

福島農総セ研報 12 : 51-57 (2021)

猪苗代湖の湖底堆積物中物質の垂直分布*

三浦吉則**

Vertical Distribution of Substances contained in Lake Inawashiro Bottom Sediment

Yoshinori MIURA

Abstract

Using lake bottom sediment with a depth of 0 to 17 cm collected from the center of Lake Inawashiro in August 2004, we grasped the vertical distribution of the contained substances and investigated to affect the lake water environment in recent years.

Total nitrogen and total carbon increase more than shallower than the 7-9 cm depth layer (estimated about 100 years ago), and the concentration of top layer (0-1 cm deep) is about 3 times higher than that of the 7-9 cm depth layer. The C/N ratio shallower than the 9-11 cm depth layer did not fluctuate within the range of 10.5-12.

The $\delta^{13}\text{C}$ value decreased by 2 ‰ from the highest value of -24.8 ‰ in the 9-11 cm depth layer toward the top layer, approaching -27 ‰. The $\delta^{15}\text{N}$ value decreased by 2.9 ‰ from the highest value of 3.2 ‰ in the 5-7 cm depth layer toward the top layer, approaching 0 ‰.

For total iron and total sulfur, almost the same pattern was shown, and total iron increased by about 2% from 3.1% in the 9-11 cm depth layer to 5.2% in the top layer. Total sulfur was 0.27% in the 9-11 cm deep layer and 1.10% in the top layer, showing an increase of about 4 times.

Total calcium decreased from the 9-11 cm depth layer to the top layer, 0.57% in the 9-11 cm depth layer and 0.27% in the top layer, which was about half.

The same increase pattern was shown for total chromium and total arsenic, and total chromium increased about 3 times from 9.3 mg / kg in the 7-9 cm depth layer to 30 mg / kg in the top layer. The total arsenic increased about 4 times from 35 mg / kg in the 7-9 cm depth layer to 154 mg / kg in the top layer. Total iodine increased sharply from shallower than 4-5 cm deep. 112 mg / kg in the 4-5 cm depth layer was increased by about 6 times at 669 mg / kg in the top layer.

As mentioned above, large changes in the content of substances in lake bottom sediment have been observed for about 100 years. It has been suggested that this may lead to an increase in human activity and a factor in the recent neutralization of lake water.

Keywords : Lake Inawashiro, Lake sediments, Water quality, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$

キーワード : 猪苗代湖、湖底堆積物、水質、 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$

受付日 2020年11月24日、受理日 2021年1月12日

* 本研究の一部は、2008年9月、日本土壌肥料学会（愛知大会）で発表した。

** 福島県農業総合センター生産環境部

1. 緒言

猪苗代湖は福島県のほぼ中央に位置し、湖面標高514m、湖面積103.3km²（国内4位）、平均水深51.5mの湖である。流域面積は820.2km²と広大で、主要河川である長瀬川が流域面積432.8km²と約半分を占めている。

湖水の貯水量は国内5位の5.4km³で豊富な水資源を有しており、農業用水、飲料水、水力発電や工業用水として利用されている。湖水は、安達太良山中腹にある硫黄鉱山跡からの浸出水を源流とする硫黄川に発し、沼尻・中ノ沢地内で酸川となる強酸性水が、さらに流下し長瀬川と合流して湖に注いでいることで弱酸性を呈してきた。併せて、この強酸性水に含まれる硫酸イオンや鉄イオン、アルミニウムイオンが、他の河川からの流入水や湖水に含まれる有機物やリンなどの汚濁物質を沈殿させる水質浄化機能により、猪苗代湖の清浄な水質が保たれたが、1995年までpH5程度であった水質は、1996年から中性化が進み、2006年にはpH6.5、2009年からはpH6.8が続いており、CODや大腸菌数も増加の傾向がみられており大きな変化が起こっている。

また、湖周辺は自然環境に恵まれており、湖も含め磐梯朝日国立公園に属していることから、磐梯山、裏磐梯湖沼群を含むエリアが一大観光地となり、それにとまらう大規模開発をはじめとして、人口増による生活圏の拡大や、農業や畜産業、工業分野の拡大など、これまでにない人間活動の増大が湖周辺で起こっている。

本報では、猪苗代湖の湖心で採取した比較的浅層の堆積物のサンプルを入手することができたことから、含まれる物質の垂直分布状況を把握することにより、堆積過程での湖水環境等に与えた影響についての解析を試みた。

2. 試験方法

(1) 湖底堆積物

湖底堆積物は2004年8月に、図1に示すとおり猪苗代湖湖心部の湖底（水深93.5m）より堆積物を採取し、深度（0～1cm、1～2cm、2～3cm、3～4cm、4～5cm、5～7cm、7～9cm、9～11cm、11～13cm、13～15cm、15～17cm）に分取後、風乾し微粉碎したものを供試した。なお、この試料は福島県環境センターより提供されたものである。

(2) 湖岸のヨシ

2008年5月に湖岸の砂浜に打ち上げられたヨシを採取した。採取地点は、図1に示すとおり猪苗代湖の東岸に位置する志田浜、同湖の西岸に位置する崎川浜、同湖の南岸に位置する舟津浜の3地点とした。

採取は1地点あたりヨシ10本ほど行った。採取した試料は濡れたキムワイプで表面を拭き、軽

く叩いてストロー内部のゴミや砂などを除いた後、60℃で2日間乾燥させた。乾燥した試料は、ウィレー式粉碎機（FRITSCH社製、P-15）で粗く粉碎後、タングステンカーバイト製の振動ミル（CMT社製、Ti-100）で微粉碎したものを供試した。

(3) 分析方法

湖底堆積物及び湖岸のヨシ中の全窒素、全炭素は乾式燃焼法（住化分析センター社製、Sumigraph NC-220F）により分析した。

湖底堆積物及び湖岸のヨシの $\delta^{13}\text{C}$ 及び $\delta^{15}\text{N}$ は、標準品：(株)昭光通商 L-Alanine: $\delta^{13}\text{C-PDB}(\text{‰})=-19.2$ 、 $\delta^{15}\text{N-Air}(\text{‰})=-2.10$ を用い、乾式燃焼法とのカップリングによる安定同位体質量分析計（Thermo electron社製、Delta V Advantage）で測定を行った。

湖底堆積物中の全鉄、全カルシウム、全クロム、全ヒ素、全ヨウ素は、硫酸-硝酸-過塩素酸を用いた過塩素酸分解法⁴⁾により分解液試料を作成し、液中の鉄、カルシウム、クロム濃度はICP発光分光分析法（Varian社製、Vista Pro）で定量することにより算出した。ヒ素の分析については、ヒ化水素発生妨害要因である硝酸を完全に追い出した後、水素化物発生-ICP発光分光分析法（同上装置）で行った。

湖底堆積物中の全硫黄は、69%硝酸による加熱分解後、60%過塩素酸とリン酸混合液による加熱分解を行うTabatabaiの方法¹⁶⁾で分解液試料を作成し、液中の硫酸濃度をICP発光分光分析法（同上装置）で定量することにより算出した。



図1 猪苗代湖とサンプリング地点

（注）地理院地図（電子国土Web）にプロット、説明を追記して掲載

3. 試験結果

(1) 湖底堆積物中の全炭素、全窒素、C/N比

湖底堆積物中の全炭素、全窒素、C/N比の垂直分布を図2に示した。

全炭素、全窒素については、同様のパターンを示し、深さ15-17cm層から7-9cm層では大きな変化はみられなかったが、深さ7-9cm層以浅より大きく増加し、最上位層（深さ0-1cm）では深さ7-9cm層の約3倍の濃度に達した。

C/N比については深さ15-17cm層から11-13cm層にかけて大きな低下がみられたが、深さ9-11cm層以浅ではC/N比が10.5~12の幅内で大きな変動はみられなかった。

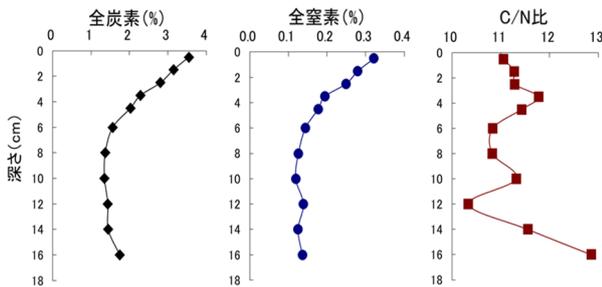


図2 湖底堆積物中の全炭素、全窒素、C/N比の垂直分布

(注) 図中の深さのプロットの位置は、堆積物深度0~1cm、1~2cm、2~3cm、3~4cm、4~5cm、5~7cm、7~9cm、9~11cm、11~13cm、13~15cm、15~17cmに対し、それぞれ0.5cm、1.5cm、2.5cm、3.5cm、4.5cm、6cm、8cm、10cm、12cm、14cm、16cmで示した。

(2) 湖底堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$

湖底堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ の垂直分布を図3に示した。

$\delta^{13}\text{C}$ については、深さ15-17cm層から9-11cm層まで上昇し、深さ9-11cm層以浅は低下する傾向がみられた。 $\delta^{13}\text{C}$ 値は深さ9-11cm層の最高値-24.8‰から最上位層に向けて2‰低下し、-27‰に近づいた。 $\delta^{15}\text{N}$ については、深さ15-17cm層から5-7cm層まで上昇し、深さ5-7cm層以浅は低下する傾向がみられた。 $\delta^{15}\text{N}$ 値は深さ5-7cm層の最高値3.2‰から最上位層に向けて2.9‰低下し、0‰に近づいた。

(3) 湖底堆積物中の全鉄、全硫黄、全カルシウム

湖底堆積物中の全鉄、全硫黄、全カルシウムの垂直分布を図4に示した。

全鉄、全硫黄については、ほぼ同様のパターンを示し、深さ15-17cm層から9-11cm層では大きな変化はみられなかったが、深さ9-11cm層以浅より増加する傾向がみられた。全鉄は深さ9-11cm層で3.1%が最上位層で5.2%と、約2%の増加であった。全硫黄は深さ9-11cm層で0.27%が最上位

層で1.10%と約4倍と急激な増加がみられた。

全カルシウムについては、深さ9-11cm層から最上位層にかけて減少する傾向がみられ、深さ9-11cm層で0.57%が最上位層で0.27%と約半分に減少した。

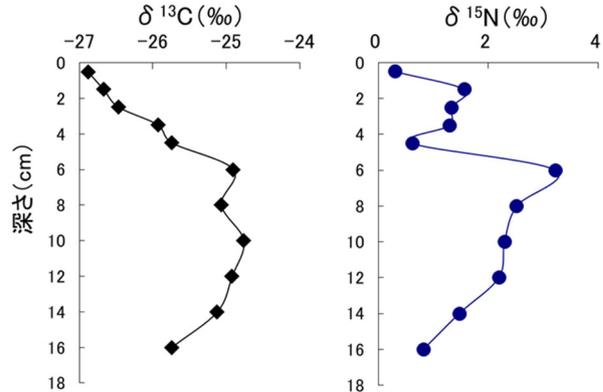


図3 湖底堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ の垂直分布
(注) 深さのプロットの位置は図2と同様

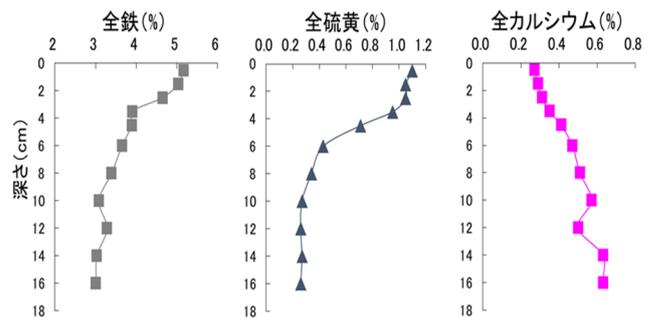


図4 湖底堆積物中の全鉄、全硫黄、全カルシウムの垂直分布

(注) 深さのプロットの位置は図2と同様

(4) 湖底堆積物中の全クロム、全ヒ素、全ヨウ素

湖底堆積物中の全クロム、全ヒ素、全ヨウ素の垂直分布を図5に示した。

全クロム、全ヒ素については、同様のパターンを示し、深さ15-17cm層から7-9cm層では大きな変化はみられなかったが、深さ7-9cm層以浅より大きく増加する傾向がみられた。全クロムは深さ7-9cm層で9.3mg/kgが最上位層で30mg/kgと、約3倍の増加であった。全ヒ素は深さ7-9cm層で35mg/kgが最上位層で154mg/kgと約4倍の増加がみられた。

全ヨウ素については、深さ15-17cm層から4-5cm層では若干の増加傾向がみられたが、深さ4-5cm層以浅より急激な増加となった。4-5cm層で112mg/kgが最上位層で669mg/kgと、約6倍の増加であった。

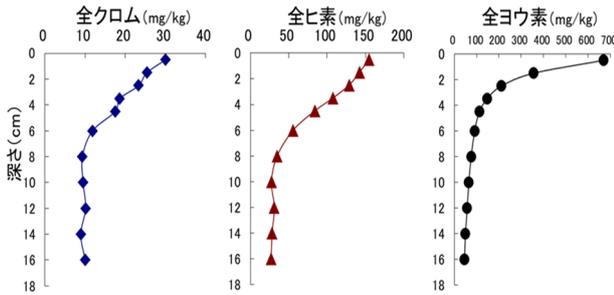


図5 湖底堆積物中の全クロム、全窒素、全ヨウ素の垂直分布

(注) 深さのプロットの位置は図2と同様

4. 考察

(1) 湖底堆積物の堆積速度

湖底堆積物に含まれる物質の垂直分布は湖水環境の歴史を反映した結果と言える。したがって、本報で扱った堆積物の湖底での堆積速度は重要である。本試料の提供元である福島県環境センターの担当者からの情報では、 ^{14}C による年代測定から堆積速度は0.8mm/年とのことであった。廣瀬ら⁷⁾は猪苗代湖湖心部付近の堆積物コアの ^{14}C 年代値から、深さ0~3.24mの堆積速度は約1.0mm/年と報告していることから、本報では堆積速度を0.8mm/年とし、供試した湖底堆積物の堆積期間を約200年間として考察を行う。

(2) 全炭素、全窒素、C/N比

湖底堆積物中の全炭素、全窒素は、深さ7-9cm層が浅より最上位層に向けて大きく増加する傾向がみられた。深さ7-9cm層は約100年前と推定され、猪苗代湖周辺も近年、人為的活動の増大がみられている。全炭素や全窒素を高めた要因としては、湖水内の植物プランクトンや藻類の遺体由来とは考えにくく、湖に流入する河川や水路を通じて、湖周辺から流入する有機物等が影響していると考えられる。Murase と Sakamoto¹²⁾は、琵琶湖での湖底堆積物を調査し、北部エリアでの全炭素について浅層で1%から3%に高まる本報告と同数値レベルの結果であり、有機物の由来として、湖内生態系以外からの可能性を報告している。

C/N比については、全炭素、全窒素の増加がみられた深さ7-9cm層で浅層では10.5~12の幅内で大きな変動はみられていない。これは、その間に供給された有機物の構成に大きな変化がなかったものと考えられる。また、Mayerら¹⁰⁾は植物プランクトンや藻類等の湖水植物のC/N比は4~10の範囲にあることを報告しているが、猪苗代湖での堆積物のC/N比よりはかなり低いレベルであることから、湖水植物以外に湖外環境からの有機物の混入が起こっていることが推察される。

(3) 湖底堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$

$\delta^{13}\text{C}$ 及び $\delta^{15}\text{N}$ については、全炭素や全窒素の増加に併せて値が低下する傾向がみられ、最上位層ではそれぞれ-27‰、0‰に近づいた。これら堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ や $\delta^{15}\text{N}$ （炭素や窒素の安定同位体自然存在比）を用い、堆積物中で増加した有機物の由来などについて解析を行った。

$\delta^{13}\text{C}$ については、値が-27‰に近いのを示すのは、湖沼では植物プランクトン¹²⁾や陸上植物では C_3 植物で-26~-28‰となる^{17)、14)、19)}。表1は猪苗代湖岸で採取されたヨシの $\delta^{13}\text{C}$ 、全炭素、全窒素、C/N比を示したが、ヨシの $\delta^{13}\text{C}$ 値は-27‰程度の値であった。

$\delta^{15}\text{N}$ については、値が0‰の代表は大気中窒素である¹⁷⁾。したがって、大気中窒素を直接利用する湖沼では藻類などの窒素固定植物^{17)、14)}、陸上では森林地帯の表層などが0‰を示す^{17)、19)}。

これらをもとに有機物の由来を推定してみると、湖沼の植物プランクトンや藻類などは、猪苗代湖は酸性湖であったことからバイオマス量は少ないことから、湖沼の植物プランクトンや藻類とは考えにくい。 $\delta^{13}\text{C}$ 値-27‰程度を示したヨシを由来とした場合は、C/N比が120であることから、堆積物のC/N比11程度に変化するためには、微生物により分解されることが必要であり、さらに、その際に微生物が取り込み可能な窒素が必要となる。その窒素源としては、人間活動に伴う生活系や畜産系、農業系からの排水や堆肥、土壌等が挙げられるが、これらの $\delta^{15}\text{N}$ 値は0‰より高い傾向にあることが分かっている。さらに分解のために微生物の働きが大きく関わると同位体分別により $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が上昇するなどの理由から、高まった有機物の由来がヨシ主体とは考えにくい。ヨシ以外に堆積物の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値を同時に満たす有機物の由来の可能性としては、金澤ら⁸⁾が河川の底質について調査した結果について、 $\delta^{13}\text{C}$ 及び $\delta^{15}\text{N}$ がそれぞれ-27‰、0‰に近づくような影響を与える生態系として森林地帯由来を報告している。猪苗代湖周辺には広大な森林地帯を有しているものの、猪苗代湖の湖底堆積物に適用できるかについては、さらに詳細な調査が必要である。

Murase と Sakamoto¹²⁾による琵琶湖の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ については、有機物含量の増加に伴い上昇し、最上位層(0-2cm)でそれぞれ-25~-21‰、6~7‰であった。猪苗代湖では有機物含量の増加に伴い低下し、最上位層(0-1cm)の値は琵琶湖よりもかなり低い数値を示している。都市化が進み富栄養化による湖底堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ や $\delta^{15}\text{N}$ は、琵琶湖での結果のように高まるのが一般的である¹⁸⁾ことから、猪苗代湖の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 両値共に低いのはどちらかというの特異な例といえる。湖周辺が山林など比較的自然環境に恵まれている

ことや、かつて酸栄養湖であった固有の特性が影響していると考えられる。

表1 湖岸で採取されたヨシの $\delta^{13}\text{C}$ 、全炭素、全窒素、C/N比

採取地点	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	全炭素(%)	全窒素(%)	C/N比
志田浜	-27.0	41.8	0.335	125
崎川浜	-26.4	42.6	0.359	119
舟津浜	-26.8	41.9	0.352	119

(4) 湖底堆積物中の全鉄、全硫黄、全カルシウム
全鉄、全硫黄については、ほぼ同様のパターンを示し、深さ9-11cm層以浅より増加する傾向がみられた。全鉄は深さ9-11cm層で3.1%から最上位層で5.2%と約2%の増加、全硫黄は0.27%から1.10%と約4倍と急激な増加がみられた。

この要因としては、不溶化した鉄や硫黄の湖外からの流入と湖内での増加の二つが挙げられる。湖外からの流入については、全鉄、全硫黄とも長瀬川を主とした河川水からの不溶形態の鉄や硫黄が近年に増加することがあれば可能性はあると考えられる。鉄や硫黄の不溶化については、硫黄川-酸川の強酸性水が長瀬川に合流し、長瀬川の水がpH6ほどの猪苗代湖に流れ込むときに、鉄イオン等が水酸化物の粒子や有機性成分や、リンなどの栄養塩類を吸着し凝集塊（フロック）を形成する⁹⁾。藤田と中村⁵⁾の長瀬川河口付近のフロック中の成分を蛍光X線分析で元素組成の測定を行った結果では、鉄が73%、硫黄が約2%で硫黄の不溶物質も含まれていた。したがって、鉄や硫黄の不溶化は、河川からの湖への流入部等で起こっていることは明らかである。そして、青柳²⁾は長瀬川河口部で形成されたフロックの湖内輸送について、夏季には10日ほどで湖のほとんど全域に広がることを報告している。さらに、町田⁹⁾はフロックの炭素成分が13%、窒素成分が1.3%と報告している。その結果から湖底堆積物中の炭素、窒素の増加の要因となり得る高い含量であったことと、C/N比が10で湖底堆積物中に近い数値を示したことから、湖底堆積物中物質の由来となる可能性はあると考えられた。

湖内での増加については、湖底堆積物中で水中の硫酸イオンが還元し、鉄と結合した硫化鉄の形成が生じれば増加する可能性があると考えられる。古坂⁶⁾は微生物による硫酸還元について、硫酸イオンが堆積物中で硫酸還元菌によりエネルギー源となる有機物の供給があり嫌気的な条件下で硫化水素を発生させる。そして生成された硫化水素は直ちに堆積物中を拡散し、溶存している2価鉄と

結合し硫化鉄として沈殿すると述べている。これをもとに湖底堆積物の分析結果をみると、全炭素や全窒素の含量の高まりと合わせて全硫黄の含量も高まっていること、そして全硫黄と全鉄が同じ傾向で増加していることから、湖底での硫酸還元が起こっていることが推察される。鈴木ら¹⁵⁾は猪苗代湖で複数採取した湖底泥質堆積物について硫化水素臭を発しており、硫化鉄と思われる黒色物質が見られたと述べている。したがって、湖内においても湖底の堆積物中での全鉄、全硫黄の増加の可能性が示唆された。

ここまでの湖底堆積物中の全鉄、全硫黄の増加についての議論として、まず、不溶化物の由来が湖内か湖外からかについては、硫酸還元由来かフロック由来かということになるが、どちらも可能性があるものの寄与割合の特定はできなかった。しかし、堆積物中の全硫黄が100年以上前から徐々に増加し、その頃と比較して1%を超えて増加している実態は湖水の中性化に対して無視できない数値レベルと考える。湖水の中性化が実際に顕在化したのは、本報で供試した堆積物採取の8年前の1996年からなので、硫黄成分の不溶化の増加作用が、湖水の中性化に影響を与えていると仮定すると、湖水pHの変化は突然に起こったのではなく、その兆候は100年以上も前から現れていたと考えることができる。

全カルシウムについては、深さ9-11cm層から最上位層にかけて減少し約半減した。湖周辺でのカルシウムの活用は、消雪材や農業分野での土壌改良のための石灰資材など利用量は近年増加しているが、湖底堆積物中のカルシウム含量には影響を与えておらず、むしろ減少した。本報告で調査した物質の中で、変化が始まった時期を同じくして唯一減少がみられたことで、他物質と関連したメカニズムの存在があるように思われたが要因の究明には至らなかった。

(5) 湖底堆積物中の全クロム、全ヒ素、全ヨウ素
全クロム、全ヒ素は、深さ7-9cm層以浅より大きく増加する傾向がみられた。クロムは自然界に微量存在しており日本で採取された土壤中の含量は25~60mg/kg程度である³⁾。また、鋼鉄の材料として使用されたり、メッキや顔料、塗料など種々の目的で使用されている。ヒ素も自然界に微量存在しており、局所的に地質に濃度の高い層が存在したり、温泉水に含まれることもある。農林省農蚕園芸局¹³⁾によれば、日本の土壤中の全ヒ素濃度は、水田で平均値が7.7mg/kg、最大値が104.8mg/kg、普通畑で平均値が9.0mg/kg、最大値が62.9mg/kgとの報告がある。また、木材防腐剤や農薬、ガラス、合金の原料や添加材として使用されている³⁾。農薬としては、例えばヒ酸水素鉛

のように戦前から殺虫剤として野菜のヨトウムシ防除等に使用され、1978年登録失効したものである。全クロム、全ヒ素の増加が始まった深さ7-9cm層は約100年前と推察しているが、その頃は猪苗代町においても、磐越西線の開業1898年、沼尻軽便鉄道の開業(沼尻駅~川桁駅間)1913年と新たな交通手段が整備された時期である。また、農業分野では1899年の耕地整備法の公布、昭和初期には本格的な水利事業の導入、1935年には県農業試験場冷害試験地が設置され、以降開発された高冷地向きの栽培技術や品種等が生産現場へ普及し農業振興が進められるなど人間活動の増大がみられた時期でもあり、由来の特定はできなかったものの人間活動が影響していると推察された。

全ヨウ素は深さ4-5cm層以浅より急激に増加し、最上位層では約6倍となった。ヨウ素は写真の感光剤、殺菌剤、工業触媒、液晶ディスプレイ用偏光膜など幅広く産業用として利用されている。日本は原料ヨウ素の生産量は世界第2位を誇っているが、産出地は千葉県房総半島を筆頭に新潟県、宮崎県と限られている¹⁾。また、環境中に微量に存在するヨウ素の動態としては、水に溶解し移動する他、陸水中のヨウ素が微生物反応により大気に揮散し、降雨などにより広く地表に戻り、また大気に揮散といった循環を行っている^{13), 1)}。村松¹³⁾は土壌には吸着されやすい性質を持つことから黒ボク土(畑地や森林)で高い実態があることを報告している。したがって、人間活動により産出、使用されたヨウ素の環境中への放出や土壌に蓄積したヨウ素などが流出などにより湖底堆積物中に蓄積されたものと推察された。

5. 摘要

猪苗代湖の湖心部から採取された深さ0~17cmの湖底堆積物を、1や2cmの厚さで分割したサンプルを用いて、含まれる物質の垂直分布の把握を行い、近年の湖水環境等に与えた影響の解析を試みた。

全窒素、全炭素は深さ7-9cm層(推定年代約100年前)以浅より大きく増加し、最上位層(深さ0-1cm)では深さ7-9cm層の約3倍の濃度に達した。C/N比については深さ9-11cm層以浅ではC/N比が10.5~12の幅内で大きな変動はみられなかった。

$\delta^{13}\text{C}$ については、 $\delta^{13}\text{C}$ 値は深さ9-11cm層の最高値-24.8‰から最上位層に向けて2‰低下し、-27‰に近づいた。 $\delta^{15}\text{N}$ については、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は深さ5-7cm層の最高値3.2‰から最上位層に向けて2.9‰低下し、0‰に近づいた。

全鉄、全硫黄については、ほぼ同様のパターンを示し、全鉄は深さ9-11cm層で3.1%が最上位層で5.2%と、約2%の増加であった。全硫黄は深さ9-11cm層で0.27%が最上位層で1.10%と約4倍と急激な増加がみられた。

全カルシウムについては、深さ9-11cm層から最上位層にかけて減少する傾向がみられ、深さ9-11cm層で0.57%が最上位層で0.27%と約半分に減少した。

全クロム、全ヒ素については、同様の増加パターンを示し、全クロムは深さ7-9cm層で9.3mg/kgが最上位層で30mg/kgと、約3倍の増加であった。全ヒ素は深さ7-9cm層で35mg/kgが最上位層で154mg/kgと約4倍の増加がみられた。全ヨウ素については、深さ4-5cm層以浅より急激な増加となった。4-5cm層で112mg/kgが最上位層で669mg/kgと、約6倍の増加であった。

以上、湖底堆積物中物質の含量の変化は概ね100年前からみられていた。これは、人間活動の増大や最近顕在化している湖水の中性化の要因につながる可能性が示唆された。

謝辞

本研究で供試した猪苗代湖の湖底堆積物は、福島県環境センターより提供されたものです。心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 天知誠吾. 2013. ヨウ素の地球化学と微生物: ヨウ素の揮発、濃縮、酸化、還元、吸着、脱ハロゲン化反応を触媒するバクテリア. 地球化学 47: 209~219
- 2) 青柳一輝・田中 仁・梅田 信・藤田 豊・金山 進. 2011. 長瀬川河口周辺からの凝集塊輸送に関する研究. 東北地域災害科学研究 225~230
- 3) 浅見輝男. 2001. 日本土壌の有害金属汚染. 平河工業社
- 4) 土壌標準分析 測定法委員会編. 2003. 土壌標準分析・測定法. 日本土壌肥料学会監修. 博友社 p. 165~177
- 5) 藤田 豊・中村玄正. 2007. 猪苗代湖のリン除去に寄与する酸性河川長瀬川の凝集塊生成機構. 水環境学会誌 30(4): 205~212
- 6) 古坂澄石. 1986. 硫酸還元菌. *URBAN KUBOTA*, 25: 32~41
- 7) 廣瀬孝太郎・長橋良隆・中澤なおみ. 2014. 福島県猪苗代湖の湖底堆積物コア(INW2012)の岩相層序と年代. 第四紀研究 53(3): 157~173
- 8) 金澤伸浩・齋藤修成・漆川芳國. 2008. 底質の安定同位体比を指標とした子吉川の水環境評価. 水環境学会誌 31: 53~58
- 9) 町田充弥. 2008. 猪苗代湖における浄化作用. 福島県環境センター年報 10: 23~26
- 10) Meyers, P. A. and Ishiwatari, R. 1993. Lacustrine organic geochemistry — an

- overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. *Org. Geochem.*, 20 : 867~900
- 11) 村松康行. 2005. ヨウ素を通して見た地球・環境・生物. *Isotope News*, 5 : 2~7
- 12) Murase, J. and Sakamoto, M. 2000. Horizontal distribution of carbon and nitrogen and their isotopic compositions in the surface sediment of Lake Biwa. *Limnology*, 1 : 177~184
- 13) 農林省農蚕園芸局. 1974. 昭和48年度土壤汚染防止対策調査成績 (昭和49年12月)
- 14) 小川奈々子・木庭啓介・高津文人・和田英太郎. 1997. 自然生態系における炭素・窒素安定同位体存在比. *RADIOISOTOPES*, 46 : 632~644
- 15) 鈴木敬治・千葉 茂・中馬教允・小山 侃. 1987. 猪苗代湖をめぐる。－水質を中心に－. *URBAN KUBOTA*, 26 : 38~53
- 16) Tabatabai, M. A. 1996. Sulfur. *In: Sparks, D. L., Methods of soil analysis, Part 3, Chemical Methods SSSA book series 5.* Madison, Wisconsin, 921~960
- 17) 和田英太郎. 1986. 生物関連分野における同位体効果 ー生物界における安定同位体分布の変動ー. *RADIOISOTOPES*, 35 : 136~146
- 18) 吉岡崇仁. 2006. 水圏生態系の安定同位体解析. 環境循環系診断のための同位体トレーサー技術. 筑波大学陸域環境研究センター p. 28~38
- 19) 米山忠克・森田明雄・山田 裕. 2002. 土壌ー植物系における炭素、窒素、酸素、イオウ動態解析のための安定同位体自然存在比の利用 : 1994年以降の研究の展開. *土肥誌* 73 : 331~342

