

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 (2)

渡邊隆広<sup>1)</sup>, 中村俊夫<sup>1)</sup>, 河合崇欣<sup>2)</sup>

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

古環境変動解析を目的として、モンゴル・フブスグル湖から 81m の柱状堆積物 (試料名、HDP04) が 2004 年に採取された。HDP04 試料 (Core1-1 から Core3-1、深さ 0-242cm) の放射性炭素年代測定結果を名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (XVI) において報告した (渡邊ら、2005)。Core1-1 は試料採取時における堆積層の攪乱を示す結果が得られ、Core3-1 (深さ 211cm) では深度方向に対する <sup>14</sup>C 年代値の逆転が認められた。今回は Core3-1 における年代値の逆転について、より詳細な情報を得るために、未測定層 8 試料 (Core2-Core5、深さ 0-501cm) の年代測定結果を報告する。Core2-1 の <sup>14</sup>C 年代値は深さとともに古くなり、堆積速度 (5.3cm/kyr) は既報の値とほぼ一致した。Core3-1 から Core5-1 (深さ 211-501cm) の <sup>14</sup>C 年代値の変化から、Core3-1 上部はフブスグル湖底堆積物表層に一致することが示唆された。

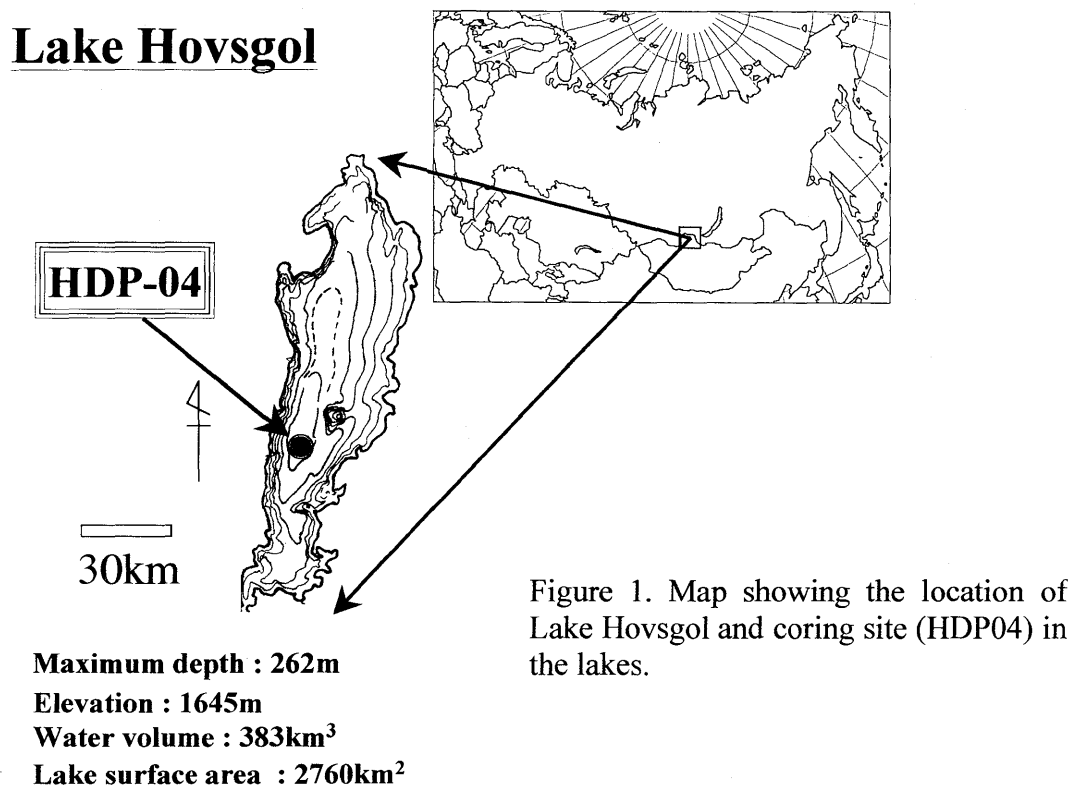
[はじめに]

モンゴル北部に位置するフブスグル湖は、湖面積 2612km<sup>3</sup>、湖水量 317.5km<sup>3</sup> でありモンゴルで最大容積の湖である。フブスグル湖はバイカル湖の上流域にあり、その湖面標高は 1667m である。フブスグル湖における流出河川は湖南部のエグ川のみであり、セレンガ川 (バイカル湖の最大流入河川) と繋がりバイカル湖に注いでいる。現在、大陸内部における環境変動の長期的な解析 (BDP96 (LegII) Members, 1997; Kashiwaya et al., 2001; Watanabe et al., 2004) 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 <sup>14</sup>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 (Karabanov et al., 2004; Fedotov et al., 2004; Nara et al., 2005)。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。2005 年に HDP04

コアの年代測定結果（18 試料）を報告した（渡邊ら、2005）。深さ 211cm に対応する Core3-1 において、約 9000 年もの年代値の大きな若返りが認められた。今回は、Core3-1 の上層および下層（Core2 から Core5、堆積物深さ 0 - 501cm）の未測定試料 8 点の  $^{14}\text{C}$  年代測定結果を報告する。

[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（ $50^{\circ}57'19''\text{N}$ ,  $100^{\circ}21'32''\text{E}$ ; 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 500cm 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堆積物 8 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（ $60^{\circ}\text{C}$ , 3h）。脱炭酸塩処理後の試料は、酸化銅とともに  $850^{\circ}\text{C}$  で燃焼し、真空ラインにより  $\text{CO}_2$  ガスを精製した。次に  $\text{CO}_2$  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、 $^{14}\text{C}$  測定用ターゲットを作成した。 $^{14}\text{C}$  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。



[結果と考察]

Table 1 にフブスグル湖堆積物試料 (HDP04, Core2-Core5) の全有機炭素濃度を示す。全有機炭素濃度は 3.0 から 49.2 mg/g dry sediment の間で変動し、特に表層部分の 0-21cm (Core2-1A)、および 211-242cm (Core3-1) において高い有機炭素濃度 (40 mg/g dry sed. 以上) を示した。深さ 70cm および 310cm 以深で有機炭素濃度は低く (3.0 - 5.5 mg/g dry sed.)、生物生産量の比較的少ない時期であり、寒冷・乾燥期に対応することが考えられる。これまでに、フブスグル湖湖心付近の表層堆積物で 60 mg/g dry sed. 以上の高い有機炭素濃度が報告されている (Fedotov et al., 2004)。ロシア・バイカル湖では、表層堆積物中の有機炭素濃度は 20 mg/g dry sed. 前後であり、比較的濃度の高いセレンガ沖 (ブグルジェイカ鞍部) でも 30 mg/g dry sed. 程度である (Watanabe et al., submitted)。フブスグル湖堆積物中の有機化合物については、Nara et al. (2005) による光合成色素等の分析結果から、植物プランクトンがその主要な供給源であることが示唆されている。しかしながら、陸上植物起源の有機化合物 (例えば高分子脂肪酸や炭化水素) 等の研究報告は未だ不十分であり、フブスグル湖、およびその集水域における有機物の挙動について、今後、有機分子や各種安定同位体比等を用いた、より詳細な解析が必要である。

Table 1.  $^{14}\text{C}$  ages for total organic materials and plant residues in the HDP04 drilling core

Sample name	Depth (cm)	Carbon content (mg/g dry sample)	$^{14}\text{C}$ age (year BP)	Lab. code
HDP04, Core2-1A, 0-1	0-1	49.16	4110 ± 32	NUTA2-8885
HDP04, Core2-1A, 20-21	20-21	44.29	8132 ± 38	NUTA2-8889
HDP04, Core2-1A, 40-41	40-41	11.06	13533 ± 38	NUTA2-8438
HDP04, Core2-1A, 70-71	70-71	4.52	17301 ± 63	NUTA2-8890
HDP04, Core3-1, 10-11	211-212	43.58	4719 ± 24	NUTA2-8439
HDP04, Core3-1, 40-41	241-242	45.34	8080 ± 37	NUTA2-8891
HDP04, Core4-1, 20-21	310-311	4.24	21092 ± 79	NUTA2-8892
HDP04, Core4-1, 60-61	350-351	5.46	23761 ± 95	NUTA2-8893
HDP04, Core4-1, 63.5 (moss fragment?)	353.5	425.61	18726 ± 83	NUTA2-8445
HDP04, Core4-1, 130-131	420-421	3.04	26341 ± 115	NUTA2-8896
HDP04, Core5-1, 20-21	500-501	4.96	27587 ± 126	NUTA2-8897

Figure 2 に HDP04 (GC04, Core1, Core2-Core5) 試料の放射性炭素年代を示す。Core2 最上部 (深さ 0-1cm) において、 $^{14}\text{C}$  年代値は 4110yrBP であった。同一深度である GC04 試料の最上部 (0-1cm) の  $^{14}\text{C}$  年代値は 7778yrBP であり、フブスグル湖堆積物表層の年代値としては非常に古い値を示した。Fedotov et al. (2004) および Nara et al. (2005) により、フブスグル湖堆積物表層の年代値は 400-700yrBP であることが報告されている。HDP04 試料表層の年代値が既報の値と比較して古い値を示す要因として、A.Prokopenko 博士による堆積物層相の記載 (未発表データ) により、これまでに採取された別の試料において確認されている酸化層の存在が HDP04 試料に認められていないことから、HDP04 試料の Core2 および GC04 の最表層部分はコア採取時に欠損してしまっただことによる可能性が考えられる。Core2 試料 (深さ 0-71cm) においては、平均堆積速度 5.3cm/kyr であった。HDP04 試料の採取地点に近い、X106 試料 (50°53'01"N, 100°21'22"E; 水深 236m) の平均堆積速度 (5.5cm/kyr, 0-104cm depth) とほぼ一致する結果であった。

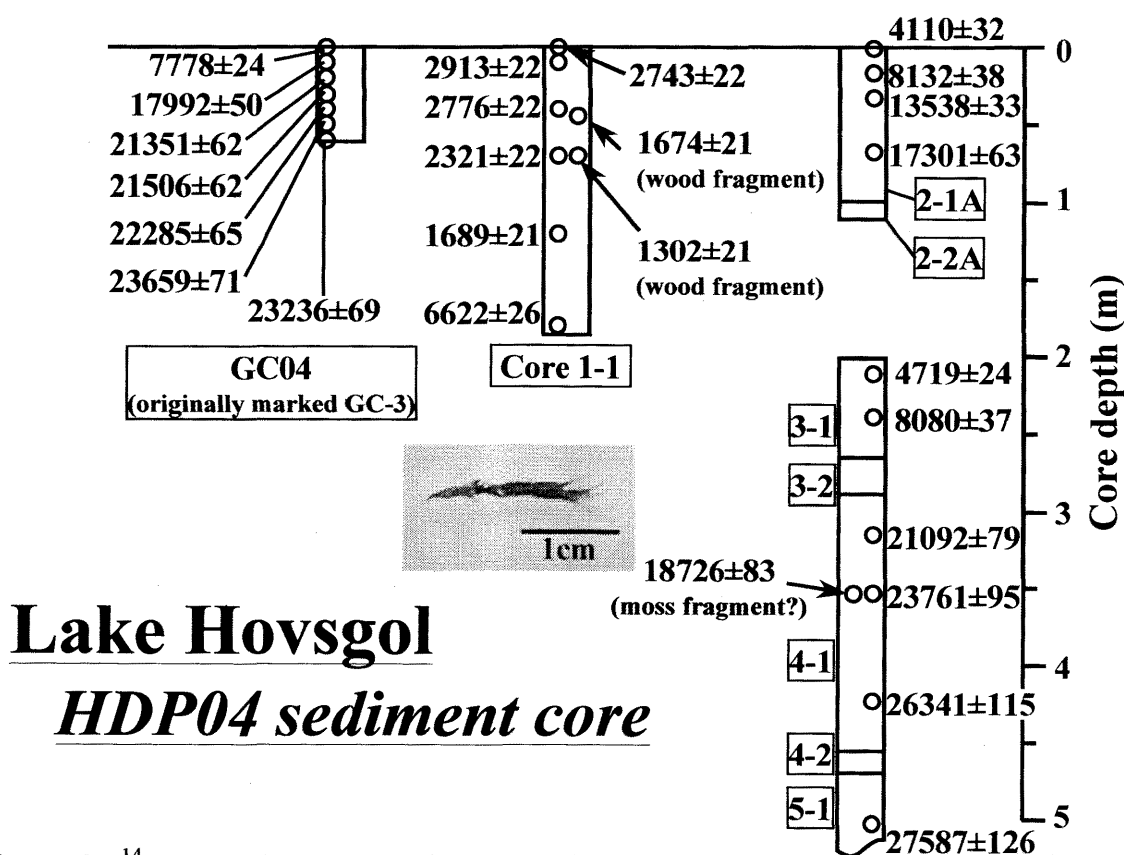


Figure 2.  $^{14}\text{C}$  ages (year BP) of TOC and plant residue in the HDP04 sediment cores from Lake Hovsgol, Mongolia.

既報の値として Fedotov et al., 2004 では平均堆積速度 3.9cm/kyr、および Nara et al., 2005 では、5.5-6.3cm/kyr が報告されている。

Core2 より下層であるはずの Core3 において、深さ 211cm で 4719yrBP と  $^{14}\text{C}$  年代値の若返りが認められた。Core3-Core5 の放射性炭素年代値の変動パターンが、GC04 試料や既報の  $^{14}\text{C}$  年代値の変化とよく一致することから、おそらく Core3 の上部はフブスグル湖堆積物の表層である可能性が強い。一つの可能性として、HDP04 コア試料の Core2 以深における深度情報が実際と異なっていることが考えられる。以上のことから、HDP04 試料において深度 211cm 以深の堆積物を用いて環境解析を行うことを推奨する。

Core3-Core5 において、寒冷期に相当すると考えられる 20000yrBP 以前 (310cm 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 と表層の値と比較して極めて速い堆積速度を示した。同様に、GC04 堆積物試料においても最大 64 cm/kyr の極めて速い堆積速度が得られている (Watanabe et al., submitted)。フブスグル湖の寒冷期における堆積速度増加を示す要因として下記の 3 点が考えられる。

- 1) 寒冷・乾燥化に伴う湖水深の低下により湖岸・河口が近くなり、その結果、河川から供給される粒子が湖心付近まで到達する割合が増加した
- 2) 乾燥化により陸地化した地域からの再堆積
- 3) 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

より詳細な情報を得るために、最終間氷期以前 (例えば、酸素同位体ステージ 6, 8, 10 の寒冷期) の堆積速度の変化を把握することや、現代炭素による汚染をほぼ完全に除去する手法を検討する必要がある。

Core4-1 (290-457cm depth) の植物残査試料 (353.5cm depth) の  $^{14}\text{C}$  年代は 18700yrBP であり、全有機炭素の  $^{14}\text{C}$  年代値と比較しておおよそ 5000 年若い。この差異は非常に大きいことから、フブスグル堆積物中の全有機物が複雑な供給源を持つ混合物であることが推定される。今後フブスグル堆積物の有機化合物を供給源の推定可能な各種有機成分に分画して、年代測定を行うことが必要であると考えられる。ロシアのバイカル湖南湖盆の表層堆積物において、堆積物中の全有機炭素と全脂質成分とで最大 2900 年もの  $^{14}\text{C}$  年代値の差異 (TOC より脂質の年代値が若い) が認められている (Watanabe et al., 2005b)。バイカル湖での結果は、湖に供給される有機物の供給源、挙動、続生作用による変質など、複雑な過程を示唆するものであり、今後のより詳細な解析が期待される。モンゴル・フブスグル湖、ロシア・バイカル湖、およびその他の湖沼において各種有機成分の  $^{14}\text{C}$  年代値を蓄積・解析していくことにより、陸域での炭素循環の解明に繋がっていくものと考えられる。

[引用文献]

- 1) 渡邊隆広、中村俊夫、河合崇欣、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、名古屋大学年代測定総合研究センター業績報告書 (XVI)、pp. 148-188、2005.
- 2) Baikal Drilling Project BDP-96 (Leg II) Members, Continuous paleoclimate record recovered for last 5 million years. *EOS* **78**, 601-604, 1997.
- 3) 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.
- 4) 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 Planet. Sci. Lett.* **222** 285-299, 2004.
- 5) E. Karabanov, D. Williams, M. Kuzmin, V. Sideleva, G. Khursevich, A. Prokopenko, E. Solotchina, L. Tkachenko, S. Fedenya, E. Kerber, A. Gvozdkov, O. Khlustov, E. Bezrukova, P. Letunova, S. Krapivina, Ecological collapse of Lake Baikal and Lake Hovsgol ecosystems during the Last Glacial and consequences for aquatic species diversity. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **209** 227-243, 2004.
- 6) 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. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **209**, 245-257, 2004.
- 7) 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. *Quat. Int.* **136**, 71-81, 2005.
- .8) T. Watanabe, T. Nakamura, T. Kawai, Radiocarbon dating of sediments from large continental lakes (Lakes Baikal, Hovsgol and Erhel). *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B*, Submitted.
- .9) T. Watanabe, T. Nakamura, M. Nishimura, T. Kawai,  $^{14}\text{C}$  measurement of sedimentary lipids from Lake Baikal. *Proceedings of the 4th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas*, pp. 105, 2005.

## **Radiocarbon dating of the 81m-long drilling core (HDP04) from Lake Hovsgol, Mongolia (2)**

**Takahiro WATANABE<sup>1)</sup>, Toshio NAKAMURA<sup>1)</sup>, Takayoshi KAWAI<sup>2)</sup>**

- 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

Lake Hovsgol is located in northern Mongolia and at a high elevation (1645m above sea level). This geographical characteristic makes Lake Hovsgol a unique place for paleoclimate studies using a continuous core sediment. Analyses of organic and inorganic components have been carried out using short cores (core length; 1-2m) from Lake Hovsgol [Fedotov et al., 2004; Karabanov et al., 2004; Nara et al., 2005]. In 2004, a drilling core (HDP04) and gravity core (GC-4) were taken from the basin floor of Lake Hovsgol (50°57'19"N, 100°21'32"E; water depth, 250m). The lengths of the HDP04 and GC-4 sediment cores were ca. 81m and 0.6m, respectively. Radiocarbon age dating for the latest Quaternary was performed for the 26 samples (total organic materials) from the upper part of the HDP04 sediment cores (~500cm depth) and the gravity core by an accelerator mass spectrometer (Model-4130 AMS, HVEE).

In the HDP04 Core2 sediment sample, <sup>14</sup>C ages of the layers on 0.5 and 70.5 cm in depth are ca. 4.1 and 17.3 kyrBP, respectively. However, the <sup>14</sup>C age of ca. 4.7 kyrBP is obtained at the top of Core3 (211.5 cm in depth). The top of Core3 (200cm in depth) may be consistent with the surface layer of Lake Hovsgol sediment. The <sup>14</sup>C age of moss fragment in Core4 (18.7 kyrBP, 353.5 cm in depth) is younger than that of TOC (23.8 kyrBP). Changes for <sup>14</sup>C ages in the HDP04 sediment cores are not coincident with previous studies on other Lake Hovsgol sediment cores. The sediment layers below 2m in depth for HDP04 cores are available to environmental and biological investigations, because the <sup>14</sup>C age becomes older with depth, and changes of the <sup>14</sup>C age are consistent with previous studies.