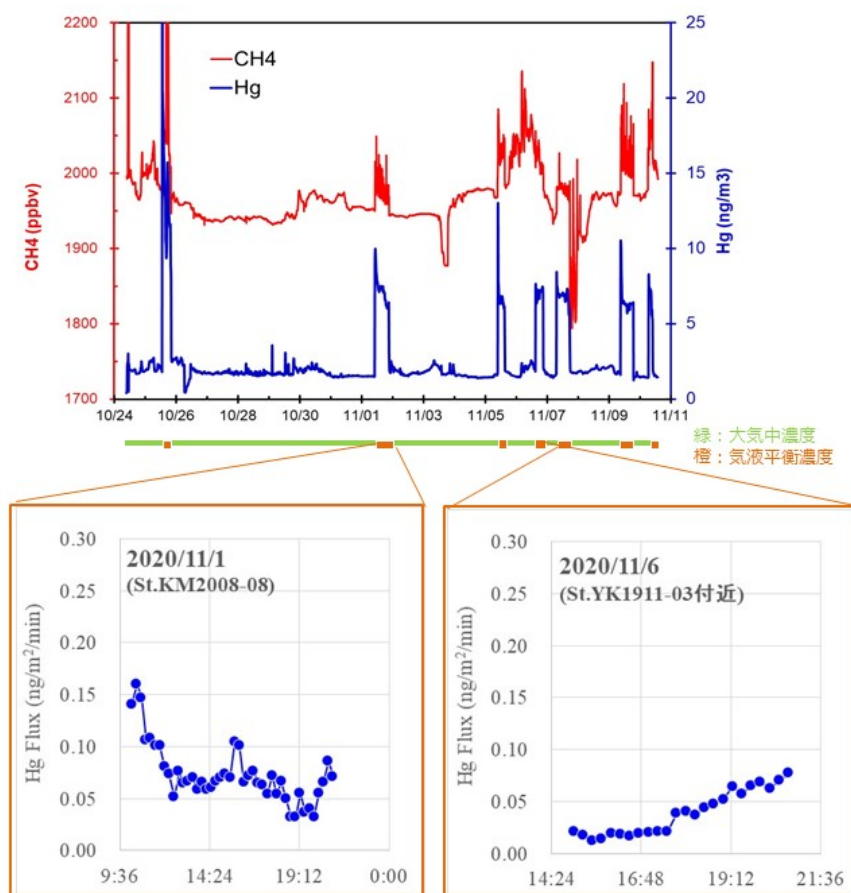


図3 KM-20-08 航海における大気中のガス状 Hg と CH₄ の濃度及び両者の気液平衡濃度、並びに Hg フラックス値の変動

外洋性珪藻を対象としたMMHg添加培養実験

表層・亜表層のHg化学種の濃度変動には植物プランクトンへのHg化学種の取込が大きく影響すると考えられる。そこで、はじめにHgの生物移行において最も重要な化学種であるMMHg(システイン態MMHg)を添加した海水に培養した外洋性珪藻株を入れて、MMHg濃度の変化を調べた。添加した濃度は1000 pg/Lであり、実験開始時及び開始後1、3、5、8 h後に海水を採取してろ過し、ろ紙上に残ったもの(懸濁態)を珪藻株の細胞に取り込まれたMMHg画分とした。ろ液に残ったMMHg(溶存態)も測定し、マスバランスが取れているか確認した。MMHgの分析にはハイブリッド法⁹⁾を用いたが、懸濁態画分の分析については一部改良している。なお、培養した外洋性珪藻株は*Thalassiosira nordenskiöldii*であり、水温2

～15℃で生息し、主に亜寒帯域において優先する種である。また、気候変動による水温変動が植物プランクトンのMMHg取込にどのような影響を与えるかを調べるため、培養時の水温を2℃、5℃、10℃、15℃に設定して実験を行った。

図4と図5に結果を示した。図4より、培養時間が長くなるほど、細胞画分のMMHg濃度が次第に高くなり、溶存画分のMMHg濃度が低下していた。また、図5に示すようにMMHgの分配係数(細胞画分/溶存画分)も徐々に増大したことから、MMHgが珪藻の細胞画分へ移行していることが示唆される。しかしながら、今回の8 hの実験時間では細胞画分のMMHg濃度や分配係数が一定の値にならなかったことから、どのくらいの時間で平衡状態となるかはわからなかった。そのため、より長い時間の培養実験が必要である。

一方、水温が上昇するにつれて、分配係数が上昇することが確認されたことから、気候変動による海水温の変化により海洋低次生態系へのMMHg移行量が変化し、Hgの循環のプロセスや量に変化する可能性が示唆される。このような水温に対する応答性は植物プランクトンの種類によって異なる可能性もあり、今後様々な種を対象に同様の実験を行う必要がある。

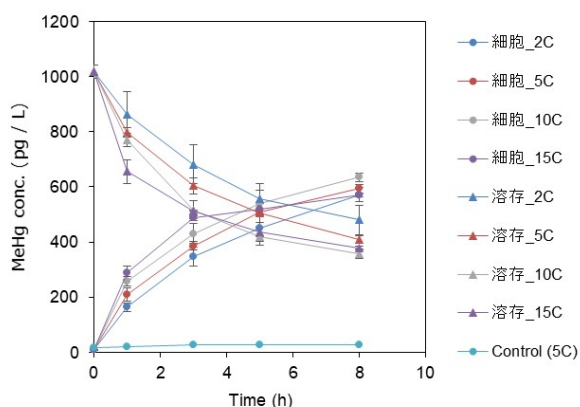


図4 細胞画分及び溶存画分のMMHg濃度の変動

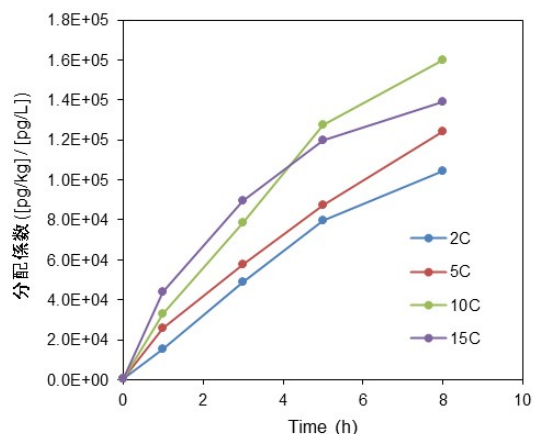


図5 分配係数 (細胞[pg/kg]/溶存[pg/L]) の変動

[備考]

本研究の一部は環境研究総合推進費研究課題(SII-6-3(2))(分担:令和02年度-04年度)より実施した。サブテーマ1の大気-海洋間水銀フラックス観測については科学研究費補助金・基盤研究A(代表)に応募中である。

[研究期間の論文発表]

なし

[研究期間の学会発表]

なし

[文献]

- 1) Marumoto K., Takuuchi A., Tada Y., Obata H. (2019) *The 14th International conference on mercury as a global pollutant (ICMGP2019)* (Krakow, Poland)
- 2) Black F.J., Conaway A.R. (2009) *Environ. Sci. Technol.* 43, 4056-4062.
- 3) Baya P.A., Hollinsworth J.L., Hintelmann H. (2014) *Anal. Chim. Acta* 786, 61-69
- 4) Bowman K.L., Hammerschmidt C.R., Lamborg C.H., Swarr G.J., Agather A. M. (2016) *Mar. Chem.* 186, 156-166.
- 5) Agather A.M., Bowman K.L., Lamborg C.H., Hammerschmidt C.R. (2019) *Mar. Chem.* 216, 103686.
- 6) Logar M., Horvat M., Akagi H., Pihlar B. (2002) *Anal. Bioanal. Chem.* 374, 1015-1021.
- 7) Liss, P.W., Slater, P.G. (1974) *Nature* 247, 181-184.
- 8) Marumoto K., Imai S. (2015) *Mar. Chem.* 168, 9-17.
- 9) Marumoto K., Takeuchi A., Kodamatani H., Suzuki N. (2018) *Geochem. J.* 52, 1-12.
- 10) Gärdfeldt, K., Horvat M., Sommar J., Kotnik, J., Fajon, V., Wängberg I., Lindqvist O. (2002) *Anal. Bioanal. Chem.* 374, 1002-1008

■自然環境グループ(基盤研究)

土壌及び水・底質環境中における水銀の動態に関する研究(RS-20-08)

Researche on the behavior of mercury in soil,water and sediment.

[主任研究者]

松山明人(国際・総合研究部)

研究の総括及び実験全般

[共同研究者]

丸本幸治(環境・保健研究部)

水質分析等全般

伊禮 聡(環境・保健研究部)

同位体分析(マルチコレクター)

多田雄哉(環境・保健研究部)

微生物実験全般

和田 実(長崎大学)

海洋微生物の挙動解析

矢野真一郎(九州大学)

試料採取全般、コンピュータ解析

富安卓滋(鹿児島大学)

元素分析等全般

[区分]

基盤研究

[重点項目]

メチル水銀の環境動態

[グループ]

自然環境

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

メチル水銀 (Methylmercury)、水俣湾 (Minamata Bay)、八代海 (Yatsushiro sea)、水銀の有機化 (methylation)、水銀同位体 (Hg Isotope)

[研究課題の概要]

水俣湾内に現在まで残存してきた 25 mg/kg dry

weight (ppm)以下の水銀含有底質が現状の水俣湾海洋環境に対しどのような影響を与えているのか、或いは与える可能性があるのかを検討すると同時に水俣湾より八代海へ向けて流出した水銀の動態についても明らかにする。更に海水中の水銀の有機化反応(メチレーション)についても、その反応特性について検討する。

[背景]

水銀で汚染された水俣湾の浚渫、埋め立てによる大規模修復工事は 1990 年に終了し、現在までおよそ 30 年が経過した。埋立地に埋設処理された底質中の水銀濃度は 25 ppm 以上であり、それ以下の水銀を含む底質は浚渫適用外とされ、そのまま湾内に残された。これら湾内に残存している底質が、現在直接水俣湾の環境に与えている影響や、水俣湾の環境が大きく変動した場合に、水銀を含む底質にどのような化学的变化が生じ、それに伴い水銀の溶出はどうか等、まだ十分に把握・解明されていない。また、浚渫工事が開始された 1977 年以前は、多くの水銀含有底質が八代海に向けて流出していたと考えられるが、現状として天草海域を含む八代海全域での水銀の起源(由来)を含む詳細な調査はこれまでに行われていない。

[目的]

本課題における研究対象フィールドは水俣湾及び八代海とする。

(1) 水俣湾海水中の物理特性 (溶存酸素濃度 (DO) pH、ORP 等)や栄養塩濃度を把握し、主に微生物が関与すると考えられている海水中における水銀の有機化(メチレーション)について室内培養実験を行い、検討し、その反応特性を明確にする。

(2) 水俣湾に堆積する底質の初期特性(総水銀濃度、メチル水銀濃度、化学種別水銀溶出量)を把握す

る。その後、培養及び溶出実験で海水温度や pH、塩分濃度等を単独あるいは複数組み合わせ条件を変化させた場合の水銀溶出量を把握し、水俣湾の水環境が大きく変動した場合に起こりうる底質からの水俣湾への影響について、主に水銀溶出の観点から明確にする。

- (3) 従来からある土壌学の粒径別分離手法や、マルチコレクターの活用による水銀同位体分析手法を駆使し、八代海に分布する底質中水銀の起源(由来)について明らかにするべく検討する。

[期待される成果]

- (1) 過去 15 年を超える水銀モニタリングの結果から、季節に関係なく年間を通して水銀メチレーションが起こりうる水俣湾で水銀の有機化反応に対する知見を幅広く得ることができる。現在、世界的にもあまり検討が進捗していない海水中のプランクトンなど微生物が水銀メチレーションに関与する影響についての検討を進めるための基礎的な知見を提供できる。
- (2) 採取した底質コア試料の八代海平面上の位置関係及びコア底質の粒径別水銀鉛直方向濃度分布、更にはその対象となる底質試料中の水銀同位体比を計測することにより、底質中に含まれる水銀起源(チッソ由来かどうか)の検討が可能となる。
- (3) 自然災害やそれに伴う可能性の大きな人為的災害によって、大きく水俣湾の水環境が変化した場合における水銀含有底質からの環境影響を評価できる。

[年次計画概要]

2020 年度

目的(1)～(3)までの基礎実験データを中心に取得する。

2021 年度

目的(1)(2)については環境要因の組み合わせ効果を把握する。また八代海で採取されている底質試料を用いた追加実験を行う(底質の粒度区分、天草海域・底質中の水銀同位体分析の追加分析を行う。3)については、環境要因の組み合わせ実験を行う。

2022 年度

目的(1)(2)について、成果を確認し可能であれば論文化を進める。(3)については、テーマ進捗に応じた追加実験の実施を行う。

2023 年度

目的(2)についての論文化を進める。土壌を用いた実験研究に着手する。

2024 年度

主に土壌中における水銀のメチル化について、論文化を念頭に検討を進める。

[2020 年度の研究実施成果の概要]

1. 海水中における水銀メチレーション特性の検討

(中期計画 2015 の延長)

1-1 実験方法

小型環境インキュベータを用いた培養実験を行った。実験に用いた水俣湾海水は孔径 0.8 μ m のメンブレンフィルターを用いて濾過されたものである。今年度は培養温度を 15 $^{\circ}$ C 及び 30 $^{\circ}$ C の 2 段階で行い、光の有無や塩分濃度、栄養塩等の調整は行っていない。また、海水の濾過処理効果を把握するため、季節を変えて採水し、添加した溶存態総水銀濃度の経時変化等を把握した。培養温度を変化させた実験系について、溶存態総水銀の経時変化だけでなく溶存態メチル水銀濃度の経時変化も確認した。

<実験条件>

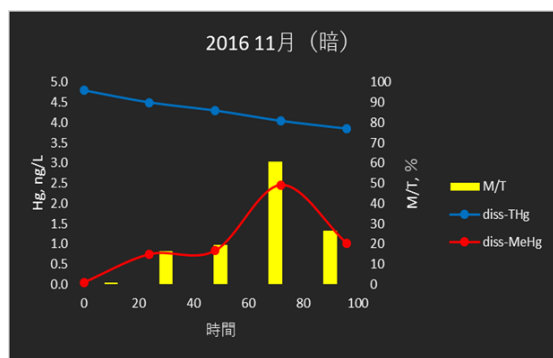
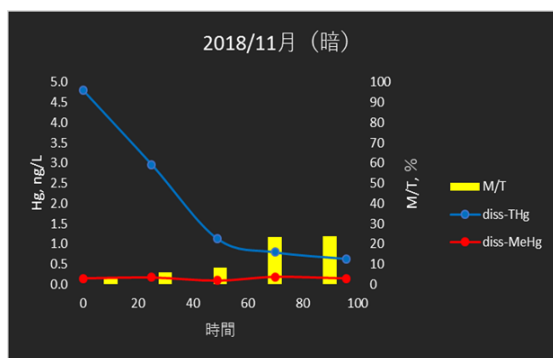
- (1) 濾過海水 500ml
(2) 水銀濃度 40、20、10 ng/L
(3) 培養温度 30 $^{\circ}$ C、15 $^{\circ}$ C

◎測定項目

溶存態総水銀濃度、溶存態メチル水銀濃度

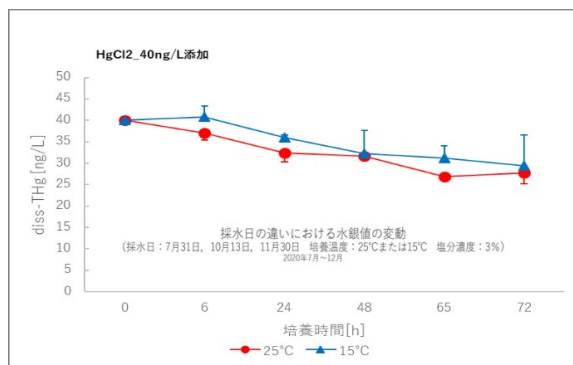
1-2 成果概要

これまでの研究から、水俣湾生海水を用いたインキュベーション実験では、採水した時期による実験結果の差異が非常に大きいことが確認されている(図-1)。

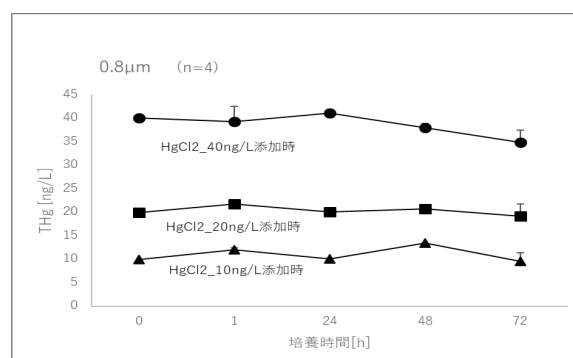


図－１ 採取年度が異なる同時期の海水を用いた培養実験結果

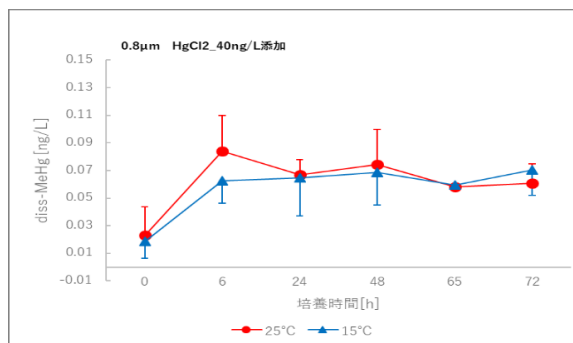
図－１の結果より、生海水を用いた実験系では安定した実験系を求めることは難しいことから、共同研究者からの助言もあり、実験には孔径 $0.8\mu\text{m}$ のメンブレンフィルター用いて濾過を行った海水を使用した。その結果、図－２、３に示すように採水時期が異なる海水を２段階の温度で培養しても、添加した溶存態総水銀濃度は多少の変動は認められるが大きな濃度変動はなかった。また水銀濃度を３段階に変化させて行った培養実験においても、ほとんど総水銀濃度の変動は認められなかった。溶存態のメチル水銀に関しては、採水時期が異なる海水に総水銀濃度として 40 ng/L になるように塩化第二水銀を添加し、温度を２段階に変化させて培養実験を行った。結果、図－４に示すように、時間の経過ごとに溶存態メチル水銀濃度のばらつきは見られるが、ほぼ同様の濃度推移を示した。以上のことをまとめると、孔径 $0.8\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターによる海水のろ過を行えば、比較的安定した培養実験系を作り出すことが可能となった。



図－２ 濾過海水の採水日の違いによる溶存態総水銀濃度の経時変化



図－３ 濾過海水に塩化第二水銀を添加した時の総水銀濃度の経時変化



図－４ 濾過海水の採水日の違いによる溶存態メチル水銀濃度の経時変化

２．八代海に堆積した底質に含まれる水銀の分布特性と底質中水銀の起源(由来)把握

(中期計画 2015 の延長)

２－１ 実験方法

２－１－１ 底質粒径別・分級方法

ストークスの沈降式を利用した液相重力沈降法による粒子径分布測定方法及び比濁法による煤塵水

溶成分中の硫酸イオン定量方法¹⁾を適宜組み合わせ、粒径別・底質分級方法を考案した。本法は水にエタノールとグリセリンを最適な割合で混合し、その中で底質を混合し分散させる(写真-1)。その結果、ストークス則に準じ粒径が大きく重い底質粒子から順に沈降するが、液性が適切でないと底質粒子の有機成分等の影響を受けて粒子の沈降速度が安定しない。また粒子を沈降させた後に、上部から1cmごとに切り分ける必要があることから、凍結させる必要があったが、これも液性が適切でないと液体窒素を使用しても凍らせることができなかった。最終的にはエタノール、グリセリンの混合割合、分散容器の材質と分散させる際の温度条件等を最適化し対応した。切り分けられた底質試料の一部はレーザー回折・散乱法により底質粒子径を測定した。同時に赤木法による三混酸(硝酸 1ml+過塩素酸 1ml+硫酸 5ml)添加による加熱分解が行われ、底質中の総水銀濃度を定量した。



写真-1 底質の分級、凍結、カッティング作業

2-1-2 マルチコレクターの活用

底質中の水銀に関する同位体分析はサーモサイエンティフィック社製 MC-ICP-MS を用いた。測定用の試料は前中期計画 2015 で開発したジチゾンを用いた試料作成方法を活用し調製した。

試料中の総水銀濃度は、マルチコレクターの感度に合わせて 10 μ g/L (ppb) 程度の濃度に調製した。

2-2 成果の概要

図-5 に底質の分級実験で用いた底質試料及び、マルチコレクターによる水銀同位体分析で使用され

た底質試料の平面採取位置を示す。

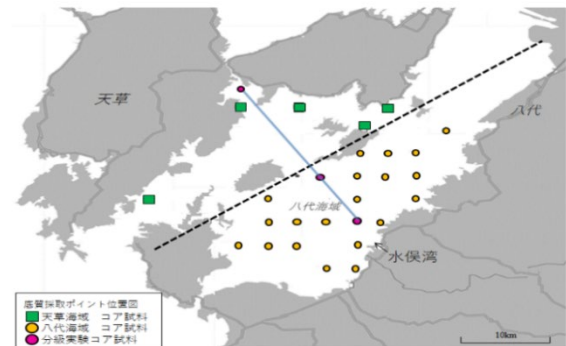


図-5 八代海における底質試料の平面採取位置

2-2-1 八代海底質に含まれる水銀の分布特性

共同研究者(九州大学 矢野真一郎)により提供された水俣湾底質の3次元移動シミュレーション結果を図-6に示す。また八代海底質表層における比較的高い総水銀濃度分布状況を図-7に示す。

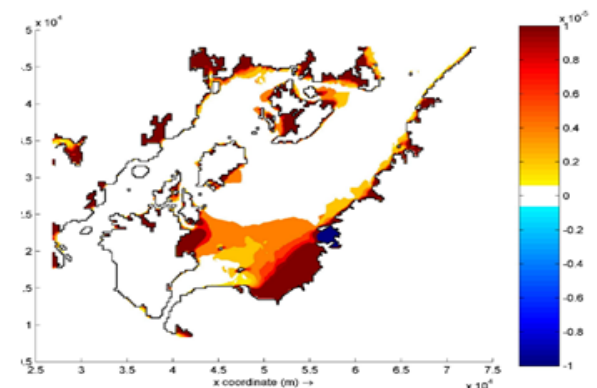


図-6 3次元底質移動シミュレーション結果

図-6に示すように水俣湾に堆積している底質の中でも粒径として粘土分から微細シルトまでが出水沖から長島にかけて広く分布する結果となった。本結果と併せ、八代海に分布する底質中の総水銀濃度が 1ppm 以上を示す平面分布は図-7のようになり、両者の分布特性は酷似していた。本結果は水俣湾に堆積した底質中の微細な粒径区分のものが水銀とともに外界へ流出し、拡散した事を示している(シミュレーション結果では、粗粒シルト以上の粒径成分はほとんど水俣湾外へ移動しない)。

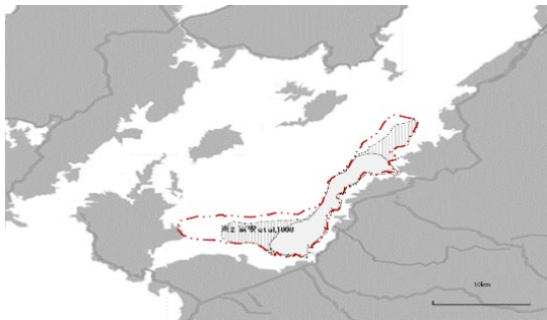


図-7 八代海・表層底質中の総水銀濃度
(1ppm 以上) 平面分布

そこで図-5 (A~C) に示した水俣湾から天草にかけて採取した底質 3 試料の鉛直方向 上から 1~2cm、10~11cm、10~11cm を基準とした上下 2 深度を追加した合計 4 深度の底質試料に、2-1-1 で記載した底質粒径別・分級方法を適用し総水銀濃度を分析した結果を図-8 に示す。

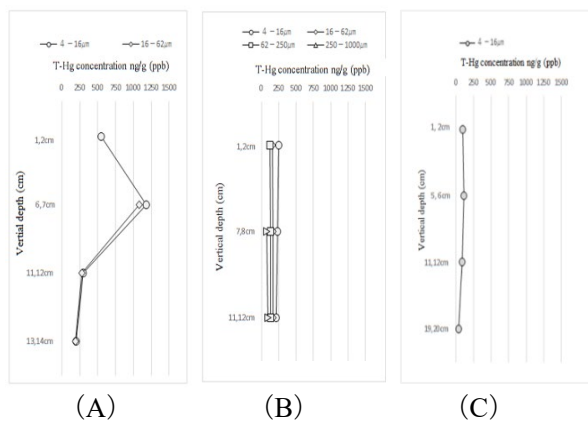


図-8 底質の粒径別分級結果

図-8 (A) より水俣湾外においては微細シルトの表層から下 6cm~7cm に大きな総水銀濃度のピークがあることがわかった。水俣湾外で観測された底質の堆積速度 $13.0 \pm 2.8 \text{ g/m}^2/\text{day}$ から計算すると、多少の誤差は含まれるが凡そ 40 年~50 年前、1970 年~1980 年頃(水俣湾・浚渫事業事業開始は 1977 年)に堆積した底質である可能性がある。また湾外から天草に架けて距離が離れるにつれて各底質粒径に含まれる総水銀濃度は低くなった(B~C)。

2-2-2 八代海に分布する底質中水銀の起源

図-5 の○及び□で示した八代海コア試料、天草海域コア試料の表層から下 10~11cm の底質を対象に

水銀同位体 Hg199、200、201、202、204 の計 5 種類の水銀同位体比を測定した(Hg198 を基準)。また同時に水俣湾浚渫前に採取された底質 2 試料中の水銀同位体も同様に測定した。今回分析した試料数は合計で 48 試料となった。

同位体測定後、各底質を 3 グループに分け(八代海、天草海域、浚渫前水俣湾)、ウェルチの T 検定法を用いて、各同位体平均値の相互比較を実施した。その結果、浚渫前の水俣湾底質から抽出した水銀の 5 種類の同位体比全てにおいて、八代海、天草海域で採取された底質中水銀に含まれる同位体との間には有意な差が認められなかった。同様に八代海、天草海域との間にも有意差は認められなかった。図-9 に水銀同位体比 Hg199、200 の 2 種類の測定結果について、各グループ別にまとめて示す(同位体測定・平均値 $\pm 3\text{SE}$ で示した)。

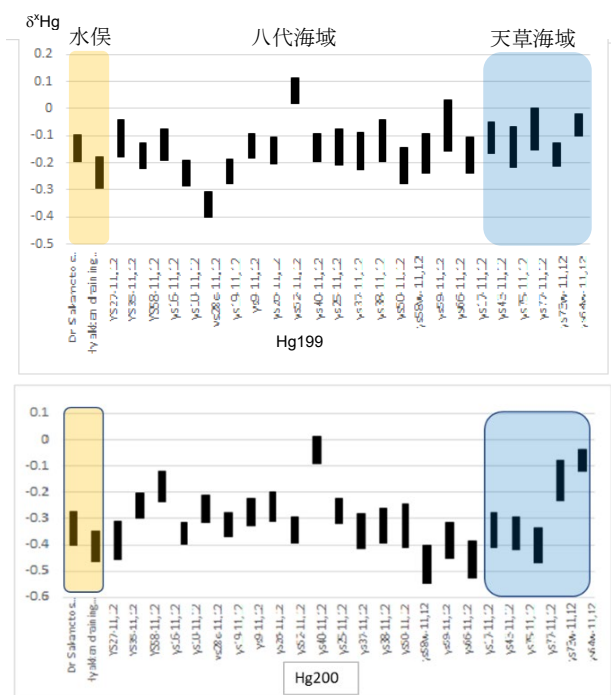


図-9 採取場所別の底質中水銀同位体測定結果

3. 水俣湾の水質変動に伴う水俣湾底質の特性変化の把握

3-1 実験方法

実験用底質試料を水俣湾 3 ヶ所(袋湾、湾央、椎木埼)より採取した。溶出試験は環境庁告示勧告 46 号を参考に実施した。勧告 46 号では風乾試

料を用いるが、本実験では生底質を用いた。溶出水は海水を用いた。1 分間に 200 回以上の水平振とうで 6 時間振とうした後、孔径 0.45 μ m のメンブレンフィルターで濾過し、濾過水について赤木法(ジチゾン法)を適用して水銀を抽出し、濃縮した。その後抽出液を乾固させ、強酸(硝酸 1ml+過塩素酸 1ml+硫酸 5ml)を加え、加熱分解した。加熱分解後、冷原子吸光分析によって溶存態総水銀濃度を定量した。

＜水銀溶出実験条件＞

- ・抽出温度(室温) 10℃、20℃、30℃
- ・塩分濃度 1%、3%、5% (希釈はイオン交換水で実施、海水温 20℃)
- ・pH 4、6、8 (塩酸及び水酸化ナトリウムで調製)

3-2 成果の概要

今年度は水俣湾底質を対象に総水銀溶出実験を行った。実験は培養温度、塩分濃度、海水 pH を各 3 段階に振り、個別に条件を変化させて実施された(図-10~12)。その結果、培養温度については、温度が高くなるにつれて溶存態総水銀濃度は高くなった。これは培養温度が高くなるにつれて、底質中の可溶性水銀の溶解度が高くなった為と思われる。塩分濃度については、塩分濃度が低くなるにつれて水銀溶出量が多くなる傾向が認められた。pH については、海水の酸性度が強くなるにつれて、水銀の溶出量が増加する傾向が認められた。

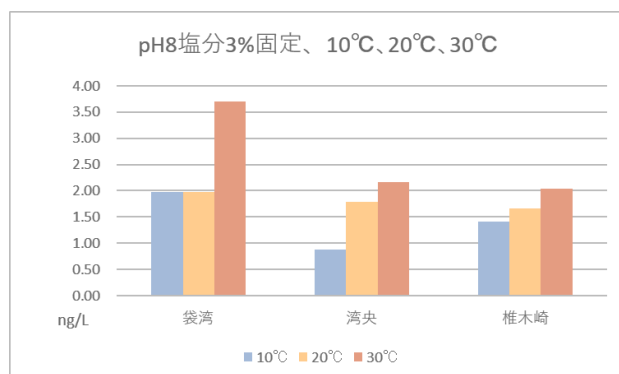


図-10 培養海水温度の違いによる水銀溶出量の変化

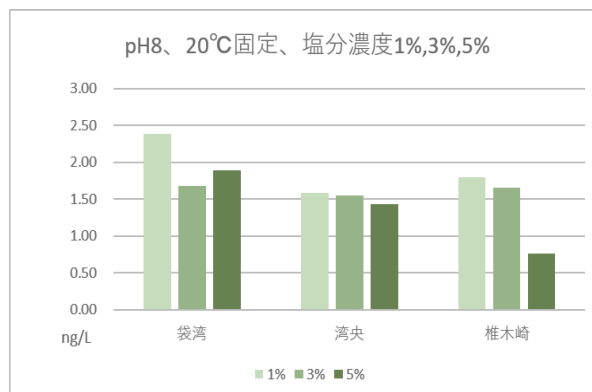


図-11 塩分濃度の違いによる水銀溶出量変化

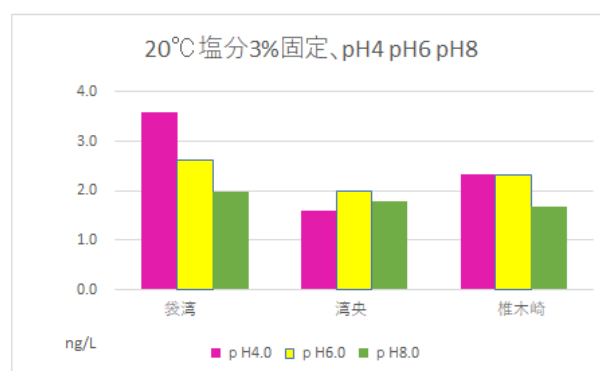


図-12 海水 pH の違いによる水銀溶出量の変化

[研究期間の論文発表]

なし

[研究期間の学会発表]

なし

[文献]

- 1) 煤塵水溶成分中の硫酸イオン定量方法、大道貞男、Japan Analyst, Vol12(1963).

■自然環境グループ(基盤研究)

大型海洋生物等におけるセレンとの複合体形成によるメチル水銀毒性の生体防御(RS-20-09)

Bioprotection from methylmercury toxicity by complex formation with selenium in
large marine mammals

[主任研究者]

丸本倍美(基礎研究部)

研究の総括、実験全般の実施

[共同研究者]

坂本峰至(環境・保健研究部)

研究に関する助言

丸本幸治(環境・保健研究部)

水銀及びセレン濃度分析

鶴田昌三(愛知学院大学)

EPMA 分析に関する助言

[区分]

基盤研究

[重点項目]

メチル水銀の環境動態

[グループ]

自然環境

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

メチル水銀(Methylmercury)、無機水銀(Inorganic mercury)、セレン(Selenium)、X 線プローブマイクロアナライザー(Electron Probe Microanalyzer)

[研究課題の概要]

食物を通じて体内に取り込まれたメチル水銀は体内で徐々に無機水銀に変換される。無機化する能力は動物種によって様々である。必須金属であるセレンが無機化に大きな役割を果たすことが知られているが、全容は不明である。これまで、水銀やセレンの臓

器内での分布について X 線プローブマイクロアナライザー(EPMA)を用いて病理学的に検索することで、動物種による無機水銀およびセレンの分布の違いを明らかにしてきた。EPMA の諸臓器中のどの細胞に水銀やセレンが凝集するのかを明らかにできる特徴を生かし、大型海洋生物、特に、クジラ類、カジキ類における水銀およびセレンの組織内分布を明らかにしていく。

[背景]

メチル水銀は体内に取り込まれた後、時間の経過とともに生体内で無機化され、無機水銀として存在し、無機水銀の一部はセレンと結合して存在することが知られる。鯨類では生体内のセレンが水銀の毒性軽減に役立つことが知られ、セレンの役割が重要視されている。しかしながら、セレンも組織学的に可視化できないため、どの組織に分布しているのか、どの細胞で無機水銀と結合しているのかなどの詳細は組織学的に不明である。

これまでの検討により、新潟大学・渡辺らが開発したパラフィンブロックを用いる分析手法^{1,2)}にて、EPMA を用いて病理組織標本上の水銀及びセレンの分布を示すことが可能であることが分かった。自然例として 1 例ずつではあるが、実施したヒトの諸臓器及びハンドウイルカの諸臓器において水銀とセレンの分布を明らかにした。

坂本らはハンドウイルカの骨格筋における総水銀濃度についての検索で、イルカの成長とともに総水銀濃度は上昇するがメチル水銀濃度はほぼ一定であることを示した³⁾。ハンドウイルカ以外の鯨類や骨格筋以外での臓器における総水銀濃度とメチル水銀濃度の関係については不明な点が多い。

魚類に含まれる水銀のほとんどはメチル水銀であるが、クロカジキは無機水銀濃度の割合が高いことが知られている。また、クロカジキを含むカジキ類全体

の水銀濃度に関する情報が乏しい。

[目的]

EPMA を用いた検索で、臓器内のどの細胞に蓄積しているかを明示可能な利点を生かすこと、併せて臓器中の水銀およびセレン濃度を測定することにより、大型海洋生物等(鯨類・カジキ類)におけるセレンとの複合体形成によるメチル水銀毒性の生体防御メカニズムを明らかにする。

今年度はイシイルカ・ネズミイルカの諸臓器を用いて検索を実施し、ハンドウイルカの骨格筋と同様に成長とともに総水銀濃度が上昇するか否かを明らかにする。

また、カジキ類の水銀およびセレン濃度調査を実施し、カジキ類の水銀濃度はハンドウイルカと同様に体長と総水銀濃度に相関があるのかを検索する。

[方法]

1. 材料

動物: 鯨類(イシイルカ・ネズミイルカ)

成熟度: 新生児・性成熟前・成獣

臓器: 大脳・肝臓・腎臓・心臓・肺・骨格筋

カジキ類(バショウカジキ・シロカジキ・メカジキ・マカジキ)

臓器: 骨格筋・皮膚など入手できた諸臓器

2. 方法

1) EPMA による解析

分析元素: Hg・Se など

加速電圧: 25 kV

照射電流: 0.6 μ A

分析時間: 11~13 時間

2) WDS・EDS

反射電子組成像で見られた顆粒状物質の定性分析

3) 病理組織学的検索

4) Autometallography 法

5) 総水銀・メチル水銀・セレン濃度測定

[期待される成果]

鯨類では生体内のセレンが水銀の毒性軽減に役立つことが知られ、セレンの役割が重要視されている。EPMA を用いた検索で、臓器内のどの細胞に蓄積しているかを明示可能な利点を生かすこと、併せて臓器中の水銀およびセレン濃度を測定することにより、大型海洋生物等(鯨類・カジキ類)におけるセレンとの複合体形成によるメチル水銀毒性の生体防御メカニズムを明らかにすることができる。

鯨類やカジキ類において、水銀やセレンが組織内でどのように分布していたか明らかになっていないため、これらを可視化することにより、水銀及びセレンがどの組織のどの細胞に分布しているのかなどを明らかにすることが期待される。カジキ類における総水銀・メチル水銀・セレン濃度を明らかにすることができる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

イシイルカ・ネズミイルカ諸臓器の総水銀・セレン濃度測定

カジキ類のサンプリング

カジキ類の諸臓器の総水銀・セレン濃度測定

論文投稿

2. 2021 年度

イシイルカ・ネズミイルカ諸臓器のメチル水銀濃度測定

諸臓器の EPMA による検索

カジキ類のサンプリング

カジキ類の諸臓器の総水銀・メチル水銀・セレン濃度測定

論文投稿

3. 2022 年度

カジキ類のサンプリング

カジキ類の諸臓器の総水銀・メチル水銀・セレン濃度測定

諸臓器の EPMA による検索

論文投稿

4. 2023 年度

カジキ類のサンプリング

カジキ類の諸臓器の総水銀・メチル水銀・セレン濃度測定

諸臓器の EPMA による検索

論文投稿

5. 2024 年度

カジキ類の諸臓器の EPMA による検索

論文投稿

[2020 年度の研究実施成果の概要]

1. イシイルカの総水銀およびセレン濃度測定結果

イシイルカの腎臓・心臓・骨格筋・脳・肝臓・肺における総水銀およびセレン濃度の測定を実施した。その結果、体長と総水銀濃度の関係は臓器により異なることがわかった。腎臓・心臓・骨格筋・脳では体長と総水銀濃度との間に相関が認められた(図 1-4)。しかしながら、肝臓・肺では相関は認められなかった(図 5、6)。肝臓においては、終生、無機水銀の蓄積が継続すると推測され、成獣では無機化された水銀が肝臓から排泄されることなく、蓄積していくと推測している。肺においても同様に年齢の影響を受けると推測されるが症例数を増やして今後の検討を実施したい。また、吸気から取り込んだ大気中水銀の影響も考慮したい。

イシイルカの諸臓器におけるセレン濃度は成長とともに上昇する傾向にあった。新生児・性成熟前の個体では諸臓器における総水銀濃度とセレン濃度のモル比が 1:1 にならず、セレンのモル比が高くなった。特に新生児では、セレンと総水銀のモル比が大きく異なり、セレンのモル比が数十倍となった。今後は検索数を増やし、セレンと総水銀のモル比について検討する。

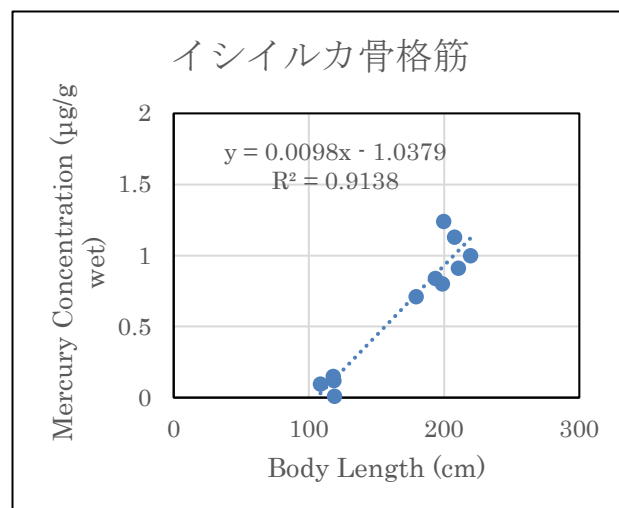


図 1 イシイルカ骨格筋における総水銀濃度と体長の関係

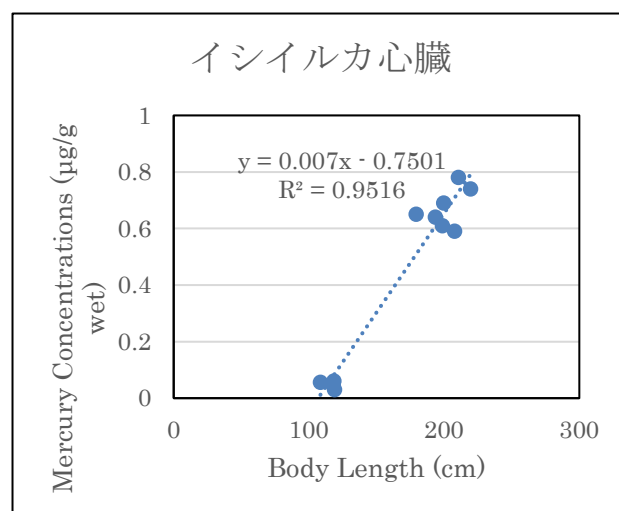


図 2 イシイルカ心臓における総水銀濃度と体長の関係

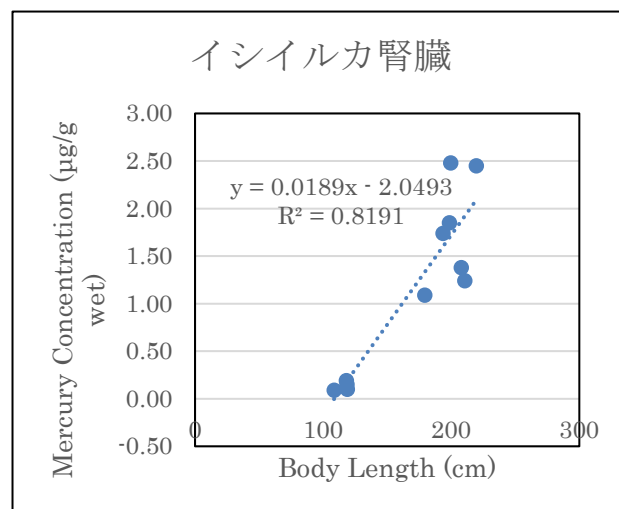


図 3 イシイルカ腎臓における総水銀濃度と体長の関係

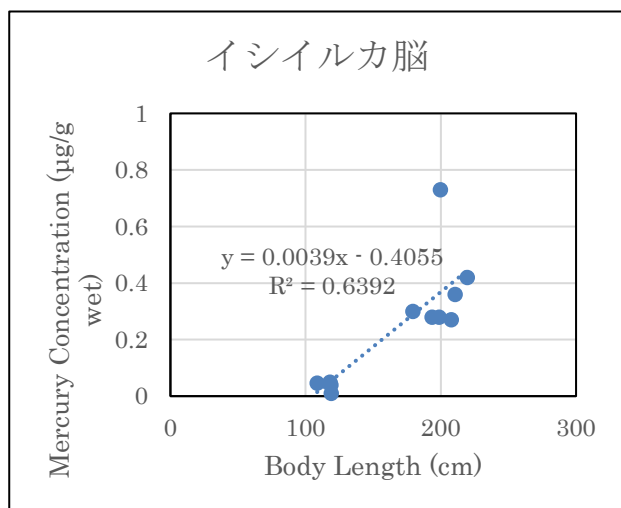


図4 イシイルカ脳における総水銀濃度と体長の関係

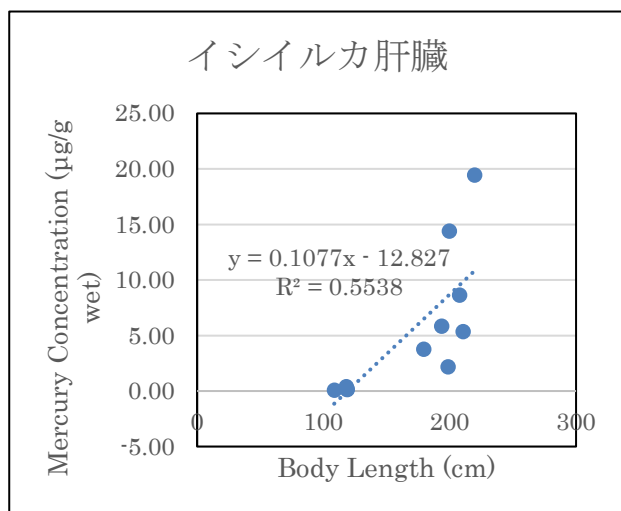


図5 イシイルカ肝臓における総水銀濃度と体長の関係

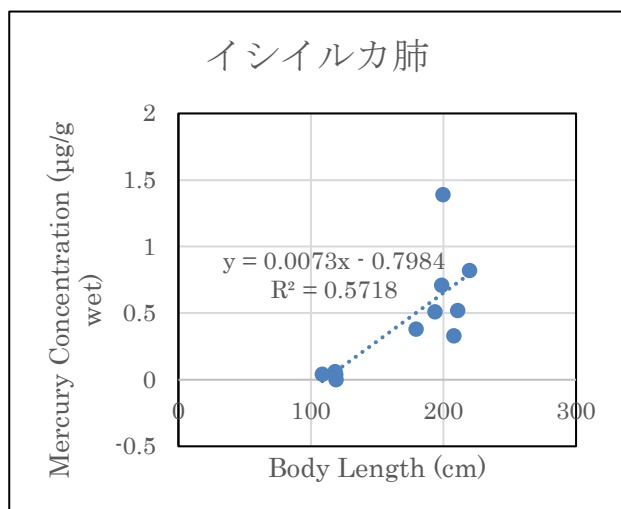


図6 イシイルカ肺における総水銀濃度と体長の関係

2. カジキ類の総水銀およびセレン濃度測定結果

バショウカジキ、メカジキ、マカジキ、シロカジキの骨格筋等のサンプリングおよび総水銀・セレン濃度測定を実施した。骨格筋・皮膚・皮下組織は全例でサンプリングできたが、内臓諸臓器については、サンプリングできなかった個体も多いことから、本年度は骨格筋・皮膚・皮下組織について報告する。

バショウカジキの骨格筋の総水銀濃度を測定したところ、総水銀が暫定基準値の 0.4ppm を超えるサンプルが確認された。また、体重に比例して総水銀濃度が上昇する傾向が認められた。また、幼魚の頃はセレンの割合が高いが、成長とともに総水銀とセレンのモル比は1:1に近づく傾向も認められた。皮膚および皮下組織におけるセレン濃度は骨格筋よりも高かった。また、総水銀とセレンのモル比は1:1にならず、セレンの割合が高かった。今後は症例数を増やすことで詳細な検討を実施したい。

[備考]

なし

[研究期間の論文発表]

- 1) Marumoto M, Sakamoto M, Marumoto K, Tsuruta S, Komohara Y. (2020) Mercury and selenium localization in the cerebrum, cerebellum, liver, and kidney of a Minamata disease case Acta Histochemica et Cytochemica 53:147-155.
- 2) Sakamoto M, Itai T, Marumoto K, Marumoto M, Kodamatani H, Tomiyasu T, Nagasaka H, Mori K, Poulain AJ, Domingo JL, Horvat M, Matsuyama A. (2020) Mercury speciation in preserved historical sludge: Potential risk from sludge contained within reclaimed land of Minamata Bay, Japan Environmental Research180: 15-20
- 3) O'Donoghue JL, Watson GE, Brewer R, Zareba G, Eto K, Takahashi H, Marumoto M, Love T, Harrington D, Myers GJ. (2020) Neuropathology associated with exposure to different concentrations and species of mercury: A review of autopsy cases and the literature. Neurotoxicology. 78:88-98.

[研究期間の学会発表]

なし

[文献]

- 1) 渡辺孝一, 小林正義:病理組織切片内における金属元素分布の測定—EPMA 元素マッピングの新しい活用法—. 表面科学 22:332-336, 2001.
- 2) 小林正義, 渡辺孝一, 宮川修:波長分散型X線マイクロアナライザーにより生体組織切片の元素分布を得る試料作製法. Niigata Dent J 26(1): 29-37, 1996.
- 3) Sakamoto M, Itai T, Yasutake A, Iwasaki T, Yasunaga G, Fujise Y, Nakamura M, Murata K, Man Chan H, Domingo JL, Marumoto M. (2015) Mercury speciation and selenium in toothed-whale muscles. Environ Res 143: 55-61.

■自然環境グループ

魚類への水銀蓄積の起点となる基礎生産者動態と食物連鎖を介した生物濃縮に関する研究
(RS-20-10)

Research on primary producer dynamics and mercury bioaccumulation to fish through food chains

[主任研究者]

吉野健児(環境・保健研究部)

[共同研究者]

金谷 弦(国立環境研究所)

安定同位体分析

山田勝雅(熊本大学)

試料採集のサポート

逸見泰久(熊本大学)

ベントス分類のアドバイザー

小森田智大(熊本県立大学)

栄養塩分析

山口一岩(香川大学)

底生微細藻類採集のアドバイザー

一宮睦夫(熊本県立大学)

植物プランクトン生態のアドバイザー

小島茂明(東京大学)

遺伝子解析

山元 恵(環境・保健研究部)

水銀分析の助言

丸本幸治(環境・保健研究部)

試料採集のサポート

多田雄哉(環境・保健研究部)

試料採集のサポート

[区分]

基盤研究

[重点項目]

メチル水銀の環境動態

[研究期間]

2020 年度－2025 年度(5 年間)

[キーワード]

植物プランクトン(Phytoplankton)、底生微細藻類(Microphytobenthos)、食物網 (Food webs)、水俣湾(Minamata Bay)、安定同位体 (Stable isotopes)

[研究課題の概要]

水俣湾の食物網構造では基礎生産者として底生微細藻類の寄与が大きく、底魚類でしばしば見られる相対的に高い水銀蓄積を招く一因となっている可能性がある。一方、水銀濃度は基礎生産者の現存量増加に伴い低下する場合がある(生物希釈)。本研究では水俣湾を対象に、浮遊性植物プランクトン現存量の増加を促すことで将来的にその生物希釈及び沈降による底生食物網への寄与を増加させ、波及的に魚介類水銀汚染の緩和が可能なかを検討する。この目的達成のため、浮遊性植物プランクトン生産量・現存量・沈降量調査と魚介類の餌となる底生生物を含む安定同位体・水銀分析を行う。

[背景]

水銀は大気から海洋、土壌まで広く存在する金属であるが、人への曝露は主に汚染魚介類の摂取によるものであり、魚介類の水銀汚染は一般に食物連鎖を通じて生じる。海洋中の水銀は、最初に食物網構造の基礎になる浮遊性植物プランクトンに取り込まれ、それを食べる動物プランクトンや表層魚を経由し、さらに肉食性の魚類へと水銀は濃縮されていく。海底に棲む底魚類やそれらの餌となるゴカイや貝類などのベントスも表層から降ってくる植物プランクトン起源の有機物を主要な餌としている。しかし水深の浅い沿岸海域では、光が底層までとどき、底泥表面に分布する底生微細珪藻類を起源とする有機物がベントスの主要な餌として寄与することがある¹⁾。水俣湾の場合、底泥の水銀濃度は近隣の海域に比して高く^{2,3)}、

その底泥表面で繁茂する底生微細藻類の寄与が高いと底魚類にも相対的に高い水銀蓄積を招く一因となりうる。健康被害が想定される状況ではないが、事実、Yoshino et al. (2020)⁴⁾は安定同位体と水銀濃度分析を併用し、水俣湾の魚種毎の水銀蓄積濃度の変異について、全体的に底生微細藻類を起点とする食物連鎖の寄与率が浮遊性植物プランクトンのそれより大きく、底生微細藻類の寄与の程度と水銀濃度に正の相関を見出している。

本研究では前中期計画で水俣湾潮下帯における食物網構造と水銀の移行経路を明らかにするために行った魚類やベントスの安定同位体分析、水銀分析の研究結果を鑑み、現在の水俣湾における生態系と水銀蓄積との関連について、1) 浮遊性植物プランクトンに比べ、底泥汚染の影響で底生微細藻類では水銀濃度が高い、2) 湾が貧栄養で浮遊性植物プランクトン現存量が少なく、底層への降下量が少ない、3) 結果、高濃度の水銀に曝露される可能性の高い底生微細藻類を起点とする食物連鎖が卓越し、底魚に高い水銀を蓄積してしまう個体が生じやすいという仮説を構築した。また、水銀濃縮は海水から基礎生産者への取り込み時が最も大きい⁵⁾、基礎生産者の現存量が増加すると蓄積濃度が低下する場合がある(生物希釈と呼ばれる)⁶⁾。これらの仮説が正しければ浮遊性植物プランクトン現存量を増加させ、底生食物網への寄与を増加させれば、波及的に魚介類水銀蓄積の緩和にもつながるかもしれない。

浮遊性植物プランクトンは主として中心類という放射相称の形態をした珪藻類で構成されることが多いが、底生微細藻類は主として羽状類とよばれる線対称な細長い形態の珪藻で構成される。底生珪藻は干潟などではシオマネキなどのスナガニ類の重要な餌になっているほか、再懸濁によって潮下帯へ移流し、ベントスの生産にも寄与している⁷⁾。海底に光が届く環境であれば潮下帯にも生息し、水深60m以上の場所から見つかった例もある⁸⁾。現在では沿岸海域の高次生産における底生微細藻類の重要性は疑う余地がなく、上記仮説を検証するうえでも浮遊性植物プランクトンだけでなく、底生藻類の同位体・水銀分析も必要である。

底生珪藻の多くは浮遊性の珪藻と異なり運動能力がある。底質内や表面を移動でき、日昇・日没に関連した概日リズムがある例も知られている⁹⁾。正の走光性があり、光が当たると底質表面に移動してくる。この性質を利用して底泥から採集する方法が考案されている。しかしながら同位体分析や水銀分析に耐えるだけの量を集めるのは必ずしも容易ではないため、潮下帯の底生藻類の同位体分析を行った例は少なく、水銀分析にいたっては著者の知る限り皆無である。チャレンジングではあるが効率的な収集条件の探索を含め研究が必要である。

[目的]

本研究では、水俣湾における浮遊性植物プランクトンおよび底生微細藻類現存量や種組成の季節動態、水銀濃度、炭素・窒素安定同位体比のデータを取得する。これらのデータから前述の仮説を検証し、浮遊性植物プランクトン現存量の増加を促すことで波及的に魚介類水銀蓄積の緩和が可能かを検討する。また魚介類の水銀濃度や食物依存性の変化をモニタリングするため可能な範囲で底生生物・魚類の安定同位体・水銀分析を行う。

[方法]

1. 野外調査

船上からの多項目水質計のキャストによる水塊構造の把握、採泥器を用いた底泥・マクロベントス採集、及び採水器によるプランクトン・栄養塩分析試料の採集を行う。

2. 底生微細藻類の採取

底泥を採取し、走光性を利用して底生微細藻類を泥から分離・捕集する。

3. 安定同位体・水銀分析・栄養塩分析

1、2で採集された底泥や植物プランクトン、底生微細藻類、ベントスの水銀濃度や炭素・窒素安定同位体分析を行う

[期待される成果]

1. 情報が皆無の水俣湾での基礎生産者の動態や現存量、それに影響を与える要因の検討が可能にな

り水俣湾生態系の理解がすすむ。

2. 底生微細藻類の安定同位体比や水銀濃度の情報が得られることでこれまで空白だった食物網のピースが埋まることになり、より正確な水俣湾の生態系構造、水銀の食物連鎖を通じた移行経路に関する理解が深まる。特に潮下帯底泥表面に生息する底生微細藻類の水銀濃度の分析に成功すればおそらく世界初の知見となるだろう。
3. 将来的に浮遊性植物プランクトン現存量の増加を促すことで波及的に魚介類への水銀蓄積を軽減する指針が得られる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

季節的な水塊構造の変化や浮遊性植物プランクトン現存量動態や栄養塩動態の把握と同時に、室内で走光性を利用して現場で採取した底泥から底生微細藻類を効率的に採集する方法を探索する。前年度中期計画での成果のとりまとめも行う。

2. 2021 年度

前年度に引き続いて水塊構造や植物プランクトン現存量・栄養塩動態を把握する。また季節的に表層底泥の採集を行い、クロロフィル濃度や底生藻類の細胞数などから底生微細藻類現存量の把握も行うと同時に、前年度の結果をもとに底泥から底生微細藻類を分離し、水銀分析や同位体分析を行う。前年度中期計画での成果のとりまとめも行う。

3. 2022 年度

上記調査・分析を継続する。

4. 2023 年度

上記調査・分析を継続すると同時にまとまった成果が得られた項目からとりまとめを行う。

5. 2024 年度

不足データなどを補いつつ調査・分析を継続すると同時に成果のとりまとめを行う。

[2020 年度の研究実施成果の概要]

1. 水俣湾水塊構造

6月から2021年1月まで8月を除き毎月行い、図1に示したラインで多項目水質計のキャスト、採水を行った。なお栄養塩濃度は11月分まで分析が終わっている。

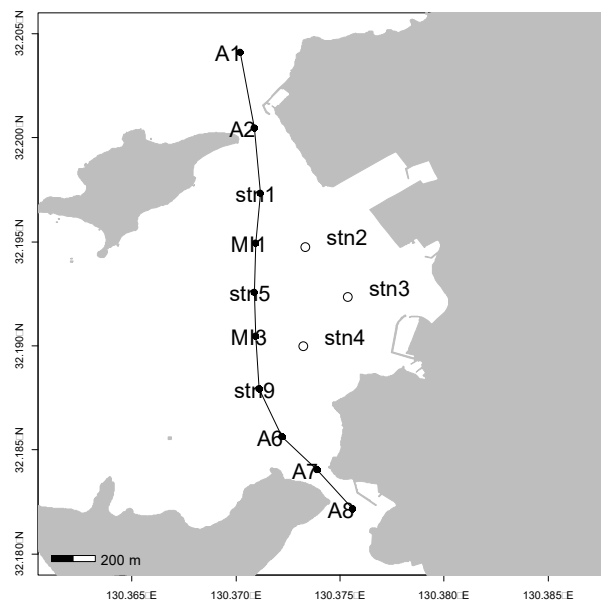


図1 調査地点図

梅雨時の大雨や秋の巨大台風など特異な年であったが、梅雨明け後の7月は栄養塩供給を示す塩分成層の発達と好天による光環境の改善から、表層に植物プランクトンのブルームが生じていた。

10月には成層は解消され鉛直混合し、11、12月と季節が進んで水温の低下とも相まって表層でのブルームも消失していった(図2)。成層解消後の11月を出水やブルームによる栄養塩濃度への影響が小さい時期とすると、DIN濃度は4 μ M、DIPは0.3 μ Mであり、レッドフィールド比をやや下回るが貧栄養な環境とは認められなかった(図3)。

また採水試料のろ過を行い、クロロフィル抽出、水銀分析を行ったが、クロロフィル濃度と懸濁物の水銀濃度との間に明確な関連はなかった(図4)。

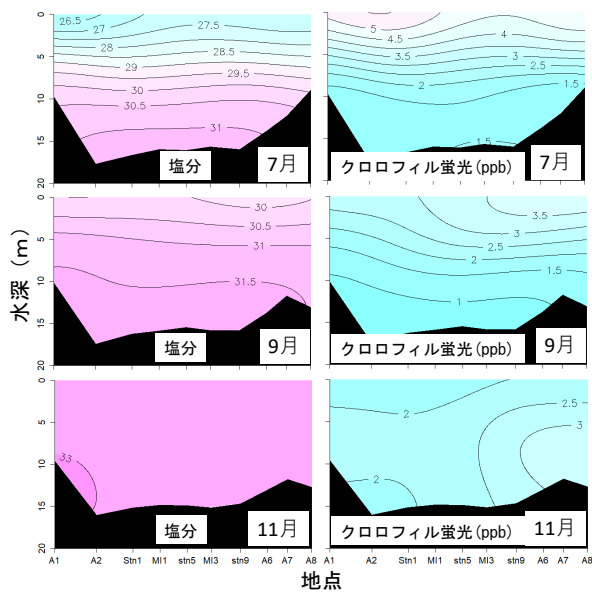


図2 塩分・クロロフィル鉛直断面

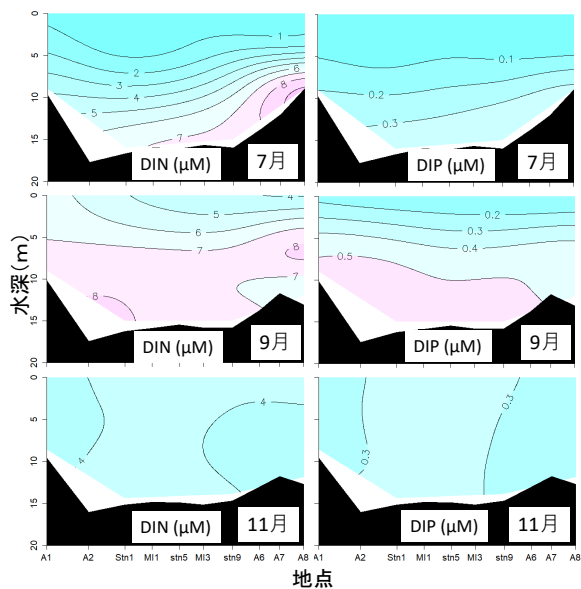


図3 栄養塩鉛直断面

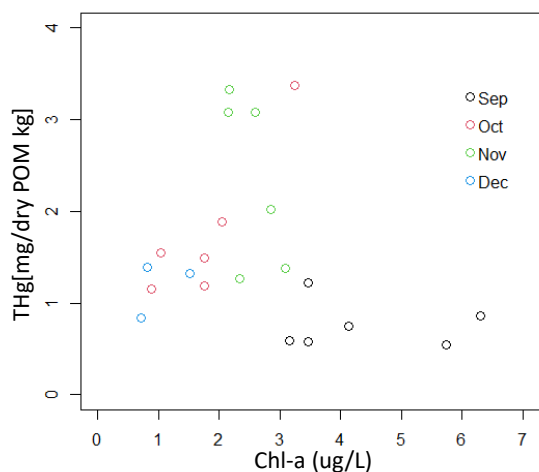


図4 POMのクロロフィル濃度と総水銀濃度

2. 底生微細藻類採取

底生微細藻類の採集に当たり、3つの採泥器(スミスマッキンタイヤ型採泥器、エクマンバージ採泥器、柱状不攪乱コアサンプラー)による採泥試料と走光性の点から採集効率の良い光条件を探索した。光条件は野外調査で得られたデータをもとに、光量子で15、30、45 $\mu\text{mol}/\text{sec}$ の3条件を検討した。その結果、30 $\mu\text{mol}/\text{sec}$ よりも弱い光条件が水俣湾の底生微細藻類を走光性で集めるには良好で、元の採泥試料はエクマン採泥器が採泥面積や現場での手返し、藻類収集の点で効率的であることが示唆された(図5)。

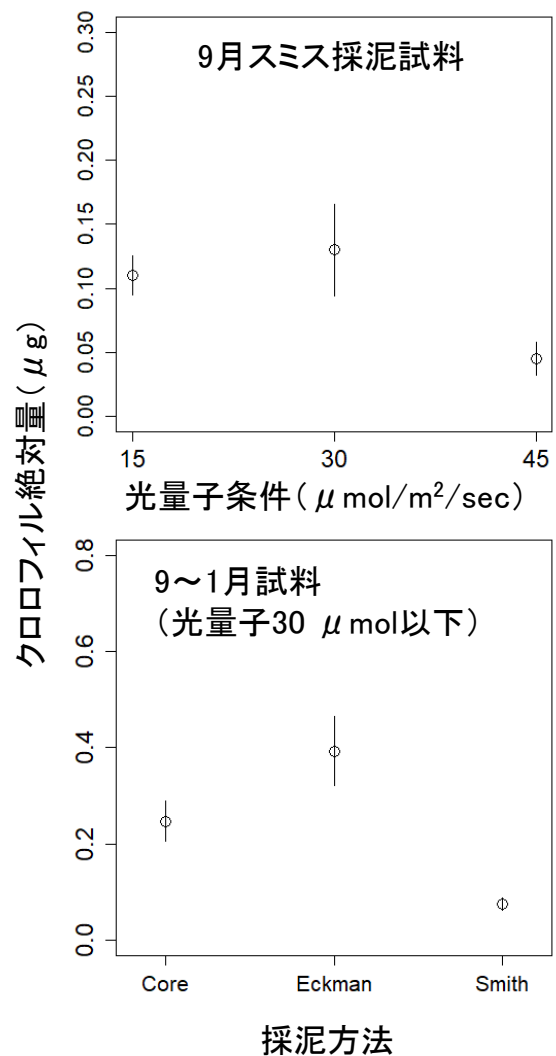


図5 光条件、採泥方法別の走光性捕集量

ただし採取可能な量は泥中の底生藻類現存量に依存し、安定同位体や水銀分析に耐える十分量を採取するには採取する底泥量(採集面積)を増やし実

験の試行回数を増やす以外にない。今回クロロフィル含量から十分量の底生藻類が得られたと考えられる試料(クロロフィル絶対量で 2 μ g 以上)は 12 月の 2 例の試料のみであった。この試料の安定同位体分析を行った結果、同じ日に採取した表層懸濁物(浮遊性植物プランクトンの代替試料)の炭素同位体比である約 -25‰とかなり近い -24‰程度の値を示し、底生微細藻類の典型値である -16‰に近い値を得ることはできなかった。C/N 比も表層懸濁物が約 5 だったのに対し約 16 の値を示し、走光性による収集時の夾雑物の影響が強く出ている結果となった。水銀や同位体の分析試料として用いるには量以外に純度も高める必要がある。

[研究期間の論文発表]

なし

[研究期間の学会発表]

吉野健児, 山田勝雅, 田中正敦, 多田雄哉, 金谷弦, 逸見泰久, 山元恵: 現在の水俣湾におけるベントス群集と底泥総水銀の影響. 2020 年度日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会, zoom meeting, 2020.9

[謝辞]

熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター合津マリンステーション技術専門職員島崎英行氏には調査船ドルフィンスーパーチャレンジャーの運用と採集作業で御協力をいただきました。水俣市漁協参事諫山弘樹氏には漁港内への調査船の係留で御協力をいただきました。ここに感謝申し上げます。

[文献]

- 1) 山口一岩・吉野健児・福森香代子・門谷茂 2009. 瀬戸内海生態系を対象とする底生微細藻類研究の経過と今後の課題 沿岸海洋研究 47, 19-27.
- 2) Matsuyama A., Yano S., Hisano A., Kindaichi M., Sonoda I., Tada A., Akagi H. 2014. Reevaluation of Minamata Bay, 25 years after the dredging of mercury-polluted sediments. Mar Pollut Bull 89, 112-120.
- 3) Tomiyasu T., Takenaka S., Noguchi Y., Kodamatani H., Matsuyama A., Oki K., Kono Y., Kanzaki R., Akagi H. 2014. Estimation of the residual total mercury in marine sediments of Minamata Bay after a pollution prevention project. Mar Chem 159, 19-24.
- 4) Yoshino K., Mori K., Kanaya G., Kojima S., Henmi Y., Matsuyama A., Yamamoto M. 2020. Food sources are more important than biomagnification on mercury bioaccumulation in marine fishes. Environ Pollut 262, 113982.
- 5) Pickhardt PC Fisher NS. 2007. Accumulation of inorganic and methylmercury by freshwater phytoplankton in two contrasting water bodies. Environ Sci Technol 41, 125-131.
- 6) Chen CY, Folt CL (2005) High plankton biomass reduces mercury biomagnification. Environ Sci Technol 39, 115-121.
- 7) Yoshino K., Tsugeki K. N, Amano Y., Hayami Y., Hamaoka H., Omori K. 2012. Intertidal bare mudflats subsidize subtidal production through the outwelling of benthic microalgae. Estuar, Coast Shelf Sci, 109: 138-143.
- 8) McGee D, Law RA, Cahoon LB (2008) Live benthic diatom from the upper continental slope: extending the limits of marine primary production. Mar Ecol Prog Ser 356, 103-112.
- 9) Longphuiert SN, Leynaert A, Guarini J-M, Chauvaud L, Clauquin P, Herlory O, Amice E, Huonnic P, Ragueneau O. 2006. Discovery of microphytobenthos migration in the subtidal zone. Mar Ecol Prog Ser 328, 143-154.

■自然環境グループ(基盤研究)

発生源別水銀安定同位体組成のキャラクタリゼーション

Characterization of stable isotopic composition of mercury at the emission sources

[背景]

自然環境に存在する水銀の排出源は大きく分けて人為起源と自然由来のものがある。前者は例えば蛍光灯や温度計、気圧計、電池、金採掘現場における水銀の使用、石炭燃焼など様々なものがある。後者は、火山活動による地下水銀の噴出、海洋表層・地表に沈着した水銀の 대기への再放出、永久凍土に封じ込められた水銀の溶出、及び山火事などによる放出などが挙げられる。これらの発生源から放出された水銀は自然環境の水、土壌、氷雪などに沈着、または生物に取り込まれて蓄積する。産業革命以降、野生生物や人間の体内から検出される水銀量は増加しているといわれており、国連は地球規模水銀汚染の低減を目指し 2017 年 8 月から水俣条約を発効し、人による水銀使用量を削減している。これに伴い、わが国でも市場に出回る水銀使用製品の製造を制限しており、1995 年には水銀使用ボタン電池の国内生産停止、2020 年には蛍光管を含む水銀添加製品の国内製造が停止(既に製造した分の販売は可)となった。これは、我々が日常で使用する水銀使用製品が環境汚染の原因となり得るリスクを減らす取り組みである。しかし、水銀添加製品は現在でも使用されており、もし将来これら製品由来の水銀が汚染源となった場合、汚染の程度を安定同位体比により定量評価するためには初期同位体組成を知っておく必要がある。また、自然環境中における複雑な水銀循環の中で水銀動態を水銀安定同位体比測定により調べる際にも初期同位体組成の情報が不可欠となる。しかし、発生源別の初期同位体組成情報は水銀安定同位体比分析の歴史が浅いため、現時点でかなり限定的である。本研究ではあらゆる発生源からの水銀試料を分析し、その同位体組成と誤差、変動範囲を把握し科学コミュニティーに提供することで水俣条約の有効性評価、学術的に新たな知見獲得のための基礎情報として役立ち、将来的にはサステナブルな地球環境の保全に貢献する。

[主任研究者]

伊禮 聡

[共同研究者]

なし

[区分]

基盤研究

[重点項目]

メチル水銀の環境動態

[グループ]

自然環境

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 年間)

[キーワード]

水俣条約、水銀安定同位体比(stable mercury isotopes)、ガス状金属水銀(gaseous elemental mercury)、酸化態水銀(oxidized mercury)、総水銀(total mercury)、同位体分別(isotope fractionation)、発生源寄与率(source apportionment)

[研究課題の概要]

本研究は大気環境試料に含まれる水銀の排出源と考えられる場所においてガス状試料を捕集し、その水安定同位体比を測定し、同位体を用いた環境水銀動態研究に必要不可欠である発生源別初期同位体組成インベントリーの構築を目的とする。本年度は水銀使用製品の調達と含まれる水銀の採取、前処理方法の確立を達成し、蛍光管に含まれる水銀が特徴的な同位体組成を示すことが示唆された。また、前年度の成果発表にも専念し、計3本の論文を発表した。

[目的]

本研究は環境試料に含まれる水銀の排出源と考えられる場所において水銀を含む試料を捕集、または排出源となりうる水銀含有検体を採取し、その安定同位体比を測定し発生源別初期同位体組成インベントリーを構築する。そしてその成果を国際的なジャーナルや学会で発表することで、近年新たな手法として注目される水銀安定同位体比測定を使用した環境中の水銀動態研究の発展に貢献する。

[方法]

1. サンプルング

日本国内の水銀発生源となりうる人間活動で 사용되는水銀含有商品(蛍光灯、温度計)を購入、あるいは廃棄物から調達する。その他に、石炭燃焼火力発電所からの煤煙、田畑・野原の野焼きで発生する煙、火山活動の活発な場所での大気・粉塵サンプル、海洋表層面での大気サンプルに含まれる水銀を新規開発した大容量高速水銀サンプラー(BAuT)を用いて捕集する。また、海外における金採掘現場で使用する水銀などのサンプルは、国水研のネットワークを利用しての調達を考える。

2. 試料の前処理

水銀安定同位体比測定をするにはサンプルは無機的な水溶液でなければならない。従って測定前に検体をそのような状態に処理する必要がある。

煤煙や野焼きから捕集される気体サンプルは前年度の研究で確立した BAuT によるガス状水銀サンプルリングとプラスチックバッグ前処理法²⁾を用いて分析試料を準備する。

温度計に使用されている水銀は温度計を破壊し、液状水銀を直接採取し、20mL の 40%の逆王水(硝酸:塩酸が 2:1)に半滴ほど落とし溶解するまで(約2ヶ月)放置した。

蛍光灯に含まれる水銀はガス状のものとガラス管に付着したものとが考えられたため、両方採取を試みた。まずガス状水銀は市販の食品保存用プラスチックバッグに蛍光灯とガスサンプリング用のチューブを差し込んでパラフィルムで閉じた閉鎖系の空間を作り、

その中で蛍光灯を破壊して出てくるガス状水銀を自作の金捕集管で捕集した(図1)。捕集したガス状水銀はプラスチックバッグ抽出法により溶かし込み、試料溶液とした。

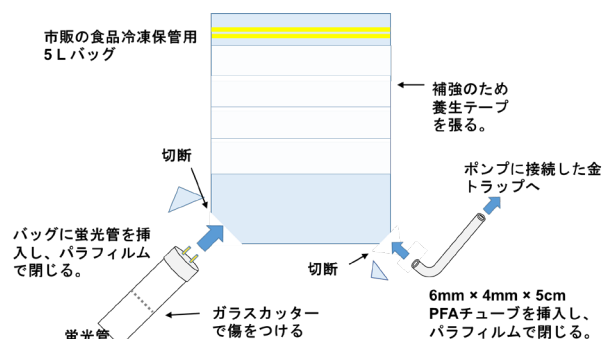


図1. 蛍光灯からのガス状水銀の採取

残ったガラス片は細かく砕きビーカーに入れ、100 mL の 40%逆王水による手法と、環境省の水銀測定マニュアル³⁾に沿った 100 mL の硝酸:過塩素酸:硫酸(1:1:5)の濃混合溶液を加えた後 230℃で1時間温め付着した水銀を酸化溶解させる手法で溶解試験を行った。

3. 水銀安定同位体比分析

作成した水銀イオン(主に Hg^{2+} の状態)試料溶液は国水研の所有するマルチコレクター型 ICP 質量分析計(Neptune Plus, ThermoFisher Scientific, Inc.)、水銀還元気化装置(HGX-200, CETAC)、そして内部標準発生・導入装置(Aridus II, CETAC)を用いて 5 つの水銀安定同位体比 ($^{199}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$ 、 $^{200}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$ 、 $^{201}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$ 、 $^{202}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$ 、そして $^{204}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$ 、)を同時測定した。

[期待される成果]

まだ報告例のない、あるいは数少ない発生源別水銀試料の安定同位体組成情報を獲得し、これを発表する。

[年次計画概要]

・2020-2023 年度

- 試料のサンプリング
- 状態別前処理法の最適化

➤ 試料分析

・2024 年度

研究成果のまとめ、論文や報告書の作成

[2020 年度の研究実施成果概要]

工場や発電所の排ガスに含まれる水銀の捕集は昨年度の研究で製作した B AuT を用いて行う予定であったが、コロナウィルス感染症拡大の影響で出張を伴うサンプリングは控えることとなったため、着手していない。

水銀添加製品の調達は未使用温度計を 3 種類 9 本購入、使用済み蛍光管を廃棄物から 9 種類 13 本調達して分析を進めた。これらの製品は「方法」で述べた実験手法により水銀を採取し試料溶液を作成した。

現在、温度計の水銀サンプルは、温度計の先端を破壊して液状金属水銀を採取し、その一滴を 20 mL の 40%逆王水が入った 20 mL バイアルに滴下し、金属水銀が完全に消滅(溶解)するまで放置してサンプル溶液を作成した。蛍光管から採取したガス状水銀は処理を終え、プラスチックバッグ抽出法による残渣ガス状水銀の総量と捕集溶液に溶解した酸化水銀の総量を比べた結果、99.9%以上のガス状水銀が捕集溶液に移行していることが判明した。

蛍光管ガラス片に付着した水銀の逆王水による常温溶解の試験では、6 日(144 時間)浸した後でも水銀濃度が上昇し、金属水銀の総量が多いため溶解に時間がかかることが判明した。

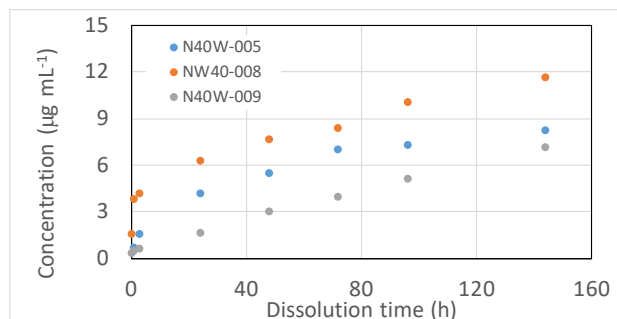


図 2. 40W 蛍光管 3 本の砕いたガラス片から 100mL の 40%逆王水溶解液に溶出した水銀の溶出時間依存

これに対し、濃硫酸混合溶液による溶解試験では、

加熱溶解以降、水銀濃度に変化に見られないことが観察され(図 3)、1 時間の加熱溶解で付着水銀が完全に溶解していることが判明した。

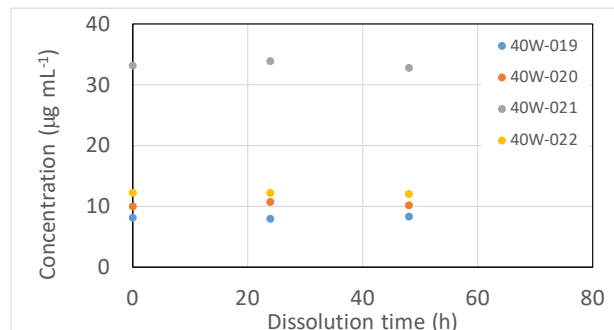


図 3. 40W 蛍光管 4 本の砕いたガラス片から 100mL 硫酸溶解液に溶出した水銀の溶出時間依存(加熱後 1 時間冷却した時点をゼロ時間とする)

以上の成功した前処理法で作成したサンプルの同位体比分析結果を図 4 に示す。図 4 で示す同位体比は以下のデルタ表記法に沿って表す。

$$\delta^{x}\text{Hg} (\text{‰}) = \left[\frac{\left(\frac{{}^{x}\text{Hg}}{{}^{198}\text{Hg}} \right)_{\text{sample}}}{\left(\frac{{}^{x}\text{Hg}}{{}^{198}\text{Hg}} \right)_{\text{reference}}} - 1 \right] \times 1000$$

式中の x は水銀同位体の質量数(199、200、201、202、204 のいずれか)、丸カッコの下付き sample と reference はそれぞれ同位体比がサンプルと参照物質(アメリカ NIST が提供する SRM 3133)であることを示す。

得られた 5 つの水銀安定同位体比は、温度計から採取した液状金属水銀が最も変動幅の少ない観測値を示し、3 種とも同じ起源の水銀が使用されている可能性が示唆された。今後文献値と比較し、産地特定を試みる。蛍光管については、付着水銀、ガス状水銀共に同位体比は大きく変動していた。両者を比べるとガス状水銀が特徴的により軽い組成(より大きなマイナス値)となる傾向があった。これは蒸発に伴う同位体分別に起因すると考えられ、蒸発した金属水銀は軽い組成となる報告とも一致する。⁴⁾ しかし、付着する水銀と蒸発したガス状水銀の差は報告される同位体分別の度合いより大きいと、今後より詳細な解析を行い、その原因を調べる。

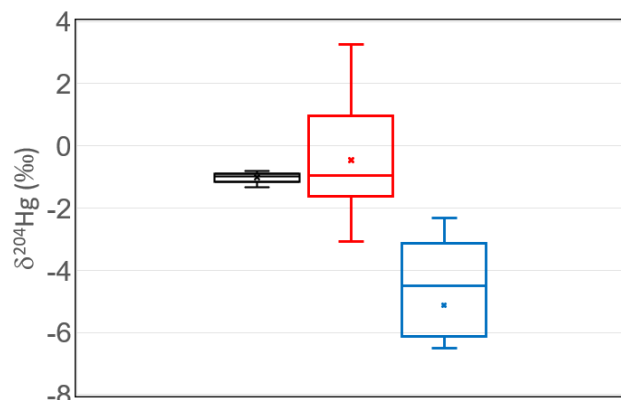
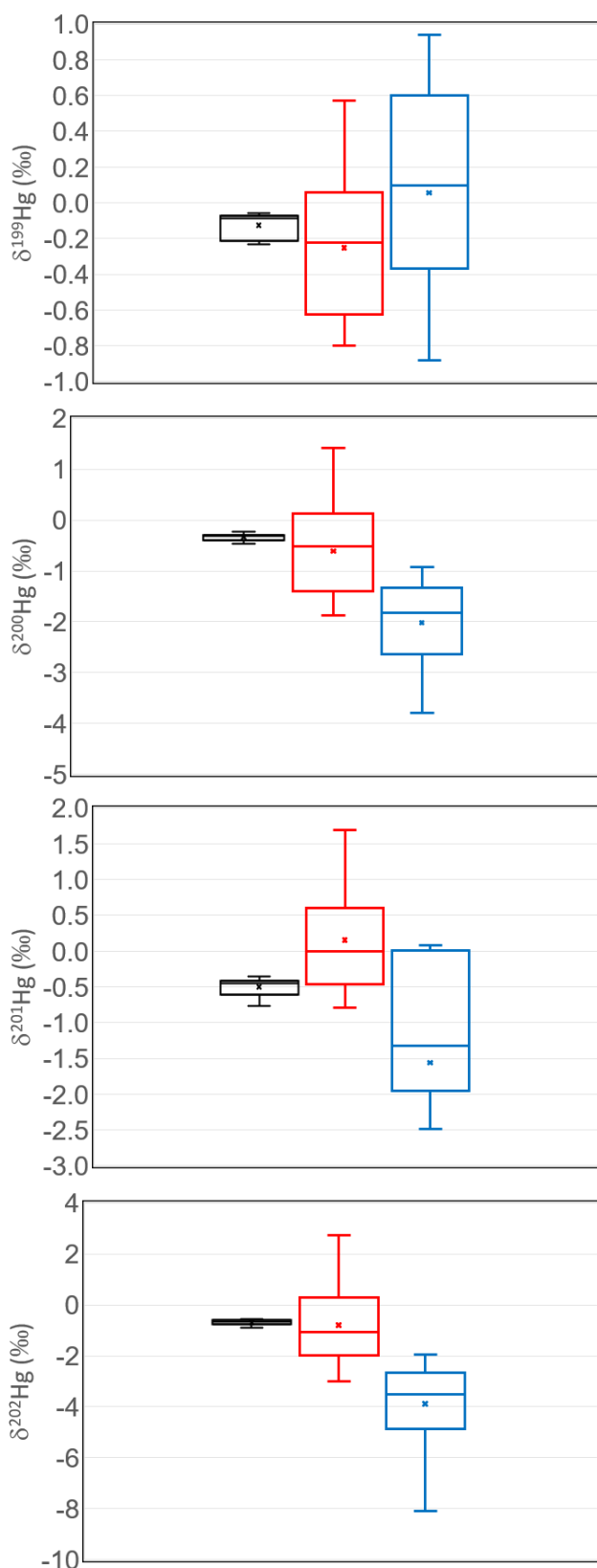


図 4. 温度計の液状金属水銀(黒, $n = 9$)、蛍光管のガラス片から溶出した水銀(赤, $n = 13$)とガス状水銀(青, $n = 13$)の 5 つの安定同位体比分布図

箱図の上部、下部、そして箱中の平行線はそれぞれ 75、25 パーセンタイル、中央値を示し、箱中の 1 点は平均値を示す。また、箱型プロットの上下から出る棒状のプロットは最大値と最小値を示す。

[研究期間の論文発表]

- 1) **伊禮 聡** 水俣条約の有効性を評価する環境試料の水銀測定 「化学と教育」日本化学会誌 67 巻 5 号 p218 – 219 2020 年 6 月
- 2) **Satoshi Irei** Development of fast sampling and high recovery extraction method for stable isotope measurement of gaseous mercury, Applied Sciences 10, 6691, doi: 10.3390/app10196691, September, 2020.
- 3) **Satoshi Irei** Oxidation of gaseous elemental mercury in acidified water: Evaluation of a possible sinking pathway of atmospheric gaseous mercury in acid cloud, fog, and rain droplets, Applied Sciences, 1196, doi.org/10.3390/app11031196, January, 2021.

[研究期間の学会発表]

- 1) European Geosciences Union Virtual General Assembly 2020 May Virtual Meeting, **Satoshi Irei** A novel method for stable isotope measurement of gaseous elemental mercury (Poster)
- 2) The 2nd International Conference on Chemistry and Nanosciences 2021 March Virtual Meeting, **Satoshi Irei** Laboratory and field studies for the sources and

fate of atmospheric gaseous elemental mercury
(Oral)

[文献]

- 1) UN Environment Program Global Mercury Assessment 2013 UN Environment Programme, Chemicals and Health Branch: Geneva, Switzerland, 2013.
- 2) Satoshi Irei Development of fast sampling and high recovery extraction method for stable isotope measurement of gaseous mercury, *Applied Sciences* 10, 6691, doi: 10.3390/app10196691, September, 2020.
- 3) Ministry of Environment, Mercury Analysis Manual, Tokyo, Japan, 2004.
- 4) Estrade, N., Carignan, J., Sonke, J.E., and Donard, O.F.X. Mercury isotope fractionation during liquid-vapor evaporation experiments, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 73, 2693-2711, 2009.

■自然環境グループ(基盤研究)

海洋におけるメチル水銀の形態変化過程に関与する微生物群の動態解明(RS-20-12)

Study of microbes involved in mercury speciation in the ocean

[主任研究者]

多田 雄哉(環境・保健研究部)
研究の総括及び実験全般の実施

[共同研究者]

丸本幸治(環境・保健研究部)
海水中水銀分析に関する助言
吉野健児(環境・保健研究部)
水俣湾観測及び生態系調査協力
松山明人(国際・総合研究部)
水俣湾観測及び水銀分析に関する助言
武内章記(国立環境研究所)
海水中水銀分析に関する助言
小畑 元(東京大学大気海洋研究所)
北太平洋観測協力
竹田一彦、岩本洋子(広島大学)
瀬戸内海における海洋観測協力
川口慎介、横川太一(海洋研究開発機構)
海洋深層域観測協力
武田重信(長崎大学)
東シナ海海洋観測協力
桑田 晃(水産研究・教育機構)
三陸沖海洋観測協力
高見英人(東京大学)
メタゲノム解析に関する助言

[区分]

基盤研究

[重点項目]

メチル水銀の環境動態

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 年間)

[キーワード]

総水銀 (total mercury)、メチル水銀 (methylmercury)、溶存ガス状水銀 (dissolved gaseous mercury)、水銀メチル化 (mercury methylation)、水銀脱メチル化 (mercury demethylation)、沿岸域 (coastal environments)、外洋域 (open ocean)、深海域 (deep-sea)、海洋微生物 (marine microorganisms)、メタゲノム (metagenome)、機能遺伝子群 (functional genes)

[研究概要]

本研究では、沿岸域から外洋域、深海域を含めた海洋観測を実施し、海水中総水銀、メチル水銀及びガス状水銀濃度を定量すると同時に、水銀メチル化及び脱メチル化に関連する微生物機能遺伝子群を、メタゲノム解析並びに分子生物学的手法を駆使して解析することで、海洋における微生物学的なメチル水銀生成・分解機構に関する知見を得る。

[背景]

2017 年 8 月に発効された「水銀に関する水俣条約」を受け、その有効性評価として環境中における水銀の動態を正確に把握・モニタリングしてゆくことが喫緊の課題である。特に、海水中のメチル水銀は、毒性及び生物蓄積性が非常に高く、高次栄養段階に位置する魚介類に高濃度に蓄積され、最終的には、魚介類の摂食を通してヒトへ移行・蓄積される。このため、海洋におけるメチル水銀の動態(生成・分解過程)を詳細に解析することは重要な研究課題である。

既往研究により、環境中におけるメチル水銀の生成・分解過程には微生物が関与していることが報告されている。また、近年のゲノム解析により、水銀のメチル化・脱メチル化に関与する機能遺伝子群も明らかとなってきている。しかしながら、海洋環境におけるメチル水銀生成・分解過程への微生物の寄与を評価した研究例は少なく、特に、アクセスが困難な外洋域

(例えば太平洋)や深海域におけるメチル水銀の動態と微生物の動態とを関連付けた研究例はほぼ皆無である。

[目的]

以上のような背景から、本研究では、沿岸域から外洋域、深海域を含めた様々な海洋環境を対象に、環境中の機能遺伝子群を網羅的に解析することが可能なメタゲノム解析並びに分子生物学的手法を駆使し、水銀メチル化・脱メチル化関連遺伝子の分布を明らかにすることで、海洋における微生物学的なメチル水銀生成・分解過程を包括的に理解・評価することを目的とする。

[期待される成果]

本研究の完遂により、これまで情報が希少であった海洋微生物による水銀のメチル化及び脱メチル化過程に関する知見を得ることができる。また、沿岸域から外洋域、深海域を含めた様々な海洋環境を対象とした解析を行うことで、水銀メチル化・脱メチル化がどのような海域・深度で起こりうるのかを評価することができる。これらの結果は、海洋におけるメチル水銀の生成・分解過程の機構論的理解を深化させ、ひいては海洋生物へのメチル水銀蓄積過程解明に向けた有用な情報を提供することができる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

- 1-1. 沿岸域並びに外洋域において海洋観測を実施し、微生物核酸試料の取得及びメタゲノム解析を実施する。特に本年度は 2019 年 7 月に瀬戸内海で取得した試料について分析を進める。必要に応じて、海洋観測を実施する。
- 1-2. メタゲノム解析において、水銀メチル化遺伝子 (*hgcAB*) (Parks *et al.*, 2013) だけでなく、脱メチル化遺伝子 (*merAB*) (Boyd and Barkay, 2012) に関しても検出を試みる。
- 1-2. 形態別水銀及び各種水質特性(水温、塩分、クロロフィル濃度、溶存酸素等)の分析を実施する。
- 1-3. 水銀メチル化遺伝子 (特に *hgcA*) に関して、定

量 PCR 解析用のプライマー設計を行う。

- 1-4. 得られた結果を国内外での学会並びに論文発表に繋げる。

2. 2021 年度

- 2-1. 沿岸域並びに外洋域において海洋観測を実施し、微生物核酸試料の取得及びメタゲノム解析を実施する。特に、沿岸域として水俣湾、外洋域として伊豆・小笠原海域 (2019 年 9 月又は 2020 年 10 月) で取得した試料について、水銀分析及びメタゲノム解析を進める。必要に応じて、海洋観測を実施する。
- 2-2. これまで取得した微生物核酸試料(久米島沖、釧路沖、瀬戸内海、水俣湾等)を用いて、水銀メチル化遺伝子の定量 PCR 解析を実施し、プライマーの有効性を評価する。
- 2-3. 得られた結果を国内外での学会並びに論文発表に繋げる。

3. 2022 年度

- 3-1. 学術研究船白鳳丸を用いた西部北太平洋南北断面観測航海(2021 年度から 2022 年度に変更)に参加し、水銀メチル化・脱メチル化遺伝子のメタゲノム解析及び定量 PCR 解析用試料を取得する。
- 3-2. 形態別水銀及び各種水質特性分析を実施し、西部北太平洋における形態別水銀の分布を明らかにする。
- 3-3. 得られた結果を国内外での学会並びに論文発表に繋げる。

4. 2023 年度

- 4-1. 前年度に得られた西部北太平洋試料のメタゲノム解析及び形態別水銀分析を引き続き行うと同時に、水銀メチル化遺伝子に関する定量 PCR 解析を実施し、西部北太平洋における形態別水銀と水銀メチル化遺伝子の分布を比較する。
- 4-2. 得られた結果を国内外での学会並びに論文発表に繋げる。

5. 2024 年度

- 5-1. 引き続き、前年度までに得られた試料の分析を進めると同時に、必要に応じて海洋観測を実施する。また、小笠原海溝や琉球海溝における深

海・超深海域における水銀の形態別分析及びメタゲノム解析、定量 PCR 解析を実施し、深海域における微生物による水銀のメチル化・脱メチル化過程を評価する。

5-2. 得られた結果を国内外での学会並びに論文発表に繋げる。

[2020 年度の研究実施成果の概要]

本年度は、2019 年 7 月に広島大学附属練習船豊潮丸を用いて、瀬戸内海の西部（豊後水道・周防灘・伊予灘、図 1）において取得した試料について、海水中水銀・メチル水銀分析を行うと同時に、メタゲノム解析による水銀メチル化遺伝子 (*hgcA* 及び *hgcB* 遺伝子) 並びに脱メチル化遺伝子 (特に *merB* 遺伝子) 解析を実施した。また、各遺伝子の存在量は *recA* 遺伝子 (1 コピー/ゲノム) の存在量に対する比で評価した。

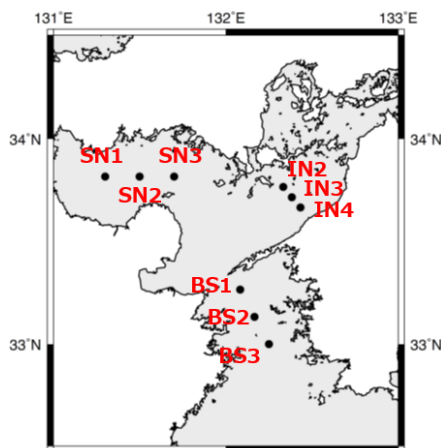


図 1. 瀬戸内海西部における観測点 (2019 年 7 月)

瀬戸内海西部におけるメチル水銀濃度は検出限界以下 (0.001 ng/L) ~0.0094 ng/L の濃度で変動し、豊後水道の最も太平洋側 (南側) の深層 (St. BS3 90 m) 付近で最大であった (総水銀濃度の 10.6%) (図 2)。これらの結果から、特に豊後水道における 3 測点に対してメタゲノム解析を実施した。メタゲノム解析の結果、*hgcA* 遺伝子は豊後水道北部 (St. BS1) 及び中央 (St. BS2) の測点における表層 (15 m) で検出された (図 3)。一方、*hgcB* 遺伝子は豊後水道中央 (St. BS2) 及び南部 (St. BS3) の深層で多く検出され、存在量は 0-0.0019 *hgcB* / *recA* であった。海水

中の総水銀・メチル水銀濃度と *hgcAB* の存在量との間には相関がみられなかった。

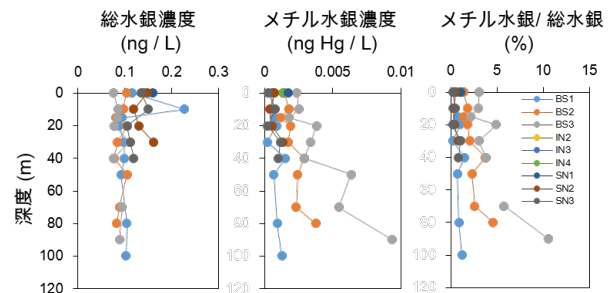


図 2. 豊後水道における総水銀濃度、メチル水銀濃度、総水銀に対するメチル水銀の割合

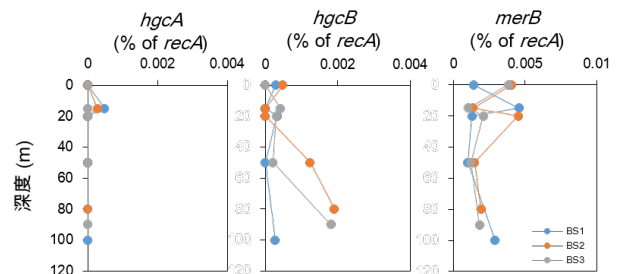


図 3. 豊後水道における *hgcA*、*hgcB*、*merB* 遺伝子の存在量

検出された *hgcA* の系統解析の結果、豊後水道で検出された *hgcA* はメタン菌を含む Euryarchaeota、亜硝酸酸化細菌を含む Nitrospira 並びに Nitrospina が持つ *hgcA* 遺伝子に近縁であることが明らかとなった (図 4)。昨年実施した瀬戸内海東部 (大阪湾・紀伊水道) では、硫酸還元菌を含む Deltaproteobacteria に近縁な系統群が持つ *hgcA* 遺伝子が検出されたことから、瀬戸内海西部 (豊後水道) と東部 (紀伊水道) では異なる細菌系統群が水銀メチル化に関与していることが示唆された。

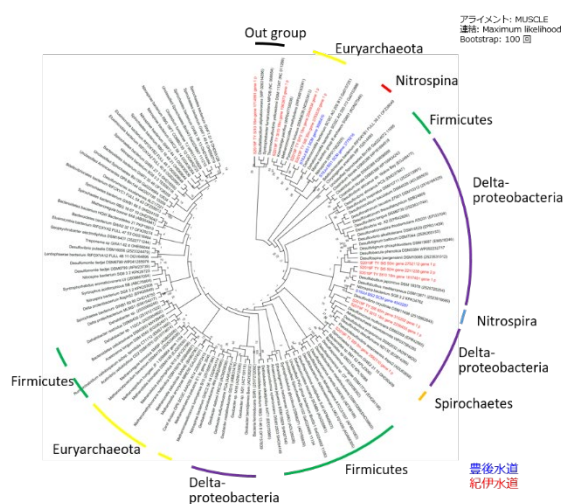


図 4. *hgcA* 遺伝子の系統解析結果。青字が豊後水道から、赤字が紀伊水道から得られたシーケンス配列

また、メチル水銀の分解に関わる *merB* 遺伝子の存在量は $0.001\text{--}0.0045 \text{ merB} / \text{recA}$ であり、比較的表層で高くなる傾向が見られた (図 3)。しかしながら、*merB* 遺伝子の存在量と海水中メチル水銀量との間に関連性は見られなかった。*merB* 遺伝子の系統解析の結果、検出された 128 遺伝子のうち 73 遺伝子 (57%) が、Actinobacteria が持つ *merB* 遺伝子に近縁であることが明らかとなった (図 5)。

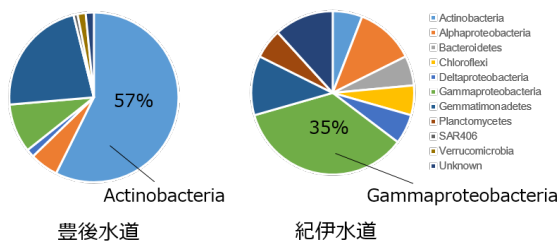


図 5. 豊後水道及び紀伊水道から得られた *merB* 遺伝子の内訳

さらに、昨年度実施した瀬戸内海東部 (紀伊水道) のメタゲノムシーケンスを再解析した結果、Gammaproteobacteria に属する系統群が持つ *merB* 遺伝子が検出されたことから、メチル水銀分解遺伝子に関しても、瀬戸内海の東西で異なる細菌群が関与している可能性が示唆された。

本研究の結果から、瀬戸内海西部及び東部では、海水中メチル水銀濃度と水銀メチル化関連遺伝子の存在量との間には関連が見られないことが明らかとなった。水銀メチル化遺伝子及びメチル水銀分解遺

伝子の系統解析の結果、瀬戸内海東部 (紀伊水道) と西部 (豊後水道) では異なる微生物系統群がメチル水銀の生成・分解過程に関与していることが明らかとなった。

これまでの研究で、特に外洋域の深層において水銀メチル化に関与していることが示唆された *Nitrospina* 系統群の水銀メチル化関連遺伝子 (*hgcA*) (Tada et al., 2020) に関して、定量 PCR を用いた簡便かつ迅速な検出法の確立に着手した。本年度は、黒潮域及び親潮域で得られた *Nitrospina-hgcA* 配列を用いて保存領域 (約 400 bp) をターゲットとしたプライマーを設計した。また、2018 年 6 月に親潮域で取得した DNA 試料をテンプレートとした PCR 増幅を行い、その特異性を確認した。PCR 反応の結果、メタゲノム解析で *hgcA* が検出された深層域 (水深約 430 m 付近) を含む水深 100 ~ 200 m 層で検出することができた (図 6)。しかしながら、定量 PCR 用プライマーの最適な増幅断片長は 100~150 bp と短く、プライマーの確定にはさらなる検討が必要である。

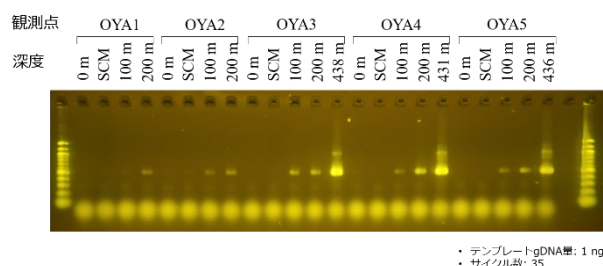


図 6. *Nitrospina-hgcA* プライマーを用いた PCR 増幅後のゲル画像

[2021 年度の実施計画]

1. 引き続き沿岸域 (水俣湾や八代海) 及び外洋域 (西部北太平洋) の海洋観測を実施する。
2. これまでに、水俣湾並びに伊豆小笠原海域で取得した DNA 試料に関して、水銀メチル化・脱メチル化遺伝子に着目したメタゲノム解析を進める。また、これまで得られたメタゲノム解析の結果について論文発表および学会発表に繋げる。
3. *Nitrospina-hgcA* をターゲットとした定量 PCR プライマーの設計を実施する。

[研究期間の論文発表]

Tada Y, Marumoto K, Takeuchi A (2020) Nitrospina-Like Bacteria Are Potential Mercury Methylators in the Mesopelagic Zone in the East China Sea. *Front. Microbiol.*, 11, 1369.

[研究期間の学会発表]

多田雄哉, 丸本幸治, 武内章記, 岩本洋子, 竹田一彦: 海洋における水銀メチル化に関与する微生物群集の動態解析. 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, Web meeting, 2020, 11.

[文献]

- 1) Parks *et al.* (2013) The genetic basis for bacterial mercury methylation. *Science*, 339, 1332-1335.
- 2) Boyd and Barkay (2012) The mercury resistance operon: from an origin in a geothermal environment to an efficient detoxification machine. *Front. Microbiol.*, 3, 349.
- 3) Tada Y, Marumoto K, Takeuchi A (2020) Nitrospina-Like Bacteria Are Potential Mercury Methylators in the Mesopelagic Zone in the East China Sea. *Front. Microbiol.*, 11, 1369.

■自然環境グループ(基盤研究)

アジア・太平洋地域における大気中水銀の中・長期的濃度変動要因に関する研究(RS-20-13)

Study on factors affecting the long-term trend of atmospheric mercury concentrations
in Asian-Pacific regions

[主任研究者]

丸本幸治(環境・保健研究部)
研究の総括、実験全般の実施

[グループ]

自然環境

[共同研究者]

鈴木規之(国立環境研究所)、高見昭憲(国立環境研究所)

日本の大気中水銀観測のコーディネート
David Schmeltz(米国環境保護庁)、David Gay、
Mark Olson(米国大気沈着ネットワーク)、Guey-
Rong Sheu(台湾中央大学)

アジア・太平洋地域の大気中水銀観測ネット
ワークのコーディネート

林 政彦(福岡大学)

福岡県福岡市での大気中水銀観測への協力
武内章記(国立環境研究所)

関東地方(茨城県つくば市)での大気中水銀観
測への協力

谷水雅治(関西学院大学)

関西地方での大気中水銀観測への協力
武邊勝道(松江工業高等専門学校)

日本海側(島根県松江市)での大気中水銀観測
への協力

川辺能成(産総研)、駒井 武(東北大)、富安卓滋
(鹿児島大)

簡易水銀モニタリング手法の開発とアジア・南米
への適用による ASGM 水銀循環量評価

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

水銀 (Mercury)、大気 (Atmosphere)、輸送
(Transport)、沈着 (Deposition)、アジア (Asia)

[研究課題の概要]

本研究では、水俣条約の有効性評価に資する大
気・降水中水銀の継続的なデータを取得すること
を第一の目的としている。また、その季節変動や経年
変動の有無とそれらの要因、並びに放出源の影響も
明らかにすることも目的の一つである。これらの目的
を達成するため、水俣市と福岡市で大気中水銀の連
続モニタリングを、水俣市、平戸市、福岡市、御前崎
市で降水中水銀のモニタリングを実施する。また、新
たに火山地帯である阿蘇仙酔峡において大気中水
銀の連続モニタリングを実施、大気中水銀の放出源
の一つである火山ガスの影響を評価していく。

一方、降水中水銀モニタリングについては、水俣
条約における比較可能なデータの取得への対応す
るため、国際的な精度管理プログラムへ積極的に参
加すると共に、台湾中央大学との共同研究を行い、
データの信頼性の確保に努める。

[区分]

基盤研究

[背景]

人間活動によって大気中に放出された微量水銀
は地球上を循環し、放出源から遠く離れた場所の生
態系に影響を与えることが知られている。そのため、
国の枠組みを超えた国際的な対応が求められており、
UNEP(国連環境計画)主導のもと、2017 年 8 月に国
際的な水銀規制条約(水俣条約)が発効されている。

[重点項目]

メチル水銀の環境動態
国際貢献

条約の有効性評価として長期的な環境中水銀モニタリングやモニタリングデータを活用した環境中水銀動態モデルの開発が重要な位置付けとなる。とりわけ、大気中の水銀は国境を越えて輸送されることから、世界各国で協力してモニタリングを実施する必要がある。現在のところ、北米、ヨーロッパにおいてモニタリングネットワークが稼働しており、アジア地域でもアジア太平洋モニタリングネットワーク(Asian-Pacific Mercury Monitoring Network、以下 APMMN)が構築されている。日本国内では、環境省環境安全課の主導により 2007 年度から沖縄県辺戸岬で¹⁾、2014 年度から秋田県男鹿市で大気・降水中水銀のモニタリングを実施している。国水研においてもこれまで熊本県水俣市と福岡県福岡市で大気中水銀の連続モニタリングを²⁾、水俣市、福岡市、長崎県平戸市、静岡県御前崎市で降水中水銀のモニタリングを実施している。

[目的]

水俣条約の有効性評価に資する大気・降水中水銀の継続的なデータを取得し、その季節変動や経年変動の有無とそれらの要因、並びに放出源の影響を明らかにする。また、APMMN への協力を通してアジア太平洋地域のデータ蓄積とアジア各国における観測支援を行う。

[期待される成果]

1. 大気・降水中水銀の長期モニタリングデータの取得と東アジア地域における大気中水銀濃度及び水銀沈着量の経年変動の実態を明らかにし、地球規模の水銀循環の理解に貢献する。
2. APMMN へのデータ提供及びモニタリング技術移転、国際的な精度管理プログラムへの参加等による国際協力を通して、国際的な水銀モニタリング技術の向上に貢献する。また、アジア太平洋地域の大気中水銀モニタリングネットワークの中核的存在として日本をアピールできる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度
前プロジェクト研究から引き続き、水俣市での大

気・降水中水銀モニタリングを継続する。また、福岡市、平戸市、島根県松江市、兵庫県三田市、御前崎市、茨城県つくば市において降水中水銀モニタリングを開始する。降水中水銀データの信頼性向上のため、台湾中央大学とのラボ間測定データ比較を行い、アメリカ地質調査所主導の Inter-Calibration プログラムに参加する。一方、大気中水銀の放出源である都市域(福岡県福岡市)や火山地帯(熊本県阿蘇市仙酔峡)での大気中水銀モニタリングを行う。

2. 2021 年度

水俣市、福岡市、阿蘇市において大気中水銀の連続モニタリングを継続する。福岡市と阿蘇市では他の化学物質のモニタリングも行い、大気中水銀濃度の変動要因について調べる。水俣市をはじめ各地点において降水中水銀のモニタリングを継続する。前年度に引き続き、国際的な精度管理プログラムに参加する。また、持ち運び及び設置が容易で、商用電源不用の簡易降水サンプラーの開発に着手する。

3. 2022 年度

引き続き、各地点における大気・降水中水銀モニタリングと国際的な精度管理プログラムへの参加を継続する。福岡市、阿蘇市におけるモニタリング結果を論文としてまとめる。阿蘇市において簡易降水サンプラーの試験運用を行う。

4. 2023 年度

引き続き、各地点における大気・降水中水銀モニタリングと国際的な精度管理プログラムへの参加を継続する。また、各地点において簡易降水サンプラーの試験運用も行う。

5. 2024 年度

引き続き、各地点における大気・降水中水銀モニタリングと国際的な精度管理プログラムへの参加を継続する。また、これらのデータを解析し、長期的なトレンドを明らかにすると共に、論文としてまとめる。簡易降水サンプラーを改良し、製品化を目指す。

[2020 年度の研究実施成果]

降水中水銀のモニタリングと分析値の国際相互比較プログラム等への参加

2020 年 3 月まで九州地方の 3 地点(水俣市、平戸

市、福岡市)と静岡県御前崎市において降水中水銀の週単位のモニタリングを継続していた。しかしながら、2019年7月に南あわじ市でのモニタリングが中止となり、その他のサイトの観測機器の老朽化及びモニタリングネットワークの再構築を理由として2020年4月～12月まで福岡市、平戸市、御前崎市での降水中水銀モニタリングを中断した。2020年9月から新たに島根県松江市と茨城県つくば市にサイトを設けてモニタリングを開始し、2021年1月から福岡市、平戸市、御前崎市でのモニタリングも再開した。現在、水俣市も併せて全国6地点でモニタリングが実施されている。なお、兵庫県三田市においてもサイトを設けるように努力していたが、サイトの選定が難航し、実現しなかった。

水俣市では2020年度もモニタリングを継続しており、同年度の雨量加重平均濃度は 6.4 ng/L (年間降水量 $2,613 \text{ mm}$)であった。この値は過年度と比較してほぼ同程度であった。また、2020年5月から台湾中央大学との共同研究を開始し、台湾や東南アジア、並びに米国の降水中水銀モニタリングネットワークで使用されている降水サンプラーを水俣に設置した。同サンプラーと日本国内で使用しているサンプラーとで得られる降水中水銀分析値を比較し、水俣条約の条文中に明記されている比較可能なデータが得られるかを検証することが共同研究の目的である。日本からも台湾に降水サンプラーを送っており、台湾中央大学が管理するサイトでも同様の並行試験が行われている。

一方、国水研は、台湾中央大学も含めて欧米やアジアの研究機関が参加する降水中水銀分析値の相互比較プログラムにも2019年から参加し、降水中水銀分析値の信頼性確保に努めている。このプログラムはアメリカ地質調査所(U.S. Geological Survey、以下USGS)が主催するものであり、毎月2サンプルの降水試料が各機関に送られ、それらの分析値を定期的にUSGSに報告するものである。2019年度の集計結果では、国水研が報告した値はUSGSが調製した濃度よりも平均で5%程度低かったが、概ね良好な結果を得ている。本プログラムへの参加は、データの信頼性を世界にアピールする上で極めて重要であると

考えられるため、今後も参加していく予定である。

大気中水銀の連続モニタリング

水俣市と福岡市における大気中水銀の連続モニタリングの結果、水俣市における2020年度のガス状水銀の平均濃度 $\pm$ 標準偏差は $1.68 \pm 0.34 \text{ ng m}^{-3}$ ($N=6,751$)であり、過年度に比べてやや低かった。一方、福岡市における大気中のガス状金属水銀(Gaseous Elemental Mercury、以下GEM)の濃度は $1.90 \pm 0.39 \text{ ng m}^{-3}$ (2時間平均の値より集計、 $N=2,703$)、ガス状酸化態水銀(Gaseous Oxidized Mercury、以下GOM)の濃度は $0.0073 \pm 0.0116 \text{ ng m}^{-3}$ ($N=2,637$)、並びに粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子態水銀(Particle Bound Mercury、以下PBM_{2.5})の濃度は $0.0068 \pm 0.0187 \text{ ng m}^{-3}$ ($N=2,637$)であった。GEM濃度は過年度と比べてやや低かった。一方、GOM濃度は2018年度及び2019年度に比べて低く、2017年度以前の値と近かった。また、PBM_{2.5}は昨年度の値とほぼ横ばいであり、これまで続いていた経年的な濃度低下が鈍化していることがわかった。

図1に水俣市、福岡市及び阿蘇仙酔峡における大気中ガス状水銀濃度の変動を示した。福岡市や水俣市では 4.0 ng/m^3 以上の高濃度となる現象が時々みられたが、その頻度は過年度に比べてかなり減少している。一方、両地点のガス状水銀濃度は 1.0 ng/m^3 以下になることはなかったが、阿蘇仙酔峡では頻繁にほぼ 0 ng/m^3 付近まで濃度が低下する現象がみられた。平均濃度も $1.12 \pm 0.69 \text{ ng/m}^3$ であり、福岡市や水俣市に比べて明らかに低かった。

阿蘇仙酔峡における大気中水銀モニタリング

阿蘇仙酔峡は阿蘇山中岳第一火口から北東約3kmに位置し、標高約900mである。周辺は複雑な地形であるが、火山ガスの通り道として有名である。図1を見ても濃度変動が激しく、時折 2.0 ng/m^3 以上の値も観測されている。図2に仙酔峡での風向とガス状水銀濃度の関係を示した。図のように南から風が吹くとき、つまり阿蘇山中岳第一火口からの風があるときに濃度が高くなることが多く、火山ガスの影響を受けている可能性が高い。

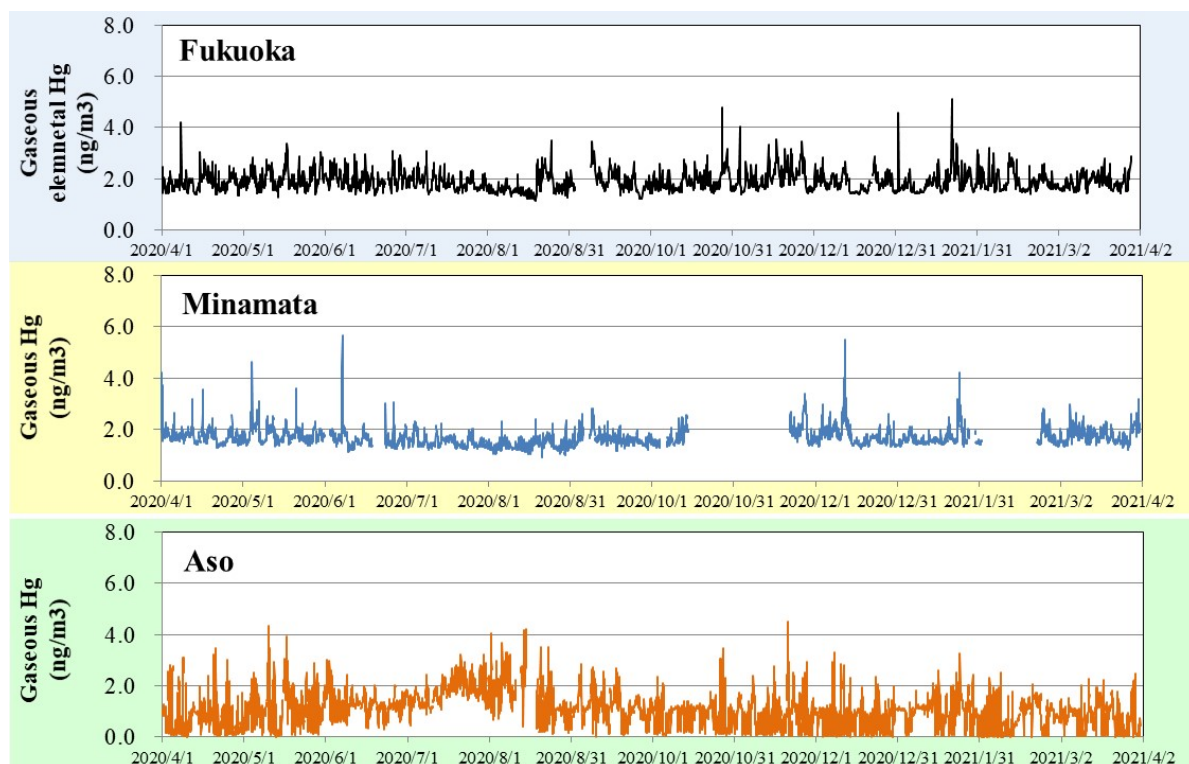


図 1 福岡市、水俣市及び阿蘇仙酔峡における大気中ガス状水銀濃度の変動

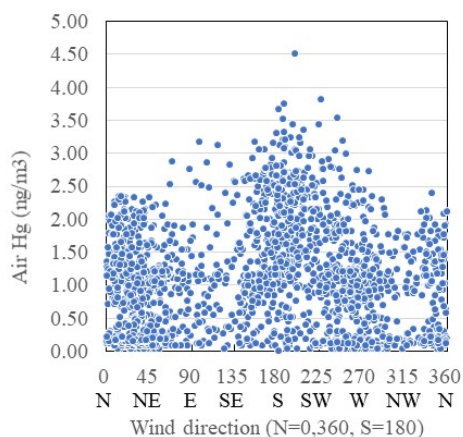


図 2 阿蘇仙酔峡におけるガス状水銀濃度と風向の関係

図3に示した気温や湿度とガス状水銀濃度との関係を見ても、高温多湿のときに濃度が高くなる傾向があり、これも高温多湿の火山ガスの影響によるものと推察される。

一方、図4に示した時刻別のガス状水銀濃度をみると、ガス状水銀濃度の低下現象が日中に頻繁に起こっていることが示唆される。また、図5に示した2020年9月のガス状水銀濃度、日射量、降水量の時系列

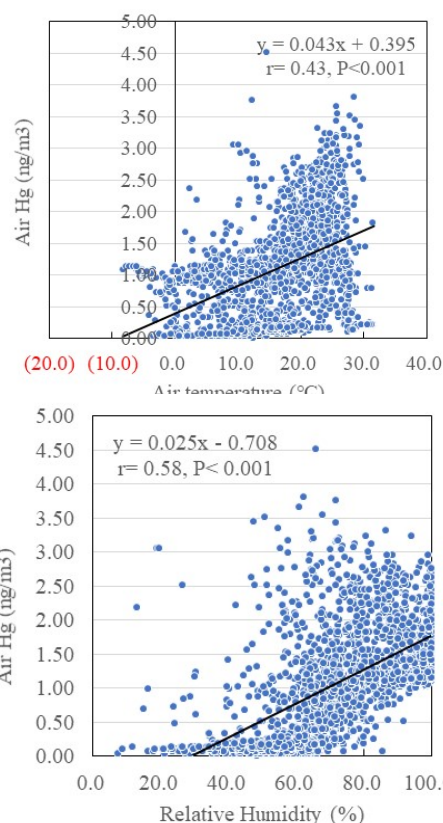


図 3 阿蘇仙酔峡におけるガス状水銀濃度と気温（上図）及び相対湿度（下図）と関係

変動をみると、ガス状水銀濃度の低下現象は日射の強い晴天の日に起こっていることが多く、雨天もしくは日射の弱い曇天のときにはあまり起こらないことがわかった。今回、阿蘇仙酔峡のガス状水銀の観測に用いた連続モニター(AM-4、日本インスツルメンツ社製)ではガス状金属水銀GEMは捕集されるが、ガス状酸化態水銀GOMは捕集されていない可能性があるため、大気中でGOMが多く生成していた場合、見かけ上ガス状水銀濃度が低下したように観測される。一方、GOMはGEMに比べて地表へ沈着しやすく、生成した後に速やかに地表に沈着することも考えられる。大気中におけるGOMは、光化学反応によって生じたハロゲンラジカル等がGEMを酸化することにより生成されるが³⁾、一般大気中におけるGOMの割合は高くてもガス状水銀濃度の10%程度にしかならないことが知られている。しかしながら、北極や南極などの極域では紫外線が強い春季に光化学反応によって生成した臭素ラジカルがGEMを酸化し、GEM濃度がほぼ0 ng/m³付近まで低下する現象が報告されている⁴⁾。火山ガス中には臭素ラジカルや塩素ラジカルなどが豊富に存在し、一般大気に比べてGOM濃度が高くなる可能性があることがモデル計算等で示唆されている⁶⁾。しかしながら、ガス状水銀の濃度低下現象は夜間にも起きていること、過去に火山地帯で実施さ

れた大気中水銀の連続モニタリング⁷⁾では本研究でみられたようなガス状水銀濃度の低下現象は報告されていないことなど、既往の知見と矛盾することも多い。今後、大気中水銀の形態別モニタリングや酸化物質のモニタリング等を行い、実態を解明していく必要がある。

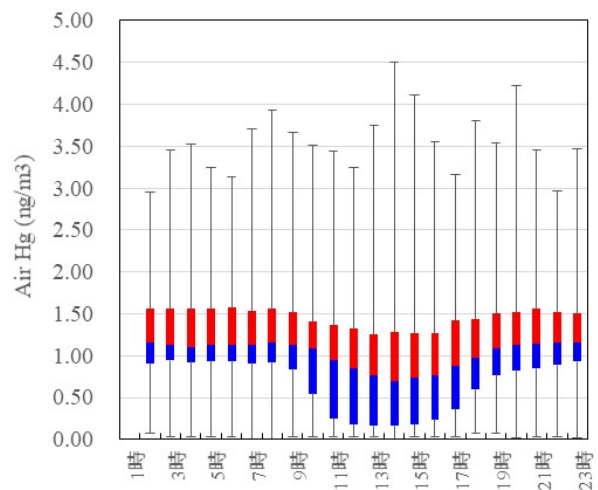


図 4 阿蘇仙酔峡におけるガス状水銀濃度の時刻別の最小値、最大値、中央値、25 パーセンタイル値、75%パーセンタイル値

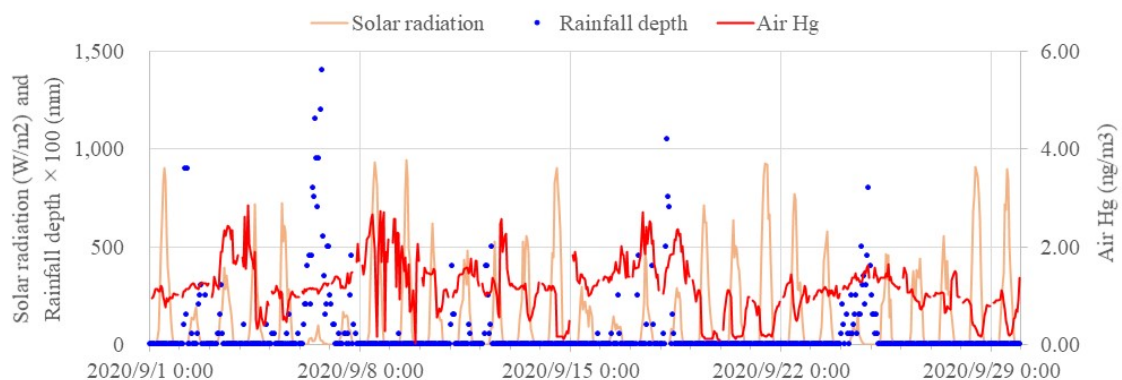


図 5 2020 年 9 月の阿蘇仙酔峡におけるガス状水銀濃度と日射量、降水量の時系列変動

[備考]

環境省水銀対策推進室による「水俣条約に資する水銀等モニタリングに関する国内検討会」に委員として参加し、必要な助言を行っている。また、水俣条約モニタリングガイダンス策定専門家会合の専門家としてUNEPに登録されており、ガイダンス策定に協力している。一方、福岡大学の「福岡から診る大気環境研究所」の学外研究員としても活動している。

[研究期間の論文発表]

- 1) **Marumoto K.**, Noda K., João P. G. P., Marcelo de O., Iracina M. de J., **Marumoto M.**, and **Akagi H.** (2020) Application of the Quartz Crystal Microbalance Method for Measuring Mercury in the Air of Working Environments Involved to Artisanal and Small-scale Gold Mining (ASGM). *Anal. Sci.* 36(12),1515-1519.
- 2) Noda K., Aizawa H., and **Marumoto K.** (2020) Basic Detection Characteristics of Quartz Crystal Microbalance-based Method of Determination of Mercury. *Sen. Mater.*, Vol. 32, No. 6, 2159–2166.
- 3) 野田和俊, 児玉谷 仁, 富安卓滋, **丸本幸治**, 駒井 武, 愛澤秀信: 還元気化法を利用した水晶振動子による液相中の水銀測定. 電気学会論文誌 E (センサ・マイクロマシン部門誌), 2021; 141(2): 50-54.

[研究期間の学会発表]

なし

[文献]

- 1) **Marumoto K.**, et al. (2019) *Atmosphere* 10, 362.
- 2) **Marumoto K.**, et al. (2015) *Atmos Environ* 117, 147-155.
- 3) Saiz-Lopez A. et al. (2020) *PNAS* 117, 30949-30956-
- 4) Schroeder et al. (1998) *Nature* 394, 331-332.
- 5) Sproveri et al. (2002) *J. Geophys. Res.* 107, 4722-4729.
- 6) von Gaslow R. (2010) *PNAS* 107, 6594-6599.
- 7) Bagnato E. et al. (2007) *Atmos. Environ.* 41, 7377-7388.

■自然環境グループ(業務)

水俣湾水質モニタリング及び水俣地域における各種活動支援(CT-20-06)

Implementation of seawater quality monitoring in Minamata Bay and support of various regional activities around the Minamata area

[主任担当者]

松山明人(国際・総合研究部)
課題総括・推進

軸として活動する。必要に応じて、水俣漁協等を業務課題パートナーとして位置づけ、具体的な共同研究テーマを設定し活動を遂行する(例 水俣湾における効率的な牡蠣養殖方法の開発)。

[共同担当者]

原口浩一(国際・総合研究部)

[背景]

水俣湾水質モニタリングについては、2010 年(平成 22 年)4 月 16 日に閣議決定された「水俣病被害者の救済及び水俣病問題の解決に関する特別措置法」の救済措置の方針に則り活動を行う。本特措法の方針には以下の文章が明記されている。

[区分]

業務

水質汚濁状況の監視の実施

原因企業が排出したメチル水銀による環境汚染を将来にわたって防止するため、水質汚濁の状況の継続的な監視やその他必要な所要の措置を講じます。

[重点項目]

メチル水銀の環境動態
地域・福祉向上への貢献

以上の内容を受けて、本業務課題は遂行される。同時にこれまで行ってきた研究成果を社会に生かす事を念頭に、水俣漁協や水俣高校等とともに活動を共有し社会での実業務に対するアドバイスや教育支援活動を通じて、地元地域に貢献する。

[グループ]

自然環境

[業務期間]

2020 年度～2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

メチル水銀(Methylmercury)、総水銀(Total mercury)、水俣湾(Minamata Bay)、地域活動支援(Support for various regional activities)

[目的]

1. 水俣湾海水中的水銀モニタリングを行い、海水中に急激な水銀濃度変動等が起きていないかを監視する。
2. 水俣湾埋め立て地からの水銀溶出が起きていないかを監視する。
3. これまでの研究活動によって蓄積された多くの科学的な知見を社会へ還元することについて試みる。

[業務課題の概要]

1. 水俣湾水質モニタリング

2006 年度から継続している水俣湾の海水中水銀モニタリングを引き続き実施する。モニタリング頻度は、季節を変えながら年 3 回程度行う。同時に水俣湾埋め立て地・親水護岸においても海水中の水銀モニタリングを実施する。

[期待される成果]

1. 本課題を遂行することによって、水俣湾の水質状況が定期的に把握される。
2. 水俣湾埋め立て地内部に起きている状況が推定できる。

2. 水俣地域における各種活動支援

水俣高校との研究・教育コラボレーション活動を基

3. 水俣地域における活動を支援することにより、(国立水俣病総合研究センター(以下、国水研)の水俣における認知度を向上させることができる。また、課題活動を通じてこれまで当センターに蓄積してきた多くの知見や知識を様々な角度から地元に還元し、地域貢献を積極的に行うことが可能となる。

[年次計画概要]

• 2020 年度

水俣湾及び親水護岸の水質モニタリングを継続し、水俣湾を監視する。水俣高校、水俣漁協と協力し、水俣湾における効率的な牡蠣養殖方法について研究開発を行う。

• 2021 年度

2020 年度の牡蠣養殖に関する研究開発結果を評価し、改良点を見いだす。改良点を具体的に実験に反映させ、さらにもう 1 年研究開発を継続し、最終成果をまとめる。

• 2022 年度－2024 年度

水俣高校担当者と協議の上、継続課題を決定し遂行する等、適切な今後の活動方針について検討する。

[2020 年度の業務実施成果の概要]

(1) 水俣湾水質モニタリング

2020 年度は 3 回(2020 年 5 月、8 月、11 月)水俣湾水質モニタリングを行った。採水場所については従来どおり、水俣湾内は St. 1～St. 3 の 3 ヶ所、親水護岸は A～E の 5 地点とした(図-1)。また、水俣湾内の採水深度は St.1 及び 2 については 0 m、-6 m、-10 m、海底面上 1 m、St.3 については 0 m、-6 m、海底面上 1 m とし、海水 11 試料を毎回採水した。採水方法はこれまでと同様、予め深度センサーを取り付けたビニールホースを船上から海中に沈め、メーター直読で水中ポンプにより深度別に採水した。親水護岸においては、海底面より 10 cm 上方且つ親水護岸に用いられている鋼矢板側面のすぐ横において、ステンレス製採水器を用いて行った。

水俣湾内で採水した海水試料についての水銀分析項目は海水中的の溶存態メチル水銀濃度、溶存態総水銀濃度、SS 重量、SS 中総水銀濃度とした。海水

の物理化学特性は、pH、DO、海水温度、塩分濃度、クロロフィル a、濁度とした。親水護岸で採水した海水試料については、海水中的の溶存態総水銀濃度、海水試料 1L あたりに含まれる SS 中の総水銀濃度とした。

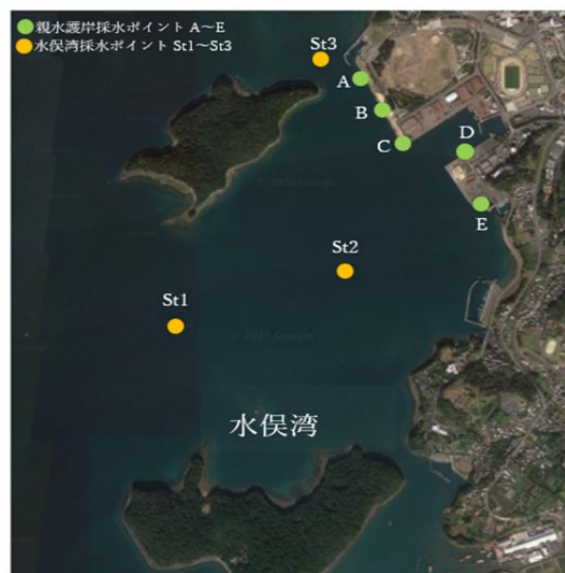


図-1 水俣湾・水質モニタリング採水地点

本年度の水俣湾内における溶存態総水銀濃度についての結果を図-2 に、溶存メチル水銀濃度についての結果を図-3 に示し、親水護岸における水質モニタリング結果を図-4 に示す。

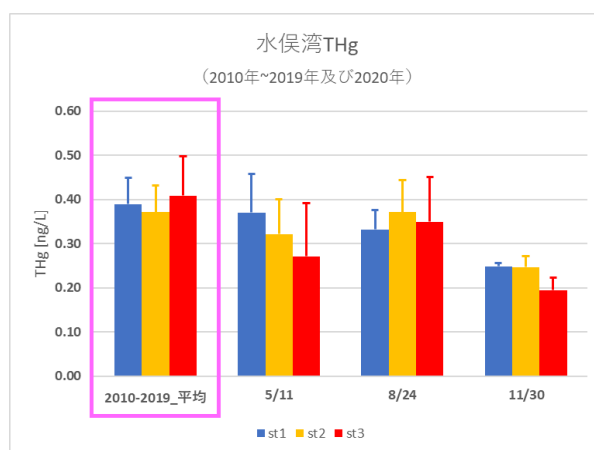
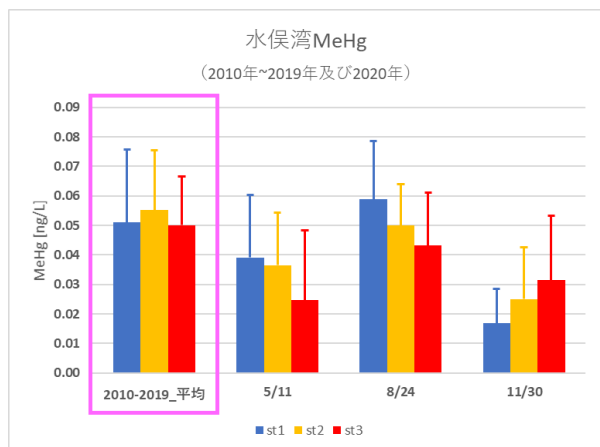


図-2 水俣湾・溶存態総水銀濃度分析結果

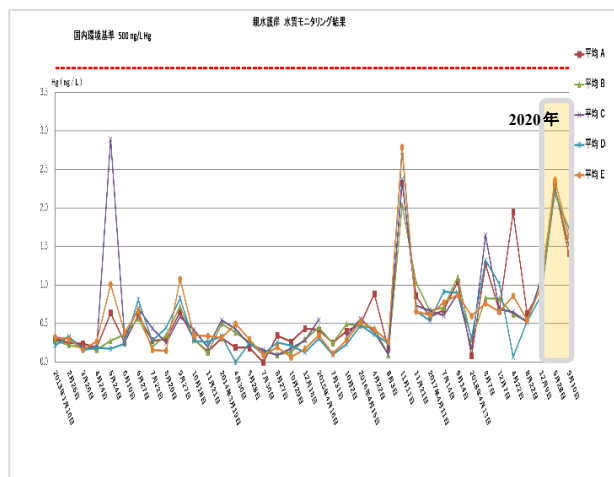
水俣湾内について 2020 年度は季節を変えて 3 回水質モニタリングを実施したが、図-2 の結果より溶存態総水銀濃度については、過去 10 年間(2010 年

度～2019 年度)の平均と比べ大きな変動はなく安定していた。2020 年度の溶存態総水銀濃度の全体平均値は $0.30 \pm 0.07 \text{ ng/L}$ であった。



図－3 水俣湾・溶存態メチル水銀濃度分析結果

更に、図－3 の結果より、溶存態メチル水銀濃度についても、過去 10 年間の平均と比べ大きな変動はなく安定していた。2020 年度の溶存態メチル水銀濃度の全体平均値は $0.04 \pm 0.02 \text{ ng/L}$ であった。



図－4 親水護岸・溶存態総水銀濃度分析結果

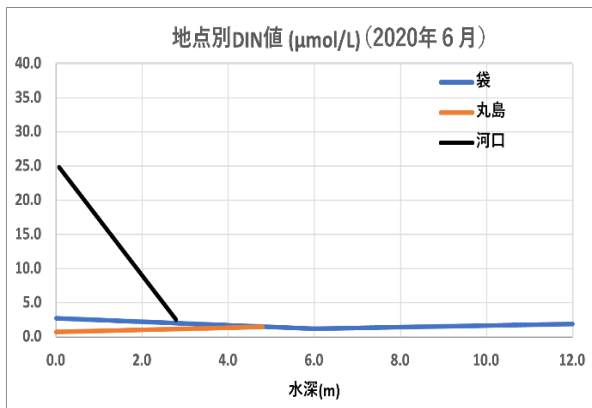
また、図－4 の結果より、親水護岸においては 5 年前と比べて多少の溶存態総水銀濃度の上昇が認められるが、環境基準値 (500 ng/L) に比べ濃度は低く大きな問題はない。今年度の溶存態総水銀濃度平均値は $1.83 \pm 0.15 \text{ ng/L}$ であった。

(2) 水俣地域における各種活動支援(副題 水俣湾における効率的な牡蠣養殖技術の開発)

本課題については、現在、水俣高校、水俣漁協、国水研との間で研究協力関係を結び、水俣湾における効率的な牡蠣養殖の開発について検討を行っている。本課題は 2016 年度より開始された水俣高校の SGH (スーパーグローバルハイスクール) 事業を国水研が支援してきたことを踏まえ、国水研が水俣漁協に協力を依頼し、現在継続実施されているものである。具体的には、現在、年々漁獲高が減少している水俣湾及びその周辺海域を対象に、その原因について海水中の栄養塩濃度の観点から先ず検討した。その結果、水俣湾海域の海水中栄養塩濃度 (DIN=硝酸態窒素+亜硝酸態窒素+アンモニア態窒素) は、海苔等の養殖基準となる 7 mol/L の半分以下と極めて低い状態で推移していることがわかった (年間を通じて $1 \sim 3 \mu\text{mol/L}$ 程度)。現在、水俣漁協では牡蠣の販売事業に力を入れている為、養殖を湾内で行っているが、毎年その生育が不安定で漁獲量も安定していない。そこで、どのようにすれば現状を改善できるのかについて課題を設定し、水俣高校、水俣漁協とともに検討している。過去の調査の結果、水俣川河口域の栄養塩濃度が他と比べかなり高いことが明らかとなっていることから、2020 年度は、水俣川河口域に牡蠣養殖用筏を設置し、他海域 (袋湾、丸島新港) にも同じ養殖筏を設置して、牡蠣生育の差異の検証を試みた。図－5 に牡蠣養殖筏の設置場所及び図－6 に 2020 年 6 月の設置場所別の水中栄養塩濃度を示す。



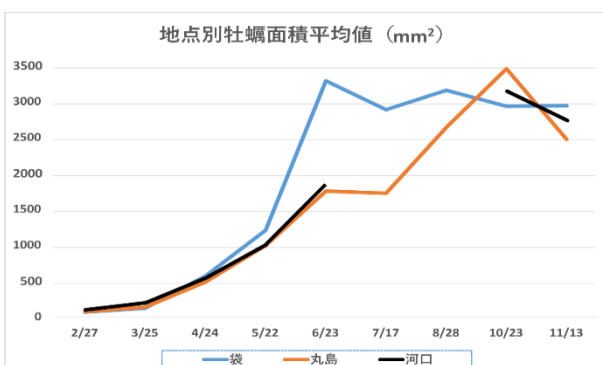
図－5 牡蠣養殖筏・位置図



図－6 牡蠣養殖筏・地点別 DIN 濃度

牡蠣養殖実験は、2020 年 2 月中旬に養殖実験用の種牡蠣の準備を数日間で行い、準備終了後に実験を開始した(写真－1)。生育の評価は、はたて貝殻に固着している牡蠣の写真を毎回撮影し、牡蠣平面積で評価した(写真－2)。河口域については 4 月頃までは順調に生育が推移したが、栄養塩濃度が高いためか種牡蠣を付着させているはたて貝殻にフジツボが密集していることが観察された(写真－3)。その結果、実験開始当初は発育が良好であった河口域実験区の牡蠣生育が急激に悪くなった。また 2020 年 7 月初旬の九州南部豪雨により水俣川の水量が大幅に増し、河口に設置した養殖筏が破壊され流亡した(写真－4、5)。そこで新たに頑丈な部材を多く利用した、沈下橋構造の牡蠣養殖筏を 8 月に設置し、実験を再開した(写真－6)。

しかし、河口域は 2020 年 8 月からの再始動であることもあり、3 実験区全体の実験データが不均質であるため総合評価を行うことはできていない(図－7)。



図－7 地点別、牡蠣平面積平均値



写真 1 水俣高校生による準備作業



写真－2 水俣高校生による牡蠣生育調査



写真－3 フジツボ密集状況



写真－4 河口牡蠣養殖筏・設置状況



写真－5 水害で破壊された河口牡蠣養殖筏



写真－6 沈下橋構造の牡蠣養殖筏・設置状況

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会等発表]

なし

[文献]

なし

■自然環境グループ(業務)

小・中学生を対象とした科学技術研究に関するアウトリーチ活動(CT-20-07)

Outreach activities related to science and technology research for elementary and junior high school students

[主任担当者]

丸本倍美(基礎研究部)
業務全般の実施
出前授業・質問に対する回答作成

[共同担当者]

丸本幸治(環境・保健研究部)
出前授業・質問に対する回答作成
吉野健児(環境・保健研究部)
多田雄哉(環境・保健研究部)
質問に対する回答作成
本多俊一(UNEP)
出前授業・質問に対する回答作成

[区分]

業務

[重点項目]

地域・福祉向上への貢献

[グループ]

自然環境

[業務期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

アウトリーチ (Outreach)、水俣病 (Minamata disease)、水銀(Mercury)、小中学生(Elementary and junior high school students)、科学(Science)

[業務課題の概要]

研究者や研究機関は、科学的知識や研究成果等を国民に周知することが求められている。国水研が位置する水俣市は水俣病が発生した町として国

内外に知られているが、小中学生の水銀そのものに対する知識は乏しい。そこで、水俣市内外の小中学校において水銀に関する出前授業を実施し、水銀に関する正しい知識を提供する。また、双方向性を重視するために、研究者からの一方的発信ではなく、出前授業後に質問箱を設置し、子供たちからの質問に答えることでフィードバックを可能とする。併せて、水銀に関する出前授業以外に依頼された事案についても積極的に対応することで地域に貢献する。

[背景]

研究者や研究機関は、科学的知識や研究成果等を国民に周知することが求められている。国水研が位置する水俣市は水俣病が発生した町として国内外に知られているが、小中学生の水銀そのものに対する知識は乏しい。

[目的]

水俣市内外の小中学校において水銀に関する出前授業を実施し、水銀に関する正しい知識を提供する。水銀に関する出前授業以外に依頼された事案についても積極的に対応することで地域に貢献する。

[期待される成果]

小中学生に対して、水銀に関する正しい知識や水銀以外の科学的知識を提供することができる。アウトリーチ活動を通じて地域に貢献することができる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度

水俣第二小学校における出前授業および質問箱の設置。

2. 2021 年度

水俣第二小学校およびそれ以外の水俣市内の小

学校における出前授業および質問箱の設置

3. 2022 年度

水俣市内外の小学校における出前授業および質問箱の設置

水俣第二中学校における出前授業および質問箱の設置

4. 2023 年度

水俣市内外の小学校における出前授業および質問箱の設置

水俣第二中学校および市内中学校における出前授業および質問箱の設置

5. 2024 年度

水俣市内外の小中学校における出前授業および質問箱の設置

[2020 年度の業務実施成果]

当初の予定では、水俣第二小学校における出前授業および質問箱の設置を予定していたが、それ以外の工業高等専門学校、高校などからの依頼もあったため、それらについて概要を報告する。

1. 松江工業高等専門学校(担当:丸本幸治)

気中水銀の地表への移動量や越境輸送の影響を把握することを目的として、松江工業高等専門学校(松江高専)と共同研究により降水中水銀を計測してきた。今年度は、降水中水銀を計測するためのサンプリングを高専生に実施してもらい、高専5年生の卒業論文とすることにした。今年度の結果のみならず、過去のデータや他地点におけるデータを提供し、それらと比較することで、高専生の卒業論文とすることができた。

また、本アウトリーチ活動については、2020 年 10 月 22 日の山陰中央新報に活動内容が掲載された。



図1 松江高専屋上に設置されたサンプリング装置

2. 水俣高校(担当:丸本倍美)

(1)出前授業(熊本県の依頼)

1 年生 120 名を対象とした水銀に関する授業を実施した。また、授業後は熊本県からの依頼により、熊本県への発表スライドの提供を行った。



図2 授業風景



図3 質疑応答中

(2)水俣高校 2 年生のポスター作成サポート(OECC の依頼)

2 年生の水銀をテーマとした KSH および SGH 関連のポスター発表原稿の作成補助を実施した。

3. 水俣第一小学校(担当:丸本倍美)

職業体験イベント「一小まつり」において研究者のお仕事体験という授業を 2 コマ実施した。授業内容は、獣医病理学を紹介し、標本の染色体験、染色した赤血球・白血球などの細胞を顕微鏡で観察を体験してもらった。また併せて、共同担当者である本多俊一氏の所属機関である UNEP の紹介も実施した。



図4 標本染色体験

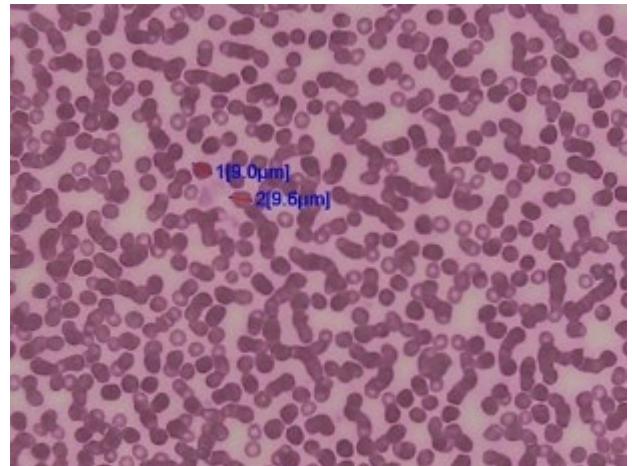


図5 生徒さんが染色した血液塗抹標本の顕微鏡写真

4. 水俣第二小学校(担当:丸本倍美)

本業務課題の開始直前の 2019 年度末に 6 年生に職業講話とメチル水銀の生物濃縮に関する授業を、5 年生に水銀は古代から使われてきたという内容の授業を実施した。2020 年度はそれらの授業に対するフィードバックとして、第二小学校の図書室に、水銀やその他、科学などに関する質問を投書できる質問箱を設置した。その結果、37 通の質問・リクエストをもらい、すべてに回答を作成し、作成した回答を図書室にて掲示させて頂いた。担当した回答数は表 1 に示した。質問の内容は、2019 年度末に実施した出前授業の内容を反映したものも多く、出前授業後に質問箱を設置し、生徒さんからの疑問に改めて答えることでより良い授業の理解へとつながると考えられた。

表 1 質問回答担当数

担当者	回答担当数
丸本倍美	20
丸本幸治	9
吉野健児	3
多田雄哉	4
本多俊一	1



図 6 質問用紙記入中(左)・質問用紙(右)



図 7 図書室の壁に掲示した回答の一部

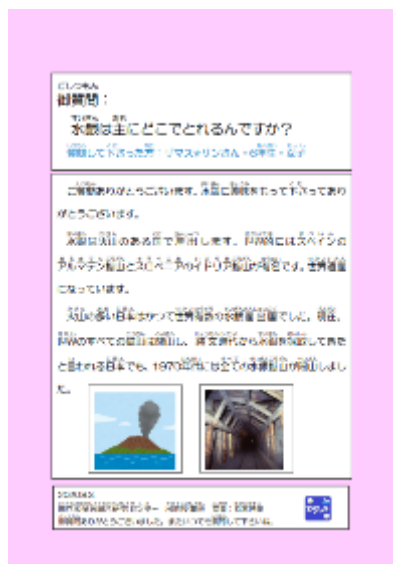


図 8 掲示した回答の例 1

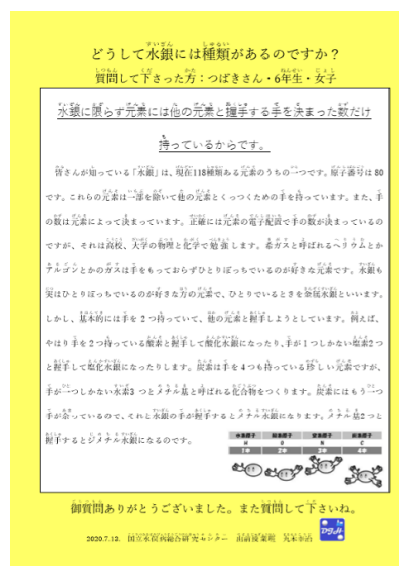


図 9 掲示した回答の例 2

5. 八代小学校(担当:丸本幸治)

「海洋調査船の世界」というテーマでオンライン授業(2コマ)の講師を務めた。小学校4年生の国語の教科書の単元「ウナギのなぞを追って」に登場する白鳳丸(海洋調査船)に乗船して調査航海に行った経験があるため、調査航海での体験や、乗組員である研究員たちは何をしているかなどを紹介した。また、フィードバックとして質問箱を設置したところ、33通の質問を頂いたので現在、回答を作成中である。

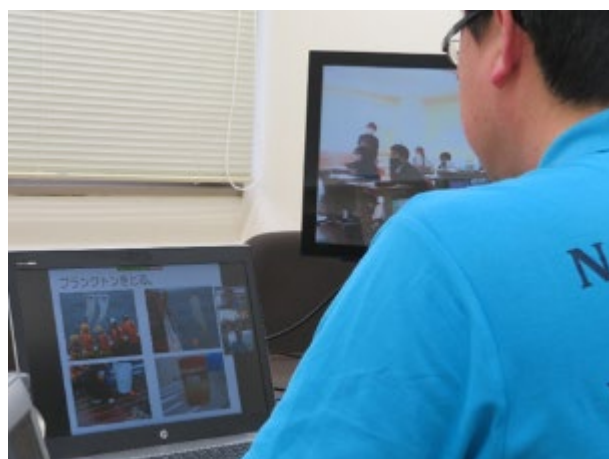


図 10 オンライン授業中



図 11 オンライン授業中の教室の様子



図 14 顕微鏡観察中



図 12 質疑応答中



図 15 全体発表会における発表

6. 水俣環境アカデミア(担当:丸本倍美)

水俣環境アカデミアが主催したジュニアサイエンスセミナーの講師を務めた。テーマは「リアルはたらく細胞を見てみよう」とし、血液塗抹標本作製および染色の体験、顕微鏡で血球の観察(赤血球、好中球、好酸球、単球、血小板、リンパ球)をして頂いた。体験後は全体発表会での発表スライドを作成して参加者に発表して頂いた。

[備考]

なし

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会発表]

なし



図 13 血液塗抹標本作製中

5. 国際貢献・情報グループ

International Contribution and Information Group

世界に類を見ない公害病の原点ともいえる水俣病の原因物質である水銀による環境汚染は、発展途上国等を中心に世界的な拡がりを見せている。このような背景の下に、水銀による人体及び環境へのリスク削減を目標として、2013 年 10 月に世界 140 ヶ国が水俣の地に集まり、国連環境計画 (UNEP) による「水銀に関する水俣条約」が全会一致で採択され、2017 年 8 月に発効した。当国際貢献・情報グループでは、上述の水俣条約を念頭に置き NIMD フォーラム等を通じ、国際交流による海外研究者との情報交換や研究に関する相互連携の推進を図る。更に、水銀問題に直面している発展途上国等が必要としているニーズを踏まえ、当センターが保有する知識や技術・経験を JICA(国際協力機構)等とも連携を図りながら積極的に発信する。また、本条約において、日本政府が今後の対応として国際社会に示した MOYAI イニシアティブの中に位置づけられた、簡便な水銀の計測技術開発をメチル水銀に焦点をあてて実施する。更に WHO とも協力し、水銀分析の精度管理に必要な標準物質を開発する事を目指している。以降、2020 年度の研究及び業務の成果概要について報告する。

[研究課題名と研究概要]

1. 水銀分析技術の簡易・効率化と標準物質の開発 (プロジェクト研究)

原口浩一(国際・総合研究部)

水銀に関する水俣条約 19 条に関連する水供給の安全監視のため、安価で安全な水銀分析技術を目指した分散型固相抽出法の開発に取り組んだ。共存が予想される不純物存在下での水銀回収率を評価したところ、海水と同濃度の塩類存在下では回収率がわずかに低下するが、WHO 飲料水ガイドラインあるいは日本水道水水質基準内の濃度であれば塩類及び重金属等の不純物の妨害がないことを確認した。さらに公共用水域・地下水調査の汚染水試料に分散型固相抽出法を適用したところ、良好な回収率を得ることができた。

水銀分析のための新たな尿の認証標準物質 (NIMD-02 及び 03) の開発・作製を行い、先行して開発した毛髪標準物質 (NIMD-01) に加え配布を始めた。尿標準物質候補 (低濃度と高濃度) の特性値決定にあたっては国内 8 機関、海外 8 機関の水銀分析ラボラトリと協働した。不確かさは協働した試験所間のばらつきと保管期間の濃度変動に加え、昨年度までに実施した試料間の均一性及び輸送中の濃度変動を合成して算出した。

以上の取り組みは、水銀に関する水俣条約の汚染状況の把握と健康リスク回避に加え、有効性評価に貢献できるものと考えられる。

[業務課題名と業務概要]

1. 世界における水銀汚染懸念地域の毛髪水銀調査 (業務)

藤村成剛(基礎研究部)

英文ホームページ広告によって当研究センターにおける毛髪水銀測定の実験を行った結果、バングラデシュ (icddr, b) 及びコスタリカ (TEC) の公立研究機関より毛髪水銀測定の問い合わせがあった。バングラデシュは、E-waste (電子ゴミ) 廃棄地域の住民毛髪測定であり、当初、400 名からの毛髪採取を予定していたが、新型コロナウイルス感染拡大の影響もあり、現在のところ 40 名の毛髪しか集まっていない。よって、毛髪採取期間を来年度まで延長して毛髪水銀測定を行う予定である。コスタリカは、金採掘地域の住民毛髪測定であるが、同じく新型コロナウイルス感染拡大の影響で毛髪採取のめどが立っていない。よって、本件については今後の展開は未定である。

2. 国際共同研究の推進 (業務)

松山明人(国際・総合研究部)

今年度は 2020 年 1 月中旬頃より始まった日本国内での新型コロナウイルスの感染拡大によって、当センターにおける本活動は大きな影響を受けた。結果として、中期計画の初年度にあたる今年度の本課題の活動は皆無となり、海外派遣および海外研究者の

受け入れによる研修活動等も一切行われることはなかった。その一方、パソコンを通じたオンライン・トレーニングプログラムが実施された。2020 年 12 月 2 日から 4 日にかけて、UNEP 主導による水銀条約関連として、Role of monitoring laboratory for national mercury management (国家による水銀管理のためのモニタリング研究施設の役割)が当南アジア等 12 各国の出身担当者からなる総勢 106 名を対象に実施された。当センターからは研究者 3 名が講師として出席した。1 名がキーノートスピーカーとして、水銀のヒトへの健康影響とその対策に関する講義を行い、2 名がそれぞれ、「大気中水銀のモニタリング方法とその活用事例」、現在当センターにおいて鋭意進められている「水銀分析用の標準物質の作成に関する進捗とその活用に関する説明」などについて、当センターのビデオ紹介も含め講義を行った。

3. NIMD フォーラム及びワークショップ (業務)

松山明人(国際・総合研究部)

2020 年 11 月 14 日に環境省・水俣病情報センターにて「公害都市の地域再生—市民・企業・行政のパートナーシップ」をテーマに掲げ、これまで実施されてきた、国内外の水銀研究に的を絞った研究者を主体として実施される NIMD フォーラムのスタイルとは異なり、研究者だけでなく、広く水俣の一般市民が関心を持って参加することができる NIMD フォーラムを、新しい試みとして開催する予定であった。しかし、2020 年 1 月中旬頃より始まった日本国内での新型コロナウイルスの感染拡大によって、当センターにおける本活動は大きな影響を受けた。結果、国内外の状況や水俣市のコロナ禍に関する対応に鑑み、NIMD フォーラムの開催を断念せざるをえなかった。

4. 水俣病情報センターにおける情報発信及び資料整備 (業務)

原田利恵(国際・総合研究部)

国立水俣病総合研究センターが協力している水俣高校スーパーグローバルハイスクール(SGH)の共同研究の成果展を 2 階オープンスペースにおいて開催した(4~7 月)。1 階小展示室においては、新たな企

画展を開催するための準備を始めた。その他、予定していた会議やフォーラム等は COVID-19 のため、延期や中止となった。

資料整備関係では、水俣病関係資料の目録整理と資料のデジタル化及び目録の公開等の作業を継続して進めた。

5. WHO 協力機関としての活動 (業務)

山元 恵(環境・保健研究部)

当センターは、1986 年 9 月に「水銀の健康影響に関する協力センター」として WHO 協力センター(World Health Organization Western Pacific Regional Office: WPRO; WHO 西太平洋地域事務局 Ref.# JPN-49)に指定され、水銀の健康影響に関する調査や研究活動を続けている。本研究センターの WHO 協力センターとしての主な役割として、・水銀汚染の可能性のある地域へ調査に入り、サンプル中の水銀を分析し、水銀への曝露や汚染の評価を行う、・刊行物等を通じて水銀の危険性と水銀がもたらすリスクに関する情報を発信する、・水銀に起因する環境問題を抱える国々の研究者や技術者を対象として水銀分析や曝露評価に関する研修を行う、・水銀に関連する公衆衛生上の問題が懸念される場所において、ヒト及び環境への水銀曝露を評価し、予防的・治療的措置と対応を行う等の活動が挙げられる。

今年度は、主に以下の業務を遂行した:①WHO 協力センターへの指定に関しては、直近四年間の活動を基に、WHO より更新に関する評価を受ける。今年度は次期四ヵ年(2021 年 1 月~2024 年 12 月)の再指定へ向けた更新書類の作成と手続きを行った。②2020 年 1 月~12 月の WHO 協力センターとしての活動に関する年次報告書を作成・提出した; ③公益社団法人日本 WHO 協会より依頼を受け、本研究センターの役割・活動に関して、機関紙「目で見える WHO」へ寄稿し、2021 年春号に掲載予定である。(2021 年 10 月中旬に website で公開予定);2020 年秋に予定されていたカンボジアでの WPRO の第 4 回地域部会(Regional Forum of WHO Collaborating Center in the Western Pacific)は、コロナウイルスの蔓延により中止となった。

■国際貢献・情報グループ(プロジェクト研究)

水銀分析技術の簡易・効率化と標準物質の開発(PJ-20-04)

Development of a simple method for the determination of mercury and reference materials

[主任研究者]

原口浩一(国際・総合研究部)
研究の総括、実験全般の実施

機器分析

渡辺朋亮(日本インスツルメンツ)

機器分析

吉永 淳(東洋大学)

標準物質生産に関する助言

[共同研究者]

松山明人(国際・総合研究部)
底質分析と底質標準物質開発
坂本峰至(所長特任補佐)
尿中水銀モニタリングと血液標準物質開発
山元 恵(環境保健研究部)
現地適用試験に関する助言
藤村成剛(基礎研究部)
技能試験に関する助言
富安卓滋(鹿児島大学)
形態別水銀分析

[区分]

プロジェクト研究

[重点項目]

メチル水銀の環境動態

[グループ]

国際貢献・情報

Steven Balogh (Metropolitan Council, US)

形態別水銀分析

[研究期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

Milena Horvat (Jožef Stefan Institute, Slovenija)

形態別水銀分析

[キーワード]

有効性評価(Effectiveness evaluation)、WHO ガイドライン(WHO guide line)、認証標準物質(certified reference materials)

Laurie Chan (University of Ottawa, Canada)

形態別水銀分析

Matthew Rand (University of Rochester School Medical Center, US)

形態別水銀分析

[研究課題の概要]

水銀に関する水俣条約の健康リスクの回避措置と有効性評価を遠隔地で実施するために、(1)グリーン・ケミストリーを指向した水銀分析法の開発、(2)尿中水銀モニタリング手法の開発と現地での適用研究、(3)有効性評価指標の分析精度管理を行う。

Ciprian M. Cirtiu (Institut National de Sante Publique du Quebec, Canada)

重金属分析

Kim Byoung-Gwon (Dong-A University, Korea)

血液分析

Hung Duong (Vietnam Academy of Science and Technology)

尿中水銀モニタリング

[背景]

水俣条約が発効され、金採掘で水銀を用いた金精錬過程におけるヒトへの金属水銀蒸気(Hg⁰)曝露評価の重要性が注目されている。小規模金採掘鉱では金の抽出に簡便で安価な方法である水銀アマルガム法が用いられ、水銀を取り扱う作業者は水銀-金

Vu Due Loi (Vietnam Academy of Science and Technology)

尿中水銀モニタリング

Nikolay R. Mashyanov (Lumex Instruments, Russia)

アマルガムの加熱による精錬過程で、呼吸器から直接 Hg^0 蒸気に曝露される。吸収された Hg^0 は脳に容易に取り込まれて、中枢神経が主要な標的器官になる。また一部はカタラーゼによって 2 価の水銀 (Hg^{2+}) に酸化され、腎臓に高い濃度で蓄積され、腎臓にも障害を与える¹⁾。尿中水銀濃度は吸入した Hg^0 蒸気量と高い相関を示すことが知られているため、 Hg^0 曝露量の有用なバイオマーカーであり、その結果を尿中水銀濃度のガイドラインと比較することによって、健康リスク回避の措置の実施に繋がられる。開発途上国では尿の常温保存・常温輸送中に細菌が繁殖し易く、細菌による Hg^{2+} の還元により、尿中の Hg^{2+} が Hg^0 となって失われてしまうという問題があり、 Hg^0 曝露調査実施地域は、添加剤や尿中バクテリアの増殖による試料中水銀の化学形態変化を避けるために、尿試料を冷凍や冷蔵状態で分析ラボに運べる国や地域に限られていた。また、汚染場所の特定や汚染状況把握のためのバイオモニタリングの化学分析には化学分析経験を持った要員と局所排気装置等の研究施設が必要であり、遠隔地での継続的なモニタリングは困難を伴う場合が多い。

[目的]

本研究では健康に基づく目標に適合した品質の水供給の安全監視のため(19条と関連)、グリーン・ケミストリーを指向した水銀分析法を確立する。また、金ナノ粒子を使って尿中の Hg^{2+} を捕集する条件、及び捕集された水銀の分析条件を確立することで、尿試料の冷凍あるいは短期間の冷蔵輸送が困難な遠隔地で行われる金採掘に伴う Hg^0 蒸気曝露監視を可能にする

更にヒト・バイオモニタリングの分析現場における精度管理試料として、冷凍輸送の確保が不要な尿及び血液の認証標準物質を開発する。

以上により、条約締約国が求められる水銀汚染状況の把握及び健康リスク回避の措置への技術協力を実現する。

[期待される成果]

人体のメチル水銀曝露量評価と飲料水中水銀の

WHO ガイドライン確認の分析簡易化によって、人の健康リスク評価が多くの地域で実施できるようになる。また分析値は分析手法に適用された標準溶液の濃度に基づいて決定されるので、ヒト・バイオモニタリングの精度保証と精度管理には本研究にて開発・頒布する標準物質が役立つ。製品開発にあたっては、当センターがこれまでに蓄積してきた知見・技術を活用し、標準物質生産技術を有する水銀分析測定施設としてより一層貢献する。

[年次計画概要]

2020 年度

- ・飲料水中水銀の簡易分析法の確立のため、共存が予想される不純物存在下での水銀分析の正確性を評価する。
- ・国外配布や遠隔地への持出しが容易な常温輸送が可能な尿認証標準物質を生産する。

2021 年度

- ・尿中水銀の常温保存、常温輸送のため、抽出時の最適条件を見つけ、保存温度と水銀保存が可能な期間について検討する。
- ・血液標準物質を開発するため、献血血液が提供され次第、年度内にボトル作製、均一性と短期安定性の不確かさを推定する。

2022 年度

- ・尿中水銀分析法による現地準備及びラボでの水銀分析予備調査
- ・血液標準物質の特性値決定と長期安定性の不確かさ推定を推定する

2023 年度

- ・尿中水銀分析法による現地調査を含む実現可能性評価
- ・血液標準物質の認証及び配布
- ・底質標準物質開発・技能試験

2024 年度

- ・尿中水銀分析法による現地調査を含む実現可能性

評価

・底質標準物質開発・技能試験

[2020 年度の研究実施成果]

飲料水中水銀の簡易分析法の堅牢性

金ナノ粒子²⁾による分散型固相抽出法の確立のため、共存が予想される不純物存在下での水銀回収率を評価したところ、海水と同濃度の塩類存在下では回収率がわずかに低下するが、WHO 飲料水ガイドラインあるいは日本水道水水質基準内であれば塩類及び重金属等の不純物の妨害がないことを確認した。さらに基準値超過の飲料不適水入手するため、地方自治体に公共用水の採水を依頼し、本簡易法を適用したところ、良好な回収率を得ることができた。

金属水銀曝露評価のための標準物質開発

金属水銀曝露評価のための認証標準物質 NIMD-02(低濃度)及び03(高濃度)を生産した。不確かさは、国内 8 機関、海外 8 機関のばらつきに加え、本年度実施した短期安定性・長期安定性、及び昨年度までに実施した均一性から推定した。認証書は RMinfo 及び COMAR に申請中であり、年度内の登録と配布が見込める。

[2021 年度の実施計画]

尿中水銀の常温保存、常温輸送のため、抽出時の最適条件を見つけ、保存温度と水銀保存が可能な期間について検討する。

水銀に関する水俣条約の有効性評価指標に提案されている臍帯血(全血)の標準物質を開発する。最適条件を検討中の凍結乾燥温度、 γ 滅菌強度、キレート剤の添加量が決まり、献血血液が提供され次第、常温輸送可能な血液標準物質候補を生産する。生産品は均一性と短期安定性の不確かさを推定する。

[備考]

本課題研究は環境省特別研究費「後発開発途上国等のための水銀分析技術の簡易と標準物質の開発」「2020-2022 年度 科学研究費補助金・基盤研究

(C)、課題番号 20K12204 (代表) 金ナノ粒子を利用した尿中水銀モニタリング手法の開発と応用研究」として研究費を得ている。

[研究期間の論文発表]

Haraguchi K, Sakamoto M, Matsuyama A, Yamamoto M, Dang T H, Nagasaka H, Uchida K, Ito Y, Kodamantani H, Horvat M, Chan H M, Rand M, Cirtiu C M, Kim B G, Nielsen F, Yamakawa A, Mashyanov N, Panichev N, Panova E, Watanabe T, Kaneko N, Yoshinaga J, Herwati R F, Suoth A E, Akagi H: Development of human hair reference material supporting the biomonitoring of methylmercury. Anal. Sci., 2020; 36: 561.

[研究期間の学会発表]

なし

[文献]

- 1) WHO (2007) Exposure to mercury : A major public health concern. Mercury Exposure and Health Impacts among Individuals in the Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM) Community.
- 2) Schlathauer M, Verena R, Rudolf S, Leopold K. 2017 A new method for quasi-reagent-free biomonitoring of mercury in human urine. Anal Chim Acta, 965: 63-71.

■国際貢献グループ（業務）

世界における水銀汚染懸念地域の毛髪水銀調査（CT-20-08）

Examination of hair mercury in areas at risk of mercury pollution from around the world

[主任担当者]

藤村 成剛（基礎研究部）

業務の総括、業務全般の実施

[共同担当者]

松山 明人（国際・総合研究部）

毛髪中メチル水銀測定の実施、汚染地域調査の実施

現地協力者

毛髪サンプル及び現地情報の収集・送付

（メチル水銀曝露）の把握には毛髪水銀濃度の測定が簡便かつ有効である。そこで、水銀汚染が疑われる住民の毛髪水銀濃度を測定し水銀汚染状況の把握を行う。なお、水銀鉱山での労働等によって引き起こされる水銀蒸気による人体への曝露状況に関しては、毛髪水銀よりも尿中水銀の測定が有用である。しかしながら、汚染地域からの尿サンプル送付は衛生面を考えると難しいことから、本課題については毛髪を用いた水銀曝露状況についての検討を行う。

[背景]

メチル水銀などの有害物質による健康リスクを早期に把握するためには「どれだけ有害物質が体内に取り込まれているか」という曝露状況を把握することが最も有効である。食物などから体内に取り込まれたメチル水銀は、尿などから排出されていくとともに、一定の割合で毛髪や爪に蓄積する。毛髪中に含まれる水銀量は比較的簡便に測定可能で、人体へのメチル水銀曝露量を把握する上で有効な方法である。なお、これまでの本業務による海外の毛髪水銀調査は、ベネズエラ、コロンビア、仏領ギアナ等（文献¹⁻³）における人体へのメチル水銀曝露量把握に役立ってきた。

[区分]

業務

[重点項目]

国際貢献

[グループ]

国際貢献・情報

[業務期間]

2020 年度－2024 年度（5 ヶ年）

[目的]

世界各地の水銀汚染が疑われる地域住民の毛髪水銀量を測定することによって、世界の水銀曝露状況を把握し、健康被害の未然防止に貢献する。

[キーワード]

毛髪水銀 (Hair mercury)、水銀汚染懸念地域 (areas concerning with mercury pollution)、世界における (Around the world)

[期待される成果]

期待される成果は、世界の水銀曝露状況把握による健康被害の未然防止への貢献である。

[業務課題の概要]

水銀曝露による人体への健康被害は、水銀汚染食物の摂取及び水銀鉱山での労働等によって引き起こされる。このような健康被害は先進国よりも発展途上国で起こりやすいが、発展途上国では水銀測定機器及び技術が十分ではないため、水銀汚染状況の把握が難しいのが現状である。

水銀汚染食物の摂取による人体への水銀曝露状況

[年次計画概要]

1. 2020 年度

世界の水銀汚染を把握するために、ホームページ、国際学会におけるパンフレットの配布等により国水研

における毛髪水銀測定の実施を積極的に行い、現地協力者からの協力を水銀汚染地域住民の毛髪を送付してもらう。世界の水銀汚染懸念地域の水銀量を測定し、現地からの情報（魚類摂取、水銀鉱山での労働実績及び水銀含有化粧品の使用状況）を参考に水銀汚染状況について考察を行う。

2. 2021 年度

引き続き世界の水銀汚染懸念地域の水銀量を測定し、水銀汚染状況について考察を行う。また、これまでの調査結果についてまとめる。

3. 2022 年度

引き続き世界の水銀汚染懸念地域の水銀量を測定し、水銀汚染状況について考察を行う。

4. 2023 年度

引き続き世界の水銀汚染懸念地域の水銀量を測定し、水銀汚染状況について考察を行う。

5. 2024 年度

引き続き世界の水銀汚染懸念地域の水銀量を測定し、水銀汚染状況について考察を行う。

[2020 年度の業務実施成果の概要]

英文ホームページ広告によって当研究センターにおける毛髪水銀測定の実施を行った結果、バングラデシュ及びコスタリカの研究機関 (icddr,b 及び TEC) より毛髪水銀測定についての問い合わせがあり、現地協力者による毛髪採取を開始した。バングラデシュは、E-waste (電子ゴミ) 投棄地域を有しており、E-waste から水銀流出による人体曝露が危惧されている。当初、400 名からの毛髪採取を予定していたが、新型コロナウイルス感染拡大の影響で、現在のところ 40 名の毛髪しか集まっていない。よって、毛髪採取期間を来年度まで延長して毛髪水銀測定を行う予定である。コスタリカは、不法金採掘地域を有しており、金採掘において使用する水銀流出による人体曝露が危惧されている。当地域についても水銀汚染地域住民からの毛髪採取を予定していたが、バングラデシュと同様に新型コロナウイルス感染拡大の影響で毛髪採取のめどが立っていない。よって、本件については今後の展開は未定である。

また、以前行ったブラジル・マトグロッソ州における人

体への水銀曝露状況の調査結果について、共同研究者として論文投稿を行った。

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会等発表]

なし

[文献]

- 1) Rojas M, Nakamura K, Seijas D, Squillante G, Pieters MA, Infante S. (2007) Mercury in hair as a biomarker of exposure in a coastal Venezuelan population. Invest. Clin., 48, 305-315.
- 2) Olivero-Verbel J, Johnson-Restrepo B, Baldiris-Avila R, Güette-Fernández J, Magallanes-Carreazo E, Vanegas-Ramírez L, Kunihiko N. (2008) Human and crab exposure to mercury in the Caribbean coastal shoreline of Colombia impact from an abandoned chlor-alkali plant. Environ. Int., 34, 476-48.
- 3) Fujimura M, Matsuyama A, Harvard JP, Bourdineaud JP, Nakamura K. (2012) Mercury contamination in humans in upper Maroni, French Guiana between 2004 and 2009. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 88, 135-139.

■国際貢献グループ(業務)

NIMD フォーラム及びワークショップ(CT-20-09)

NIMD Forum and International Workshop

[主任担当者]

松山明人(国際・総合研究部)

総括

[共同担当者]

国水研各研究グループ

研究・発表

国際・情報室職員

事務担当

[区分]

業務

[重点項目]

国際貢献

[グループ]

国際貢献・情報

[業務期間]

2020 年度－2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

NIMD フォーラム(NIMD Forum)、ワークショップ
(International Workshop)、水銀(Mercury)

[業務課題の概要]

NIMD フォーラムでは、国立水俣病総合研究センター(以下、国水研)の研究成果を発信すると共に国内外からの専門家を招へいし、最新の研究成果を収集する。また、国水研の若手研究者らの研究成果発信の場とすることを目的とする。

国際水銀会議スペシャルセッション:国際水銀会議(ICMGP)は、基本として2年に1回世界各国で開催される。国際水銀会議は世界中から約1000名の水銀研究者が一堂に集まるので、会議自体への貢献も

視野に入れたスペシャルセッションを NIMD フォーラムとして実施している。

[背景]

国水研は、1997 年以降、国内外の水銀研究専門家を招へいし、国水研の研究者と共に研究発表及び意見交換を行う国際フォーラムとして、NIMD フォーラムを開催している。

また、2003 年度までに過去 5 回、高濃度水銀汚染問題を抱える途上国においてワークショップを開催し、国水研の持つ研究成果や現地研究者との協力を行ってきた。その後、特に水銀分析技術や臨床診断技術等に対する途上国のニーズに対応するため、2009 年度から 2011 年度まで、NIMD フォーラム以外に海外にてワークショップも開催した。2012 年度からは、研究成果の発信・収集の分散や研究者への負担を回避するため、ワークショップについては、年1回の NIMD フォーラムに再度一本化した。現在は各研究グループが中心となって、担当年度の NIMD フォーラムを主催することとしている。中期計画 2020 においては、以下の各研究 5 グループが NIMD フォーラムを順番に担当する。

2020 年度 臨床・福祉・社会グループ

2021 年度 病態メカニズムグループ

2022 年度 自然環境グループ

2023 年度 国際貢献・情報グループ

2024 年度 リスク評価グループ

[目的]

・国水研の研究成果を発信すると共に国内外からの専門家を招へいし、研究のネットワークを広げ、最新の研究成果を収集する。また、国水研の若手研究者らの研究成果発信の場とする。

・国際水銀会議(ICMGP):スペシャルセッション

毎回 ICMGP は約 1000 名もの水銀研究者が世界各国より集まることから、会議自体への貢献も視野に入

れてスペシャルセッションの提案を行い、効率よく情報発信を行う。海外からのワークショップ等における共同開催の要請があった場合は個別に検討し、小規模ワークショップにも必要に応じて実施・対応する。

[期待される成果]

国水研の情報発信・収集の強化、世界の水銀研究者とのネットワーク形成、若手研究者の育成に繋がる。特に ICMGP には毎回、世界中から数多くの水銀研究者が一堂に会するため、水銀研究の普及と世界の研究者とのネットワーク形成が効率よく実施され大変有効である。また、スペシャルセッションの提案とブース参加で会議自体への貢献も可能となる。

[年次計画概要]

2020 年度 NIMD フォーラムの開催は延期。

2021 年度 2020 年度開催予定内容を実現する。

2022 年度 病態メカニズムグループ テーマ未定

2023 年度 自然環境グループ テーマ未定

2024 年度 国際貢献・情報グループ テーマ未定

※ リスク評価グループ担当の NIMD フォーラムは、次期中期計画の初年度へ移行する予定。

[2020 年度の業務実施成果の概要]

当初、本年度のNIMDフォーラムは2020年11月14日に環境省・水俣病情報センターにて「公害都市の地域再生—市民・企業・行政のパートナーシップ」をテーマに実行を予定した。本フォーラムは、これまで実施されてきた国内外の水銀研究に的を絞った研究者主体で実施されるNIMDフォーラムのスタイルとは異なる。即ち、研究者だけでなく広く水俣の一般市民が関心を持って参加することが可能な、これまでに比べより身近なNIMDフォーラムの実現を目指していた。しかしながら、2020年1月中旬頃より始まった日本国内での新型コロナウイルスの感染拡大によって、当センターにおける本活動は大きな影響を受けた。その結果、国内外の状況や水俣市のコロナ禍に関する対応に鑑み、NIMDフォーラムの開催を断念せざるを得なかった。その一方で、次年度(2021年度)開催に向けたウェブ会議が2020年10月末に米国から1名を招

聘し、開催された。

[2021年度の実施計画]

2020 年度の結果を受けて、2021年度は再度、同様のテーマを掲げ社会・臨床グループによる NIMD フォーラムを開催する。以下に開催予定内容の概要について述べる。

NIMD フォーラム 2021 (臨床・福祉・社会グループ)

日 程 : 令和 3 年 11 月 6 日

場 所 : 水俣病情報センター(予定)

テーマ: 公害都市の地域再生～市民・企業・行政のパートナーシップ～

〈基調講演〉

「水俣—公害と戦後日本におけるデモクラシー」

“MINAMATA: Pollution and the struggle for Democracy in Postwar Japan ” Timothy S. George: Professor of History at the University of Rhode Island
〈国水研からの報告〉

「水俣病患者の生活環境及び水俣湾の現状」

・水俣病患者の生活の質の向上の課題 中村政明

・胎児性水俣病患者の社会的環境 原田利恵

・水俣湾における漁業の再生の課題 松山明人

〈テーマ講演〉

「公害都市の再生—北九州市における企業との交渉の経験から」

篠原亮太氏: 熊本県環境センター館長

〈テーマ対談〉

「イタイイタイ病における企業と被害者の“緊張感ある信頼関係”」

洪江隆雄氏: 元三井金属鉱業株式会社執行役員

高木勲寛氏: 神通川流域カドミウム被害団体連絡協議会

〈パネルディスカッション〉

「水俣市の地域再生へ向けて」

上記のとおり 2020 年度に開催予定であった NIMD フォーラムが、2021 年度に開催される予定となった。したがって、NIMD フォーラムを主催する研究グループが 1 グループずつ開催年度が後ろへずれることとなった。その結果、2022 年度に病態メカニ

ズムグループが NIMD フォーラムを主催する。

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会等発表]

なし

[文献]

なし

■国際貢献グループ(業務)

国際共同研究事業の推進(CT-20-10)

Research cooperation in the international organization

[主任担当者]

松山明人(国際・総合研究部)
国際共同研究事業の総括・推進

[共同担当者]

国水研研究者
外国人研究者の招聘、国際会議への参加
国際・情報室職員
事務担当

[区分]

業務

[重点項目]

国際貢献

[グループ]

国際貢献・情報

[業務期間]

2020 年度～2024 年度(5 ヶ年)

[キーワード]

メチル水銀(Methylmercury)、共同研究(Cooperative Research)、国際会議(International Conference)

[業務課題の概要]

高濃度水銀汚染の懸念が示される国々の研究者を招へいし、当該国において水銀分析技術、モニタリング技術及び曝露評価方法の定着を図るための共同研究事業を実施する。

また、海外の学会や会議で積極的に研究成果や水銀問題について発表を行うことで情報発信や情報収集に努める。

[背景]

国立水俣病総合研究センター(以下、国水研)は、1986 年(昭和 61 年)に「有機水銀の環境影響に関する WHO 研究センター」に指定されている。そのほか、途上国を中心とした国際研究協力への要望に対応するため、1996 年に組織改編を行い、新たに国際・総合研究部を設け、「水俣病に関する国際的な調査及び研究」を業務の柱として追加した。

今日、国際的な水銀問題として、金採掘に伴う水銀による環境汚染に関する問題、大気中水銀の越境移動、かつての水銀を使った工場による周辺環境汚染及び胎児への低濃度水銀影響問題等がある。また、「水銀に関する水俣条約」が UNEP 主導により熊本市で採択され、我が国は条約の早期発効に向けた途上国支援と、水銀対策技術や環境再生の取組に関する水俣から世界への情報発信等を柱とする「MOYAI イニシアティブ」を表明した。

国水研としてもアジア太平洋地域における環境や人のモニタリングプロジェクトに、これまで培ってきた水銀分析技術の移転や水銀分析精度の客観的評価等への貢献を行い、水銀分析レファレンスラボとしての機能を果たすことを目指す。

[目的]

本業務の目的は UNEP 水銀プログラム等において、組織的に専門性を発揮し、国水研の研究成果や最新の情報を、水銀汚染問題を抱える途上国等に的確かつ効果的に発信する。

更に、それらの国々の研究者と水銀汚染に関する共同研究を実施することで、各国の抱える水銀汚染問題に適切に対処する。加えて、海外の学会や会議で積極的に研究成果や水銀問題について発表を行うことで情報発信・収集に努めることを目的とする。

[期待される成果]

水銀の研究機関として、各国研究者とのネットワーク

を構築し水銀研究の振興拠点となるとともに、水銀研究において国際貢献を果たすことが期待される。また、アジア太平洋地域における環境や人のモニタリングプロジェクトに、これまで培ってきた水銀分析技術の移転や水銀分析精度の客観的評価等への貢献を行い、水銀分析レファレンスラボとしての機能を果たす。

[年次計画概要]

2020 年度－2024 年度

海外の大学、各種研究所、UNEP、国際協力機構（JICA）等と協力し、国際的な研究・協力を推進する。更に、アジア・太平洋地域における水銀分析レファレンスラボとしての機能を果たす。

[2020 年度の業務実施成果の概要]

前中期計画 2015 の最終年度であった 2019 年度においては、アメリカ、ヨーロッパ、アジア等 7 か国へ職員の海外派遣 18 名、27 ヶ国から延べ 109 名の研修員を受け入れ、招聘もアメリカ、カナダ等から数件実施された。しかしながら、今年度においては 2020 年 1 月中旬頃より始まった日本国内での新型コロナウイルスの感染拡大によって、当センターにおける本活動は大きな影響を受けた。結果として、中期計画の初年度にあたる今年度の本課題に関する活動は大幅に変更され、海外派遣および海外研究者の受け入れによる研修活動等は行われることはなかった。その一方でパソコンを通じたウェブ開催によるオンライン・トレーニングプログラム（UNEP 主導、水俣条約関連）や 2022 年アフリカのケープタウンにて開催予定の水銀国際会議（ICMGP）・事前準備会議等への出席などが積極的に実施された。今年度実施された主要な活動の概要について以下に示す。

・2020 年 9 月 4 日

ICMGP（南アフリカ、ケープタウン、2022 年 9 月に開催予定）の開催にむけた事前準備会議出席（Web 会議での開催）。当センター研究者 1 名が Health 領域の準備委員として選出され、準備会議に出席した。Health 領域では、最新の研究成果についてセッションを開催するとともに水銀条約の評価についても議論し

た。また以下の 3 項目について国水研から実施したい旨の提案を行った。

1. Prevention of methylmercury toxicity -Approach from fundamental research（メチル水銀毒性に関する防御に向けた基礎研究からのアプローチ）
2. Special talk from Minamata disease patients（水俣病患者の皆さんからの講話）
3. Hair mercury analyses（毛髪中、総水銀濃度に関する分析値の提供（現地ブース活動））

・2020 年 9 月 8 日

"The 9th Annual Asia Pacific Mercury Monitoring Network Partners Meeting"(第 9 回アジア太平洋地域における水銀モニタリングネットワーク会議年会)に当センターより研究者 1 名が出席し、健康評価のための人の毛髪サンプリングと水銀分析及び本ネットワーク活動におけるモニタリングパートナーに関する更新結果について発表した。

・2020 年 11 月 18 日～20 日

世界の水銀による環境汚染について、筑波大学学生（海外留学生を含む）を対象に当センターより 1 名が、水俣・相思社からの依頼を受けて講演した。

・2020 年 12 月 2 日～4 日

UNEP 主導による水銀条約関連として、Role of monitoring laboratory for national mercury management（国家による水銀管理のためのモニタリング研究施設の役割）が東南アジア等 12 カ国の担当者からなる総勢 136 名を対象に実施された。当センターからは研究者 3 名が講師として出席した。1 名が キーノートスピーカーとして、水銀のヒトへの健康影響とその対策に関する講義を行い、2 名がそれぞれ、大気中水銀のモニタリング方法とその活用事例、現在当センターにおいて鋭意進められている水銀分析用の標準物質の作成に関する進捗とその活用に関する説明などについて、当センターのビデオ紹介も含め講義を行った。

[2021 年度の実施計画]

現在、世界的な流行を見せている新型コロナウィル

スの感染拡大状況を常に確認しながら、本課題活動を適宜、確実に進展させる。現在、所内の研究課題においては、ベトナムやニカラグア等を対象に水銀汚染を題材として国際共同研究が進められようとしているが、今のところ、いつ頃から本格化できるのか見通しはたっていない。しかしながら、研究に必要な予算措置や予算要求についてはこれまでと同様に継続し行う。また所内で既に採択されている科研費課題において、海外での活動が必須となっているものがあるが、新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえながら、必要に応じて、適宜研究期間の延長なども視野に入れ、日本学術振興会等の各種情報を確認しながら活動を進める。また所内のパソコン環境を整え、ウェブによる研修や報告会を活発に問題なく行えるように整備し、海外の大学、研究所、UNEP 等国际機関及び JICA 等と協力し、これまでと同様に国際研究・協力を推進する。

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会等発表]

なし

[文献]

なし

■国際貢献・情報グループ(業務)

水俣病情報センターにおける情報発信及び資料整備(CT-20-11)

Transmission of information on Minamata Disease, and organization of documents
and materials in Minamata Disease Archives

[主任担当者]

原田利恵(国際・総合研究部)
情報収集及び資料の学術的分析

[共同担当者]

田中雅国(総務課)
情報センター統括
槌屋岳洋(国際・総合研究部)
資料整備・展示室等の運用
水俣病情報センター関係職員
資料整備・展示室等管理に係る作業
村口森恵(水俣病資料館)
業務への助言
香室結美(熊本大学文書館)
業務への助言
楠本智朗(つなぎ美術館)
業務への助言

[区分]

業務

[重点項目]

国際貢献
地域・福祉向上への貢献

[グループ]

国際貢献・情報

[業務期間]

2020年度－2024年度(5ヶ年)

[キーワード]

水俣病(Minamata disease)、水銀(mercury)、
情報発信(transmission of information)

[業務課題の概要]

水俣病及び水銀に関する資料整備等を推進し、
一般の利用に供するとともに、展示室や講堂等を活
用した情報発信を行う。

[背景]

水俣病情報センターは、水俣病及び水銀に関する
資料整備等を推進し、これらの情報を広く一般に提
供すること等を目的として、2001年6月に開館した。

収集した水俣病関連資料の管理に関しては、行政
機関の保有する情報の公開に関する法律等の定め
により、学術・歴史的資料等を保存・管理する国の施
設として、2010年4月に総務大臣の指定を受けた。

そして、2011年3月には、公文書等の管理に関す
る法律の施行に伴い、内閣総理大臣が指定する歴史
資料等保有施設(同法施行令3条1項)となり、一般
利用の原則、目録の公開などの義務を有することと
なった。

また、2013年10月に採択され、2017年8月に発
効した水銀に関する水俣条約における情報交換(17
条)、公衆のための情報、啓発及び教育(18条)に資
する活動を行うことが求められる。

[目的]

水俣病情報センターの機能充実及び効果的な運
用を通じて、水俣病及び水銀に関する情報の発信を
国内外へ行う。

[期待される成果]

水俣病及び水銀についての一層の理解の促進に
貢献すること

水俣病及び水銀に関する研究の支援と推進に貢
献すること

隣接する施設との連携・協力を一層強化し、効果

的な環境学習の場を提供すること

[年次計画概要]

1. 2020 年度

- (1) 歴史資料等保有施設として、適正かつ有効な運用を行う。
- (2) 展示内容を適宜更新し、魅力的な空間・展示スペースづくりを行う。
- (3) 隣接する水俣市立水俣病資料館及び熊本県環境センター等他機関との連携により講堂の効果的な運用を図る。
- (4) 3 館連携による取り組みや、近隣の教育・文化施設等との企画協力等を進める。
- (5) 収集した資料の目録整備と公開に向けた取り組みを進める。
- (6) 全国レベル及び国際的な情報発信に努める。
- (7) Web サイトの充実を図る。
- (8) 水俣病に関する視察や研修、調査等を希望する研究者や学生への協力を行う。

2. 2021 年度

- (1) 歴史資料等保有施設として、適正かつ有効な運用を行う。
- (2) 展示内容を適宜更新し、魅力的な空間・展示スペースづくりを行う。
- (3) 隣接する水俣市立水俣病資料館及び熊本県環境センター等他機関との連携により講堂の効果的な運用を図る。
- (4) 3 館連携による取り組みや、近隣の教育・文化施設等との企画協力等を進める。
- (5) 収集した資料の目録整備と公開に向けた取り組みを進める。
- (6) 全国レベル及び国際的な情報発信に努める。
- (7) Web サイトの充実を図る。
- (8) 水俣病に関する視察や研修、調査等を希望する研究者や学生への協力を行う。

3. 2022 年度

- (1) 歴史資料等保有施設として、適正かつ有効な運用を行う。

- (2) 展示内容を適宜更新し、魅力的な空間・展示スペースづくりを行う。
- (3) 隣接する水俣市立水俣病資料館及び熊本県環境センター等他機関との連携により講堂の効果的な運用を図る。
- (4) 3 館連携による取り組みや、近隣の教育・文化施設等との企画協力等を進める。
- (5) 収集した資料の目録整備と公開に向けた取り組みを進める。
- (6) 全国レベル及び国際的な情報発信に努める。
- (7) Web サイトの充実を図る。
- (8) 水俣病に関する視察や研修、調査等を希望する研究者や学生への協力を行う。

4. 2023 年度

- (1) 歴史資料等保有施設として、適正かつ有効な運用を行う。
- (2) 展示内容を適宜更新し、魅力的な空間・展示スペースづくりを行う。
- (3) 隣接する水俣市立水俣病資料館及び熊本県環境センター等他機関との連携により講堂の効果的な運用を図る。
- (4) 3 館連携による取り組みや、近隣の教育・文化施設等との企画協力等を進める。
- (5) 収集した資料の目録整備と公開に向けた取り組みを進める。
- (6) 全国レベル及び国際的な情報発信に努める。
- (7) Web サイトの充実を図る。
- (8) 水俣病に関する視察や研修、調査等を希望する研究者や学生への協力を行う。

5. 2024 年度

- (1) 歴史資料等保有施設として、適正かつ有効な運用を行う。
- (2) 展示内容を適宜更新し、魅力的な空間・展示スペースづくりを行う。
- (3) 隣接する水俣市立水俣病資料館及び熊本県環境センター等他機関との連携により講堂の効果的な運用を図る。
- (4) 3 館連携による取り組みや、近隣の教育・文化施設等との企画協力等を進める。

設等との企画協力等を進める。

- (5) 収集した資料の目録整備と公開に向けた取組みを進める。
- (6) 全国レベル及び国際的な情報発信に努める。
- (7) Web サイトの充実を図る。
- (8) 水俣病に関する視察や研修、調査等を希望する研究者や学生への協力を行う。

[2020 年度の業務実施成果]

新型コロナウイルス感染防止のため、水俣病情報センターは、2020 年 4 月 1 日～5 月 11 日、8 月 6 日～9 月 4 日、12 月 12 日～2021 年 3 月 31 日の期間において臨時休館とした。開館期間中においては、来館者に入館時の検温、手指消毒、マスク着用を依頼し、同時入館者数の制限、一部展示や休憩用椅子の使用制限、講堂利用者の人数制限などの感染予防対策を講じた上で施設の運用を行った。

各項目についての実施状況は次の通りである。

1. 展示

オープンスペースに季節感を出したディスプレイのコーナーを設けるなど、魅力的な空間・展示スペースづくりを行った。

1 階小展示室における新しい企画展のテーマを決定した。

国水研が協力している水俣高校スーパーグローバルハイスクール(SGH)の共同研究の成果展を 2 階オープンスペースにおいて開催した(4～7 月)。

2. 講堂利用

水俣病情報センターの開館については、水俣市における公共施設の開設状況及び利用条件等に準じて行った。今年度は新型コロナウイルスの影響により、利用数が激減した(表 1)。

2020 年 12 月 11 日に水俣病情報センター講堂において新型コロナウイルスの対策を行いながら、「脳磁計(MEG)と MRI を用いた水俣病の臨床研究に係る報告会」を開催した。

表 1 水俣病情報センター来館者及び利用件数 (令和 3 年 3 月末日現在)

項目	分類	令和 2 年度		平成 13 年度からの累計	
学年別来館者	一般	2,208	(82.5%)	261,230	(35.5%)
	高校生	10	(0.4%)	38,158	(5.2%)
	中学生	16	(0.6%)	121,431	(16.5%)
	小学生	368	(13.7%)	305,461	(41.5%)
	幼児	76	(2.8%)	3,428	(0.5%)
	不明	0	(0.0%)	5,607	(0.8%)
	計	2,678	(100%)	735,315	(100%)
地域別来館者	熊本県内	1,454	(54.30%)	470,446	(64.0%)
	熊本県外	1,223	(45.66%)	247,330	(33.6%)
	国外	0	(0.00%)	12,124	(1.7%)
	不明	1	(0.04%)	5,415	(0.7%)
	計	2,678	(100%)	735,315	(100%)
講堂使用件数	国水研	1	(50.0%)	171	(6.8%)
	市立資料館	0	(0.0%)	1,582	(63.1%)
	県環境センター	0	(0.0%)	660	(26.3%)
	その他	1	(50.0%)	95	(3.8%)
	計	2	(100%)	2,508	(100%)
資料室	第一資料室利用者	0		145	

その他、予定していた会議やフォーラムは、多くが延期や中止となった。

3.3 館連携・近隣の文化施設等との協力

NIMD フォーラム等の企画に水俣病資料館や熊本県環境センター、水俣環境アカデミアなどから協力を得るなど、これまで以上に 3 館連携や他団体との協力関係を構築することができた。

水俣高校との共同企画を実施した。

4. 全国レベルでの情報発信

例年、公害資料館連携フォーラムでの分科会の企画やコーディネートに取り組んできたが、今年度は内容の一部に関してのみ Web で開催されたので、情報センターがプレゼンスを発揮する場が限られた。

5. 国際的情報発信

新型コロナウイルスのため、国際会議やフォーラムが延期や中止となるなか、取組みが限られた。

6. 視察や調査等への協力

例年受け入れている視察等が中止となったが、一部オンラインによる講義を行った。

7. 資料整備

水俣病関係資料の目録整理と資料のデジタル化及び目録の公開等の作業を継続して進めた(表 2)。

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会発表]

なし

表 2 水俣病関連資料整備状況（令和 3 年 3 月末日現在）

分類	公開資料		整備資料総数
	目録件数	デジタルファイル	件数
国立水俣病総合研究センター	261	4,172	14,568
水俣病被害者の会全国連	0	0	15,505
水俣病研究会	5,082	29,826	17,205
新潟県立環境と人間のふれあい館	4,016	75,578	4,996
水俣病関西訴訟資料調査研究会	3,029	40,845	3,194
相思社	1,410	11,037	91,700
合計	13,798	161,458	147,168

■国際貢献・情報グループ(業務)

WHO 協力機関としての活動(CT-20-12)

Activities as a WHO Collaborating Center

[主任担当者]

山元 恵(環境・保健研究部)
業務の総括

[共同担当者]

坂本峰至(所長特任補佐)
原口浩一(国際・総合研究部)
松山明人(国際・総合研究部)
国水研職員

[区分]

業務

[重点項目]

国際貢献

[グループ]

国際貢献・情報

[業務期間]

2020 年度－2024 年度 (5 ヶ年)

[キーワード]

世界保健機構 (World Health Organization : WHO)、
WHO 西太平洋地域事務局 (Western Pacific
Regional Office: WPRO)、WHO 協力機関(WHO
Collaborating Center : WHO CC)

[業務課題の概要]

水銀への曝露に伴う健康影響の未然の防止を目的として、WHOと協力し、水銀の曝露・リスク評価、水銀分析や調査手法の技術移転、水銀に関する情報発信を行う。

[背景]

1. 水俣病を経験した日本は、水銀の健康影響に関

する問題の解決において世界の先導的な役割を担うことが期待されている。一方、多くの開発途上国において、水銀曝露に関する適切な評価と対応が行われているとは言い難く、地球規模の水銀汚染問題の解決には開発途上国の水銀対策を強化する必要がある。当センターは世界で唯一の水銀に特化した調査研究機関であり、世界中で発生している水銀関連の諸問題に際して協力を求められる。

2. WHO 関係機関からの要請に基づく健康影響及び環境汚染調査:(1) キルギスタン(鉱山):WHO 及び UNHCR:国連難民高等弁務官事務所より依頼。調査期間:1997-1998 年、(2) カンボジア(海外からの廃棄物):WPRO より依頼。調査期間:1998-2003 年、(3) インドネシア(金採掘):WPRO より依頼。調査期間:2004 年、(4) モンゴル(金採掘):WPRO より依頼。調査期間:2008-2012 年。

3. WHO レポートへの協力:(1) Children's Exposure to Mercury Compounds¹⁾、(2) Assessment of prenatal exposure to mercury: human biomonitoring survey: the first survey protocol: A tool for developing national protocols²⁾。

4. 2019 年 8 月、ベトナム・ハノイにおいて発生した蛍光灯製造工場の火災に伴う周辺地域住民の金属水銀蒸気への曝露評価と環境汚染に関する調査要請に基づき、初期対応と今後の対策に関する協力を行った。

[目的]

WHO と協力し、水銀への曝露に伴う健康影響の未然の防止を目的とする。

[方法]

1. 水銀による健康被害が危惧される地域において、地域の研究機関と協力し、ヒトの曝露評価や環境の汚染調査を行うことで、問題の解決をサポートする。

2. 水銀に起因する環境問題を抱える国々の研究者や技術者を招聘し、水銀分析の研修を行う。
3. 水銀分析のための毛髪、尿、血液等の認証標準物質を作成して配布することで、開発途上国における水銀バイオモニタリングの精度保証向上に貢献する。
4. 関係機関とともに「水銀の健康影響とその予防」に関する会議を開催し、水銀の危険性と水銀がもたらすリスクの評価に関する情報を発信する。

[期待される成果]

1. 水銀への曝露に伴う健康影響の未然の防止や事故を含む緊急時における対応が可能になる。
2. 水銀分析に関する研修及び講習会により、水銀に関する正しい知識の提供と適切な分析技術を移転することにより、水銀の危険性とリスク評価に関する意識の向上が期待される。認証標準物質はバイオモニタリングの精度保証・管理に役立つ。
3. 「水銀の健康影響とその予防」に関する会議の開催を通じた水銀の健康影響、リスク評価等に関する知識の普及につながる。

[年次計画概要]

1. 2020 年度
(1) WHO CC annual report:2020 年 1 月～12 月の活動に関する年次報告書の作成・手続きを行う。
(2) WHO CC 指定更新:次期四ヶ年(2021 年 1 月～2024 年 12 月)の再指定へ向けた更新書類の作成・手続きを行う。
2. 2021 年度
WHO CC annual report:2021 年 1 月～12 月の活動に関する年次報告書の作成・手続きを行う。
3. 2022 年度
WHO CC annual report:2022 年 1 月～12 月の活動に関する年次報告書の作成・手続きを行う。
4. 2023 年度
WHO CC annual report:2023 年 1 月～12 月の活

動に関する年次報告書の作成・手続きを行う。

5. 2024 年度

- (1) WHO CC annual report:2024 年 1 月～12 月の活動に関する年次報告書の作成・手続きを行う。
- (2) WHO CC 指定更新:次期四ヶ年(2025 年 1 月～2028 年 12 月)の再指定へ向けた更新書類の作成・手続きを行う。

[2020年度の業務実施成果の概要]

- 1.WHO CC annual report:2020 年 1 月～12 月の活動に関する年次報告書の作成・手続きを行った。
- 2.WHO CC 指定更新: 次期四ヶ年(2021 年 1 月～2024 年 12 月)の再指定へ向けた更新書類の作成・手続きを行い、再指定が承認された。
- 3.公益社団法人日本 WHO 協会の機関紙「目で見える WHO」へ、本研究センターの役割・活動を寄稿し、2021 年春号に掲載された。(2021 年 10 月中旬に website で公開予定。)

[備考]

なし

[業務期間の論文発表]

なし

[業務期間の学会発表]

なし

[文献]

- 1) World Health Organization (2010) Children's Exposure to Mercury Compounds.
- 2) World Health Organization (2018) Assessment of prenatal exposure to mercury: human biomonitoring survey: the first survey protocol: A tool for developing national protocols.

7. 令和2年度 報告・発表一覧(他機関による共同研究発表を含む)

[論文・書籍 (英文)]

Fujimura M, Usuki F: Pregnant rats exposed to low level methylmercury exhibit cerebellar synaptic and neuritic remodeling during the perinatal period. Arch. Toxicol., 2020; 94: 1335-1347.

Fujimura M, Usuki F, Unoki T: Decreased plasma thiol antioxidant capacity precedes neurological signs in a rat methylmercury intoxication model. Food. Chem. Toxicol., 2020; 146: 111810.

Fujimura M*: Usuki F*: Methylmercury-mediated oxidative stress and activation of the cellular protective system. Antioxidants (Basel), 2020; 9: 1004. *Co-first author.

Sakamoto M, Kakita A, Sakai K, Kameo S, Yamamoto M, Nakamura M: Methylmercury exposure during the vulnerable window of the cerebrum in postnatal developing rats. Environ. Res., 2020; 188: 109776.

Haraguchi K, Sakamoto M, Matsuyama A, Yamamoto M, Hung DT, Nagasaka H, Uchida K, Ito Y, Kodamatani H, Horvat M, Chan HM, Rand M, Cirtiu CM, Kim BG, Nielsen F, Yamakawa A, Mashyanov N, Panichev N, Panova E, Watanabe T, Kaneko N, Yoshinaga J, Herwati RF, Suoth AE, Akagi H: Development of Human Hair Reference Material Supporting the Biomonitoring of Methylmercury. Anal. Sci., 2020; 36: 561-567.

Marumoto M, Sakamoto M, Marumoto K, Tsuruta S, Komohara Y: Mercury and Selenium Localization in the Cerebrum, Cerebellum, Liver, and Kidney of a Minamata Disease Case. Acta Histochem. Cytochem., 2020; 53: 147-155.

Yamamoto M, Yanagisawa R, Sakai A, Mogi M, Shuto S, Shudo M, Kashiwagi H, Kudo M, Nakamura M, Sakamoto M: Toxicokinetics of methylmercury in diabetic KK-Ay mice and C57BL/6 mice. J. Appl. Toxicol., 2021; 41: 928-940.

Yoshino K, Mori K, Kanaya G, Kojima S, Henmi Y, Matsuyama A, Yamamoto M: Food sources are more important than biomagnification on mercury bioaccumulation in marine fishes. Environ. Pollut., 2020; 262: 113982.

Marumoto K, Noda K, Pereira JPG, DE Oliveira Lima M, DE Jesus IM, Marumoto M, Akagi H: Application of the Quartz Crystal Microbalance Method for Measuring Mercury in the Air of Working Environments Involved to Artisanal and Small-scale Gold Mining (ASGM). Anal. Sci., 2020; 36: 1515-1519.

Irei S: Development of fast sampling and high recovery extraction method for stable isotope measurement of gaseous mercury. Appl. Sci 2020; 10; 6691.

Irei S: Oxidation of gaseous elemental mercury in acidified water: Evaluation of a possible sinking pathway of atmospheric gaseous mercury in acid cloud, fog, and rain droplets. Appl. Sci., 2021; 11; 1196.

Tada Y, Marumoto K, Takeuchi A: Nitrospina-like bacteria are potential mercury methylators in the mesopelagic zone in the East China Sea. Front. Microbiol., 2020; 11: 1369.

Tatsuta N, Nakai K, Kasanuma Y, Iwai-Shimada M, Sakamoto M, Murata K, Satoh H. Prenatal and postnatal lead exposures and intellectual development among 12-year-old Japanese children. Environ. Res., 2020; 189: 109844.

O'Donoghue JL, Watson GE, Brewer R, Zareba G, Eto K, Takahashi H, Marumoto M, Love T, Harrington D, Myers GJ: Neuropathology associated with exposure to different concentrations and species of mercury: A review of autopsy cases and the literature. *Neurotoxicology*, 2020; 78: 88-98.

Salm EJ, Dunn PJ, Shan L, Yamasaki M, Malewicz NM, Miyazaki T, Park J, Sumioka A, Hamer RRL, He WW, Morimoto-Tomita M, LaMotte RH, Tomita S: TMEM163 Regulates ATP-Gated P2X Receptor and Behavior. *Cell Rep.*, 2020; 31: 107704.

Akiyama M, Unoki T, Kumagai Y: Combined exposure to environmental electrophiles enhances cytotoxicity and consumption of persulfide. *Fundam. Toxicol. Sci.*, 2020; 7: 161-166.

Akiyama M, Unoki T, Yoshida E, Ding Y, Yamakawa H, Shinkai Y, Ishii I, Kumagai Y: Repression of mercury accumulation and adverse effects of methylmercury exposure is mediated by cystathionine γ -lyase to produce reactive sulfur species in mouse brain. *Toxicol. Lett.*, 2020; 330: 128-133.

Muniroh M, Gumay AR, Indraswari DA, Bahtiar Y, Hardian H, Bakri S, Maharani N, Karlowee V, Koriyama C, Yamamoto M: Activation of MIP-2 and MCP-5 expression in methylmercury-exposed mice and their suppression by N-Acetyl-L-Cysteine. *Neurotox. Res.*, 2020; 37: 827-834.

Noda K, Aizawa H, Marumoto K: Basic detection characteristics of quartz crystal microbalance-based method of determination of mercury. *Sen. Mate.*, 2020; 32: 2159-2166.

[論文・書籍 (和文)]

坂本峰至, 柿田明美, 中村政明: 「メチル水銀」脳の発生とその異常 - D. 外的要因による異常. *CLINICAL NEUROSCIENCE* 2020; 38: 1594-1597.

山元恵, 丸本幸治: 地域発の分析化学「水俣発の水銀分析法」 *ぶんせき*, 2021; 1: 21-22.

伊禮聡: 水俣条約の有効性を評価する環境試料の水銀測定. *化学と教育. 日本化学会誌*, 2020; 67: 218-219.

坂田直彦, 吉野健児, 古賀庸憲: イシガニとタイワンガザミによるテナガツノヤドカリの捕食数: 季節, 捕食者サイズ, 貝殻のタイプとサイズの影響. *日本ベントス学会誌*, 2020; 75: 35-42.

野田和俊, 児玉谷仁, 富安卓滋, 丸本幸治, 駒井武, 愛澤秀信: 還元気化法を利用した水晶振動子による液相中の水銀測定. *電気学会論文誌 E (センサ・マイクロマシン部門誌)*, 2021; 141: 50-54.

[国際学会等発表]

Irei S: A novel method for stable isotope measurement of gaseous elemental mercury. EGU virtual general assembly 2020, Web meeting, 2020. 5.

Sakamoto M: Health hazard of mercury and its countermeasures. UNEP Online Training Programme #1: Role of monitoring laboratory for national mercury management, Web meeting, 2020. 12. 招待講演

Fujimura M, Usuki F, Nakamura A: Methylmercury induces allodynia through activation of inflammatory microglia in spinal cord and subsequent stimulation in somatosensory cortex of rats. 60th Society of Toxicology, Virtual event, 2021. 3.

Irei S: Laboratory and field studies for the sources and fate atmospheric gaseous elemental mercury. 2nd

International Conference on Chemistry and Nanoscience 2021, virtual meeting, 2021. 3.

[国内学会等発表]

藤村成剛, 臼杵扶佐子:メチル水銀による神経細胞過剰活性化と部位特異的な神経変性. 第 47 回日本毒性学会学術年会, Web meeting, 2020. 6.

鶴木隆光, 秋山雅博, 新開泰弘, 熊谷嘉人, 藤村成剛:活性イオウ分子を介した親電子ストレス防御. 第 47 回日本毒性学会学術年会, Web meeting, 2020. 6.

吉野健児, 山田勝雅, 田中正敦, 多田雄哉, 金谷弦, 逸見泰久, 山元恵:現在の水俣湾におけるベントス群集と底泥総水銀の影響. 2020 年度日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会, Web meeting, 2020. 9.

中村篤, 牧迫飛雄馬, 丸田道雄, 宮田浩紀, 田平隆行:運転を中断した地域在住高齢者の生活上重要な作業の特徴および抑うつとの関連. 第 55 回日本作業療法学会, Web meeting, 2020. 9.

藤村成剛, 臼杵扶佐子, 中村篤:メチル水銀曝露はラット足底部に神経障害性疼痛の 1 種である疼痛閾値低下(アロディニア)を引き起こす. 生命金属に関する合同年会 (ConMetal 2020), Web meeting, 2020. 11.

坂本峰至, 丸本倍美, 板井啓明, 安武 章, 遠山千春, 中村政明:高濃度メチル水銀曝露に連動して上昇するセレン:水俣病関連試料と動物実験による検証. 第 6 回日本セレン研究会 生命金属に関する合同年会 (ConMetal 2020), Web meeting, 2020.11.

永野匡昭, 藤村成剛:メチル水銀連続経口投与後の組織中水銀濃度に対する食品成分の影響. 生命金属に関する合同年会 (ConMetal 2020), Web meeting, 2020. 11.

鶴木隆光, 秋山雅博, 熊谷嘉人, 藤村成剛:活性イオウ分子の脳内分布とメチル水銀感受性の連関. 生命金属に関する合同年会 (ConMetal 2020), Web meeting, 2020. 11.

多田雄哉, 丸本幸治, 武内章記, 岩本洋子, 竹田一彦:海洋における水銀メチル化に関与する微生物群集の動態解析. 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, Web meeting, 2020. 11.

中村政明:脳磁計と MRI を用いた水俣病の臨床研究. 脳磁計(MEG)と MRI を用いた水俣病の臨床研究に係る報告会, 水俣. 2020. 12.

住岡 暁夫: Methylmercury induces abnormal localization of AMPA-type Glutamate receptor. 第 43 回日本分子生物学会年会, Web meeting, 2020. 12.

藤村成剛, 臼杵扶佐子, 中村篤, 中野治郎, 沖田実, 樋口逸郎:局所振動刺激はラットにおいてメカノストレス因子を誘導し筋萎縮からの回復を促進する. 令和 2 年度メチル水銀研究ミーティング, Web meeting, 2021. 1.

坂本峰至, 丸本倍美, 原口浩一, 遠山千春, 板井啓明, 安武 章, 衛藤光明, 中村政明:水俣病における濃度メチル水銀曝露に連動して上昇するセレン濃度:水俣病関連保存試料による検証. 令和 2 年度メチル水銀研究ミーティング, Web meeting, 2021.1.

住岡暁夫:メチル水銀により誘導される AMPA 型グルタミン酸受容体の異常な局在. 令和 2 年度メチル水銀研究ミーティング, Web meeting, 2021. 1.

片岡千里, 吉野健児, 柏田祥策, 山元 恵:牡蠣へのメチル水銀の取り込みに及ぼすマイクロプラスチックの影響. 令和 2 年度メチル水銀研究ミーティング, Web meeting, 2021.1.

坂本峰至, 安武 章, 原口浩一, 中村政明, 龍田 希,
仲井邦彦, 村田勝敬:日本人の母体血と臍帯血にお
ける総水銀、無機水銀、セレンの赤血球/血漿分布.
第 91 回日本衛生学会学術総会, Web meeting, 2021.
3.

山元恵, 柳澤利枝, 酒井敦史, 茂木正樹, 周東智,
首藤政親, 柏木葉月, 工藤めぐみ, 中村政明, 坂本
峰至:KK-Ay 糖尿病マウスと C57BL/6 マウスにおけ
るメチル水銀の体内動態. 第 91 回日本衛生学会学
術総会, Webmeeting, 2021. 3.

平岡秀樹, 岩脇隆夫, 熊谷嘉人, 藤村成剛, 上原
孝:メチル水銀による部位特異的神経障害における
小胞体ストレスの寄与. 第 47 回日本毒性学会学術
年会, Web meeting, 2020. 6.

野川斐奈, 郷すずな, 栗田尚佳, 藤村成剛, 位田雅
俊, 保住功:環境化学物質曝露の神経分化に及ぼ
す影響と DNA メチル化の関与. メタルバイオサイエ
ンス研究会 2020, Web meeting, 2020. 11.

平井俊範, 中村政明, 阿部修, 戌亥章平, 東美奈子,
服部洋平:水俣病における脳構造の統計解析－安
静時 fMRI による解析－. 令和 2 年度度「重金属等
による健康影響に関する総合的研究」水俣病に関す
る総合的研究, Web meeting, 2021. 1.

大黒亜美, 藤田健太, 石原康宏, 山元 恵, 山崎
岳:ドコサヘキサエン酸 (DHA) 代謝物のメチル水
銀毒性に対する神経細胞保護作用の検討. 令和 2
年度メチル水銀研究ミーティング, Web meeting,
2021.1.

富安卓滋, 児玉谷仁, 丸本幸治, 野田和俊, 駒井
武, 赤木洋勝:ブラジル、カシヨエイラ・デ・ピリア金採
掘・精錬作業場周辺における水銀分布. 令和 2 年度
メチル水銀研究ミーティング, Web meeting, 2021. 1.

8. 令和2年度 外部共同研究報告

■[研究課題]

フイリマングースの水銀およびその他微量元素の
母子間移行解明

[研究代表者]

寶來 佐和子（鳥取大学）

[所内研究担当者]

山元 恵（環境・保健研究部）

[研究概要]

本研究では、自然環境下でメチル水銀の高曝露種であるフイリマングースを用いて、母から胎仔への水銀やその他の微量元素の移行に関して明らかにすることを目的としている。

沖縄で捕獲された母-胎仔 9 ペアについて肝臓と脳中元素濃度測定を実施し、解析した。母子間の水銀濃度に関して、肝臓中総水銀濃度は胎仔より母親で有意に高値を示した一方、肝臓中有機水銀、脳中総水銀・メチル水銀濃度は、母子間に有意差はみられなかった。また、母子間移行する元素を探索するため、母親の血液中濃度と胎仔肝臓および脳中元素濃度の関係を解析した結果、胎仔肝臓で相関がみられた元素は、セレン、鉛、メチル水銀であり、胎仔脳で相関がみられた元素は、鉛とメチル水銀であった。このことから母親のセレンは胎仔の肝臓には供給されるが脳には供給されにくいことが示唆された。母子間で積極的なやりとりがある微量元素を探索するため、母親の胎盤込みの子宮中量と胎盤込みの子宮中微量元素濃度の関係を解析したところ、子宮重量が増えるに従い、濃度上昇がみられた元素は、マンガン、銅、亜鉛、ヒ素、セレン、モリブデンであった。ヒ素以外必須微量元素であった。胎仔中亜鉛濃度は肝臓および脳において母親より胎仔で高値を示していた。また、肝臓あるいは脳のどちらかで胎仔が高値を示した元素はマンガンと銅であり、セレンは両臓器で母親の方が高かった。

セレンは体内で水銀毒性を軽減する可能性を有する元素である。母親のセレンは胎仔の肝臓には移行するが脳には移行しにくいことや、母親と胎仔のメチル

水銀濃度の有意差はみられなかったものの、セレン濃度は胎仔で低かった。これまでの研究において、成人（獣）より胎児（仔）の脳はメチル水銀毒性に対する耐性が低いことが報告されている。その理由の一つは、胎児（仔）にメチル水銀毒性を軽減するのに十分なセレンが供給されないからなのかもしれない。

今後、この仮説を究明すべく、胎仔脳内の水銀濃度とセレンおよびセレンタンパク質発現との関係を解析する必要があるだろう。

■[研究課題]

サポニン誘導体による抗メチル水銀活性評価

[研究代表者]

高根沢康一（北里大学）

[所内研究担当者]

山元 恵（環境・保健研究部）

[研究課題の概要]

本研究では、抗メチル水銀薬の候補分子としてオレアノール酸をアグリコンとするサポニン化合物であるオレアノール酸 3-グルコシド (OA3Glu) を見出し、*in vitro* 及び *in vivo* における抗メチル水銀活性の評価を進めている。OA3Glu はメチル水銀投与によるプルキンエ細胞の脱落を抑制する可能性がある。また、脳シナプス電位を測定した結果、大脳、小脳においてメチル水銀投与群で観察されるシナプス電位の減弱がメチル水銀+OA3Glu 投与群では有意に抑制され、抗メチル水銀効果が認められた。しかしながら、ローターロッドテストや beam walking テストにおける運動障害の評価系では、メチル水銀投与群とメチル水銀+OA3Glu 投与群の差異は僅かであった。そこで、行動障害の半定量的評価が可能な体荷重測定 (Dynamic Weight Bearing: DWB) テストを導入し、OA3Glu 投与による行動障害の抑制効果を解析した。5 週齢のオス BALB/c マウスを①コントロール群、②OA3Glu 単独投与群 (40 µg/kg)、③メチル水銀単独投与群 (4 mg/kg)、④メチル水銀+OA3Glu 投与群の計 4 群とし、週 5 回、4 週間にわたり経口投与を

行った。投与終了後、マウスを圧力センサーフロア付きのケージに入れ、10 分間自由行動させ、四肢それぞれにかかる重量負荷を測定するDWBテストを週一回行った。その結果、投与終了後 2 週目にメチル水銀単独投与群で重心が前足に傾く傾向が観察された。一方、メチル水銀+OA3Glu 投与群の重心はコントロール群とほぼ同様であった。3 週目以降メチル水銀単独における前足へ重心が傾く傾向は消失していった。これらの結果から、メチル水銀による運動障害、OA3Glu の抗メチル水銀作用が DWB テストにより評価可能であることがわかった。

さらに、メチル水銀の投与濃度を下げ(1 mg/kg)、BALB/c マウスに週 5 回、4 週間経口投与した。このメチル水銀投与濃度では、ローターロードテスト、beam walking テスト及び DWB テストにおける異常はほとんど認められなかった。一方、マウス組織(脳、肝臓、腎臓、脾臓)における水銀蓄積濃度を調べたところ、メチル水銀+OA3Glu 投与群の各組織における水銀蓄積濃度はメチル水銀単独投与群と比べて有意に低下していた。以上の結果から、OA3Glu はメチル水銀による大脳や小脳の神経細胞に対する毒性を軽減する作用に加え、低濃度メチル水銀の臓器蓄積抑制作用も有している可能性が考えられた。

■[研究課題名]

妊娠中の母親の金属曝露レベルが児の成長発達に与える影響に関する検討:開発途上国における疫学研究

[研究代表者]

郡山千早(鹿児島大学)

[所内研究担当者]

山元 恵(環境・保健研究部)

[研究概要]

パキスタンの内陸部地域では、湖や河川に生息する淡水魚などを摂取しているが、近年の工業化に伴い、重金属などの環境汚染が懸念されている。しかしながら、周辺住民の健康影響などの調査報告はまだない。新生児・乳児は、環境曝露の影響を最も受けやすいことから、新生児・乳児を対象とした疫学調査によって得られる知見は重要と考える。

本研究では、パキスタンにおいて、出産した母親の生体試料を用いて、妊娠中の水銀およびその他の微量金属曝露量を測定し、児の体格(身長、体重、頭囲など)とその後の児の精神・身体発達への影響を評価することを目的とする。両親の体格、母親の飲酒・喫煙などの生活習慣および栄養状態、妊娠歴を含む既往歴、住環境、社会経済状態などの要因についても把握する。

パキスタン Faqraj Sharif 病院で出産した女性とその児で、本研究への協力が可能で、本人の同意が得られた者を対象とし、現在、約 100 名の産婦から髪の毛、臍帯などの生体試料とアンケート調査による生活習慣などの情報を得た。そのうち 40 名の試料は国内に持ち帰ってきており、一部の臍帯組織と毛髪の試料の水銀濃度の測定を開始している。

■[研究課題]

水銀のメチル化の場としてのマイクロプラスチックの新たな生態リスク

[研究代表者]

片岡 知里(日本学術振興会特別研究員 PD)

[所内研究担当者]

山元 恵(環境・保健研究部)

[研究概要]

ヒトは主に魚介類の摂取を通じてメチル水銀に曝露しているため、海洋における水銀化合物の動態や海洋生物への取り込みについて明らかにすることは重要である。近年、海洋を漂うマイクロプラスチック(外寸 5 mm 以下のプラスチック片。以降 MP と表記。)は、海洋中の一部の有害な化学物質を吸着することが報告されている。しかしながら、水銀化合物と MP との化学的な相互作用や海洋生物への取り込みについては明らかになっていない。本研究では、水銀化合物と MP の相互作用を介した生態影響の有無について明らかにすることを目的とした研究に取り組んだ。

モデル水生生物(マガキ)を用いて、MP 及びメチル水銀の取込・排出に関する検討を行った結果、マガキのメチル水銀の取込みににおいて、MP の有無や、MP の直径に依存した有意な影響は見られなかった。

以上の結果より、マガキにおいて、メチル水銀の取込みに与える MP の影響は非常に小さいことが示された。これらの知見について論文として発表した (Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2021 Jul;81(1):36-45)。

9. 令和2年度共同研究者一覧

Balogh S	板井 八重子	菰原 義弘	中野 篤浩
Chan HM	逸見 泰久	小森田 智大	登尾 浩助
Ciprian Cirtiu	岩木 直	近藤 匠	林 政彦
David Gay	岩本 洋子	近藤 文義	樋口 逸郎
David Schmeltz	植木 信子	近藤 能子	平井 俊範
Do Thi Thu Hien	上原 孝	柴田 英治	寶來 佐和子
Domingo JL	植原 啓介	島元 由美子	堀内 紀之
Guey-Rong Sheu	衛藤 光明	周東 智	堀内 正久
Hang Thi Minh Lai	衛藤 誠二	菅田 陽怜	本多 俊一
Hung Dang	大林 光念	瀬子 義幸	村田 勝敬
Hung Duong	沖田 実	高見 英人	茂木 正樹
Kim Byoung-Gwon	片山 隆志	武内 章記	八木 朋子
Laurie Chan	金谷 玄	武田 重信	柳澤 利枝
Matthew Rand	亀尾 聡美	竹田 一彦	矢野 真一郎
Mark Olson	亀山 ののこ	武邊 勝道	山口 一岩
Milena Horvat	河合 徹	田尻 征治	吉永 淳
Muflihatul Muhiroh	河上 敬介	田代 久子	吉本 哲郎
Nikolay Mashyanov	川口 慎介	龍田 希	和田 実
Samu Juhana Taulu	河村 健太郎	立森 久照	渡辺 朋亮
Steven Balogh	楠 真一郎	谷水 雅治	熊本県漁業協同組合連合会
Vu Due Loi	楠本 智郎	田端 正明	水俣環境アカデミア
赤木 洋勝	熊谷 嘉人	辻 真弓	水俣漁業協同組合
秋葉 澄伯	栗田 尚佳	鶴田 昌三	水俣高校
秋山 雅博	慶越 道子	遠山 千春	水俣市企画課
阿部 修	郡山 千早	飛松 省三	水俣病の治療向上に関する研究班
新井 信隆	小島 茂明	富安 卓滋	
井崎 敏也	小畑 元	仲井 邦彦	
板井 啓明	小林 光	中野 治郎	

10. 令和 2 年度 客員研究員研究報告

■[客員研究員]

小林 光(東京大学先端科学技術研究センター・研究顧問)

植原啓介(慶応義塾大学環境情報学部・准教授)

[所内研究者]

原田利恵(国際・総合研究部)

[研究・業務概要]

水俣市との包括的連携協定に関するニーズ調査業務

2015 年度より地域創生に関する研究について助言を得てきたが、2017 年度に当センターが水俣市に対して政策提言を行ったことにより、翌 2018 年度からは研究課題を業務課題に切り替え、政策提言の実装化へ向けて、より実践に即した助言を求めている。

また、植原客員研究員は例年、慶応大学の学生及び留学生を対象とするスタディツアーを実施し、小林客員研究員も同行している。今年度は新型コロナウイルスの影響で中止となったため、国水研で直接学生たちと交流する場はなくなった。

■[客員研究員]

新井 信隆(東京都医学総合研究所・副所長)

[所内研究者]

丸本 倍美(基礎研究部)

[研究概要]

水俣病の剖検例の病理組織標本は、他の疾患等と異なり人類が二度と得ることが出来ない極めて貴重なものであり、世界中で水俣病の病理組織標本を多数保有している研究機関は当センターのみである。しかしながら、病理組織標本は年月の経過とともに褪色が起こるため永久に保管することが困難である。現在、永久保存を目指し、水俣病症例の病理組織標本を継続的にデジタル化している。

合わせて、デジタル化した病理組織標本を、病理を学ぶ学生および研究者のための教材として活用するためのホームページを作成している。この分野のパイオニアである新井信隆先生に、様々なご

助言を承ることができ、今年度も業務を着実に遂行することが出来た。

■[客員研究員]

赤木 洋勝(国際水銀ラボ・所長)

[所内研究者]

丸本 幸治(環境・保健研究部)

[研究概要]

約 3 年間に亘り、ブラジル国のアマゾン川流域の金採掘現場やイタイツバ市内のゴールドショップにおいて実施した調査に関するデータを共同でまとめた。データ解析等について議論し、水晶振動子式水銀分析器(QCM-Hg センサ)を用いた作業環境中水銀濃度測定に関する論文をまとめ、Analytical Science 誌に投稿し、公表された。また、ブラジル国カウンターパート機関であるエバンドロシャーガス研究所で測定したイタイツバ市内のゴールドショップ店員の毛髪及び血液、尿中の総水銀濃度のデータも解析し、論文としてまとめた。この論文は、エバンドロシャーガス研究所からこれに関連する論文の第一報を初めに公表し、その後に第二報として公表するという事で合意していたところ、新型コロナウイルスの世界的な感染拡大により第一報の取りまとめに遅れが生じた。そのため、赤木洋勝博士と共同でまとめた論文を投稿して公表するまでには至っていない。

赤木洋勝博士は、ご病気により 2020 年 8 月にご逝去なされました。故人の多大なるご功績を偲び、衷心より謹んで哀悼の意を表します。

11. 令和2年度 外部研究費 獲得状況一覧

【学術研究費助成事業－科研費－ 代表】

(円)

研究種目	研究代表者	所内研究分担者	研究課題名 (研究期間)	全研究期間 直接経費 交付決定額
基盤 (C)	藤村 成剛	中村 篤	メチル水銀による神経/筋機能障害に対する神経軸索/筋線維再生治療の実験的研究 (令和元年度～令和3年度)	3,300,000
基盤 (C)	坂本 峰至	中村 政明	メチル水銀毒性のセレンによる抑制:水俣病発生当時の環境・患者試料を用いた新規解析 (令和元年度～令和4年度)	3,300,000
若手	鵜木 隆光	—	活性イオウ分子に着目したメチル水銀の選択的細胞傷害に関する研究 (令和元年度～令和3年度)	3,200,000
基盤 (C)	原口 浩一	坂本 峰至	金ナノ粒子を利用した尿中水銀モニタリング手法の開発と応用研究 (令和2年度～令和4年度)	3,300,000
PD 奨励 費	片岡 知里 (学振特別研究員)	—	水銀のメチル化の場としてのマイクロプラスチックの新たな生態リスク (令和元年度～令和3年度)	3,700,000

【科学研究費助成事業－科研費－ 外部研究課題における研究分担者】

研究種目	外部研究代表者	所内研究分担者	研究課題名 (研究期間)
基盤 (C)	大林 光念 (熊本大学・教授)	中村 政明	準境界型ニューロパチーという新疾患概念の提唱と病態に基づく超早期診断法の確立 (平成30年度～令和2年度)
基盤 (C)	古賀 庸憲 (和歌山大学・教授)	吉野 健児	ヤドカリの殻交換は捕食リスクに便乗した感覚トラップにより促進される？ (平成30年度～令和3年度)
基盤 (A)	富安 卓滋 (鹿児島大学・教授)	松山 明人	鹿児島湾海底火山活動によって放出される水銀及びセレンの環境動態 (令和元年度～令和4年度)
基盤 (C)	河村健太郎 (鹿児島大学・助教)	中村 政明	上肢に対する振動刺激が脳皮質活動に与える影響-脳磁図による検討 (令和2年度～令和4年度)

【環境研究総合推進費(委託費)】

(円)

区分	研究代表者	所内 研究分担者	研 究 課 題 名 (研 究 期 間)	研究期間直接経費 (R2 年度交付額)
戦略的 研究	丸本 幸治	多田 雄哉	海洋環境での形態別水銀の分布と分配に 関する研究 (令和2年度～令和4年度)	34,614,000 (11,538,000)

【その他の競争的研究費】

(円)

研究種目	研究代表者	研 究 課 題 名	令和2年度 交付金額
北海道大学低温科学研究所 共同研究 一般共同研究	多田 雄哉	海洋における難分解性溶存有機物の動 態を左右する微生物系統群の解明	旅費
公益財団法人 クリタ水・環境 科学振興財団	片岡 知里	水生生物のメチル水銀取込に及ぼすマイ クロプラスチックの影響	1,000,000

12.令和 2 年度所内研究発表会

■2020 年 6 月 25 日

丸本倍美(基礎研究部)

「ラットを用いた水銀蒸気個人曝露モニターの有効性の検討」

多田雄哉(環境・保健研究部)

「親潮域における水銀メチル化関連遺伝子の分布と多様性」

■2020 年 7 月 16 日

山元 恵(環境・保健研究部)

「2 型糖尿病モデルマウスにおけるメチル水銀の体内動態」

鵜木隆光(基礎研究部)

「サルフェン硫黄を介したレドックス制御とメチル水銀によるその変動解析」

■2020 年 8 月 20 日

原口浩一(国際・総合研究部)

「TLC-加熱気化原子吸光法による毛髪中メチル水銀分析」

吉野健児(環境・保健研究部)

「現在の水俣湾におけるベントス群集と底泥総水銀の影響」

■2020 年 9 月 17 日

藤村成剛(基礎研究部)

「メチル水銀曝露はラット足底部に神経障害性疼痛の 1 種である疼痛閾値の低下 (アロディニア) を引き起こす」

中村 篤(臨床部)

「運転を中断した地域在住高齢者の生活上重要な作業の特徴及び抑うつとの関連」

■2020 年 10 月 15 日

丸本幸治(環境・保健研究部)

「水銀を使用する作業環境における気中水銀の簡易モニタリング法の実用化に向けた取り組み」

永野匡昭(基礎研究部)

「メチル水銀の蓄積と排泄に対する食品成分の影響」

■2020 年 11 月 12 日

松山明人(国際・総合研究部)

「5 年間に亘る水俣湾の集中観測結果について」

中村政明(臨床部)

「脳磁計 (MEG) を用いた中枢性感覚障害の客観的評価について」

■2020 年 12 月 10 日

住岡暁夫(基礎研究部)

「メチル水銀毒性センサー開発の進捗」

原田利恵(国際・総合研究部)

「水俣病被害地域における地域再生に関する研究－水俣市における地域福祉ニーズ調査－」

■2021 年 1 月 14 日

坂本峰至(所長特任補佐)

「水俣病・環境における水銀とセレン共存及びメチル水銀の胎・乳児影響」

片岡知里(環境・保健研究部)

「牡蠣へのメチル水銀の取り組みに及ぼすマイクロプラスチックの影響」

■2021 年 2 月 17 日

伊禮 聡(環境・保健研究部)

「大気金属水銀動態解明のための発生源及び消滅反応の研究」

13. 関係機関等との連携及び協力機関としての活動報告

これまでの連携協定

年月日	連携機関等
平成 20 年 10 月 1 日	熊本大学
平成 21 年 4 月 1 日	鹿児島大学大学院理工学研究科
平成 25 年 6 月 5 日	熊本県立大学
平成 26 年 4 月 1 日	慶応義塾大学総合政策学部、環境情報学部 大学院政策・メディア研究科
平成 27 年 2 月 18 日	水俣市
平成 28 年 6 月 29 日	熊本県立水俣高等学校
平成 28 年 11 月 29 日	国立研究開発法人 国立環境研究所
平成 29 年 12 月 15 日	学校法人久留米大学

WHO 協力機関としての活動

当センターは、1986 年 9 月に「水銀の健康影響に関する協力センター」として、WHO 協力センター（World Health Organization Western Pacific Regional Office: WPRO；WHO 西太平洋地域事務局 Ref.# JPN-49）に指定され、水銀の健康影響に関する調査や研究活動を行っている。

今年度遂行した主な業務

- WHO 協力センターへの指定に関する更新書類の作成と手続き
- WHO 協力センターとしての活動に関する年次報告書（2020 年 1 月～12 月）の作成・提出
- 公益社団法人日本 WHO 協会の機関紙「目で見える WHO」への寄稿

14. 令和 2 年度一般公開

コロナ禍の影響により、開催されなかった。

15. 令和 2 年度国際共同研究事業一覧

コロナ禍の影響により、活動は実施されなかった。

16. 令和2年度 国内共同研究事業等一覧(招聘)

用務地	招聘者	国水研担当者	用務概要	招聘期間
国水研	くまもと水循環・減災 研究教育センター 島崎 英行	環境・保健研究部 吉野健児	水俣湾での採泥・採水調査	R2.6.8-9 7.27-28
	熊本大学 山田 勝雅			
国水研	熊本大学 菰原 義弘	基礎研究部 丸本倍美	バンク棟に保管されている病理標本管理に 関する打ち合わせ	7.7
国水研	写真家 亀山ののこ	国際・総合研究部 原田利恵	水俣病被害地域における経産婦調査	7.15-16 9.1-2
国水研	くまもと水循環・減災 研究教育センター 島崎 英行	環境・保健研究部 吉野健児	水俣湾での採泥・採水調査	9.9-10
	熊本大学 山田 勝雅			
国水研	元国水研室長 蜂谷 紀之	基礎研究部 永野匡昭	毛髪中水銀濃度とアンケート解析と打ち合わせ	10.7
国水研	熊本大学 菰原 義弘	基礎研究部 丸本倍美	バンク棟保管の病理標本管理に関する打ち 合わせ	10.19
国水研	くまもと水循環・減災 研究教育センター 島崎 英行	環境・保健研究部 吉野健児	水俣湾での採泥・採水調査	10.12-13 11.11-12
	熊本大学 山田 勝雅			
国水研	香川大学 山口 一岩	環境・保健研究部 吉野健児		11.11-13
国水研	元国水研室長 安武 章	所長特任補佐 坂本峰至	無機水銀分析	11.9
国水研	写真家 亀山ののこ	国際・総合研究部 原田利恵	水俣病被害地域における経産婦調査	10.27-28 11.15-16

用務地	招聘者	国水研担当者	用務概要	招聘期間
国水研 (WEB)	北海道大学 渋江 隆雄 他 6 名	国際・総合研究部 原田利恵	NIMD フォーラム 2021 打ち合わせ	10.29
国水研	鹿児島大学 河村健太郎	臨床部 中村政明	上肢に対する振動刺激が脳皮質活動に与える影響-脳磁図による検討	11.13
国水研	元基礎研究部長 中野 篤浩	環境・保健研究部 山元 恵	生物試料中の総水銀・メチル水銀分析法の検討	11.15-18
国水研	くまもと水循環・減災 研究教育センター 島崎 英行	環境・保健研究部 吉野健児	水俣湾での採泥・採水調査	12.9-10
	熊本大学 山田 勝雅			
国水研	元国水研究室長 蜂谷 紀之	基礎研究部 永野匡昭	毛髪中水銀濃度とアンケート解析と打ち合わせ	12.9
国水研	写真家 亀山ののこ	国際・総合研究部 原田利恵	水俣病被害地域における経産婦調査	12.22-23
国水研	産業技術総合研究所 岩木 直	臨床部 中村政明	水俣病患者の感覚障害定量評価技術	12.25
国水研	くまもと水循環・減災 研究教育センター 島崎 英行	環境・保健研究部 吉野健児	水俣湾での採泥・採水調査	2021. 1.19-20
	熊本大学 山田 勝雅			
国水研	写真家 亀山ののこ	国際・総合研究部 原田利恵	水俣病被害地域における経産婦調査	2.9-10 3.23-24
国水研	元国水研究室長 蜂谷 紀之	基礎研究部 永野匡昭	毛髪中水銀濃度とアンケート解析と打ち合わせ	3.3

17. 令和2年度 研修見学一覧

1. 国外対象者

研修日	研修名(コース名)	相手先 (団体名)	人数 (名)	演 題	担当研究者
2020.11.18	筑波大学大学院 博士課程 (オンライン)	筑波大学 博士課程 (生命環境系) 相思社	18	ヒトへの水銀曝露と健康影 響 (Human mercury exposure and health impacts)	所長特任補佐 坂本峰至
2020.12.2- 12.4	UNEP 第1回オンライン研修プログラム：各国の水銀管理のためのモニタリングラボの役割 (UNEP Online Training Programme #1: Role of monitoring laboratory for national mercury management)	UNEP (公財)地球環境戦略研究機関	136	水銀による健康被害とその対策 (Health hazard of mercury and its countermeasures)	所長特任補佐 坂本峰至
					環境・保健研究部 丸本幸治
					国際・総合研究部 原口浩一

2.国内対象者

研修日	研修名 (コース名)	相手方 (団体名)	人数 (名)	演題	担当者
2020.12.21	厚生文教常任委員会視察	水俣市	8	国水研について	次長 眼目佳秀
				水俣湾と不知火海の現状について	国際・総合研究部 松山明人
				水俣病における客観的診断法の開発について	臨床部 中村政明
				水俣病における健康影響と水俣湾汚泥の潜在的な健康リスクについて	所長特任補佐 坂本峰至

18. 令和 2 年度来訪者(要人、政府・省庁関係者、一般客)

来訪日	用務名	来訪者名	来訪者所属
2020.12.8-9	水俣視察	神谷 昇	環境大臣政務官

資 料

資料 1

平成19年9月13日 決 定
平成19年10月3日 確 認
平成20年6月10日 一部改正
平成22年1月7日 一部改正
平成22年8月20日 全部改正
平成25年5月29日 一部改正
平成27年4月1日 一部改正
平成29年4月13日 一部改正
平成30年4月1日 一部改正
平成31年4月1日 一部改正
令和2年4月1日 一部改正

国立水俣病総合研究センターの中長期目標について

1. 趣 旨

国立水俣病総合研究センター（以下、「国水研」という。）は、国費を用いて運営し、研究及び業務を実施している。したがって、国水研の運営及び活動については、自ら適切に中長期目標、計画を立て、これに沿って年次計画を実行した上で、研究評価及び機関評価を実施し、国民に対して説明責任を果たさなければならない。中長期目標は、国水研の設置目的に照らし、さらに環境行政を取り巻く状況の変化、環境問題の推移、科学技術の進展、社会経済情勢の変化などに応じて柔軟に見直していく必要がある。また、評価においては、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日内閣総理大臣決定）及び「環境省研究開発評価指針」（平成29年7月14日総合環境政策統括官決定）並びに「国立水俣病総合研究センター研究開発評価要綱」（平成19年9月13日国水研第103号。以下「評価要綱」という。）を踏まえる必要がある。

2. 設置目的について

国水研は、環境省設置法、環境省組織令及び環境調査研修所組織規則に設置及び所掌が示されており、当然のことながらこれらに則って運営されなければならない。

環境調査研修所組織規則（平成十五年六月十八日環境省令第十七号）抄

環境省組織令（平成十二年政令第二百五十六号）第四十四条第三項の規定に基づき、及び同令を実施するため、環境調査研修所組織規則を次のように定める。

第一条～第六条 （略）

第七条 国立水俣病総合研究センターは、熊本県に置く。

第八条 国立水俣病総合研究センターは、次に掲げる事務をつかさどる。

一 環境省の所掌事務に関する調査及び研究並びに統計その他の情報の収集及び整理に関する事務のうち、水俣病に関する総合的な調査及び研究並びに国内及び国外の情報の収集、整理及び提供を行う

こと。

二 前号に掲げる事務に関連する研修の実施に関すること。

(国立水俣病総合研究センター所長及び次長)

第九条 国立水俣病総合研究センターに、国立水俣病総合研究センター所長及び次長一人を置く。

2 国立水俣病総合研究センター所長は、国立水俣病総合研究センターの事務を掌理する。

3 次長は、国立水俣病総合研究センター所長を助け、国立水俣病総合研究センターの事務を整理する。

(国立水俣病総合研究センターに置く部等)

第十条 国立水俣病総合研究センターに、総務課及び次の四部並びに研究総合調整官一人を置く。

国際・総合研究部

臨床部

基礎研究部

環境・保健研究部

2 基礎研究部長は、関係のある他の職を占める者をもって充てる。

(総務課の所掌事務)

第十一条 総務課は、次に掲げる事務をつかさどる。

一 国立水俣病総合研究センターの職員の人事に関すること。

二 国立水俣病総合研究センターの職員の福利厚生に関すること。

三 公文書類の接受、発送、編集及び保存に関すること。

四 国立水俣病総合研究センターの所掌に係る経費及び収入の予算、決算及び会計に関すること。

五 国立水俣病総合研究センター所属の行政財産及び物品の管理に関すること。

六 国立水俣病総合研究センター所属の建築物の営繕に関すること。

七 国立水俣病総合研究センター所属の寄宿舍の運営に関すること。

八 国立水俣病総合研究センターにおける研修の実施に関すること。

九 前各号に掲げるもののほか、国立水俣病総合研究センターの所掌事務で他の所掌に属しないものに関すること。

(国際・総合研究部の所掌事務)

第十二条 国際・総合研究部は、次に掲げる事務をつかさどる。

一 水俣病に関する国際的な調査及び研究の企画及び立案並びに調整に関すること。

二 水俣病に関する社会科学的及び自然科学的な調査及び研究(水俣病発生地域における地域再生・振興及び環境と福祉との相互の関係に関する調査及び研究を含む。)に関すること(他の部の所掌に属するものを除く。)

三 水俣病に関する国内及び国外の情報の収集及び整理(環境・保健研究部の所掌に属するものを除く。)並びに提供に関すること。

(臨床部の所掌事務)

第十三条 臨床部は、水俣病の臨床医学的調査及び研究並びにこれらに必要な範囲内の診療に関する事務をつかさどる。

(基礎研究部の所掌事務)

第十四条 基礎研究部は、水俣病の基礎医学的調査及び研究に関する事務をつかさどる。

(環境・保健研究部の所掌事務)

第十五条 環境・保健研究部は、次に掲げる事務をつかさどる。

一 水俣病の自然科学的な調査及び研究に関すること(生態学の観点から行うもの並びに自然界における水銀の動態及び物質の化学的变化に関するものに限る。)

二 水俣病の疫学的調査及び研究に関すること。

三 水俣病に関する医学的調査及び研究に必要な情報の収集及び整理に関すること。

(研究総合調整官の職務)

第十六条 研究総合調整官は、基礎研究部の所掌事務に関する総合的な研究、企画及び立案並びに調整を行う。

(雑則)

第十七条 この規則に定めるもののほか、環境調査研修所に関し必要な事項は、所長が定める。

2 所長は、前項の規定に基づき、事務分掌その他の組織細目を定めようとするときは、環境大臣の承認を受けなければならない。

附 則

(施行期日)

1 この省令は、平成十五年七月一日から施行する。

(国立水俣病総合研究センター組織規則の廃止)

2 (略)

以上より、国水研の設置目的は次のように要約することができる。

「国水研は、水俣病に関する総合的な調査及び研究並びに国内及び国外の情報の収集、整理及び提供を行うこと及びこれらに関連する研修の実施を目的として設置されている。」

具体的には「水俣病に関する、○国際的な調査・研究、○社会科学的な調査・研究、○自然科学的な調査・研究、○臨床医学的な調査・研究、○基礎医学的な調査・研究、○疫学的な調査・研究、○国内外の情報の収集、整理、提供等を行う機関」である。

3. 長期目標について

国水研の活動は、研究、及び機関運営の全てについて、その設置目的に照らし、かつ、熊本県水俣市に設置された趣旨に基づかなければならない。さらに、環境行政を取り巻く状況の変化、環境問題の推移、科学技術の進展、社会経済情勢の変化等を考慮し、現在の活動実態を踏まえて、国水研の長期目標を整理しなければならない。

現時点での国水研の長期目標は、

「我が国の公害の原点といえる水俣病とその原因となったメチル水銀に関する総合的な調査・研究、情報の収集・整理、研究成果や情報の提供を行うことにより、国内外の公害の再発を防止し、被害地域の福祉に貢献すること」

と表現することができる。

4. 中期目標について

(1) 水俣病及び水俣病対策並びにメチル水銀に関する研究を取り巻く状況

水俣病認定患者の高齢化に伴い、特に重症の胎児性患者においては加齢に伴う著しい日常生活動作

(ADL)の低下をみる場合もあり、認定患者として補償を受けているとしても将来的な健康不安、生活不安は増大している現状がある。

そのような中、平成21年7月8日に「水俣病被害者の救済及び水俣病問題の解決に関する特別措置法」が成立し、平成22年4月16日には同法第5条及び第6条の規定に基づく救済処置の方針が閣議決定された。国際的には、2003年から国連環境計画(UNEP)により水銀プログラムが開始され、水銀の輸出規制や排出削減に向けて取り組みが行われた。その結果、平成25年10月に熊本市、水俣市で「水銀に関する水俣条約」の外交会議及び関連会合が開催され、条約の採択及び署名が行われた。会議においては、日本は「MOYAIイニシアティブ」として、条約の早期発効に向けた途上国支援を行っていくことを表明し、平成29年8月に「水銀に関する水俣条約」が発効したことで、国際的な水銀管理の強化が動き始めた。また、低濃度メチル水銀曝露における健康影響への関心が高まっており、定期的な国際水銀会議も開催される等、国際機関や海外への情報提供や技術供与などが重要になってきている。

(2) 中期目標の期間

中期的な研究計画を5年と定め、5年単位で研究計画を見直すこととする。令和2年度に新たな5年間の「国立水俣病総合研究センター中期計画2020」を制定し、研究評価は、評価要綱「4. 研究評価」に基づき、各年度における年次評価を研究及び関連事業の実施状況等を対象とし、さらに5年に一度、中期計画に照らし、中期的な研究成果を対象とする研究評価を実施する。

機関評価については、中期的な研究計画と敢えて連動することなく、評価要綱「3. 機関評価」に基づき、環境行政を取り巻く状況の変化、環境問題の推移、科学技術の進展、社会経済情勢の変化などに呼応した機関となっているかどうかの評価も含め、3年単位で行う。

(3) 中期目標

(1)及び(2)を踏まえ、設置目的と長期目標に鑑み、中期的に国水研が進める調査・研究分野とそれに付随する業務に関する重点項目は、以下のとおりとする。

①メチル水銀曝露の健康影響評価と治療への展開

②メチル水銀の環境動態

③地域・福祉向上への貢献

④国際貢献

また、調査・研究とそれに付随する業務については、以下の考え方で推進する。

①プロジェクト型調査・研究の推進

重要研究分野について、国水研の横断的な組織及び外部共同研究者のチームによる調査・研究を推進する。

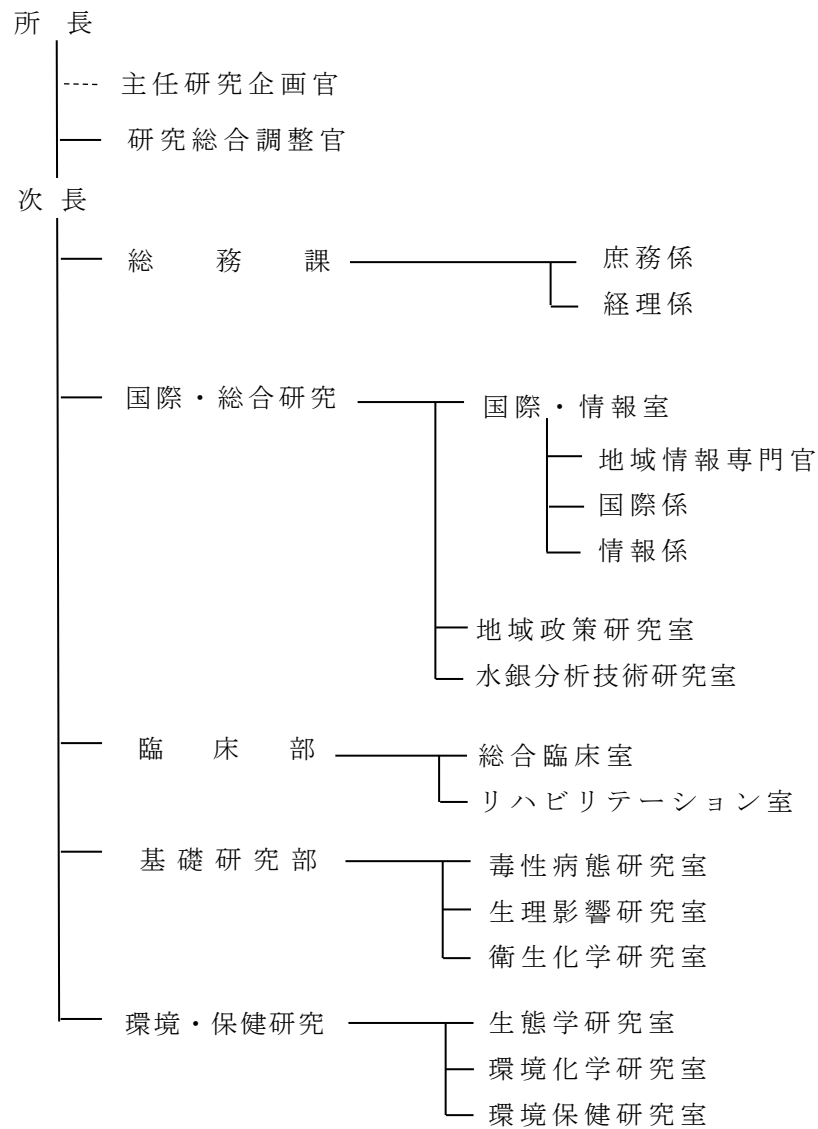
②基盤研究の推進

長期的観点から、国水研の水銀研究の基盤をつくり、さらに研究能力の向上や研究者の育成を図るため、基盤研究を推進する。

③調査・研究に付随する業務

地域貢献や国際貢献に関する業務は一部の研究者のみの課題ではなく、国水研全体として取り組むこととする。

(国立水俣病総合研究センター組織図)



付属施設 : 水俣病情報センター

(令和元年7月1日より施行)

国立水俣病総合研究センター中期計画 2020

令和 2 年 4 月 1 日
国水研発第 2003271 号

1. はじめに

国立水俣病総合研究センター（以下「国水研」という。）は、「水俣病に関する総合的な調査及び研究並びに国内及び国外の情報の収集、整理及び提供を行うこと」、「関連する研修の実施」を所掌する施設として設置されている。この設置目的を踏まえ、平成 19（2007）年に「国水研の中長期目標について」を取りまとめ、長期目標及び中期目標を決定した。この中長期目標に基づいて、平成 22（2010）年度から平成 26（2014）年度までの国立水俣病総合研究センター中期計画 2010、続いて平成 27（2015）年度から令和元（2019）年までの国立水俣病総合研究センター中期計画 2015（以下「中期計画 2015」という。）がそれぞれ 5 年間の計画で実施され、外部委員による研究評価を受けた。

平成 21（2009）年 7 月に「水俣病被害者の救済及び水俣病問題の解決に関する特別措置法」が成立、平成 25（2013）年 10 月には「水銀に関する水俣条約」が世界 92 ケ国により熊本市で調印され、この条約会議において、政府は、途上国の取組を後押しする技術の支援や水俣から公害防止・環境再生を世界に発信する取り組みを MOYAI イニシアティブとして国際社会に表明した。平成 29（2017）年 8 月に本条約が発効し、先進国と途上国が協力して、水銀の供給、使用、排出、廃棄等の各段階で総合的な対策を世界的に取り組むことにより、水銀の人為的な排出を削減し、越境汚染をはじめとする地球的規模の水銀汚染の防止を目指すこととなった。これらの水俣病、水銀規制及び環境行政を取り巻く国内外の状況の変化並びに中期計画 2015 の研究成果及び評価結果を踏まえ、令和 2（2020）年度から開始する「国立水俣病総合研究センター中期計画 2020」（以下「中期計画 2020」という。）を策定するものである。

なお、掲げる目標及び成果については、持続可能な開発目標（SDGs）との整合性及び貢献を意識し、調査・研究及び業務に取り組むこととする。

2. 中期計画 2020 の期間

中期計画 2020 の期間は、令和 2（2020）年度から令和 6（2024）年度までの 5 年間とする。なお、その間、適宜必要に応じ計画を見直すこととする。

3. 中期計画 2020 の調査・研究分野と業務に関する重点項目

国水研の長期目標は、「水俣病及びその原因となったメチル水銀に関する総合的な調査・研究や情報の収集・整理を行い、それらの研究成果や情報の提供を行うことで、国内外の公害の再発を防止し、被害地域の福祉に貢献すること」とされている。

中期計画 2020 では、設置目的と長期目標に鑑み、国水研が進める調査・研究分野とそれに付随する業務に関する重点項目は、以下のとおりとする。

- (1) メチル水銀曝露の健康影響評価と治療への展開
- (2) メチル水銀の環境動態
- (3) 地域・福祉向上への貢献
- (4) 国際貢献

4. 調査・研究とそれに付随する業務の進め方

調査・研究とそれに付随する業務については、以下の考え方で推進する。

(1) プロジェクト型調査・研究

重要研究分野について、国水研の横断的な組織及び外部共同研究者のチームによる調査・研究を推進する。

(2) 基盤研究

長期的観点から、国水研の水銀研究の基盤をつくり、さらに研究能力の向上や研究者の育成を図るため、基盤研究を推進する。

(3) 調査・研究に付随する業務

地域貢献や国際貢献に関する業務は一部の研究者のみの課題ではなく、国水研全体として取り組むこととする。

5. 調査・研究の推進

(1) 研究企画機能の充実

効率的に調査・研究を推進するため、情報の収集と発信、共同研究の推進、外部機関との連携の強化、外部資金の獲得のための申請、研究全般の進捗状況の把握・調整、環境の整備等を主任研究企画官が中心となって企画室が遂行する。

(2) 外部機関との連携の強化

国水研が水銀に関する国内外の研究ネットワークにおける拠点機関としての機能を果たすためには、外部機関との連携を強化し、開かれた研究機関として活動しなければならない。そのため、国内外の大学及び研究機関と積極的に共同研究を実施するほか、連携大学院協定を締結している熊本大学、鹿児島大学、慶応大学、熊本県立大学、久留米大学との連携を継続する。

(3) 研究者の育成

国内外の研究機関との共同研究、連携大学院制度を推進し、開発途上国からの研修等を積極的に受け入れ、将来の研究人材の育成を図るとともに、国水研内部の活性化を図る。

(4) グループ制による研究の推進

組織上の枠組みに縛られないフレキシブルな対応を可能にするため、各プロジェクト型調査・研究、基盤研究、業務をその目的により以下の各グループに分類し、各グループ内で情報を共有し、進捗状況を相互に認識しつつ、横断的に調査・研究及び業務を推進する。また、グループ内外の

調整を行うため、各グループにはグループ長を置く。グループ長は、グループ内の調査・研究及び業務について、計画及び実施段階における指導・助言及び調整を行う。

① 病態メカニズムグループ

メチル水銀毒性の病態メカニズムを、分子レベル（遺伝子、蛋白質）、細胞レベル（培養細胞）、個体レベル（実験動物）及び人体レベル（病理組織）からの総合的アプローチによって解明し、メチル水銀中毒の診断、予防及び治療への応用に繋げる。

② 臨床・福祉・社会グループ

脳磁図、MRI 及び磁気刺激検査を用いて、水俣病患者の慢性期における臨床病態の客観的評価法の確立を目指す。また、水俣病患者の日常生活動作（ADL）や生活の質（QOL）の向上を目指して、リハビリテーション、磁気刺激治療等の最先端の医療を行う。さらに、介護予防事業等を通して水俣病被害地域の福祉の向上を図るとともに、地域の融和及び振興並びに水俣病の歴史的検証に必要な情報の整理及び発信を行う。一方、水俣病の剖検例の病理組織標本及び資料については、他の疾患等と異なり、極めて貴重なものであるため、デジタル化して永久保存するとともに有効活用できるよう、体制の整備を進める。

③ リスク評価グループ

環境汚染に起因する水銀のヒトへの曝露評価及び健康影響を総合的に研究する。特にメチル水銀の高濃度曝露集団並びに胎児・小児及び疾病を持つ脆弱性の高い集団を対象とし、メチル水銀の曝露とリスク評価及び健康影響の解明を、セレンを始めとする各種交絡因子を考慮に入れた疫学的研究及び実験的研究の両面から実施する。

④ 自然環境グループ

水銀の環境中における循環、化学変化等といった水銀の動態の把握とその解明を目指して、野外調査、観測、室内実験、各種分析等を含めた総合的な研究を行う。大気、水、土壌、底質及び生物を調査対象とし、水俣湾を中心に、八代海及び東アジア全域を対象地域とするが、水銀汚染地域については、国際的な観測ネットワーク等とも協調し、世界中を視野に入れて活動する。

⑤ 国際貢献・情報グループ

NIMD フォーラム等を通じ、国際交流による海外研究者との情報交換及び研究に関する相互連携の推進を図る。更に水銀問題に直面している発展途上国等のニーズに応じ、当センターが保有する知識・技術・経験について、海外研究者の受入れ及び研修を通じて積極的に発信する。また、発展途上国等で利用可能な簡便な水銀の計測技術の開発をはじめとして、広く国際協力を推進するとともに、新たな研究成果など最新の情報を発信していく。

(5) プロジェクト型調査・研究の推進

国水研の中期計画 2020 においては、重要研究分野として、以下のプロジェクト型調査・研究を進めることとする。

① メチル水銀による神経毒性メカニズムとその予防及び治療に関する基礎研究

② メチル水銀曝露のヒト健康影響評価及び治療に関する研究

③ 海洋中における形態別水銀の鉛直分布構造の要因解明

④ 水銀分析技術の簡易・効率化と標準物質の開発

(6) 基盤研究、業務の推進

中期計画 2015 の成果を基に、科学的・社会的意義、目標の明確性、効率、成果の見通し等の観点から別表のとおり再設定した。毎年、調査・研究に当たっては、研究評価をもとに、進捗状況を

確認して調査・研究の進め方について見直すこととする。

(7) 調査・研究成果の公表の推進

調査・研究で得られた成果については、論文化することが第一義である。学術誌に掲載された論文は、国民への説明責任を果たすため、ホームページトピック欄において新着論文としてわかりやすく紹介する。さらに記者発表、講演等様々な機会を活用してより一層積極的に専門家以外にも広くわかりやすく成果を公表し、得られた成果の情報発信に努める。

(8) 競争的資金の積極的獲得

国水研の研究基盤及び研究者の能力の向上を図り、他の研究機関とも連携し戦略的な申請等を行い、競争的研究資金の獲得に努める。

(9) 法令遵守、研究倫理

法令違反、論文の捏造、改ざんや盗用、ハラスメント、研究費の不適切な執行といった行為はあってはならないものである。不正及び倫理に関する問題認識を深め、職員一人ひとりがコンプライアンス（規範遵守）に対する高い意識を獲得するため、必要な研修及び教育を実施する。利益相反については、透明性を確保して適切に管理し、研究の公正性、客観性及び研究に対する信頼性を確保する。

また、ヒトを対象とする臨床研究及び疫学研究並びに実験動物を用いる研究においては、その研究計画について各倫理委員会による審査を経て承認後、各倫理指針（を遵守しつつ研究を実施する。実験動物を用いる研究においては、「実験動物飼養及び保管並びに苦痛の軽減に関する基準に即した指針」の遵守状況について自己点検及び外部機関等による検証を行い、その結果をホームページにより公表する。

(10) SDGs への対応

調査・研究及び業務を進めるにあたり、SDGs の目標の中で環境省が深く関わる可能性がある 3（健康・福祉）、4（教育）、6（水・衛生）、7（エネルギー）、11（都市）、12（持続可能な生産と消費）、13（気候変動）、14（海洋）、15（陸域生態系・生物多様性）について特に貢献することを意識し、17（実施手段）を用いたグローバル・パートナーシップの活性化を図りながら国際社会の持続可能な開発に寄与するものとする。

6. 地域貢献の推進

水俣病患者や水俣病発生地域への福祉的及び技術的支援を推進するために、国水研の研究成果及び施設を積極的に活用した以下の取組を行う。

(1) 脳磁計及び MRI を使用したメチル水銀中毒症の病態及び治療効果の客観的評価法に関する研究の推進

平成 20（2008）年度から導入した脳磁計及び平成 24（2012）年度から導入した MRI を使用して、メチル水銀中毒症について、病態及び治療効果を客観的に評価するシステムの確立を目指して研究を推進する。また、研究に当たっては、国保水俣市立総合医療センター、熊本大学、熊本託麻台リハビリテーション病院、独立行政法人国立病院機構熊本南病院、産業技術総合研究所、鹿児島大学、久留米大学等と連携し、脳磁計及び MRI を積極的に活用する。

(2) 水俣病に対する治療法の検討

水俣病患者、特に胎児性・小児性水俣病患者の諸症状に対する磁気刺激治療や機能外科等の最先端の治療の適用について、脳神経外科、脳神経内科、リハビリテーション医学の幅広い専門医と

討議を行い、地元の医療機関と協力して治療研究を進める。

(3) 外来リハビリテーションの充実

胎児性、小児性を中心とした水俣病患者の QOL（生活の質）の向上を第一の目的に、外来リハビリテーションを実施し、新しいリハビリテーション手法や先端技術を取り入れたリハビリテーション機器を積極的に導入し、加齢に伴う身体能力や機能の変化に対応したプログラムによる症状及び ADL（日常生活動作）の改善を目指す。さらに、参加者の生活の場、即ち自宅、入所施設、日々の活動施設等での QOL 向上のために適宜訪問を行い、ADL 訓練や介助方法、福祉用具や住環境整備について助言、指導する。

(4) メチル水銀汚染地域における介護予防事業の支援

かつてのメチル水銀汚染地域における住民の高齢化に伴う諸問題に対して、ADL の低下を予防することで健康維持につながるよう、リハビリテーションを含む支援を行う。具体的には、平成 18（2006）年度から令和元（2019）年度まで実施した介護予防事業の成果をもとに、地域に浸透した事業に対する参画・支援を行い、水俣病発生地域における福祉の充実に貢献する。

(5) 介助技術・リハビリテーション技術に関する情報発信の充実

水俣病発生地域の医療の一翼を担い、介助技術・リハビリテーション技術を地域に普及させるために、介護、リハビリテーション及び医療関係者を対象にして、第一線で活躍している講師を招き、介助技術・リハビリテーション技術に関する講習会を開催し、知識の共有及び技術の向上を図る。

(6) 水俣・芦北地域水俣病患者等保健福祉ネットワークでの活動の推進

水俣病患者及びその家族への保健福祉サービスの提供等に関わる機関等で構成される「水俣・芦北地域水俣病患者等保健福祉ネットワーク」に参加し、関係機関との情報交換を行い、必要とされるリハビリテーション技術及び医療情報の提供を行う。

(7) 水俣環境アカデミアとの連携

水俣環境アカデミアが実施する水俣地域における研修及び視察に関し、研修生の受入や研究者の講師派遣を積極的に行うとともに、各種事業への相互参画等、連携を図る。

(8) 水俣高等学校への支援

水俣市、水俣高等学校及び国水研による連携・協力に関する協定に基づき、次世代を担う人材育成、人的・物的資源の相互活用、水俣地域の活性化等について、継続して取り組むものとする。

(9) 地元関係機関等との連携の強化

周辺自治体、地元医療機関、社会福祉協議会、水俣病患者入所施設・通所施設等水俣病患者等の支援に係る関係機関等との連携を図り、水俣病患者に関する情報交換及び共同事業を推進する。環境中における水銀研究においても、水俣及び八代海周辺の漁業協同組合、熊本県漁連等の諸関係機関並びに周辺地域住民の意見や要望を配慮して研究を推進し、その情報の発信と地域とのつながりを重視した共同事業等を推進する。

(10) 地域創生に向けた取組の推進

水俣市と締結した包括的連携協定を踏まえ、水俣病発生地域の活力ある将来を創出するための調査・研究及び業務を推進する。

(11) 情報センターを活用した地域貢献の推進

情報センターを活用して水俣病発生地域の再生及び振興並びに環境教育及び学習を推進する。

7. 国際貢献の推進

「水銀に関する水俣条約」において政府が国際社会に示した MOYAI イニシアティブの内容世界の水銀汚染問題の現状等をふまえ、以下に示すような活動を行う。

(1) 国際的研究活動及び情報発信の推進

平成 9（1997）年以降、毎年水俣で開催してきた NIMD フォーラムは、平成 19（2007）年以降、国際水銀会議におけるスペシャル・セッションとしても開催するようになった。今後も、世界の水銀研究者とのネットワーク形成、世界における水銀汚染・最新の水銀研究についての国内外への発信、国水研からの研究成果発信、海外（特に開発途上国の研究者）への水銀研究の普及等の場として、NIMD フォーラムを継続する。国際水銀会議におけるブースでの水銀に関する情報発信についても継続して実施する。更に、有機水銀の健康影響に関する WHO 研究協力センターとしての任務を遂行するとともに、UNEP 水銀プログラムにおいても、水銀に特化した研究センターとしての専門性を発揮していく。また、開発途上国における環境やヒトへの水銀曝露影響が懸念される地域に対し、モニタリング技術の移転等、技術的見地からの貢献を目指す。

(2) 水銀研究活動の支援

国水研は、国際的な水銀研究振興拠点であることから、海外からの研修生等を積極的に受け入れる。また、海外研究者との共同研究の実施及び水銀研究に関する情報交換を推進するため施設環境の整備を図るとともに、指導的研究者を必要な期間招聘できる予算の確保に努める。

発展途上国における水銀汚染に対して、国水研が保有する研究成果、知見及び技術を活かし、現地での調査・研究、技術支援及び共同研究を行う。

これらに関連して、JICA、UNEP、WHO その他機関との連携をこれまで以上に深めるとともに、より効果的、効率的な研修のため、国水研として積極的に事業プログラムに参画し、その計画や内容に対して提案を行う。

(3) 水銀分析技術及び研修機能の充実並びに簡便な水銀分析技術の開発及び普及

「水銀に関する水俣条約」の発効を受けて、発展途上国では信頼性の高い水銀分析技術が一層重要視されることが想定される。これらのニーズに対応するために、水銀の分析技術及び研修受入体制の充実を図り、後発開発途上国でも活用可能な簡便な水銀の計測技術をメチル水銀に焦点を当てて開発するとともに、計測に有効な標準物質を提供していく。

(4) 国際的ニーズに応じた支援・研究

国際的に発生する新たな水銀汚染及び環境影響への懸念に対し、知見及び技術の提供支援を行うとともに、調査・研究等による関与について積極的な検討及び実施を図る。

8. 広報活動及び情報発信機能の強化並びに社会貢献の推進

(1) 水俣病情報センター機能の充実

水俣病に関する情報及び教訓を国内外に発信することを目的に設置された水俣病情報センターの機能をより充実させるため、以下を実施する。

①水俣病等に関する歴史的・文化的資料及び学術研究資料を保管・管理する内閣総理大臣指定の研究施設として、公文書等の管理に関する法律、行政機関の保有する情報の公開に関する法律及び関連法規の規定に則り、資料収集を行い、それらの適正な保管・管理を徹底する。さらに、保

管資料の学術研究等の適切な利用の促進について、外部有識者の意見を踏まえつつ、利便性の向上を図る。

②最新の情報を発信し、体験型展示の拡充及び展示多言語化等、来館者のニーズに合致した効果的な展示を実現する。

③隣接する水俣市立水俣病資料館及び熊本県環境センターとの連携・協力を一層強化し、総合的な環境学習の場を提供する。

(2) ホームページの充実

ホームページは、国水研の活動を不特定多数に伝えるのに有用な手段であり、研究成果、講習会、広報誌、一般公開、NIMD Forum 等の情報を、研究者のみならず多くの国民が理解できるよう、わかりやすく、タイムリーに公開する。

(3) 水銀に関する情報発信の推進

国、県又は市主催の環境関連イベント等において、水銀に関する情報提供に協力する。国水研及び水俣病情報センターの来訪者並びに各種環境関連イベント参加者のうち、希望者に毛髪水銀測定を実施し、情報提供を行う。水銀に関連する問い合わせへ適切に対応するとともに、水銀に関連して作成したパンフレットや WEB サイトなどを活用して、関連する問題について適切な情報の発信・普及を推進する。

(4) 広報誌「NIMD+you」の発行継続

平成 26（2014）年度に名称を改めた広報誌「NIMD+you」については、発行を継続する。

(5) オープンラボ（一般公開）の定期的開催

子どもを含めた地域住民に対して国水研の認知度を高め、その研究や活動について広報するために、国水研の施設の一般公開を実施する。

(6) 見学、視察、研修の受け入れ

国水研及び水俣病情報センターへの見学、視察、研修について、積極的に受け入れる。

(7) 水銀に関する環境政策への関与

①環境本省との緊密な連携を図り、政策・施策の情報把握、所内周知を行い、必要な情報を環境本省へ提供する。

②環境本省関連の水銀等に関する各種会議へ積極的に参加し、国水研の研究成果をもって、関連政策の立案や実現へ貢献する。

③世界で唯一の水銀に特化した研究機関として、国際機関との協力関係の発展に資する情報発信に努めるとともに、国際機関の活動に貢献する。

9. 研究評価体制の維持

環境省研究開発評価指針（平成 21 年 8 月 28 日総合環境政策局長決定）及び国立水俣病総合研究センター研究開発評価要綱（平成 19 年 9 月 13 日国水研第 103 号）に基づき、研究機関としての評価及び国水研の研究者の業績評価を以下のとおり実施する。

(1) 機関評価委員会

機関評価委員会は、国水研の運営方針、組織体制、調査・研究及びその支援体制、業務等が設置目的に照らし、妥当であるか、有効であるか及び改善すべき点は何かを明らかにすることを目的に、機関評価を 3 年に一度実施する。

(2) 研究評価委員会

研究評価委員会は、5年間の中期計画に照らし、各年度における調査・研究及び業務の実施及び進捗状況を評価した上で、翌年度の企画について意見を述べる。各年度の第4四半期ごとに研究評価会議を開催し、最終年度は、中期計画に照らして研究成果を評価するとともに、次期中期計画について意見を述べる。

(3) 研究評価結果の反映と公表

研究評価委員会による評価結果は、国水研の調査・研究及び業務の効果的・効率的な推進に活用する。調査・研究及び業務への国費の投入等に関する国民への説明責任を果たし、評価の公正さ及び透明性を確保し、並びに、調査・研究の成果や評価の結果が広く活用されるよう、評価結果は公表する。

また、研究評価委員会で示された評価を受け、研究企画官による会議において翌年度以降の各課題の研究方針及び配分予算に係る協議・調整を行い、所長の承認を得るものとする。

(4) グループリーダー会議

グループリーダー会議は、所長、次長、主任研究企画官、各部長、各研究グループの代表及び所長が指名した者から構成され、主任研究企画官を委員長とする。学会発表、論文投稿等の外部発表の内容の妥当性、外部との共同研究内容の妥当性、調査・研究に係る招聘・派遣の妥当性等について審議するとともに、調査・研究の企画及び情報共有を行い、グループ間の調整を図る。

また、研究評価委員会に先立ち、各年度の調査・研究及び業務の進捗及び成果について正当な研究評価を受けるため各課題の事前評価を実施する。

10. 活力ある組織体制の構築と組織運営の効率化

(1) 組織強化及び適正な業績評価

国水研の果たすべき役割及び地域事情を踏まえつつ、ワークライフバランスを考慮した効率的な組織運営となるよう役割分担、連携の体制及び人員配置について点検し、必要な措置を講じる。研究員の採用に当たっては、資質の高い人材をより広く求めるため、外部関係者の協力を得つつ、適切な公募を行う。また、職員の意欲の向上に資するよう、適正な業績評価を行う。

(2) 職員の健康管理への配慮

安心して研究等に取り組める環境を確保するため、ワークライフバランスの推進、ハラスメント対策、メンタルヘルス対策等を実施し、職員の健康管理を適切に行う。

(3) 調達等の適正な実施

施設整備並びに研究機器、事務機器及び共通消耗品の購入については、組織の責務、必要性、費用対効果、事務作業の効率化・適正化等について判断し、国水研の所在する地域性を踏まえ適正に実施する。

(4) 研究施設及び設備の有効利用の推進

他の研究機関等との連携・協力を図り、研究施設及び設備の共同利用を促進する等、その有効利用を図る。

(5) 文書管理の徹底及び個人情報の適切な管理

国水研の諸活動の社会への説明責任を果たすため、文書管理を徹底するとともに、開示請求への適切かつ迅速な対応を行う。また、個人の権利利益を保護するため、個人情報の適正な取扱いをより一層推進する。

11. 環境配慮

環境省の直轄研究所として環境配慮を徹底し、環境負荷の低減を図るため以下の取組を行う。

(1) 環境配慮行動の実践

使用しない電灯の消灯、室内温度の適正化、電灯の LED 化、裏紙の使用、3 R に基づく廃棄物の減量、適正な分別等を行う。また、深刻な海洋汚染問題の元凶となっているプラスチック製品（主にレジ袋、ペットボトル等のワンウェイ製品）の利用削減及び適正な処分を図る。物品・サービスの購入及び会議運営においても、環境配慮を徹底し、グリーン購入法特定調達物品等を選択する。また、環境配慮契約法による調達、省エネ改修についても積極的に進める。

(2) 適正な光熱水量等の管理

業務の環境配慮の状況を把握するため、毎月の光熱水量、紙の使用量及び廃棄物量を集計し、適正な管理を行い、環境配慮につなげる。

(3) 排水処理システムの保守・管理の徹底

排水処理システムの保守・管理を徹底し、不良箇所については、環境への影響が出ないよう速やかに修繕等を実施する。

12. 安全管理・事故防止等

関係法令等を踏まえた安全管理・事故防止等を行う。

(1) 保健衛生上の安全管理

①毒物劇物危害防止規定に基づき、毒物及び劇物の受払量及び保有量を記録し、盗難、紛失及び緊急事態の通報に備える。

②毒物及び劇物の廃棄の方法については政令等で定める技術上の基準に従い、適切に廃棄する。

③消防法上の危険物の適正保有のため定期点検を実施する。

(2) 事故防止

①危険有害であることを知らずに取り扱うことによる労働災害を防ぐため、薬品の危険有害性情報の伝達及び安全な取扱いに関する教育を行う。

②緊急事態及び事故並びに毒物劇物の盗難及び紛失が発生した際の危害を最小限に食い止めるために、事故発生時の応急措置に関する指導及び緊急連絡網の更新を適時行う。

(3) 有害廃液処理

①実験等により生ずる廃液を当センターの廃液処理フローに合わせて適正に分別し適宜保管するために必要な基礎知識及び情報に関する教育を、年度当初及び必要に応じて適宜実施する。

②実験廃液等に含まれる水銀及び他の共存化学成分も考慮し、適正な廃液処理を実施する。

(4) 放射線安全管理

国水研は放射性同位元素取扱施設を有しており、放射線障害防止法及び関係法令に基づく適正な安全管理を実施し、法令を遵守した研究実施のための教育訓練を年度当初及び必要に応じて適宜実施する。

別表

国水研中期計画 2020 調査・研究及び業務企画一覧

I. プロジェクト研究

1. メチル水銀による神経毒性メカニズムとその予防及び治療に関する基礎研究

病態メカニズムグループ

2. メチル水銀曝露のヒト健康影響評価及び治療に関する研究

臨床・福祉・社会グループ

3. 海洋中における形態別水銀の鉛直分布構造の要因解明

自然環境グループ

4. 水銀分析技術の簡易・効率化と標準物質の開発

国際貢献・情報グループ

II. 基盤研究

1. 病態メカニズムグループ

(1) 食品成分によるメチル水銀の健康リスク軽減に関する研究

(2) メチル水銀によるタンパク質機能変動とその防御因子に関する研究

(3) メチル水銀毒性センサーの開発と毒性機序の解析

2. 臨床・福祉・社会グループ

(1) 水俣病被害地域における地域再生に関する研究

3. リスク評価グループ

(1) 水俣病における水銀とセレンの共存及びメチル水銀の胎児影響に関する研究

(2) メチル水銀曝露に対するハイリスクグループの曝露評価システムの強化

(3) 開発途上国における水銀の曝露評価と技術移転

4. 自然環境グループ

(1) 土壌及び水・底質環境中における水銀の動態に関する研究

(2) 大型海洋生物等におけるセレンとの複合体形成によるメチル水銀毒性の生体防御

(3) 魚類への水銀蓄積の起点となる基礎生産者動態と食物連鎖を介した生物濃縮に関する研究

(4) 発生源別水銀安定同位体組成のキャラクタリゼーション

(5) 海洋におけるメチル水銀の形態変化過程に関与する微生物群の動態解明

(6) アジア・太平洋地域における大気中水銀の中・長期的濃度変動要因に関する研究

III. 業務

1. 臨床・福祉・社会グループ

- (1) 地域福祉支援業務
- (2) 水俣病患者に対するリハビリテーションの提供と情報発信
- (3) 水俣病に関する病理標本の適切な管理及びこれらを用いた情報提供
- (4) 水俣市との包括的連携協定に関するニーズ調査業務

2. リスク評価グループ

- (1) 毛髪水銀を介した情報提供

3. 自然環境グループ

- (1) 水俣湾水質モニタリング及び水俣地域における各種活動支援
- (2) 小・中学生を対象とした科学技術研究に関するアウトリーチ活動

4. 国際貢献・情報グループ

- (1) 世界における水銀汚染懸念地域の毛髪水銀調査
- (2) NIMD フォーラム及びワークショップ
- (3) 国際共同研究事業の推進
- (4) 水俣病情報センターにおける情報発信及び資料整備
- (5) WHO 協力機関としての活動

資料 3

令和 2 年度 グループ別 研究・業務課題一覧

グループ	区分	課題番号	課題名	代表担当者
病態メカニズム	プロジェクト	PJ-20-01	メチル水銀による神経毒性メカニズムとその予防及び治療に関する基礎研究	藤村成剛
	基盤研究	RS-20-01	食品成分によるメチル水銀の健康リスク軽減に関する研究	永野匡昭
	基盤研究	RS-20-02	メチル水銀によるタンパク質機能変動とその防御因子に関する研究	鵜木隆光
	基盤研究	RS-20-03	メチル水銀毒性センサーの開発と毒性機序の解析	住岡暁夫
臨床・福祉・社会	プロジェクト	PJ-20-02	メチル水銀曝露のヒト健康影響評価及び治療に関する研究	中村政明
	基盤研究	RS-20-04	水俣病被害地域における地域再生に関する研究	原田利恵
	業務	CT-20-01	地域福祉支援業務	中村政明
	業務	CT-20-02	水俣病患者に対するリハビリテーションの提供と情報発信	中村 篤
	業務	CT-20-03	水俣病に関する病理標本の適切な管理及びこれらを用いた情報提供	丸本倍美
	業務	CT-20-04	水俣市との包括的連携協定に関する業務	原田利恵
リスク評価	基盤研究	RS-20-05	水俣病における水銀とセレンの共存及び メチル水銀の胎・乳児影響に関する研究	坂本峰至
	基盤研究	RS-20-06	メチル水銀曝露に対するハイリスクグループの曝露評価システムの強化	山元 恵
	基盤研究	RS-20-07	開発途上国における水銀の曝露評価と技術移転	山元 恵
	業務	CT-20-05	毛髪水銀分析を介した情報提供	永野匡昭

自然環境	プロジェクト	PJ-20-03	海洋中における形態別水銀の鉛直分布構造の要因解明	丸本幸治
	基盤研究	RS-20-08	土壌及び水・底質環境中における水銀の動態に関する研究	松山明人
	基盤研究	RS-20-09	大型海洋生物等におけるセレンとの複合体形成によるメチル水銀毒性の生体防御	丸本倍美
	基盤研究	RS-20-10	魚類への水銀蓄積の起点となる基礎生産者動態と食物連鎖を介した生物濃縮に関する研究	吉野健児
	基盤研究	RS-20-11	発生源別水銀安定同位体組成のキャラクタリゼーション	伊禮 聡
	基盤研究	RS-20-12	海洋におけるメチル水銀の形態変化過程に関与する微生物群の動態解明	多田雄哉
	基盤研究	RS-20-13	アジア太平洋地域における大気中水銀の中・長期的濃度変動要因に関する研究	丸本幸治
	業務	CT-20-06	水俣湾水質モニタリング及び水俣地域における各種活動支援	松山明人
	業務	CT-20-07	小・中学生を対象とした科学技術研究に関するアウトリーチ活動	丸本倍美
国際貢献・情報	プロジェクト	PJ-20-04	水銀分析技術の簡易・効率化と標準物質の開発	原口浩一
	業務	CT-20-08	世界における水銀汚染懸念地域の毛髪水銀調査	藤村成剛
	業務	CT-20-09	NIMD フォーラム及びワークショップ	松山明人
	業務	CT-20-10	国際共同研究事業の推進	松山明人
	業務	CT-20-11	水俣病情報センターにおける情報発信及び資料整備	原田利恵
	業務	CT-20-12	WHO 協力機関としての活動	山元 恵

資料 4

令和 2 年度人事異動

年月日	職 名	氏 名	異動事由	備 考
R2.4.1	総務課長	田中 雅国	転入	九州地方環境事務所より
R2.4.1	総務課補佐	遊佐 秀憲	転入	近畿地方環境事務所より
R2.4.1	総務課経理係	佐藤 篤史	転入	厚生労働省会計課より
R2.8.11	所長	正林 督章	転出	厚生労働省健康局へ
R2.8.11	所長	森光 敬子	転入	厚生労働省保険局より
R2.12.31	総務課補佐	遊佐 秀憲	退職	
R2.12.31	国際・総合研究部 国際・情報室主査	勝田 孝	退職	
R3.3.31	総務課長	田中 雅国	再任用任期 満了及び更新	令和 4 年 3 月 31 日まで
R3.3.31	国際・総合研究部 国際・情報室主査	杉田 高行	再任用任期 満了及び更新	令和 4 年 3 月 31 日まで
R3.3.31	環境・保健研究部 環境保健研究室	劉 曉潔	退職	