

ネパール・ララ湖堆積物コアを用いたアジアモンスーンの復元

中村 淳路

東京大学大気海洋研究所／東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

横山 祐典

東京大学大気海洋研究所／東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

前空 英明

広島大学大学院教育学研究科

八木 浩司

山形大学 地域教育文化学部

岡村 眞

高知大学理学部

松岡 裕美

高知大学理学部

三宅 尚

高知大学理学部

長田 俊樹

総合地球環境学研究所

寺村 裕史

総合地球環境学研究所

山田 智輝

東北大学大学院文学研究科

Danda Pani Adhikari

Department of Geology, Tribhuvan University

Vishnu Dangol

Department of Geology, Tribhuvan University

松崎 浩之

東京大学大学院工学系研究科

はじめに

モンスーンは気候システムの中でも重要な構成要素である。特にアジアモンスーンはその規模が大きく、地域的な環境変化に大きな影響をおよぼす。近年の研究からアジアモンスーンは、全球的な気候変動とリンクしていると考えられてきている。たとえば、中国 Dongge cave の石筍の酸素同位体比 ($\delta^{18}O$) から復元した夏モンスーン変化は、グリーンランド氷床コアの気温の記録と関連した変動であることが明らかになった。また、変動のパターンについても詳しく調べられてきている。特に地球のシステムの外力に対する変化のパターンとメカニズムについては

いくつかの異なる復元例が存在する。たとえば、同じく鍾乳石の酸素同位体比の分析記録から、完新世の東アジア夏モンスーン強度は、地球の公転軌道要素変化による北緯30度6月の日射量減少に伴って、比較的スムーズに弱化していることが明らかになった (Wang et al.,2005)。一方、アラビア海の海洋堆積物中から産出した、浮遊性有孔虫 *G.bulloides* の割合から復元したインド夏モンスーン強度は、日射量減少に伴い減少しながらも段階的で急激な変動を伴っている (Gupta et al.,2005)。このように、完新世を通じてモンスーン強度が弱化するメカニズムについては ITCZ の南下によるとされているが (Fleitman et al.,2007)、異なる変動を示す原因については議論の余地がある (Overpeck et al.,2007)。したがって、モンスーンの変化を感度よく記録していると考えられる湖沼堆積物による復元は、これらの問題を解く鍵となると考えられる。湖の堆積物コアを用いる利点は3つある。海洋リザーバ効果を考慮しなくてよいこと、海洋堆積物と比べて堆積速度が速いため高時間分解能での古環境復元が可能であること、陸域の情報が得られることである。今回、総合地球環境研究所の研究プロジェクト、“環境変化とインダス文明”のプロジェクトで、ララ湖の堆積物コアを得た。その分析結果の概観とこれまでに考えられる過去の環境変化について報告する。

サンプリング

ララ湖はネパール西部 (82°05'E, 29°32'N)、標高 3000m に位置に存在するネパール最大の湖である。面積は 9.8km² で貧栄養湖 (Okino et al.,1986)、最大水深は 168m である。2009 年 9 月、高知大学岡村研所有のピストンコラーを用いて 5 本の堆積物コアの採取を行った。RARA09-1, RARA09-2, RARA09-3, RARA09-4 は湖の最大深度付近である水深 160m ~ 168m 地点、RARA09-5 は水深 55m 地点で採取された。

化学分析および物性分析用の試料サブサンプリングは、RARA09-1 について、ポリカーボネート製キューブ (内容量 7 cm³) を用いた連続サンプリングを行った。またコア中に含まれる葉および木片は年代測定用にユニパックに採取した。一般に湖沼堆積物サンプルでは、年代の決定の際に TOC の 14C 分析が行われるが、今回は高精度年代モデルの決定のため、葉、木片、全有機炭素 (TOC) の 3 種類のサンプルの 14C 分析をおこなった。葉および木片サンプルは酸-アルカリ-酸処理、TOC サンプルは酸処理を行った後、グラフアイト化し、東京大学タンデム加速器研究施設にてタンデム型加速器により放射性炭素分析を行った。得られた 14C 年代値は、暦年較成ソフト Oxcal v3.10 を使用し、intcal04 較成曲線 (Reimer et al.,2004) を用いた暦年較成を行った。主要元素分析はリガク社製全自動蛍光 X 線分析装置 3270 を使用し、SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ の 10 元素を定量した。

結果と展望

放射性炭素年代測定分析結果から、葉、木片、TOC (全有機炭素) で異なる年代を示すことが明らかとなった。同じ深度のサンプルについて、葉の年代が一番新しく、木片は葉よりも 200 年程度古く、TOC は葉よりも 500 年程度古い年代となった。また、葉は深度とともに年代が古

くのに対し、TOC は随所に年代の逆転が見られ、ばらつきが大きい。これに対して、木片の年代は、両者の間に位置し、葉試料よりも堆積に時間がかかることを示唆している。一方で TOC は碎屑物由来の古い炭素の影響を受けている可能性が示唆される。したがって本研究では、葉試料による年代測定結果が、最も信頼できる堆積年代値を示すと考え、これに基づいた年代モデルを構築した。その結果、RARA09-1 は過去 4500 年間の環境変動を記録していることが明らかになった。

また、堆積物の XRF(蛍光 X 線分析装置)による主要元素組成分析の結果から、風化の指標である化学風化度 CIA (chemical index of alteration = $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}) \times 100$) を求めた。CIA を導く式により、その変動は集水域の岩石の風化強度の変動を表していると考えられる。風化強度は降水量によって制約されるため、CIA の変動は夏モンスーンの強度変動を示しており、CIA の時系列復元を行うことにより、夏モンスーンの変動を求められる。また酸化還元状態に敏感に反応する Mn は、湖底堆積物表面の酸化還元状態を表していると考えられる。湖底の酸化還元状態は風による強制的な鉛直混合によって支配されていると考えられるため、Mn/Al は風のプロキシとして使用できる可能性がある。今後他の地域のモンスーン変動と比較し、総合的に結果の考察を行う。現在コア RARA09-4(全長 4.2m)中に含まれる葉の ^{14}C 分析を行っている。RARA09-4 はコア RARA09-1(2.63m)よりも長いため、復元を過去にさらに延長できると考えられる。

【引用・文献】

- Fleitmann, D., Burns, S. J., Mangini, A., Mudelsee, M., Kramers, J., Villa, I., Neff, U., Al-Subbary, A. A., Buettner, A., Hippler, D. and Matter, A. (2007) Holocene ITCZ and Indian monsoon dynamics recorded in stalagmites from Oman and Yemen (Scotia). *Quaternary Science Reviews*, 26: 170-188.
- Gupta, A.K., Das, M. and Anderson, D.M. (2005) Solar influence on the Indian summer monsoon during the Holocene. *Geophysical Research Letters*, 32: L17703.
- Okino, T. and Satoh, T. (1986) Morphology, physics, chemistry and biology of Lake Rara in West Nepal. *Hydrobiologia*, 140: 125-133.
- Overpeck, J. T. and Cole, J. E. (2007) Lessons from a distant monsoon. *Nature*, 445, 18: 270-271.
- Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Ramsey, C.B., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C.E. (2004) IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 26-0 ka BP. *Radiocarbon*, 46: 1029-1058.
- Wang, Y., Cheng, H., Edwards, R. L., Hr, Y., Kong, X., An, Z., Wu, J., Kelly, M. J., Dykoski, C. A. and Li, X. (2005): The Holocene Asian monsoon: Links to solar changes and North Atlantic climate. *Science*, 308: 854-857.