

気候系の hot spot：熱帯と寒帯が近接する モンスーンアジアの大気海洋結合変動 ～科学研究費補助金：新学術領域研究（研究領域提案型）の概要～

立花 義裕

三重大学大学院生物資源学研究科・共生環境学専攻

A hot spot for the climate system: An introduction of an innovative study “coupled atmosphere-ocean variation over Asian monsoon region adjacent to warm tropic and cold arctic”. — Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas —

Yoshihiro TACHIBANA

Graduate school of Bioresources, Mie University, Kurimamachiya, Tsu, Mie, 514-8507, Japan

Abstract

A new funding “Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas” was started in 2009. This Grant-in-Aid supports the big science whose coverage is beyond single scientific area. Fortunately, our research group was selected out of a large number of research plans from 2010 through 2014. A general representative of this study is Dr. Nakamura of Tokyo University, and there are ten sub-themes. I am selected as a team leader of one of the sub-themes. The total amount of the budget of this grant in aid is about one billion yen for five years. The budget of my team is about 80 million yen for five years. The purpose of this study is to understand coupled atmosphere-ocean system in the midlatitude region around Asia, in which both warm Kuroshio and cold Oyashio are located. In addition, influence of the physical coupling between the atmosphere and the ocean upon the biological production around Japan is studied. This short note briefly introduces our research plan to scientists who are not familiar to the climate research.

Key Words: 黒潮, 親潮, 海洋が気候へ及ぼす影響, 気象, 大気大循環

1. 学術的背景

「水の惑星」地球—そこで生命が生まれ、文明が築かれたのも、海洋と大気を巡る水があるからであります。加えて、海洋と大気は、熱帯で太陽から過剰に受取った熱を高緯度へ運び、宇宙空間に戻すという気候学的に重要な役割も担っています。熱帯から主に海流により輸送されてきた熱は、中緯度で大気に受け渡されています（図1）。大気への熱放出は、三重県の直ぐ南を流れる黒潮や

メキシコ湾流など、地球自転の効果で太平洋の西に生じる強大な暖流沿いの狭い領域で集中して起こっています。熱帯から北上した暖かい黒潮から大気へと熱を運んでいます。図1に示されているように日本付近の黒潮及び縁辺海での黒潮から大気への熱放出量は、冬季には 500 W/m^2 にも達し、これは世界に類を見ないほどの大きな値です。黒潮からの熱放出やその長期変動が地球気候の形成と変動に重要という示唆は、低解像度の気候モデル実験から得られてはいましたが、その具体的プロ

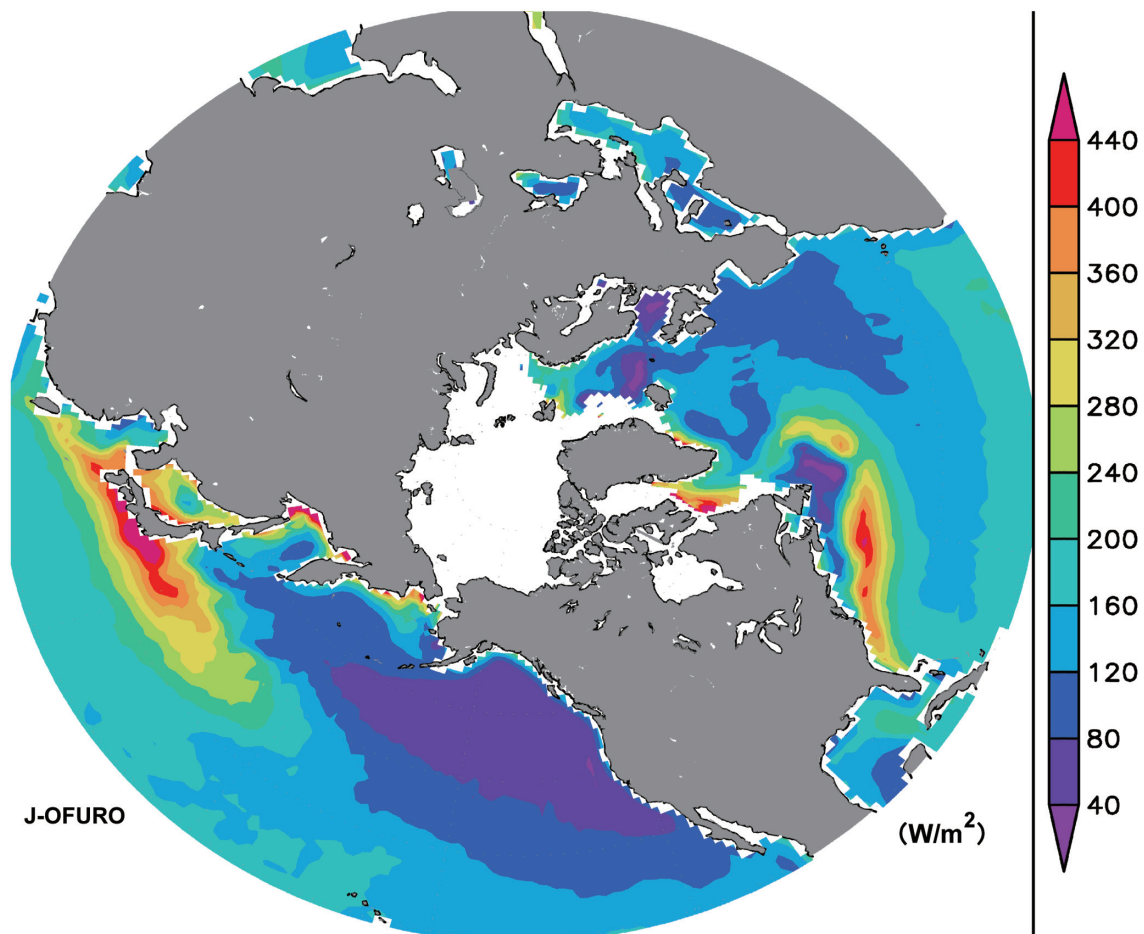


図1 蒸発と熱対流による海洋から大気への熱供給量

この図は1月の平均的な熱量を示している。単位は W/m^2 。データ元は Japanese Ocean Flux Data sets with Use of Remote (J-OFURO) ,ソースデータは <http://dtsv.scc.u-tokai.ac.jp/j-ofuro/>。黒潮周辺での顕著な熱輸送が明白である。

セス解明への研究が本格化するの、海洋研究開発機構の地球シミュレータなど超高速計算機の開発や、高解像度衛星観測データの本格利用を待たなくてはなりません。こうして近年の技術革新で新たな扉が開かれた中緯度の海流と大気との相互作用研究において、申請者らは世界をリードしてきました。亜熱帯・中高緯度で海面を吹く風に海流が及ぼす影響を初めて捉えたのは、研究グループの野中の黒潮に関する研究です (Nonaka・Xie 2003)。暖流の影響が海面付近に留まらず、気象現象の生ずる対流圏全層にも及ぶことも研究グループの一員が発見しました (Minobe et al. 2008)。この研究では、衛星データの解析で捉えた現象を地球シミュレータ上の高解像度大気数値モデルで再現することで、メキシコ湾流からの莫大な熱放出がその直上で強い降水

や上昇気流などの大気応答を引き起こすことが明らかになったのです。出版後数カ月でドイツのグループが追従を始めるなど、この成果は国際的に大きな影響を与えています。さらに、こうした暖流からの熱・水蒸気供給は社会生活にも影響します。立花らは、対馬暖流からの蒸発量の変化が日本海側の降雪の年々変動に影響することや、数十 km 規模の海洋渦に伴う海面蒸発量の複雑な分布が降雪の地域性をもたらすことを見出しました (Hirose・Fukudome 2006; Takano et al. 2008; Yamamoto・Hirose 2007)。また、見延らが東シナ海に見出した黒潮に捕捉された降水帯 (Small et al. 2008) が沖縄の降水量に及ぼす影響も示唆されています。黒潮と親潮など、暖流が寒流と合流する海洋前線帯では水温南北差が顕著です。中村らは、暖流・寒流の水温差が低気圧の頻繁な発

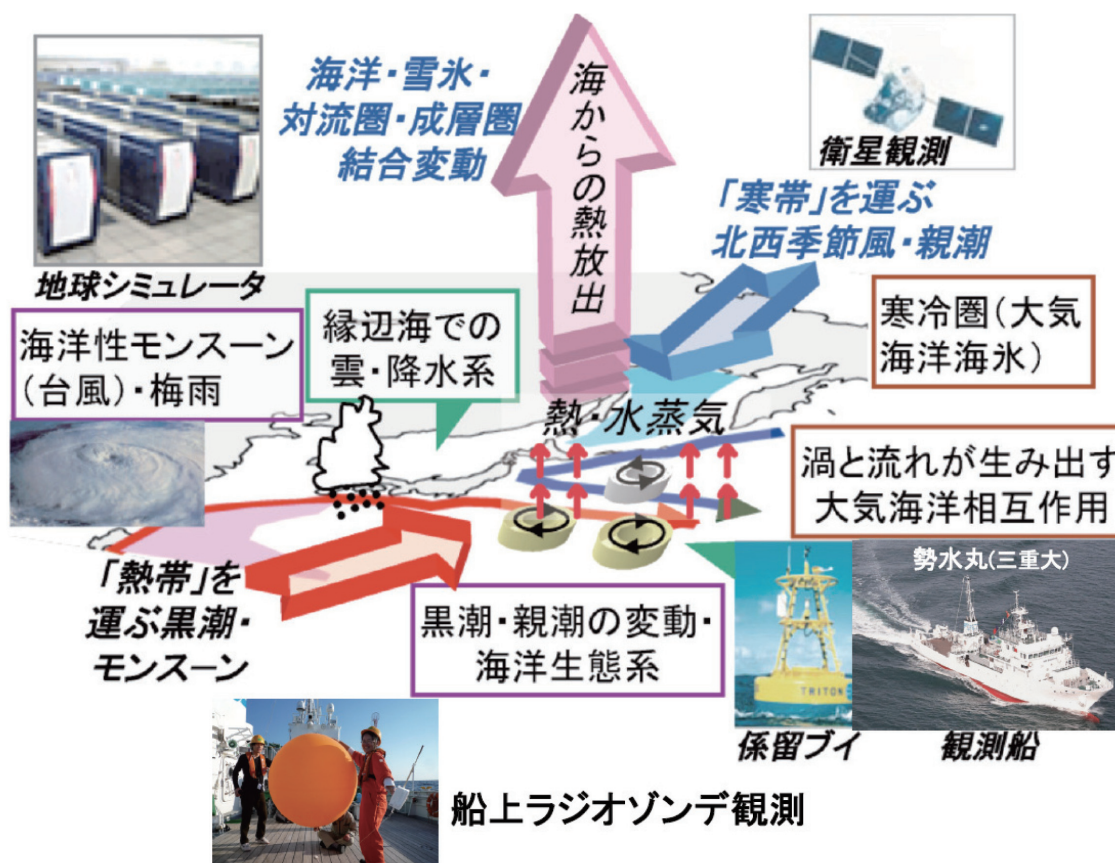


図2 研究の全体像を示す概念図

達を促し、それら大気渦が集団で維持する中緯度西風ジェット気流の“ゆらぎ”こそが、我が国も含め中高緯度域の気候に影響する中高緯度大気の大規模な代表的循環である「北極振動」の実体で、それが中緯度海水温の南北差なしには存在し得ないことを示しました (Nakamura et al. 2004, 2008)。一方、南方の黒潮近傍で発生した台風や日本近海の爆弾低気圧の影響で、黒潮流域上空に大規模な大気の波動が生じ、遙か北米まで影響が及ぶ可能性を川村らが見出しました (Yamada・Kawamura 2007; Yoshiike・Kawamura 2009)。中村・谷本は、日本東方での黒潮・親潮の南北移動が水温に顕著な長期変動を生じ (Nakamura et al. 1997, 2003), この水温変動が大気への熱放出を変えを見出しました (Tanimoto et al. 2003)。こうした黒潮・親潮変動の現実的な数値的表現は、野中・中村・佐々木らによる地球シミュレータの高解像度海洋モデル実験で初めて可能となりました (Nonaka et al. 2006, 2008)。田口・野中らはこの実験から、黒潮続流の強度や緯度が

数十 km 規模の海洋渦との相互作用によって変動し、そこに数年程の予測可能性が見出せることを示しました (Taguchi et al. 2007)。このように我々は、中緯度で海洋から大気への熱力学的影響が集中する“気候系の hot spot”は黒潮等強い暖流域であり、そこで顕著に現れる長期水温変動が大気循環にも影響し得ることを世界に先駆けて訴えてきました。海洋から大気への気候学的影響として従来着目されてきたのは、太平洋のエルニーニョ現象等の熱帯の現象でした。しかし、申請者らの先駆的研究は気候系における中緯度大気海洋相互作用の重要性を初めて浮彫りにしました。未解明の点はまだ多いものの、気候研究のパラダイムは今まさに変わろうとしています。そこで、申請者らが萌芽させた「気候系の形成と変動における中緯度海洋の能動的役割」という新パラダイムを、それが全球で最も顕著に現れる東アジア・北西太平洋域を主な研究対象域として高度に発展進化させ、未解明の課題を解明することで、気候学における新概念を確立するのが本領域の使命です。そ

して、従来顧みられなかった中緯度海洋から大気への熱力学的強制に着目した研究を進展させ、地球温暖化の影響を受けつつある中高緯度の大気海洋・表層環境の変動や異常気象の予報精度向上への貢献を目指します。

2. 研究目標

中緯度随一の“hot spot”である日本近傍を主な研究対象域とし、中緯度海洋が大気循環や表層環境の形成・変動に果たす役割を同定、その実態とメカニズムを解明し、気候研究の新パラダイムを確立することです（図2）。

領域全体の具体的研究対象は、以下の三点です。

(i) 黒潮・親潮と東アジアモンスーンの熱輸送がもたらす「熱帯と寒帯のせめぎ合い」に伴う大気・海洋の不安定性と、それが生み出す海洋渦、雲・降水を伴う大気擾乱と大規模な海流系・気流系との多階層相互作用、及びそれを介した海洋から大気へ莫大な熱や水の供給過程、海洋生態系を含む表層環境への影響。

(ii) モンスーンに伴い太平洋とアジア大陸との海陸熱コントラストがもたらす「東西の熱的せめぎ合い」の気候系への影響。特に、冬季の大陸上の強い冷却と黒潮からの熱放出が励起する大規模な大気波動と、それに伴う海洋から対流圏・成層圏までの鉛直結合変動とその北半球各地や熱帯までのグローバルな影響。

(iii) 夏冬のモンスーン・対馬暖流など大規模循環系が縁辺海（東シナ海・日本海・オホーツク海）を含めた北西太平洋域の水温・海水分布に与える影響。逆に、水温・海水分布が集中豪雨をもたらす梅雨前線の雲・降水系や台風、並びに豪雪をもたらす小低気圧・降水系の発生や温帯低気圧の急発達に与える影響。

3. 研究内容

筆者が代表を務める「縁辺海が大気の擾乱・雲形成・大規模循環に果たす役割」に関して特筆すべき具体的な研究内容は、以下の2点です。

(i) 夏季に集中豪雨をもたらす積乱雲の活動は、梅雨前線上での小低気圧の発生に伴い活発化します。梅雨前線の位置やそこでの積乱雲の活動に対



図3 勢水丸からのラジオゾンデ放球の様子

する東シナ海や黒潮からの熱・水蒸気供給の重要性を評価します。また、前線に伴う下層風が海面付近の薄い暖水層を壊すことで生ずる水温低下が積乱雲の発達に与える効果も評価します。このため、雲解像モデルや高解像度領域大気・海洋モデルによる数値実験と、衛星雲データやレーダ観測・船舶による現場観測データによる検証を推進します。

(ii) 寒流の影響を受ける大陸縁辺海や三陸沖の日本近傍の海域では、夏季に下層雲が頻繁に形成され、沿岸の気象に大きく影響する他、日射・大気放射エネルギーフローを大きく変え、海洋表層の熱構造にも大きな影響を与えます。そこで、夏季の下層雲について、その変動のメカニズムを船舶による現場観測データや衛星データの解析や高解像度領域大気・海洋モデル実験から総合的に明らかにします。

3. 1 3艘の船による同時ラジオゾンデ観測

現場観測では勢水丸等を用い、ラジオゾンデ等を用いた洋上の観測と数値計算的研究を融合させます（図3）。ラジオゾンデは、地上から上空までの気温と湿度と気圧を測定することができます。また、ラジオゾンデにはGPSが搭載されているので刻々と変化する位置情報を用いて風（水平風）も測定することができます。洋上のラジオゾンデ観測では、通常は1艘の船から観測気球を放球します。例えば黒潮から離れた冷たい海域から観測をスタートし、船を黒潮本体の暖かい海域へむけて南下させつつ連続的な気球の放球を実施します。そして、冷たい海域と暖かい海域とで大気の様子

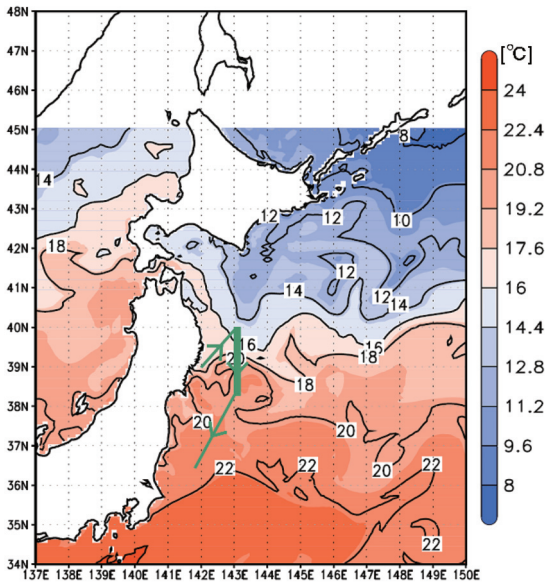


図 4

2010年6月25日のJapan Coastal Ocean Prediction Experiment (J-COPE)の海面水温分布図と、その日に勢水丸が移動した大まかな航路(緑の線)。図中の緑の太線に示すように水温前線を南北に移動しつつラジオゾンデを連続的に放球することによって、寒冷な水温と温暖な水温が大気へ及ぼす影響を調べた。但し移動には時間がかかることから、観測データは水温差の影響なのか、時間差による影響なのかを区別することは困難である。

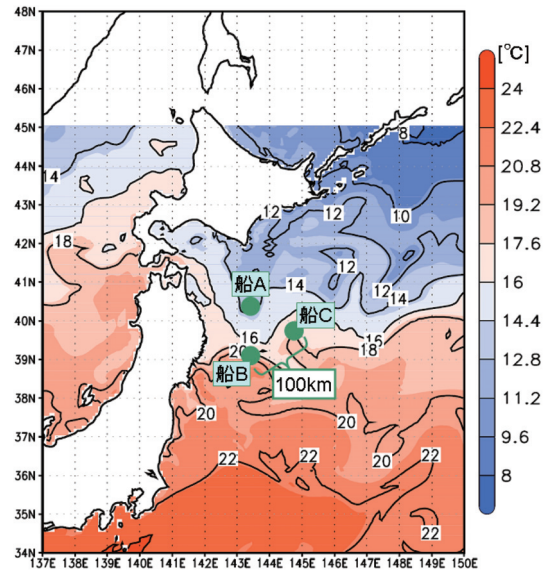


図 6

3艘同時ラジオゾンデ放球観測による理想的な観測例その2。風の収束発散を各高度で測定することができ、上昇風、下降風の強度を知ることができる。また、渦度などの力学方程式の各項や、熱力学的各項も見積もることができる。

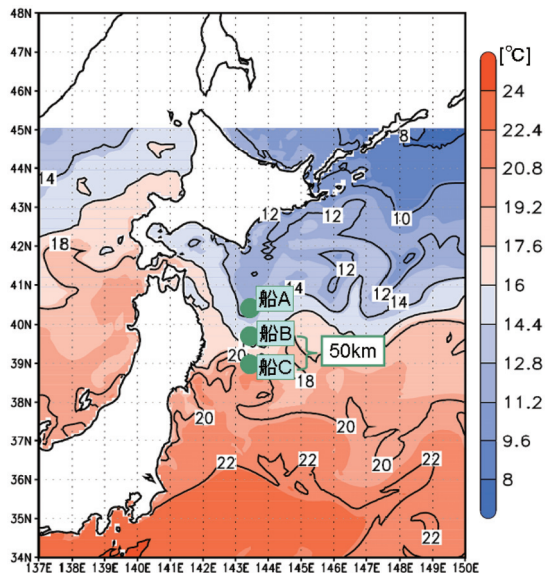


図 5

3艘同時ラジオゾンデ放球観測による理想的な観測例その1。測線での同時観測によって同一時間の断面図を作成することが可能となる。

がどのように違っているかを調べることができません(図4)。しかしながらこの方法には致命的な欠点があります。大気は動いています。しかも非常に短い時間スケールで大きく変化します。したがって、南下しながらの観測では、冷たい海洋と暖かい海洋の影響の違いを観測しているのか?それとも単に時間が移り変わったから大気の様子が変わったのかの区別をすることができません。また1艘での観測では上昇気流や下降気流の強さを観測することは不可能です。上昇流の観測は気象学の中で最も測定が難しい項目ですが、上昇流や下降流は気象の変化をもたらす原因を知るためには最も重要な項目です。

これら欠点を克服するためには、複数の大学や研究機関と連携を取って2艘~3艘の観測船(練習船)で同時に同一海域へ行き、複数のラジオゾンデの同時ラジオゾンデ放球の実施が理想です。もし3艘の船での同時観測が可能であれば、図5に示したように3艘の船を南北に約50km毎に並べ、同時にラジオゾンデを放球します。このような理想的な観測によって、上述の欠点が克服されます。

もう一つの理想型は、図6に示す様な観測網で

す。3 辺の長さが約 100 km の正三角形の各頂点に船を配備し、3 艘から同時にラジオゾンデを放球します。このような配備をすることによって、風が三角形の内部に集まってきて、大気が収束しているのか？それとも内部から外向きに大気が発散しているのか？が各高度でわかります。例えば下層大気が収束して上層大気が発散していればそこでは上昇流があることがわかるのです。つまり、大気の収束と発散を連続的に測定することによって上昇流や下降流の強さがわかります。また、この配備方法によって大気の熱力学と力学に関する方程式のほぼ全ての項の収支を見積もることが可能となります。

4. 公募「対象」と本領域発展への取組み

本領域は、公募対象のうち「異なる学問分野の研究者が連携して行なう共同研究の推進により当該研究領域の発展を目指す」に該当します。欧米主要国では気象学・海洋学ともに各々単独で学科・学部を構成するほどの大きな学問分野であり、我が国でも気象学、海洋学で別々の学会を構成し、各々独立に研究集会を開催しています。こうしたダイナミックな複雑系の実態解明には、多種多様な現象を扱う研究者が大気・海洋という分野の枠を越えて相互に連携し啓発し合うことが不可欠です。その実態解明には、大気海洋の状態を広域で長期にわたり高い時空間分解能でカバーするデータが必要ですが、そうした大規模かつ稠密なサンプリングは現場観測では不可能であり、地球シミュレータ上での超高解像度モデリングや人工衛星観測データの解析等の併用が効果的です。一方、現場観測データによる数値モデルの結果の点検も常に必要です。本領域では、黒潮・親潮続流域や東シナ海でラジオゾンデなどの集中現場観測を実施するとともに、海洋係留ブイによる連続観測を行なうことで、観測研究と最先端の数値モデリング研究との融合を図ります（図 2）。さらに、気候系を 1 つのシステムとして捉える観点から、大気海洋力学や雲・降水系気象学の研究者を核にして、大気放射や海水、水産・海洋生態系、地球化学の研究者も含めた連携へと公募研究も含めて拡大させます。そして、大気海洋物理学と海洋生態系・水産学・地球化学(物質科学)との新たな融合が生

まれ、非線型複雑系科学と地球環境科学の連関の発展や、次世代の数値計算科学と大気海洋科学との新たな相互発展を促します。

さらに、気候系の相互作用研究の在り方として 21 世紀の規範となるような体制を敷き、斬新な世界的な成果を挙げる事を目指します。その中で、ポストドク研究員が多様な研究者と切磋琢磨することで、複眼的で広い視野をもち、目的に応じた手法を複数身につけ、世界で活躍できる次世代のリーダーたる若手研究者へと成長することを 5 年間の目標とします。また本研究は、農林水産省委託研究「環境変動に伴う海洋生物大発生予測・制御技術の開発（19 年度～）」とは相補的で、水産資源の変動や将来変化に対して物理学的見地からの知見をあたえることができると考えられます。

5. 公募研究について

計画研究では、東アジア縁辺海・北西太平洋・大規模結合系における大気海洋（雪氷）相互作用を、モンスーンの影響下にある大規模な海流とそれに伴う海洋前線および海洋渦に着目して解明します。公募研究により計画研究の内容を拡充し、これら対象領域における気候・表層環境システムの形成と変動のより包括的な研究を推進します。公募研究についても、各計画研究や他の公募研究と連携し、異なる手法・異分野の研究者と積極的に連携して相乗効果を発揮できる意欲的研究を求めます。重視する研究内容の一つに、大気海洋海水相互作用に与える現象・過程の実態解明を目指す焦点の絞られた現場観測研究があります。特に、黒潮続流域で実施する集中観測（24・25 年度）と連動し補完する観測。これについては大気海洋間の二酸化炭素交換の観測など地球化学的観測研究も歓迎します。または、他の海域（日本南岸や南西諸島近海の黒潮、東シナ海・日本海の対馬暖流、親潮やその続流域、オホーツク海南部）の観測も歓迎します。

6. 終わりに

海洋が大気に及ぼす影響は、海上の気象や海上や海そのものの気候ばかりではなく、陸上の気候にも遠隔的に影響します。陸上植生や作物生産に

表1 各班の研究課題名と研究代表者名

研究区分	研究課題名	代表者氏名	所属／役職
総括班	中緯度大気海洋結合系研究の推進と統括	中村 尚	東京大学 大学院理学系研究科 准教授
研究項目 A 01 計画研究	縁辺海の海洋構造に励起される大気海洋相互作用と海洋生態系への影響	磯辺 篤彦	愛媛大学 沿岸環境科学研究センター 教授
研究項目 A 01 計画研究	縁辺海が大気の擾乱・雲形成・大規模循環に果たす役割	立花 義裕	三重大学 大学院生物資源学研究科 教授
研究項目 A 02 計画研究	雲・放射エネルギーを介したモンスーンアジアの大気海洋相互作用	早坂 忠裕	東北大学 大学院理学研究科 教授
研究項目 A 02 計画研究	東アジアモンスーン変動と黒潮・黒潮続流との双方向作用のメカニズム	川村 隆一	富山大学 大学院理工学研究部 教授
研究項目 A 02 計画研究	黒潮続流循環系の形成・変動メカニズムと大気・海洋生態系への影響	野中 正見	独立行政法人海洋研究開発機構 地球環境変動領域 チームリーダー
研究項目 A 02 計画研究	黒潮・親潮続流域における相互作用の現場観測	川合 義美	独立行政法人海洋研究開発機構 地球環境変動領域 チームリーダー
研究項目 A 03 計画研究	大洋スケール大気海洋相互作用	見延庄士郎	北海道大学 大学院理学研究院 教授
研究項目 A 03 計画研究	モンスーン・アジアにおける大気海洋雪氷系の鉛直結合変動	中村 尚	東京大学 大学院理学系研究科 准教授
研究項目 A 03 計画研究	オホーツク海・北極領域における大気海洋海氷相互作用	三寺 史夫	北海道大学 低温科学研究所 教授

も影響を及ぼすわけです。例えば2003年のような冷夏や2010年のような猛暑。冷夏は冷たい海洋の影響が直接的な原因です。また大きな気象災害をもたらす大雨も日本の周辺の暖かい海の影響の可能性が示唆されております。まさに「空のみどり、樹のみどり、波のみどり」の自然が奏でる三位一体のハーモニーの理解には三重大学生物資源学研究科は最適な研究機関であると思います。

謝 辞

本稿をまとめるにあたって、領域代表者である、東京大学大学院理学系研究科・地球惑星科学専攻の中村尚准教授の助言と了解を得ました。また、図の作成では大学院生の小松謙介さん、アリマ・

ディアワラさん、西川はつみさん、緒方香都さん、伊藤匡史さんを始め共生環境学専攻、自然環境システム学講座の多くの学生に助けて頂きました。また2010年6月の三陸沖の航海では勢水丸の船長始め乗務員の皆さま、そして同乗された関根義彦教授には大変お世話になりました。実は、科研費の採択の第一報を受けたのは、まさに2010年の観測航海中でした。大学から勢水丸へ電話連絡をいただきました。船にまでわざわざ緊急の電話が教員宛になされる場合はたいへい悪い知らせであることが多いので一瞬ドキッとしましたが、あまりの朗報に船上で一同大喜びいたしました。また、科研費の調書作成時は大変な負荷を共生環境事務室や科研費担当の事務の方へかけてしまいました。しかしながらめでたく採択に至ったのも事

務室のみなさまのおかげであると思っております。これらすべてのみなさまに感謝の意を表します。

要 旨

文部科学省の大型の科学研究費補助金の種目に、新学術領域研究（研究領域提案型）が21年度から新たに設けられました（以下科研費と略します）。我々研究グループは幸いにも本年度（22年度）にこれに採択され、足かけ5カ年の研究に着手しました。5年間で総額10億円近い額の大型の研究費です。この科研費は、東京大学大学院理学系研究科・地球惑星科学専攻の中村尚准教授を領域代表（全体の代表者）とし、その下に10の計画研究が配備されております（表1）。筆者は、その10の中のサブ計画研究の研究代表者を務め、そのサブテーマ名は「縁辺海が大気の擾乱・雲形成・大規模循環に果たす役割」です。縁辺海とは、東シナ海等も含む、日本の周りの海のことです。筆者が代表を務める計画研究の予算額は、5年間総額約8千万円で、初年度（22年度）の予算は約2千万円です。この額は本年度の科研費の採択金額の中では三重大学では最高額です。本稿では、この科研費研究の目的等を紹介することを第一の目的とします。この科研費には公募研究があり、採択された公募研究者、つまり計画研究以外の研究者もこの研究に参加することができます。公募研究は研究者番号を持っている全ての研究者にオープンであり、海洋・水産・気象・気候関連研究者の応募を強く期待したいと思っております。なお、新学術領域研究の目的の一つに、「既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指す」という項目があります。この科研費の申請は分野としては、筆者らの専門分野である「理工系・数物系科学」で申請しましたが、気候変動は、陸や海の生物生産に大きく関連していることから幅広い分野からの公募に期待したいと思っております。三重大学生物資源学研究科にも本研究テーマに関連した研究をされている研究者が多く、なんといっても日本では数少ない練習船を有する研究科です。本稿の第二の目的は公募研究への申請の期待と同時に、これを端緒とする気候変動の研究において、三重大学生物資源学研究科内部での組織的研究集団の萌芽への期待です。

ここであえて記すほどのものでもないですが、三翠とは「空のみどり、樹のみどり、波のみどり」です。前学長の言葉を借りれば、「三重大学は空と樹と波の美しさを理解し、そうした素晴らしい自然との共生を目指す大学」です。空の研究、陸の研究、海の研究がバラバラでは、自然が奏でる三位一体の美しいハーモニーの理解には至りません。採択された新学術領域研究はその中の「空のみどり」と「波のみどり」との融合を目指す研究です。なお本稿は科研費申請時の計画調書に基づきそれを紀要用に改変訂補した内容です。また、この科研費研究には web page があり、そのアドレスは、<http://www-aos.eps.s.u-tokyo.ac.jp/hotspot/index.html> です。

引用文献

- Hirose, N., and K. Fukudome: Monitoring the Tsushima warm current improves seasonal prediction of the regional snowfall. **SOLA**, 2, 061-063, 2006.
- Minobe, S., A. Kuwano-Yoshida A., N. Komori, S.-P. Xie, R. J. Small: Influence of the Gulf Stream on the troposphere. **Nature**, 452, 206-209, 2008.
- Nakamura, H., G. Lin, T. Yamagata: Decadal climate variability in the North Pacific during the recent decades. **Bulletin American Meteorological Society**, 78, 2215-2225, 1997.
- Nakamura, H., A. S. Kazmin: Decadal changes in the North Pacific oceanic frontal zones as revealed in ship and satellite observations. **J. Geophysical Research**, 108(C 3), L 3078, 2003.
- Nakamura, H., T. Sampe, Y. Tanimoto, A. Shimpo: Observed associations among storm tracks, jet streams and midlatitude oceanic fronts. **Geophysical Monograph**, 147, American Geophysical Union, 329-346, 2004.
- Nakamura, H., T. Sampe, A. Goto, W. Ohfuchi, S.-P. Xie: On the importance of midlatitude oceanic frontal zones for the mean state and dominant variability in the tropospheric circulation. **Geophysical Research Letters**, 35, L 15709, 2008.
- Nonaka, M., S.-P. Xie: Co-variations of sea surface temperature and wind over the Kuroshio and its Extension: Evidence for ocean-to-atmospheric feedback. **J. Climate**, 16, 1404-1413, 2003.
- Nonaka, M., H. Nakamura, Y. Tanimoto, T. Kagimoto, H. Sasaki: Decadal variability in the Kuroshio-Oyashio Extension simulated in an eddy-resolving OGCM. **J.**

- Climate**, 19, 1970-1989, 2006.
- Nonaka, M., H. Nakamura, Y. Tanimoto, T. Kagimoto, H. Sasaki: Interannual-to-decadal variability in the Oyashio current and its influence on temperature in the subarctic frontal zone: An eddy-resolving OGCM simulation. **J. Climate**, 21, 6283-6303, 2008.
- Small, R.J., S.P. deSzoeke, S.-P. Xie, L. O'Neill, H. Seo, Q. Song, P. Cornillon, M. Spall, S. Minobe: Air-sea interaction over ocean fronts and eddies. **Dynamics of Atmospheres and Oceans**, 45, 274-319, 2008.
- Taguchi, B., S.-P. Xie, N. Schneider, M. Nonaka, H. Sasaki, Y. Sasai: Decadal Variability of the Kuroshio Extension: Observations and an eddy-resolving model hindcast. **J. Physical Oceanography**, 20, 2357-2377, 2007.
- Takano, Y., Y. Tachibana, K. Iwamoto: Influences of large-scale atmospheric circulation and local sea surface temperature on convective activity over the Sea of Japan in December. **Scientific Online Letters on Atmosphere**, 113-116, 2008.
- Tanimoto, Y., H. Nakamura, T. Kagimoto, S. Yamane: An active role of extratropical sea surface temperature anomalies in determining anomalous turbulent heat fluxes. **J. Geophysical Research**, 108 (C 3), L 3304, 2003.
- Yamada, K., R. Kawamura: Dynamical link between typhoon activity and the PJ teleconnection pattern from early summer to autumn as revealed by the JRA-25 reanalysis. **Scientific Online Letters on Atmosphere**, 3, 65-68, 2007.
- Yamamoto, M., N. Hirose: Impact of SST reanalyzed using OGCM on weather simulation: A case of a developing cyclone in the Japan-Sea area. **Geophysical Research Letters**, 34, L 05808, 2007.
- Yoshiike, S., R. Kawamura: Influence of wintertime large-scale circulation on the explosively developing cyclones over the western North Pacific and their downstream effects. **J. Geophysical Research**, 114, D 13110, 2009.