

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2011～2015

課題番号：23221002

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Changes in hydrological cycle in East Asia during the Holocene and their implication for Global Monsoon

研究代表者

多田 隆治 (TADA, Ryuji)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授

研究者番号：30143366

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 166,300,000円

研究成果の概要(和文)：揚子江河口、東シナ海北部、水月湖、日本海から得られたコア試料分析を基に、東アジア夏季モンスーン[EASM]降水帯位置、揚子江夏季流出量、西南日本夏季豪雨の規模と頻度、日本海上での偏西風軸の位置、の変動を過去6000年間以上に渡って復元してEASM降水フロント位置やストームトラックの千年スケールの変動が偏西風軸の南北振動に規定されて来たことを明らかにし、その全球気候システムにおける位置づけを論じた。

研究成果の概要(英文)：Provenance changes of suspended sediments of the Yangtze River during the last 7 k.y. revealed millennial-scale changes in East Asian summer monsoon (EASM) precipitation front between NW and SE parts of the Yangtze drainage with SE-ward retreat during 5.4-3.5 and 1.9-0.2 k.y. These shifts are associated with southward shifts of the westerly jet(WJ) during the same periods deduced from provenance changes of eolian dust in the Japan Sea sediments, supporting the idea that northern limit of the EASM front is controlled by the position of the WJ. Floods record of Lake Suigetsu implies frequent storms during these periods suggesting shifts of the storm track. Comparison with Southern Hemisphere WJ position revealed symmetric movement of WJ in both hemispheres with respect to the equator, suggesting expansion and shrinkage of the Hadley circulations seem the cause of these changes. It is possible the solar activity is the ultimate forcing but further study is needed.

研究分野：環境動態学、古気候学、古海洋学、古水文学

 キーワード：東アジア夏季モンスーン 降水強度時間空間分布 完新世 揚子江流出量 黒潮変動 偏西風ジェット  
 石英の電子スピン共鳴信号強度 水月湖洪水堆積物

## 1. 研究開始当初の背景

東アジア夏季モンスーン[EASM]は、そこに居住する人々に恵みの雨をもたらす一方、その変動は洪水や干ばつを引き起こし、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 降水の量や分布、時代変化や制御要因を幾つかの特徴的タイムスケールで理解する事は重要である。実際、気候変動予測実験における降水量空間分布予測は、モデル間でのばらつきが大きく信頼性が低いため、古気候記録に基づく EASM 降水の時間・空間分布の時代変動復元は、モデルを改善し予測精度を向上させる意味でも有用である。過去における EASM 降水変動は、レス堆積物の土壌化度、湖の水位、花粉化石に基づく植生、などの復元を基に推定されてきたが、これらの復元は定性的で、時間解像度も低かった。近年、中国において石筍の酸素同位体比( $\delta^{18}O_{st}$ )を用いた EASM 降水変動復元研究が急速に進み、年単位の復元も可能と注目されているが、それらが狭い集水域での局所的な降水を反映しており、特に完新世における数千年より短いタイムスケールでの $\delta^{18}O_{st}$ 変動は S/N比が低く、降水量の局地的不均一、洞窟内での地下水系の違いや温度、湿度変化などの影響を強く受ける事が明らかになってきた。更に、気候変動に伴う水蒸気供給源の変化、一度に降る雨量の $\delta^{18}O_{st}$ への影響評価の必要性も指摘されており、独立した手法による検証が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では EASM に伴う降水強度とその空間分布が、どの様なタイムスケール、様式でどの程度変動したか、それらの支配要因は何か、について、境界条件が現在と近い完新世中期以降(過去 6000 年間)に的を絞ってその解明を目指した。また、ストームに伴う大規模洪水の発生域や頻度との関係も探った。更にこれらの成果を統合して偏西風経路、黒潮強度と EASM 降水帯分布の時空変動、ストームの経路や頻度などの相互関係を明らかにし、その結果を世界各地(特に南半球)のモンスーンの挙動と比較する事によってグローバルモンスーンシステムの実態を明らかにし、その中に東アジア水循環変動を位置づける事を目指した。

## 3. 研究の方法

本研究では、上記目的の達成のために、以下の3つのサブプロジェクト(SP)を立てて研究を行った。

(1)揚子江 SP では、その集水域が EASM 降水の影響を強く受ける揚子江に注目し、その北西部を占める揚子江上流起源の碎屑物とその南東部を占める揚子江中・下流部起源の碎屑物を識別する方法を開発して、それを揚子江河口沖で掘削した堆積物コア試料(YD-13 および MD06-3040;図1)に適用することにより、EASM フロント降水帯の南北移動を過去~6000 年間に渡って復元した(Saito, 2017MS; Wang et al. 2014)。また、過去~2000 年間については、コア試料の軟 X線画像を基に洪水層を識別して歴史洪水記録と比較すると共に、主要な洪水層について洪水起源地域の推定を試みた(Saito, 2017MS)。

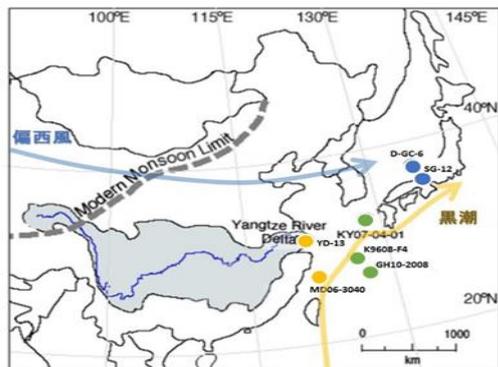


図1 本研究で用いた堆積物コア試料採取地点位置図。  
黄=揚子江SP、緑=東シナ海SP、青=水月湖・日本海SP

(2)東シナ海SPでは、東シナ海北部陸棚沖合から採取したコア試料(KY0704-PC01;図1)を用いて、完新世を通じての表層塩分変動を高解像度で復元し、更に東シナ海陸棚上での水収支を基に揚子江からの淡水流出量の時代変動を過去7000年間に渡って復元した(Kubota et al. 2015)。また、中部沖縄トラフにおいて、黒潮の流路を東西に挟んだ水深~500mの地点から採取された2本のコア(K9608F4, GH10-2008;図1)を用いて、底生有孔虫殻のMg/Ca比から水温を推定し、東西の水温勾配が黒潮流量と相関することを利用して黒潮流量変動を過去7000年間に渡って復元し(Kubota et al. in prep.)、東シナ海北部表層塩分変動との関係を調べた。

(3)水月湖・日本海SPでは、完新統部分について100を越える炭素14年代測定によって高精度・高解像度で年代目盛りが振られ、生物擾乱の影響が小さく、直接集水域が狭く、間接集水域から三方湖経由でのみ細粒(<4 $\mu$ m)碎屑物が流入するため風成塵(~10 $\mu$ m)を見分けやすいという水月湖堆積物の特徴に着目して、水月湖湖心で掘削を行った(SG-12;図1)。そして、過去7000年間について全岩元素組成分析を行ってその碎屑物成分の因子分析を行い、河川起源細粒懸濁物成分、風成塵成分、直接集水域起源粗粒碎屑物成分を分離し、それぞれの成分のフラックスを推定した(Suzuki, 2017MS)。更に、コアの半断面のスキヤン画像、軟X線画像を基に、イベント層を識別すると共に、過去100年間について近隣気象観測所(敦賀)での観測記録と堆積記録との比較を行ない、灰色のイベント層が洪水に依ること、その厚さが洪水を引き起こした豪雨の降水量を反映することを示した(Suzuki et al. 2016)。また、バックグラウンド堆積物中の碎屑物の堆積フラックスが50~100mm/dayの強雨頻度と良い正相関を持つことも示した(Suzuki, 2017MS)。また、日本海堆積物コア(D-GC-6;図1)について、細粒シルトサイズの石英のESR信号強度を基に、それがタクラマカン砂漠起源かゴビ砂漠起源かの識別を行い、タクラマカン砂漠起源の風成塵の寄与が大きいのは偏西風ジェットがチベットの北側(タクラマカン砂漠上空)に長く留まったことを意味するとして、日本海上空での偏西風ジェット軸南北移動の復元を行った(Nagashima et al. 2013)。更に、水月湖堆積物の碎屑物成分の粒度分布解析によって、碎屑物中の粗粒(~10 $\mu$ m)分布を抽出し、そのフラックス変動を復元して過去約100年間の風成塵フラックスの変動を議論した(Nagashima et al. 2016)。

#### 4. 研究成果

(1) 揚子江SP：揚子江SPでは、先ず揚子江全流域に渡って懸濁物や河床堆積物を採取し、それらの細粒シルト画分（懸濁物に相当）について鉱物・化学・粒度組成や石英のESR信号強度を分析して、集水域北東部（上流域）と南西部（下流域）起源の堆積物が、石英のESR信号強度と結晶化度(CI)により明確に識別できること、揚子江河口から流出する堆積物中の石英のESR信号強度が、2つの流域における降水量の比を反映していることを示した(Saito et al. 2017)。この結果を、揚子江河口沖合で掘削したコア(YD-13)および懸濁物が海岸線に沿って南西に流下して形成されたMud Beltで掘削されたコア(MD06-304)に適用して、揚子江集水域におけるEASM多降水域の変動を過去6000年間に渡って復元した(図2c; Saito, 2017MS; Wang et al. 2017 submitted)。その結果、5400~3500年前および2000~200年前にかけては、揚子江下流域で上流より相対的に多くのEASM降雨があり、特に4500、1900、500年前に南部での降水の寄与が多かったことが示された(図2c)。

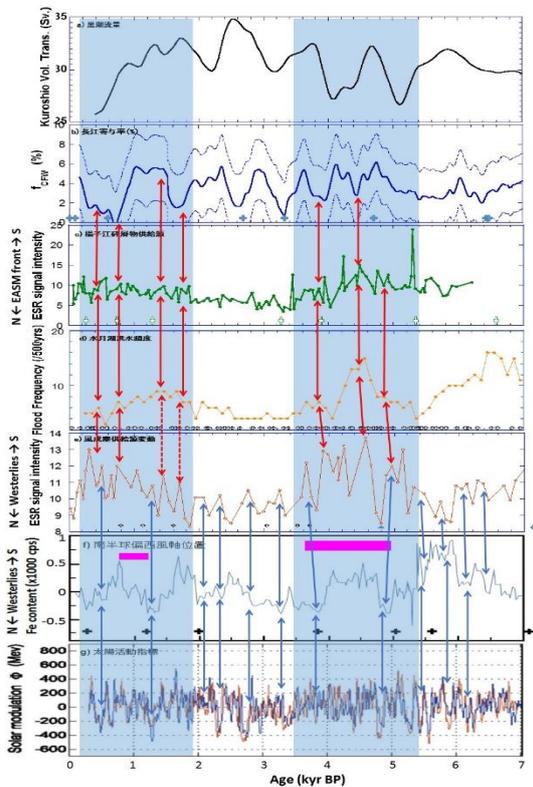


図2 過去~7000年間に渡る(a)黒潮流量、(b)揚子江河川流出量、(c)揚子江懸濁物の供給源、(d)水月湖における洪水頻度、(e)日本海堆積物中風成塵の供給源、(f)南半球における偏西風軸位置の指標(from Lamy et al. 2001)、(g)太陽活動の指標(from Knudsen et al. 2009)、の変動。青shadeは、東アジアの偏西風軸とEASM frontが、数千年スケールで南にシフトしている時期、赤矢印は、数百年スケールで偏西風軸とEASM frontが南にシフトし、水月湖で洪水頻度が増した時期を示す。青矢印は、数百年スケールで南北半球の偏西風が互いに逆方向かつ赤道側にシフトした時期を示し、これらの時期の多くは太陽活動の極小期に対応している。ピンク色のバーは、両半球の偏西風が互いに南にシフトした時期を示す。

更にYD-13コアの過去2500年間に就いて洪水層を認定し、その起源地域を特定して洪水頻度および洪水発生域の時代変動を復元し、EASM多降水域の移動と比較したところ、①洪水の多発が約2200、1550、1200、800、400年前に起こったこと、②EASM多降雨域が南東方向へシフトするのとほぼ同時に洪水発生頻度が増加する傾向があることが明らかになった(図3a, 3b; Saito, 2017MS)。

(2) 東シナ海SP：東シナ海SPでは、KY0704-PC01コアを使って揚子江夏季淡水流出量の時代変化を過去7000年に渡って復元した。今回の分析では、Kubota et al. (2010)と同じコア試料を用いているが、完新世部分について、分析の時間解像度を2倍以上に上げると共に、分析結果を基に導出した表層水の酸素同位体比( $\delta^{18}O_{sw}$ )の解釈の際に、揚子江起源の淡水と台湾暖流起源の海水の酸素同位体比の時代変化を考慮した同位体収支計算により復元を行なった(図2b; Kubota et al. 2015)。その結果、①揚子江の夏季流出量は過去7000年間で僅かながら増加傾向にあり、約5000年前以降、数百年スケールの変動の振幅が増加したこと、②揚子江の夏季の流出量は数百年スケールで現在値の $\pm 17\%$ 程度変動し、およそ6000、4800~4600、4200~4000、~3600、3000~2800、~2400、1500~1000年前に現在より有意に高く、約3300、700年前に現在よりやや低いレベルにあったこと、③現在の夏季流出量は過去7000年間の中では低いレベルにあることが示された。

また、沖縄トラフ中部の2本のコアを使って過去7000年間の黒潮流量変動の復元を行なった結果、①黒潮流量の長期的変化傾向は認められず、千年スケールでは $\pm 10\%$ 程度の振幅で変動したこと、②約2400~2800年前に黒潮流量が特に多く、約4700、3800、1700、1300年前にもやや多かったこと、③700年前以降減少していること、が示された(図2a; Kubota et al. in prep.)。

(3) 水月湖・日本海SP：水月湖・日本海SPでは、水月湖で掘削したSG-12コアの完新世堆積物のうち生物擾乱のため年縞が保存されて

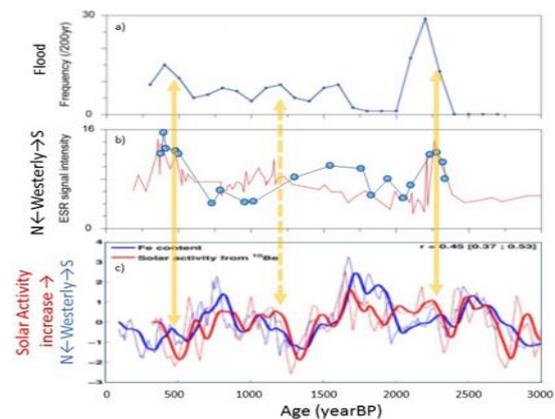


図3：揚子江における過去3000年間の(a)洪水頻度、(b)洪水発生源(青丸は洪水層、赤丸は通常堆積物)、(c)南半球における偏西風軸位置の指標(from Varma et al. 2011)、の変動。黄色矢印は、EASM frontが南下した時期に洪水頻度が増え、東半球では偏西風が北にシフトしたことを示す。

いない1640年以前について、バックグラウンド碎屑物と風成塵のフラックスの過去7000年間の時代変化を推定した。バックグラウンド碎屑物フラックスは、1200年前以前は、 $\sim 3.5 \text{ mg/yr/cm}^2$ で概ね一定だったが、6800 $\sim$ 5200、3400 $\sim$ 1300年前にかけて $\sim 3 \text{ mg/yr/cm}^2$ とやや低く、5200 $\sim$ 3400年前に $\sim 4 \text{ mg/yr/cm}^2$ とやや高い傾向がある。また $\sim$ 1200年前以降はおよそ $7 \text{ mg/yr/cm}^2$ と倍増し、数10 $\sim$ 数100年スケールの変動振幅も倍増した。こうした細粒碎屑物フラックスの著しい上昇は、人間活動の影響による可能性があるため、今後更に検討する必要がある。風成塵フラックスは、6400 $\sim$ 6000および1800年前以降で $\sim 1.5 \text{ mg/yr/cm}^2$ 以上と高く6000 $\sim$ 5100、3500 $\sim$ 1800年前に $\sim 1.5 \text{ mg/yr/cm}^2$ 以下と低い傾向が顕著である。また、洪水の規模・頻度を過去7000年間に渡って復元した結果(図2d)、洪水は200 $\sim$ 600年周期で再来する傾向があり、特に6900 $\sim$ 6400、4600 $\sim$ 4300年前には洪水が長期間に渡って頻発し、1300 $\sim$ 1700年前にかけても洪水の頻度が高かったこと、再来周期が短い時には洪水規模が大きい傾向があることが示された。観測記録に基づく水月湖に洪水をもたらす豪雨の8割が台風によることから、これらの時期に西南日本を縦断する台風が頻発した可能性がある(Suzuki, 2017MS)。一方、日本海堆積物中の風成塵供給源変動の復元を通じて日本海上空での偏西風軸の南北移動を推定し、約6500 $\sim$ 5500、3500 $\sim$ 1800年前にかけては偏西風軸が北上し、約4600 $\sim$ 3900、1100 $\sim$ 200年前には偏西風軸が南下していたことを示した(図2e; Nagashima et al. 2013)。

(4) SP成果の統合：これら3つのSPの結果から、①完新世の東アジアにおける偏西風軸とEASM降水フロントの位置は数百 $\sim$ 数千年スケールで連動しており、約5400 $\sim$ 3500、1900 $\sim$ 900年前にかけて、偏西風軸が南下すると共にEASMフロントが揚子江集水域南西部に移動したこと(図2e, 2c)、②特に南へのシフトがピークとなる4600 $\sim$ 4400、800 $\sim$ 300年前頃に揚子江夏季流出量は減少していたが(図2b)、歴史記録によればこれらの時期には揚子江ではむしろ洪水が頻発していたこと、どちらかと言えばEASMフロントが南下した時期に揚子江流出量が減少する傾向があるものの両者の間にはそれ程明確な関係は見られないこと、③同じ4600 $\sim$ 4400年前頃、水月湖でも現在の2 $\sim$ 3倍の頻度で洪水が頻発しており(図2d)、総じて偏西風軸が南下してEASMフロントが揚子江集水域南西部に移動した時期に、西南日本を縦断するような台風が多発したらしいこと、が明らかになった。

(5) グローバルモンスーン変動への示唆：こうしたEASMの変動をグローバルモンスーンの枠組みで見るために、東アジアにおける偏西風の動きを、南半球における動き(Lamy et al. 2001)と比較した(図2e, 2f)。その結果、数百 $\sim$ 数千年スケールでの両者の動きは概ね逆位相である事が示された。これは、ハドレー循環の拡大・縮小により偏西風帯が赤道を軸に南北半球で対称な移動を繰り返したことを示唆する。こうしたハドレー循環の拡大・縮小は、最終氷期に大西洋子午面海洋循環(AMOC)の強弱に駆動されて千年スケールで起

こったとされる南北半球で同位相(同方向)の偏西風帯移動とは明らかに様式が異なる。完新世にはAMOC強度の変動がほとんど認められないことも、AMOCとは異なる要因が偏西風の南北移動を支配した可能性を示唆する。例外は、4900 $\sim$ 3600、1200 $\sim$ 800年前で、両者の動きは同位相に見える。これらの時期には、北大西洋高緯度域が寒冷化すると共に、僅かながらAMOCが弱まったことが知られており(Oppo et al. 2003; McManus et al. 2004)、AMOCの弱化により偏西風帯が南下した可能性が高い。赤道を軸としたハドレー循環の拡大・縮小とそれに伴う偏西風帯の南北半球で対称な移動の原因として、大気中の $\text{CO}_2$ 濃度や太陽活動の変動が指摘されている。そこで、過去7000年間について大気中の $\text{CO}_2$ 濃度および太陽活動の指標と比較した所、大気 $\text{CO}_2$ 濃度には対応した変動が見られなかったが、太陽活動が低い時期に偏西風が赤道側にシフトする傾向が見られた(図2g, 3c)。これは最近の気候モデルの結果とも調和的で、太陽活動が数百 $\sim$ 数千年スケールの気候変動を引き起こしている可能性を示唆する。今後こうした関係の確実性を更に検討してゆく必要がある。

<引用文献>  
Knudsen et al. (2009) *Geophys. Res. Lett.*, 36, L16701, doi:10.1029/2009GL039439.  
Kubota et al. (2010) *Paleoceanography*, 25, PA4205, doi:10.1029/2009PA001891.  
Kubota et al. (2015) *Clim. Past*, 11, 265-281.  
Lamy et al. (2001) *Earth Planet. Sci. Lett.*, 185, 369-382.  
McManus et al. (2004) *Nature*, 428, 834-837.  
Nagashima et al. (2013) *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 14, 5041-5053.  
Nagashima et al. (2016) *Geophys. Res. Lett.*, 43, doi:10.1002/2015GL067589.  
Oppo et al. (2003) *Nature*, 422, 277-278.  
Saito (2017MS) Doctoral Thesis, Graduate School of Science, Univ. of Tokyo.  
Saito et al. (2017) *Progress in Earth and Planetary Science* 4:4DOI 10.1186/s40645-017-0118-9.  
Suzuki (2017MS) Doctoral Thesis, Graduate School of Science, Univ. of Tokyo.  
Suzuki et al. (2016) *Progress in Earth and Planetary Science* 2016 3:5. doi:10.1186/s40645-016-0081-x  
Varma et al. (2011) *Clim. Past*, 7, 339-347.  
Wang et al. (2014) *Quat. Internat.*, 349, 79-89.  
5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)  
[雑誌論文](計 48 件)  
① Saito, K., Tada, R., Zheng, H., Irino, T., Luo, C., He, M., Wang, K. & Suzuki, Y. ESR signal intensity of quartz in the fine-silt fraction of the riverbed sediments of Yangtze River: a provenance tracer for suspended particle matter. *Progress in Earth and Planetary Science* (査読有) vol. 4, doi:10.1186/s40645-017-0118-9 (2017).  
② Carter, A., Clemens, S., Kubota, Y., Holbourn, A. & Martin, A. Differing oxygen isotopic signals of two Globigerinoides ruber (white) morphotypes in the East China Sea: Implications for

- paleoenvironmental reconstructions. *Marine Micropaleontology* (査読有) doi:10.1016/j.marmicro.2017.01.001 (2017)
- ③ Toyoda, S., Nagashima, K. & Yamamoto, Y. ESR signals in quartz: Applications to provenance research - A review. *Quaternary International* (査読有) vol. 397, 258-266, doi:10.1016/j.quaint.2015.05.048 (2016)
- ④ Suzuki, Y., Tada, R., Yamada, K., Irino, T., Nagashima, K., Nakagawa, T. & Omori, T. Mass accumulation rate of detrital materials in Lake Suigetsu as a potential proxy for heavy precipitation: a comparison of the observational precipitation and sedimentary record. *Progress in Earth and Planetary Science* (査読有) vol. 3, doi:10.1186/s40645-016-0081-x (2016).
- ⑤ Nagashima, K., Suzuki, Y., Irino, T., Nakagawa, T., Tada, R., Hara, Y., Yamada, K. & Kurosaki, Y. Asian dust transport during the last century recorded in Lake Suigetsu sediments. *Geophysical Research Letters* (査読有) vol. 43, 2835-2842, doi:10.1002/2015gl067589 (2016).
- ⑥ Motoyama, I., Yamada, Y., Hoshihara, M. & Itaki, T. Radiolarian assemblages in surface sediments of the Japan Sea. *Paleontological Research* (査読有) vol. 20, 176-206, doi:10.2517/2015pr030 (2016).
- ⑦ Kubota, Y., Tada, R. & Kimoto, K. Changes in East Asian summer monsoon precipitation during the Holocene deduced from a freshwater flux reconstruction of the Changjiang (Yangtze River) based on the oxygen isotope mass balance in the northern East China Sea. *Climate of the Past* (査読有) vol. 11, 265-281, doi:10.5194/cp-11-265-2015 (2015).
- ⑧ Kubota, Y., Kimoto, K., Itaki, T., Yokoyama, Y., Miyairi, Y. & Matsuzaki, H. Bottom water variability in the subtropical northwestern Pacific from 26 kyrBP to present based on Mg/Ca and stable carbon and oxygen isotopes of benthic foraminifera. *Climate of the Past* (査読有) vol. 11, 803-824, doi:10.5194/cp-11-803-2015 (2015).
- ⑨ He, M., Zheng, H., Clift, P. D., Tada, R., Wu, W. & Luo, C. Geochemistry of fine-grained sediments in the Yangtze River and the implications for provenance and chemical weathering in East Asia. *Progress in Earth and Planetary Science* (査読有) vol. 2, doi:10.1186/s40645-015-0061-6 (2015).
- ⑩ Sugisaki, S., Buylaert, J.-P., Murray, A., Tada, R., Zheng, H., Ke, W., Saito, K., Chao, L., Li, S. & Irino, T. OSL dating of fine-grained quartz from Holocene Yangtze delta sediments. *Quaternary Geochronology* (査読有) vol. 30, 226-232, doi:10.1016/j.quageo.2015.02.021 (2015).
- ⑪ Wang, K., Zheng, H., Tada, R., Irino, T., Zheng, Y., Saito, K. & Karasuda, A. Millennial-scale East Asian Summer Monsoon variability recorded in grain size and provenance of mud belt sediments on the inner shelf of the East China Sea during mid-to late Holocene. *Quaternary International* (査読有) vol. 349, 79-89, doi:10.1016/j.quaint.2014.09.014 (2014).
- ⑫ Luo, C., Zheng, H., Tada, R., Wu, W., Irino, T., Yang, S. & Saito, K. Tracing Sr isotopic composition in space and time across the Yangtze River basin. *Chemical Geology* (査読有) vol. 388, 59-70, doi:10.1016/j.chemgeo.2014.09.007 (2014).
- ⑬ Hong, B., Gasse, F., Uchida, M., Hong, Y., Leng, X., Shibata, Y., An, N., Zhu, Y. & Wang, Y. Increasing summer rainfall in arid eastern-Central Asia over the past 8500 years. *Scientific Reports* (査読有) vol. 4, doi:10.1038/srep05279 (2014).
- ⑭ Yamamoto, Y., Toyoda, S., Nagashima, K., Igarashi, Y. & Tada, R. Investigation of the temporal change of the sources of Aeolian dust delivered to East Asia using electron spin resonance signals in quartz. *Geochronometria* (査読有) vol. 40, 355-359, doi:10.2478/s13386-013-0121-x (2013).
- ⑮ Nagashima, K., Tada, R. & Toyoda, S. Westerly jet-East Asian summer monsoon connection during the Holocene. *Geochemistry Geophysics Geosystems* (査読有) vol. 14, 5041-5053, doi:10.1002/2013gc004931 (2013).
- ⑯ Sun, Y., Chen, H., Tada, R., Weiss, D., Lin, M., Toyoda, S., Yan, Y. & Isozaki, Y. ESR signal intensity and crystallinity of quartz from Gobi and sandy deserts in East Asia and implication for tracing Asian dust provenance. *Geochemistry Geophysics Geosystems* (査読有) vol. 14, 2615-2627, doi:10.1002/ggge.20162 (2013).
- ⑰ Ramsey, C. B., Staff, R. A., Bryant, C. L., Brock, F., Kitagawa, H., van der Plicht, J., Schlolaut, G., Marshall, M. H., Brauer, A., Lamb, H. F., Payne, R. L., Tarasov, P. E., Haraguchi, T., Gotanda, K., Yonenobu, H., Yokoyama, Y., Tada, R. & Nakagawa, T. A Complete Terrestrial Radiocarbon Record for 11.2 to 52.8 kyr BP. *Science* (査読有) vol. 338, 370-374, doi:10.1126/science.1226660 (2012).
- ⑱ Nakanishi, T., Yamamoto, M., Irino, T. & Tada, R. Distribution of glycerol dialkyl glycerol tetraethers, alkenones and polyunsaturated fatty acids in suspended particulate organic matter in the East China Sea. *Journal of Oceanography* (査読有) vol. 68, 959-970, doi:10.1007/s10872-012-0146-4 (2012).
- ⑲ Schlolaut, G., Marshall, M. H., Brauer, A., Nakagawa, T., Tada, R. (15人中13番目) An automated method for varve interpolation and its application to the Late Glacial chronology from Lake Suigetsu, Japan. *Quaternary Geochronology* (査読有) vol. 13, 52-69, doi:10.1016/j.quageo.2012.07.005 (2012)
- ⑳ Nakagawa, T., Gotanda, K., Haraguchi, T., Danhara, T., Yonenobu, H., Brauer, A., Yokoyama, Y., Tada, R., (19人中8番目) A fully continuous and varved sediment core from Lake Suigetsu, Japan: stratigraphy and potential for improving the radiocarbon calibration model and understanding of late Quaternary climate changes. *Quaternary Science Reviews* (査読有) vol. 36, 164-176, doi:10.1016/j.quascirev.2010.12.013 (2012)

[学会発表] (計 167 件)

- ① Saito, K., Wang, K., Tada, R., Zheng, H., Irino, T., Sugisaki, S., Suzuki, Y., Kurokawa, S. & Uchida, M. Transportation and sedimentary process of fine detrital particles in the Yangtze delta during the late Holocene based on  $^{14}\text{C}$  ages of shell fossils, benthic foraminifera, and organic carbon and their paleo-climatological implication. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会. 幕張メッセ(千葉県千葉市) 2016/5/26
- ② Nagashima, K., Hara, Y., Nishido, H., Suzuki, Y., Tada, R., Sasaoka, K., Goto-Azuma, K., Yamada, K., Irino, T. & Nakagawa, T. Asian dust depositional flux changes during the last 100 years recorded in Lake Suigetsu sediment, Japan. 8th International Conference on Asian Marine Geology. 2015 済州(韓国) 2015/9/5
- ③ Irino, T., Nakai, Y., Lu, S., Yamamoto, M., Miyazaki, Y., Kawamura, K., Yamada, K., Yonenobu, H., Tada, R., Murray, R. W., Zarikan, C. A. & Exp. 346 Scientists. Temporal variation of very fine elemental carbon in marginal sea and lake sediments in the northern Far East region(oral). XIX INQUA. 2015 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市) 2015/7/29
- ④ Suzuki, Y., Tada, R., Nagashima, K., Irino, T., Yamada, K., Nakagawa, T., Gotanda, K., Hraguchi, T. & Suigetsu (06/12) Project Members. Quantitative reconstruction of precipitation record based on detrital flux to Lake Suigetsu during the last 5000 years. XIX INQUA. 2015 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市) 2015/7/29
- ⑤ Tada, R., Wang, K., Saito, K., Kubota, Y. & Zheng, H. Millennial-scale Shifts in Summer Monsoon Front Position in East Asia during the late Holocene deduced from Provenance Changes of the Yangtze River Suspended Particulate Matter. AGU Chapman Conference 2015. 香港(中国) 2015/6/15
- ⑥ Kubota, Y., Kimoto, K., Tada, R. & Yokoyama, Y. Variations in the Yangtze River outflow in the last 7 ky deduced from  $\text{d}^{18}\text{O}$  and  $\text{Mg}/\text{Ca}$  in the northern East China Sea. AGU 2014 サンフランシスコ(米国) 2014/12/18
- ⑦ Sugisaki, S., Buylaert, J.-P., Murray, A. S., Tada, R., Zheng, H., Wang, K., Saito, K., Luo, C., Li, S., Irino, T. & Uchida, M. OSL dating of fine-grained quartz from Holocene Yangtze delta sediments. AGU 2014. サンフランシスコ(米国) 2014/12/18
- ⑧ Kubota, Y., Kimoto, K., Tada, R., Itaki, T., Uchida, M. & Ikehara, K. Quantitative reconstruction of the Kuroshio transport during the Holocene based on benthic  $\text{Mg}/\text{Ca}$  in the East China Sea. 11th Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society (AOGS). 2014 ロイトン札幌ホテル, (北海道札幌市) 2014/7/29
- ⑨ Nagashima, K., Tada, R. & Toyoda, S. Westerly jet-East Asian summer monsoon variations during the Holocene (oral). ESSAS Annual Science Meeting. 2014 コペンハーゲン(デンマーク) 2014/4/8
- ⑩ Wang, K., Zheng, H., Irino, T., Tada, R. & Zheng, Y. Variation in the Yangtze

River discharge during the Holocene based on sedimentological records from the East China Sea inner shelf. The 3rd International IMAGES/PAGES Workshop of Western Pacific Paleoceanography. 2013 高雄, (台湾) 2013/1/21

⑪ Tada, R. Variations of hydrological cycle in East Asia during the Holocene and its association with the Global Monsoon. SG06 annual meeting in Newcastle. 2012 ニューカッスル(英国) 2012/3/23

[図書] (計 2 件)

① 多田隆治, 気候変動を理学する: 古気候学が変える地球環境観, みすず書房, ISBN 978-4-622-07749-7 C1040, 2013, 312 頁

[産業財産権]

- 出願状況(計 0 件)
- 取得状況(計 0 件)

[その他]

多田&高橋研究室 Website

<http://www-sys.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~tada/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

多田 隆治 (TADA, Ryuji)  
東京大学・大学院理学系研究科・教授  
研究者番号: 30143366

### (2) 研究分担者

板木 拓也 (ITAKI, Takuya)  
国立研究開発法人産業技術総合研究所・地球情報研究部門・主任研究員  
研究者番号: 30509724

木元 克典 (KIMOTO, Katsunori)  
国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境観測研究開発センター・主任技術研究員  
研究者番号: 40359162

内田 昌男 (UCHIDA, Masao)  
国立研究開発法人国立環境研究所・環境計測研究センター・主任研究員  
研究者番号: 50344289

入野 智久 (IRINO, Tomohisa)  
北海道大学・地球環境科学研究科(研究院)・助教  
研究者番号: 70332476

長島 佳菜 (NAGASHIMA, Kana)  
国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境観測研究開発センター・技術研究員  
研究者番号: 90426289

久保田 好美 (KUBOTA, Yoshimi)  
独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・環境変動史研究グループ・研究員  
研究者番号: 90426289

### (3) 連携研究者

中川 毅 (NAKAGAWA, Takeshi)  
立命館大学・総合科学技術研究機構・教授  
研究者番号: 20332190

### (4) 研究協力者

ZHENG HONGBO  
南京師範大学・地理科学院・教授