

## 猪苗代湖湖底堆積物コア(INW2012)の最上部 2m 部の X線分析顕微鏡による連続化学組成分析

長橋良隆・中澤なおみ（福島大学・共生システム理工学類）

### 要 旨

猪苗代湖の湖心部で採取した INW2012 コアの最上部 2m 部を対象に、X線分析顕微鏡による連続化学組成分析を行った。イベント堆積物である深度 0-13.5cm (塊状砂質シルト)、深度 37.5-42.0cm (淡茶褐色塊状粘土)、深度 163.5-165.0cm (青灰色塊状粘土)、深度 176.5-177.5cm (Hr-FP テフラ) と 181.0-181.1cm (Hr-FA テフラ) は、主体をなす明暗縞状の粘土とは異なり、それぞれのイベント堆積物内において含有元素の濃度が一定であり、またそれぞれの岩相に応じた化学組成を示す。また明暗縞状の粘土における MnO 量は、深度 46cm に含有量のピークがあり、そこから深度 76cm まで減少する。さらに深度 83cm と 125cm において段階的に含有量が減少する。また  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$  はともに深度 28cm に含有量のピークがあり、そこから深度 32cm まで減少する。それ以下から深度 125cm までは含有量の振幅が小さく、125cm 以深は含有量の振幅が大きくなる。明暗縞状の粘土におけるこれらの変化は、堆積物-間隙水における化学的相互作用と関連していると考えられる。

### I. はじめに

福島大学では、教育・研究プロジェクトとして「遷移途中にある自然環境を自然遺産として良好に保全するための研究モデルの策定—磐梯朝日国立公園の人間と自然環境系(生物多様性の保全)に関する研究—」(略称: 磐梯朝日遷移プロジェクト)を 2012 年度から 4 年間の計画で実施している。プロジェクトの研究の一つとして、猪苗代湖の湖心部の湖底堆積物を湖上ボーリング掘削により 2012 年秋に採取した。この掘削の概要と採取したコア試料の岩相層序と年代については、長橋・廣瀬 (2013) と廣瀬ほか (2014) ですでに報告している。

猪苗代湖は、安達太良山を源流とする硫黄川(酸川)が流れ込むため、1995 年までは pH が 5 程度の酸性であった。しかし、1996 年以降に pH が急激に上昇し、現在は pH6.8 のほぼ中性となっている。また、猪苗代湖では自然の浄化作用が働いているとされ、それは湖水に豊富に含まれる鉄分やアルミニウム分が有機物やリンを吸着し、フロック化したものが湖底に堆積するからとされ

る。よって、猪苗代湖湖心部の湖底堆積物の化学的特徴とその経時変化を把握することは、間接的ではあるが当時の水質についての情報が得られる可能性がある。もとより、湖水-堆積物-間隙水における化学的相互作用は複雑であるが、その基礎的情報として堆積物の化学組成を知ることは重要である。この報告では、猪苗代湖湖底堆積物コア (INW2012) の最上部 2m 部について、X線分析顕微鏡を用いて連続的に化学組成分析を行った結果を報告する。

### II. 分析試料の採取・前処理と分析方法

#### 1. 分析試料の採取・前処理

分析試料は、長さ約 18cm のアルミ製 L 字アングルを組み合わせて、コアから連続的に採取した。採取長を 18cm としたのは、X線分析顕微鏡の分析可能な範囲が 10cm 四方であるためである。これをサランラップで包んだ後、脱気封入し、分析を実施するまで保存した。分析前処理は、アングル試料を 60%エタノールに 6 時間含浸し、その後 100%エタノールに一晩含浸した。それを室

内で自然乾燥したものを分析に供した。

## 2. 分析方法

半円筒形の堆積物試料について、化学組成等を連続的に分析するには、様々な装置と分析方法がある。一般にコアスキャナーと総称されているものは、長さ1m程度のコアが走査できる大型の装置であり、また大変高価でもある。我々は、近年普及が進んでいる卓上型のX線分析顕微鏡（ホリバ製・XGT-7200V）を用いて行った。この装置も他のコアスキャナーと同様にX線管球を用いたものである。X線分析顕微鏡は大気雰囲気中で、含水試料が分析できることが特徴であるが、我々は試料室内を全真空にして分析した。これは、軽元素のカウント数を稼ぐためと、定量値としての評価も行うためである。分析時の管球出力は、50kV・最高1mA（可変）とし、X線のプローブ径は1.2mmである。

実際の分析は、まずアングル試料全体をスキャンし、元素マップを作成し、その構造を確認する。次に、ステージを0.6mm間隔で移動し、連続的に多点分析を行う。10点分の分析では6.6mm分を走査することになる。1点あたりの積分時間はライブタイムで1分とし、スタンダードレスのFPM法により定量した。分析は、Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, As, Sについて行い、それらの酸化物重量%を求めた。なお、装置の安定度と定量分析結果の経時変化の評価のために、分析日ごとに黒曜石片（JR-1）を毎回分析している。

## III. 分析結果

### 1. INW2012 コアの最上部2m部の岩相層序

INW2012 コアの最上部2m部は、主に黒色の粘土部と褐色の粘土部とが弱く互層した岩相からなる。主体部となる明暗縞状の粘土以外のイベント性の堆積物には、深度0-13.5cmに塊状の砂質シルトが、深度37.5-42.0cmに淡茶褐色の塊状粘土が、深度163.5-165.0cmに特徴的な青灰色を呈

する塊状粘土がある。また、深度176.5-177.5cmと181.0-181.1cmには軽石質火山灰層を挟む。これらの火山灰層は、榛名二ツ岳伊香保テフラ層（Hr-FP：早田，1989）と榛名二ツ岳渋川テフラ層（Hr-FA：早田，1989）にそれぞれ対比できる（廣瀬ほか，2014）。

### 2. イベント堆積物の化学的特徴

深度0-13.5cmの塊状砂質シルト部は、SiO<sub>2</sub>量約63wt%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量約18wt%、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量約10wt%、SO<sub>3</sub>量約3wt%、MnO量約0.1wt%とほぼ一定で、変化がないのが特徴である（図1）。深度37.5-42.0cmの淡茶褐色粘土部は、SiO<sub>2</sub>量約65wt%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量約21wt%、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量約6wt%、SO<sub>3</sub>量約1wt%未満、MnO量約0.13wt%とほぼ一定で変化がなく、また最上部2m部ではAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量が最も多いことが特徴である（図1）。深度163.5-165.0cmの青灰色塊状粘土部は、SiO<sub>2</sub>量約59wt%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量約15wt%、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量約6-12wt%（下位ほど多い）、SO<sub>3</sub>量約15wt%、MnO量約0.1wt%未満、As量約0.05wt%である。SO<sub>3</sub>量が突出して多く、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量が少ないこと、Asが明瞭に検出できることが特徴である（図1）。深度176.5-177.5cmと181.0-181.1cmのテフラ層は、それぞれ、SiO<sub>2</sub>量約69wt%と66wt%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量約15wt%と16wt%、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量約5wt%と6wt%、SO<sub>3</sub>量約3wt%と3wt%、MnO量はともに約0.1wt%未満、CaO量約3-5wt%と2.5wt%である（図1）。また、上下位層のNa<sub>2</sub>O量が約2wt%未満であるのに対して、3-5wt%とやや多い。

### 3. 最上部2m部における化学組成の変化

ここでは、イベント堆積物を除く最上部2m部の化学組成の全体的な鉛直変化をみる（図1）。湖水-堆積物-間隙水における化学的相互作用を検討するのにMnO・Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・SO<sub>3</sub>は、重要な元素であるため、これらの元素について記述する。

MnOは、深度18cm付近に相対的に含有量の低い谷（約0.1wt%）があり、そこから徐々に増加

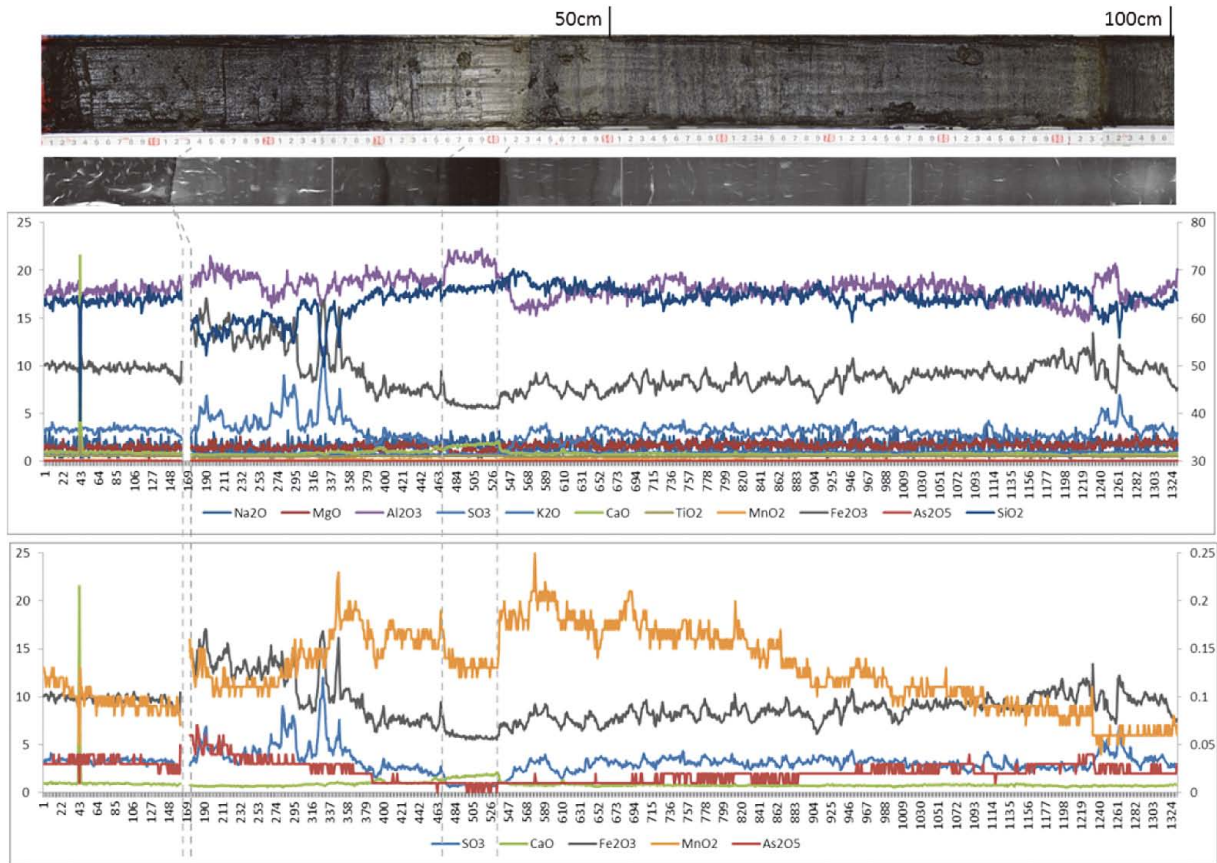


図1 INW2012 コア最上部 2m 部の X 線分析顕微鏡による連続化学分析 (その1)

し、深度 46cm 付近に含有量のピーク(約 0.25wt%)がある。そこから徐々に減少し、深度 76cm-83cm までは約 0.1wt%と一定になる。深度 83cm 以深は 0.06wt%と低くなり、ほぼ同じ含有量のまま深度 125cm 付近まで続く。深度 125cm 以深は、緩やかな増減とまれに高い含有量部があるもののおおよそ 0.04wt%程度と低い。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、深度 13.5-28cm までやや大きな含有量の振幅(最低値 8.3wt%, 最高値 17.1wt%, 平均値 12.9wt%)を繰り返す。その後、深度 32cm 付近で 7wt%程度まで低くなり、そこから深度 125cm 付近までは、細かい周期で含有量の差の小さい振幅を繰り返しながら(最低値 6.1wt%, 最高値 15.2wt%, 平均値 8.7wt%), ひじょうに緩やかに増加する。深度 125cm 以深は、周期と含有量の振幅の大きい変化を繰り返す(最低値 4.7wt%, 最高値 18.5wt%, 平均値 10.8wt%)。SO<sub>3</sub> の全体的な傾向は、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と同様である。すなわち、深度 13.5-28cm までやや大きな含有量の振幅(最低値 2.8wt%, 最高値

12.0wt%, 平均値 4.8wt%)を繰り返す。その後、深度 32cm 付近で 1.6wt%程度まで低くなり、そこから深度 125cm 付近までは、細かい周期で含有量の差の小さい振幅を繰り返しながら(最低値 1.0wt%, 最高値 7.9wt%, 平均値 3.0wt%), ひじょうに緩やかに増加する。深度 125cm 以深は、周期と含有量の振幅の大きい変化が繰り返す(最低値 2.1wt%, 最高値 9.2wt%, 平均値 4.4wt%)。

#### IV. 化学組成の評価とまとめ

INW2012 コアの最上部 2m 部に挟まるイベント堆積物の化学的特徴は、その上下位層と比較して各元素濃度が一定であり、またイベント堆積物の性質に応じて特徴となる元素とその濃度が異なることである。例えば、主体をなす明暗縞状の粘土と明瞭に異なる岩相を示す深度 37.5-42.0 cm 部と深度 163.5-165.0 cm 部における化学的特徴は、深度 37.5-42.0 cm 部は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 量が多いことであり、深度 163.5-165.0 cm 部は SO<sub>3</sub> 量が多いことである。

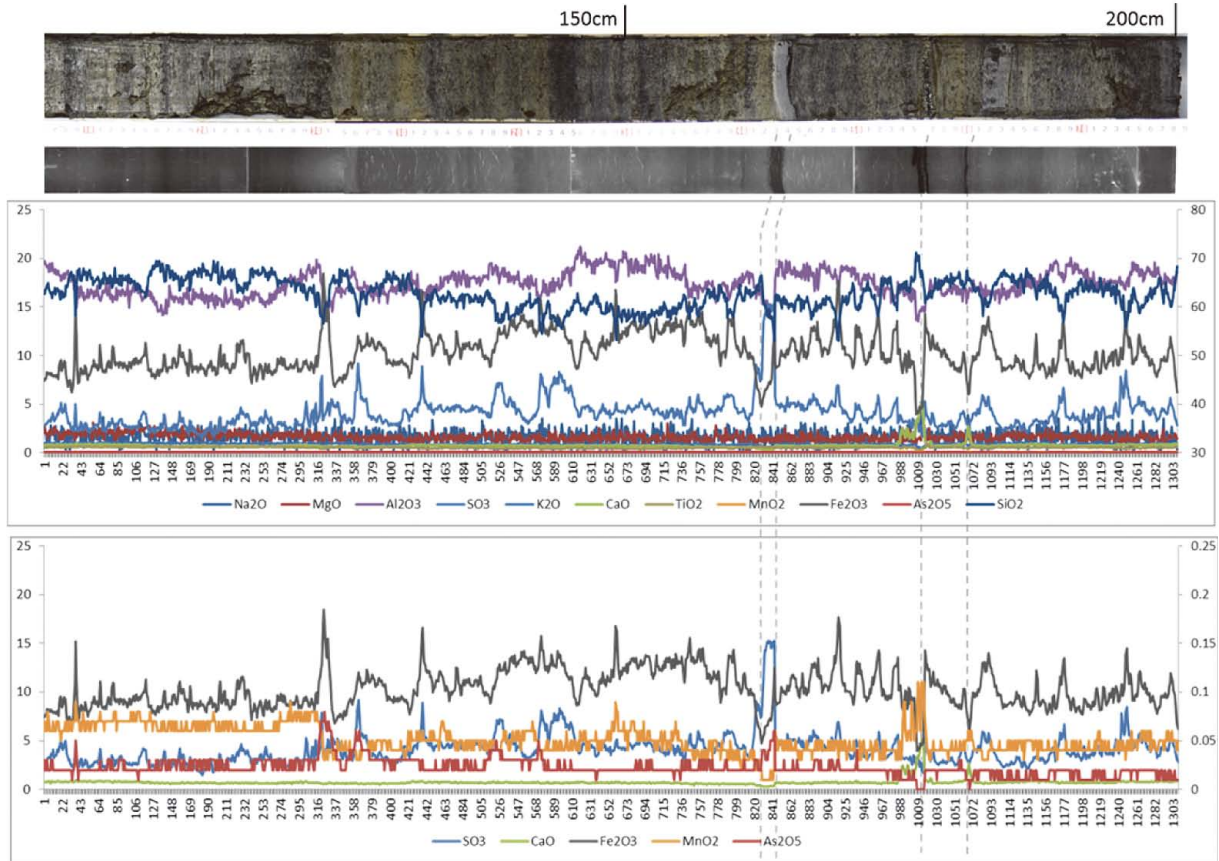


図1 INW2012 コア最上部 2m 部の X 線分析顕微鏡による連続化学分析（その2）

これらはその岩相から陸域起源の碎屑粒子を多く含むと考えられるが、色調や化学的特徴も異なることから陸域起源といってもその厳密な供給源が異なる可能性がある。それに対して、深度 0-13.5cm 部は、粒度が下位層と比較してやや粗いものの、色調は変わらず、各元素濃度が一定であることを除けば、化学組成としては明暗縞状の粘土と変わらない。このことは、深度 0-13.5cm 部が猪苗代湖内で発生したイベントによることを示唆する。また、深度 176.5-177.5 cm と 181.0-181.1 cm のテフラ層は、斜長石や角閃石を多く含む結晶火山灰からなるため（廣瀬ほか、2014）、それらの鉱物に多く含まれる  $\text{Na}_2\text{O}$  量や  $\text{CaO}$  量が多く検出されたと考えられる。

イベント堆積物を除く最上部 2m 部における  $\text{MnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$  の変化は、湖水-堆積物-間隙水における化学的相互作用を検討するのに重要な元素である。これらの元素の変化については先

に述べたとおりである。この変化が堆積物-間隙水における化学的相互であることを検証するためには、間隙水の化学組成（藪崎ほか、2014）との対応や他地点の湖底堆積物の化学組成との対応を検討することが必要である。2013 年秋に採取された INW2013-St.3・4 コアは、INW2012 コアと同様に明暗縞状の粘土を主体とする（長橋ほか、2014）。これらのコアにも Hr-FP テフラと Hr-FA テフラが挟まれ、両テフラ層までの X 線分析顕微鏡を用いた連続化学組成分析は終了しており、INW2012 コアと同様な  $\text{MnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$  の変化がおおよそ認められている。まだ予察的ではあるが、このことは猪苗代湖内において比較的定常的に沈積するブロックの性質が他地点でも同じであること、さらに堆積物-間隙水における化学的相互作用も同様であることを示している可能性がある。また、INW2012 コアの最上部 13.5cm 部は、イベント堆積物の可能性があるた

め、本来の最上部（現在につながる）が欠如あるいは擾乱を受けている可能性がある。このことも2013年秋に採取された INW2013-St.3・4 コアを利用して比較・検討することが可能であり、今後詳しく検討する予定である。

#### 引用文献

- 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，53，157-173.
- 長橋良隆・廣瀬孝太郎（2013）猪苗代湖湖底堆積物の掘削の概要とコア試料の岩相層序，福島大学地域創造，24，55-61.
- 長橋良隆・片岡香子・廣瀬孝太郎・神野成美・中澤なおみ（2014）猪苗代湖2013年ピストンコアの岩相層序と青灰色粘土の供給源，共生のシステム，no.14，18-25.
- 早田 勉（1989）6世紀における榛名火山の2回の噴火とその災害，第四紀研究，27，297-312.
- 藪崎志穂・廣瀬孝太郎・長橋良隆・高瀬つぎ子（2014）猪苗代湖の湖底堆積物から抽出した地中水のEC，pH鉛直プロファイル特性-2012年に掘削したコアの分析結果-，共生のシステム，no.14，7-17.