

琵琶湖および流入河川河口部付近における 底質のサンプリング調査と堆積年代の推定

早川和秀・横田喜一郎¹⁾

要 約

環境省に採択された京都大学事業の分担研究として、琵琶湖全域を対象に底質のサンプリングを行うとともに、ダイオキシン類の湖底分布特性を考察するための基礎情報として、底質の堆積速度や堆積の古環境について解析を行った。琵琶湖底質の堆積速度は、琵琶湖流域からの土砂供給の影響を強く受けていることが示唆された。琵琶湖全体に負荷される底泥の乾燥重量は、年間約25万トンと推定された。

1. はじめに

環境省は環境技術開発等推進事業として、産官学が連携して環境保全のための技術開発等を進める事業を推進している。平成15～16年には、京都大学GIS研究グループ(代表 清水芳久助教授)と、琵琶湖研究所、株式会社日吉が連携する研究開発課題「流域圏を対象としたダイオキシン類の総合的調査手法の開発とその挙動モデルの開発」が採択された。琵琶湖研究所は同課題の中で研究業務を分担し、平成16年度は事業の2年目として、上記テーマで研究を行ったので、その成果の概要を報告する。

2. 事業全体の概要

ダイオキシン類は環境中において難分解性であり、また生物蓄積性をもつことから残留性が強いために人体や生物へ有害な影響を及ぼす微量有機汚染物質として知られている。日本におけるダイオキシン類は、ゴミ焼却場、あるいは過去に使用された農薬(クロロニトロフェン、ペンタクロロフェノール)の非意図的副生成物を主な発生源としており、これらの発生源から大気、土壌、水などを介して環境中に広く分布している。ダイオキ

シン類は物性として疎水性であるため、水中では溶存した形であるよりは、粒子状物質や泥質などあらかじめ水中に存在する何らかの物体表面への吸着した状態であることが多い。このため地上に分布するダイオキシン類の大部分は、最終的には水圏(湖沼、海洋)の底質堆積層に蓄積すると考えられる。

さて、化学物質の管理、リスク評価については、行政の環境管理が河川流域区分によって行われるべきだという考え方が浸透しつつあることから、河川流域毎に化学物質の排出を管理、リスク評価を行うことを求められつつある。流域でのダイオキシン類を管理、リスク評価を行っていくためには、流域内のダイオキシン類の分布や蓄積構造、挙動の情報やそれらを再現するモデルの構築、さらに流域管理に反映させるための各種環境情報の整備や蓄積、市民に対する情報提供システムの設定などが必要になってくる。

環境省に採択された京都大学事業は、琵琶湖を含む滋賀県全域を対象フィールドとして、ダイオキシン類の地域分布や負荷量を調査してダイオキシン流出モデルを構築し、さらにそのモデルを通じて得られた結果を市民向けに情報提供すること

1) 元県琵琶湖研究所

を視野に納めて計画された。研究全体は次の四段階から構成される。

1) ダイオキシン類を簡便に測定調査する手法の確立。 2) 滋賀県内での地域分布や琵琶湖への負荷量の網羅的な調査。 3) 地域環境情報を利用したダイオキシン類流出モデルの構築。 4) GIS等を利用したダイオキシン類挙動の視覚的な情報提供システムの構築と提供。

この事業によって、流域環境管理に役立つようなダイオキシン類の分布と挙動に関する知見が得られるものと期待される。

3. 琵琶湖研究所の分担テーマ

琵琶湖研究所は前述2)の一部として琵琶湖底質のサンプリングとその解析を分担した。

琵琶湖の湖底底質は層状に堆積していて、これを解析することで過去の琵琶湖の状態について歴史の変遷を知ることができる。それゆえ、堆積層を攪乱せずに底質のサンプリングを行うことは、採取のための特別な装置と熟練を要する採取のノウハウが必要である。さらに堆積層の攪乱が少ない採取地点を選定したり、得られた底泥試料が層

状に堆積されたものかを慎重に判定したりすることで、ようやく正確な堆積環境や古環境の解析が可能となる。この試料採取部分をおろそかにしてしまうと、いかに試料が得られたとしても正確な解析はできない。

我々は京都大学の研究事業の主旨を踏まえつつ、正確な底泥の採取と解析を実施した。底質サンプリングは、沖帯(図1)と沿岸部(図2)に分けて実施した。沖帯でのサンプリングを2004年6～7月に調査船はっけん号によって、また水深が浅くはっけん号で乗り入れることができない沿岸部でのサンプリングは備船を用いて2004年11月に行った。

沖帯のサンプリングは36試料、沿岸部では46試料を得た。サンプリングにはKK式採泥器(写真1)と大型採泥器(写真2)を用いた。大型採泥器は底質の堆積年代を推定する試料を分取するため、11地点(図1中の◎地点)で使用し、近畿大学と共同にて次節で概説するPb-210法を適用して堆積年代を決定した。

琵琶湖の底質解析は、地質学、古環境学等の分野で様々な調査研究が行われてきたが、琵琶湖研



図1 平成16年度一琵琶湖沖帯採泥地点

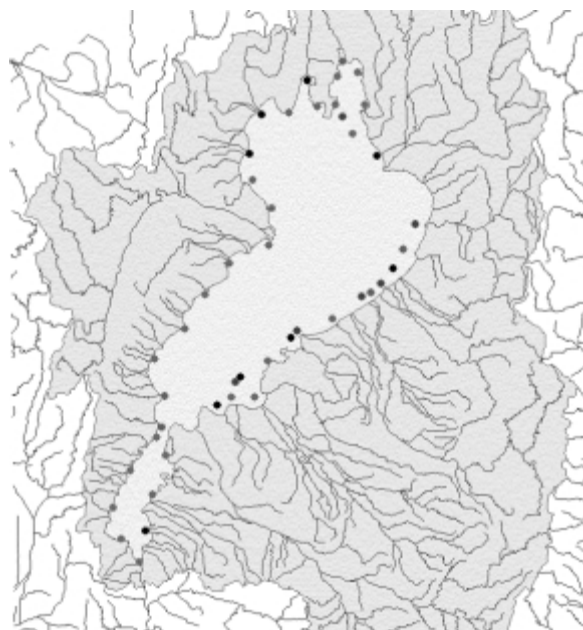


図2 平成16年度一琵琶湖沿岸部採泥地点



写真1 採泥風景



写真2 大型採泥器

究所においても湖底環境を対象とした多くの研究蓄積がある。そこで上述の実働作業と並行させて、研究所が所有する底質関連の情報や資料等を集約し、所員がもつ既存知見も併用することによって底質の堆積速度の算定結果を解釈するとともに、琵琶湖の堆積環境についても考察を加えることとした。

4. 堆積速度および堆積環境の解釈

底質試料の堆積年代は、底質中に含有される天然放射性核種である鉛同位体 ^{210}Pb を測定することで算定できる(Pb-210法)。本研究での算出例を挙げると、野洲川河口より北側に位置する1C地点(水深69.2メートル)では年間1平方センチ当たり107mgの底質が堆積している結果となった(図3)。過去に琵琶湖研究所が関与したPb-210法による算定事例では堆積速度が $24\sim 140\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ 程度の範囲であったことと比べれば、1C地点の堆積速度は比較的大きな値である。同地点の堆積速度を層厚に換算すると年間約6ミリとなる(従来からいわれている琵琶湖の層厚堆積速度は年間2ミリ程度)。この地点が速い堆積速度を示した理由は、野洲川から供給される土砂を優先的に受け止

め易い場所であるためと考えられる。

底泥形成の主因が琵琶湖流域からの土壌粒子の供給であると考えれば、最大の堆積速度は、河口部近くの浅水域で観察されても不思議ではない。過去にPb-210法で得られた堆積速度データについて底質を採取した水深別に集計してみたところ、堆積速度は水深に対して負の相関を示す傾向があることが判明した。このような堆積速度の水深依存性に配慮しつつ、琵琶湖全体を対象とした平均堆積速度を試算すると、約 $40\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$ の値となる。これに琵琶湖面積を乗じることで推定した底質の年間堆積量(乾燥させた場合の重量)は約25万トンと計算された。琵琶湖に堆積する底質の大部分が流域からの土壌粒子負荷であるという前提に立てば、この堆積量が流域からの土壌粒子負荷量に等しいと考えられ、琵琶湖への年間負荷量計算が容易となる。流域からの土壌粒子の負荷量を算定した研究は過去に数例しかなく、底質情報を基に年間負荷総量を算定したことは本事業による成果のひとつである。

この年間負荷量に対して、底質中のダイオキシン類濃度の平均値(京大が算定)を乗じることでダイオキシン類の琵琶湖への負荷量推定が可能と

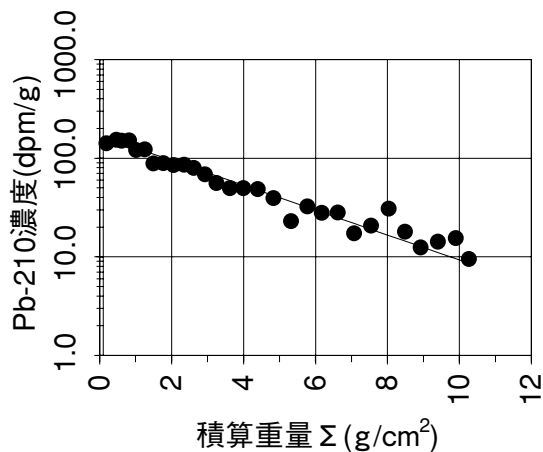


図3 1C地点における堆積層の状況

堆積物の表層からの積算重量が、Pb-210濃度とよい直線関係にあることから、堆積層準は安定しているとみなされる。堆積年代はPb-210濃度をもとに換算される。

なる。堆積環境を通じてダイオキシン類などの化学物質の琵琶湖への負荷量が推定できることは今後の研究に大いに役立つだけでなく、琵琶湖を含めた化学物質の流域管理モデルを構築する道を開いたといえる。

一方で本研究により謎が深まった部分もある。音波探査法によるアカホヤ火山灰層（7300年前）の埋没深度から推定した堆積速度は、水深が深いところほど速くなる傾向が見出され、Pb-210法による結果と矛盾する。この原因については本研究でも一定の考察を試みたが、琵琶湖の堆積環境の歴史の変遷については不明点が多く残されているため、今後、別途検討を加えることとなった（横田ら 投稿準備中）。

5. 底質中の有害化学物質との関連

本業務の成果を踏まえた琵琶湖全域の底泥を対象としたダイオキシン類の分布については、事業全体の成果報告書に詳細に報告されており、また琵琶湖研究所が直接担当した業務でないため、ここでの報告はさし控える。しかしながら、本研究では有害化学物質が底泥に蓄積する分布については若干の考察を行った。我々が行った文献調査からは、琵琶湖全域の底質の空間分布特性は、湖底深が深くなるほど底泥中の有機物含量が高くなる

傾向があることがわかった。ダイオキシン類などの疎水性の高い有害化学物質は粒子状物質中の有機物部分に吸着しやすいことから、底質中の有害化学物質の濃度は、水深が深いところほど高濃度となる傾向があつてよいはずであった。しかしジクロロベンゼン、ベンゾ (a) ピレン、ノニルフェノール、フタル酸エステル類等を対象とした過去の測定事例によると、それらの化学物質濃度と底質中の有機炭素濃度が良い相関を示す場合とそうでない場合があり、北湖中央部で特に濃度が高いという一定傾向は見られなかった。京都大学の調査結果速報によると、琵琶湖底質中のダイオキシン類濃度の地理的分布は、高濃度の場所とそうでない場所が分散しており、その分布特性について明瞭な特徴を見出すことはできない（京都大学 2004）。これらの事実は、ダイオキシン類を含む有害化学物質の底泥中の地理的分布が、水中の粒子状物質への吸着性以外の要因（例えば湖内の粒子の輸送性）にも影響を受けている可能性があることを示している。もしそうならば、有害化学物質の底泥中の空間分布を理解するためには、底泥を形成する沈降性の粒子状物質がどこに由来するかという課題を解く必要がある。それはとりもなおさず、本研究で課題として残った底質の堆積過程の解明と同義である。堆積環境については、有害化学物質の分布特性を考えるためにも、さらに研究を進める必要がある。

6. おわりに

京都大学の調査結果速報によると、琵琶湖全体の底泥に含まれているダイオキシン類蓄積量は約3.4kgTEQと見積もられた。近年の日本全域でのダイオキシン類排出インベントリーが1～数[kgTEQ/year/日本全域]であることをふまえると、この値は決して小さな値とはいえない（京都大学 2004）。底泥に含まれるダイオキシン類は過去から現在にかけて琵琶湖に流入して蓄積したものであり、現在進行中の環境汚染というわけではないが、湖底中のダイオキシン類が今後も容易に分解・除去されないことから、今後の動向を注視

していくことが必要である。それには、現状調査に加え、湖底の堆積過程を詳細に検討する研究を進めることが肝要と思われる。

最後に、本事業は全体の完成度を上げるため、環境省へ事業の延長を申請したところ1年延長が認められ、平成17年度も継続して事業が進められることとなった。課題の残った部分などに対しては、さらに詳細な検討を行っていく予定である。

謝 辞

本業務の遂行にあたり、傭船の調達と運用では村上泰三氏および西勝也氏から、また底質試料へのPb-210法の適用では近畿大学の山崎秀夫氏からの協力を得た。ここに謝意を表す。

引用文献

京都大学流域圏総合環境質研究センター（2004）：流域圏を対象としたダイオキシン類の総合的調査手法の構築とその挙動モデルの開発，平成16年環境省環境研究総合推進助成事業成果報告書。