

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（S）

研究期間：2006 ～ 2010

課題番号：18101001

研究課題名（和文）近未来予測のための古海洋学：温暖化に伴う気候モードジャンプの可能性

研究課題名（英文）Paleoceanography for future prediction: a possibility of climate mode jump with global warming

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

研究成果の概要（和文）：北西太平洋から採取したコアの分析を基に、最終間氷期以降の東アジアモンスーン、偏西風軸の挙動変化を復元し、北大西洋における千年スケールの気候変動との関係を調べた結果、偏西風軸位置の変動を通じて東アジアモンスーンが北大西洋の気候変動とリンクしていたこと、両者の変動の位相関係が氷期と後氷期で逆転していたことが示された。北太平洋中層水も、そうした変動に連動して変動していた。更に、最終間氷期の復元結果は、温暖化に伴い偏西風と夏季モンスーンフロントが北上する可能性を示唆した。

研究成果の概要（英文）：Changes in behaviors of East Asian monsoons and westerly jet axis since the last interglacial period were reconstructed using piston cores retrieved from the NW Pacific, and their relation with millennial-scale climatic changes in the North Atlantic were examined. The results suggest that changes in the position of westerly jet played a role of linking changes in East Asian monsoons with climatic changes in the Northern Atlantic. The results further suggest that the phase relation between changes in the North Atlantic climate and East Asian monsoons reversed between the last glacial and the Holocene. Ventilation rate of North Pacific Intermediate Water also varied in association with these changes during the last glacial period. The results of the last interglacial reconstruction further suggest that westerly jet axis and East Asian monsoon front may shift northward in response to the global warming.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	29,400,000	8,820,000	38,220,000
2007年度	28,600,000	8,580,000	37,180,000
2008年度	9,200,000	2,760,000	11,960,000
2009年度	9,200,000	2,760,000	11,960,000
2010年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
総計	84,000,000	25,200,000	109,200,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学、環境動態解析

キーワード：①気候モードジャンプ ②東アジアモンスーン ③偏西風 ④古海洋 ⑤近未来予測

## 1. 研究開始当初の背景

グリーンランド氷床コアの酸素同位体比の

記録は、i)最終氷期の気候が複数の不連続的なモードからなり、数百～数千年の周期で温

暖なモード（亜間氷期）と寒冷なモード（亜氷期）間でのジャンプを繰り返した事（ダンスガードーオシュガー・サイクル＝**DOC**と呼ばれる）、ii)最終間氷期には現在よりも温暖な気候モードが存在し、現在と同じ、あるいはより寒冷な気候モードとの間でジャンプを繰り返した可能性がある事、を示した。更に、iii)後氷期にも振幅は小さいが類似した周期の変動が北半球中～高緯度域を中心に存在し（ボンド・イベントズ＝**BE**と呼ばれる）、後氷期初頭には現在より暖かい気候モードが存在した可能性が高い事、が示されていた。当時の最新観測記録は、温暖化の進行に伴い、地球の気候が、人類が未体験のモードに入りつつある可能性を示唆していた。そこで研究代表者らは、「後氷期の気候状態が必ずしも安定ではなく、モードジャンプが起こる可能性があるのではないか。その場合、そうした気候変動に迅速かつ適切に対処するには、この未体験モードがどの様なもので、そこへの移行がどの程度急激なのかを知る必要がある」と考えて本研究を申請し、採択された。

研究代表者らは、それまでの研究で、最終氷期の **DOC** に同調してアジアモンスーンが大きく変動した事、その変動が日本上空での偏西風ジェット (**WJ**) 軸の南北振動を伴っていた可能性がある事を示していた。そこで、**WJ** 経路変動が **DOC** に象徴される急激な気候変動の増幅、伝播に重要な役割を果たした可能性がある、と考えた。研究代表者らはまた、**DOC** に連動してオホーツク海の水温や塩分、更に北太平洋中層水 (**NPIW**) の流速が変動した可能性があると考えていた。オホーツク海における当時の観測研究は、アジア夏季モンスーン (**EASM**) の強度変化がアムール川の流出量変化を引き起こす事、東アジア冬季モンスーン (**EAWM**) 風がオホーツク海沿岸部でポリニア (開氷面) を形成し、そこで北太平洋深層水の元となるオホーツク海中層水が形成される事を示していた。これらの事は、**DOC** に連動した **EASM** 強度変化が、アムール川流出量変動を通じてオホーツク海表層水温 (**SST**) や表層塩分 (**SSS**) の変動を引き起こした可能性、**DOC** に連動した **EAWM** 強度や **WJ** 経路の変化がポリニアの形成を通じて **NPIW** の生成場所や速度を変化させた可能性を示唆していた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、東アジア～北西太平洋域を例に、アジアモンスーンや **WJ** の経路変動が、**DOC** や **BE** に象徴される急激な気候変動の増幅、伝播にどの様に拘っていたかを検証すると共に、間氷期における現在より温暖な気候モードの存在とその実態を解明する事にある。その為に、以下の具体目的を設定した。

1) **EASM** 強度、日本海内の亜極前線位置、オホーツク海における **SST**, **SSS** の変動を最

終間氷期以降について復元し、それらの相互関係を明らかにする。

2) **EAWM** 強度、日本海上空の **WJ** 軸位置、オホーツク海、ベーリング海における海水分布、中層水の形成場所と強度の時代変動を最終間氷期以降について復元し、これらの相互関係を明らかにする。更に、**NPIW** の起源と強度変動についても検討する。

3) 特に最終間氷期および後氷期初頭について、現在よりも温暖な気候モードが存在した可能性を検証すると共に、その実態や変動様式を明らかにする。

4) 1), 2), 3) の結果を元に、上記の気候・海洋環境指標の相互関係、変動周期、振幅、変動様式が、氷期と間氷期でどう異なったのかを比較検討する事により、急激な気候変動の増幅、伝播機構を解明する。特に、**DOC** の亜氷期、亜間氷期モードや、現在より温暖な気候モードに対応した気圧配置の違いの復元を試みる事により、急激な気候変動の増幅、伝播に大気循環が果たす役割を検討する。

## 3. 研究の方法

こうした具体目的を達成するために、東シナ海、日本海、十勝沖、オホーツク海、ベーリング海においてコアを採取し、海域毎に目標を設定してコアの分析を行なった。

1) 東シナ海: 東シナ海の **SSS** は、揚子江の流出量と負の相関を持つ。そこで東シナ海では、浮遊性有孔虫殻の  $\delta^{18}\text{O}$  と **Mg/Ca** 比を組み合わせて **SST**, **SSS** を推定する事により揚子江の淡水流出量変動を推定し、**EASM** 強度の時代変動を復元する。

2) 日本海中部: 研究代表者らの研究により、日本海堆積物中の細粒シルト画分が風成塵からなること、風成塵は中国西方砂漠から **WJ** により運搬されたものと、シベリアから春季の砂塵嵐により運搬されたものの混合物である事が示されている。また、亜極前線の位置は **WJ** に規定されている可能性がある。そこで、日本海中部で、風成塵粒度や供給源の変化を調べる事により **WJ** 軸位置の時代変動を復元すると共に、アルケノン古水温計を用いて緯度方向の **SST** 勾配を調べる事により夏季の亜極前線位置の変動復元を試みる。

3) 日本海北西部: 現在の日本海北西部では、**EAWM** 風により海水が形成され、溶存酸素に富んだ深層水が形成されている。そこで、日本海北部で海水に運搬された細礫 (**IRD** と呼ばれる) の起源や分布を調べてそれらの時代変動を復元すると共に、中深層水の性質に敏感な放射状化石群集組成や底生有孔虫の  $\delta^{13}\text{C}$  比を調べて **ventilation** の程度を推定する事により、**EAWM** 強度の時代変動復元を試みる。

4) オホーツク海: オホーツク海の **SSS** は、アムール川の流出量に大きく影響される。また、**EAWM** 風による海水の形成場であるポリ

ニアの位置は、EAWM 風の風速や風向に支配される。更に、ポリニアでは、海水形成時の塩分吐き出しによりオホーツク海中層水が形成される。そこで、オホーツク海ではアルケノンを用いて SST、SSS を復元することによりアムール川流出量の時代変動を推定する。また、IRD 分布を調べる事により、海水分布の時代変動を復元する。更に、放散虫化石群集組成や底生有孔虫殻の $\delta^{13}\text{C}$ 比を元に中層水形成の有無やその時代変動の復元を試みる。

5) 十勝沖： 十勝沖では、放散虫化石群集組成や底生有孔虫殻の $\delta^{13}\text{C}$ 比、 $\Delta^{14}\text{C}_{\text{b-p}}$ （底生有孔虫と浮遊性有孔虫の $^{14}\text{C}$ 年代差）などを調べて、NPIW の起源と速度の時代変化の復元を試みる。

6) ベーリング海： 現在のベーリング海では、ポリニアの形成は稀で、中深層水はほとんど形成されていないが、氷期にはこれが大幅に増加していた可能性が指摘されている。そこで、IRD の起源や分布を調べる事によりポリニアの位置や海水分布の時代変動を復元する。更に、放散虫化石群集組成や底生有孔虫殻の $\delta^{13}\text{C}$ 比、粗粒シルト粒子の粒度（底層水流速の指標）を調べ、中層水形成の有無や形成速度の時代変動を復元する。

#### 4. 研究成果

上記の海域別研究目標を達成するために、本研究では、MR06-04, KY07-04, KR07-12, KT08-10 の航海を実施し、ピストンコアを採取した。また、既存のピストンコア試料についても、分析、解析に利用した。それらのコアの採取位置を図1に示す。以下では先ず、海域ごとの目標がどの程度達成され、何が明らかにされたかを説明する。

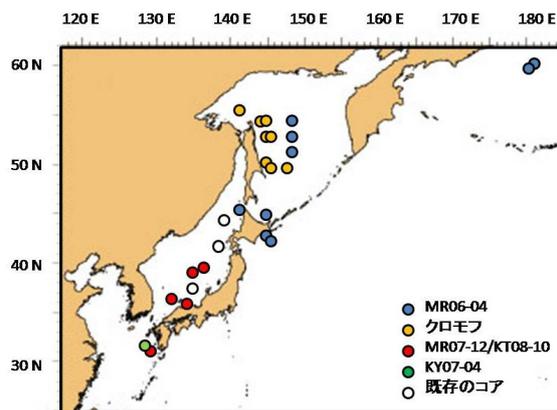


図1 本研究で採取したピストンコアの位置図。ベーリング海およびチュクチ海陸棚の表層試料は示していない。

1) 東シナ海： 東シナ海北部で採取されたKY07-04-PC-1 コア試料に含まれる浮遊性有孔虫殻の $\delta^{18}\text{O}$ とMg/Ca比から、過去2万年間のSST、SSSの変動を約100年の時間解像度で復元した。そして、融氷期から後氷期にかけてSSSとSSTの変動が千年スケールで繰り返す、それは低温低塩分の長江希釈水と高温

高塩分の黒潮起源水の混合比の変動を反映する事、長江希釈水の寄与率増加は南中国におけるEASM降水の増加を反映する事を明らかにし、この変動が、北大西洋における気候変動(BE)と密接に関係する事を示した(Kubota et al., 2010)。更に、同様の手法を近接したKR07-12-PC-1コアに適用し、30~45kaにかけてDOCに同調するようにSSS、SSTが変動したことを示した(図2)。これらの結果

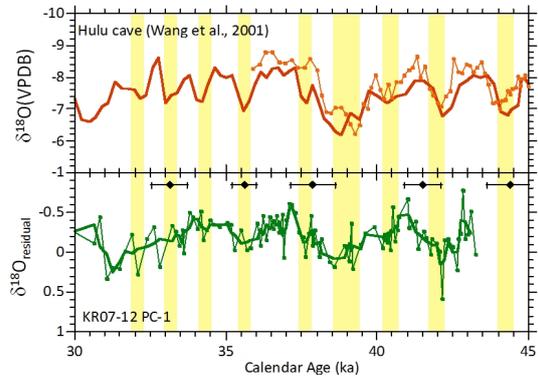


図2 最終氷期における中国Hulu Cave石筍に記録された夏季降水指標( $\delta^{18}\text{O}$ )と東シナ海北部の表層塩分指標( $\delta^{18}\text{O}_{\text{residual}}$ )との比較

は、南中国におけるEASM降水の数千年スケールでの変動が北大西洋における気候変動と氷期-間氷期を通じて密接にリンクしていたことを再確認すると共に、東シナ海北部のSSS、SSTがそれに連動することを明確にした点で重要である。Tada et al. (1999)は、日本海第四紀堆積物を特徴づける明暗互層がDOCに連動して堆積したことを示し、その原因がEASM降水の変動に伴う、東シナ海沿岸水の日本海への流入量変動にあるとの仮説を提示したが、今回の結果は、この仮説を強く支持する。

2) 日本海中部： 日本海中部から採取されたMD01-2407, -2408, DGC-6, KR07-12-PC-5, KR07-12-PC-8 コア試料中のシルト画分を抽出して、それに含まれる石英の電子スピン共鳴(ESR)信号強度および結晶化度(CI)を測定し、それを基に過去12万年間に渡る風成塵の供給源変動を復元した(図3)。また、シルト画分の粒度を測定し、運搬風の風速変動を復元した。その結果、日本海上空におけるWJ軸位置は数百~数千年の時間スケールで南北に振動し、DOCの亜間氷期には北上し、亜氷期には南下していたことが明らかにされた(Nagashima et al., 2007, 2011)。また、後氷期にも千年スケールでのWJ軸位置の南北振動は存在したが、北大西洋における気候変動との位相関係が氷期と逆であった事が明らかになった。更に、最終間氷期極相期の約5千年間は、現在(後氷期後期)と同様にWJ軸は北上して安定していたが、最終間氷期中~後期(11.5~8万年前)には、WJ軸は数百年程度の短い周期で激しく振動し、平均的位置は、最終氷期とあまり変わらなかったことが明ら

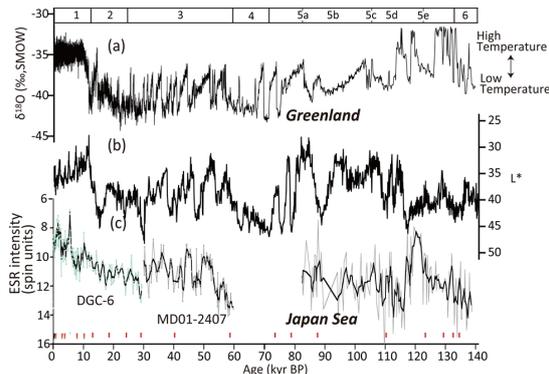


図3 グリーンランド氷床コアの酸素同位体比(a)、日本海堆積物の明度(L\*)、日本海堆積物中の石英のESR信号強度の過去14万年間の変動

かになった(図 3)。また、MD01-2407、-2408 コアを用いて、過去 16 万年間のアルケノン SST の復元をおよそ千年の時間解像度で行った(Fujine et al., 2009)。その結果、MD01-2408 の SST は、対馬暖流第一分枝の強さを、MD01-2407 の SST は対馬暖流第二分枝の強さを反映し、亜極前線の挙動をうまく捉えることは出来なかった。しかし、特に第一分枝の SST は、最終間氷期に数千年スケールで変動し、WJ 軸が南下した時期に対馬暖流が強くなる傾向が見られた。また、最終間氷期極相期の対馬暖流第一分枝、第二分枝の SST は、現在よりそれぞれ 6°C および 3°C 高かったことも明らかになった。

3) 日本海北西部: 日本海北部の水深 3435m から採取された GH95-1208 コア試料に含まれる、海水が運んだ礫(IRD)を軟 X 線写真上でカウントし、その時代変動を過去 160 万年間に渡って復元した結果、DOC の亜氷期に IRD の数密度の増加が見られた(Ikehara & Itaki, 2007)。更に、MD01-2407、-2408 コア試料中の放散虫群集組成を、過去 20 万年以上に渡って約 200 年の時間解像度で分析した。特に中層水の ventilation の定性的指標である *Cycladophora davisiana* の出現頻度変化を調べたところ、DOC の亜間氷期から亜氷期への移期に、溶存酸素に富んだ中深層水が盛んに形成されていたことが示された(Itaki et al., 2007)。*C. davisiana* のピークは、IRD イベントに 1~2 千年先行する傾向がみられることから、亜間氷期の後期から EAWM は徐々に強まり、亜氷期に至ると考えられる。ただし、DOC の振幅と IRD 量や *C. davisiana* の出現頻度の間に、明確な関係は見られなかった。

4) オホーツク海: オホーツク海南部の水深 1225m から採取された MD01-2412 コア試料中のアルケノン分析し、SST および SSS の変動を過去 12 万年間に渡って 20~40 年の時間解像度で復元した(Harada et al., 2009)。特に最終氷期の 2.5~6 万年前については、DOC に連動した SST と SSS の変動が観察され、SST 変動の振幅は、最大で 6 度に達した。亜間氷期には SST が高く SSS が低い傾向が見られ、アムール川の流量増加を反映した可能性

が高い。同じコアについて IRD の含有量を分析したところ、DOC に連動したと思われる顕著な変動が見られた(Sakamoto et al., 2006)。更に MR06-04-PC4、XP07 コアについて、融氷期のアルケノン SST 変動を数百年の解像度で復元すると共に、オホーツク海でこれまでに分析された既存のアルケノン SST データをコンパイルしたところ、オホーツク海では、ベーリングアレード期(亜間氷期にあたる)に SST が必ずしも高かったわけではなく、ヤンガードリアス期(亜氷期に当たる)に必ずしも低くない、という結果になった(Harada et al., 2012)。これは、アルケノン SST が表す季節が、環境の変化に伴って、時代とともに変化した可能性を示唆している。

5) 土勝沖: 以前に北西太平洋域の中深度水深から採取されたコアの浮遊性および底生有孔虫殻の  $^{14}\text{C}$  分析値を融氷期についてコンパイルし、中深層水の年齢(ventilation age)の時代変化を復元したところ、ハインリッヒイベント 1 に当たる 1.8~1.5 万年前に、その前後に比べて中層水年齢が 500 年程度若くなっていた事が明らかになった(Okazaki et al., 2010)。これは、DOC の亜氷期に NPIW が活発に生産されていたとする考えと調和的である。

6) ベーリング海: ベーリング海北西部大陸棚斜面上部 1002m から採取された MR06-04-PC23 コア試料中の底生有孔虫殻の酸素( $\delta^{18}\text{O}_{\text{bf}}$ )、炭素同位体比( $\delta^{13}\text{C}_{\text{bf}}$ ) %CaCO<sub>3</sub> および放散虫の群集組成を 1~6 万年前について 100~300 年の時間解像度で分析し、中層水の性質の変動を調べた。その結果、DOC に連動した %CaCO<sub>3</sub>、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{bf}}$ 、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{bf}}$ 、*C. davisiana* (中層水上部の ventilation 指標種)、*Dictyophymus criciae* (中層水下部の ventilation 指標種) の産出頻度の変動が確認され、亜氷期に %CaCO<sub>3</sub>、*C. davisiana* は極小値を、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{bf}}$ 、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{bf}}$ 、*D. criciae* は極大値を示した。更に、この結果を、オホーツク海中東部の水深 1107m から採取された XP98-PC1 コアから抽出した底生有孔虫殻の  $\delta^{18}\text{O}_{\text{bf}}$ 、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{bf}}$  の変動と比較した結果、オホーツク海においては DOC に連動した明確な  $\delta^{18}\text{O}_{\text{bf}}$  変動は認められず、一方、ベーリング海では、少なくともハインリッヒイベント (DOC 中の強い亜氷期) には、より  $\delta^{18}\text{O}_{\text{bf}}$  の大きい中層水が存在したことが明らかとなった(Itaki et al., 2012; Rella et al., 2012 accepted)。更に同じコアの軟 X 線写真、粒度分析、XRF 分析の結果から、ベーリング海においては、DOC の亜氷期中層水の流速が著しく増加したことが示された(Rella et al., in prep.)。これらの結果は、最終氷期には、DOC の亜氷期にベーリング海で NPIW が作られていた可能性を示唆し、アリューシャン低気圧が現在より東にシフトして、ベーリング海陸棚縁辺にポリニヤが形成されやすい環境が生じたためと解釈される。

まとめ： 各海域ごとでの分析・解析結果を総合した結果、以下の事が明らかになった。  
 i) EASM は、最終氷期には DOC に連動して変動し、亜間氷期(亜氷期)に EASM フロントが北上(南下)していた。一方、後氷期にも北大西洋の BE と連動していたが、BE の寒冷期に EASM フロントが北上して南中国での EASM 降水は減少しており、最終氷期と位相関係が逆であった可能性が高い(図4)。

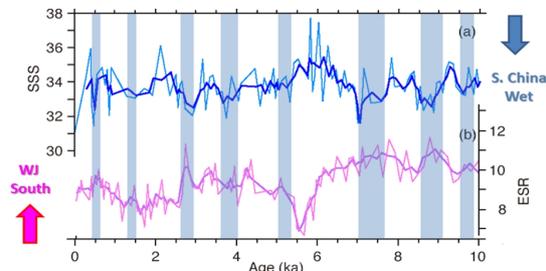


図4 過去1万年間の(a)東シナ海北部のSSSと、(b)日本海における偏西風ジェット軸位置の変動の関係。

ii) WJ も、最終氷期には DOC に連動して、亜間氷期(亜氷期)に北上(南下)しており、一方、後氷期には、BE の寒冷時に北上していた。このことは、氷期、間氷期を通じて、WJ の動きと EASM フロントの動きが同調していたことを示唆しており、少なくとも千年スケールの変動においては、WJ が EASM フロントの北限を規定していたと考えられる。  
 iii) EAWM は、EASM と逆位相で変動している可能性が高いが、完全に逆位相なのか、変動の振幅の時代変化パターンはどうかについては不明である。  
 iv) ベーリング海では、DOC の亜間氷期に表層の生物生産性が上昇し、亜氷期に中層水活発に生産されていたことが示された。一方、オホーツク海においても DOC に連動した表層水環境の変動が認められたが、中層水については、亜氷期に ventilation が強まった証拠は認められなかった。これらの結果から、氷期にはオホーツク海では中層水は形成されておらず、DOC の亜氷期(特にハインリッヒイベント)にベーリング海で形成されていた可能性が高い。これはこの時期にアリューシャン低気圧が東に移動したためと解釈された。  
 v) 以上の事から、DOC に代表される千年スケールの急激な気候変動は、北半球中高緯度の気圧配置パターンの変動を伴っており、WJ の経路変動を通じて EASM の変動とリンクしていたと考えられる。また、氷期と間氷期で WJ の蛇行様式が変化し、それによって北大西洋と東アジアの気候変動の位相関係が逆転した可能性がある。  
 vi) 最終間氷期の北西太平洋域は、現在より 2~6°C 暖かく、WJ 軸は北上して安定していた。EASM フロントもより内陸にまで北上していたと推定される。このことは、温暖化にともなう EASM の挙動に重要な制約を与える。

## 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 12 件)

- ① Rella, S., Tada, R., Nagashima, K., Ikehara, M., Itaki, T., Ohkushi, K., Sakamoto, T., Harada, N., Uchida, M., Abrupt changes of intermediate water properties on the northeastern slope of the Bering Sea during the last glacial and deglacial period, *Paleoceanography*, 2012 (accepted).
- ② Harada, N., Sato, M., Seki, O., Timmermann, A., Moossen, H., Bendle, J., Nakamura, Y., Kimoto, K., Okazaki, Y., Nagashima, K., Gorbarenko, S.A., Ijiri, A., Nakatsuka, T., Menviel, L., Chikamoto, M.O., Abe-Ouchi, A., Schouten, S., Sea surface and subsurface temperature changes in the Okhotsk Sea and adjacent North Pacific during the Last Glacial Maximum and deglaciation. *Deep-Sea Res. II*, 61-64, 93-105, 2012. doi.org/10.1016/j.dsr2.2011.12.007
- ③ Itaki, T., Kim, S., Rella, S., Uchida, M., Tada, R., Khim, B.K., Millennial-scale variations of the late Pleistocene radiolarians in the Bering Sea related to environments in shallow and deep waters, *Deep Sea Res. II*, 61-64, 127-144, doi.org/10.1016/j.dsr2.2011.03.002, 2012.
- ④ Nagashima, K., Tada, R., Tani A., Sun Y., Isozaki, Y., Toyoda, S., Hasegawa, H. Millennial-scale oscillations of the westerly jet path during the last glacial period, *Journal of Asian Earth Sciences*, 40, 1214-1220, doi.org/10.1016/j.jseaes.2010.08.010, 2011.
- ⑤ Kubota, Y., Kimoto, K., Tada, R., Oda, H., Yokoyama, Y., Matsuzaki, H., Variations of East Asian summer monsoon since the last deglaciation based on Mg/Ca and oxygen isotope of planktic foraminifera in the northern East China Sea, *Paleoceanography*, 25, PA4205, doi:10.1029/2009PA001891, 2010.
- ⑥ Okazaki, Y., Timmermann, A., Menviel, L., Harada, N., Abe-Ouchi, A., Chikamoto, M.O., Mouchet, A., Asahi, H., Deep water formation in the North Pacific during the last glacial termination, *Science*, 329, 200-204, doi:10.1126/science.1190612, 2010.
- ⑦ Fujine, K., Tada, R., Yamamoto, M., Paleotemperature response to monsoon activity in the Japan Sea during the last 160kyr" *Palaeogeograph., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 280, 350-360, doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.06.022, 2009.
- ⑧ Harada, N., Sato, M., Sakamoto, T., Freshwater impacts recorded in tetraunsaturated

alkenones and alkenone-SSTs from the Okhotsk Sea across millennial-scale cycles, *Paleoceanography*, 23, PA3201, doi:10.1029/2006PA001410, 2008.

⑨ Itaki, T., Komatsu, N., Motoyama, I., Orbital-and millennial-scale changes of radiolarian assemblages during the last 220kys in the Japan Sea, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 247, 115–130, doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.11.025, 2007.

⑩ Ikehara, K., Itaki, T., Millennial-Scale fluctuations in seasonal sea-ice and deep-water formation in the Japan Sea during the late Quaternary, *Palaeogeograph., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 247, 131-143, doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.11.026, 2007.

⑪ Nagashima, K., Tada, R., et. al.: "Millennial-scale variations in Asian wintertime monsoon and westerly during the last 150kys deduced from eolian grain size" *Palaeogeograph., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 247, 144-161, doi:10.1016/j.palaeo.2006.11.027, 2007.

⑫ Sakamoto, T., Ikehara, M., Uchida, M., Aoki, K., Shibata, Y., Kanamatsu, K., Harada, N., Iijima, K., Katsuki, K., Takahashi, K., Sakai, H., Kawahata, H., Millennial-scale variations of sea-ice expansion in the southwestern part of the Okhotsk Sea during the past 120 kys : Age model and ice-rafted debris in IMAGES Core MD01-2412, *Global and Planetary Change*, 53, 58-77, doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.01.012, 2006.

[学会発表] (計 5 件)

① Tada, R., Nagashima, K., and Kubota, Y., Probable change in the millennial-scale variation pattern of East Asian summer monsoon between the last glacial and the Holocene and its association with westerly jet oscillations, XVIII INQUA Congress 2011, 2011/07/21-27, Bern, Switzerland.

② 原田尚美, 木元克典, 岡崎裕典, 長島佳菜, Millennial scale changes in intermediate depth circulation recorded in the sediment cores from the northwestern North Pacific, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会. (20090519). 千葉

③ Tada, R., Rella, S., Uchida, M., Itaki, T., Nagashima, K., Harada, N., Possible increase in reservoir age of the surface water in the northwestern Bering Sea during the deglacial period : Evidence of ascending the aged North Pacific deepwater?, AGU fall meeting. (20091215-20091219). San Francisco, USA

④ Tada, R., Isozaki, Y., Nagashima, K., Kubota, Y., Sun, Y., Zheng, H., Toyoda, S., Provenance of eolian dust and reconstruction of

millennial-scale atmospheric circulation changes in East Asia during the last glacial to the Holocene(invited), 1st PAGES ADOM Workshop on "High-mid latitude northern hemisphere atmospheric circulation". (20091101-20091104). Hyeres, France

⑤ Tada, R., Lavidalie, N., Nagashima, K., and Yokoyama Y.: "Extending the Record of Millennial-scale Variability of East Asian summer Monsoon Back to 650 ka and Beyond" American Geophysical union 2008 fall meeting. (20081215). San Francisco

[その他]

ホームページ等

<http://www-sys.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~tada/project-1.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

横山 祐典 (YOKOYAMA YUSUKE)

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号：10359648

原田 尚美 (HARADA NAOMI)

(独) 海洋研究開発機構・地球環境変動領域・チームリーダー

研究者番号：70344281

内田 昌男 (UCHIDA MASAO)

(独) 国立環境研究所・化学環境研究領域・研究員

研究者番号：50344289

木元 克典 (KIMOTO KATSUNORI)

(独) 海洋研究開発機構・地球環境観測研究センター・研究員

研究者番号：40359162

坂本 竜彦 (SAKAMOTO TATSUHIKO)

(独) 海洋研究開発機構・地球内部変動研究センター・グループ・リーダー

研究者番号：90271709

### (3) 連携研究者

木元克典 (海洋研究開発機構・地球環境観測研究センター)

長島佳菜 (海洋研究開発機構・地球環境観測研究センター)

岡崎祐典 (海洋研究開発機構・地球環境観測研究センター)

板木拓也 (産業総合研究所)