

水俣湾における海水中懸濁態総水銀と浮遊懸濁物の粒度分布との関係に関する再検討について

九州大学大学院 学生員 松本賢・川瀬颯人・Edis Fathya 正 員 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

1956 年に水俣病が公式に確認されてから約 60 年たった現在でも、世界各国では環境中に放出された水銀による人体への影響が懸念されている。多くの途上国では金採掘場において金の抽出に大量の水銀が使用され、その水銀が回収されないまま環境中に放出されている。よって、水銀による水・土壌汚染や採掘に携わる作業者と周辺住民への健康被害が大きな社会問題となっている。例えば、インドネシアの小規模金鉱山において水銀汚染が発生し、作業者の半数以上が水銀中毒の症状が出現している[高岡ら(2014)]。また、ブラジルのアマゾン川流域では上流で金山採掘に利用した水銀をそのまま川に垂れ流し、水銀に汚染された魚介類を下流域の住民が食べたことによる水銀暴露が報告されている[赤木(1995)]。

我々の研究グループでは、過去に重大な水銀汚染が起り、現在も微量ながら自然界のバックグラウンド濃度より水銀濃度が高い水俣湾を研究対象とし、世界の海洋水銀汚染問題の解決に貢献することを目的に現地調査と数値モデル開発を行っている。

水銀動態を予測する数値モデルを開発するために必要な基礎データの取得を目的として、これまで現地観測を 10 年以上にわたり定期的に行ってきた。数値モデルにおいては、海水中水銀を溶存態と懸濁態に分けて記述する必要があるが、このうち懸濁態については底質中の土粒子などへ付着したものが再懸濁して浮遊していると考えられる。したがって、その濃度は浮遊懸濁物(以下 SS)濃度だけではなく、粒径、すなわち比表面積にも依存すると想定される。しかしながら、粒径毎に分画した SS から水銀濃度を測定することは大量なサンプル(数十 L 程度)を遠心分離するなどの必要から現実的には不可能と考えられる。そこで、採水サンプルの懸濁態水銀濃度と採水深度に対応する層の SS 粒度分布パターンとの相関性を調べることで、SS の比表面積に対する関係を求めることを目的として、2010 年より SS の粒度分布を現地で直接測定可能な唯一の機器である LISST-100X を導入した調査を開始した[矢野ら(2013)]。

本研究では、矢野ら(2013)が行った懸濁態水銀濃度と SS 粒度分布パターンとの相関性の検討に、その後

行った観測データを加えて検討の精度を高めることと、任意性のあるデータのグループ化手法に代えて統計的に信頼性のあるグループ化を行う方法への改良を試みた。本稿では、新たにデータを加えて最適なグループ分けを再度行い調べた粒度分布パターンの各グループと対応する懸濁態水銀濃度との相関性について報告する。

2. 現地観測の概要

2010 年 10 月から概ね月に 1 度、下げ潮最強時の前後 60 分に図-1 に示す水俣湾内の観測地点 Sta.1～3 の 3 地点において、LISST-100X(Sequoia Scientific 社製)を用いて SS の粒度分布の鉛直構造を測定した。LISST-100X は、現場の水中において SS の粒径スペクトルを直接観測可能にしたレーザー回折式測定器である。本研究で使用したのは、測定可能レンジが粒径 2.5～500 μm のタイプである。観測でのサンプリング間隔は 1 秒とし、測器本体をほぼ水平に保ってロープで吊りし、観測船上より人力で海面から海底にゆっくりと降ろすことで SS の粒度分布の鉛直分布を得ている。観測の際は、1m あたり 5～6 個サンプリングができるように約 0.2m/s の速さで人力により海底に向かって下ろしながら連続測定を行った。

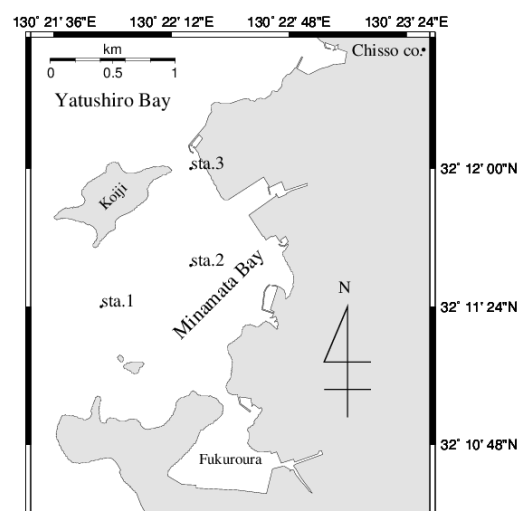


図 - 1 現地観測の測点

表-1 各グループの粒度分布特性
(ハッチはデータ数が比較的多いグループを示す)

No.	N_r	$D_{50}(\mu\text{m})$	$\sigma(\mu\text{m})$	尖度	歪度
1	4	400<	2.0<	-0.5>	150-200
2	1	300-400	1.0>	-0.5-0	50-100
3	12	100-200	1.0>	0-0.5	100-150
4	4	200-300	1.0-2.0	-0.5-0	50-100
5	1	100>	1.0>	0-0.5	50>
6	15	400<	1.0-2.0	-0.5-0	50-100
7	2	300-400	1.0-2.0	-0.5>	100-150
8	6	300-400	1.0>	-0.5>	150-200
9	2	300-400	1.0>	-0.5-0	200<
10	2	100-200	1.0>	0-0.5	150-200
11	4	200-300	1.0>	-0.5>	100-150
12	1	200-300	1.0>	0-0.5	100-150
13	8	100>	1.0>	0-0.5	50-100
14	1	100>	1.0>	0.5<	100-150
15	4	100>	1.0>	0-0.5	150-200
16	8	300-400	1.0-2.0	-0.5>	50-100
17	1	300-400	2.0<	-0.5-0	50-100
18	7	100>	1.0-2.0	0.5<	50-100
19	12	300-400	1.0-2.0	-0.5>	150-200
20	29	200-300	1.0-2.0	-0.5-0	150-200
21	9	100>	1.0-2.0	0.5<	50-100
22	5	100>	1.0-2.0	0.5<	100-150
23	12	100-200	1.0>	0.5<	100-150
24	1	300-400	1.0-2.0	-0.5-0	100-150
25	1	300-400	1.0>	-0.5-0	150-200
26	1	200-300	1.0>	-0.5-0	100-150
27	16	100>	1.0>	0.5<	150-200
28	1	300-400	1.0-2.0	-0.5-0	50-100
29	1	300-400	2.0<	-0.5>	50-100
30	1	300-400	1.0-2.0	-0.5-0	150-200

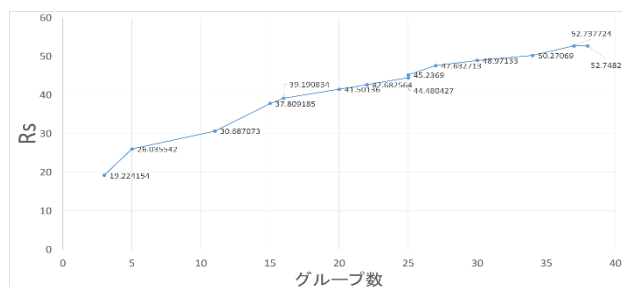


図-2 グループ数に対する R_s 値の分布

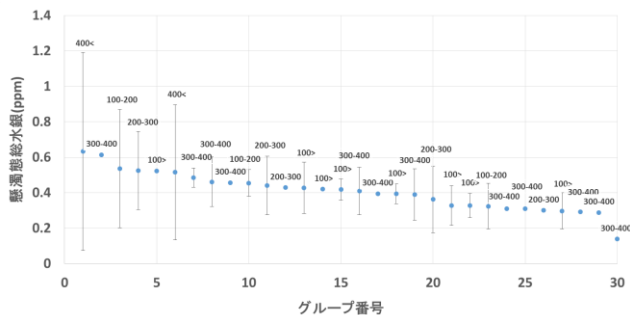


図-3 各グループの懸濁態総水銀濃度 (mean±SD)

3. 観測結果と考察

2010 年 10 月から 2014 年 8 月の間に取得された粒度分布データ(総数：169 個)のグループ分けを行った。ここで、グループ分けは、各 SS 粒度分布データから算出した中央粒径 D_{50} 、標準偏差 σ 、尖度、ならびに歪度の 4 種のモーメント値をもとに行った。その結果を矢野ら(2013)と同様にエン트로ピー法を用いて、グループ化の適性度を評価した。評価には R_s 値を用いてその変化率が小さくなるグループ数を最適と判断する手法を用いている[岡田ら(2009)]。図-2 にグループ数に対する R_s 値の評価結果を示す。これより、30 個に分類する場合が最適であると判断された。表-1 に 30 個のグループに分けた際の各グループの粒度分布の特性値を示す。グループに振り分けられたデータ数が比較的多いグループはハッチを付けた。なお、No.は対応する懸濁態総水銀濃度の平均値が高い順に並べ直して付けている。

図-3 にグループ分けを行った各グループと懸濁態総水銀との比較を示した。矢野ら(2013)で示されていた中央粒径と懸濁態総水銀濃度との負の相関性があり明確でない結果が得られた。

4. まとめ

水俣湾において継続的に実施した現地観測により得られた SS 粒度分布と懸濁態総水銀との間に明確な関係性を確認することができなかった。これは、得られた粒度分布データの統計的性質が比較的近いことや、グループ化する際に任意性が入るためと考えられる。今後はグループ分けの方法にクラスター解析の一種である K-mean 法などのノンパラメトリックな方法を用いるなどの工夫を行い、グループ分けの精度を上げることを試みたい。

謝辞：

本研究は科学研究費補助金基盤研究(B)「海水中における水銀の有機化(メチル化)反応に及ぼす環境要因の影響に関する研究」(課題番号：24350080, 研究代表者：松山明人)により実施された。ここに記し、感謝の意を表する。

[参考文献]：

- 1)矢野ら(2013)：土木学会論文集 B2 (海岸工学),69(2),I_1081-I_1085.
- 2)岡田ら(2009)：海洋開発論文集,25,401-406.
- 3)高岡ら(2014)：水銀に関する水俣条約と最新対策と技術.
- 4)赤木(1995)：病理生理,14(8),597-604.