

猪苗代湖ボーリング試料の粒度組成から見た 過去約 4.5 万年間の気候変動史

井内美郎（早稲田大学）・長橋良隆・廣瀬孝太郎（福島大学）

要 旨

本州日本海沿岸地方は太平洋沿岸域に次ぐ多「雨」地域である。この多「雨」の原因は冬季モンスーンの影響でもたらされる降雪にある。福島県の猪苗代湖は豪雪地域の東端に位置し、日本海沿岸地方の水収支をモニターする上で絶好の位置にある。猪苗代湖湖心部で得られたボーリング試料について高時間分解能で粒度測定を実施した結果、地球規模の急激な寒冷化現象であるハインリッヒイベントとの対応が確認された。さらに、日本海海底堆積物に記録された流氷運搬による碎屑物量の極大期や長野県野尻湖の湖水面上昇期との対応も確認され、猪苗代湖湖底堆積物の粒度が急激な寒冷期に粗粒化することが確かめられた。ボーリング試料にみられる暗褐色と白色の層が対をなす堆積物について、詳細に粒度を検討した結果、逆級化に始まり正級化に終わる堆積様式が確認され、洪水堆積物の特徴を示すことが明らかになった。このことから冬季に大量に降った雪が春に融け出すことで洪水が引き起こされ、それが湖底に堆積したものと推定された。この洪水堆積物には好酸性の付着性珪藻が未確定ながら観察されることから、河床に付着していた珪藻が洪水により剥がされ湖内に運び込まれたと推定した。

IPCC 第 5 次報告書ではこのような急激な寒冷化現象が今世紀に起こる可能性は低いとされているが、来世紀についてはその可能性は否定できないとされている。その意味では当面は温暖化の進行が課題となると考えられるが、その場合は今回指摘した事項の逆の現象が考えられ、日本海沿岸地方で降雪量の減少が懸念される。冬季降雪量の減少は春の代掻き時期の用水の不足や水力発電のためのダムの水不足が注意事項として考えられる。

I. はじめに

地球温暖化現象の進行とともに、近未来の環境変動に関心が高まっている。気温上昇とともに関心が高いのは、水収支問題であろう。日本海沿岸地域の多くは、太平洋沿岸域に次ぐ多「雨」地帯である。日本海沿岸地域の多「雨」の原因は冬季の降雪量に由来しており、この地域の多くは豪雪地帯対策特別措置法において「豪雪地帯」あるいは「特別豪雪地帯」に指定されている。この水資源の多くは、穀倉地帯である日本海沿岸地域の春の田植え時期の代掻き用

として用いられ、水力発電の重要な水資源でもある。

地球温暖化の進行とともにこの種の水資源の量がどのように変化するか、水収支の歴史について我々は日本各地の湖を対象に研究を開始している。今回は、比較的長い環境変遷の歴史を持つ東北地方の代表的な湖として猪苗代湖に着目し、堆積物の粒度組成からみた気候変動史を検討した。

II. 調査域概説

猪苗代湖は東北日本南部に位置する日本第4位の面積を持つ湖であり、約5万年の長期にわたる歴史を持つ湖である（廣瀬ほか，2014；鈴木，1988）。つまり、猪苗代湖湖底には約5万年間の気候変動史や地震活動・火山活動・洪水記録などの災害史が記録されている可能性が高い。今回、福島大学によって猪苗代湖湖心域でボーリングが実施され、湖形成時にさかのぼる掘削試料が得られた。東北日本には田沢湖や十和田湖などのやや歴史の長い湖沼があるが、東北日本におけるこの種の長期にわたる環境変遷史に関する情報はまだ得られていない。

猪苗代湖の流域は南北に長い形状を示し、湖盆はその南半部に位置する。湖盆の北には磐梯山が位置し、さらに北方には吾妻連峰を主とする2000メートル級の山地が東西に連なっている。近接した流域外には飯豊山地があり、万年雪を残しているほどの豪雪地帯である。

猪苗代湖流域に位置する自治体のうち、猪苗代町・北塩原村は特別豪雪地帯に指定されていることに示されるように、冬季の降雪量が多い地域である。さらに、吾妻連峰北側の山形県米沢市の11月～3月の冬季降水量は550ミリメートルを超え、年間降水量の40%を超えており、同じく米沢市中津川地区では11月～3月の冬季降水量は1150ミリメートル以上で、年間降水量の47%を超えていることに示されるように、この地域の降雪量は非常に多い。このことから長瀬川流域北端部に相当する吾妻連峰は標高も高く、降雪量が多いことが考えられる。吾妻連峰南側の長瀬川の流域は1888年の磐梯山の山体崩壊以前は融雪水のほとんどは長瀬川を通じて猪苗代湖

に流入していたと推定される。しかし、現在はその流域に檜原湖・小野川湖・秋元湖といった湖沼群が存在し、上流域に降った降水や融雪水はいったんそれらの湖沼に流入したのち長瀬川に流入して猪苗代湖に至っている。長瀬川の特徴として強い酸性の酢川の合流がある。猪苗代湖はそのため最近まで酸性湖として有名であった。その原因は、安達太良山系に源を発する酸川の上流に沼尻・中の沢の両温泉があり、これらから湧出する地下水や温泉水が強い硫酸酸性を示しているためである。

III. 研究方法

試料は、1センチメートル×1センチメートル、長さ約1メートルのアルミ製アングルを底辺で重ねてU字形のチャンネル状にした容器に入れられていた。その試料を深度5ミリメートルごとに切り分け、深度25ミリメートル間隔で粒度分析を行った。前処理として、蒸留水に浸した試料に10%過酸化水素水10ccを加えて有機物を分解し、5分間超音波洗浄機を用いて粒子の結合を機械的に防いだ後、レーザー回折式粒度分布測定装置マスターサイザー2000（マルバーン社製）を用いて測定を行った。そして3回の測定値を平均し測定値として採用した。

IV. 結果

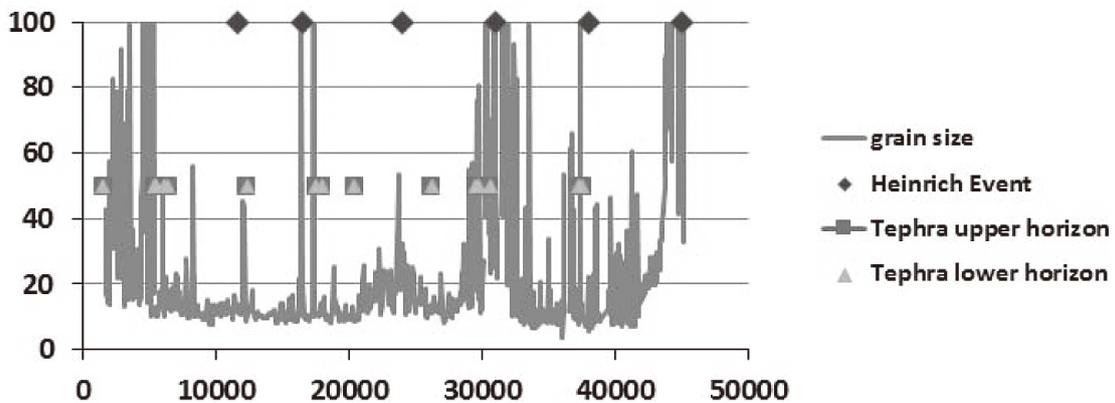
試料は、肉眼観察によれば、ミリメートルオーダーの明暗の細互層を主とし、15層のテフラを挟み、約30層準のセンチメートルオーダーの暗褐色または白色の堆積物を挟んでいる（廣瀬ほか，2014）。軟X線写真では、テフラや暗褐色層はX線の透過が悪く暗く写り、明暗の細互層および白色層ではX線の透過が良く明るい灰色

となった。また、湖底下3メートル以深では暗褐色層と白色層はほぼ常に対になって上層・下層として観察された。

粒度分析の結果では、粒度の絶対値に違いはあるものの、やや周期的に相対的に粗粒の部分が現れた。つまり、通常は40マイクロメートル以下の泥質な堆積物であるが、40マイクロメートル以上、時には62.5マイクロメートル以上の砂サイズのやや粗粒な堆積物が周期的に見られた。深度425～460センチメートルと2660センチ

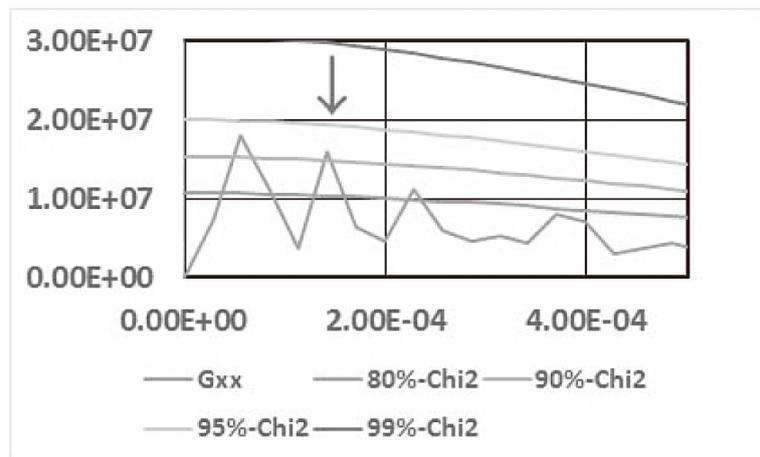
メートル以深には特に100マイクロメートルを超える粗粒な堆積物が見られた。また、深度1120センチメートルには直径2センチメートルを超える礫が含まれていた。

約30層準挟まれている暗褐色層と白色層のうちの一つについて5ミリメートル間隔で粒度を測定した結果、下部で逆級化つまり上方に向かって粗粒化し、上部で正級化つまり上方に向かって細粒化する傾向が観察された。



第1図 猪苗代湖掘削試料の年代—粒度図

縦軸は粒度（マイクロメートル），横軸は年代（yBP）



第2図 猪苗代湖湖底堆積物粒度(1万年以前)の周期性

REDFIT法 (Schulz and Mudelsee, 2002) による

横軸：1/周期（年）縦軸：周期の相対確度

矢印は7000年周期の存在を示す。

矢印左の極大値は17500年，右は4390年周期を示す。

V. 考察

ここでは、まず堆積物が周期的に粗粒化する現象について検討する。深度を基準に得られた分析結果について、年代軸で表現するために、年代モデルを作成した。基準としたものは、廣瀬ほか（2014）で示された C-14 年代値と広域テフラの年代値である。その結果、10000 年以前に関して 7000 年周期で極大値を示すことが明らかになった(第 1 図・第 2 図)。このほか約 12000 年前と 8300 年前にも極大値が見られた。このような周期を持ち、かつ同時期に起こったイベントとしては地球規模の急激な寒冷化現象としての Heinrich events (Hemming, 2003) が考えられる。これは、主として北米大陸の大陸氷床末端部の崩壊に伴う氷山流出によって大量の淡水が大西洋北部に供給され、その結果として海洋大循環が停止したために生じた現象と考えられている。日本周辺海域では、日本海の海底堆積物に含まれる流氷起源の砕屑物粒子量の変動 (Ikehara and Itaki, 2007) の極大値の年代との類似が指摘できる。Ikehara and Itaki (2007) は冬季モンスーン活動の活発化に伴って流氷が砕屑物を含んだまま日本海中央部に押し出されたと解釈している。また、猪苗代湖湖底堆積物粒度の極大値を示す時期は野尻湖の湖水位上昇期 (中村ほか, 2013) とともに非常に類似している。中村ほか (2013) は、野尻湖の湖水位上昇期は中国の黄土高原におけるレスの粒度が粗粒化した時期と同調的であるとしており、冬季モンスーン活動が活発化した時期に、日本海沿岸地域で降雪量が増加し湖水位が上昇したと考えてい

る (中村ほか, 2013)。以上のことから猪苗代湖湖底堆積物に見られる粒度の極大値は急激な寒冷化時の冬季モンスーン活動の強化と関係が深いと考えられる。

次に、約 30 層準確認された暗褐色層 (と白色層) について検討する。堆積物記載の段階で、廣瀬ほか (2014) はこれらの層を泥流堆積物としている。5 ミリメートル間隔で実施した粒度分析の結果では、すでに述べたように、下部で逆級化し、上部で正級化する傾向が観察されている。このような堆積様式を示すイベント堆積物について、斉藤ほか (2005) はハイパーピクナル流堆積物 (Mulder et al., 2001; Mulder et al., 2003) の可能性が高いと指摘している。さらに、鈴木 (私信) によれば、この種のイベント堆積物のうち下部の白色層では好酸性の付着性珪藻化石が多く見られ、上部の暗褐色層では浮遊性の珪藻化石がごくわずかに見られるようになるとしている。以上のことから、このようなイベント堆積物は豪雪の後に生ずる大量の雪解け水によって生じた洪水が最も考えやすいといえる。この結果は、野尻湖の湖水位変動結果とも調和的であり、急激な寒冷期には大量の降雪が日本海沿岸地方にあったと推測してもよさそうである。約 7000 年の周期から外れる約 12000 年前 (ヤンガードリアス・イベント) の極大値や 8300 年前 (8.3k イベント) の極大値についても同様の寒冷化イベントが報告されており、寒冷化が日本海沿岸地域の水収支に大きな影響を与えていたことが推測される。

VI. まとめ

1. 猪苗代湖湖底掘削試料について、25 ミリメートル間隔で粒度分析を実施した。
2. 年代—粒度プロファイルでは、7000 年周期の極大値がみられたほか約 12000 年前および 8300 年前にも極大値がみられた。
3. 極大値を生じる原因として、地球規模の急激な寒冷化イベントであるハインリッヒイベントが考えられる。
4. 急激な寒冷化時には冬季モンスーンの活動が活発化し、日本海沿岸域に大量の雪を降らせたことが推定された。
5. 暗褐色層と白色層が対をなすイベント堆積物は、豪雪の雪解け水によって生じた洪水堆積物である可能性が高い。
6. これらの推論は、日本海の流水運搬の碎屑物量の極大期や長野県野尻湖の湖水位上昇期との一致によって裏付けられる。

引用文献

- Heinrich, H. (1988) Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during the past 130,000years. *Quat. Res.*, 29, 142-152.
- Hemming, R., S. (2003) Heinrich Events: Massive Late Pleistocene Detritus Layers of the North Atlantic and their global climate imprint. *Review of Geophysics*, 42, 1-43.
- 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.
- Ikehara, K., and Itaki, T.(2007) Millennial-scale fluctuations in seasonal scale sea-ice and deep-water formation in the Japan Sea during the late Quaternary.

- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 247, 131-143.
- Mulder, T., Migeon, S., Savoye, B. and Faugeres, J.-C. (2001) Inversely graded turbidite sequences in the deep Mediterranean : A record of deposits from flood-generated turbidity currents? *Geo-Mar. Lett.*, 21, 86-93.
- Mulder, T., Syvitski, J.P.M., Migeon, S., Faugeres, J.-C. and Savoye, B. (2003) Marine hyperpycnal flows: Initiation, behavior and related deposits. A review. *Mar. Petro. Geol.*, 20,861-882.
- 中村祐貴・井内美郎・井上卓彦・近藤洋一・公文富士夫・長橋良隆 (2013) 長野県野尻湖における過去約 4.5 万年の湖水位変動とその要因, 第四紀研究, 52, 203-212.
- 齋藤 有・田村 亨・増田富士夫 (2005) タービダイト・パラダイムの革新的要素としてのハイパーピクナル流とその堆積物の特徴, 地学雑誌, 114, 687-704.
- Schulz, M. and Mudelsee, M. (2002) REDFIT: estimating red-noise spectra directly from unevenly spaced paleoclimatic time series. *Computers and Geosciences*, 28, 421-426.
- 鈴木敬治 (1988) 猪苗代湖盆の形成史, 地学雑誌, 97, 271-278.