

水俣湾における底泥の輸送構造に関する研究

九州大学大学院 学生員 大淵義剛 九州大学大学院 学生員 田井明 正会員 矢野真一郎
長崎大学工学部 正会員 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

沿岸域や海洋へ放出されたメチル水銀は微量であっても大型魚類や鯨などに生物濃縮し、それらを妊婦が大量に摂取した場合胎児に健康障害を及ぼす危険性が指摘されている。この問題に対し有効な対策を講じるためにも、海域における水銀の輸送構造の解明が求められる。矢野ら(2004)は底泥中に微量な水銀が残留する水俣湾において現地観測を行ってきた。本研究では、西側湾口中央部で夏季と冬季に連続観測を行い、微量残留水銀を含む底泥の輸送構造を把握することを試みた。

2. 現地観測の概要

2004年12月11日～2005年1月30日の52日間(以下、冬季)と2005年8月17日～9月17日の32日間(以下、夏季)に図-1に示す水俣湾の西側湾口中央部に位置する測点(32°11'19"N、130°21'49"S、平均水深約22m)において、超音波ドップラー流速計(以下、ADCP)(Nortek社製、Aquadop Profiler 1000kHz)2台とワイパー付きの後方散乱光式メモリー式濁度計(アレック電子社製、Compact-CLW)4台を図-2に示すように海底設置し、連続観測を実施した。今回、全層における流況とSS分布(以下、ADCP-1)に加え、底層付近の詳細な流況とSS分布(以下、ADCP-2)を把握するために2台のADCPを用いた。なお、設置地点は浮泥層が存在し、最下の濁度計から浮泥層表面までの距離 a は、冬季観測では設置時で8cm、撤去時で7cm、夏季観測では設置時で1cm、撤去時で0cmであった。各計測器のサンプリング時間は、ADCP-1:1分毎に30秒間、ADCP-2:20分毎に100秒間(冬季)、または10分毎に2分間(夏季)、濁度計:20分毎に30秒間とし、ADCPの測定層厚は50cmと設定した。各ADCPと濁度計は相互干渉を防ぐためにそれぞれ5m程度離して設置された。また、濁度計からSS濃度を換算するために、冬季観測では観測機器撤去時、夏季観測では観測機器設置時にそれぞれ底層水のサンプリングを行った。

3. 観測結果

冬季、夏季ともに観測期間中にADCP-1の電池が電圧低下したため、冬季は2004年12月12日～2005年1月8日の28日間、夏季は2005年8月17日正午～8月31日正午までの14日間のデータを用いて解析を行った。

ADCPから得られた反射強度 RL (ADCPの受波レベル)からSSへの変換を、以下に示す矢野らと同様の手

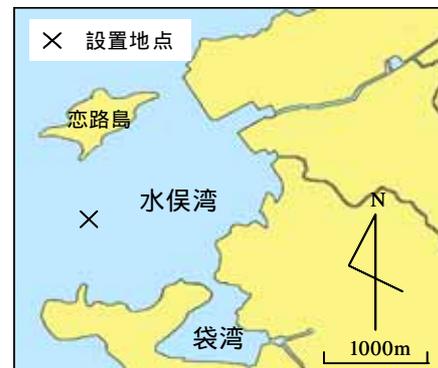


図-1 水俣湾の概略図

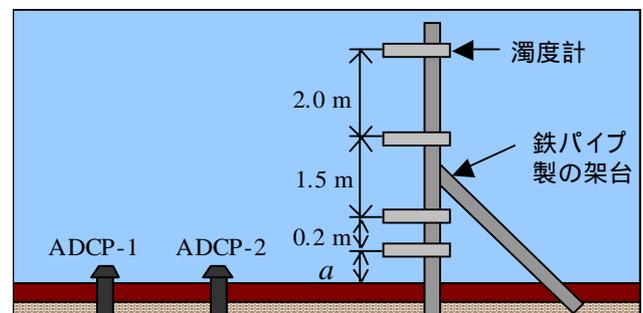


図-2 観測機器設置状況の概略図

順で行った。まず、体積後方散乱強度 SV をdB表記されたソナー方程式

$$SV = RL - SL + TL - A \quad (1)$$

で表す。ここで、 SL :送波レベル、 TL :球面拡散と海水の吸収による伝播損失、 A :ADCPのトランスデューサーにより決定される定数である。 TL に含まれる海水の吸収係数をFrancois and Garrison(1982)の実験式より、水深と水温はADCPによって測定された値を、pHと塩分濃度は観測期間中に実施した成層調査のデータを用いて推定したところ、冬季観測時は0.317dB/m、夏季観測時は0.304dB/mを得た。次に、 $(SL+A)$ の値はセンサーの特性により決定される定数である。今回SSによる超音波の影響がほとんどないときに SV が0になるという仮定の下、冬季観測期間中に得られた RL と TL を式(1)に代入して得られる最小値39.9dBを $(SL+A)$ とした。また、ADCPで直接測定される反射強度(単位:count)をdBへ変換するためのファクターは0.45dB/countとし、反射強度は3つのトランスデューサーの平均値を用いた。以上より SV を推定し、以下に示す SV とSS濃度の相関より、ADCPの反射強度からSS濃度の鉛直分布の推定を行う。

$$SS = \exp(0.1SV) \quad (2)$$

ここで、は比例定数である。今回SS測定の都合上

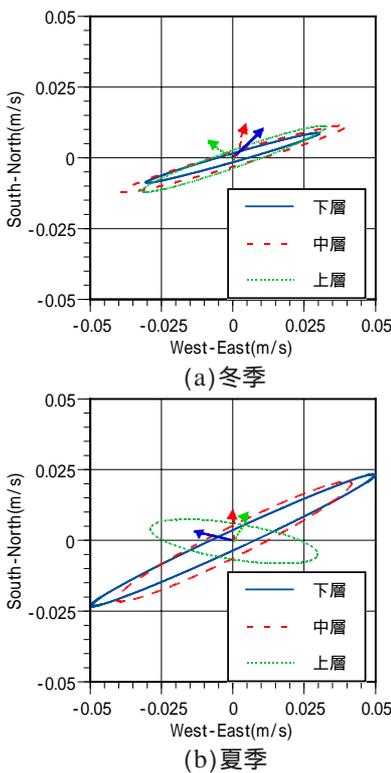


図 - 3 潮流楕円と残差流

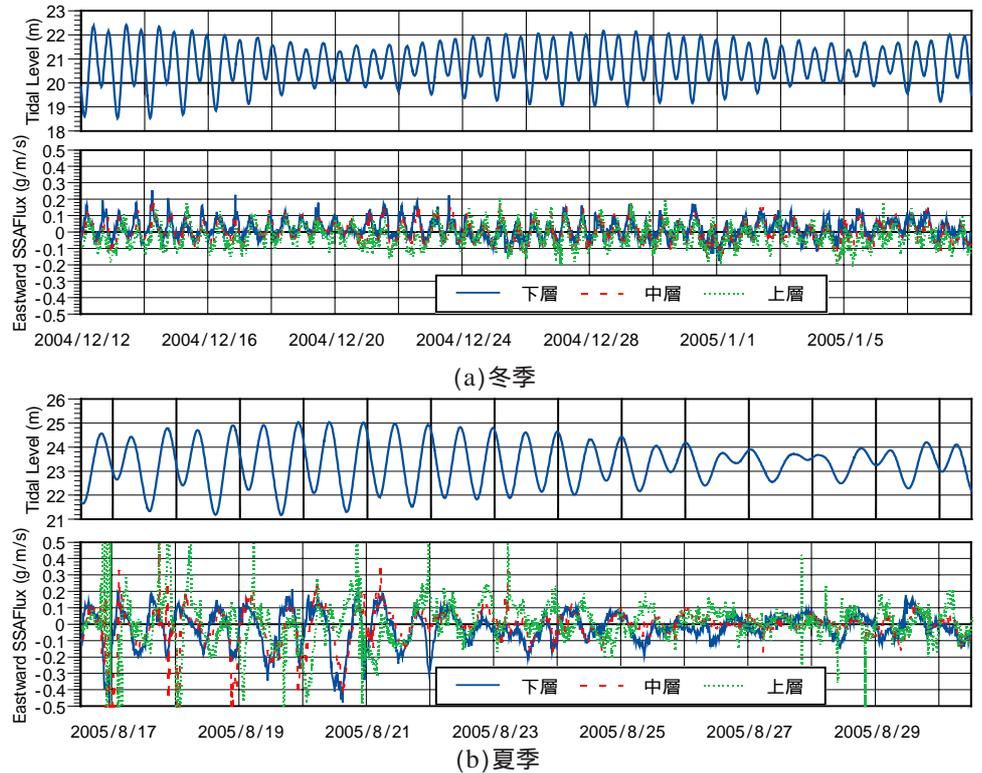


図 - 4 観測結果の時系列 (上段:潮位、下段:東西方向のSSAFlux)

の決定を行っていないため、 $\sigma = 1$ として得られる値を SSA と定義して定性的な解析を行った。なお、ADCP のサイドローブ干渉域として全水深の 15% 程度を表層から削除した。

ADCP-1 により得られた流速を水深によって上層、中層、下層に 3 等分し、層平均流速を最小二乗法により調和分解して得られた M_2 潮の潮流楕円と残差流ベクトルを図 - 3 に示す。冬季の潮流楕円から全層で東北東 - 西南西の流れが卓越しており、長軸長もほぼ等しい値が得られた。一方夏季には、中層と下層で冬季と同じ東北東 - 西南西の流れが卓越していたのに対し、上層においては東南東 - 西北西と卓越方向が異なっていた。2005 年 8 月 18 日の成層調査において、海面下約 6 m の地点を境に密度成層が形成されており、密度流の発達の原因の 1 つと考えられる。夏季における上層の長軸長は他の 2 層と比較すると小さいが、上層では S_2 潮の影響を大きく受けて流れが弱くなった。冬季と夏季の残差流は、それぞれ上層では北西と北北東向き、下層では北東と西北西向きと流入は逆転していた。中層では冬季に北北東向き、夏季には北向きと両時期において北よりの残差流が得られた。この結果から、八代海から水俣湾への流れを流入方向に取ると、冬季には下層で流入、上層で流出傾向が見られる、一方夏季には下層で流出、上層で流入傾向の残差流構造を生じていた。

図 - 4 にそれぞれ観測期間中の潮位と層平均 SSAFlux の東西方向成分(東向きを正)の時系列データを示す。ここでは SSA を用いているため、冬季と夏季

の定性的な比較のみを行う。冬季は全層一様に SS の流入が生じていた。一方夏季には上層と中下層において SS の流入が逆転する複雑な構造が確認された。また、2005 年 8 月 17 ~ 18 日に突発的に大きな SS の輸送が生じており、風の影響を受けて大きな流速が生じたことが原因として考えられるが、現段階で詳細は不明である。冬季と夏季の観測期間中に輸送されている SSA の総量をそれぞれ算出したところ、冬季には水俣湾への流入、夏季には逆に流出する結果が得られた。この結果は冬季と夏季の密度流構造の違いによって生じたと考えられる。

4. 結論

水俣湾の西側湾口中央部における連続観測により底泥輸送構造の把握を試みた。その結果、夏季における上層の流れの卓越方向が他層と異なっていたことが分かった。また、八代海から水俣湾への流れを流入方向に取ると、冬季には下層で流入、上層で流出の傾向、夏季には逆の流動構造を生じていた。さらに、冬季と夏季の観測期間中に輸送された SS をそれぞれ見積もったところ、冬季には流入、夏季には逆に流出する結果が得られた。今後、SS 濃度のデータを用いてより正確な底泥輸送量の算出を行う予定である。

[参考文献]

- 1) 矢野ら(2004):水俣湾における微量残留水銀動態に関する現地観測, 海岸工学論文集, 51, pp.1216 - 1220 .
- 2) Francois,R.E. and G.R.Garrison(1982):Sound absorption based on ocean measurements. part 1: Boric acid contribution and equation for total absorption, J.Accoust.Soc.AM., Vol72,No.6,pp.1879-1890