水俣湾に残留する微量水銀の In-situ methylation 機構に関する現地調査について

九州大学大学院　学生員　谷中敬亮・松本賢・Edistri Nur Fathya　フェロー　矢野真一郎
長崎大学大学院　正員　多田彰秀　環境省国立水俣病総合研究センター　松山明人

１．はじめに

水俣病の発症が公式に確認されてから2016年でちょうど60年が経過した．水俣湾においては，高濃度の水銀(25ppm以上)を含む底泥は除去されており，水俣病のような重篤な健康被害が発声する恐れはないと考えられている．しかし，微量な水銀(最大10ppm程度)を含む底泥が残留しており，リスク管理の観点から今後もモニタリングが必要と考えられる．著者らの研究グループでは，2006年以降長期的に海水中の水銀濃度のモニタリングを継続している．その結果より，自然環境下で無機水銀がメチル水銀へと変化するいわゆる *In-situ* methylation が夏季降雨時に起こっていることを確認している[Matsuyama *et al.* (2010)]．しかし現在のところ，その機構は明らかとなっていない．そこで本研究では，水俣湾において夏季に行った集中モニタリング結果を用いたデータ解析を行い，*In-situ* methylation に影響を及ぼす環境要因の推定を試みた．

２．現地観測の概要

水俣湾において *In-situ* methylation は，高水温・低塩分の条件下で発生しやすいことがわかっており[Matsuyama *et al.* (2010)]，河川からの出水による淡水流入が影響している可能性が示唆されている．ただし，2006年から継続している月に1回の調査では，大潮を対象にしているため夏季の出水期と必ずしも一致しておらず，メチル化が起こっていない場合も見受けられた．そこで，梅雨期に2日に1回の集中観測を行うことで，より確実にメチル化を捉えるよう調査を計画した．

今回の観測では，2015年7月6日から7月18日の期間，ならびに2016年7月5日から7月17日の期間において，**図-1**に示すSta.1～3の3地点において海水中水銀のモニタリングを実施した．各期間中に1日ごとに，最大下げ潮時の前後1時間程度の間で，採水を行った．採水深度は，海表面下0m，6m，10m，海底上1m，0.1mの5層である．観測船より採水層を確認できるように，テフロン製ホース先端に

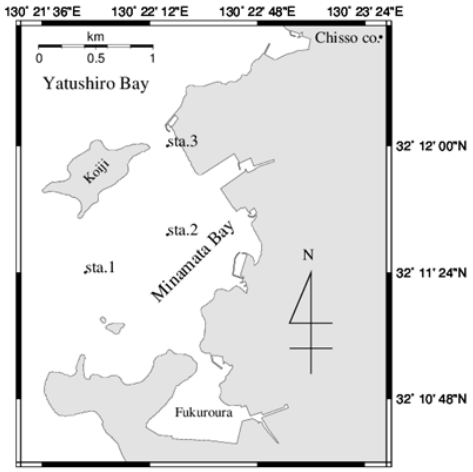

図-１　現地観測の測点

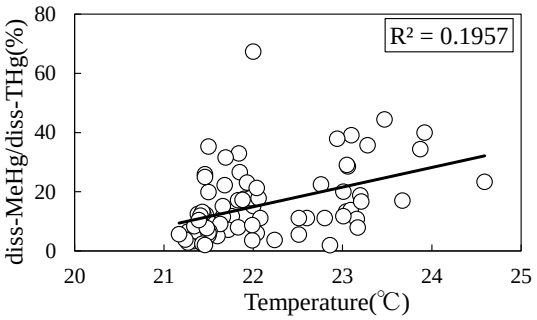

図-2　diss-MeHg/diss-THg と水温の関係

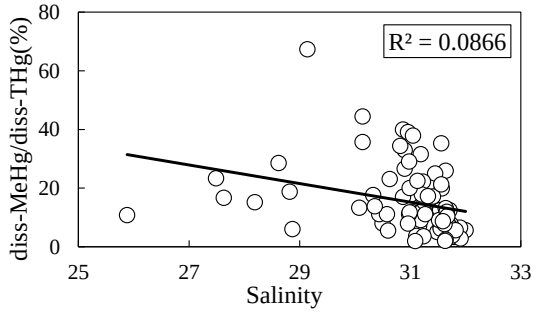

図-3　diss-MeHg/diss-THg と塩分の関係

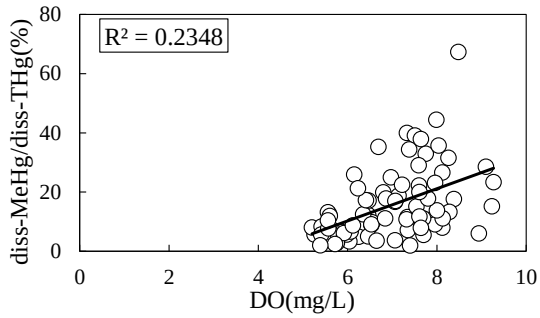

図-4　diss-MeHg/diss-THg と DO の関係

深度計を取り付けたポンプ式採水器で海水サンプルを 2L ずつガラス瓶に取った．水銀の測定項目は，懸濁態総水銀，懸濁態メチル水銀，溶存態総水銀(diss-THg)，溶存態メチル水銀(diss-MeHg)の 4 項目であり，加えて SS 濃度も分析している．また，採水と並行して多項目水質計(AAQ1183, JFE アレック社製)を用いた水温，塩分，DO 等の鉛直分布測定も行っている．

３．観測結果と考察

本研究では，観測によって得られたデータのうち水温，塩分，DO の 3 種の水質項目と溶存態水銀のメチル化度合いを示す diss-MeHg/diss-THg の関係性を調べた．また，本稿投稿時にデータが揃っていた 2015 年調査のデータのみを用いた解析を行った．

まず，diss-MeHg/diss-THg と各項目との単回帰分析を行った．得られた結果を**図-2～4** にそれぞれ示す．メチル化に対して水温，DO は正の相関，塩分は負の相関をそれぞれ示したが，決定係数は高くなかった．

そこで，*In-situ* methylation に関係する複合的な水質条件に関する検討を行うためにクラスター解析により，水温，塩分，DO の 3 項目に関するグループ分けを行った．今回の検討では，上層と下層がそれぞれグループ化され，淡水流入があった条件がグループ化されたという理由からグループ数を 10 個とした場合で議論する．

各グループの項目の平均値に対する diss-MeHg/diss-THg の関係をみたところ，相関の傾向は変わらなかったが，決定係数 R^2 はそれぞれ，水温と 0.4807，塩分と 0.2051，ならびに DO と 0.601 と上昇した．また，各相関図から大きい外れ値をもつグループが存在していることが分かった．これらのグループは，主に表層のデータで構成されていたことから，表層を除いたデータにより同様な検討を行った（**図-5～7**）．決定係数は水温と 0.51，塩分と 0.5423，DO とは 0.6317 となり，3 項目とも相関がより顕著になった．このことから表層より下の層では水温，塩分，DO が関連することが示唆された．一方で，表層については他の要因も関連したメチル化機構が存在している可能性が示唆された．

４．まとめ

水質項目についてクラスター解析を用いたグループ化を行うことで，水温，塩分，DO とメチル化との相関性を確認することができた．これより水俣湾の中底層では高水温・低塩分条件下で *In-situ* methylation が起きやすいことが再確認された．一方で，表層ではこれらの環境要因と異なる条件が必要である可能性が示唆された．

今後は，現在測定中の 2016 年データに加えて，栄養塩類や TOC，海水中の微生物の情報を含めた統計解析を行い，*In-situ* methylation 機構の解明に努めたい．

［**謝辞**］本研究は科研費基盤研究(B) (24360200) により実施された．

［**参考文献**］ 1) Matsuyama *et al*. (2010): Mercury Speciation in the Water of Minamata Bay, Japan, *Water, Air and Soil Pollution*, Vol.218, pp.399-412.

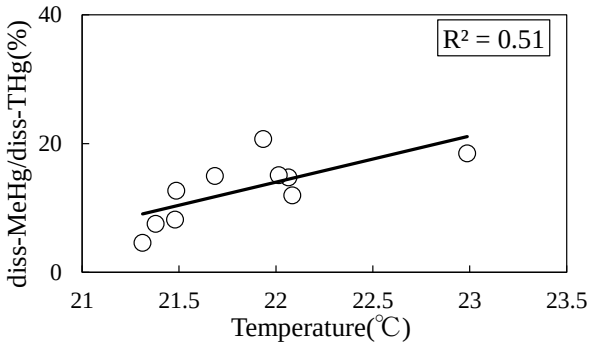

図-5 diss-MeHg/diss-THg と水温の関係
（表層なし，グループ化後）

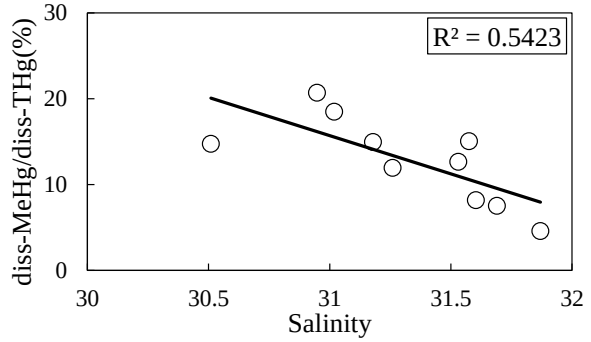

図-6 diss-MeHg/diss-THg と塩分の関係
（表層なし，グループ化後）

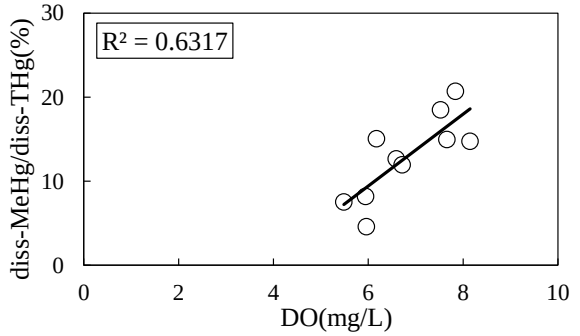

図-7 diss-MeHg/diss-THg と DO の関係
(表層なし，グループ化後)