

令和元年度伊藤光昌氏記念学術助成金(研究助成)成果報告書

研究課題番号	H31-R4
研究課題名	世界的船舶解体場の海洋沿岸域における 重金属の挙動と融合型環境影響評価モデルの構築
研究代表者	長谷川 浩
所属・職 (または学年)	金沢大学理工研究域物質化学系・教授

1. 研究目的

バングラデシュ南東部の中心都市であるチッタゴンのベンガル沿岸域には、世界中の老朽船が集まる船舶解体場が集中し、世界でも有数の大型船舶最終地になっている。この地域では、囲いが全くない浅瀬において、日本由来のものを多く含む無数の老朽船が人海戦術で解体される (Figure 1)。船体に含まれる重金属類は直接周囲に排出され、鉛、カドミウム、6価クロム、スズ等による重金属汚染が懸念されている。

本研究では、途上国における重金属のフィールド調査を目的とした新しい on-site 分析法を開発した。また、ベンガル湾沿岸域における現地調査を実施して重金属類の分布と挙動を初めて明らかにするとともに、複合的に生態系への影響を評価

する指標により総合的な汚染度を把握する手法を開発した。

2. 方法

チッタゴン・ベンガル湾沿岸域における水質及び底質のフィールド調査をチッタゴン大学の研究協力者と共同で実施した。観測地点を Figure 2 に示す。

水試料は、現場で 0.45 μm フィルターでろ過して溶存態と懸濁態に分離し、塩酸を添加して pH2 で保存した。底質試料は、密閉性プラスチック容器に保存した。水温、pH、塩分度、酸化還元電位、電気伝導度等については、ハンディ型測定器で現場測定した。重金属濃度を現地で on-site 分析法により定量するとともに、日本に試料を送付

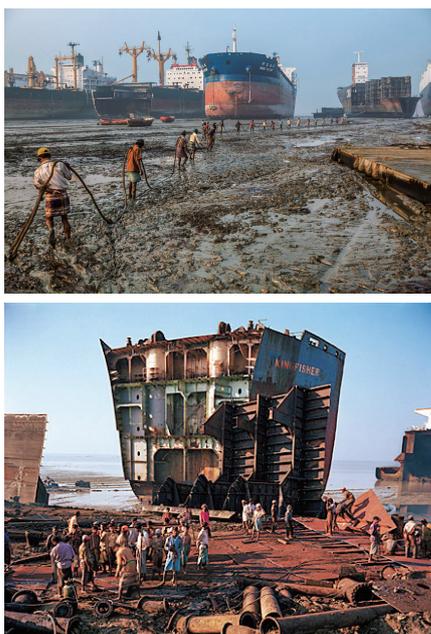


Figure 1 チッタゴンのベンガル湾沿岸域における船舶解体場の作業現場

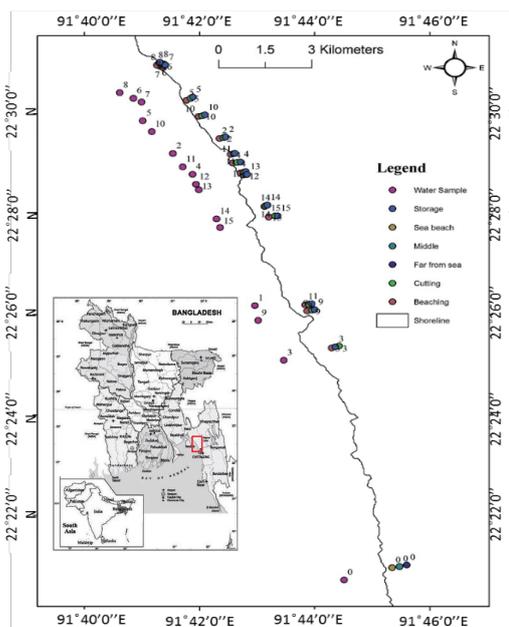


Figure 2 フィールド調査の観測地点
右下の赤枠が船舶解体場地域

し、ICP-OES および蛍光 X 線分析を用いて解析した。また、底質試料の一部については、化学的逐次抽出法を用いた重金属の形態別分析を行った。

3. 研究成果

途上国では、観測機器や電源設備のインフラが未整備であることが重金属汚染調査の実施を妨げる要因になっている。そこで本研究では、電源設備が不十分な地域でも実施できる海洋環境調査法として、1) 液体電極プラズマを利用した on-site 可搬型重金属分析法、2) 海藻幼胚を用いた生態影響評価法について検討した。

液体電極プラズマ (LEP) 発光分析装置は、電圧を印加した 10 mm 程度の石英セルの微小流路中で生じる LEP 中の原子発光現象を利用して重金属を定量する (Figure 3)。装置全体が辞書程度の大きさに小型化されており、フィールド観測の現場に持ち運ぶことができる可搬型機器である。しかしながら、海水の実試料のように塩類や有機物等の共存物質を多く含む条件では、多量成分の発光スペクトルが目的成分の発光スペクトルを干渉したり、微小電極に塩類が析出するなどの問題により適用できなかった。この課題に対して、本研究では試料水を超分子型固相吸着カートリッジに通して測定対象元素と妨害元素を分離する手法を開発した。本カートリッジとプラスチックシリンジで用いると、コンディショニング、通液、洗浄、溶離までの固相抽出を観測現場で実施可能であり、LEP 発光分析装置による定量と合わせる

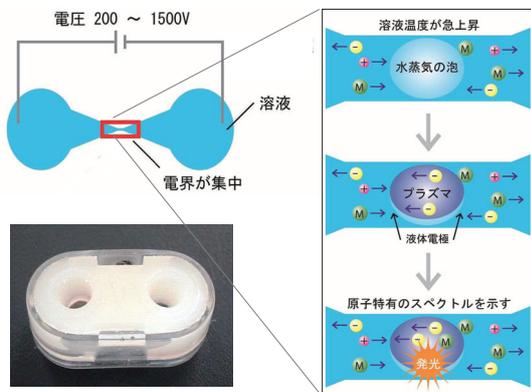


Figure 3 液体電極プラズマ発光分析装置のセル (左下) と原子発光の仕組み

ことにより、海水の実試料中における鉛、ヒ素、カドミウムなどの濃度を on-site で定量できた。

また、海藻幼胚を用いた生態影響評価法として、アカモク幼胚によるバイオアッセイ法を確立した。アカモクの幼胚は、遮光下、冷蔵庫 (4°C) にて 200 日以上の間でも活性を維持できる点において優れることが分かった。アカモク幼胚の阻害物質に対する感受性は、無影響濃度が 20 mg/L (阻害物質: フェノール) であり、既報の海藻や微細藻類と比較して同程度であった。本法をバングラデシュ沿岸海域で採取した実試料に適用した結果、培養初期の生長阻害について重金属濃度と正の相関が認められた。

Figure 4 にベンガル湾沿岸の船舶解体場で観測した海水及び底質中におけるヒ素および鉛の濃度分布を示す。本観測では、As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn の 8 元素の濃度分布を測定したが、海水中で WHO の環境基準値を超えたのはヒ素および鉛の 2 元素で、特に船舶解体の現場が集中する St. 13-15 間で鉛濃度が高くなった。また、底質中の 8 元素の濃度に応じた発ガン性健康リスクと非発ガン性健康リスクをそれぞれ積算評価した結果、発ガンリスクの平均値は人口 10 万人に 6-7 名と推定された。

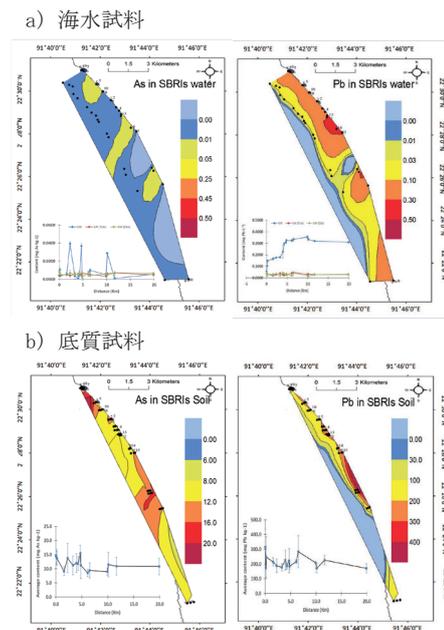


Figure 4 チッタゴン沿岸域におけるヒ素及び鉛の濃度分布