

ネパールにおける山岳湖の堆積速度と堆積環境

金井 豊¹ 井内美郎² 徳岡隆夫³

Yutaka KANAI, Yoshio INOCHI and Takao TOKUOKA (2000) Sedimentation rate and environment of mountain lakes in Nepal. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 51(5), p. 175-187, 14 figs., 8 tables.

Abstract: Radionuclides distribution and chemical composition in two cores, B-1 and R-2, from lakes in Nepal were studied and their sedimentation rates were determined in order to elucidate the sedimentary environment in mountain lakes. Several different sediments, assumed to be flood deposits, were observed in the cores. The average sedimentation rate calculated from the cores excluding flood deposits were about 1-3 mm/y, which is smaller than those of Lakes Suwa and Shinji in Japan. This fact suggests that the sediments were transported from small rivers in the high mountains. In this study, the calculated ages of the flood events are the 1980's, about 1960 and about 1890. These results provide the possible estimation of the paleoenvironmental events without past information. Both Pb-210 and Cs-137 are thought to be derived from aerosol and dissolved suspended matters, and their inventories in Nepal lakes were in good correlation. These relationships resemble to those of Lake Suwa or Lake Shinji in Japan rather than those of Chinese inland lakes. From the variation of chemical compositions, several hinterlands were assumed to provide the lake sediments in this study.

要 旨

ネパールにおける山岳地域の二つのコア (B-1, R-2) の放射性核種の分布と化学組成とを調べ、平均堆積速度や堆積環境について予想的に検討した。コアの数箇所において洪水堆積物と推定される異種堆積物の混入が見られており、この洪水堆積物層を除いて平均堆積速度を算出すると、1-2 mm/y (B-1), 2-3 mm/y (R-2) という値が得られた。いずれも山岳地域の小さな河川によって堆積物が供給されており、日本の諏訪湖や宍道湖における堆積速度よりも小さいことが明らかとなった。推定された堆積速度から堆積年代を計算し洪水が起こった年代を推定すると、1980年代、1960年頃、1890年頃に起きた可能性が高い。この手法は記録のない古環境を推定する上で有用である。過剰鉛-210もセシウム-137も大気浮遊塵や水中の懸濁粒子に由来しているのでお互いのインベントリーに相関関係が見られ、この両者の関係は中国の内陸湖よりも日本の諏訪湖や宍道湖等の湖沼に類似していることが明らかとなった。また、化学組成の結果から幾つか異なる後背地の堆積物が供給されていると推定された。

1. はじめに

筆者らは、国内の湖沼ならびに沿岸域における底質の堆積速度と堆積環境の調査をしてきた (例えば、金井ほか, 1995; 1997; 1998a; 金井・池原, 1995)。また、大河と広大な後背地を有する中国の湖沼堆積物についても報告してきた (金井ほか, 1998b)。今回、著者らはこれらと対比可能な山岳地帯のネパールにおいて2箇所湖底堆積物を採取することができた。ネパールはヒマラヤ山脈を主とする山岳地帯にあり、そこでの湖沼の堆積環境は日本と異なることが推測され、非常に興味深いと考えられる。本研究では、前報と同様に湖沼堆積物のコアについて鉛-210 およびセシウム-137 放射能強度の分布を測定して堆積速度の算出を行い、併せてその化学組成について測定したのでその結果について報告する。なお、当地域の詳細な堆積環境についての考察は、別途報告される予定である。

2. 試料および分析方法

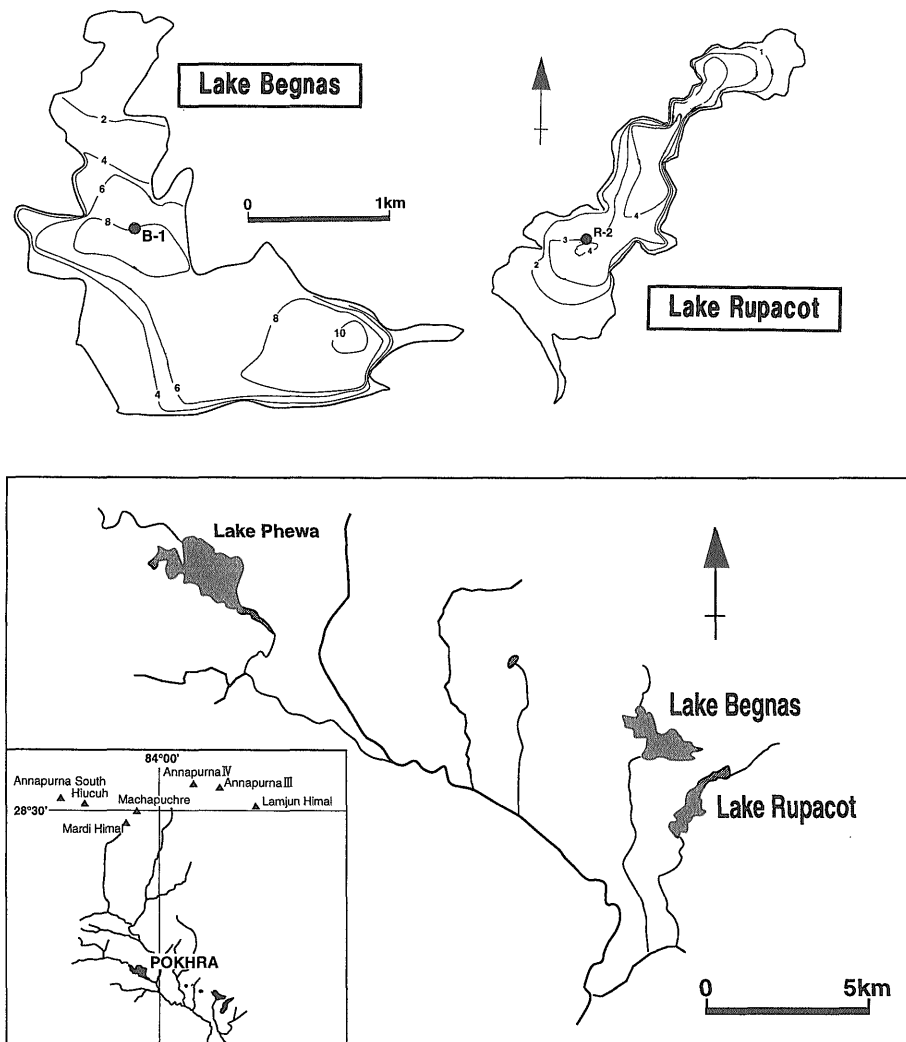
研究対象とした試料は、ネパールの首都カトマンズから北西に位置するポカラのすぐそばにある Begnas 湖および Rupacot 湖の底質コアで、1994年に採取された(第1図)。Begnas 湖は一辺 2-3 km の L 字型をしており、最大水深が約 10 m 程度である。測定用コアは北方の

¹ 地質調査所地殻化学部 (Geochemistry Department, Geological Survey of Japan, 1-3, Higashi 1-chome, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan)

² 愛媛大学理学部 (Faculty of Science, Ehime University, Bunkyo-cho 2-5, Matsuyama, Ehime 790-0826, Japan)

³ 島根大学総合理工学部 (Faculty of Science and Engineering, Shimane University, Nishikawatsu-cho 1060, Matsue, Shimane 690-0823, Japan)

Keywords: cesium-137, lead-210, sedimentation rate, chemical composition, Nepal lake



第1図 試料採取地点
Fig. 1 Location of cores B-1 and R-2.

B-1 地点で採取されたもので、全長約 51 cm のうち上部約 40 cm を用いた。一方、Rupacot 湖は長軸が 3 km 弱の細長い湖で最大水深は Begnas 湖よりも浅く約 4 m 程度である。測定用コアは南よりの R-2 地点で採取したもので、全長約 92 cm のうち約 60 cm を測定に用いた。以下においては地点名でコアを区別することにする。

採取したコアは 1 cm 間隔に分割され、乾燥した後微粉碎した。ナルゲン社製スクリーキャップ付き遠沈管に粉末試料 2 g を封入し、約 1 か月間密封静置して Ra-226, Rn-222, Pb-214 の核種間で放射平衡になるのを待ち、Pb-210, Pb-214, Cs-137, K-40 等の放射能を測定した(金井ほか, 1995, 1997)。

放射能の測定装置には、検出部に低バックグラウンド仕様の米国 ORTEC 社製井戸型ゲルマニウム半導体検出器 (GWL-140230-S 及び GWL-120230-S) を用い、

データ収集はコンピュータ制御された SEIKO EG & G 社製スペクトラムマスター 92X で行った。測定時間は試料によって異なるがおおよそ 1-4 日間である。各核種の放射能強度の算出には、46.5 keV (Pb-210), 352 keV (Pb-214), 661.6 keV (Cs-137), 1461 keV (K-40) の γ 線を使用した。試料の形状によって各ピークの検出効率率が変化するので、それぞれのピーク強度に試料厚みによる補正を行った(金井, 1993)。

化学分析は、粉末試料を硝酸・過塩素酸・フッ化水素酸で分解乾燥後塩酸に溶解し、誘導結合プラズマ発光分析法 (ICP) で Al_2O_3 , TiO_2 , 全 Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , P_2O_5 , Zn , Co , Ni , Cr , V , Cu , Sr , Ba 等を、原子吸光法 (AAS) で Na_2O , K_2O を定量した。また、コアは軟 X 線写真で堆積構造の解析を行い、別に分割した試料中の含水比を測定した。なお、ここでいう含水比 (water content) は、乾燥重量に対する水分量の割合を

百分率で示したものである。

鉛-210 放射能変化から堆積速度を算出する方法は、ウラン系列のラジウム-226 の壊変によって生じたラドン-222（気体）が大気中に拡散し、それから生じた鉛-210 が堆積物と共に埋積しその後は固有の半減期（22.3年）で減少していくことに基づいている。鉛-210 法の詳細については、金井ほか（1995, 1998b）や金井（2000）に詳しいので、そちらを参照願いたい。

3. 結果と考察

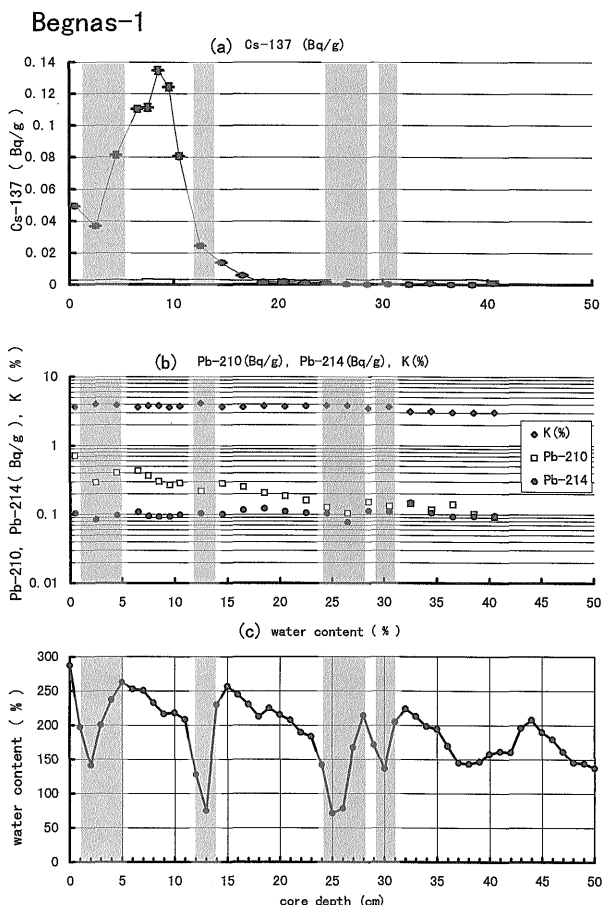
3.1 Begnas 湖 (B-1)

B-1 のコアにおける放射能測定結果を第1表および第2図(a)(b)に示した。第2図(c)にはコアの含水比変化も示した。含水比は数箇所では急激な低下をみせており、軟X線写真による堆積構造の観察でも約1-5 cm, 12-14 cm, 24-28 cm, 29-31 cmあたりに密度の異なる異種層の混入が観察され、これらは洪水堆積物と推定されている。鉛-210 から鉛-214 の放射能を差し引いた過剰鉛-210 の対数値を第3図(a)(b)に示した。図の傾きから平均堆積速度を算出するのであるが、それぞれ横軸にはコア深度（単位：cm）と積算質量（単位：g/cm²）で表示してある。多少の変動はあるが深度とともに減少する傾向にある。第2図及び第3図で影になっている

ところは、異種の堆積物の混入が推定されている箇所では、過剰鉛-214 も不連続な変化となっている。そこで、第4図(c)の含水比の変化図で異種堆積物が混入したと推定される部分を除いて、新たに横軸を縮めて(b)のような含水比の変化図を作成した。図の白丸は除かれたデータを示している。同様に放射能の変化についても横軸を縮めると、第4図(a)並びに第5図のようになった。第5図(b), (c)では6-8 cmあたりは幾分なだらかであるが、第3図(a), (b)ほどのでこぼこはない。この図から求めた洪水のない安定期における平均堆積速度は、全試料を用いて計算すると0.23 cm/y (0.089 g/cm²/y) となり、上位23 cmまでの試料では0.21 cm/y (0.080 g/cm²/y), 6 cmまでの表層部では0.13 cm/y (0.043 g/cm²/y) となった。表層部では幾分堆積速度が遅い。一方、セシウム-137 から求めると0.13-0.16 cm/y (0.043-0.054 g/cm²/y) となり、これは放射能強度が最大となる5 cmまでの平均堆積速度であり、表層部試料から算出した鉛-210 法による平均堆積速度に近い。年1-2 mm という堆積速度は、国内における琵琶湖（例えば、0.6 mm/y：井内ほか、1987, 1-2 mm/y：松本、1975）、野尻湖（0.2 mm/y：塚田、1967）、水月湖（1.1 mm/y：Matsuyama, 1974）、霞ヶ浦（0-4.1 mm/y：井内ほか、1983）等の堆積速度に近いが、まわりを山に囲まれた盆地に位置する諏訪湖（例えば、7-14 mm/

第1表 B-1 コアにおける Pb-210, Pb-214, Cs-137 および K-40 の放射能強度
Table 1 Radioactivities of Pb-210, Pb-214, Cs-137 and K-40 in core B-1.

depth (cm)	Pb-210		Pb-214		Cs-137		K	
	(Bq/g)	±σ	(Bq/g)	±σ	(Bq/g)	±σ	(Bq/g)	±σ
0 - 1	0.704	0.014	0.103	0.002	0.0493	0.0014	1.130	0.019
2 - 3	0.289	0.011	0.083	0.002	0.0368	0.0014	1.240	0.022
4 - 5	0.400	0.015	0.096	0.002	0.0813	0.0019	1.203	0.023
6 - 7	0.428	0.014	0.109	0.002	0.1105	0.0018	1.127	0.020
7 - 8	0.365	0.015	0.095	0.003	0.1113	0.0022	1.179	0.023
8 - 9	0.301	0.014	0.093	0.002	0.1347	0.0023	1.183	0.023
9 - 10	0.265	0.014	0.093	0.002	0.1242	0.0022	1.118	0.023
10 - 11	0.283	0.014	0.099	0.002	0.0806	0.0018	1.162	0.022
12 - 13	0.217	0.012	0.103	0.002	0.0243	0.0014	1.268	0.024
14 - 15	0.282	0.014	0.100	0.002	0.0137	0.0012	1.136	0.022
16 - 17	0.251	0.012	0.116	0.002	0.0056	0.0009	1.125	0.019
18 - 19	0.206	0.013	0.121	0.002	0.0016	0.0010	1.171	0.020
20 - 21	0.185	0.013	0.111	0.002	0.0018	0.0010	1.143	0.021
22 - 23	0.161	0.012	0.106	0.002	0.0014	0.0009	1.171	0.019
24 - 25	0.126	0.011	0.103	0.002	0.0015	0.0010	1.183	0.022
26 - 27	0.103	0.011	0.077	0.002	0.0001	0.0010	1.180	0.024
28 - 29	0.151	0.012	0.112	0.002	0.0000	0.0009	1.067	0.019
30 - 31	0.132	0.014	0.109	0.002	0.0000	0.0010	1.127	0.022
32 - 33	0.143	0.014	0.147	0.007	0.0000	0.0011	0.960	0.022
34 - 35	0.117	0.012	0.105	0.002	0.0007	0.0009	0.975	0.019
36 - 37	0.139	0.011	0.093	0.002	0.0000	0.0010	0.940	0.020
38 - 39	0.102	0.013	0.094	0.002	0.0000	0.0011	0.934	0.021
40 - 41	0.092	0.012	0.096	0.002	0.0010	0.0009	0.950	0.019



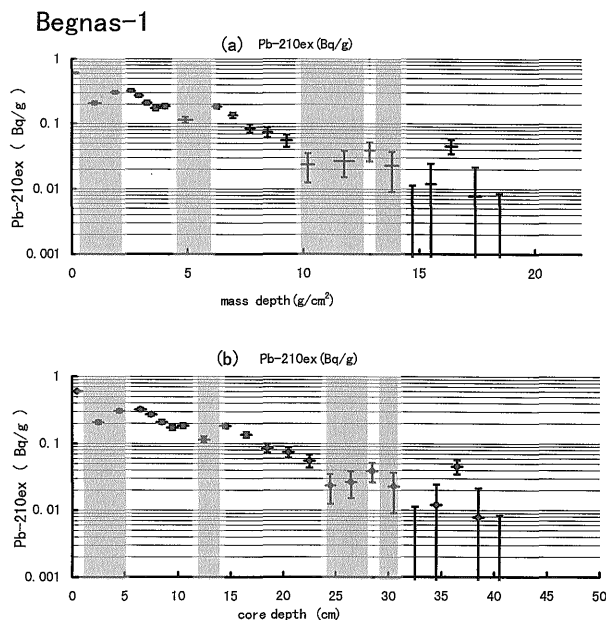
第2図 B-1 コアにおける放射能強度変化と含水比 (a)セシウム-137, (b)カリウム(%), 鉛-210, 鉛-214, (c)含水比 網目部分は洪水堆積物相当部分(以下同様)

Fig. 2 Variations of radioactivities and water content in core B-1.

(a) Cs-137, (b) K(%), Pb-210, Pb-214, (c) water content Shaded areas indicate flood sediments (as well as Figs. 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11).

y: 金井ほか, 1995) や海沿いの宍道湖(例えば, 0.2-6 mm/y: 金井ほか, 1998a), 浜名湖(1.6-4.8 mm/y: 池谷ほか, 1987) 等の湖と比べると小さな堆積速度となっている。このようにネパールの Begnas 湖では堆積速度が遅く, 山岳地帯を流れる小さな河川による堆積物の供給量は少ないことが判明した。しかし, 洪水によると考えられる堆積物が時々介入して堆積するために, 異種堆積物を含んだ見かけの堆積速度(0.26-0.33 cm/y (0.10-0.15 g/cm²/y))はこの2倍近くになっている(第2表参照)。

B-1 コアにおける化学組成を第3表に, また代表的な幾つかの組成についての変化を第6図に示した。化学組成はかなり変動が見られる。含水比の大きく変化したコアの部分を影付きで示してあるが, その箇所での



第3図 B-1 コアにおける過剰鉛-210の変化。(a)は横軸に積算質量, (b)はコアの深度をとってある。

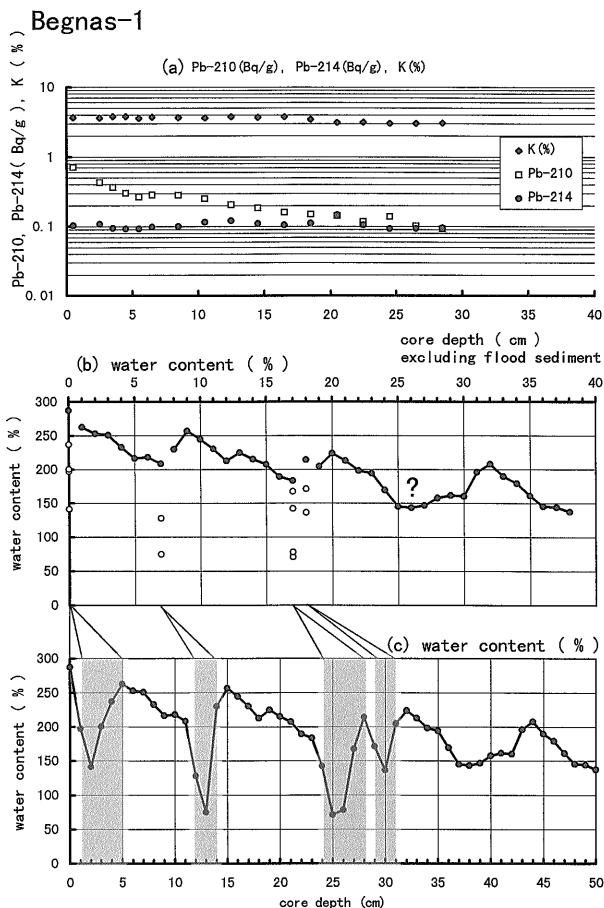
Fig. 3 Variation of excess Pb-210 (Pb-210ex) in core B-1. Abscissa of (a) is cumulative mass depth and (b) is core depth.

Al₂O₃ や K₂O, Ba 等が増大していることがわかる。また, Al₂O₃ は 30 cm 以深では減少傾向にあるものの, 20 cm, 40 cm を越えたあたりでも増大している。逆に, Na₂O や CaO では 30 cm 以深での増加傾向が見られる。これらの化学組成の変化からコアを検討すると, 43 cm 以深, 43-40 cm, 40-31 cm, 31-29 cm (洪水堆積物), 29-28 cm, 28-24 cm (洪水堆積物), 24-20 cm, 20-14 cm, 14-12 cm (洪水堆積物), 12-5 cm, 5-1 cm (洪水堆積物), 1-0 cm と分割されるかも知れない。このうち, 20 cm の境界が含水比によらない化学組成変化によるものである。ここでどのような地質学的イベントが起こったのかは不明で, それについては他の情報との総合的解析によらねばならない。

堆積物の化学組成における元素間の相関関係を第4表に示した。TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, K₂O, Ni, Cr, V, Ba がお互いに高い相関関係を示し, 一方, CaO, Na₂O, Sr はそれとは異なる別のグループとなっており, これらは深部で含有量が多くなる傾向が認められた組成元素である。堆積の安定期と洪水期の堆積物の組成に相違が認められていたが, この相違も化学組成の相関関係に反映されてグループを形成しているのであろう。

3.2 Rupacot 湖 (R-2)

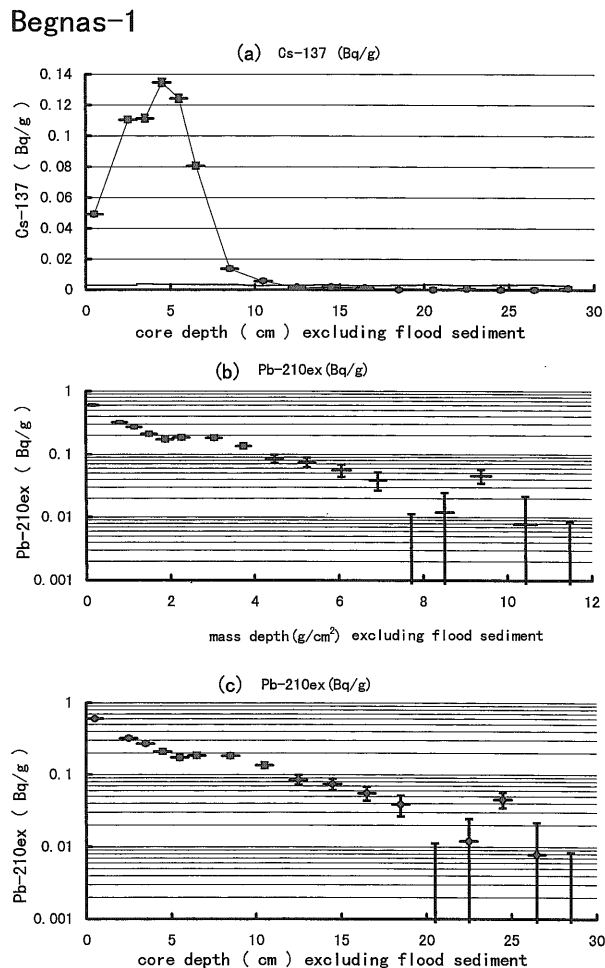
R-2 のコアにおける放射能測定結果を第5表および第7図(a)(b)に示した。第7図(c)にはコアの含水比変



第4図 B-1 コアにおける安定期における放射能強度変化 (a)カリウム, 鉛-210, 鉛-214, (b)含水比, (c)全長の含水比
 Fig. 4 Variations of radioactivities in core B-1 during stable sedimentary environment. (a) K, Pb-210, Pb-214, (b) water content, (c) water content of full length

化も示したが、Begnas 湖と同様に含水比は数カ所で急激な低下をみせた。これらの含水比低下をもたらした洪水堆積物の層は B-1 コアよりも多く、約 3-6 cm, 12-18 cm, 30-32 cm, 36-37 cm, 38-41 cm, 46-49 cm, 52-54 cm, 59-61 cm, 62-63 cm 付近にみられている。過剰鉛-210 の対数値の変化を第 8 図(a)(b)に示した。多少の変動をしながら全体に減少傾向にある。第 7 図及び第 8 図で影をつけたところは、上記の異種堆積物の混入が推定されている箇所、過剰鉛-210 も不連続な変化となっている。そこで、B-1 コアと同様にその部分を除いて、新たに横軸を縮めて放射能の変化を示したものが、第 9-10 図である。

この分布図から鉛-210 法によって求めた安定期における平均堆積速度は、全試料を用いて計算すると 0.53 cm/y (0.13 g/cm²/y) となり、上位 19 cm までの試料



第5図 B-1 コアにおける安定期におけるセシウム-137 及び過剰鉛-210 の変化
 Fig. 5 Variations of Cs-137 and excess Pb-210 (Pb-210ex) in core B-1 during stable sedimentary environment.

では 0.30 cm/y (0.082 g/cm²/y, 9 cm までの表層部では 0.24 cm/y (0.070 g/cm²/y) となった。このように表層部では幾分堆積速度が遅い。一方、セシウム-137 から求めると 0.23-0.26 cm/y (0.063-0.073 g/cm²/y) となり、表層部での鉛-210 法による平均堆積速度に近く妥当な結果である (第 2 表参照)。年 2-3 mm という平均堆積速度は、Begnas 湖と比べると幾分大きめである。現在まで堆積が盛んであったことを考えると、Rupacot 湖の水深が Begnas 湖と比べて浅いことと矛盾しない結果となっている。また、深部の試料データを計算に含むほど鉛-210 法による見かけの堆積速度が大きくなっていくことから、最近堆積速度が減少したか、もしくは今回除いた洪水堆積物のほかにも肉眼で確認できないような小さな洪水堆積物が介在している可能性が考えられる。なお、全試料を用いたセシウム-137 による見かけの堆積速度は 0.32-0.36 cm/y (0.10-0.11 g/cm²

第2表 ネパールのB-1コア及びR-2コアにおける堆積速度
Table 2 Sedimentation rates at cores B-1 and R-2 in Nepal.

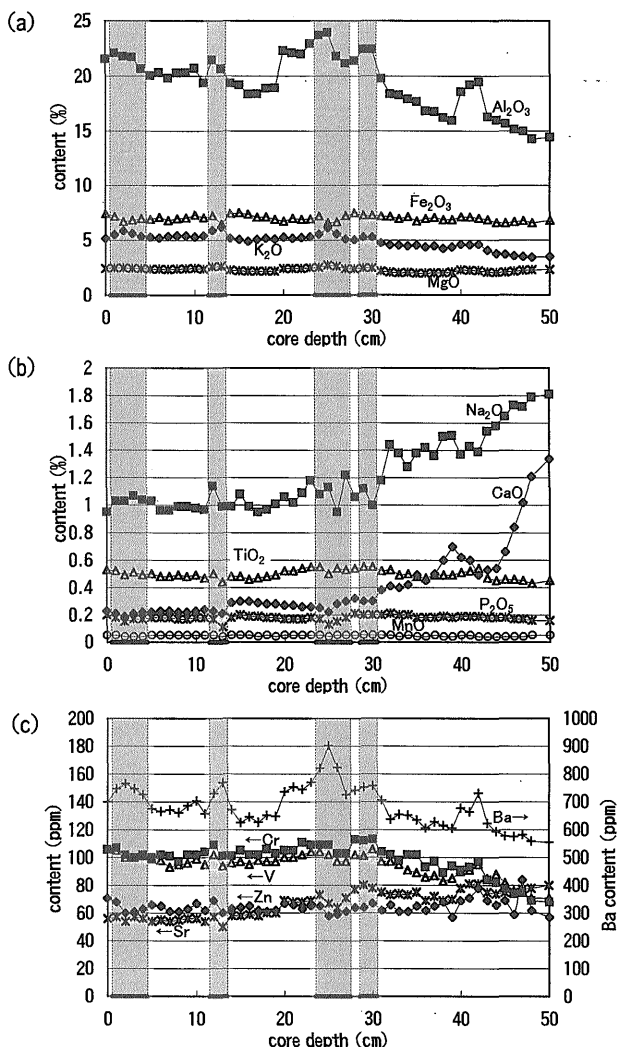
core	nuclide used for calculation		sedimentation rate	
			g/cm ² /y	cm/y
Begnas-1	(A)	Cs-137	0.099-0.11	0.26-0.29
		Pb-210	0.15	0.33
	(B)	Cs-137	0.043-0.054	0.13-0.16
		Pb-210 6cm(n=5)	0.043	0.13
		Pb-210 23cm(n=14)	0.080	0.21
	Pb-210 29cm(n=17)	0.089	0.23	
Rupacot-2	(A)	Cs-137	0.097-0.11	0.32-0.36
		Cs-137	0.063-0.073	0.23-0.26
	(B)	Pb-210 9cm(n=9)	0.070	0.24
		Pb-210 19cm(n=19)	0.082	0.30
		Pb-210 36cm(n=29)	0.132	0.53

(A): all samples
(B): excluding flood sediments

第3表 B-1コアにおける化学組成
Table 3 Chemical composition of core B-1.

core depth (cm)	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Zn	Pb	Co	Ni	Cr	V	Cu	Sr	Ba
	%									ppm								
0-1	0.53	21.55	7.43	0.05	2.44	0.23	0.95	5.19	0.20	71	17	20	46	106	106	73	56	700
1-2	0.52	22.06	7.17	0.05	2.50	0.21	1.03	5.50	0.18	68	66	12	44	107	105	61	57	747
2-3	0.49	21.77	6.69	0.04	2.48	0.19	1.03	5.83	0.15	60	32	17	36	102	100	41	54	766
3-4	0.51	21.71	6.81	0.04	2.44	0.21	1.07	5.60	0.17	61	35	22	49	100	100	35	57	747
4-5	0.49	20.63	6.97	0.04	2.43	0.22	1.04	5.34	0.17	63	-	21	49	102	101	60	56	725
5-6	0.50	20.04	6.89	0.05	2.38	0.22	1.03	5.26	0.18	66	39	23	52	100	99	42	54	675
6-7	0.48	20.29	7.09	0.05	2.37	0.23	0.96	5.22	0.18	65	52	21	49	102	98	63	55	666
7-8	0.48	19.79	6.80	0.05	2.34	0.23	0.96	5.33	0.18	61	47	18	45	101	93	40	54	671
8-9	0.49	20.25	6.94	0.05	2.39	0.22	0.99	5.40	0.17	61	70	24	44	97	95	34	55	661
9-10	0.48	20.30	7.02	0.05	2.41	0.22	0.99	5.40	0.17	63	71	18	48	102	96	75	56	686
10-11	0.49	20.71	7.29	0.05	2.45	0.23	0.98	5.32	0.18	67	55	23	52	102	99	39	56	703
11-12	0.47	19.34	7.07	0.05	2.37	0.24	0.97	5.42	0.18	62	26	12	54	104	95	35	54	658
12-13	0.50	21.44	7.22	0.05	2.58	0.23	1.14	5.89	0.17	69	14	21	54	109	102	35	57	729
13-14	0.44	20.64	6.46	0.04	2.63	0.21	0.99	6.19	0.11	60	49	15	37	101	94	54	50	768
14-15	0.48	19.33	7.41	0.05	2.30	0.29	0.99	5.18	0.18	63	53	29	54	101	96	44	58	671
15-16	0.48	19.14	7.50	0.05	2.21	0.30	1.08	5.06	0.20	64	63	22	51	105	97	38	58	625
16-17	0.46	18.32	7.35	0.05	2.17	0.30	0.99	4.92	0.19	65	29	17	46	102	95	45	59	645
17-18	0.47	18.36	7.10	0.04	2.17	0.29	0.95	5.08	0.19	62	61	23	50	102	98	35	58	627
18-19	0.48	18.85	7.13	0.05	2.20	0.28	0.97	5.18	0.18	61	38	24	49	106	97	39	60	652
19-20	0.49	18.90	6.89	0.04	2.19	0.28	1.01	5.12	0.18	62	56	24	50	103	97	62	60	648
20-21	0.52	22.27	6.71	0.05	2.42	0.27	1.06	5.26	0.17	67	47	29	53	105	100	42	69	736
21-22	0.52	22.06	7.00	0.05	2.41	0.27	1.02	5.17	0.17	66	33	27	51	105	100	44	68	753
22-23	0.54	21.96	6.89	0.05	2.42	0.26	1.09	5.25	0.17	63	-	27	53	111	102	48	68	744
23-24	0.55	22.91	6.91	0.05	2.48	0.26	1.18	5.30	0.18	65	34	26	57	109	104	51	69	770
24-25	0.55	23.70	7.20	0.05	2.53	0.25	1.08	5.55	0.17	65	14	17	34	109	104	45	73	820
25-26	0.50	23.93	6.60	0.04	2.73	0.22	1.13	6.11	0.13	58	10	22	45	109	102	34	67	901
26-27	0.54	21.76	6.64	0.05	2.63	0.28	0.95	5.57	0.15	59	20	17	53	103	97	35	64	823
27-28	0.53	21.14	7.23	0.05	2.39	0.30	1.22	5.10	0.18	61	39	22	57	103	97	42	71	725
28-29	0.54	21.38	7.48	0.05	2.38	0.32	1.06	5.04	0.21	64	18	30	61	113	102	49	77	742
29-30	0.55	22.40	7.27	0.05	2.45	0.30	1.12	5.26	0.20	64	-	22	54	112	101	54	80	752
30-31	0.55	22.41	7.25	0.05	2.45	0.30	1.00	5.26	0.20	67	29	21	56	113	106	38	78	758
31-32	0.52	19.75	7.20	0.05	2.19	0.38	1.18	4.73	0.20	62	41	31	55	104	97	43	75	705
32-33	0.53	18.33	7.15	0.05	2.09	0.41	1.44	4.58	0.21	66	36	31	46	102	97	44	73	638
33-34	0.49	18.26	6.95	0.04	2.02	0.40	1.38	4.55	0.20	61	4	23	44	98	95	37	74	655
34-35	0.50	17.86	7.12	0.05	2.06	0.42	1.28	4.48	0.20	61	28	30	57	102	91	44	73	652
35-36	0.48	17.64	6.72	0.04	1.97	0.49	1.38	4.55	0.18	65	36	9	57	102	89	43	75	635
36-37	0.47	16.81	6.94	0.04	1.98	0.45	1.42	4.38	0.18	62	7	32	57	93	86	36	69	606
37-38	0.49	16.72	7.04	0.05	2.01	0.50	1.36	4.48	0.18	65	5	3	49	97	87	39	72	628
38-39	0.49	16.21	6.84	0.04	2.03	0.60	1.50	4.22	0.19	68	18	11	54	89	83	35	69	615
39-40	0.49	15.93	6.87	0.04	2.09	0.70	1.51	4.36	0.18	57	14	28	46	94	85	11	70	605
40-41	0.51	18.56	7.12	0.05	2.30	0.62	1.37	4.60	0.19	69	24	25	44	91	90	42	78	677
41-42	0.52	19.19	7.08	0.05	2.25	0.60	1.43	4.57	0.19	71	42	28	48	93	91	53	81	664
42-43	0.54	19.47	7.00	0.04	2.21	0.49	1.39	4.60	0.19	78	36	25	39	97	95	53	81	731
43-44	0.47	16.26	6.84	0.04	2.08	0.53	1.54	4.05	0.18	69	4	24	35	84	85	43	75	623
44-45	0.45	15.96	6.57	0.04	2.05	0.54	1.58	3.76	0.18	66	50	23	33	82	88	48	74	593
45-46	0.46	15.66	6.56	0.04	2.07	0.66	1.65	3.68	0.18	69	32	22	36	78	82	39	75	577
46-47	0.46	15.13	6.64	0.04	2.14	0.84	1.73	3.57	0.17	59	41	27	43	74	76	33	75	575
47-48	0.45	14.96	6.75	0.04	2.26	1.02	1.72	3.51	0.17	84	27	21	40	75	75	44	77	582
48-49	0.43	14.25	6.54	0.05	2.29	1.21	1.79	3.42	0.16	62	49	23	34	69	71	30	78	559
49-50	0.45	14.41	6.79	0.05	2.33	1.34	1.81	3.48	0.16	57	12	16	34	68	71	31	80	555

- : not determined

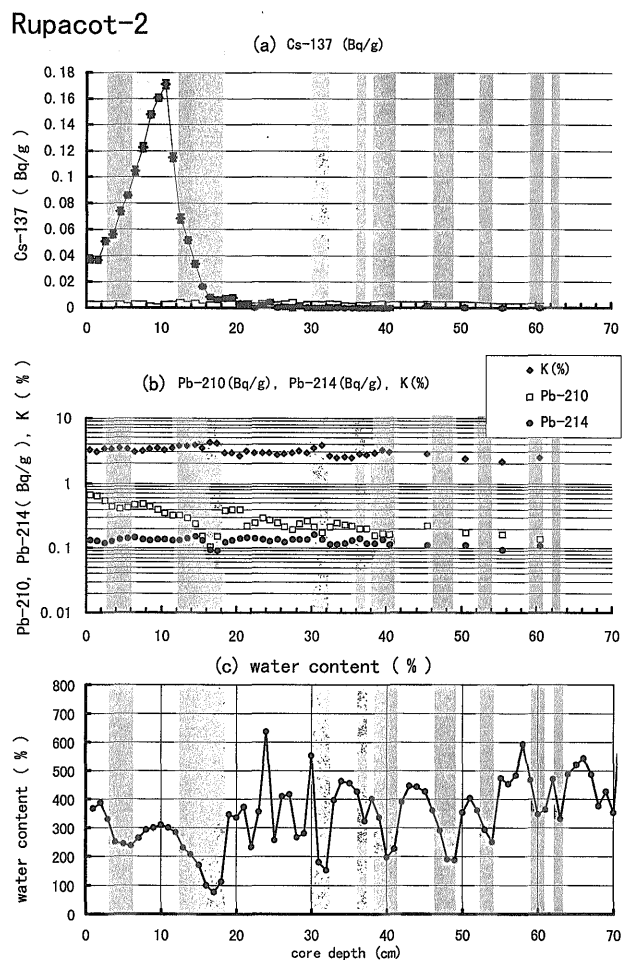


第6図 B-1 コアにおける化学組成変化
Fig. 6 Variation of chemical composition in core B-1.

第4表 B-1 コアにおける各元素間の相関係数表
Table 4 Correlation matrix among elements in core B-1.

	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Zn	Pb	Co	Ni	Cr	V	Cu	Sr	Ba
TiO ₂	1.00	0.72	0.44	0.39	0.36	-0.46	-0.38	0.43	0.35	0.13	-0.15	0.21	0.45	0.67	0.69	0.23	0.20	0.67
Al ₂ O ₃	++	1.00	0.31	0.35	0.78	-0.80	-0.79	0.89	-0.13	-0.08	0.13	0.03	0.36	0.85	0.92	0.36	-0.36	0.93
Fe ₂ O ₃	+		1.00	0.56	0.03	-0.36	-0.43	0.25	0.67	0.16	0.06	0.16	0.48	0.53	0.49	0.25	-0.09	0.11
MnO	+			1.00	0.33	-0.18	-0.37	0.25	0.27	-0.03	0.19	0.04	0.33	0.36	0.32	0.16	-0.07	0.18
MgO	+	++			1.00	-0.42	-0.56	0.73	-0.52	-0.11	0.14	-0.10	0.03	0.45	0.55	0.22	-0.39	0.79
CaO	-	--	-			1.00	0.90	-0.88	-0.02	0.14	-0.24	0.01	-0.45	-0.88	-0.90	-0.37	0.64	-0.66
Na ₂ O	-	--	-				1.00	-0.90	0.04	0.20	-0.34	0.08	-0.44	-0.85	-0.85	-0.36	0.72	-0.63
K ₂ O	+	++			++	--		1.00	-0.29	-0.24	0.20	-0.13	0.34	0.84	0.86	0.27	-0.66	0.82
P ₂ O ₅			+						1.00	0.29	-0.03	0.29	0.39	0.16	0.13	0.11	0.32	-0.31
Zn										1.00	-0.03	-0.01	-0.12	-0.13	-0.04	0.34	0.26	-0.10
Pb											1.00	0.09	0.02	0.09	0.17	0.35	-0.43	-0.07
Co												1.00	0.18	0.02	0.07	-0.07	0.25	-0.02
Ni	+	+	+		-	--			+				1.00	0.61	0.44	0.04	-0.11	0.23
Cr	+	++	+		+	--	--	++						1.00	0.93	0.31	-0.38	0.73
V	++	++	+		+	--	--	++					+	++	1.00	0.41	-0.44	0.78
Cu																1.00	-0.21	0.24
Sr						+	++	-									1.00	-0.21
Ba	+	++			++	-	-	++						++	++			1.00

n=50 r(1%)= 0.36 ++ / -- mean positive / negative correlation at 99% confidence



第7図 R-2 コアにおける放射能強度変化と含水比
(a)セシウム-137, (b)カリウム(%), 鉛-210, 鉛-214, (c)含水比
Fig. 7 Variations of radioactivities and water content in core R-2. (a) Cs-137, (b) K(%), Pb-210, Pb-214, (c) water content

第5表 R-2 コアにおける Pb-210, Pb-214, Cs-137 および K-40 の放射能強度
Table 5 Radioactivities of Pb-210, Pb-214, Cs-137 and K-40 in core R-2.

depth (cm)	Pb-210 (Bq/g)	±σ	Pb-214 (Bq/g)	±σ	Cs-137 (Bq/g)	±σ	K (Bq/g)	±σ
0 - 1	0.660	0.023	0.133	0.004	0.0371	0.0022	0.993	0.031
1 - 2	0.628	0.022	0.128	0.004	0.0368	0.0022	0.936	0.029
2 - 3	0.529	0.022	0.120	0.004	0.0510	0.0024	1.047	0.031
3 - 4	0.437	0.021	0.129	0.004	0.0562	0.0024	1.038	0.031
4 - 5	0.405	0.021	0.136	0.004	0.0737	0.0026	1.085	0.031
5 - 6	0.426	0.016	0.140	0.003	0.0857	0.0020	1.055	0.023
6 - 7	0.472	0.022	0.147	0.004	0.1046	0.0030	0.951	0.030
7 - 8	0.478	0.021	0.137	0.004	0.1225	0.0031	0.978	0.031
8 - 9	0.443	0.015	0.134	0.003	0.1476	0.0023	1.050	0.022
9 - 10	0.397	0.014	0.139	0.002	0.1606	0.0021	1.064	0.019
10 - 11	0.342	0.017	0.137	0.003	0.1710	0.0032	1.018	0.027
11 - 12	0.326	0.019	0.134	0.004	0.1148	0.0031	1.084	0.031
12 - 13	0.327	0.023	0.135	0.004	0.0682	0.0031	1.172	0.038
13 - 14	0.288	0.018	0.143	0.004	0.0517	0.0022	1.170	0.030
14 - 15	0.233	0.020	0.154	0.004	0.0337	0.0024	1.176	0.035
15 - 16	0.153	0.015	0.134	0.003	0.0164	0.0014	1.073	0.024
16 - 17	0.104	0.016	0.093	0.003	0.0084	0.0016	1.311	0.033
17 - 18	0.153	0.017	0.092	0.003	0.0065	0.0017	1.283	0.034
18 - 19	0.381	0.021	0.125	0.004	0.0076	0.0018	0.920	0.030
19 - 20	0.396	0.020	0.135	0.004	0.0080	0.0019	0.895	0.030
20 - 21	0.393	0.016	0.143	0.003	0.0035	0.0013	0.814	0.022
21 - 22	0.218	0.019	0.145	0.004	0.0024	0.0018	0.973	0.031
22 - 23	0.248	0.013	0.141	0.003	0.0000	0.0012	0.897	0.021
23 - 24	0.293	0.019	0.136	0.004	0.0020	0.0018	0.897	0.030
24 - 25	0.271	0.019	0.127	0.004	0.0043	0.0017	0.917	0.030
25 - 26	0.241	0.020	0.137	0.003	0.0005	0.0015	0.865	0.027
26 - 27	0.213	0.019	0.122	0.004	0.0007	0.0017	0.889	0.029
27 - 28	0.195	0.022	0.138	0.004	0.0000	0.0020	0.923	0.035
28 - 29	0.240	0.014	0.139	0.003	0.0014	0.0013	0.968	0.022
29 - 30	0.263	0.017	0.139	0.003	0.0002	0.0015	0.924	0.027
30 - 31	0.214	0.019	0.163	0.004	0.0000	0.0016	1.078	0.031
31 - 32	0.171	0.018	0.137	0.004	0.0000	0.0016	1.193	0.031
32 - 33	0.216	0.018	0.115	0.004	0.0003	0.0017	0.816	0.028
33 - 34	0.243	0.019	0.116	0.004	0.0005	0.0017	0.771	0.028
34 - 35	0.226	0.014	0.121	0.003	0.0000	0.0012	0.782	0.022
35 - 36	0.219	0.016	0.131	0.003	0.0000	0.0012	0.776	0.022
36 - 37	0.198	0.015	0.142	0.003	0.0000	0.0014	0.886	0.025
37 - 38	0.197	0.015	0.119	0.003	0.0000	0.0013	0.845	0.023
38 - 39	0.155	0.018	0.120	0.004	0.0000	0.0016	0.912	0.028
39 - 40	0.166	0.017	0.139	0.004	0.0000	0.0016	1.001	0.030
40 - 41	0.163	0.018	0.118	0.003	0.0000	0.0014	0.947	0.028
45 - 46	0.218	0.019	0.113	0.004	0.0015	0.0016	0.881	0.029
50 - 51	0.176	0.018	0.110	0.003	0.0003	0.0015	0.733	0.026
55 - 56	0.163	0.014	0.096	0.003	0.0000	0.0011	0.668	0.019
60 - 61	0.136	0.015	0.108	0.003	0.0000	0.0011	0.755	0.020

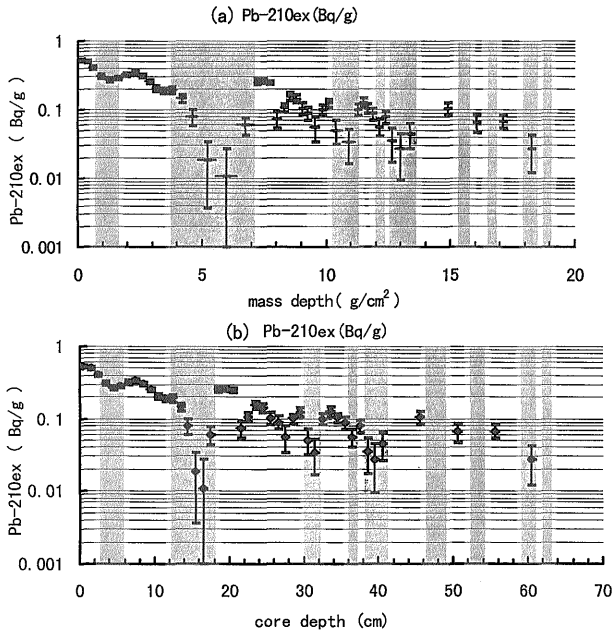
/y) で、洪水堆積物を含んだ過去約 30 年間の見かけの平均堆積速度を示している。

R-2 コアにおける化学組成を第 6 表に、また代表的な幾つかの組成についての変化を第 11 図に示した。含水比の変動が大きいが、化学組成でもかなりの変動が見られる。含水比の大きく変化したコアの部分の部分を影付きで示してあるが、B-1 コアと同様にその箇所での Al₂O₃ や K₂O, Ba 等が増大している傾向にあることがわかる。また、洪水の前後でも組成が変化しているものもある。例えば、Al₂O₃ や Na₂O, K₂O, Ba 等では、表層、12 cm 以浅、18-30 cm, 33 cm 以深とでは安定期の堆積物の組成が段階的に変化しており、幾つかの異なる組成の堆積物を有する後背地から供給されている可能性がある。組成間の相関は、第 7 表に相関係数を示した。TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, K₂O, Cr, V, Sr, Ba がお互いに高い相関関係を示している。一方、CaO はそれとは異なる別の

グループとなっており、B-1 コアと同様に深部で幾分含有量が多くなる傾向がある。B-1 コアと異なるのは、MnO と Ni とが前者のグループには属さず、後者に属していた Sr が前者のグループに属していることである。これも、Rupacot 湖と Begnas 湖とが異なる供給河川を有していることに起因しているためと考えられている。

また、両湖の化学組成の相違では、第 2 図と第 7 図とを比べて明らかなように K の放射能強度が Begnas 湖の方が高く、逆に Bi-214 放射能強度は Rupacot の方が高い傾向がある。洪水堆積物と推定される堆積物のために変動は大きいものの、平均値でおおよそのレベルを比べると、K-40 は Begnas 湖で 1.12±0.03 Bq/g, Rupacot 湖では 0.93±0.12 Bq/g である。Bi-214 は Begnas 湖で 0.105±0.014 Bq/g, Rupacot 湖では 0.130±0.012 Bq/g である。Bi-214 はウランの娘核種なの

Rupacot-2



第8図 R-2 コアにおける過剰鉛-210 の変化
Fig. 8 Variation of excess Pb-210 (Pb-210ex) in core R-2.

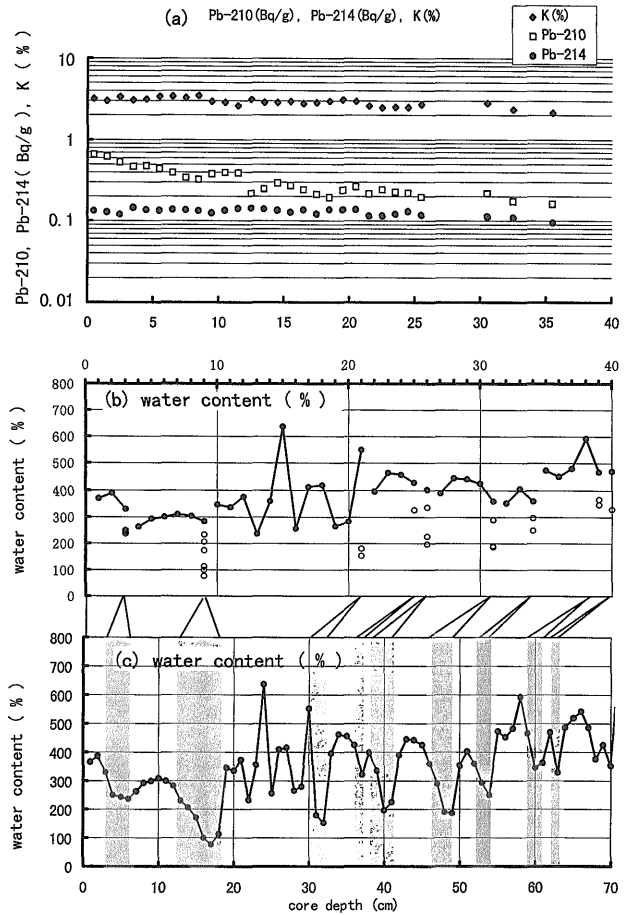
で、仮に放射平衡を仮定すると Rupacot 湖の方がおそらくウラン濃度が高いということになる。花崗岩のような火成岩の場合には、ウラン濃度とカリウム濃度は正の相関を示すことが多い(ウラン・トリウム鉱物研究委員会編, 1961)。両湖で異なる傾向となったのは、前述したように幾つかの後背地から供給される堆積物中のウラン濃度・カリウム濃度に相違があり、それぞれが異なる河川を介して供給されたためと考えられる。

3.3 洪水の年代

上記のようにして求めた平均堆積速度を用いて、逆に洪水の起きた年代を遡って求めることが可能である。洪水堆積物を除いたデータから、年間のフラックスを一定と仮定して堆積速度を求める CRS 法 (Appleby and Oldfield, 1978) を用いて計算すると、第 12-13 図のようになる。同図にはセシウム-137 のピークを 1963 年とする年代と検出開始時を 1954 年とする年代とが示されており、いずれもほぼ妥当なところにある。

Begnas 湖では、洪水のあった年が上位から 1989 年、1960 年、1901 年、1893 年と計算された。一方、Rupacot 湖では、1983 年、1959 年、1890 年頃と推定されている。このことから、両者の共通する 1980 年代、1960 年頃、1890 年頃に大きな洪水が起きていた可能性が高い。山中であるため洪水の記録は残っておらず確認できないが、ほぼ同時期に洪水堆積物が観察されたことから、その信頼性は高いものと考えられる。今後、

Rupacot-2



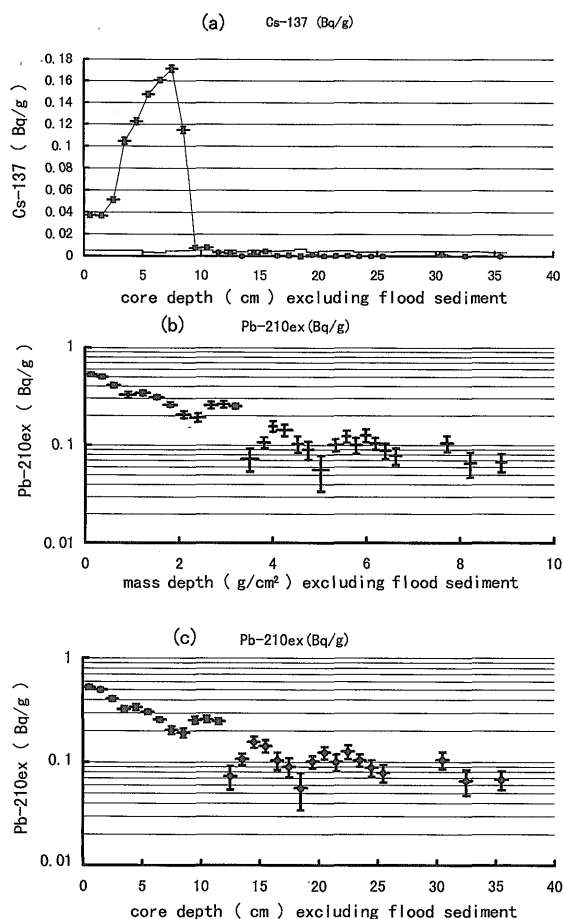
第9図 R-2 コアにおける安定期における放射能強度変化 (a)カリウム (%), 鉛-210, 鉛-214, (b)含水比, (c)全長の含水比
Fig. 9 Variations of radioactivities in core R-2 during stable sedimentary environment. (a) K(%), Pb-210, Pb-214, (b) water content, (c) water content of full length

古環境の変遷を推定する上で、こうした手法は有用なものになると考えられる。

3.4 フラックスとインベントリー

B-1 及び R-2 両湖における過剰鉛-210 のフラックス及びインベントリー、ならびにセシウム-137 のインベントリーを第 8 表に示した。過剰鉛-210 のフラックス及びインベントリー、ならびにセシウム-137 のインベントリーは、いずれも堆積速度の大きな Rupacot 湖において大きかった。測定された過剰鉛-210 のフラックス及びインベントリーは、それぞれ 0.03-0.06 Bq/cm²/y, 1.3-2.4 Bq/cm² の範囲にあり、セシウム-137 のインベントリーは 0.23-0.45 Bq/cm² であった。著者らが中国の湖沼 (金井ほか, 1998b) で求めた過剰鉛-210 の

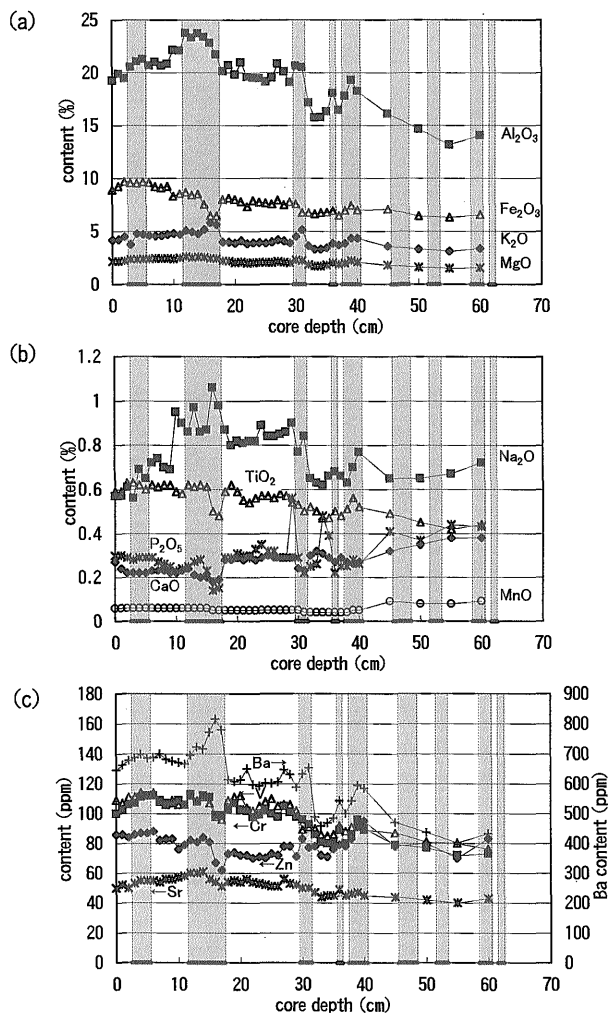
Rupacot-2



第10図 R-2 コアにおける安定期におけるセシウム-137及び過剰鉛-210の変化
 Fig. 10 Variations of Cs-137 and excess Pb-210 (Pb-210ex) in core R-2 during stable sedimentary environment.

フラックス及びインベントリーは、それぞれ 0.01-0.04 Bq/cm²/y, 0.4-1.1 Bq/cm², セシウム-137 のインベントリーは 0.2-0.7 Bq/cm² であり、ネパールでは過剰鉛-210 のフラックス及びインベントリーはこれと比べ高めに、セシウム-137 のインベントリーは同程度か低めにある。一方、日本の諏訪湖(金井ほか, 1995)では過剰鉛-210 のフラックス及びインベントリーはそれぞれ 0.03-0.07 Bq/cm²/y, 1.0-1.7 Bq/cm² で、セシウム-137 のインベントリーも 0.22-0.27 Bq/cm² であり、ネパールでの値はこれに近い。

過剰鉛-210 もセシウム-137 も河川から運ばれる水中の懸濁粒子や大気浮遊塵に由来しているため、お互いに相関関係が見られる場合が多い。この両者の関係を第14図に示した。この図から、放射性核種に関してはネパールの湖の場合、中国よりも日本の諏訪湖や宍道湖等の湖沼に類似していることが明らかとなった。



第11図 R-2 コアにおける化学組成変化
 Fig. 11 Variation of chemical composition in core R-2.

4. まとめ

ネパールにおける山岳地域の二つの湖沼から得たコアの放射性核種の分布と化学組成とを調べ、平均堆積速度や堆積環境について予察的に検討した。コアの数カ所において洪水堆積物と推定される異種堆積物の混入が見られた。この洪水堆積物層を除いて平均堆積速度を算出すると、1-2 mm/y (B-1 コア), 2-3 mm/y (R-2 コア) という値が得られ、いずれも山岳地域の小さな河川によって堆積物が供給されており、日本の諏訪湖や宍道湖における堆積速度よりも小さいことが明らかとなった。また、化学組成の結果から幾つか異なる後背地の堆積物が供給されていると推定された。推定された堆積速度から堆積年代を計算し洪水が起こった年代を推定すると、1980年代, 1960年頃, 1890年頃に起きた可能性が高い。この手法は記録のない地域の古環境を推定する上で有用である。過剰鉛-210 もセシウム-137 も大気浮遊塵

第6表 R-2 コアにおける化学組成
Table 6 Chemical composition of core R-2.

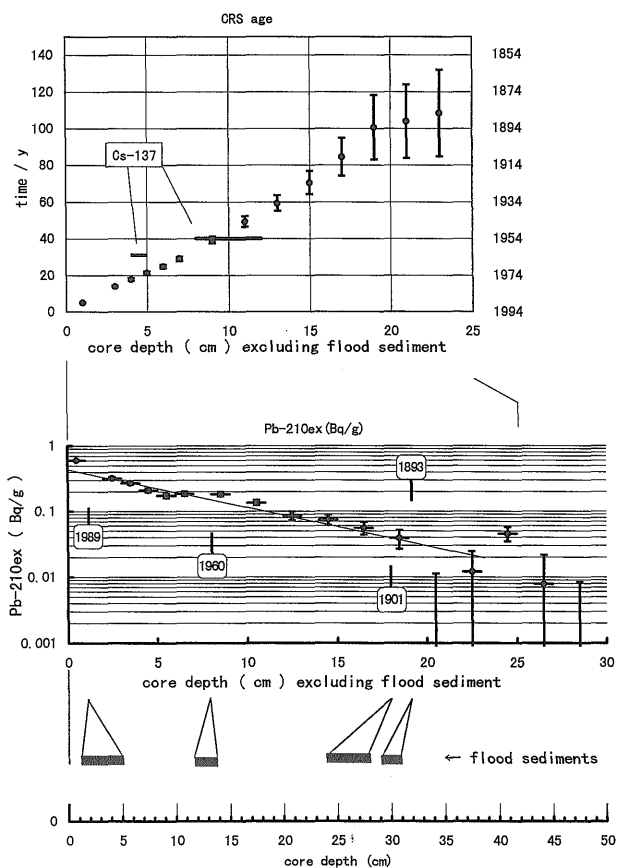
core depth (cm)	%										ppm									
	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Zn	Pb	Co	Ni	Cr	V	Cu	Sr	Ba		
0 - 1	0.59	19.24	8.91	0.06	2.18	0.27	0.57	4.20	0.30	86	55	23	60	100	109	65	50	646		
1 - 2	0.59	19.88	9.23	0.06	2.20	0.24	0.57	4.25	0.30	86	45	27	56	103	107	59	52	662		
2 - 3	0.63	19.47	9.69	0.06	2.22	0.22	0.61	4.50	0.29	84	33	24	53	106	111	62	50	678		
3 - 4	0.63	20.54	9.54	0.06	2.36	0.22	0.56	3.75	0.28	86	27	20	54	107	111	54	53	687		
4 - 5	0.62	21.02	9.50	0.06	2.35	0.22	0.69	4.78	0.29	87	23	27	52	111	114	65	55	698		
5 - 6	0.60	21.28	9.63	0.06	2.37	0.22	0.65	4.72	0.29	87	7	25	59	112	112	55	55	685		
6 - 7	0.62	20.65	9.58	0.06	2.37	0.23	0.72	4.61	0.29	88	27	23	56	112	114	61	55	688		
7 - 8	0.61	20.99	9.20	0.06	2.46	0.23	0.74	4.57	0.27	82	5	18	49	109	108	60	54	700		
8 - 9	0.62	20.68	9.09	0.06	2.42	0.23	0.70	4.60	0.26	83	21	23	57	107	106	59	56	682		
9 - 10	0.62	20.82	9.25	0.06	2.44	0.22	0.69	4.71	0.25	83	58	21	56	107	109	64	56	676		
10 - 11	0.59	22.14	8.29	0.06	2.40	0.22	0.95	4.81	0.23	76	55	22	56	109	106	48	57	671		
11 - 12	0.58	22.06	8.53	0.06	2.48	0.23	0.90	4.71	0.24	79	34	26	52	106	106	47	58	666		
12 - 13	0.62	23.77	8.66	0.06	2.61	0.24	0.86	5.07	0.25	82	59	27	58	113	112	51	60	695		
13 - 14	0.61	23.31	8.40	0.06	2.52	0.21	0.97	4.94	0.27	81	58	23	54	108	109	49	60	722		
14 - 15	0.62	23.72	8.51	0.06	2.58	0.20	0.86	4.77	0.28	84	41	27	62	112	111	52	55	716		
15 - 16	0.61	23.40	7.53	0.06	2.57	0.20	0.87	5.16	0.23	81	31	17	52	111	107	40	56	772		
16 - 17	0.50	22.82	6.47	0.05	2.45	0.18	1.06	5.81	0.14	67	16	15	38	99	98	29	54	816		
17 - 18	0.48	21.71	6.44	0.05	2.41	0.19	0.98	5.64	0.15	62	51	12	42	99	96	32	51	780		
18 - 19	0.59	20.13	7.99	0.05	2.21	0.28	0.87	4.01	0.29	73	17	30	56	103	109	55	54	613		
19 - 20	0.62	20.70	8.13	0.05	2.17	0.28	0.80	3.99	0.29	74	17	29	18	107	111	52	55	607		
20 - 21	0.59	19.83	8.01	0.05	2.06	0.29	0.82	3.89	0.31	72	73	27	61	103	112	54	54	613		
21 - 22	0.55	20.98	7.80	0.05	2.13	0.28	0.81	4.14	0.30	72	67	22	59	102	104	49	56	650		
22 - 23	0.54	19.58	7.34	0.05	2.02	0.30	0.82	3.87	0.29	70	56	26	53	98	102	50	54	598		
23 - 24	0.56	19.48	7.90	0.05	2.05	0.28	0.82	3.93	0.33	71	56	27	53	99	105	49	53	593		
24 - 25	0.57	19.44	7.77	0.05	2.09	0.29	0.89	3.97	0.35	70	46	26	52	102	108	50	52	603		
25 - 26	0.57	19.16	7.67	0.05	2.05	0.30	0.84	3.89	0.32	73	57	30	52	100	110	52	51	601		
26 - 27	0.56	19.53	7.57	0.05	2.06	0.29	0.84	4.00	0.32	72	43	23	55	98	105	48	51	606		
27 - 28	0.58	20.85	7.92	0.05	2.16	0.29	0.85	4.19	0.29	78	43	27	54	105	106	50	56	647		
28 - 29	0.57	20.09	7.48	0.05	2.09	0.29	0.86	4.10	0.29	78	45	27	58	101	106	49	53	631		
29 - 30	0.54	19.07	7.77	0.05	2.00	0.29	0.90	3.89	0.56	71	23	22	49	98	102	51	52	588		
30 - 31	0.53	20.62	7.56	0.05	2.28	0.24	0.77	4.51	0.29	83	30	19	56	96	89	54	50	633		
31 - 32	0.50	20.51	6.76	0.04	2.22	0.23	0.84	5.13	0.22	77	47	21	52	93	91	46	50	653		
32 - 33	0.52	17.15	6.75	0.04	1.85	0.30	0.65	3.63	0.25	78	40	28	39	86	90	54	47	489		
33 - 34	0.50	15.74	6.67	0.04	1.72	0.32	0.63	3.34	0.26	72	42	20	52	81	86	58	44	459		
34 - 35	0.47	15.76	6.75	0.04	1.71	0.31	0.62	3.31	0.48	71	36	21	30	80	85	60	45	469		
35 - 36	0.47	16.31	6.78	0.04	1.80	0.29	0.66	3.42	0.39	76	53	26	54	81	86	54	45	485		
36 - 37	0.50	18.03	6.93	0.04	2.00	0.27	0.68	3.85	0.22	79	39	27	56	89	92	47	49	544		
37 - 38	0.48	16.44	6.48	0.04	1.87	0.29	0.66	3.69	0.25	78	15	17	56	80	88	51	45	500		
38 - 39	0.51	17.78	6.94	0.04	1.99	0.27	0.63	3.88	0.25	83	38	29	58	86	91	51	46	543		
39 - 40	0.56	19.30	7.42	0.05	2.21	0.26	0.70	4.32	0.28	91	24	22	58	96	95	48	47	594		
40 - 41	0.52	18.24	6.99	0.05	2.08	0.27	0.77	4.34	0.26	95	39	8	50	90	89	55	45	585		
45 - 46	0.49	16.09	7.08	0.09	1.80	0.32	0.65	3.61	0.41	78	44	21	47	79	87	50	44	471		
50 - 51	0.45	14.64	6.44	0.08	1.60	0.35	0.65	3.32	0.37	80	6	6	54	77	81	49	42	437		
55 - 56	0.42	13.17	6.31	0.08	1.50	0.38	0.67	3.12	0.44	70	33	2	52	72	80	45	40	402		
60 - 61	0.44	14.04	6.54	0.09	1.54	0.38	0.72	3.36	0.43	83	53	-	4	73	76	48	43	432		

第7表 R-2 コアにおける各元素間の相関係数表
Table 7 Correlation matrix among elements in core R-2.

	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Zn	Pb	Co	Ni	Cr	V	Cu	Sr	Ba
TiO ₂	1.00	0.76	0.89	-0.02	0.78	-0.62	0.12	0.46	-0.30	0.38	-0.01	0.53	0.36	0.93	0.94	0.41	0.82	0.70
Al ₂ O ₃	++	1.00	0.56	-0.16	0.96	-0.86	0.58	0.85	-0.58	0.11	0.06	0.34	0.32	0.92	0.78	-0.14	0.93	0.94
Fe ₂ O ₃	++	+	1.00	0.18	0.65	-0.54	-0.15	0.35	-0.12	0.49	-0.09	0.40	0.34	0.80	0.83	0.60	0.66	0.57
MnO				1.00	-0.08	0.20	-0.13	-0.06	0.31	0.24	-0.08	-0.38	-0.20	-0.07	-0.07	0.01	-0.08	-0.10
MgO	++	++	+		1.00	-0.92	0.44	0.87	-0.61	0.27	-0.05	0.25	0.34	0.90	0.76	-0.03	0.87	0.94
CaO	-	--	-			1.00	-0.32	-0.89	0.66	-0.25	0.12	-0.14	-0.31	-0.76	-0.60	0.07	-0.70	-0.91
Na ₂ O							1.00	0.56	-0.27	-0.48	0.19	0.04	-0.04	0.38	0.28	-0.65	0.54	0.50
K ₂ O	+	++						1.00	-0.68	0.12	-0.04	0.00	0.18	0.69	0.49	-0.29	0.67	0.91
P ₂ O ₅									1.00	-0.12	0.00	-0.06	-0.24	-0.42	-0.28	0.26	-0.40	-0.61
Zn	+		+							1.00	-0.24	0.04	0.21	0.22	0.14	0.52	0.05	0.12
Pb											1.00	0.28	0.10	0.00	0.06	-0.05	0.13	-0.02
Co	+		+									1.00	0.10	0.44	0.55	0.31	0.48	0.17
Ni													1.00	0.35	0.38	0.19	0.29	0.27
Cr	++	++	++		++	--		+	-					1.00	0.94	0.15	0.93	0.87
V	++	++	++		++	-		+				+			1.00	0.27	0.86	0.75
Cu	+		+							+						1.00	0.01	-0.15
Sr	++	++	+		++	--	+	+	-			+		++	++		1.00	0.82
Ba	++	++	+		++	--	+	++	-					++	++		++	1.00

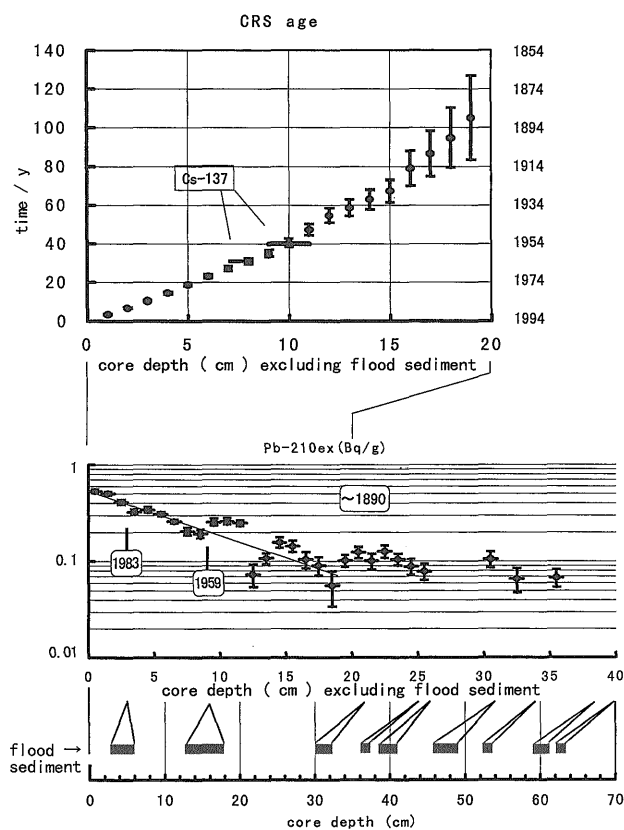
n=45 r(1%)= 0.38 + ++ / --- mean positive / negative correlation at 99% confidence

Begnas-1



第12図 CRS法によるB-1コアの年代
Fig. 12 Dating of sediments in core B-1 by CRS method.

Rupacot-2



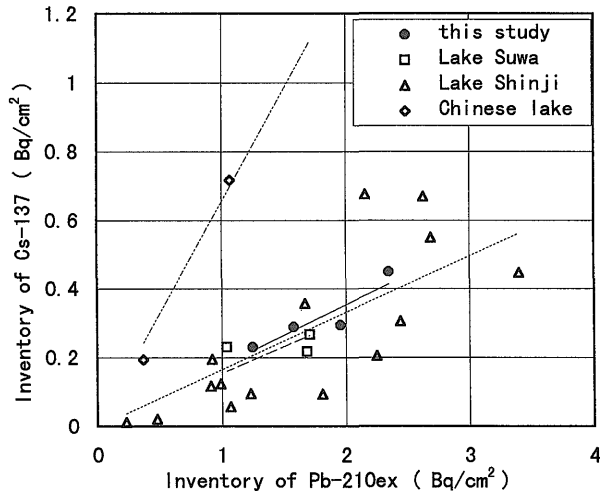
第13図 CRS法によるR-2コアの年代
Fig. 13 Dating of sediments in core R-2 by CRS method.

第8表 B-1, R-2 コアにおける過剰鉛-210 のフラックス及びインベントリーならびにセシウム-137 のインベントリー
Table 8 Fluxes and inventories of excess Pb-210 and inventories of Cs-137 in cores B-1 and R-2.

core	nuclide used for calculation	flux(Bq/cm ² /y) of Pb-210	inventory	
			Pb-210	Cs-137
Begnas-1	(A) Cs-137	-	1.96 ± 0.03	0.293 ± 0.003
	Pb-210	0.063		
	(B) Pb-210 6cm (n=5)	0.027	1.25 ± 0.03	0.229 ± 0.002
	Pb-210 23cm (n=14)	0.038		
	Pb-210 29cm (n=17)	0.039		
Rupacot-2	(A) Cs-137	-	2.35 ± 0.06	0.449 ± 0.005
	(B) Pb-210 9cm (n=9)	0.039	1.58 ± 0.03	0.287 ± 0.003
	Pb-210 19cm (n=19)	0.045		
	Pb-210 36cm (n=29)	0.053		

(A): all samples
(B): excluding flood sediments

比較 グラフ 2



第 14 図 過剰鉛-210 とセシウム-137 のインベントリ-の関係 データは、以下による。
Lake Suwa: Kanai *et al.* (1995) Lake Shinji: Kanai *et al.* (1998a) Chinese lakes: Kanai *et al.* (1998b)
Fig. 14 Relationships between inventories of excess Pb-210 and Cs-137. Data from; Lake Suwa: Kanai *et al.* (1995) Lake Shinji: Kanai *et al.* (1998a) Chinese lakes: Kanai *et al.* (1998b)

や水中の懸濁粒子に由来しているのでお互いのインベントリ-に相関関係が見られ、この両者の関係は中国の内陸湖よりも日本の諏訪湖や宍道湖等の湖沼に類似していることが明らかとなった。

文 献

Appleby, P. G. and Oldfield, F. (1978) The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported ^{210}Pb to the sediment. *Catena*, **5**, 1-8.
池谷仙之・和田秀樹・大森真秀 (1987) 浜名湖のボーリング柱状試料について. 静岡大学地球科学報告, **13**, 67-111.
井内美郎・斎藤文紀・横田節哉 (1983) 霞ヶ浦湖底泥の堆積速度—火山灰層を用いた堆積速度算定法—. 地質学雑誌, **89**, 125-128.

井内美郎・中尾征三・横田節哉・斎藤文紀・村上文敏・寺島 滋・寺島美南子・竹内三郎・吉川秀樹・志岐常正・太井子宏和・徳岡隆夫・公文富士夫・中野聡志・遠藤秀一・前田広人・熊谷道夫・近藤洋一 (1987) 湖沼汚染底質の堆積機構解明に関する研究. 環境庁環境保全研究成果集, 64-1-64-19.

金井 豊 (1993) 微量環境試料用井戸型 Ge 検出器の効率特性. *Radioisotopes*, **42**, 169-172.

金井 豊 (2000) 鉛-210 堆積年代測定法とその問題点. 地球化学, **34**, 383-400.

金井 豊・池原 研 (1995) 新潟沖大陸棚の Pb-210 および Cs-137 法による堆積速度. 地調月報, **46**, 269-282.

金井 豊・井内美郎・片山 肇・斎藤文紀 (1995) ^{210}Pb , ^{137}Cs 法による長野県諏訪湖底質の堆積速度の見積り. 地調月報, **46**, 225-238.

金井 豊・井内美郎・片山 肇・斎藤文紀 (1997) 低バックグラウンド放射能測定システムによる長野県諏訪湖底質の放射能測定と堆積速度の見積り. 地調月報, **48**, 277-295.

金井 豊・井内美郎・山室真澄・徳岡隆夫 (1998a) 島根県宍道湖の底質における堆積速度と堆積環境. 地球化学, **32**, 71-85.

金井 豊・井内美郎・徳岡隆夫 (1998b) 放射性核種を用いる中国 Daihai 湖および Blackspring 湖の堆積速度測定と堆積環境. 堆積学研究, **47**, 55-70.

松本英二 (1975) ^{210}Pb 法による琵琶湖湖底泥の堆積速度. 地質学雑誌, **81**, 301-305.

Matsuyama, M. (1974) Vertical distributions of some chemical substance in surface sediments of a meromictic Lake Suigetsu. *Jour. Ocean. Soc. Japan*, **30**, 209-215.

塚田松雄 (1967) 野尻湖における化石枝角類と生態的秩序. 第四紀研究, **6**, 101-110.

ウラン・トリウム鉱物研究委員会編 (1961) ウラン—その資源と鉱物. 朝倉書店, 東京.

(受付: 1999年11月8日; 受理: 2000年3月27日)