

モンゴル・フブスグル湖から採取された 81m ドリリングコア試料 (HDP04) の放射性炭素年代測定

渡邊隆広¹⁾, 中村俊夫¹⁾, 河合崇欣²⁾

1) 名古屋大学年代測定総合研究センター, 2) 名古屋大学大学院環境学研究科

2004 年、モンゴル・フブスグル湖から長さ約 81m のドリリングコア試料 (試料名, HDP04) が採取された。本稿では HDP04 堆積物試料の表層約 350cm、及びドリリングコアの表層部分を補完する目的で採取されたグラビティーカーコア (試料名, GC4, コア長 61cm) の放射性炭素年代測定結果を報告する。ドリリングコアについては、深度方向に対する明瞭な ^{14}C 年代値の変化が見られず、試料採取時のトラブル、もしくは堆積層の攪乱を示唆する結果が得られた。

[はじめに]

1990 年代以降、国際共同研究として BICER 研究グループによるロシア・バイカル湖の湖底柱状堆積物の採取が開始され、過去 1500 万年間のユーラシア大陸内部における環境変動・生物活動の解析を目的とした様々な研究が進められている (BDP96(LegII) Members, 1997; Kashiwaya et al., 2001; Watanabe et al., 2004)。現在、大陸内部における環境変動の長期的な解析をさらに発展させるため、バイカル湖と同じ集水域に属するモンゴル・フブスグル湖 (湖面積 2612km^2 、湖水量 317.5km^3 、湖面標高 1667m) の湖底堆積物を用いた研究が進められている。2001 年に数本のショートコアが採取され、堆積層の ^{14}C 年代測定、及び無機化合物、色素化合物等を用いた最終氷期以降の環境変動解析が報告されている (Fedotov et al., 2004; Nara et al., 2004)。さらに、名古屋大学 21 世紀 COE プログラム「太陽・地球・生命圏相互作用系の変動学」の一環として、2004 年に長さ 81m の湖底柱状堆積物試料 (HDP04) がフブスグル湖から採取されており、標高 1667m に位置するフブスグル湖の長期的な環境応答の解析が期待されている。古環境変動解析を行うにあたり、放射性炭素同位体を用いた高精度年代測定は必要不可欠である。本研究では、HDP04 コア中の全有機炭素及び植物残査試料の放射性炭素年代測定を行った。

[試料と分析法]

2004年、モンゴル・フブスグル湖の湖中央最深部付近（50°57'19"N, 100°21'32"E; 水深250m）において採取された約81mのドリリングコア試料HDP04の表層約350cm、及びコア長61cmのグラビティーコア試料GC-4を研究に用いた。湖底堆積物試料はロシア・イルクーツクにおいて1cm間隔で細分しアルミホイルに包まれた後、冷凍状態で日本に輸入された。このうち、ドリリングコアについて11点（堆積物8試料、植物残査3試料）、グラビティーコアについて7点（堆積物7試料）の放射性炭素年代測定を行った。堆積物試料については、1.2M-HClを用いて脱炭酸塩処理を行った（60°C, 3h）。植物残査試料（木片及び苔?, Fig.1）については、1.2M-HCl, 1.2M-NaOH, 1.2M-HCl（それぞれ60°C, 3h）によるAAA処理を行った。前処理後の試料は、酸化銅とともに850°Cで燃焼し、真空ラインによりCO₂ガスを精製した。次にCO₂ガスを、鉄を触媒として水素により還元させグラファイトとし、¹⁴C測定用ターゲットを作成した。¹⁴C測定は名古屋大学タンデトロン加速器質量分析計（HVEE社製, Model-4130 AMS）を用いて行われた。堆積物の全有機炭素含有量はCN corder（Yanako, MT-700）を用いて測定した。

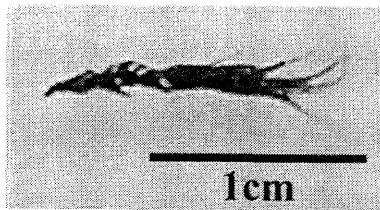


Figure 1. Plant residue (moss fragment?) in the HDP04 sediment core (Core 4-1, depth; 353.5 cm) from Lake Khubsugul, Mongolia.

[結果と考察]

Table.1 に GC-4 堆積物試料（Gravity Core）の炭素含有量及び、AMS¹⁴C年代を示す。炭素含有量は深さ10cmから60cmにおいて低濃度（2.3 - 4.7mg/g dry sed.、平均3.7mg/g dry sed.）であった。一方、表層試料では48.3mg/g dry sed.と高い値を示し、生物生産量の多い温暖期に相当することが示唆された。堆積物表層の年代（depth; 0-1cm）は約7800yrBPと古い値を示した。2001年にフブスグル湖で採取されたショートコアの表層年代は700yrBP程度であり（Fedotov et al., 2003; Nara et al., 2004）、今回測定した試料の表層年代が非常に古い値であることがわかった。この結果は、試料採取時における堆積物表層部分の欠損によるものと考えられる。

Table 1. ^{14}C ages for total organic materials in the HDP04-GC4 sediment core

Sample name	Depth (cm)	Carbon content (mg/g dry sed.)	AMS ^{14}C age (year BP)	Lab. code
HDP04, GC3, 0-1	0-1	48.34	7778 \pm 24	NUTA2-8423
HDP04, GC3, 10-11	10-11	3.85	17991 \pm 50	NUTA2-8425
HDP04, GC3, 20-21	20-21	2.25	21351 \pm 62	NUTA2-8426
HDP04, GC3, 30-31	30-31	3.46	21506 \pm 62	NUTA2-8427
HDP04, GC3, 40-41	40-41	3.38	22285 \pm 65	NUTA2-8428
HDP04, GC3, 50-51	50-51	4.72	23659 \pm 71	NUTA2-8429
HDP04, GC3, 60-61	60-61	4.47	23236 \pm 69	NUTA2-8430

Table 2. ^{14}C ages for total organic materials and plant residues in the HDP04, Core 1-1

Sample name	Depth (cm)	Carbon content (mg/g dry sample)	AMS ^{14}C age (year BP)	Lab. code
HDP04, Core1-1, 0-1	0-1	45.11	2743 \pm 22	NUTA2-8431
HDP04, Core1-1, 10-11	10-11	45.55	2913 \pm 22	NUTA2-8433
HDP04, Core1-1, 40-41	40-41	48.95	2776 \pm 22	NUTA2-8434
HDP04, Core1-1, 44-45 (wood fragment)	44-45	563.64	1674 \pm 21	NUTA2-8440
HDP04, Core1-1, 69-72 (wood fragment)	69-72	521.88	1320 \pm 21	NUTA2-8442
HDP04, Core1-1, 70-71	70-71	50.85	2321 \pm 22	NUTA2-8435
HDP04, Core1-1, 120-121	120-121	52.42	1689 \pm 21	NUTA2-8436
HDP04, Core1-1, 180-181	180-181	46.31	6622 \pm 26	NUTA2-8437

Table 3. ^{14}C ages for total organic materials and plant residues in the HDP04 drilling core

Sample name	Depth (cm)	Carbon content (mg/g dry sample)	AMS ^{14}C age (year BP)	Lab. code
HDP04, Core2-1, 40-41	40-41	11.06	13533 \pm 38	NUTA2-8438
HDP04, Core3-1, 10-11	211-212	43.58	4719 \pm 24	NUTA2-8439
HDP04, Core4-1, 63.5 (moss fragment?)	353.5	425.61	18726 \pm 83	NUTA2-8445

堆積物深度 0-10cm、10-20cm 間の堆積速度 (Linear sedimentation rate) は、それぞれ 1.0、及び 3.0cm/kyr であり、既報の値とほぼ一致する。しかしながら、寒冷期に相当すると考えられる 20cm 以深では深度に対する年代値の変化は小さく、最大で 64 cm/kyr (depth; 20-30cm) と表層の値と比較して極めて速い堆積速度を示した。また、GC-4 堆積物試料の最下層 (depth; 60cm) においては、400 年程度の年代値の若返りが見られた。寒冷期における堆積速度の増加は、乾燥化に伴う湖水深の低下に起因するとも考えられるが、氷河の規模・影響の程度にも依存することから、推測の域を越えられないのが実状である。実際に寒冷期において現在の 10 倍以上の堆積物供給量があった可能性とともに、試料の採取もしくは分取時における現代炭素による汚染の可能性も考慮する必要がある。しかしながら現段階で得られている情報のみでは判断が困難である。A.Prokopenko 博士による堆積物層相の記載 (未発表データ) からは、速い堆積速度を示した層においてラミナ構造が認められており、少なくともタービタイトや試料採取時の堆積層の大きな攪乱が生じていた可能性は低いと考えられる。

Table.2 に HDP04, Core1-1 堆積物試料 (Piston Core) の炭素含有量及び、AMS¹⁴C 年代を示す。Core1-1 試料の ¹⁴C 年代は最下層の深度 180cm において 6600yrBP であるが、0-120cm では 1700-2900yrBP と年代値の逆転やほぼ同じ年代を示す層があり、これまでに得られたことの無い明らかに異常な結果であった。¹⁴C 年代の結果から Core1-1 試料はコアリングのミスの可能性が大きいと考えられ、環境解析には使用できないサンプルであるといえる。なお、Core1-1 堆積物中に存在していた植物残査 (木片 2 試料) の ¹⁴C 年代は全有機炭素の年代値と比較して 1000 年程度若い値を示した。

Core1-1 試料に対して、ほぼ同一深度で採取されている Core2-1A (0-91cm depth, Fig.2, Table.3) は、1 点のみであるが深さ 40cm で 13500yrBP の年代値が得られており、既存のデータと整合的であることから、妥当な結果であるといえる。一方、Core1-1 の下層であるはずの Core3-1 (201-265cm depth, Fig.2) は、深さ 211cm で 4700yrBP と年代値の若返りが認められる。Core4-1 (290-457cm depth) の植物残査試料 (353.5cm depth) の ¹⁴C 年代は 18700yrBP であった。深さ 210cm 付近は堆積層に崩壊があり (おそらく試料採取時の影響)、外部からの汚染を受けている可能性も考えられるが、Core3-1 は大部分の堆積層において含水率の高い (70%以上) Diatom を主体とする組成であり、下層の年代 (18700yrBP, 353.5cm in depth) と上層の年代 13500yrBP, 40cm in depth) の間に Diatom の多産する層が存在することは過去に報告が無いことから考えにくく、Core3-1 において試料採取時の何らかのトラブルが生じていた可能性も無視

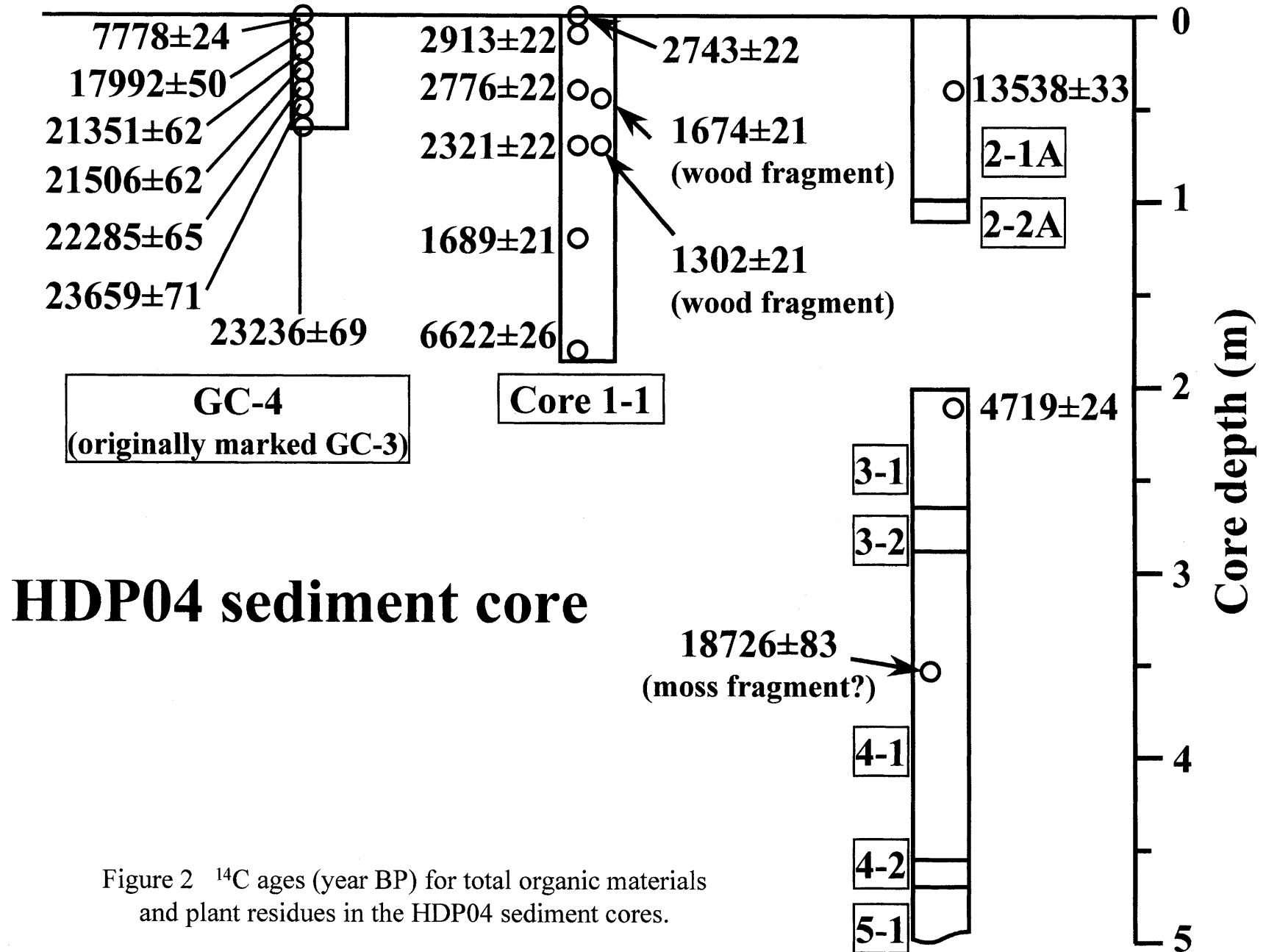


Figure 2 ¹⁴C ages (year BP) for total organic materials and plant residues in the HDP04 sediment cores.

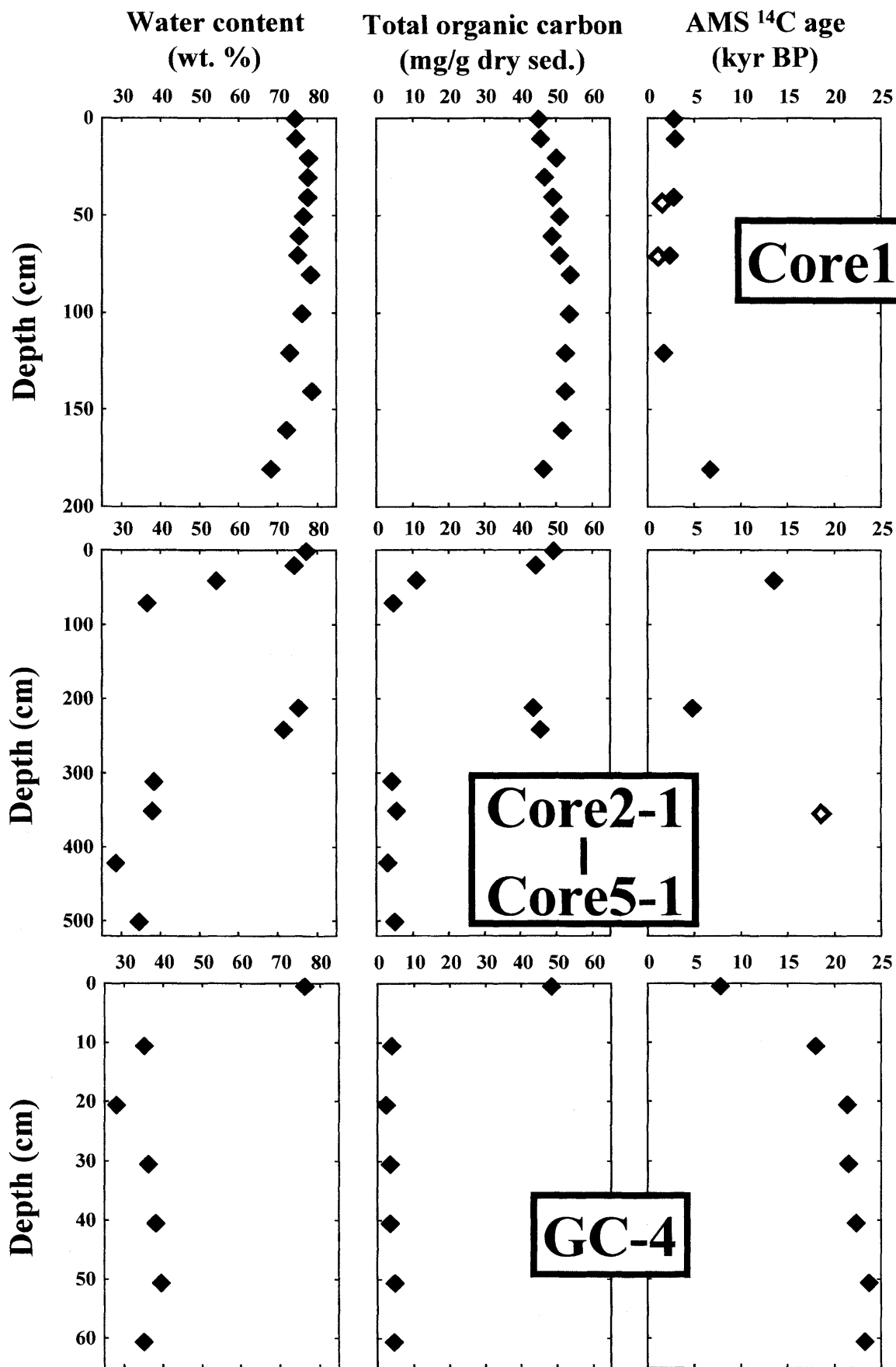


Figure 3 Water content, total organic carbon and AMS ^{14}C ages for the HDP04 sediment cores. The ^{14}C ages for plant residues in the sediment cores are shown as open diamond shape.

できない。さらに、Core4-1 の植物残査の ^{14}C 年代 (18700yrBP) は、これまでに報告されている結果と比較して、深度に対して年代が若すぎる。今回の年代測定値は、コアの採取に何らかの問題があることを強く示唆する結果であった。年代測定の結果から、サンプル採取時において何らかのトラブルが起きていた可能性が示唆された。さらに含水率や炭素含有量、及び記載の結果からもこれまで同様の地点で採取された試料とは異なることがわかる。現状では、年代測定を行った表層 350cm 部分のみに言えることであるが、HDP04 堆積物試料を用いての物理・生物・化学分析等による環境変動解析においては十分に注意をすることが必要である。今後、350cm 以深における堆積層の放射性炭素年代測定を行う予定である。

[引用文献]

- 1) Baikal Drilling Project BDP-96 (Leg II) Members, Continuous paleoclimate record recovered for last 5 million years. *EOS* **78**, 601-604, 1997.
- 2) K. Kashiwaya, S. Ochiai, H. Sakai and T. Kawai, Orbit-related long-term climate cycles revealed in a 12-Myr continental record from Lake Baikal. *Nature* **410** 71-73, 2001.
- 3) T. Watanabe, H. Naraoka, M. Nishimura and T. Kawai, Biological and environmental changes in Lake Baikal during the late Quaternary inferred from carbon, nitrogen and sulfur isotopes. *Earth and Planetary Science Letters*, **222** 285-299, 2004.
- 4) A. P. Fedotov, E. P. Chebykin, S. M. Yu, S. S. Vorobyova, O. E. Yu, L. P. Golobokova, T. V. Pogodaeva, T. O. Zheleznyakova, M. A. Grachev, D. Tomurhuu, T. Oyunchimeg, T. Narantsetseg, O. Tomurtogoo, P. T. Dolgikh, M. I. Arsenyuk, M. De Batist, Changes in the volume and salinity of Lake Khubsugul (Mongolia) in response to global climate changes in the upper Pleistocene and the Holocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **209**, 245-257, 2004.
- 5) F. Nara, N. Tani, Y. Soma, M. Soma, H. Naraoka, T. Watanabe, K. Horiuchi, T. Kawai, T. Oda, T. Nakamura, Response of phytoplankton productivity to climate change recorded by sedimentary photosynthetic pigments in Lake Hovsgol (Mongolia) for the last 23000 years. *Quaternary International*, in press.

Radiocarbon dating of the 81m-long drilling core (HDP04) from Lake Khubsugul, Mongolia

Takahiro WATANABE¹⁾, Toshio NAKAMURA¹⁾, Takayoshi KAWAI²⁾

1) Center for Chronological Research, Nagoya University. Furo-cho, Chikusa, Nagoya 464-8602 JAPAN. Tel: +81-52-789-2579,3082 / Fax: +81-52-789-3092
e-mail: t-wata@nendai.nagoya-u.ac.jp, nakamura@nendai.nagoya-u.ac.jp

2) Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University. Furo-cho, Chikusa, Nagoya 464-8602 JAPAN. Tel: +81-52-789-2536 / Fax: +81-52-789-3013
e-mail: tkawai@eps.nagoya-u.ac.jp

Lacustrine sediments provide excellent continental records of past variations in environment and biological activities. Lake Khubsugul, Mongolia, is one of the largest lakes of East Asia and located at a high elevation (1645m above sea level). This geographical characteristic makes Lake Khubsugul a unique place for paleoclimate studies using a continuous core sediment. A drilling core (HDP04) and gravity core (GC-4) were taken from the basin floor of Lake Khubsugul (50°57'19"N, 100°21'32"E; water depth, 250m) in 2004. The lengths of the HDP04 and GC-4 sediment cores were ca. 81m and 0.6m, respectively. AMS ¹⁴C age dating for the latest Quaternary was performed for the 18 samples from the upper part of the HDP04 sediment cores (~350cm depth) and the gravity core by an accelerator mass spectrometer (Model-4130 AMS, HVEE).

AMS ¹⁴C ages of total organic materials in the HDP04 sediment core do not become progressively older with depth, which suggest that sedimentary layers were disturbed by piston coring. The linear sedimentation rates are estimated to be 1.0 cm/kyr for 0-10 cm and 3.0 cm/kyr for 10-20 cm of the gravity core from Lake Khubsugul (GC-4), based on the conventional ¹⁴C ages. Several radiocarbon age studies on other sediment cores from Lake Khubsugul show a rate of sediment accumulation ca. 1.3-5.7 cm/kyr [Fedotov et al., 2003; Nara et al., 2004]. The average linear sedimentation rates of GC-4 sediment core (0-20cm depth) are comparable with those from other cores from the Lake Khubsugul.