

人間環境科学科 水域環境変遷史研究室

井内 美郎



当研究室は、海域や湖沼域において、水域環境の実態や変遷史を研究し、そのメカニズムを明らかにすることを研究テーマとしている。研究室所属の学生は、私が大学卒業以来対象とした水域を研究対象としている。研究テーマは無限にあり、日々新たな課題が生まれているので、研究テーマに困ることはない。今回は、それらの主なものについて、研究に至る経緯や現在までに明らかにしたことを紹介する。

瀬戸内海

研究所に入所した頃、瀬戸内海では毎年のように赤潮が大発生し、養殖ハマチの大量死などで大きな被害が発生していた。たとえば、昭和47年7月には養殖ハマチ1400万尾がへい死し、被害金額71億円に上ったとされている。我々の研究グループは瀬戸内海全域を数年かけて調査し、赤潮発生域と泥の堆積域がほぼ一致することを明らかにした。つまり、海域の富栄養化をひきおこす有機物のうち懸濁態のものは粒径が堆積物を構成する泥粒子（シルトや粘土）と類似しており、閉鎖性海域の中でも潮の流れが遅い海域に溜まりやすいということであった。泥が多く堆積する水域に富栄養化原因物質や重金属を含む汚染物質もたまるということは、泥の堆積機構を明らかにすれば汚染物質の堆積機構が明らかにできる見通しが得られるということである。もう一つは砂の分布である。それまでの説は、瀬戸内海の砂は（氷期の）海水準が低かった時代に溜まったものが海底に顔を出しているというものであった。調査の結果、瀬戸内海の砂は海峡部に近いほど粗く、海峡部から離れるにしたがってより細粒になること、海峡部の砂は音波探査の結果、湾奥の泥と同様、瀬戸内海が海として誕生した約1万年前以降、堆積したものであるが、その多くは瀬戸内海が海として復活した際に形成されたものであることを明らかにした。この成果は、のちに瀬戸内海沿岸各地の自治体で海砂採取が社会問題となった際に、石油や石炭・天然ガスなどの化石資源と同様に、掘り続けられなくなる資源として考えるべきものとして、自治体の海砂採取中止判断の大きな根拠となった。

霞ヶ浦

研究所が筑波に移転し、研究所に近い霞ヶ浦の研究を行うことになった。当時、湖沼域の水質改善が河川や海域に

比較して進んでおらず、湖沼の水質改善に関する研究開発が求められていた。霞ヶ浦では泥の年間堆積量さえ明らかにされておらず、湖の物質収支を構成する要素の主要な一部分である湖水と底質間の栄養塩類の収支について全く見当がついていなかった。とにかく物を取って見ないことには問題の所在がわからない、ということで研究所の特別予算が支給され予察調査を実施した。余談ながら、当時はGPSなどという便利なものはなく、地形測量の専門家集団の協力を得て、陸上から船の位置を測量して求めてもらった。彼らは船の移動に合わせて車で移動し、火の見やぐらに登ってトランシットを設置し、トランシーバーで相互に連絡を取りながら、三角測量の手法で調査船の位置を求めるという作業をやってくれた。調査の結果、採取された約1メートル長の試料（柱状試料という）の中に、それまで霞ヶ浦では未発見の浅間山の火山灰と富士山の火山灰を確認することができた。浅間山の火山灰は有名な天明3年（1783年）の噴火時のものであり、富士山の火山灰は宝永4年（1707年）の噴火時のものであった。湖底から火山灰層までの泥の厚さから、霞ヶ浦では年におよそ2ミリメートルずつ泥がたまっていることが明らかになり、物質収支の検討に展望が開けた。

琵琶湖

霞ヶ浦の研究の後、いよいよ希望した琵琶湖の研究を行えることとなった。琵琶湖には湖底表層1メートル以内に霞ヶ浦のような火山灰は含まれていなかった。そこで、音波探査によって湖底の堆積物を調べることにした。同時に実施した約3メートル長の重力式コア採取の結果、有名な広域テフラが音波探査記録の反射面として追跡できることが明らかになった。琵琶湖での研究課題は、琵琶湖のようなやや深いタイプの湖における泥の堆積機構解明であった。地質コンサルタントの協力を得て、琵琶湖全域で音波探査を行い、約7300年前に降下した九州起源のアカホヤ火山灰層を追跡し、琵琶湖における泥の分布が水深と相関があることを明らかにした。また、表層堆積物の化学分析によって、銅・鉛・亜鉛などの重金属元素の濃度分布を明らかにして、琵琶湖北東部に流入する姉川起源の物質の拡散様式や天津市周辺から琵琶湖南湖に流入した物質が湖内の静振（湖水面の振動）に伴って北湖に拡散している様子を明ら

研究室だより

かにすることができた。このプロジェクトを実施する過程で琵琶湖中央部において湖底堆積物を掘りぬく150メートル長のボーリングを行うことができた。琵琶湖に流入する地下水の影響を調べるという多少苦しい理屈ではあったが、当時の行政官はその予算を認めてくれた（このボーリング試料が後々様々な地球規模の気候変動に関する研究成果を生むことになった）。その結果、今の琵琶湖の歴史が40万年以上まで遡れることが明らかになった。その中には阿蘇山や大山起源の火山灰が多く確認され、堆積年代推定に大いに役立った。後に、当時留学生として来日されていた中国科学院の研究者の肖博士によって、琵琶湖に中国から飛来した黄土粒子が含まれていること、そしてその量が地球規模の気候変動に対応して変化していることが明らかにされた。霞ヶ浦や琵琶湖の研究成果は、当時各地の湖沼で実施されていた研究成果とともに、2冊の地質学論集として地質学会から出版することができた。

野尻湖

野尻湖はゾウ化石が湖底から出るということで有名な湖で、全国から父兄に伴われた小中学生や高校生・大学生が湖底発掘をする行事が今でも継続して行われている。そのような取り組みに協力したいということで、全域の音波探査や発掘地点のはるか沖合いで湖底ボーリングを実施し、野尻湖誕生以来の約10万年に及ぶ堆積物を採取した。その後数年たって、野尻湖の音波探査記録を眺めていた時に興味深いことに気が付いた。湖水面の位置が変わらないのであれば、泥は似たような深度で堆積を開始し、より深いところに厚く堆積するはずであるのに、反射面つまり時代が異なる層ごとに、泥が堆積し始める深度が大きく異なっていた。これまで日本では湖水面高度は大きくは変化しないと考えられていたが、歴史的に変化するのではないかと考えた。このテーマは、当時の大学院生中村氏によって発展され、冬季季節風が地球規模の急激な寒冷化（ハインリッヒイベントと呼ばれている）に伴って強くなり、日本海を渡る季節風が大量の水分を含んで日本列島にあたることで大量の雪となり、その結果、水収支がプラス側に偏り湖水位が上昇したとされた。修了後、彼は東京大学大学院博士課程に進学した

湖水面高度変遷史

中村氏との共同研究成果が第四紀学会の論文誌に発表されて以降、当研究室のテーマは日本列島の水収支と地球規模気候変動との関係、特にその指標としての湖水位変遷史の解明が主となった。その舞台は再び琵琶湖である。琵琶湖の水は近畿地方1300万人の飲み水とされ、その動向は大

きな社会的関心事である。滋賀県立琵琶湖博物館設立直前に建設予定地の湖岸近くの烏丸半島で実施されたボーリングでは、砂礫質の堆積物が主体で、気候変遷史の復元を期待していた研究メンバーは、情報量が多い泥質の堆積物を期待していたと思われ、やや期待外れであったかもしれないが、私自身はこれが琵琶湖の湖水面高度が大きく変遷した証拠ではないかと大いに興味を持った。そこで、琵琶湖北湖東岸の愛知川河口に近い水深約20メートルの水域でボーリングを行うことにした。予想したとおり、泥質の堆積物に挟まれて砂や礫質の堆積物が採取され、琵琶湖の水位が歴史的に変化したことが強く示唆された。普段、泥が堆積する水域に砂や礫が溜まるためには大きな洪水による場合を除いて、波による水の動きの影響が届くように湖水面が下がったことを考えなくてはならない。それがどの程度下がったかについては、堆積物に含まれる砂の割合（含砂率）が指標になると考え、現在の湖底の水深別含砂率から変換式を作り、それをボーリング試料の含砂率に適用することを考えた。湖底表層の堆積物採取には、琵琶湖博物館の里口氏の協力を得て、調査船を出して頂き、船上作業は当研究室の学生で元気のよい寺田氏や大塚氏が担当した。その後、珪藻化石を研究している鈴木氏が大学院に入学し、珪藻の浮遊性種と付着性種の比率などから含砂率のデータを評価することを行っている。研究成果のとりまとめはこれからだが、地球規模の気候変遷との関係が明らかになると期待している。

おわりに

以上述べたように、私の研究テーマは当初ローカルな環境問題が主であったが、社会環境の変遷とともにグローバルなものが主となった。個人としては、現在も堆積物の分析を継続して行っているのだが、年代をおって堆積物を分析していると、自然と作業仮説のようなものが頭に浮かんでくる。試料を系統的に一つずつ分析するごとに、その作業仮説が肯定されたり否定されたりする。そのたびに作業仮説を改良しながら作業を進めていく毎日は非常に充実したものであり、早稲田大学という落ち着いた雰囲気の下で研究を進められることに幸せを感じるこの頃である。

湖や海での調査は、船を使い、時には重い機器を使って調査するのが常で、個人で行えることは限られている。そこで、様々な人の助けが必要となる。当研究室では学生一人一人の調査について、原則として全員が相互乗り入れで作業を手伝うことにしている。そうすれば学生自身の知識や経験も広がり、個人では実現できない規模の調査も可能となる。数々の卒業研究に記録された素晴らしい成果の誕生には、このような背景がある。