

信州、木崎湖における最近の堆積物の年代と堆積速度

Sediment age and sedimentation rate in Lake Kizaki, central Japan

公文富士夫・田原敬治・山本雅道

Fujio Kumon, Takaharu Tawara and Masamichi Yamamoto

〈摘要〉

2003年12月に木崎湖の湖心部で採取した湖底堆積物の柱状試料について見かけ密度を測定し、珪藻の属構成と産出頻度を調べた。この特徴を1983年および2000年に採取された柱状試料の特徴と比較し、大まかな年代の枠組みを解明した。その枠組みの下で、気象記録と木崎湖の水位変動資料から木崎湖で発生した洪水の強度を評価し、大規模な洪水と堆積物の見かけ密度ピークとを対応させた。この密度ピークの年代を指標として平均堆積速度を求めると、1961年～1969年で11.6mm/y、1969年～1984年で4mm/y、1984年～2003年で6mm/yとなり、堆積環境が大きく変わる3つの時期があることが判明した。この堆積速度の見積もりは、¹³⁷Cs や²¹⁰Pb に基づく堆積速度の見積もりとも一致する。見かけ密度の垂直的な変化はどの柱状試料にも安定して保存されており、場所や時期を違えて採取した試料間でも同一層準が決められるので、異なるデータ間の精密な比較を可能とする有効な指標である。

Keywords : みかけ密度、洪水堆積物、堆積速度、珪藻、木崎湖

はじめに

木崎湖は長野県の北西部に位置し、糸魚川—静岡構造線にそった凹地に連続的に生じた3つの湖の一つである(第1図)。木崎湖はかなり大きな水深(最深28m)をもつ中栄養湖である(仁科三湖環境保全対策専門委員会、1983)。木崎湖についての研究は、古くから多岐にわたってかなり多数行われてきており(西条、1956a,b : 堀江ほか、1974 : Hibino, 1977; Horie et al., 1980 : Megumi and Oka, 1981 ; 恵ほか、1988 ; Kiyosawa et al., 2001)、最近の研究は Saijo and Hayashi (2001) に集大成がなされている。しかしながら、堆積物自体についての研究においては、柱状試料の採取方法の違いや、それぞれに限られていた分析をしていることが原因となって、相互の比較が大変難しい状態が続いている(例えば、Ogura, 2001 ; Nishimura, 2001)。これは木崎湖における環境変遷の過程を堆積物に基づいて解明する上での大きな障害となっている。この問題を解決する上で、「見かけ密度」の測定値が共通指標として有効であることを示すとともに、見かけ密度をおもな指標として最近数十年間の堆積速度を見積もった結果を報告する。

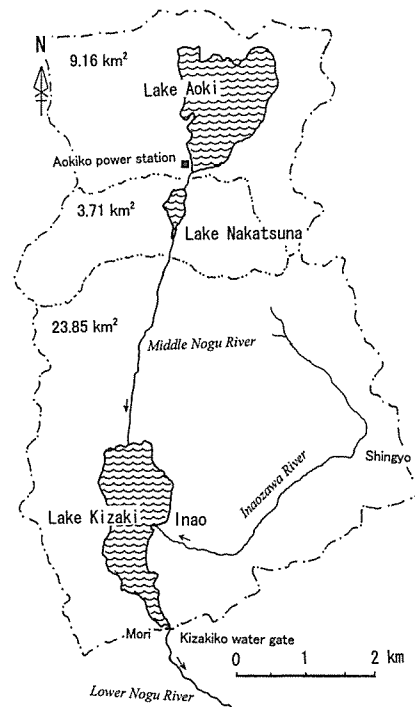


図1 仁科三湖とその集水域

木崎湖が最大の集水域をもち、青木湖と中網湖の集水域からも最終的には木崎湖に集まる。

見かけ密度

見かけ密度は、固形物の密度を2.65と仮定したうえで、含水率の測定に基づいて、湿試料1 cm³当たりの固形物の乾燥重量を計算した密度指標の一つである。湖底の表層堆積物のようになかなか柔らかい湿試料について、本来の密度を変えることなく、かつ、正確に体積を測定することはかなり難しい。それに対して、含水率は湿潤時と乾燥時の重量をそれぞれ測定するだけで求めることができる。固体粒子の密度を仮定せねばならないが（実測してもよいが、その分手間が掛かる）、簡便に単位体積当たりの乾燥重量に変換できるという利点がある。実際上は下記のように計算する。

見かけ密度 $D_a =$

$$(W_d - F) / ((W_d - F) / 2.65 + (W_w - W_d) / 1)$$

F：蒸発皿重量、

W_w：湿試料重量（蒸発皿込み）、

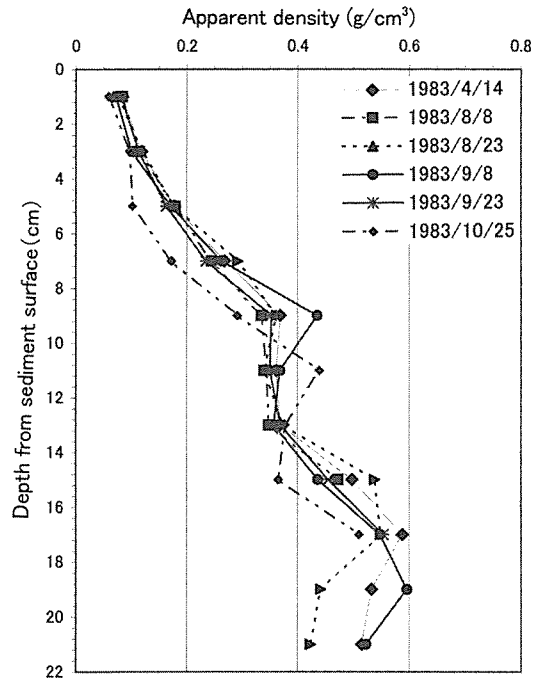
W_d：乾燥重量（蒸発皿込み）

見かけ密度は、水分を含めた通常の密度や含水率などの指標よりも圧密状態をより敏感に表わすことができるという利点がある。

木崎湖における柱状試料の密度変化

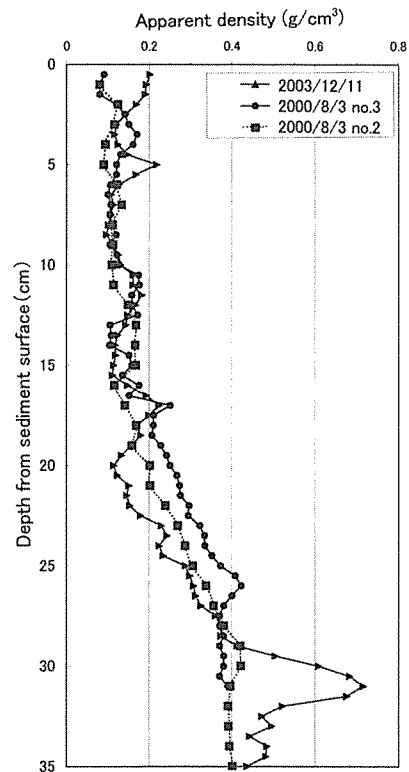
木崎湖で採取された柱状試料の含水率や密度に関しては、1983年に飛沢（1984MS）によって採取された5本の柱状試料についての測定があり、その結果の一部は林ほか（1987）により公表されている。これらの試料はいずれも重力式採泥器を用いて、1983年4月から10月にかけて数週間から数ヶ月の間隔を置いて湖心部で採取したものである。飛沢によって測定された含水率に基づいて見かけ密度を再計算して、その深度ごとの変化を示すと第2図のようになる。試料は2 cm 間隔で測定されており、いずれの柱状試料も、0.1g/cm³程度の低密度の部分は最上部2～4 cm ほどで、深度4、6 cm から直線的にみかけ密度が増加し、深度11 cm 付近で一旦平坦になった後、再度増加して深度16 cm 付近でピークに達して、その後やや小さくなるという特徴を示す。

最近では、2000年8月に採取された2本の柱状試料があり（Kanamaru, 2002MS）、また、筆者らによって2003年12月に採取した柱状試料もある。これらは、木崎湖の湖心部において佐竹式柱状採泥器によって採取されたものである。含水率の測定からもとめた見かけ密度の深度変化を第3図に示す。湖底表層から下位に向かって密度は規則性をもって変化する。2003年12月に湖心



第2図 1983年に重力式柱状採泥器で採取された柱状試料の見かけ密度変化

飛沢（1984MS）より引用。



第3図 2000年および2003年に佐竹式柱状採泥器で採取された柱状試料の見かけ密度変化

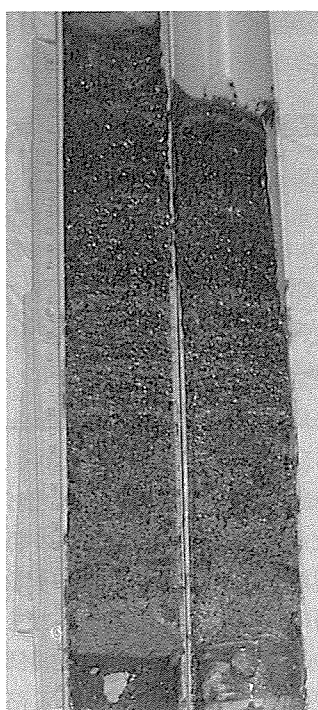
2000年の柱状試料については、Kanamaru（2002MS）より引用。

(36°33'29" N, 137°50'13" E: WGS84座標系) で採取された柱状試料を基準とすると、多少の凹凸を伴いながらも密度が低い上部(深度0から15 cmまで)、密度が0.2から0.4 g/cm³まで徐々に増加する中部(深度15~29 cm)、特に高いピークをもち、その下位では0.4 mg/cm³付近で一定の値をとる下部(深度29~35 cm)を識別することができる。ただし、2003年のコアの最上部は、流出を止めるための充填材が水分を吸収したため、人為的に見かけ密度が高くなっている。その部分を除外すると、佐竹式柱状採泥器によって採取された3つの柱状試料はよく似た密度変化を示す。ただし、2000年の柱状試料は2003年の柱状試料に比べて密度の変化する深度が2、3 cmほど浅い位置に対応している。この差は3年間という時間差によって生じたものであろう。

1983年に採取された柱状試料の密度変化パターンは2000年や2003年のコアの下半部によく似ている。2000年および2003年の木崎湖の堆積物で明確にみられる上部、中部、下部といった大きな単位での密度変化は、木崎湖の堆積環境が時期によって大きく変化したことを反映していると考えられる。その変化の原因は明確ではないが、このような密度の変化は、木崎湖における経年的な堆積作用の変化を反映しているものである。逆に言えば、堆積物の年代指標となりうるものである。

前述のように見かけ密度は含水率を測定することだけで

計算できる指標である。一般に堆積速度は同じ湖の中でも場所による違いがあり(例えば、井内、1987)、堆積物の深度を単純に共通の年代指標とすることはできない。また、異なった年代・時期に試料を採取して各種の測定を行う場合が一般的であるから、このように簡便にえられる指標を共通の年代目盛りとした上で、化学組成や有機物組成などを分析することが、データの相互比較と総合化のために不可欠である。

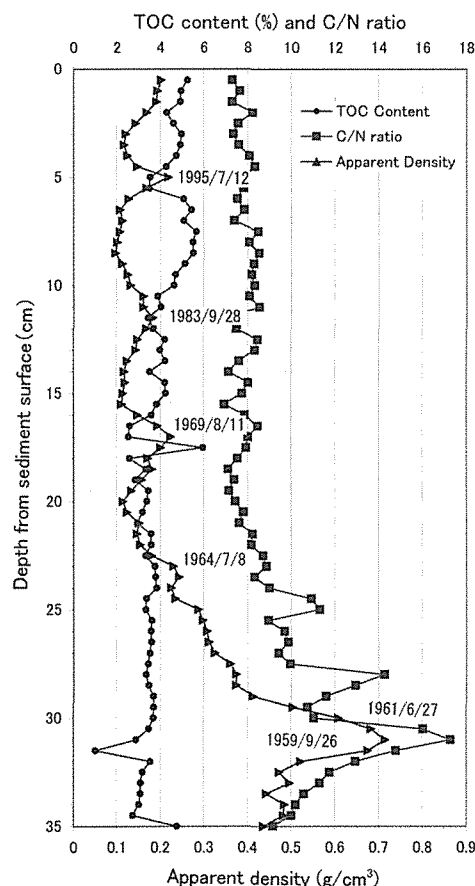


第4図 2003年12月に佐竹式柱状採取された柱状試料の断面写真

木崎湖の湖心部における堆積速度

木崎湖の堆積速度は、1983年に採取されて記載されたコアと2000年および2003年に採取されたコアとを比較することによって、大まかな年代の枠組みを決定することができる。その年代を基礎にしたうえで、気象資料と湖水位変動記録から推定した大きな洪水を密度の相対的ピークに対応させて精密な年代決定を試みた。1983年のコアでは同年4月に採取されたものの珪藻組成が出されている。2003年12月に採取したコアは最も新しいだけでなく、各種の資料が揃っている。それ故、以下の議論では、煩雑さをさけるために、1983年4月のコアと2003年のコアを中心として記述する。

2003年のコアは第4図の写真に示したように、下部深度(23~35cm)が暗褐色で塊状であり、中部に(深度15~23cm)細かな葉理が発達し、上部(深度0~15cm)は黒色で弱い葉理がみられる。葉理がよく保存されているので、人為的な乱れがないことが確認できる。また、見かけ密度および有機炭素含有率、C/N比の深



第5図 2003年12月に佐竹式柱状採取された柱状試料の見かけ密度、有機炭素含有率(TOC)およびC/N比の深度変化

度変化を併せて第5図に示しておく。

1) 見かけ密度の比較

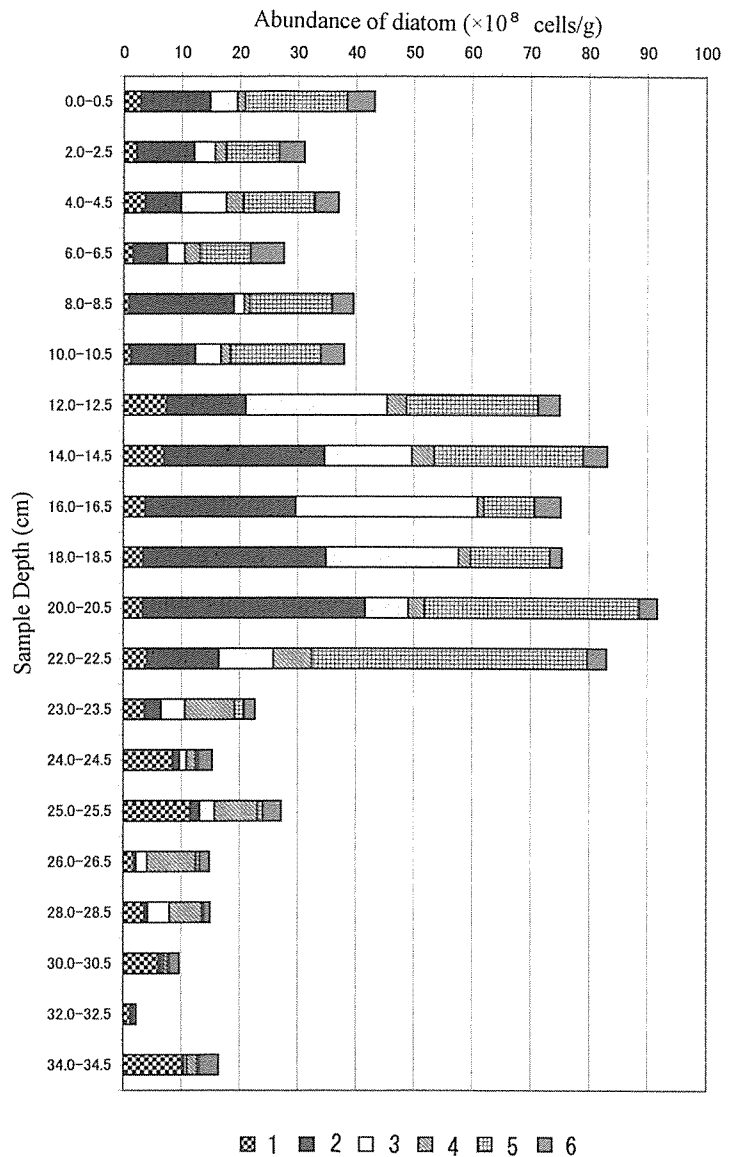
1983年に重力式採泥器で採取された柱状試料は、やや高い密度をもつものの、前述のように密度変化のパターンが2003年の柱状試料の下半によく似ている。密度変化のパターンに注目すると、1983年4月の柱状試料17cmの密度ピークを2003年試料の30.5 cmの密度ピークに対比させることが可能である。

そうすると、1983年時点の湖底面は、2000年や2003年のコアのどの深度に当たると推定されるのであろうか。1983年の柱状試料では深度16~18cmの試料に明瞭な見かけ密度のピークが見られるので、2003年の試料の深度30.5cmより16cm分だけ浅い深度14.5cm付近とすることも一つの可能性である。1983年に重力式採泥器で採取されたコア試料は前述のようにやや高い見かけ密度をもつので多少とも圧縮された可能性がある。それ故、深度14.5cmよりも多少浅いところに当時の湖底面があったと推定することが妥当であろう。

2) 珪藻の種構成の変化からの1983年面の推定

一方、珪藻の種構成の層序的变化も層準決定の指標となる。飛沢 (1984MS) は、1983年4月に採取したコア試料について深度2 cm毎に珪藻の種構成 (属のレベル) を調べ、深度8 cm付近に珪藻群集が大きく変化する層準がある確認しており、林ほか (1987) で報告されている。このような群集組成の明確な変化面 (datum surface) の有無とその深度を2003年の柱状試料から見いだせれば、それに基づく対比が可能である。

2003年12月に採取した柱状試料において2 cmおきに0.5cm分の試料を採取して、野尻湖発掘調査団珪藻グループ (1980) の方法に従って珪藻プレパラートを作製した。400倍になるレンズの組み合わせの下で、プレパラート (カバーガラス面積18×18mm) の全面からランダムに100視野 (1視野の直径は0.44mm) を抽出し、その中に見られる珪藻の産出頻度と種 (属) 構成をもとにして、乾燥重量1 g当たりの主要属の珪藻の産出概要を明らかにした (第6図)。その結果からみて、木崎湖の堆積物には珪藻の属構成と産出頻度が大きく異なる3つの時期があることがわかる。珪藻の総産出頻度が少



第6図 2003年12月に佐竹式柱状採泥器で採取された柱状試料における珪藻殻数および属構成の深度変化
1 *Cyclotella* spp., 2 *Synedra* spp., 3 *Asterionella* spp., 4 *Aulacoseira* spp., 5 *Fragilaria* spp., 6 others

なく、*Cyclotella* または *Aulacoseira* の比率が高い時期から、総珪藻殻数が非常に多く、属構成では *Fragilaria* や *Asterionella*, *Synedra* などの割合が大きくなる時期への変化が深度22cmと23cmとの間に認められるので、その層準を飛沢 (1984MS) が報告した群集組成が変化する層準に対応させることができる。この層準は、堆積物の見かけが塊状で無構造の部分から暗色部と明色部とが繰り返す葉理の見られる部分との境界に当たっている。なお、今回の研究では正確な種の同定はできていないが、Kiyosawa et al. (2001) によれば木崎湖の堆積物には、*Cyclotella rodiosa*, *C. stelligera*, *Asterionella formosa*,

Aullacoseira ambigua, *Fragilaria construens*, *F. crotonensis* などが含まれることを報告している。本報告で *Synedra* としたものの一部は *Fragilaria* である可能性もある。

1983年の柱状試料においては深度6～8cmの試料と8～10cmの試料との間で群集組成が大きく変化するので、その群集境界を深度8cmとすると、層厚の対応関係から1983年の湖底面は、2003年12月の柱状試料の深度15cm付近か、それよりやや浅い層準に当たると推定される。

3) 洪水年代との比較

見かけ密度のプロファイル(第3, 5図)において局的に高いピークを示す層準は、1) 鉱物粒子が多く、珪藻殻が少ないこと、2) 上・下位にある通常の堆積物より相対的に粗粒なシルトであり、時には細粒～中粒砂である場合があること、3) 有機物量が少ないにもかかわらず、陸源有機物の影響を示唆する高いC/N比をもつ場合があること、などから通常の堆積作用とは異なるメカニズムで堆積したものと推定される。木崎湖の湖心部やその周辺の表層堆積物はシルト質粘土を主体としており、通常は懸濁運搬で細粒の粘土質堆積物が運ばれる場である(Kumon, 2001)。そこに通常よりも粗粒な堆積物があることは、Sturm and Matter (1978) がスイスのBrentz湖の事例であきらかにしたように、規模の大きな洪水によって、陸源碎屑物が混濁流となって湖心部まで運搬され、堆積したことを示唆する。有機物濃度が低いことは鉱物質物質による希釈の結果であり、高いC/N比は陸源有機物の混入として説明される。

洪水時には懸濁運搬や掃流運搬の様式で多量の碎屑物が搬入されるが、洪水の湖底堆積物に対する影響は単に水量ではなく、運び込まれる碎屑物の多さに依存する。それ故、降雨による地滑りや、地滑りなどによるせき止めとその決壊に起因する土石流の発生も考慮しなければならないので、連続雨量が一つの指標となる。例えば、連続雨量が100mmを超えると、地滑りや土石流の発生頻度が大きくなることが知られている。また、湖水位の変動も流域の降水量を反映しており、洪水の発生の指標となるが、湖からの流出があるので、長期間にわたる連続降雨に対しては降雨の影響が水位変動としては表れにくいという点への考慮が必要である。特に、木崎湖のように流出口にある木崎湖水門で人為的に流出量が調整されている場合には、降雨見込みにあわせて放流量が調整されるため、実際の降雨量が必ずしも水位変化に直結しない場合がある。

木崎湖から南に4kmほど離れた大町市にはかつて気

象庁の気象観測所があり、現在はアメダス観測点に変わっている。その降水記録によると、1958年から2002年にかけては連続で100mmを超す豪雨が第1表に示したように46回もある。木崎湖の水位については1958年から1986年までは昭和電工(株)が、1987年以降は大町市が毎日の1回の観測を行っており、100mmを超す連続降雨に伴う水位変動も第1表に示した。一日あたり5mm以上の降雨が続いた場合に連続降雨としている。連続降雨の最初とピーク水位との差を豪雨による水位増加量とした。また、連続降雨期間内の1日当たりの水位の最大増加量も併せて示した。木崎湖の水位は降雨に1日ほど遅れて

Year(AD)/ Month/Dates	Continuous heavy rainfall* (mm)		Increasing of water level** (cm)		Flood impact	Remarks** (Rainfall at Aokiko Power Station) Dates / (mm)
	Total amount	One day maximum	Total /maximum	One day /maximum		
1958/7/24-25	102	7/25 65	29	21	B	
1958/8/22-24	119	8/24 70	16	6		
1959/8/10-13	156	8/13 93	42	34	A	8/11-14 165
1959/9/24-26	171	9/26 116	38	32	A	9/26-27 163
1960/8/10-14	239	8/13 89	20	8		8/11-15 193
1961/6/23-30	277	6/27 57	64	22	A	6/23-30 240
1964/7/7-9	163	7/8 82	90	36	A	7/7-10 270
1964/7/14-19	129	7/18 43	8	6		
1965/5/26-28	152	5/26 117	38	20	B	5/27-29 145
1965/9/16-17	161	9/17 120	30	18		
1966/9/16-18	124	9/18 70	15	8		
1969/8/6-11	137	8/11 60	66	63	A	8/7-11 290
1970/6/14-15	123	6/14 73	28	20	B	6/14-15 114
1971/8/30-31	110	8/30 78	7	5		
1971/9/5-7	139	9/6 71	27	19		
1972/7/9-14	216	7/11 68	41	12		7/9-14 236
1972/9/17-21	175	9/21 128	49	-10		9/17-18 11
1974/8/25-27	131	8/25 66	26	8		
1976/9/8-9	102	9/8 64	8	8		
1978/6/25-28	135	6/27 71	34	23	B	6/19-28 316
1979/10/18-19	102	10/19 68	16	11		
1981/7/2-3	114	7/2 62	39	22	B	7/2-5 160
1981/8/22-23	122	8/23 65	10	-3		
1982/7/31-8/2	127	8/1 66	26	12		
1982/9/11-12	150	9/12 126	57	42	A	9/12-13 154
1983/7/20-27	217	7/25 52	56	20	A	7/21-25 374
1983/9/27-28	175	9/28 135	72	58	A	9/28-29 181
1985/6/28-7/1	145	6/30 77	36	11		
1985/9/22-24	113	9/23 59	20	12		
1988/6/2-3	111	6/2 76	26	15		
1988/6/27-30	138	6/27 56	15	4		
1989/9/18-20	116	9/19 88	20	17		
1993/7/12-14	101	7/14 37	7	2		
1994/9/27-30	105	9/30 55	23	4		
1995/7/11-12	151	7/12 109	66	39	A	
1996/6/24-25	147	6/25 107	46	14		
1997/7/7-12	142	7/12 41	5	4		
1998/8/27-30	129	8/28 80	23	18		
1999/8/14-16	101	8/14 57	15	12		
1999/9/14-15	128	9/15 101	34	26	B	
2000/9/7-12	165	9/11 92	16	13		
2001/9/9-11	109	9/10 52	16	14		
2002/7/9-10	105	7/10 102	-	-		

* Based on the data at Omachi Meteorological observation site (Japan Meteorological Agency)
** Offered from Showa Denko Co. Ltd.(1958-1986) or Omachi City Office (1987-2002)

表1 1958～2002年の大町気象観測点における豪雨記録とそれに伴う木崎湖の水位変動および洪水のインパクト

上昇する場合が多い。なお、木崎湖の北に位置する青木湖の南端にある青木発電所でも昭和電工(株)によって1958年から1986年まで降水量の観測が行われているので、第1表にはその降雨量も参考のために示した。

洪水の規模をどれか一つの指標で表すことはなかなか困難である。特に木崎湖の集水域は木崎湖の北側に偏っており、わずか4 kmの距離といえども大町気象観測点は集水域の降雨の代表値としては必ずしも十分でない場合がある。例えば、1972年7月17～21日の豪雨のように、大町で175mmの雨量があるにもかかわらず、青木発電所ではほとんど降雨がないという場合もある。また、木崎湖からの流出量は木崎湖水門で人為的に調整されており、大きな降雨が予想される場合には放流量を増やして、水位の増加を抑える操作が行われている。そのため、水位増加量だけでの判断も難しい。

しかしながら、連続降雨量、一日当たりの最大雨量、降雨期間の水位増加量、一日当たりの水位増加量などを考慮すると、表1に示した9つの豪雨をAランクに、5つの豪雨をBランクとして評価できる。Aランクではほとんどの場合に一日当たりの水位増加が30cm以上あり、それ以下の場合であっても総水位変動が50cm以上ある。また、青木発電所での連続雨量は200mmを超えている。Bランクは、一日当たりの最大水位変動が20cm以上のものとしているが、連続降雨量は150mm以下の場合がほとんどである。

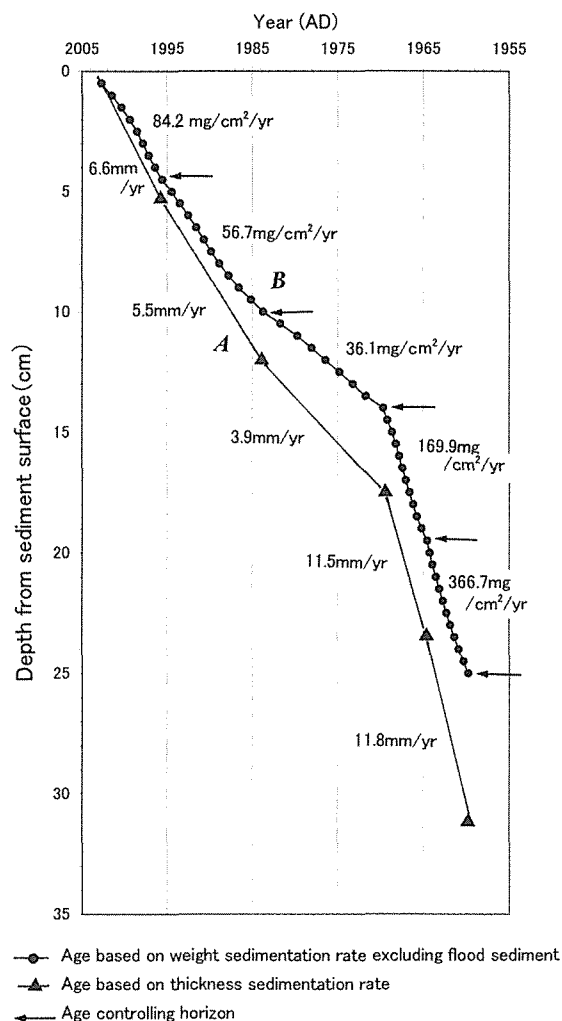
前述のように、1983年時点の湖底面は、1983年4月の柱状試料との比較から2003年12月の柱状試料の深度15cm以浅にあると推定される。このような年代の大枠のもとに、相対的に密度の高い層準と大きな洪水(Aランクの豪雨)との対応関係を検討すると、深度5.5cmの見かけ密度ピークが1995年7月11～12日、深度11.5cmのピークが1983年9月27～28日、深度17cmのピークは1969年9月6～11日、深度23.5cmのピークが1964年7月7～9日、深度30.5cm付近の幅広いピークが1961年から1959年の3つの豪雨に該当する可能性が高い。

以上のように見かけ密度のピークを大規模な豪雨に対応させると、5つの層準の年代が確定することとなり、その年代値を基に、堆積速度を求めることができる。第7図に相対的ピークの深度と年代値との関係を単純にとった場合と(第7図 Line A)、洪水堆積物の占める部分はごく短時間に堆積したとして考えて相対的高密度の洪水層を除外した上で、指標となる洪水層の間の重量堆積速度が一定として求めた深度と年代の関係(第7図 Line B)とを示した。これらの折れ線で表された堆積速

度は規則的な変遷を示しており、1950年から1970年にかけての大きい堆積速度の時期、1970年から1980年代初めの遅い堆積速度の時期、1983年以降のやや大きい堆積速度の時期という変遷を読み取ることができる。このような堆積速度の大きな変化の原因を特定することは現段階では困難であるが、降水量や洪水の発生頻度、流域における開発などの時代的变化を反映している可能性が高い。

議論とまとめ

このように決定した堆積物の年代と堆積速度を恵ほか(1988)による放射性元素を用いた堆積速度の検討結



第7図 2003年12月に佐竹式柱状採泥器で採取された柱状試料における深度-年代関係

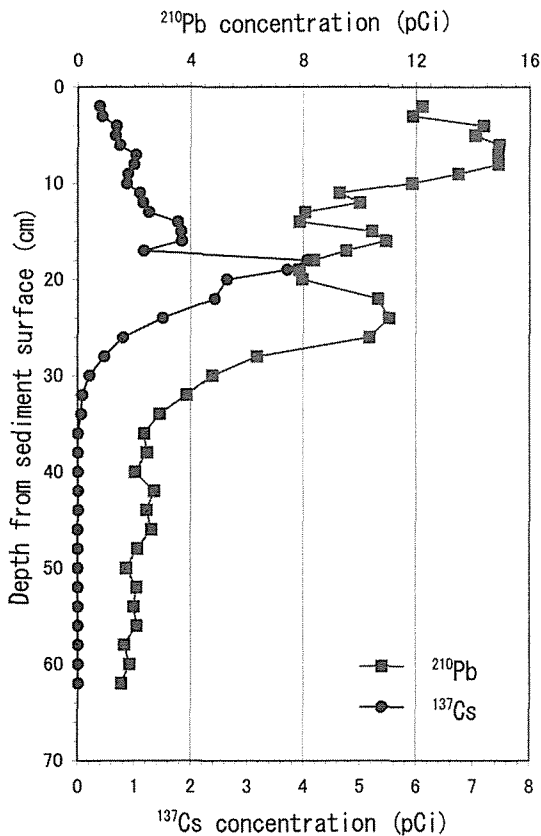
A: 洪水の高密度層を含んだ深度と年代の関係(層厚堆積速度)、
B: 基準点間の重量堆積速度が一定とし、かつ洪水の高密度層を除外した場合の深度-年代の関係(重量堆積速度)

果と比較してみる。恵ほか (1988) は1984年11月に採取した柱状試料に対して γ 線スペクトル解析を行い、第8図に示したような ^{137}Cs と ^{210}Pb の深度変化を明らかにしている。この ^{137}Cs のピーク位置(深度17cm)を原水爆実験に起因する ^{137}Cs のフォールアウトのピーク時(1963年)とすると、1963年~84年の間の平均堆積速度は0.81cm/yearとなる。第7図に示した洪水堆積物を除外しない深度-年代関係(Line A)に基づいて同じ時期(1964年~1983年)の平均堆積速度を求めると0.61cm/yearとなる。後者がすでに10cm以上の深度まで埋積されて、圧密作用を受けていることを考えると、両者の堆積速度に大きな差はないといえる。

また、前述のような推定年代を、例えば、Ogura (2001) が報告した1997年に採取した長さ22cmの柱状試料に単純に当てはめ、PCBsとDDTsの深度変化を年代に置き換えて、次のように解釈することができる。PCBは国内では1954年から生産が始まり、1974年に製造と使用が禁止された人造物質である。木崎湖の堆積物からPCBsが確認されはじめるのが1972年頃からとなり、1987年頃にピークを迎えることになる。戦後に使われ始めたDDTsも1967年頃から検出され始め、72年頃

から94年頃まで高濃度が持続する。これらの年代はそれぞれの物質の生産高の変動から見れば10年以上の遅れがあるようにも見えるが、単純な置き換えに由来する年代の誤差や工業の発達が比較的遅れた大町地域と他地域とのずれなどを考慮すると、十分に意味のある解釈と考えられる。なお、DDTsにはいくつかの高濃度のピークが認められるが、それが洪水によって運び込まれた陸源の碎屑物が多い層準(密度ピーク)にあたっているとすれば、土壌に蓄積されていたDDTsが洪水によって湖底へ運び込まれたと考えることで合理的に説明できる。

以上のような検証結果も、第7図に示した深度-年代関係の妥当性を支持している。木崎湖における堆積物の年代を精密に決めた最終的な基準は見かけ密度のピークと洪水年代との対比であるが、その対比の合理性をより明確にするために1983年に採取され、研究された柱状試料との比較を丁寧に行った。そのため、多少複雑な論理構成になったが、要は見かけ密度である。見かけ密度のような簡単に測定できるものを共通の指標として、それと併せて各種の分析を行うことの重要性をあらためて指摘しておきたい。木崎湖のように、見かけ密度と気象記録との照合だけでも堆積物の年代が精密に決められる場合もあり、一層有効な役割を果たすことができる。



第8図 1984年に採取された柱状試料における ^{137}Cs と ^{210}Pb 濃度の深度変化(恵ほか、1988)

謝辞：本論文の執筆にあたっては、林秀剛信大名誉教授が保管していた飛沢 浩氏の卒業研究の資料(柱状試料の含水率)および恵 和子博士ほかの γ スペクトロメトリ分析値を利用させていただいた。2003年12月に採取した柱状試料の解析においては、角田尚子氏の協力を得た。

文献

林 秀剛・飛沢 浩・清沢弘志、1987、木崎湖湖底堆積物中の珪藻殻。信大・環境科学論集、no.9, 64-68.
 Hibino, K., 1977, Palynological study on 12-meter core sample from Lake Kizaki in Nagano Prefecture. Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene, 4, 308-315.
 堀江正治・式正英・安川克巳編、1974、木崎湖堆積物研究の重要性-琵琶湖に対する Mesotrophy 湖として-。Contribution on the "Paleolimnology of Lake Biwa and the Japan-ese Pleistocene", 34, 14p.
 Horie, S., Yasukawa, K., Yamamoto, A., Yokoyama, T. and Hyodo, M., 1980, Paleolimnology of Lake Kizaki. Ardi. Hydrobol., 89, 407-415.
 飛沢 浩、1984MS、木崎湖湖底堆積物中の珪藻殻の垂直分布について。信大・理、卒論、19p.

- 井内美郎、1987、音探堆積速度算定法－音波探査で求めた琵琶湖の堆積速度－。地球科学、41, 231-241.
- Kanamaru, K., 2002MS, Total organic carbon and nitrogen contents in Lake sediment as paleoclimate proxies – case studies of Lake Kizaki and Lake Nojiri – . Master thesis, Shinshu Univ., 125p.
- Kiyosawa, H., Hayashi, H. and Murakami, T., 2001, 18-c Diatoms. In Saijo, Y. and Hayashi, H.(eds.), 2001, Lake Kizaki: Limnology and ecology of a Japanese lake. 118-122, Backhuys Pub.
- Kumon, F., 2001, 5 Paleolimnological studies. In Saijo, Y. and Hayashi, H.(eds.), 2001, Lake Kizaki: Limnology and ecology of a Japanese lake. 55-62, Backhuys Pub.
- Megumi, K. and Oka, T., 1981, A relationship between ²¹⁰Pb concentration, Mn concentration and particle surface area in sediment cores. Annual Reports, Radiation Center, Osaka Pref., 22, 9-12.
- 恵 和子・佐野景代・土居雅広・岡 喬・木村捷二郎・石山稔雄・西村弥重、1988、湖底堆積物中のバックグラウンド放射性核種の分布と鉱物組成。日本放射線影響学会31回大会（広島）、講演要旨。
- Nishimura, M., 2001, 8-c Lipid compounds in sediments. In Saijo, Y. and Hayashi, H.(eds.), 2001, Lake Kizaki: Limnology and ecology of a Japanese lake. 109-117, Backhuys Pub.
- 仁科三湖環境保全対策専門委員会、1983、仁科三湖の環境保全をめざして。仁科三湖環境保全対策専門委員会報告、157p.
- 野尻湖珪藻グループ、1980、野尻湖層の珪藻遺骸群集。地質学論集、no.19, 75-100.
- Ogura, K., 2001, 8-d. Artificial compounds in sediments. In Saijo, Y. and Hayashi, H.(eds.), 2001, Lake Kizaki: Limnology and ecology of a Japanese lake. 118-122, Backhuys Pub.
- 西条八東、1956a、湖沼における物質代謝の化学的研究（第1報）－木崎湖、中綱湖、青木湖の化学的環境。日本化学雑誌、77、917-923.
- 西条八東、1956b、湖沼における物質代謝の化学的研究（第4報）－木崎湖、中綱湖、青木湖の沈殿現象に関する二、三の考察。日本化学雑誌、77、930-936.
- Saijo, Y. and Hayashi, H.(eds.), 2001, Lake Kizaki: Limnology and ecology of a Japanese lake. Backhuys Pub., 427p.
- Sturm, M. and Matter, A., 1978, Turbidites and varves in Lake Brienz (Switzerland):deposition of clastic detritus by density currents. Spec. Publ. Int. Ass. Sedimentologists, no.2, 147-168.

〈Abstract〉

The cored sediment from Lake Kizaki has several peaks on the apparent density profiles in common. The cored sediment taken from the center of Lake Kizaki on December 11, 2003, was measured its apparent density and diatom composition. Comparison between the cored sediments taken in AD 1983 and 2003 enable us to estimate roughly the age of the cored sediment in AD 2003. Flood impact to Lake Kizaki can be also evaluated on the basis of continuous precipitation amount and increasing rate of water level. Large floods are correspond well with peaks on the density profile of the cored sediment in AD 2003, and can mark the dates in the cored sediment. Sedimentation rate based on the flood dates are concordant with that measured by ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb concentration. Apparent density is easy to measure, and is useful as a common indicator of sediment horizon in the same lake.