

完新世における東アジア水循環変動とグローバルモンスーン Changes in hydrological cycle in East Asia during the Holocene and their implication for Global Monsoon

多田 隆治 (TADA RYUJI)

東京大学・大学院理学系研究科・教授



研究の概要

私達の生活に大きな影響を与える東アジア夏季モンスーン降水の空間分布は、どのようなタイムスケールで、どの様に変動してきたのか？揚子江懸濁物の供給源変動と東シナ海北部表層塩分変動の復元を組み合わせることで、南中国における過去～5千年間の夏季モンスーン降水の時間空間分布変動を復元し、偏西風や黒潮などその制御要因との関係を明らかにする。

研究分野：地球システム変動学、環境動態解析

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：東アジア、水循環、モンスーン、完新世、揚子江、水月湖、東シナ海

1. 研究開始当初の背景

東アジア夏季モンスーン[EASM]は、そこに住む人々の生活に大きな影響を与える。また、EASMに伴う降水は、河川を通じて東アジア縁海に淡水や栄養塩を供給し、その海況にも影響を及ぼす。従って、EASM降水の量やその分布パターン、それらの時代変化や制御要因を幾つかの特徴的タイムスケールについて理解する事は有用である。

2. 研究の目的

本研究では、EASMに伴う降水の強度および空間分布が、幾つかの特徴的タイムスケールで、どの様に、どの程度変動したか、その究極の支配要因は何かを、海水準やCO₂濃度等の境界条件が現在とほぼ同じになった完新世中期以降に的を絞って解明する。また、ストームに伴う洪水イベントにも着目し、洪水発生域や頻度とEASM降水の空間分布の関係も探る。

3. 研究の方法

本研究は、1) 揚子江集水域におけるEASM降水空間分布変動と洪水史の復元(揚子江SP)、2) 南中国におけるEASM降水量変動と黒潮強度変動の関係の探求(東シナ海SP)、3) 東アジアにおける偏西風経路変動(と本州日本海側降水変動史)復元(水月湖SP)、という3つのSP(サブプロジェクト)によるアプローチを行い、これらの成果を統合する事により東アジアモンスーンシステムの変動メカニズムを解明する。

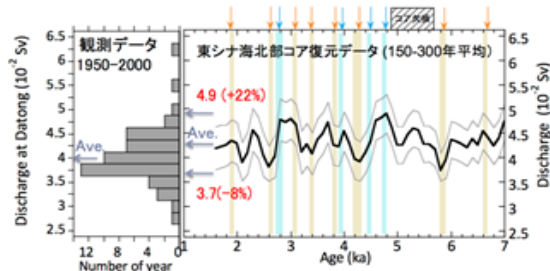
4. これまでの成果

1)揚子江SP：本SPは、揚子江から流出する

懸濁粒子の供給源推定を基に各支流からの河川流出相対寄与率を推定する方法を確立し、それを揚子江デルタコアに適用して、南中国における過去～5千年間の夏季モンスーン降水域分布変動を復元する事を目的とする。そのために、揚子江集水域内の調査を行って夏季・冬季の河床堆積物試料を採取・分析し、河床堆積物中の石英の電子スピン共鳴[ESR]値が流域の基盤年代から推定されるESR値と良く合う事を示した。そして、揚子江では下流域ほど基盤岩年代が古い事を利用して、ESR値より各支流の碎屑物を識別する方法を確立した。更に、各支流のESR値と本流への碎屑物流入量から推定した河口部堆積物のESR値が実際に分析して得られた値と一致する事を確認し、ESR値が堆積物の混合比推定に有効である事を示した。次に、南京師範大学と共同で揚子江デルタYD13地点を掘削し、過去5千年間の泥質堆積物を回収し、現在、高精度・高解像度年代モデル確立のために¹⁴C年代および光刺激ルミネッセンス[OSL]年代測定を行っている。また、揚子江起源懸濁物の供給源変動復元のため、堆積物の細粒画分中の石英ESR信号強度の予察的分析を行ない、特に4～3千年前にかけてESR値が断続的に大きい値を示し、下流部南部域からの碎屑物の寄与が大きかった可能性を示した。

2)東シナ海SP：東シナ海北部の表層塩分は揚子江流出量を反映するが、厳密には複数の水塊の混合で特徴付けられるため、その海水の酸素同位体比から塩分を復元する際に、その

事を考慮する必要がある。そこで 2011-2014 年にかけて水試料採取を行い、黒潮流軸を横切るラインでの海水の酸素同位体比の季節空間変動を調べ、揚子江の淡水、黒潮および台湾海峡通過流、亜表層水との鉛直混合などによってその水塊特性が決まる事を示した。そして、東シナ海北部で採取されたコアの完新世部分について、浮遊性有孔虫の酸素同位体比と Mg/Ca 水温を用いて表層水の酸素同位体比を推定し、そのマスマランスを基に夏季における揚子江流量変化の復元を行った。その結果、完新世の揚子江流量は過去 50 年間の平均値とあまり変わらないが、百年~千年の周期で±10%の振幅で変動していた事を明らかにした(図 1)。一方、黒潮復元手法に関しては、黒潮の流量と黒潮横断面中層水深での温度勾配の相関を利用した復元方法を提案した。そのために、先ず、沖縄周辺の表層堆積物を用いて底生有孔虫 Mg/Ca 水温計を用いた温度指標の作成を行ない、更に、黒潮復元に適したコアを用いて後期更新世-完新世の底生有孔虫の Mg/Ca を測定し、水深 600m の底層水温の変遷復元を通じて黒潮



の流量変動を明らかにしつつある。

図 1: (右) 東シナ海コア分析結果に基づく揚子江流量の復元。黒太線は 150-300 年平均。(左) 観測データに基づく 1950 年~2000 年までの揚子江流量ヒストグラム。

3)水月湖SP: 水月湖掘削は 2011 年夏に行われ、計 4 回の重複掘削を行ない、深度 40m まで完全連続の堆積記録を回収した。掘削終了後、半断面の写真画像を編集し、2006 年に中川らにより掘削され、800 点を越す¹⁴C年代測定が行われたコア(SG06)との詳細な対比を行い、完新世部分だけで 150 点を越える¹⁴C年代をSG12 に投影した。退氷期~完新世部分から試料を選び出して主要元素分析を行い、その結果について因子分析を行って、4 つの因子を抽出した。更に、鉱物、粒度、色分析を行って各因子を特徴づける鉱物組成、粒度、色を明らかにした。その結果、4 つの因子はそれぞれ、碎屑物、生物源シリカ、有機物とリン、自生シデライトを主体とし、それぞれ冬、春、夏、秋の堆積物に対応する可能性が示された。このうち、冬~春の堆積物を表す因子には風成塵が含まれている可能性が、夏の堆積物には洪水性碎屑物が含まれている可能性がある。石英の ESR および CI 分析については、SG06 コアの試料を使って予察的分析を行った結果、風成塵を表すと考

えていた粒度画分中にも、風成塵以外の起源の石英が含まれている可能性が示された。

5. 今後の計画

揚子江SPでは、過去~5 千年間の懸濁物起源細粒碎屑物の供給源変動の復元をより高時間解像度で行うと共に、流域別河川流出量の観測記録や洪水記録とコア試料中の細粒碎屑物の供給源別寄与率の関係をより厳密に調べて、碎屑物供給源寄与率から降水量寄与率を求める式を導出するため、揚子江下流域でコアを掘削し、鉱物・化学組成、粒度分布、粒度別石英粒子 ESR 信号強度の高時間解像度分析を行う。東シナ海SPでは、過去 3 千年部分をさらに高時間解像度で分析し、揚子江デルタコアの記録と詳細な比較を行う。また、完新世における黒潮変動復元結果をまとめて、国際誌に投稿する。更に、IODP Exp. 346 により東シナ海北部で採取されたコア試料を用いた碎屑物供給源変動に関する研究も計画している。水月湖SPでは、風成塵成分抽出における問題点を踏まえて、過去~6 千年間について碎屑物の主要・微量元素組成分析、鉱物組成分析、粒度分析、および石英の ESR, CI(結晶化度)分析を高時間解像度で行いその結果を因子分析すると共に、各因子に含まれる碎屑物の供給源推定をより厳密に行う。更に、得られた結果を基に、供給源毎のフラックスを計算し、風成塵の輸送に関わる偏西風の変動や、本州日本海側の降雨量の変動などを復元する。

6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

Nagashima, K., Tada, R., Toyoda, S., Westerly jet-East Asian summer monsoon connection during the Holocene, *Geochem., Geophys., Geosys.*, 14, doi:10.1002/2013/GC004931, 2013.
Sun, Y., Chen, H., Tada, R., et al., ESR signal intensity and crystallinity of quartz from Gobi and sandy deserts in East Asia and implication for tracing Asian dust provenance, *Geochem., Geophys., Geosys.*, 14, 8, 2615-2627. Aug 2013.
Nakanishi, T., Yamamoto, M., Tada, R., and Oda, H., Centennial-scale winter monsoon variability in the northern East China Sea during the Holocene. *Journal of Quaternary Science*, 27, 956-963. 2012.
多田隆治, 日本海堆積物と東アジア・モンスーン変動-IODP 日本海・東シナ海掘削に向けて-1, 第四紀研究, 51, 151-164, 2012. ホームページ等
科研費基盤(S)「完新世における東アジア水循環変動とグローバルモンスーン」HP <http://www-sys.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~tada/eam/>
国際深海掘削計画 第 346 次航海 HP http://iodp.tamu.edu/scienceops/expeditions/asian_monsoon.html