

氏 名	お 大 河 内 奈 々 子
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2076 号
学位授与の日付	平 成 11 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 生 物 学 専 攻
学位論文題目	Fluctuations of lacustrine environments during the last several decades revealed from stable isotope ratios of fish specimens (生物標本試料の安定同位体比を用いた近過去湖沼環境変動の解析) (主査)
論文調査委員	教 授 山 村 則 男 教 授 堀 道 雄 教 授 和 田 英 太 郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は、安定同位体比精密分析の手法を、長期間にわたって採取・保管されてきた生物標本試料に対して用いることで湖沼環境変動の解析を試みたものである。調査値の、琵琶湖およびバイカル湖は過去の研究例が比較的豊富であり、長期間継続して採取・保存された生物標本試料が存在する、地域的規模または地球規模での変動を解析するに適した環境条件をそれぞれ有しているという点で本研究の目的に適した地域である。

- 1) 懸濁態有機物と堆積有機物の安定同位体比の相互関係を明らかにするために、東京湾とその流入河川多摩川の河口域において、懸濁態有機物と堆積有機物中の有機物の炭素安定同位体比を一年間にわたり測定した。この結果、河口域の懸濁態有機物の主たる起源は植物プランクトン(藻類)であり、その炭素同位体比は河口の上流域(-30%)と河口付近(-15%)とで異なる特徴的な値を示すことが示された。一方河川上中流から河口域に流入する懸濁態有機物の炭素同位体比は一年間を通じてほぼ一定の値(-26.6%)を示した。これら3つの特徴的な炭素同位体比を持つ懸濁態粒子を堆積物と比較することにより、湖沼および海洋と同様に河口-内湾域においても堆積有機物の同位体比はその直上のウォーターカラム中の懸濁態粒子の値を反映していることが明らかとなった。
- 2) 琵琶湖の窒素環境の時系列変化を解析するために、1916, 1953, 1963-1994年に採取されたハゼ科魚類イサザのホルマリン標本試料および、湖底堆積物の安定同位体比を測定した。琵琶湖の魚類イサザと湖底堆積物の窒素同位体比は1900-1955年にはそれぞれほぼ一定の値(12-13‰, 4-5‰)を示したが、1955年以降上昇し1990年代にはそれぞれ16‰, 8‰となった。この同位体比変動は時期的によく一致しており、琵琶湖生態システム全体の窒素同位体比が変化したことが示唆された。琵琶湖における1960年代の急激な同位体比上昇は生活排水の流入量増加による急激な富栄養化の結果、湖内での脱窒量が全流入窒素量の50%に増大したためと推察された。またボックスモデルによる収支計算から、琵琶湖内の平均的な同位体分別の大きさは-9から-12‰の間の値であると推察された。1912年から1994年のイサザの栄養段階はイサザおよび堆積物の窒素安定同位体比から $3.6 \pm 0.2$ と算出され、過去80年間ほとんど変化しなかったことが示唆された。
- 3) シベリア中央部に位置するバイカル湖は、人為による汚染の影響が最低レベルであるという特徴により、地球規模の環境変動を解析するのに適している。この沖帯生態系の生物の炭素・窒素同位体比を測定し、高次消費者である魚類オムルのウロコの標本を用いて安定同位体比変動を測定し近過去の湖沼環境の解析を試みた。

バイカル湖沖帯生態系の同位体分布の各湖盆による差異は第一消費者でわずかに観測されたが、浮遊性ヨコエビ・魚類などの高次消費者ではほとんど認められないことが明らかとなった。

魚類オムルのウロコの炭素同位体比には1947年から1993年に1.4‰の減少が見られた。化石燃料消費の増加による大気中の炭酸ガスの炭素同位体比減少の影響が植物プランクトンから始まる生態系食物連鎖全体に及んでおり、高次消

費者であるオムルの同位体比変動においても、検出可能であることが明らかとなった。

## 論文審査の結果の要旨

生物圏のような複雑系における環境動態の解析は、過去および未来の地球環境変動と生物との対応関係を把握する際の重要な知見となる。しかし近年、複雑系の変化の検出は従来用いられてきた生態学的手法だけでは困難なことが明らかになり、新しい解析法の確立が望まれてきた。本研究は、近過去の生態系と環境の相互変化の解析に関する新たな視点を提示し、安定同位体比精密分析という高感度・高精度の手法を、長期間にわたって採取・保管されてきた生物標本試料に対して用いることで湖沼環境変動の解析法を新たに展開したといえる。

まず、懸濁態有機物と堆積有機物の安定同位体比の相互関係を明らかにするために、東京湾とその流入河川多摩川の河口域において、懸濁態有機物と堆積有機物中の有機物の炭素安定同位体比を一年間にわたり測定した。堆積有機物の同位体比はその直上のウォーターカラム中の懸濁態粒子の値を反映していることが明らかとなった。これによって、懸濁物と堆積物の安定同位体比のあいだの関係が明らかとなり、以下の研究の方法的基礎を固めたといえる。

わが国最大の湖である琵琶湖は1950年代後半以降人口増加に伴う生活排水流入量の増加や湖岸改修に伴う湖畔植物帯の減少等により富栄養化が急速に進行し、現在では流入窒素量の約50%が湖内での脱窒作用によって除去されるという特異的な窒素循環環境をもっている。こうした窒素循環環境の時系列変化を解析するために、ハゼ科魚類イサザのホルマリン標本試料および、湖底堆積物の安定同位体比を測定した。申請者は、ホルマリン固定された魚類試料と未固定の試料の安定同位体比の比較実験により、あらかじめ窒素同位体比にはホルマリン固定の影響は認められないことが明らかとした上で研究を進めており、本研究の精緻さが示されている。琵琶湖の魚類イサザと湖底堆積物の窒素同位体比は、1955年以降上昇したことを見いだしたが、これは、生活排水の流入量増加による急激な富栄養化の時期と対応している。環境汚染の時間的変化を、安定同位体という新しい手法でモニターする方法を提示した意義は大きいと考えられた。

バイカル湖は海洋の影響を受けにくく、人為による汚染の影響が最低レベルであるという特徴をもっている。ここでは単純かつ安定した沖帯生態系が発達していることが、従来の生態学的研究および炭素・窒素安定同位体比による研究から明らかとされてきた。本研究ではこの沖帯生態系の生物の炭素・窒素同位体比を測定しその同位体分布に関するさらなる知見を得るとともに、高次消費者である魚類オムルのウロコの安定同位体比変動を測定し近過去の湖沼環境の解析を行っている。バイカル湖沖帯生態系の同位体分布の各湖盆による差異は第一消費者でわずかに観測されたが、浮遊性ヨコエビ・魚類などの高次消費者ではほとんど認められないことが明らかとなり、魚では湖の広い範囲にわたって回遊していることが示唆された。安定同位体比の方法は、動物の移動についても情報を与えることができることを示したものである。オムルウロコの炭素同位体変動から、化石燃料消費の増加による大気中の炭酸ガスの炭素同位体比減少が検出され地球レベルの環境変動を検出することができた。さらに、この炭素同位体比減少による影響を除外した結果、炭素・窒素同位体比変動には周期的な変動があることが明らかとなり、この変動が植物プランクトン生物量変動などの生態学的要因と関連している可能性がある。この点に関する正しい解釈を行うためには、今後より細かな調査・研究が必要であると考えられた。

本研究の特徴的な点は生態学的研究目的により長期間にわたり採取・蓄積されてきた生物標本試料と湖底堆積物の柱状試料に、地球化学的な研究方法である安定同位体比測定を導入することにより、人為擾乱による変遷過程にある湖沼環境変動の新断面を提示したことである。本研究で得られた結果は現時点では限られた地域での検証的な意味合いが強いが、今後、地域的または地球規模の環境動態変化を検出する上で不可欠な、高精度かつ地域間の比較を可能にする共通なパラメータを提供するという点で、有効な手段となると考えられる。

本研究の学問上の意義は大きいと同時に、申請者の学術研究に対する熱意と能力の高さが推察できた。よって、本論文は博士（理学）の学位論文に値するものと認められた。なお、添付論文に報告されている研究業績を中心に、関連分野に関する試問を行った結果、適切な解答がえられたので、合格と認定した。