

# 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

南 雅代<sup>1)</sup>・種 紀彦<sup>2)</sup>・小田寛貴<sup>3)</sup>・横田喜一郎<sup>4)</sup>

- 1) 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻  
〒464-8602 名古屋市千種区不老町 TEL: 052-789-3030  
e-mail: minami@eps.nagoya-u.ac.jp
- 2) 名古屋大学理学部地球惑星科学科
- 3) 名古屋大学年代測定総合研究センター
- 4) 琵琶湖研究所

## 【はじめに】

琵琶湖はカスピ海やバイカル湖などとともに古代湖の一つである。約 400 年前、瀬戸内沈降帯における六甲変動 (Ikebe, 1956) の東西性圧縮により、三重県の伊賀地方にできた盆地に水がたまって今の琵琶湖のもとである古琵琶湖が形成されたと考えられている。その後古琵琶湖群の堆積盆地は沈降部が北西側の近江盆地に移動し、古琵琶湖は約 320 万年前に土砂に覆われた。そして約 50 万年前に北湖が広い琵琶湖になり、粘土が堆積するようになった。現在でも北湖地域の基盤は年間 1~2mm 沈降している (横山, 1987)。

琵琶湖は琵琶湖大橋を境に北湖盆と南湖盆に分けられる。北湖は琵琶湖の 90% 以上を占めており、平均深度は約 43m と深い。そのため波浪や船舶の渡航によって湖底堆積物が巻き上げられている可能性は少なく、湖底環境は南湖に比べて閉鎖的である。南湖は北湖とは異なり、面積は小さく、平均深度も約 4m と浅い。そのため波浪や船舶の渡航によって堆積物は巻き上げられており、Yokota et al. (1996) によればその効果は少なくとも 2~3cm に及ぶ。北湖と南湖では湖の周囲の状況も異なる。北湖の周辺域は近年、製造業などの産業の発達が目撃されるが、古くからの自然環境が保たれており、産業の中心は農業である。それに対し南湖の周辺域は北湖に比べて人口密度が高く、都市化が進んでいる。琵琶湖には約 460 本の河川が流入しており、このうち直接流入しているのは 120 本である。流出している河川は人工的な疏水を除けば、瀬田川のみである。

琵琶湖湖底堆積物に関しては今までに多くの研究がなされている。1971 年から琵琶湖底で行われた深層ボーリングでは 200m、1000m、1400m のコアが採取され火山灰及び古地磁気層序による対比が示されている (Horie, 1984)。我々は、北湖、南湖、その境界部で採取された琵琶湖湖底堆積物コアに対して、Sr 同位体比 (南ほか, 2002; Minami et al., 2003)、有機態金属元素 (安藤ほか, 2003)、主成分元素、微量元素の分析 (南ほか, 2004) を行ってきた。本研究では湖底堆積物コアの鉛直方向の炭素同位体比の変化を調べるとともに、琵琶湖に流入している主な河川の川床堆積物や後背地に存在する石灰岩の炭素同位体比についても分析を行い、

河川堆積物や石灰岩の琵琶湖湖底堆積物に与える影響について調べた。

#### 【試料】

湖底堆積物 KAN、KAS は北湖 (C10: 35° 23' 00" N; 136° 07' 99" E, 深度 89.6m 地点)、南湖 (C3: 35° 03' 64" N; 135° 54' 22" E, 深度 3.6m 地点) で 2002 年 5 月に採取されたものを使用した。試料採取は KK - 土壌回収装置 (長さ 60cm、直径 5cm のアクリルチューブ) によってなされた。コアの長さは北湖 39cm、南湖 47cm、境界部 17cm であった。試料はシルト質泥で、表層から 2~3cm は茶色、それ以深では暗灰色をしている。北湖と南湖と比べると、北湖の堆積物の表層部のほうが茶色の層がはっきりしている。試料採取後、コアは表層から 10cm までは 0.5cm に、10cm より下は 1cm の長さにスライスして凍結乾燥した。その後ボールミル・乳鉢によって砕いた。

河川堆積物は 2003 年 7 月に比良川、安曇川、百瀬川、知内川、大川、大浦川から、11 月に姉川、愛知川、野洲川から、2004 年 2 月に日野川、瀬田川から採取されたものを使用した。河川堆積物は 80 メッシュ (180 メッシュ) のふるい二度かけて採取した。採取後乾燥し、ボールミル・乳鉢によって砕いた。大川、大浦川には魚の死骸が見られ、愛知川にはコケが見られた。

石灰岩は 2004 年 12 月に伊吹山から採取した。採取地点は伊吹山登山道一合目付近 (35° 24' 27" N; 136° 23' 20" E, 標高 420m 地点)、伊吹山入口 (35° 23' 64" N; 136° 23' 60" E, 標高 300m 地点) である。石灰岩は灰黒色で片理が発達していたが、肉眼で化石は確認できなかった。試料はステンレス乳鉢で粉末になるまで粉碎した。

#### 【分析方法】

堆積物試料に対しては、約 2g をはかり取り、1.2M-HCl を加えホットプレート上で 80℃ に加熱して炭酸塩を除去する酸処理を 4 回行った。この時の酸抽出液 (黄~黄橙色) は遠沈管に入れて遠心分離をし、上澄み液を「酸可溶成分」として回収した。その後、1.2M-NaOH でアルカリ処理を行い、この時のアルカリ抽出液 (褐色) は遠沈管に入れて遠心分離をし、上澄み液を「アルカリ可溶成分」として回収した。その後再び酸処理を行って、アルカリ処理中に溶け込んだ炭酸を除去した。最後に蒸留水を加え 80℃ に加熱して酸を除いた。残渣は 80℃ で乾燥し「酸アルカリ不溶成分」として扱う。

処理された試料を約 200mg はかりとり、約 1g の酸化銅と銀線を加えてバイコール管に入れ、石英綿でふたをして、真空ラインで真空に引いた後封管した。その後マッフル炉にて 850℃ で 2 時間加熱した。燃焼後のバイコール管を CO<sub>2</sub> 精製ラインにつなぎ、液体窒素 (-196℃)、エタノール+液体窒素 (-100℃)、ペンタン+液体窒素 (-127℃) の 3 種類の寒剤を用いて、試料中の CO<sub>2</sub> を精製した。

石灰岩試料に対してはリン酸分解を行った。Y 字反応管の一方に石灰岩試料を、一方にリン酸 2 - 3ml を入れ、CO<sub>2</sub> 精製ラインにつないで真空に引いた後、反応管を回してリン酸と試料を反応させ、生じた CO<sub>2</sub> を寒剤を用いて精製した。

CO<sub>2</sub> の一部は水素還元法により、グラファイトとし、名古屋大学年代測定総合研究センタ

一のタンデム加速器質量分析計により  $\Delta^{14}\text{C}$  を測定した。また、残りの  $\text{CO}_2$  を用いて、トリプルコレクター式気体用質量分析計 (Finnigan MAT 社製, MAT-252) により  $\delta^{13}\text{C}$  値を測定した。標準物質にはシュウ酸 (SRM4990) を用いた。

【結果と考察】

湖底堆積物の堆積速度

南ほか (2004) に示されている北湖堆積物 (BWA-N) と南湖堆積物 (BWA-S および KAS) の  $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$  と  $^{137}\text{Cs}$  のデータを以下に示す。

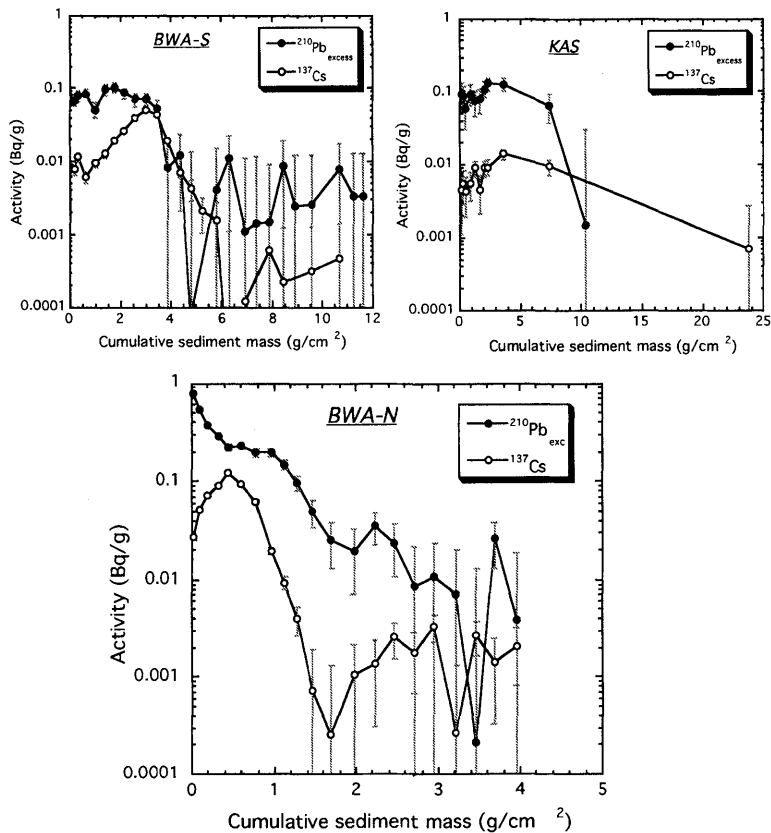


Fig.1 Vertical distribution of excess  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in bottom sediments of Lake Biwa

BWA-N と BWA-S は、それぞれ KAN と KAS と同地点で 1998 年に採取された堆積物コア試料である。南湖堆積物試料については、過剰  $^{210}\text{Pb}$  からは減衰曲線が得られず、堆積速度を求めることができないが、BWA-S 試料については  $^{137}\text{Cs}$  の濃集層が表層から 8~9cm の深さの層に見られ、このピーク位置を 1964 年として堆積速度を求めると  $0.046\text{g/cm}^2/\text{yr}$  ( $0.23\text{cm}/\text{yr}$ ) となる。北湖堆積物試料については、過剰  $^{210}\text{Pb}$  に減衰が見られ、BWA-N 試料の堆積速度を求めると、深さ 2.5~4.0cm 間の非常に堆積速度が速い層を除いて  $0.011\text{g/cm}^2/\text{yr}$  ( $0.13\text{cm}/\text{yr}$ ) となる。また、BWA-N 試料に対しては  $^{137}\text{Cs}$  の濃集層が表層から 4~5cm の深さの層に見られ、このピーク位置から堆積速度を見積もると  $0.13\text{cm}/\text{yr}$  となり、 $^{210}\text{Pb}$  から得られた堆積速度とほぼ一致する。松本 (1975) によると北湖の堆積年代は  $0.13\text{cm}/\text{yr}$ 、南湖は  $0.08\text{cm}/\text{yr}$  と報告

されている。北湖については類似しているが、南湖についてはかなり相違点があることがわかる。

次に、以上の結果をもとに KAN、KAS の堆積速度の推定を行う。南ほか (2004) のデータに基づき、KAN、KAS、BWA-N、BWA-S の  $TiO_2/Al_2O_3$  の深度分布を Fig.2 に示す。この図から、北湖に関しては鉛直分布がほぼ同じであるが、南湖に関しては KAS の 11cm と BWA-S の 19cm がそれぞれ対応し、KAS のほうが BWA-S に比べて堆積速度が速いことがわかる。Sr 同位体比に関しても、BWA-S では 10cm のところで、KAS では 19cm のところで、同様の急激な変化を示す (Minami et al., 2003) ので、この鉛直方向の対応関係は確かであると考えられる。BWA-S の堆積速度 0.23cm/yr をもとに KAS の堆積速度を求めると 0.40 cm/yr となる。南湖では場所によってかなり堆積速度が異なっている可能性が考えられる。本研究では以降、北湖の堆積速度を 0.13 cm/yr、南湖は 0.40 cm/yr として議論を進めていく。

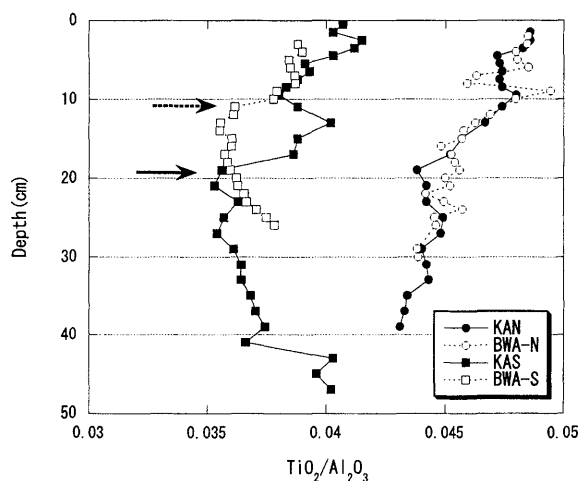
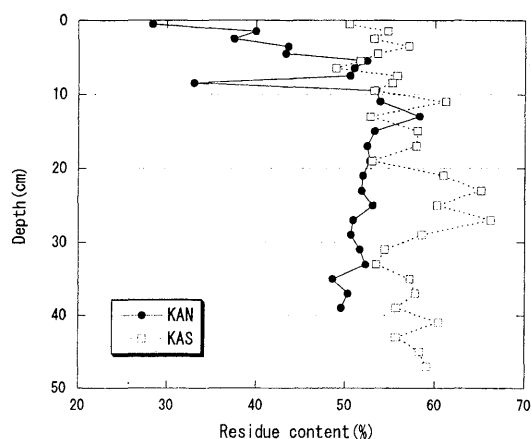


Fig.2 Vertical distribution of  $TiO_2/Al_2O_3$  ratio in lake sediments

#### 湖底堆積物から抽出した酸アルカリ不溶成分量

酸-アルカリ-酸 (AAA) 処理後の残渣 (酸アルカリ不溶成分) 量を、Fig.3 に、乾燥泥中の重量%で示す。北湖堆積物 (KAN) は深度 10cm から表層にかけて減少傾向にあり、最表層部で最小値を示す。南湖堆積物 (KAS) は深度 20cm から表層にいくにつれて減少傾向を示し、やはり最表層部で最小値を示す。これより琵琶湖堆積物表層部は酸に溶けやすい炭酸塩・フルボ酸などが多く含まれていることがわかる。

Fig.3 Vertical distribution of residue content after AAA treatment for lake sediments



### 湖底堆積物から抽出した成分の炭素量

Fig.4 に湖底堆積物のバルク、酸可溶成分、酸アルカリ不溶成分中の炭素含有量の鉛直分布を示す。北湖堆積物 (KAN) では、いずれの成分も最表層部で一番高く、その後深度 5cm へかけて急激に減少し、5cm 以深の層ではほぼ一定値を示す。表層部において炭素含有量が高いのは、深い層の炭素はバクテリアの働きにより分解されたのに対し、表層では分解途中のために炭素含有率が高いと考えられる。南湖堆積物 (KAS) でも、いずれの成分も同じ分布傾向を示しており、19cm で最大値、19cm 以浅、以深では単調に減少している。KAN と KAS の鉛直分布の違いは非常に明らかである。

南湖周辺は北湖周辺に比べ、都市化が進んでおり、周辺都市から生活排水や工業排水が流れ込む環境にあるといえる。特に 1960~1970 年は琵琶湖に大量の生活排水や工業排水が流入したために水質悪化が叫ばれた頃である。南湖堆積物の 19~21cm におけるピークは、湖の富栄養化のピークを示している可能性が考えられる。

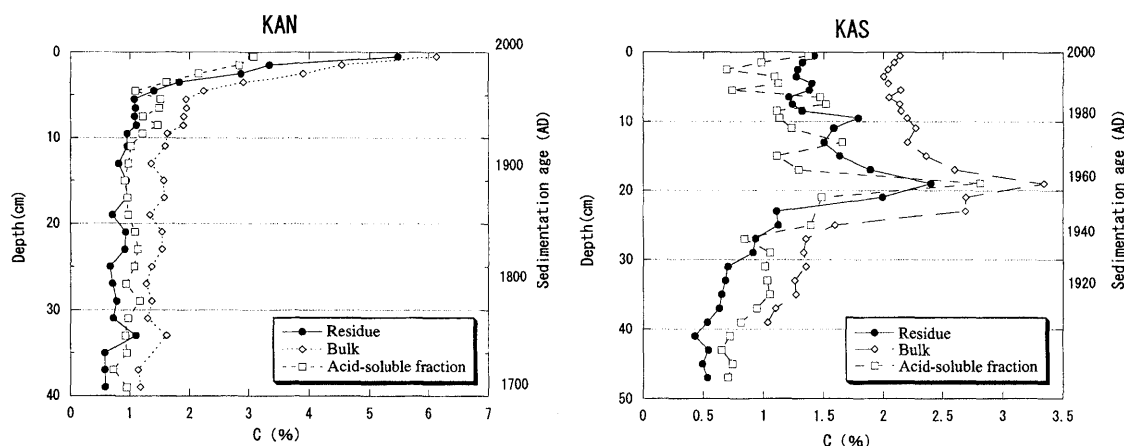


Fig.4 Vertical distribution of carbon content for residue (acid-alkali-insoluble fraction), bulk and acid-soluble fraction

### 湖底堆積物から抽出した成分の $\delta^{13}C$

Fig.5 に湖底堆積物の酸可溶成分、酸アルカリ不溶成分の  $\delta^{13}C$  値の鉛直分布を示す。酸可溶成分のほうが酸アルカリ不溶成分より、KAN では約 2‰、KAS では 3~4‰ 高い。酸可溶成分にはフルボ酸が主に含まれると推測される。フルボ酸はフミン酸の分解物であり、ポリウロニドなどの多糖類が中心の無色部分と着色部分とからなる。一方、酸アルカリ不溶成分としてはアルカン、脂肪酸、リグニン-フェノールなど比較的安定な物質が考えられている (Uemura and Ishiwatari, 1995)。酸可溶成分のほうが酸アルカリ不溶成分よりも高い  $\delta^{13}C$  値を示したのは、腐食物質の分解につれて、軽い炭素が失われ、 $\delta^{13}C$  値が高くなったためと考えることができる。

KAN の  $\delta^{13}C$  値は最表層から深度 5cm まで増加し、最大値をとった後、深度 10cm ま

で減少し、極小値をとり、それ以深では徐々に増加している。一方、KAS の  $\delta^{13}\text{C}$  値は最表層から深度 20cm まで増加し、最大値をとった後、それ以深では減少している。KAN と KAS を比べると、KAN のほうが低い  $\delta^{13}\text{C}$  値を示す。

KAS の 20cm におけるピークは、炭素含有量のピークと一致する。琵琶湖の富栄養化が進み、相対的に  $\delta^{13}\text{C}$  の高い植物（藻類・プランクトン）が大量発生した、あるいは富栄養化が進んだ河川から  $\delta^{13}\text{C}$  の高い植物が多量に流入したことなどが考えられる。

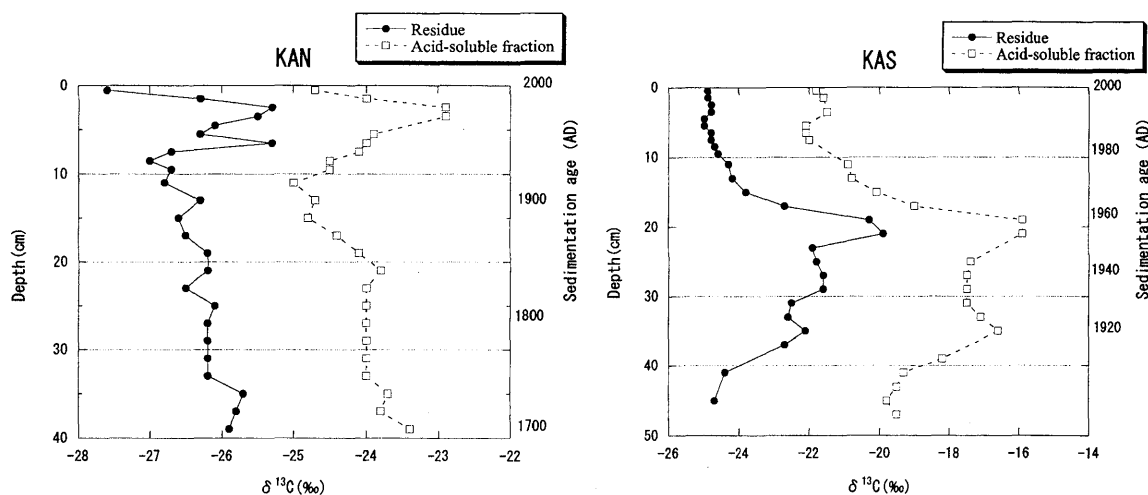


Fig.5 Vertical distribution of  $\delta^{13}\text{C}$  for residue (acid-alkali-insoluble fraction), and acid-soluble fraction

#### 湖底堆積物から抽出した成分の $\Delta^{14}\text{C}$

Fig.6 に湖底堆積物の酸可溶成分、酸アルカリ不溶成分の  $\Delta^{14}\text{C}$  の鉛直分布を示す。KAN は 5cm 以浅で  $\Delta^{14}\text{C}$  の増加が著しいことがわかる。KAS は深度 20cm で最大値をとり、それ以深、以浅では急激に減少している。また、KAN、KAS いずれにおいても酸アルカリ不溶成分のほうが酸可溶成分に比べて低い  $\Delta^{14}\text{C}$  値を示す。この傾向は  $\delta^{13}\text{C}$  と同様であり、腐食の段階で軽い炭素が失われ、 $\Delta^{14}\text{C}$  値が高くなったためと考えることができる。KAN、KAS いずれも  $\Delta^{14}\text{C}$  は 1920 年頃から上昇をはじめ、1960~1970 年頃に最大値を示している。これは 1940 年頃から行われ、1964 年頃にピークをみた大気圏原水爆実験に起源をもつ人工の  $^{14}\text{C}$  の寄与によるものと考えられる。堆積速度が速い KAS は人工の  $^{14}\text{C}$  を含まない堆積物が堆積した効果により、 $\Delta^{14}\text{C}$  は -450‰ 付近まで減少している。KAN の堆積物は堆積速度が遅いため、KAS ほどの減少傾向は見られない。KAS の 1920~1970 年にかけて見られる幅広い  $\Delta^{14}\text{C}$  のピークは、南湖は北湖に比べて水深が浅く、波浪や船舶の渡航によって堆積物が巻き上げられたり、あるいは生物擾乱によって層序が乱されているためと考えられるが、そもそも年代軸にかなりの不確かさが存在するために、ここでの詳細な議論は省く。

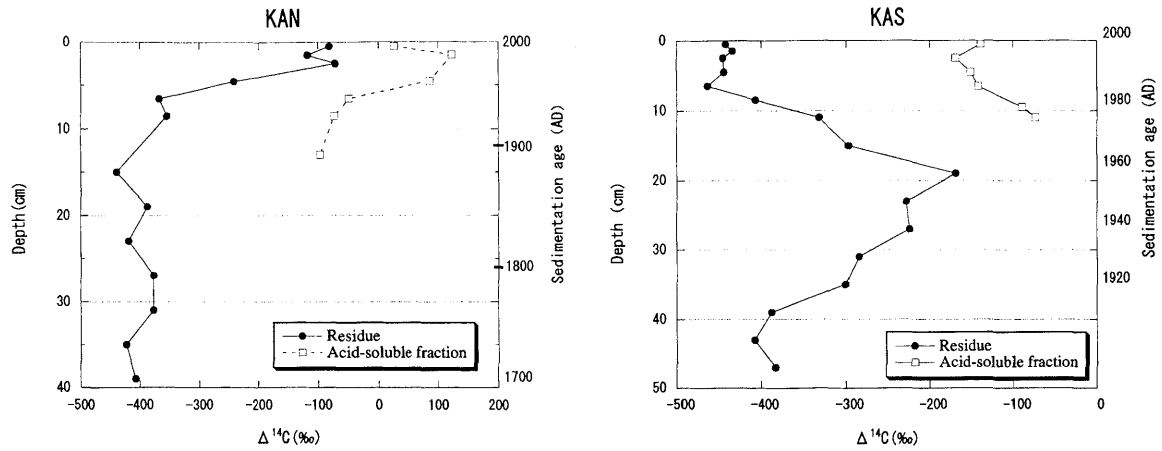


Fig.6 Vertical distribution of  $\Delta^{14}\text{C}$  for residue (acid-alkali-insoluble fraction), and acid-soluble fraction

表層部の  $\Delta^{14}\text{C}$  は KAN の酸アルカリ不溶成分が  $-80\%$ 、酸可溶成分が  $+20\%$ 、KAS の酸アルカリ不溶成分が  $-450\%$ 、酸可溶成分が  $-150\%$  であり、いずれも現在の大気中の  $\Delta^{14}\text{C}$  ( $\sim +250\%$ ) と異なっている。深度に対する  $^{14}\text{C}$  年代を Fig.7 に示す。KAN、KAS いずれも、大気圏核実験に起因する人工の  $^{14}\text{C}$  影響前で見ると、酸アルカリ不溶成分は実際の堆積年代より 2000~4000 年程度、酸可溶成分は 1000 年程度古い年代を示している。この結果より、特に酸アルカリ不溶成分の示す  $^{14}\text{C}$  年代は、 $^{14}\text{C}$  の希釈が起こっている（古い炭素の影響を受けている）ために、実際の堆積年代よりかなり古くなっていることがわかる。より確からしい堆積年代を得るためには、湖内で生産されたクロロフィルや脂質といったより細かい成分を堆積物から抽出し、その分析を行うことが必要と思われる。

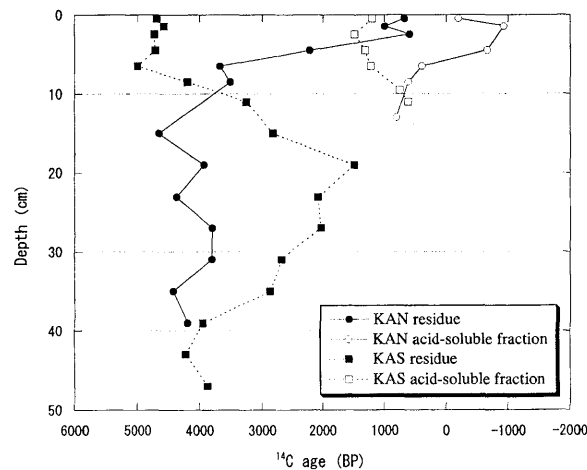


Fig.7  $^{14}\text{C}$  ages for residue (acid-alkali-insoluble fraction), and acid-soluble fraction of lake sediments of KAN and KAS

### 河川堆積物の $\delta^{13}\text{C}$ 値

琵琶湖に流入している主な河川の堆積物から抽出した酸アルカリ不溶成分の  $\delta^{13}\text{C}$  を、Fig.6 に示す。河川堆積物の  $\delta^{13}\text{C}$  は、大きく 4 グループに分けられる。1 つは琵琶湖北西側の大川、知内川、百瀬川、安曇川、比良川の 5 河川 ( $\delta^{13}\text{C}=-27\sim-30\%$ )、2 つめは姉川 ( $\delta^{13}\text{C}=-26.6\%$ )、3 つめは琵琶湖東側の愛知川、日野川、野洲川の 3 河川 ( $\delta^{13}\text{C}=-25\sim-26\%$ )、4 つめは琵琶湖唯一の排水路の瀬田川 ( $\delta^{13}\text{C}=-23.6\%$ ) である。北西側の 5 河川の  $\delta^{13}\text{C}$  は低く、堆積物の炭素が植物起源であるといえる。琵琶湖北部から西部にかけては野坂山地、比良山地が広がっていて、平野部はわずかしかなく小規模の町村が点在する。そのため農地としての利用は少なく、植物由来の炭素が河川に流れやすい状態になっていると考えられる。KAN の表層堆積物の  $\delta^{13}\text{C}$  値は  $-27.6\%$  であり、サンプリングポイントに近い知内川 ( $-28.2\%$ ) と百瀬川 ( $-27.0\%$ ) の堆積物の  $\delta^{13}\text{C}$  値に近い。東側の 3 河川の  $\delta^{13}\text{C}$  値は北西側の 5 河川の北湖の  $\delta^{13}\text{C}$  値よりも高く、これらの河川堆積物は主に植物起源であるが、若干石灰岩起源の炭素も入っていることが示唆される。琵琶湖北東には石灰岩が露出し採石場もある伊吹山があり、石灰岩が地下水に溶け出してその地下水を吸収した植物は  $\delta^{13}\text{C}$  が高くなる。その植物起源の炭素が河川に流出したと考えることができる。

$\delta^{13}\text{C}$  の値は北西側河川堆積物、北湖堆積物、東側南湖堆積物、南湖堆積物、瀬田川堆積物の順に高くなっていることがわかる。琵琶湖の水の流れは大まかに北湖へ流入する河川から北湖、さらに南湖であり、最後に南湖の瀬田川から排水していく。この流れの間に軽い炭素が重い炭素より除去され、次第に  $\delta^{13}\text{C}$  値が高くなった可能性が考えられる。また、南湖周辺は都市化が進んでいるので、植物由来の炭素が北湖より少なく、逆にセメント（一般に原料の 70~80% が石灰岩）などの高い  $\delta^{13}\text{C}$  値をもつ炭素の影響が北湖よりも大きいために、 $\delta^{13}\text{C}$  値が高くなった可能性も考えられる。

### 【まとめ】

琵琶湖の北湖と南湖の湖底堆積物について、酸-アルカリ-酸処理を行い、酸アルカリ不溶成分（残渣）と酸可溶成分に分け、各成分の抽出量、炭素含有量、 $\delta^{13}\text{C}$  値、 $^{14}\text{C}$  年代を測定した。酸アルカリ不溶成分は炭化水素、脂肪酸などの有機化合物、酸可溶成分はフルボ酸が大部分を占めると考えられる。各成分の炭素含有量、 $\delta^{13}\text{C}$  値、 $\Delta^{14}\text{C}$  いずれも北湖堆積物では表層部で、南湖堆積物では約 20cm の深さの層で極大値を示す。 $\delta^{13}\text{C}$  に関しては酸可溶成分が酸アルカリ成分より、北湖堆積物では約 2%、南湖堆積物では 3~4% 高い。表層部の  $\Delta^{14}\text{C}$  は KAN の酸アルカリ不溶成分が  $-80\%$ 、酸可溶成分が  $+20\%$ 、KAS の酸アルカリ不溶成分が  $-450\%$ 、酸可溶成分が  $-150\%$  であり、いずれも現在の大気の  $\Delta^{14}\text{C}$  ( $\sim +250\%$ ) と異なっている。大気圏核実験隆盛期以前の層準の  $^{14}\text{C}$  年代は、実際の堆積年代より、酸アルカリ不溶成分で 2000~4000 年程度、酸可溶成分で 1000 年程度古い値を示した。北湖堆積物の  $\Delta^{14}\text{C}$  は各成分とも 1940 年頃から急激な上昇が見られ、南湖堆積物では 1960 年頃を中心に幅広いピークが見られる。また、酸可溶成分のほうが酸アルカリ不溶成分より  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\Delta^{14}\text{C}$  ともに高い値を示すのは、酸可溶成分の構成物質と考えられるフルボ酸  $^{13}\text{C}$ 、 $^{14}\text{C}$  が濃集している（腐食が進む段階で軽い  $^{12}\text{C}$  が抜けている）ためと考えられる。



河川堆積物の酸可溶成分中の炭素量は湖底堆積物に比べて高く、 $\delta^{13}\text{C}$  は酸可溶成分が酸アルカリ不溶成分より 3~9%高い値を示した。また、酸アルカリ不溶成分の  $\delta^{13}\text{C}$  は都市化の進んだ琵琶湖南部~東部地域の河川が-27~-25‰であるのに対し、山間部で草木の多い北西部の河川は-30~-27‰であった。琵琶湖南部~東部地域の河川では、北東部の伊吹山石灰岩由来の炭素 ( $\delta^{13}\text{C}=-3\text{‰}$ ) が地下水に溶け出したものが有機物に取り込まれているため  $\delta^{13}\text{C}$  が高くなったと考えられるが、都市化の違い (植生の違いなど) がでた結果とも考えられる。琵琶湖の水の流れは大まかに北湖へ流入する河川から北湖、さらに南湖であり、最後に南湖の瀬田川から排水していく。 $\delta^{13}\text{C}$  値はこの堆積物の順に高くなっていることがわかる。流れの間に堆積物中の有機物から軽い炭素が除去され、次第に  $\delta^{13}\text{C}$  値が高くなった可能性が考えられる。

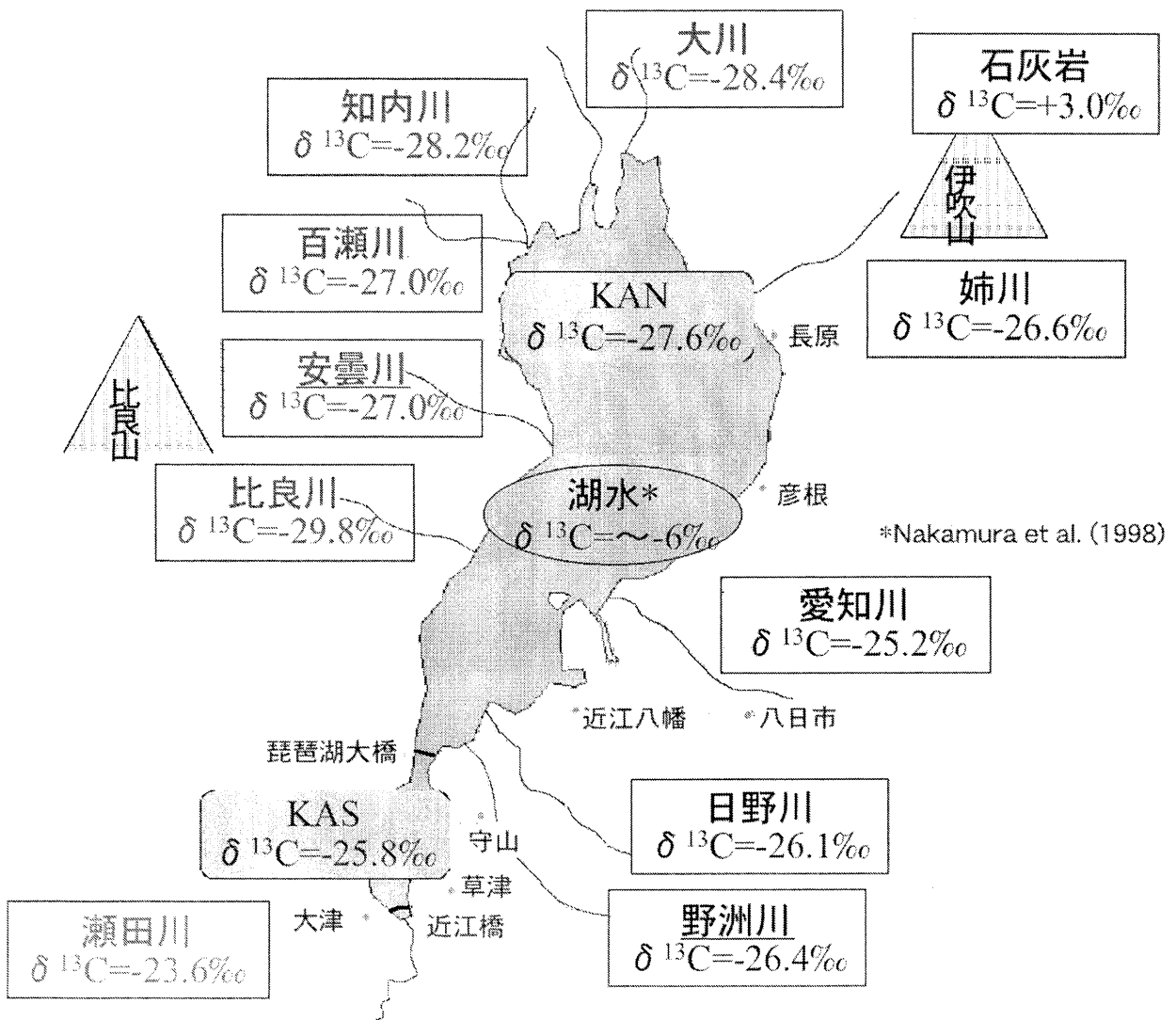


Fig.8  $\delta^{13}\text{C}$  for the surface sediments of KAN and KAS, several river sediments flowing into Lake Biwa and a limestone at Mt. Ibuki

## 【謝 辞】

本研究の琵琶湖湖底泥試料は、滋賀県琵琶湖研究所の実験調査船「はっけん号」に乗船して採取したものである。試料採取、船上作業を通じて多大なる御支援をして頂いた「はっけん号」の乗組員の皆様に深く感謝致します。また、炭素安定同位体比ならびに  $^{14}\text{C}$  測定に際し、名古屋大学年代測定総合研究センターの中村俊夫教授に御尽力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

## 【引用文献】

- 安藤邦彦・南 雅代・小田寛貴・横田喜一郎・山本鋼志 (2003) 有機金属の環境指標としての有用性の検討. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XIV, 155-169.
- Horie, S. (1984) Lake Biwa Monographiae Biologicae 54, Dr. W. Junk Publishers, Netherland, 654p.
- Ikebe, N. (1956) Cenozoic geohistory of Japan. Proc. 8th Pacific Sci. Congr. ,2 ,446-456.
- 松本英二 (1975)  $^{210}\text{Pb}$  法による琵琶湖湖底泥の堆積速度. 地質学雑誌, 81, 301-306.
- 南 雅代・小田寛貴・小島貞男・横田喜一郎 (2002) 琵琶湖南湖の湖底堆積物の Sr 同位体比. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, XIII, 71-81.
- Minami, M., Oda, H., Yokota, K., Ando, K. and Yamamoto, K. (2003)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios in lake sediments in Lake Biwa, Japan – Environmental change in the last 200years – , *Geochemi. Chem. Acta.*, 67,18S, A292.
- 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績報告書, XV, 181-198.
- Nakamura, T., Kojima, S., Ohta T., Oda, H., Ikeda, A., Okuno M., Yokota, K., Mizutani, Y. and Wretschmer, W. (1998) Isotopic analysis and cycling of dissolved inorganic carbon at Lake Biwa, central Japan, *Radiocarbon*, Vol40, No2, 933-944
- Uemura, H. and Ishiwatari, R. (1995) Identification of usual 17b(H)-meret-22(29)-ene in lake sediments, *Org.Geochem*, 23, 675-680
- 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.
- 横山卓雄 (1987) 日本の地質 6 近畿地方, 日本の地質 6『近畿地方』編集委員会, 共立出版, 東京, 164-167

# Sedimentary environment in Lake Biwa

## — Carbon isotope of lake and river sediments —

Masayo MINAMI<sup>1)</sup>, Norihiko TANE<sup>2)</sup>, Hirotaka ODA<sup>3)</sup>  
and Kiichiro YOKOTA<sup>4)</sup>

- 1) Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies,  
Nagoya University, Nagoya 464-8602, Japan
- 2) Department of Earth and Planetary Science, School of Science, Nagoya 464-8602, Japan
- 3) Center for Chronological Research, Nagoya University, Nagoya 464-8602, Japan
- 4) Lake Biwa Research Institute, 1-10, Uchidehama, Otsu, Shiga 520-0806, Japan

Lake sediment cores in Lake Biwa, KAN and KAS collected from the northern and southern basins, respectively, were measured for carbon content,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{14}\text{C}$ . Acid-alkali-insoluble fraction (residue) and acid-soluble fraction obtained by acid-alkali-acid treatment of the sediments were analyzed. Carbon content of the northern basin sediment (KAN) is very high at the upper layer than 5cm depth and that of the southern basin sediment (KAS) has a highest peak at 19cm depth.  $\delta^{13}\text{C}$  of KAN is the highest at  $\sim 5\text{cm}$  depth layer and that of KAS is the highest at  $\sim 20\text{cm}$  depth. The highest peak of KAS corresponded to  $\sim 1960$  A.D. might be effected by nourishing.

$\Delta^{14}\text{C}$  suddenly increases between 1950 and 1985 in the vertical distribution of KAN residue. This high  $\Delta^{14}\text{C}$  is due to contribution of artificial  $^{14}\text{C}$  produced in atmosphere by nuclear and thermal nuclear tests after 1950A.D.  $\Delta^{14}\text{C}$  of KAS residue has a wide peak between about 1920 and 1970. This suggests the sediment in the southern basin could be a little disturbed. The  $^{14}\text{C}$  ages of KAN and KAS are older than the age obtained from  $^{210}\text{Pb}$  or  $^{137}\text{Cs}$  age, and the true sedimentation age cannot be decided from  $^{14}\text{C}$  data of the sediments in this study. Therefore, the lake sediments need to be separated into much smaller fraction such as chlorophyll and lipid which are derived from lake phytoplankton.  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{14}\text{C}$  of residue are higher than those of acid-soluble fraction, indicating that  $^{13}\text{C}$  and  $^{14}\text{C}$  might be relatively gathered in fulvic acid.

The sediments in rivers flowing in Lake Biwa were also measured for C content and  $\delta^{13}\text{C}$  of residue and acid-soluble fractions. Carbon content of the residue in river sediments is especially low, while that of acid-soluble fraction is high. The  $\delta^{13}\text{C}$  of river sediments is higher at the east-south side of Lake Biwa than at north-west side. This might be caused by different amount of plant and matter with high  $\delta^{13}\text{C}$  at the east-south and north-west sides. Furthermore, the  $\delta^{13}\text{C}$  of river sediments could affect the  $\delta^{13}\text{C}$  of bottom sediments in Lake Biwa.