琵琶湖の淡水リザーバー効果に関する研究

宮田佳樹[1)]，南雅代[2)]，遠部慎[1),3)]，坂本稔[1)]，今村峯雄[1)]
1）国立歴史民俗博物館，〒285-8502　千葉県佐倉市城内町117　TEL&FAX:043-486-4054
E-Mail：ymiyata@rekihaku.ac.jp
2）名大年測定センター
3）北大埋蔵文化財調査室

はじめに

琵琶湖沿岸の低湿地にある入江内湖遺跡から出土した（同一個体）8破片の土器付着炭化物の内，外面を炭素年代測定したところ，内面付着物の年代が外面付着物の年代よりも，系統的に古い値を示すことから，その原因の一つとして，淡水リザーバー効果の可能性を指摘した（宮田他，2008；Miyata et al., submitted）．また，これまでの琵琶湖の堆積物の年代測定結果からも非常に古い有機物が存在することが報告されている（南他，2005；中村他，1986など）．そこで，本研究では，現生生態試料を用いて琵琶湖における淡水リザーバー効果の可能性を検証してみる．

実験方法

研究に用いた試料は，1960年代から1990年までの二枚貝（セタシジミ，カラスガイ）と巻き貝（ナガタニシ，ヤマトカワニナ）の貝殻である．さらに，2008年4月から5月にかけて，南湖と北湖のセタシジミ，大気中の14C濃度の比較試料として，松葉とアシを採取した．試料の採取地点を図1に示した．

貝試料は，付着した有機物などの汚れを取り除くために，Milli Q 水，アセトンで超音波洗浄を繰り返し行った．その後，なるべく成長線に近い先端部分から貝を削りだし，HClでリーチングした．その後，リン酸分解によって，二酸化炭素を生成させた．発生した二酸化炭素は，ガラス製真空ラインで精製し，鉄触媒を用いて，一晩かけてグラファイトに還元した．

松葉とアシは，通常行う，酸・アルカリ・酸処理（AAA 処理）を用いて洗浄した．まず，付着した有機物などの汚れを取り除くために，Milli Q 水，アセトンで超音波洗浄を繰り返し行った．次に炭酸塩などの汚染を取り除くために，1N HCl に浸け，80℃，1時間加温する行程を2回繰り返した．それから，フミン酸など土壌起源有機物を除去するために，1N NaOH で80℃，1時間加温する行程を，褐色の溶液がほとんど透明になるまで数回繰り返した．最後に，1N HClを用いて，アルカリ処理中に吸収した可能性のある二酸化炭素を除去し，かつ，残存するアルカリを中和するために，80℃，1時間加温する．この行程を2回行った．最後に，Milli Q 水で80℃，1時間加温する作業を中性になるまで，4回ほど繰り返し，オーブンで乾燥させた．

次に，AAA 処理済の試料～5mg を酸化銅，Sulfix とともに石英管に詰め，850℃で3時間燃焼し，二酸化炭素を生成させた．発生した二酸化炭素は，ガラス製真空ラインで精製し，鉄触媒を用いて，一晩かけてグラファイトに還元した．生成したグラファイトは，ターゲットに詰め，AMS で炭素年代測定を行った．貝のリーチングと AAA 処理は，

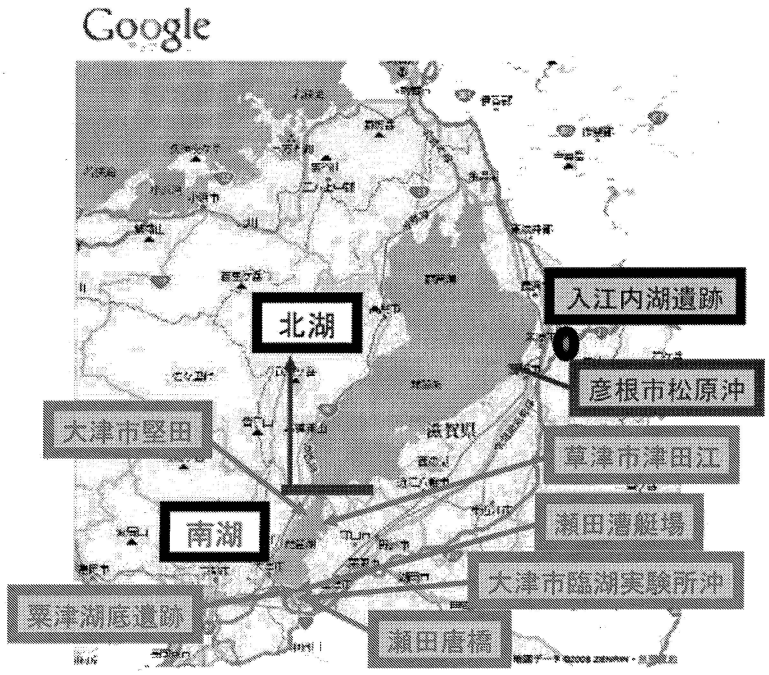

図１．試料採取地点

国立歴史民俗博物館で行った．ガラスラインによる炭素精製と AMS 年代測定は，(株)パレオ・ラボ社で行った．

結果と考察

ここでは，琵琶湖に淡水リザーバー効果が存在する可能性に関して議論する．

琵琶湖沿岸の低湿地にある入江内湖遺跡から出土した8破片の土器付着炭化物の内，外面付着物を炭素年代測定したところ，内面付着物の年代(5053±12 BP; N=5)が外面付着物の年代(4961±22 BP; N=7)よりも，系統的に 90 ^{14}C yr BP 古い値を示した．内面付着物の炭素同位体組成を測定したところ，海洋リザーバー効果の可能性がほとんど考えられないため，その炭素年代差が生じる原因の一つとして，琵琶湖産魚介類を煮炊きした際に生じる淡水リザーバー効果の可能性を指摘した(宮田他，2008; Miyata et al., submitted)．さらに，琵琶湖の周辺には，石灰岩を産出している伊吹山，霊仙山が存在するため，それらを起源とする死滅炭素(dead carbon)が河川や地下水などを通じて琵琶湖へ影響し，湖水中には非常に古い炭素年代を持つ有機物が存在する可能性が高い(南他，2005)．また，琵琶湖畔に生息するヨシ(アシ)などの植物遺体などを起源とする非常に古い泥炭層などの存在も古い炭素年代を持つ有機物の供給源の一部かもしれない．実際に，大気圏核実験による 14C の影響を受けていない1950年前後の琵琶湖の堆積物(深度3～4cm)は，Δ^{14}C = −250～−230‰であり，炭素年代値に換算すると 2400～2200yr BP とかなり古い炭素年代を示している．(中村他，1986)．

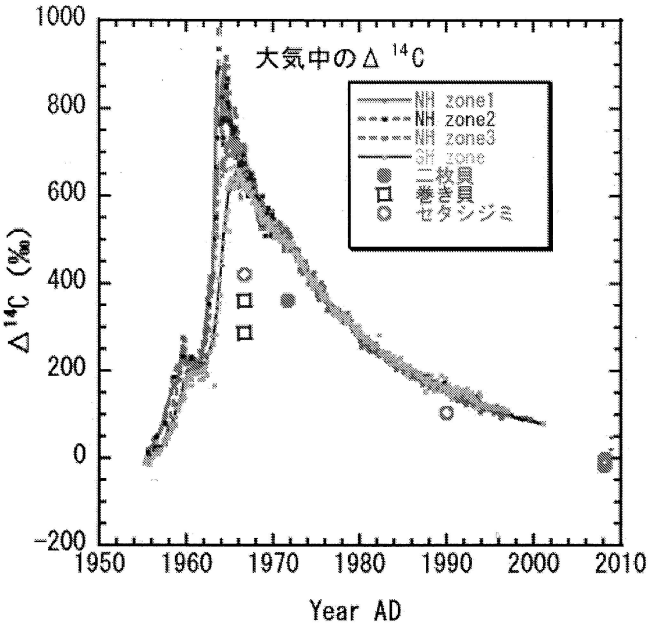

図２．琵琶湖産貝類（殻）の炭素年代

湖底下数メートル程度の場所に生息するセタシジミは湖水に含まれるカルシウムと炭酸，自ら呼吸し排出した二酸化炭素を用いて，炭酸カルシウム殻を生成させることで，成長を続ける．したがって，貝殻に含まれる炭酸成分は，セタシジミが摂取した有機物も反映している可能性が高い．そこで，琵琶湖産現生貝試料の炭素年代測定結果を南，北半球の大気中^{14}C 濃度(実線と波線)の経時変化とともに図2に示した．横軸は西暦，縦軸はΔ^{14}C(‰)である．2点の巻き貝のデータを除くと，1950年代後半以降，大気圏核実験の影響を受けた14C濃度の変動にも対応して，二枚貝の炭素年代測定結果は，同時代の大気に比べて調和的に古い炭素年代を示した。したがって，これらの炭素年代差を生じる原因として，琵琶湖に供給される古い炭素年代を持つ有機物を起源とする淡水リザーバー効果の影響が考えられる．

二枚貝 vs.巻き貝

ここで，1966年産の二枚貝(セタシジミ)と巻き貝(ナガタニシ，ヤマトカワニナ)に見られる炭素年代差に関して考えてみる。1950年代以降大気圏核実験の影響によって，大気中の14C濃度は1962年から1965年にかけて急激に上昇している．もし，その急激な14C 濃度の上昇に対応して琵琶湖内の14C 濃度も上昇したとすれば，この3種類の貝の炭素年代差はそれに対する応答の違いと考えられる．一方，そうでないと場合には，この炭素年代差は餌を濾過摂取する二枚貝であるセタシジミとコケなどの藻類を好む巻き貝との食性の違いを示しているのかもしれない．例えば，同じ二枚貝の中でも，シジミ類はアサリなどとは異なり，通常の動物では消化しにくいセルロースやリグニンなどの難分解性有機物を消化することができるため(Sakamoto et al., 2007)，陸起源有機物を餌として積極的に利用することが可能である．したがって，この炭素年代差は，大気中から除去された14C を多く含む，14C 濃度の高い陸起源有機物が湖水に供給され，その有機物を巻き貝よりもセタシジミが利用しているために生じたのかもしれない．つまり，異なる種類の貝を炭素年代測定することによって，貝種に応じた食性の違いを推定するこができるかもしれない．

北湖 vs.南湖

琵琶湖は琵琶湖大橋を境に,大きく北湖と南湖に分けられる．北湖と南湖ではその性質も大きく異なる。北湖は琵琶湖の 90%以上を占め,平均水深が43mである。一方,南湖は平均水深4mと非常に浅い。それ故,南湖では,波浪や船舶の影響によって湖底堆積物の巻き上げ生じ易い。すなわち,南湖の湖底環境は,より閉鎖的な北湖とは対照的である。また,約120本ある流入河川は全て北湖に流入し,唯一の流出河川は南湖にある瀬田川のみである(Yokota et al., 1996； 南他,2004； 南他,2005)。また,湖水の平均滞留時間は10年程度と考えられることから，湖水は比較的速やかに入れ替わっている。したがって,琵琶湖における湖水の循環は,北湖から南湖そして,瀬田川という流れによって強く規定されている。

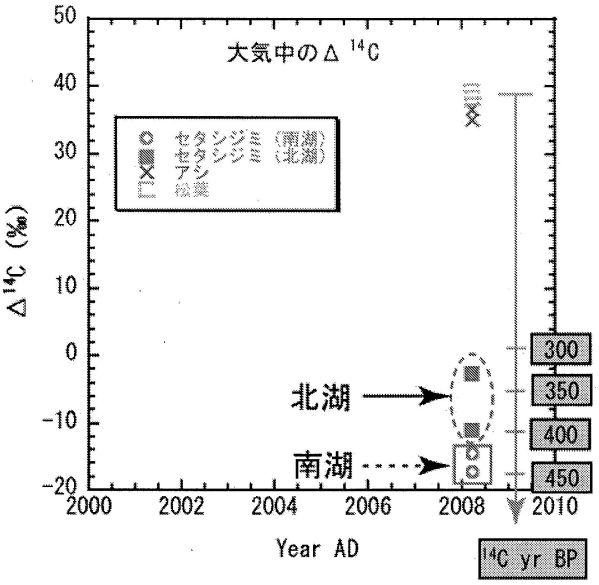

図３．琵琶湖産現生生態試料の炭素年代

そこで,この北湖と南湖のセタシジミの殻の炭素年代に関して考えてみる。図3は,琵琶湖産現生生態試料の炭素年代を示している．大気中の14C濃度を示す対照として，同時に採取した琵琶湖畔の松葉とアシの年代も表示している．松葉の示す14C濃度は$\Delta^{14}C$ = ～40‰であり，現生（2008年）の炭素年代として妥当な値である．ややアシが低い炭素濃度を示しているが，琵琶湖の沿岸に自生しているため，何らかの理由により，いくらか琵琶湖の古い炭素の影響を受けているためかもしれない．2008年産セタシジミの殻は，大気中の14C濃度に比べて，330～450 ^{14}C yr BP 古い炭素年代を示している．そして，2点ずつの測定結果に過ぎないが，北湖に比べて南湖の方が～70 ^{14}C yr BP 古い炭素年代を示している．このことは，北湖から南湖，瀬田川という琵琶湖の湖水の流れに従って，湖底堆積物中の炭素同位体組成が軽くなっていくことや，堆積物の炭素年代が，北湖よりも南湖の方が古い値を示すことも調和的である（南他，2005）．つまり，琵琶湖堆積物はセタシジミの炭素年代に何らかの影響を与えている可能性が高い．

遺跡出土試料における貝の炭素年代

琵琶湖にある粟津湖底遺跡第3貝塚から出土した，同時代の木片とセタシジミの炭素年代を測定した．その結果，系統的にセタシジミ（～4900BP）は，木片（～4600BP）よりもおよそ 300 ^{14}C yr BP 古い炭素年代を示した（中村他，1997）．もし，この木片の炭素年代が正しいと仮定すれば，セタシジミは琵琶湖に存在する古い炭素の影響を受けていることになる．このセタシジミと炭化材の年代差は，縄文時代中期，琵琶湖には淡水リザーバー効果が存在していた可能性を強く示唆する．

まとめ

琵琶湖産現生試料の炭素年代を測定した結果，石灰岩や泥炭層などに由来する古い炭素の影響によって，琵琶湖には縄文時代中期から現代まで貝の炭素年代測定値として，300～450^{14}C yrs BP 古い炭素年代を示す淡水リザーバー効果が存在する可能性が高い．

さらに，生物は硬組織と軟組織では異なる起源の炭素を利用しているため，貝の殻と身，魚の骨と身には炭素年代差が生じるはずである．また，動物は種によって食性が異なるため，貝種や魚種の違いによっても，炭素年代差が生じるかもしれない．したがって，これらの炭素年代差の関係を検討することによって，琵琶湖の淡水リザーバー効果を通して，炭素循環を考察していくつもりである．

謝辞

試料を提供して頂いた京都大学総合博物館　中坊徹次博士，滋賀県水産試験場　久米弘人氏，至誠庵　井上氏，試料採取に協力をして頂いた滋賀県琵琶湖博物館　高橋啓一博士に感謝致します。また，高精度 AMS 年代

測定に関しては，パレオ・ラボ AMS 年代測定グループから多大な協力を得ました．本研究は，学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジア」（研究代表 西本豊弘），科研費若手(B)「土器付着炭化物を用いた古食性の研究」，「土器付着炭化物及び，吸着物を用いた先史時代の食性研究」（研究代表 宮田佳樹）の支援を受けました．

参考文献

中村俊夫，中井信之，木村雅也，小島貞男，前田広人（1986）琵琶湖底堆積物中の放射性核種分布，堆積物研究会 XXV 号，1－14．

中村俊夫，太田友子，伊庭功，南雅代，池田晃子（1997）滋賀県粟津湖底遺跡第 3 貝塚の同一層から出土した木片,哺乳類骨片,セタシジミ貝殻化石の放射性炭素年代の比較，名古屋大学加速器質量分析計業務報告書 8，237－246．

南雅代，平野靖幸，小田寛貴，横田喜一郎（2004）琵琶湖湖底堆積物の化学的特徴，名古屋大学加速器質量分析計業務報告書 XV，181－198．

南雅代，種紀彦，小田寛貴，横田喜一郎（2005）琵琶湖の湖底堆積物ならびに流入河川堆積物の炭素同位体比から探る堆積環境，名古屋大学加速器質量分析計業務報告書 XVI，73－83．

宮田佳樹，遠部慎，坂本稔，今村峯雄（2007）土器付着炭化物の AMS-14C 年代測定－低湿地遺跡で観測される付着炭化物の内面と外面の年代差についての検討－,2007年度日本第四紀学会講演要旨集．

宮田佳樹，遠部慎，坂本稔，今村峯雄（2008）低湿地遺跡における土器付着炭化物の炭素年代測定－内面,外面付着物の年代差と続成作用,淡水リザーバー効果の検討－,名古屋大学加速器質量分析計業務報告書 XIX，73－78．

Sakamoto K., Touhata K., Yamashita M. and Toyohara H. (2007) Cellulose digestion by common Japanese freshwater clam Corbicula japonica, ibid 73, 675-683.

Yokota K., Okunishi S. and Maeda H. (1996) The imprints on Lake Biwa sediments of record water-level lowering in 1994, Abstract of Annual Meeting of the Sedimentological Society of Japan 14-16.

Preliminary study for freshwater reservoir effects at Lake Biwa

Y. Miyata[1,*], M. Minami[2], S. Onbe[1,3], M. Sakamoto[1], M. Imamura[1]

1) National Museum of Japanese History (NMJH), Sakura City, Chiba 285-8502, Japan

2) Center for Chronological Research, Nagoya University, Nagoya 464-8602

3) Archaeological Research Center, Hokkaido University, Sapporo 060-0811

We measured the radiocarbon ages of the samples such as molluscan shells, Phragmites and pine leaves collected after 1966 year at Lake Biwa to examine the possibility of freshwater reservoir effects at Lake Biwa. The molluscan shells collected after 1990 year, were hardly affected from the nuclear bomb test, showed 330 – 450 ^{14}C yrs older radiocarbon ages than that of the coeval atmosphere, as well as the samples excavated from the Awazu submarine shell midden at the Middle Jomon period. The both age offsets were almost identical, which meant that there were likely to be freshwater reservoir effects at Lake Biwa and supported that the degrees of freshwater reservoir effects might be hardly changed for about 5000 years.

In this paper, we discuss about the age differences as follows:

1) between snails and bivalves at Lake Biwa,

2) between northern and southern part of Lake Biwa,

3) between molluscan shells and charred wood, excavated from the Awazu archaeological site.

This work was supported by a Grant-in-Aid for Young Scientists (B) Nos.18700679 & 20700663 (Y.M.), Creative Scientific Research No.16GS0118 (T.N.) of the Japan Society for the Promotion of Science.

*ymiyata@rekihaku.ac.jp