

神西湖湖底堆積物中から検出された洪水イベント

沢井祐紀¹・丹後雅憲²・高安克己³

Flood events recognized from Lake Sediments in Lake Jinzai, Shimane Prefecture, Japan

Yuki Sawai¹, Masanori Tango² and Katsumi Takayasu³

Abstract: In order to make clear the historical flood events in the Izumo plain, four bore-hole samples were taken from Lake Jinzai, Shimane Prefecture, western Japan.

Several analyses such as grain-size analyses, diatom fossil assemblage and measurement of total organic carbon contents, total nitrogen contents and total sulfur contents have been carried out on these samples.

Consequently, one horizon of each lake sediment shows rapid changes as follows. Median has changed from coarse to fine. Sorting has mutated from poorly to well. Total valve number per g and complete valve percents of diatom fossil in lake sediment have decreased. Total organic carbon contents and total sulfur contents have decreased, and total organic carbon content per total nitrogen ratios have increased.

These results of analyses suggest that this horizon is the turbidite deposited due to historical flood events in 1964.

Key words : Lake Jinzai, historical flood events

はじめに

日本各地に点在する湖沼群は、その生産性の高さから古来より人間活動の中心となってきた。この湖沼の堆積物には、当時の人間活動に大きな影響を与えたと考えられる環境変化の記録が詳細に残されていることが期待され、近年の研究において海水面変動や気候変動だけでなく津波、洪水などのイベントを湖沼堆積物の解析から読みとり、その規模・頻度等が議論されるようになってきた(例えば、井内ほか、1993; 福沢ほか、1994; 本田・鹿島、1997 など)。

神西湖は島根県出雲平野の南西部に位置し、江戸時代に人工的に開削された差海川によって海と通じている汽水湖である。本湖は、その排水性の悪さから洪水を繰り返し、周辺の村・田畑に被害を出してきたことが古文書によって記されている(出雲市役所、1973)。この証拠は、神西湖の湖底堆積物中に顕著に残されていることが高安ほか(1995)、丹後ほか(1996)によって既に指摘されており、さらに詳細な調査を行うことによってこれらの自然科学的な裏付けが詳しくされていくと考えられる。

以上のことから本研究では、当時の人間活動だけ

¹ 九州大学理学部地球惑星科学教室

Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

² 島根大学大学院理学研究科

Graduate School of Science, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan

³ 島根大学汽水域研究センター

Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan

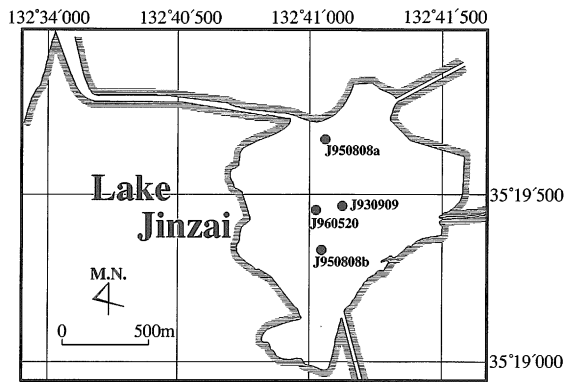


図1. 神西湖における調査地点
Fig.1 Sampling sites in Lake Jinzai

でなく神西湖や出雲平野の形成において大きな影響を与えたと考えられる洪水イベントの証拠を、神西湖湖底堆積物中から検出することを目的とした。湖底堆積物中から地震、洪水などが原因と考えられるタービダイトや堆積異常層を認定する試みは、井内ほか(1993)が琵琶湖の湖成堆積物中の粒子比重のピークを求めることによって行っている。また、福沢ほか(1994)は福井県水月湖において、湖底堆積物の粒子比重、緑泥石/イライトの比率を洪水イベントを示す指標としている。本研究では、湖底堆積物の粒度分析を行い中央粒径、淘汰度などの垂直変化を求め、全有機炭素濃度、全窒素濃度、全硫黄濃度測定の地球化学的手法、さらに珪藻分析という古生物学的手法を加えることによって洪水堆積物の検出を試みた。

試料の採取・観察および分析方法

柱状試料は、グラビティーコアサンプラー、ピストン式コアサンプラーを用い、計4地点で採取した(図1)。得られた試料は、肉眼観察、軟X線写真の観察を行うことによって層相の変化を把握した。

得られた4本の柱状試料すべてについて、粒度分析、含水率測定、全硫黄濃度測定、全有機炭素濃度測定、全窒素濃度を5mm~数mm間隔で行った。また、J960520について珪藻分析を行った(沢井, 1997)。粒度分析は、34%過酸化水素水で処理した後、セイシン企業製レーザー回折式粒度分析計(PRO・7000S)を用いて行い、得られた結果からFolk and Ward(1957)に従って中央粒径と淘汰度を計算した。全有機炭素濃度・全窒素濃度測定は、0.1N塩酸で処理した後、YANAKO・CHNコーダー(MT・3型)を用いて定量した。全硫黄濃度測定は、堀場製作所製硫黄分析装置(EMIA・120)を用いて定量した。それぞれの分析における前処理の詳細は、丹後ほか(1996)に

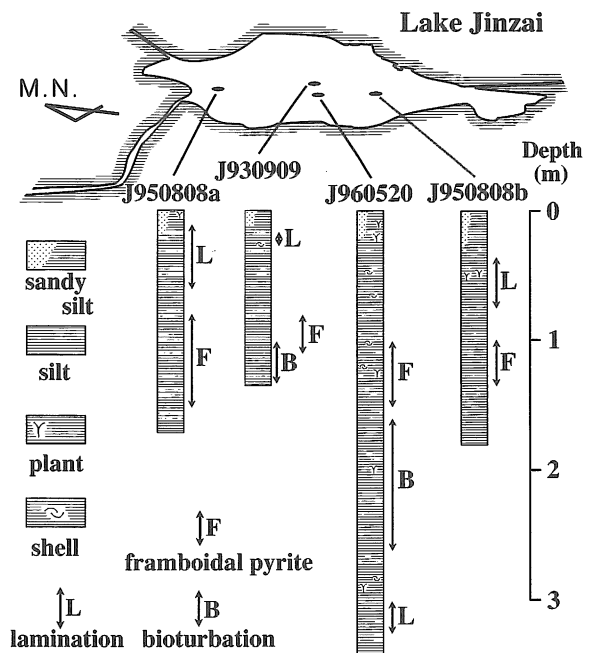


図2. 各調査地点における柱状図
Fig.2 Columnar sections of sampling sites in Lake Jinzai

従った。

湖底柱状試料の層相の変化

(1) J930909 (北緯 35°19.461, 東経 132°41.121)

肉眼観察と軟X線写真観察の結果、透過率の悪い粗粒部と透過率の良い細粒部の互層が見られた。特に深度38cmから26cmにかけては、深度38cmを境界にして粒度が粗粒となった後に、粗粒から細粒への連続的な変化を読みとることができた。また、ラミネーションの見られる層準とバイオターベーションの見られる層準が数カ所見られた。特に、深度26cm~16cmの層準において顕著なラミナ構造が、深度134cm~124cmの層準において強いバイオターベーションがそれぞれ観察された。また、深度108cm~100cm、深度88cm~78cmにおいてはフランボイダルパイライトが多数観察された。深度25cm付近では貝化石が確認された。

(2) J950808a (北緯 35°19.657, 東経 132°41.053)

上部20cm程度が砂質シルトからなり、それより下部はシルトまたは粘土層からなる。このシルトもしくは粘土層においても、透過率の悪い粗粒部と透過率の良い細粒部の互層が見られた。深度58cm~10cmではラミネーションが見られ、深度96cm~78cm、深度150cm~100cmではフランボイダルパイライトが多数観察された。植物片または腐植物は、深度8cm~0cmに見られた。

J930909

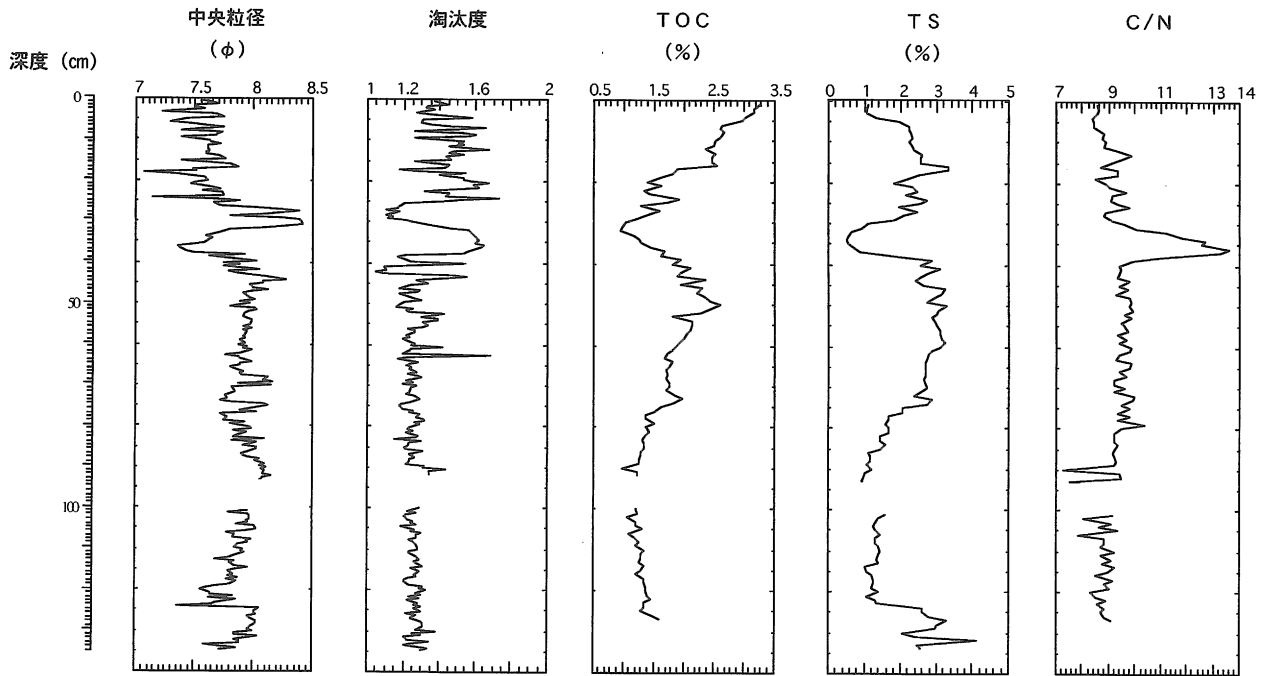


図3. 地点 J930909 の粒度分析, 化学分析結果
 Fig.3 Results of grain-size analysis and geochemical analysis at J930909

(3) J950808b (北緯 35°19.332, 東経 132°41.038)

上部 25cm 程度が砂質シルト, 深度約 25cm 以深が粗粒部と細粒部の互層が認められるシルトまたは粘土層からなる。深度 76cm~35cm では顕著なラミネーションが認められ, 深度 135cm~100cm ではフランボイダルパイライトが多数観察された。また, 深度 48cm, 深度 46cm 付近で木片が認められた。

(4) J960520 (北緯 35°19.449, 東経 132°41.019)

このコアにおいても, 上部 20cm 程度が砂質シルトからなり, それより下部が透過率の悪い粗粒部と透過率の良い細粒部の互層からなるシルト~粘土層によって構成される。深度 260cm~165cm ではバイオターベーションが観察されたが, 深度 210cm~170cm 付近で特に顕著な擾乱模様が見られた。また, 深度 325cm~302cm では顕著なラミネーションが観察されたほか, 深度 150cm~100cm ではフランボイダルパイライトが多数認められた。植物片または腐植物は, 深度 288cm, 深度 196cm, 深度 125cm, 深度 15cm~8cm に見られた。貝化石は, 深度 281cm, 深度 120cm, 深度 107cm, 深度 67cm, 深度 42cm にそれぞれ観察された。

神西湖湖底堆積物の粒度・有機炭素量・窒素量・硫黄量の垂直変化

(1) J930909 (図3)

分析結果より, 中央粒径, 淘汰度はともに深度 134cm~45cm の層準で大きな変化を示さなかった。これに対し, 深度 45cm より上位では変動が大きくなり, 特に深度 38cm~26cm において中央粒径が大から小へ, 淘汰度が不良から良へと変化していることが認められた。

全有機炭素濃度は, 深度 134cm~100cm が緩やかな減少傾向を示すのに対し, それより上位の層準では逆に増加傾向を示す。特に深度 48cm~0cm では, 深度 32cm 付近で全有機炭素濃度が急激に減少し, それ以後再び増加していく変化が認められた。また, 有機物の供給源の指標とされる, 全有機炭素濃度・全窒素濃度比の垂直変化を求めた結果, 深度 38cm 付近で急激な増加が見られた。

全硫黄濃度は, 深度 134cm~123cm で 2%~4%の値を示し, 深度 122cm~77cm では 1.3%程度の値となった後, 深度約 75cm~39cm において 2.8%前後に増加する。その後, 深度 34cm で急激に減少し, 再び 2.4%程度に増加する。深度約 6cm まで 2.2%~3.3%の値を示すが, 深度約 6cm~0cm にかけて全硫黄濃度は減少し 1%程度となる。

(2) J950808a (図4)

J950808a

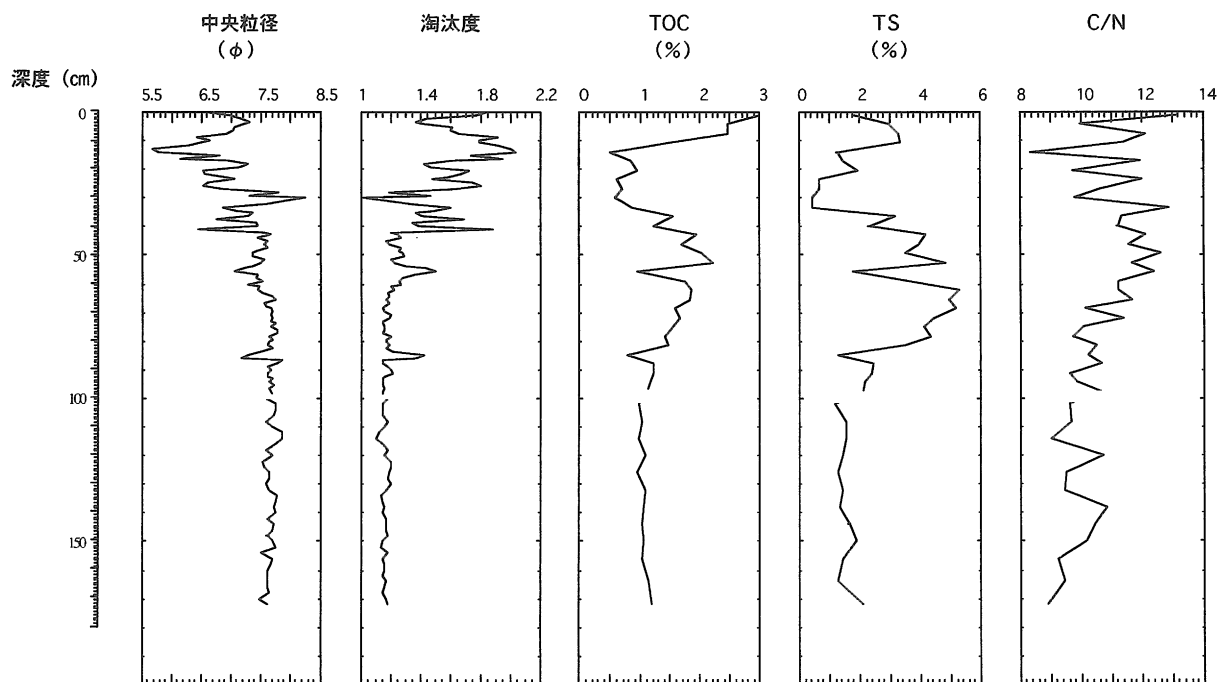


図4. 地点 J950808a の粒度分析, 化学分析結果

Fig.4 Results of grain-size analysis and geochemical analysis at J950808b

深度 86cm, 深度 56cm で中央粒径がやや大きくなり, 淘汰度が若干悪くなる層準が認められたが, 深度 172cm~42cm の層準では中央粒径, 淘汰度はともに大きな変動を示さなかった. その上位の層準では激しい変動が確認され, 深度 41cm~30cm, 深度 14cm~3cm では中央粒径が大から小, 淘汰度が不良から良への変化を示した.

全有機炭素濃度は, 深度 100cm 程度まで緩やかな減少傾向を示し, その後増加傾向となっていく. しかしながら, 深度 85cm, 深度 56cm, 深度 33cm~14cm では, その前後の層準と比べて急激にその値を減少させている. C/N 比は下位の層準から増加傾向を示すが, 深度 100cm より上位は大きな変動を繰り返していることが認められた.

全硫黄濃度は, 深度 172cm~98cm で 1.1%~2% の値を示し, 深度 98cm~85cm で 3%前後まで増加する. その後は, 深度 84cm~36cm まで 3%~5% の高い値を示すが, 深度 56cm 付近で前後の層準と比べて急激に減少する層準が見られた. 深度 34cm~24cm では, 全硫黄濃度が 0.4%まで急激に減少し, 深度約 11cm で 3.3%まで再び増加する.

(3) J950808b (図5)

深度 27cm~28cm において, その前後の層準と比べて中央粒径がやや大きくなり, 淘汰度が若干悪くなる層準が見られたほか, 全層準を通じて中央粒径, 淘汰度ともに変動を繰り返していることが認め

られた.

全有機炭素濃度は, 深度約 30cm で前後の層準と比べて急激に値が減少しているほかは, 全層準を通じて増加傾向を示す.

全硫黄濃度は, 深度 83cm 以深において, 深度約 180cm で 4.6%を示すほかは 1%~2%の値を示す. 深度 83cm 以浅においては, 深度 30cm 前後でその値が急激に減少するほかは, 3%前後の値を示した.

(4) J960520 (図6)

中央粒径, 淘汰度ともに, 深度 336cm~54cm においては, 多少の変動は見られるものの大きな変化は示さなかった. これに対し, 深度 54cm より上位の層準では 2 つの値とともに大きな変動を示し, 特に深度 33cm~25cm, 深度 15cm~11cm では, 中央粒径が大から小へ, 淘汰度が不良から良へという変化が確認された.

全有機炭素濃度は, 深度 336cm~116cm にかけては, 深度 298cm~270cm, 深度 183cm で前後の層準と比べて値が高いほかは, おおむね減少傾向にある. 深度 116cm よりも上位の層準では, 深度 60cm 付近や深度 27cm~25cm において急激にその値が減少する. C/N 比は, 深度 336cm~176cm にかけて, 所々に急激な増加を示す層準があるがおおむね減少傾向にある. また, 深度 176cm~26cm では 11 前後の値を, 深度 26cm~0cm では 9 前後の値を示す.

全硫黄濃度は, 深度 336cm~256cm にかけて 0.1%~1%

J950808b

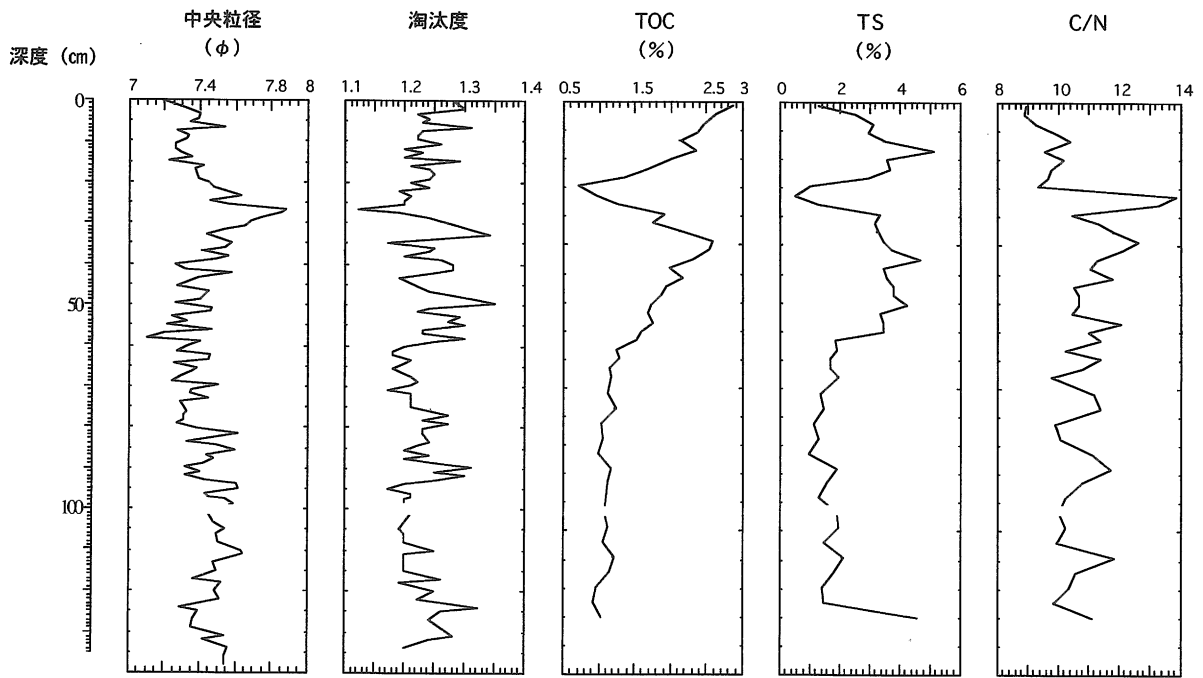


図 5. 地点 J950808b の粒度分析, 化学分析結果

Fig.5 Results of grain-size analysis and geochemical analysis at J950808b

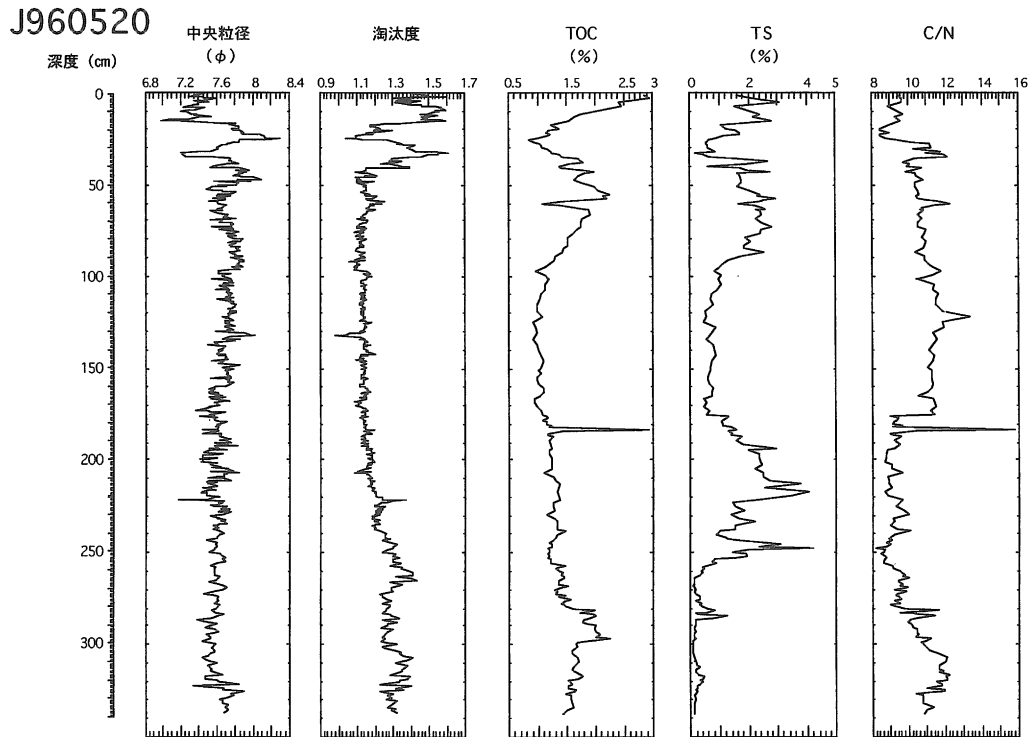


図 6. 地点 J960520 の粒度分析, 化学分析結果

Fig.6 Results of grain-size analysis and geochemical analysis at J960520

の値を示す。その後、深度256cm~248cmのかけて4.2%まで値が上昇するが、深度242cm~223cmではその値が急激に減少する。その上位では、深度223cm~233cmにかけて2%程度まで上昇し、深度177cmまで減少傾向を示す。その後、深度177cmから上昇傾向に転じ、深度85cm前後で2.5%の値となる。深度85cm~0cmにおいては、深度33cm~26cmにかけて急激に値が減少するなど、大きな変動が認められた。

神西湖湖底堆積物中の珪藻化石遺骸群集

J960520 コアの珪藻分析を行い、図7のような分析結果を得た。この結果から、珪藻殻の数は全層準を通じてスパイク状に増加と減少を繰り返していることがわかる。特に深度24cm~34cmにかけてはその前後と比較して珪藻殻数が激減しており、あわせて珪藻殻の完全個体率も減少していることが認められた。

次に珪藻の種群組成について注目すると、深度168cmを境にして、上部では汽水域に生息する *Cyclotella caspia* が優占して産出しており、その下位

では淡水浮遊生の *Aulacoseira granulata* が特徴的に出現している。これらの群集変化については、沢井(1997)において詳しく記されているが、以下にその概要を述べる。

深度338cm~322cmは、淡水浮遊生の *Aulacoseira granulata*, *Cyclotella stelligera* などが優占的に産出し、汽水生・海生の珪藻種はほとんど出現しない。深度338cm~296cmでは、*Aulacoseira granulata* の減少と海水底生の *Navicula forcipata* の増加が特徴的である。深度296cm~168cmでは、*Aulacoseira granulata* が増加・減少を繰り返す、それに対応して汽水生種である *Thalassiosira bramaputrae* や *Diploneis elliptica* などの *Diploneis* 属が減少・増加している。深度168cmより上位の層準では、*Aulacoseira granulata* は出現しなくなり、汽水生種である *Cyclotella caspia*, *Skeletonema costatum* などの出現率の増加が認められる。

湖底柱状試料から検出された1964年の山陰・北陸豪雨による洪水イベント堆積物

今回採取された4本の柱状試料の分析結果から、

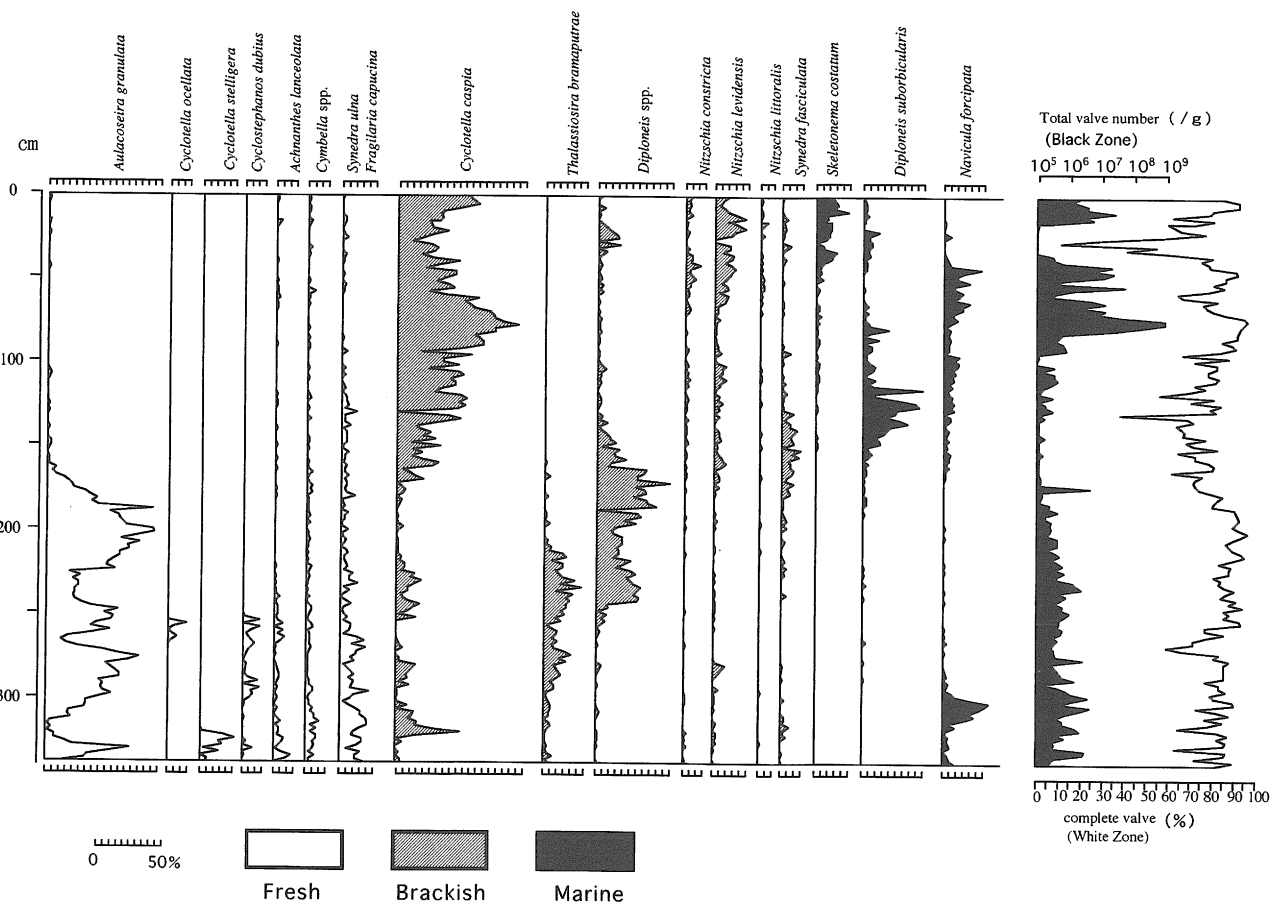


図7. 地点J960520における珪藻分析結果
Fig.7 Diatom Assemblages from J960520

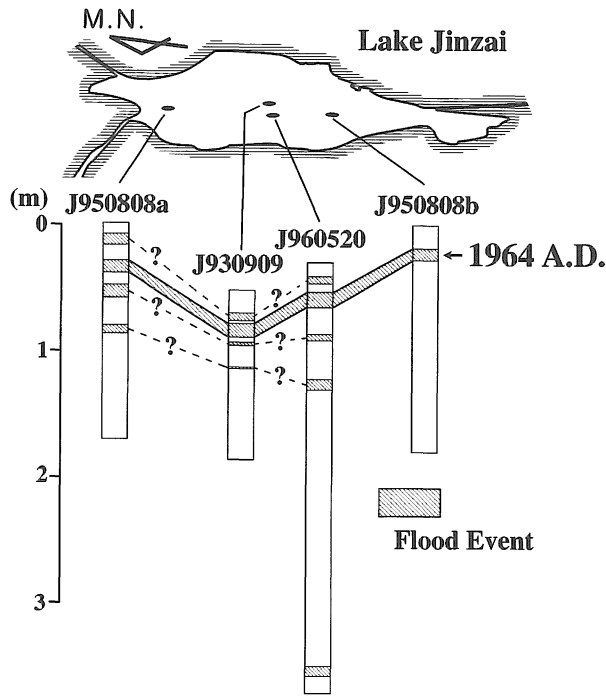


図 8. 神西湖において検出された洪水堆積物
Fig.8 Historical flood events recognized in Lake Jinzai

特に J930909 では深度 38cm~26cm, J950808a では深度 38cm~30cm, J950808b では深度 27cm~19cm, J960520 では深度 34cm~23cm において、各分析項目に以下のような急激な変化が共通してみられた。

(1) 軟 X 線写真観察

明瞭な境界を示した後に、周囲よりも急激に透過率が悪くなり、その後上位の層準に向かって透過率が漸移的に良くなる。軟 X 線写真では、粒度の粗粒な層準においては透過率が悪くなるために暗く写り、また逆に、水分が多い層準や密度の低い層準においては透過率が良いために明るく写る。このことから、これらの層準の軟 X 線写真観察の結果は、急激に堆積物の粒度が粗粒となり上位の層準に向けて粒度が細粒となっていることを示している。

(2) 粒度分析 (中央粒径, 淘汰度)

上記の層準において、中央粒径が大から小へ、淘汰度が不良から良へという変化が同時に認められた。

(3) 全有機炭素濃度, C/N 比

全有機炭素量は前後の層準と比べると、相対的に見て急激に減少している。また、C/N 比は、これとは逆に前後の層準と比べて相対的に増加している。

(3) 全硫黄濃度

全有機炭素量と同様に、全硫黄濃度が相対的に減少していることが認められた。

(4) 珪藻分析

珪藻の遺骸殻が、前後の層準と比べて急激にその数を減少させている。またこの時、同時に殻の完全

個体数も激減している。

これらの変化のうち、軟 X 線写真観察、粒度分析の結果は、いずれも大量の堆積物が短期間に運搬されていく状態を表している。また、全有機炭素量、全硫黄量が前後の層準と比較して減少しているのは陸源碎屑物が急増したことによる希釈効果が原因と考えられ、陸水影響の指標とされる C/N 比 (中井ほか, 1982) の増加もこれを示している。珪藻分析についても、珪藻殻数の急激な減少、殻の完全個体数の激減が堆積物の急激な運搬を示唆している。以上のことから、各分析項目の変化は、洪水によって大量の陸源混濁物が短期間に流入・堆積したことを表していると考えるのが最も合理的である。

一方、古文書に記された過去 100 年間の洪水の記録は以下の通りである。

1982 年, 台風による洪水.

1964 年, 山陰・北陸豪雨による洪水

1959 年, 台風 14 号または伊勢湾台風による洪水

1943 年, 台風 26 号による洪水

1907 年, 洪水

このうち、今回調査を行った 4 地点のいずれにおいても認定された堆積異常層は、1964 年の山陰・北陸豪雨による洪水イベントを表していると考えられる。ただし、ここでは橋谷ほか (1995) において報告されている放射年代を採用した。

またこのほかにも、J930909 では深度 62.5cm~61cm, 深度 43.5cm~41cm, 深度 24cm~18cm において、J950808 a では深度 85cm~80cm, 深度 57cm~48cm, 深度 16cm~8cm において、J960520 では深度 326cm~319cm, 深度 100cm~92cm, 深度 16cm~11cm において、各分析項目が上記の変化と酷似した挙動を示した。これらは、1982 年, 1959 年, 1943 年, 1907 年にそれぞれ起きた洪水イベントを表している可能性がある。

ま と め

島根県神西湖において採取された 4 本の柱状試料の分析を行った結果、1964 年の山陰・北陸豪雨による洪水イベントを表す堆積層を認定することができた。またこのほかにも、いくつかの層準において 1982 年, 1959 年, 1943 年に起きた洪水が原因と考えられる堆積層が認められた。これらのことから、年代等の議論を詳細に行うとともに、さらに下層への掘削・分析を行えば、洪水イベントの頻度などの議論が詳しく行えると考えられる。また、本稿では湖水環境の変遷についてはふれなかったが、現在の神西湖の生産性を考えると、本湖の環境変化は当時の人間活動に少なからず影響を与えてきたと考えら

れる。今後、これらの点を明らかにしていくことは、当時の生産活動などを考える上で貴重な資料となるであろう。

謝辞

本研究の際には、島根大学総合理工学部三瓶良和博士、瀬戸浩二博士には多大なご助言とご教示をいただいた。島根大学総合理工学部の学生諸氏には、調査・分析の際にご協力いただいた。また、九州大学理学部鹿島薫助教授には粗稿を読んでもいただいた。以上の方々に深く感謝いたします。

引用文献

- 福沢仁之・小泉格・岡村真・安田善憲（1994）福井県水月湖の完新世堆積物に記録された歴史時代の地震・洪水・人間活動イベント。地学雑誌，103：127-139。
- 橋谷博・清家泰・秋葉道宏（1995）神西湖の水質。神西湖の自然—小さな汽水湖・大きな恵—。神西湖の自然編集委員会編。pp.35-57。たたら書房，鳥取。
- 本田秀一・鹿島薫（1997）湖底堆積物から見た浜名湖の最近 1000 年間の古環境変遷。LAGUNA（汽水域研究），4：69-76。
- 井内美郎・衣笠善博・公文富士夫・安松貞夫・中野聡志・志岐常正（1993）古地震の震度指標者としての琵琶湖タービダイト。地質学論集，39：61-70。
- 出雲市役所（1973）神西村。出雲市三十年誌。pp.156-164。出雲市役所，島根。
- 中井信之・太田友子・藤澤寛・吉田正夫（1982）堆積物コアの炭素同位体比，C/N 比および FeS₂ 含有量からみた名古屋港周辺の新気候，古海水準変動。第四紀研究，21：169-177。
- 沢井祐紀（1997）神西湖における現生珪藻群集と湖底堆積物中の化石珪藻群集。LAGUNA（汽水域研究），4：1-5。
- 高安克己・瀬戸浩二・三瓶良和（1995）堆積物が語る過去の湖底環境。神西湖の自然—小さな汽水湖・大きな恵—。神西湖の自然編集委員会編。pp.1-21。たたら書房，鳥取。
- 丹後雅憲・高安克己・瀬戸浩二・三瓶良和（1996）柱状試料からみた神西湖の最近の環境変化。島根県地学会会誌，11：7-13。