

今後の予定など

2012年夏頃までに、実証試験を兼ねて深海域へ展開し水深4000mまでの観測を実施することを計画している。さらに、2013年1月頃には南大洋へ複数のDeep NINJAを展開する予定である。これは、JAMSTECの海洋地球観測船「みらい」による南大洋観測の一環であり、南極底層水の時季・経年変化を直接観測する事を目的としている。一般への供給は2013年度中に開始できるものと考えている。

謝辞

Deep NINJAの開発に関わる鶴見精機の社員およびJAMSTECの研究者・職員の方々、海洋調査船「かいよう」KY11-10航海での性能試験に協力して頂いた請蔵榮孝船長を始めとする乗組員の方々に心より感謝します。また、本開発はJAMSTECの「実用化展開促進プログラム」(平成22-24年度)による資金援助を受けています。

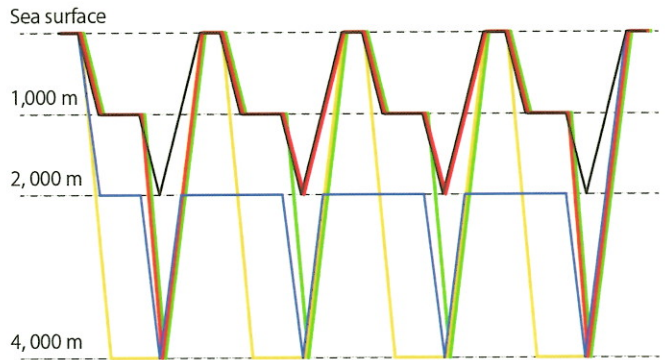


図3: Deep NINJAで実施可能(予定を含む)な観測パターンの例。黒はアルゴフロートによる標準的な観測パターン。

寄稿

「気候系のhot spot」:中緯度大気海洋相互作用に関する科研費新学術領域研究

東京大学 先端科学技術研究センター 中村 尚

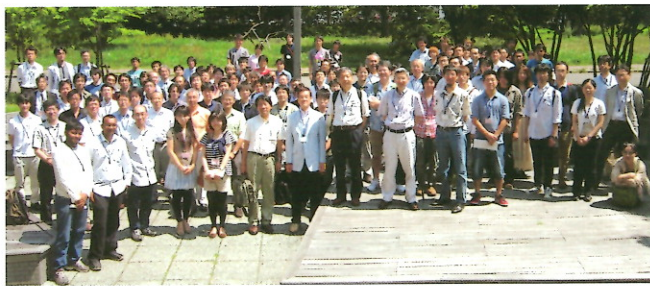


写真1:平成23年度第1回全体会合(於:北海道大学)における集合写真

1. はじめに

中緯度大気海洋相互作用に関する文部科学省科学研究費補助金(以下、科研費)新学術領域研究「気候系のhot spot:モンスーンアジアの大気海洋結合変動」が平成22年夏に採択されて早くも1年半余りが経った。24年度は5年プロジェクトの折返し点であり、秋にも予定される中間評価に向けて100名近い構成員・関係者が一丸となって到達目標に向けて邁進している(写真1)。実は、23年3月下旬に開催されるはずだった海洋学会春季大会では、大会実行委員会(東京大学大気海洋研究所)のご厚意で、初のプレナリーセッションにて我々の科研費について会員の皆さんに領域代表の私からご紹介することになっていた。さらに、大会初日には、我々の主催する中緯度大気海洋相互作用に関する国際シンポジウムが予定されていた。しかし、ご存知のように、東日本大震災の影響で春季大会がやむなく中止となったことから、そうした機会が失われていた。この度、本誌の岩坂直人編集長のご厚意により、ここに改めて紹介の場を頂くことができた。厚く御礼申し上げます。

なお、科研費新学術領域は最大規模の科研費で、従前の特定領域研究に相当するものであるが、予算規模はほぼ半分となった。それでも全国規模の研究プロジェクトであることに変わりはない。大気海洋分野では東京大学大気海洋研究所の植松光夫教授が率いた特定領域研究以来で、新学術領域としては初の採択課題となった。

2. 領域立上げの背景

従来、中緯度表層水温の経年変動の主因は、大気循環の変動に伴う海面での熱交換や混合層底での冷水取込みの平均偏差だと広く認識されてきた。持続的な大気偏差に、エルニーニョ・南方振動に代表される熱帯大気海洋結合変動の遠隔影響の寄与が大きいことから、特に中緯度太平洋域の表層水温は大気変動を介した熱帯からの影響にただ受動的に反応するだけと考えられてきた。だが、熱帯で表層海洋が受取った熱エネルギーが、西岸境界流による輸送を経て中緯度、大陸東岸沖の狭い暖流域で集中的に大気へ放出された後、大気擾乱により更に高緯度へ運ばれるという気候平均状態を考えれば、中緯度の暖流が気候系に能動的に及ぼす影響が無視できるとは言い切れまい。実際、黒潮や湾流などの強い暖流が海上風の局所的分布や降水の集中化に与える影響や、暖流と寒流の合流域としての亜寒帯前線帯の長期変動がもたらす強い水温偏差が大気への熱・水蒸気供給を変化させる傾向など、従来の認識を覆すような成果が複数の計画研究代表らによって提示されてきた。このように我々は、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、暖流域はそれが集中する「気候系のhot spot」であることを世界に先駆けて唱えてきたのである。

3. 我々の目指すもの

極東・北西太平洋域は、アジアモンスーンと黒潮・親潮の強い熱輸送による「熱帯⇄寒帯」・「大陸⇄海洋」の2系統の「熱的せめぎ合い」が起こる中緯度気候系随一のhot spotである。我々はこの地域に焦点を当て、海洋から大気への莫大な熱・水蒸気の放出をもたらす大規模な海流系・気流系との多階層相互作用の実態とメカニズムを、小規模な海洋渦や雲・降水を伴う大気擾乱の役割も含めて解明することを目的としている。そしてこの「hot spot」を、海洋から対流圏を経て成層圏に至る深い結合系と捉え、大気海洋(海水)間の多様な相互作用現象が、我が国の地域的气象のみならず、大洋規模・半球規模で気候系に与える影響の解明も目指している。こうした斬新な研究の枠組において、気候学に関係する海洋・気象分野の研究者が有機的に連携し、

1) 黒潮統流域での集中現場観測や、2) 係留ブイ3基体制で暖流からの熱・水蒸気放出の集中度と南北傾度を同時に連続観測する試み、3) 海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の地球シミュレータ (ES) 等を活用した先端的数値モデリング、更には 4) 人工衛星による最新の観測データや長期間蓄積されたデータの解析等を実施する。こうして複数の研究手法を効果的に融合させ、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し、気候変動や異常気象の予報精度向上への貢献を目指すことを、我々の究極の目標としている。



図 1: 3つの研究項目間の相互関係

4. 研究チームの構成と具体的な研究内容

領域には主たる対象領域毎に設けた3研究項目の下に計9つの計画研究を配した(図1)。

【項目 A01】 モンスーンアジア縁辺海における大気海洋相互作用

- ・ モンスーン・対馬暖流など大規模大気海洋循環が縁辺海の複雑な水温分布に与える影響と大気擾乱へのフィードバックを研究する『計画研究 A01-1; 代表: 磯辺 (愛媛大)』。
- ・ 縁辺海の水温分布が、梅雨前線や急発達する温帯低気圧の雲・降水系の形成に及ぼす影響を研究する『計画研究 A01-2; 代表: 立花 (三重大)』。

【項目 A02】 北西太平洋における大気海洋相互作用とモンスーンシステム

- ・ 日射・赤外放射を介した大気・海洋間の熱交換への雲の影響を現場・衛星観測や雲解像モデルを活用して評価する『計画研究 A02-3; 代表: 早坂 (東北大)』。
- ・ 梅雨を含む海洋性モンスーンや冬季モンスーンと黒潮系との多階層相互作用に関するモデリング・データ解析を行う『計画研究 A02-4; 代表: 川村 (富山大)』。
- ・ 海洋渦の集団との相互作用に着目した黒潮・親潮系前線帯の形成・変動メカニズムと海洋生態系への影響を数値的に研究する『計画研究 A02-5; 代表: 野中 (JAMSTEC)』。
- ・ 黒潮統流の南北での同時気球観測など複数の研究船による集中観測 (24 年度夏; 25 年度夏・冬) や、新設分1基 (24 年夏~ 25 年夏) を含む係留ブイ3基による統流域連続観測等、現場観測研究の中核を成す『計画研究 A02-6; 代表: 川合 (JAMSTEC)』。

【項目 A03】 大規模気候系における大気海洋雪氷相互作用

- ・ 海面付近での多様な相互作用過程に着目し、暖流から上空の大気への海盆規模の影響を総合的に扱う『計画研究 A03-7; 代表: 見延 (北海道大)』。
- ・ 極東アジア・太平洋域での「熱帯と寒帯のせめぎ合い」で生ずる海から成層圏までの鉛直結合現象を包括的に扱う『計画研究 A03-8; 代表: 中村 (東京大)』。
- ・ オホーツクの海水・海洋変動と大気循環との多階層相互作用を中心に、北極からの影響も含め寒冷圏の気候を扱う『計画研究 A03-9; 代表: 三寺 (北海道大)』。

研究チームは海洋物理分野出身者と気象・気候分野出身者の混成

編成とし、チーム構成の上でも「大気海洋相互作用」が実現するよう工夫した。実際、計画研究班の代表には海洋分野出身 (磯辺、野中、川合、見延、三寺) と気象分野出身 (立花、早坂、川村、中村) とがバランス良く混じっている。また、22 年度発足当初は、上記計画研究の代表を始め、殆どの構成員が 50 歳以下という、中堅・若手を中心としたチームであることも特徴である。

上記の計画研究に加え、以下の6つの公募研究(23・24年度)があって、互いに連携を進めている。内訳は、台風に伴う大気海洋相互作用の数値研究が2件 [相木 (JAMSTEC); 和田 (気象研)] の他、縁辺海の生態系モデリング [吉江 (愛媛大)]、海洋混合層における混合過程の観測 [根田 (京都大)]、黒潮統流域の混合層の長期変動 [岩坂 (東京海洋大)]、及び北太平洋 10 年規模変動に関わる大気海洋相互作用 [杉本 (東北大)] である。また、若手研究者育成も新学術領域の重要な目的の1つである。そこで、領域に参加する概ね 35 歳以下の研究者・博士課程院生により、若手研究者研究連絡会 (略称 YHS: young hot-spotters) を組織した。こうして、海洋・気象の両学会の枠を越えて気候研究を志す若手研究者が連携し、領域の研究方針や内容への具体的な提言や、プロジェクト終了後の更なる発展へ向けてのビジョンを提案してもらうことにした。さらに、計画研究班の枠を越えた共同研究の活性化のために、テーマ別 (夏季モンスーン、冬季モンスーン、海洋フロント・ジェット、太平洋 10 年規模変動) のワーキンググループを4つ設けた。

領域全体の研究活動は2つの支援チームにより支えられている。ES センター (JAMSTEC) の研究者で構成される「モデリング支援チーム」は、ES の性能を最大限に活用した高解像度の全球大気・海洋・結合モデル実験を実施し、その出力データを全構成員が解析に利用できるよう準備する他、更に高解像度の領域モデリングも支援し、台風などに関わる大気海洋相互作用の解明へも資することもその目的としている。一方、「観測支援チーム」は、海洋現場観測を担当する計画研究 A02-6 を核として、各計画研究で観測研究に携わる研究者と代表とが属する大規模な組織で、集中観測への領域を挙げた支援体制を築くためである。

さらに、領域全体の研究活動に大所高所からご助言を頂く領域評価者として、今脇資郎 (JAMSTEC)、安成哲三 (名古屋大)、花輪高雄 (東北大; 23 年度~) の各先生に就いて頂いた。なお、22 年度に評価者であった若土正暁先生 (北海道大) は、ご自身が代表を務める科研費基盤研究 (S) に専念されるため、23 年度からはリエゾン役として参加して頂いている。

5. 今日までの研究成果

我々の新学術領域が発足して1年半余りであるが、既に幾つかの重要な成果が得られ、論文公表されている。それらの幾つかは、領域発足への足掛かりとなった成果も含め、Journal of Climate の special collection: CLIVAR Western Boundary Currents に収録されている。既に論文発表された主な成果は、1) 湾流の影響による降水集中化の季節性や特徴的な海上風分布の解明; 2) 黒潮統流からの熱放出の影響による海面気圧極小と雲・降水系への影響の発見; 3) 黒潮統流の 10 年規模変動をもたらす海洋波動伝播の新解釈; 4) 北太平洋亜寒帯前線帯における 10 年規模の海面水温偏差が強制するアリューシャン低気圧の変動とその季節性の解明; 5) ストームトラックや海上偏西風の形成・変動 (環状モード) に不可欠な地表傾圧帯の維持における海洋前線帯の重要性の解明; 6) 海洋表層の温暖化トレンドの暖流域における顕著な増幅の発見などである。

加えて、7) 黒潮変動が日本沿岸域の降水に与える影響、8) 縁辺海

の冬季水温偏差分布が低気圧活動の経年変動に与える影響、9) 黒潮上による東シナ海上の積乱雲列の組織化など、興味深い成果が続々と生まれつつある。これらの成果は学会で発表され、近い将来国際誌に論文発表されるものと期待される。また、24年度から開始される集中観測や黒潮流域に新設されるブイから得られる貴重なデータもいずれ公開される予定である。

6. 国内外との連携と学界への貢献

我々の新学術領域の発足に当たり、国内外の多数の研究者から支援を頂いた。こうした研究連携の継続・拡大は我々の成果を高めるためにも、ひいては研究分野全体の発展のためにも不可欠であり、シンポジウムの開催などを通じ研究交流の場を提供してゆきたい。既に23年度には海洋学会・気象学会秋季大会にて領域関係者がシンポジウム・セッションを主催し、両学会員の相互交流の場を提供した。また、国際協力も積極的に推進したい。既に、本年2月下旬に米国で開催される Ocean Sciences Meeting や5月下旬の地球惑星科学連合大会で、中緯度大気海洋相互作用に関する国際セッションを主催することが決まっている。後者は23年度海洋学会春季大会で計画したシンポジウムに対応するものだが、最終年度に2回目を計画している。

本学術領域の発足は、海外での中緯度大気海洋相互作用に関する研究活動の活性化を促している。既に中国では謝尚平教授（ハワ

イ大）が率いる大型プロジェクトが発足し、フランスでも大型研究が提案され、更には米国では何人かの有力研究者が研究予算を獲得し、我々の新学術領域との連携が活発になると期待される。国内では、オホーツク海、及び雲・エアロゾルに関する2つの科研費基盤(S)や領域構成員が主導する複数の基盤研究(A)・(B)、更には地球温暖化関係の革新プロジェクトや北極気候変動研究事業などとも連携が進んでいる。特に、黒潮流域の集中観測を含めた現場観測では、JAMSTECの複数の研究船の他、水産庁（東北水試）や各大学（三重大、長崎大、鹿児島大など）の研究船も参加する。集中観測やブイ観測は米国の研究者らとの連携の下で行われる予定で、中国との協力も模索中である。また、気象庁第2期全球大気再解析(JRA55)プロジェクトとの連携として、最近28年に限り、衛星観測による海面水温場を水平解像度0.25°で大気モデル（格子点間隔0.55°相当）の境界条件に与えた追加データが作成され（気象研）、気象庁より公開される予定である。これは、55年分の標準データ（海面水温場の水平解像度1°）に比べ、海洋前線など水温の微細構造が雲・降水や大気境界層に及ぼす影響をより良く再現できる全球データである。

なお、現在の公募研究課題は24年度で一旦終了する。今秋に行われる25・26年度の課題募集では、会員諸氏からの積極的な応募を期待したい。

(以上)

書評

南極海ダイナミクスをめぐる地球の不思議

青木 茂 著

SUPERサイエンスシリーズ、C&R研究所、2011年発行、256ページ、1500円+税、ISBN978-4-86354-088-0

北海道大学低温科学研究所 大島 慶一郎

南極海では世界で一番重い海水（南極底層水）が作られ、それが全海洋の底層に広がっていくことで、海洋の一番大きな循環（熱塩循環）が作られます。一方、温暖化などの気候変動の影響は極域で最も顕著に出る、とされています。北極海の夏の海水の激減はよく知られていることですが、実は南極でも深々と変化が生じています。南極の棚氷や氷床の海洋への融解が増加していることがわかってきたのです。これによって底層水が低塩化して軽くなっていることも示唆されていて、将来熱塩循環が弱まってしまふ可能性もあるのです。さらに、氷床の融解は水位の上昇をもたらします。このような変化が顕著になるのには数十年から数百年の年月を要しますが、地球全体の気候をダイナミックに変えるような大きな変化になる可能性があるのです。つまり長い時間スケールの地球の気候変動の鍵を握っているのが南極海なのです。本書はそういう南極海にスポットライトを当て、南極海を起点に海洋大循環はどうやって生ずるか、といった基本から、大気・氷床・生態系との関係といった学際的な視点を持って、最新の研究成果まで、わかりやすく解説した啓蒙書です。

本書は50項目のトピックスに分かれていて、キャッチーなタイトルとともに、それぞれが独立しているので、読者は面白そうな項目から読み進めることができる、という工夫がなされています。内容の参考のために、本書の章立てを以下に示しますが、章は便宜的なもので、トピックスが50項目ある、と考えた方がよいでしょう。第1章：南

極海ダイナミクスって何？、第2章：極域で起きている異変、第3章：海洋循環のメカニズムにせまる！、第4章：極域の「氷」からわかること、第5章：気候システムのダイナミクス、第6章：南極海を調査する技術。

この本はSUPERサイエンスシリーズの一貫として、ビジネスマン等の一般の方向けの科学啓蒙書として出版されています。この本は一般の方はもちろんですが、私は以下の方にぜひ読んでもらったらよい本と考えます。一つは海洋研究に携わっておられる方（大学院生も含め）で、ここに書評を書かせて頂いている理由もそこにあります。本書は学際的な視点で書かれているので、どんな分野の方が読んでも楽しめる、読みやすい本と思います。もう一つは、科学に興味を持つ高校生・大学生などの若い方々です。実はこの本には、仕掛けがあって、関連するトピックスに合わせて、海洋の熱塩循環や風成循環のしくみや大気大循環・ミランコビッチサイクルといった、海洋学、気象学、気候学の基礎を式を使わずにイメージ図で学べる、という工夫がなされているのです。もちろん、こういった基礎を言葉とイメージ図だけで理解するのは簡単ではありません。この点に関しては十分成功しているとは言えないのですが、本書は、若い方に向けて、南極海を通して、海洋学、雪氷学、気象学、気候学へのいざない、にもなっているのです（著者もまだ十分若いのですが）。

著者の青木茂氏は、もともと出身・専門は海洋物理学ですが、国立極地研究所の地学グループにも所属していたこともあり、日本南極地域観測での昭和基地越冬も経験しております。海外の南極海観測に