

太平洋を中心とした海洋の物質循環と生態系動態の研究

Marine biogeochemistry and ecosystem dynamics researches especially in the Pacific Ocean

小川 浩史^{1*}・鈴木 亨²・杉本 隆成³・齊藤 宏明¹
Hiroshi OGAWA^{1*}, Toru SUZUKI², Takashige SUGIMOTO³ and Hiroaki SAITO¹

¹ 東京大学 大気海洋研究所

² 日本水路協会 海洋情報研究センター

³ 東京大学 名誉教授

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

² Japan Hydrographic Association, Marine Information Research Center

³ Professor Emeritus, The University of Tokyo

摘 要

海洋における物質循環と生態系動態の研究において1990年以降中心的な役割を果たしてきたIGBPの3つのコアプロジェクト、JGOFS、GLOBEC、IMBERに関する国際的な背景と、太平洋を主対象とした我が国における共同研究の取り組みについて取りまとめた。JGOFSは、観測・研究手法の統一化を通じて海洋の物質循環研究の基盤を確立し、IMBERへと受け継がれた。また、JGOFSの研究を通じ、物質循環における生物の役割の重要性が共通認識され、IMBER発足にあたっては、地球化学と生態学の研究の統合が強調された。一方、気候変動に対する高次生態系の応答に焦点を当てたGLOBECの研究は、2010年以降IMBERへ統合され、IMBERは、物質循環から高次生態系まで取り扱う総合的なプロジェクトに発展した。さらに、今後のIMBERは、海洋の物質循環と生態系動態の研究成果を、人間社会と海洋との関係構築の枠組みの中に反映させていくための取組に向け、大きく展開していくことが期待されている。

キーワード：海洋、海洋生物地球化学と生態系の統合研究、生態系、
全球海洋生態系動態研究計画、全球海洋フラックス合同研究計画、
物質循環

Key words：marine, IMBER, ecosystem, GLOBEC, JGOFS, biogeochemical cycles

1. はじめに

本稿では、海洋における物質循環と生態系動態の研究において1990年以降中心的な役割を果たしてきたIGBP(International Geosphere Biosphere Programme: 生物圏-地球圏国際協同研究計画)の3つのコアプロジェクト、JGOFS(Joint Global Ocean Flux Study: 全球海洋フラックス合同研究計画, 1990~2003年)、GLOBEC(Global Ocean Ecosystem Dynamics: 全球海洋生態系動態研究計画, 1998~2009年)、IMBER(Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research: 海洋生物地球化学と生態系の統合研究, 2005~年)に関する国際的な背景と、太平洋を主対象とした我が国における共同研究の取組について取りまとめる。

このうち、2015年現在において活動中の海洋の物質循環と生態系に関するプロジェクトは、2005年にIGBPのコアプロジェクトに認定されたIMBERだけ

であるが、特にIMBERの扱っている物質循環研究に関しては、2003年に終了したJGOFSの成果を引き継いでいるものである。また、生態系に関しては、当初IMBERでは、植物プランクトン・微生物群集を中心とする低次生態系を主対象としていたのに対し、動物プランクトンより上位の高次の生態系を主に取り扱ってきたGLOBECが2009年に終了するのに伴い、2010年からその内容はIMBERに統合されることになった。その結果IMBERは、海洋の物質循環から低次・高次含む生態系全体を取り扱う、極めて総合的な海洋関連プロジェクトに発展してきた。

後述するように、JGOFSは、国際的に初めて大規模に展開された海洋物質循環研究プロジェクトであり、観測手法、分析手法やデータ管理等の統一化を通じて、海洋の物質循環研究の基盤を確立した。そしてこの事を通じて、海洋の物質循環が地球環境や気候変動に与えるインパクトやフィードバック機

受付: 2015年4月13日, 受理: 2015年8月20日

* 〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5-1-5, e-mail: hogawa@aori.u-tokyo.ac.jp

構を定量化して評価することに大きく貢献した。GLOBEC に関しても、2000 年以降、気候変動に対する高次生態系の応答に関する研究に重点をおいてきた結果、海洋の中における生態系という理解から、地球システムと連動した海洋生態系という、よりスケールの大きな概念の枠組みへの拡張が進められた。このような海洋内部の物質循環と生態系の機能や変動機構を、地球全体の環境変動との関わりの中で評価する動きは、IMBER に受け継がれたのちに大きく発展していく。

さらに IMBER では、海洋と地球環境の 2 つのディメンジョンに加え、人間社会という 3 つ目のディメンジョンを取り入れた枠組みへと大きく展開しつつある。人間活動が地球環境に変化をもたらす、それが海洋の物質循環と生態系の変化に波及し、それは地球環境の変化へフィードバックすると共に人間社会にも影響をもたらす。このような 3 つのディメンジョンの間の相互関係を正しく理解していく中で、人間社会が海洋を持続的に利用していくための方策を構築していくことが IMBER を中心とした今後の海洋の研究に求められている。

以降、IGBP の研究計画の枠組みで行われた海洋の物質循環と生態系動態の研究に関する、この四半世紀の歴史を辿りながら、JGOFS(担当：鈴木 亨)、GLOBEC(担当：杉本隆成)、IMBER(担当：齊藤宏明・小川浩史)の順に紹介する。なお、本文中に登場する人物の所属については、全て活動当時のものを記載した。

2. JGOFS

2.1 JGOFS の概要

JGOFS は、地球温暖化問題に対する対策立案に資するために、海洋中の炭素とそれに付随する元素の循環の現状を理解し、将来を予測するための国際共同研究で、ICSU(International Council of Scientific Unions(現在、International Council for Science)：国際学術連合)および SCOR(Science Committee for Ocean Research)をスポンサーとして 1990 年に IGBP のコアプロジェクトに認定された。

2.2 JGOFS 国内委員会

日本における JGOFS の活動は 1987 年に日本学術会議・海洋科学研究連絡会の元で立ち上げられた。第 15 期(1991 年 10 月～1994 年 9 月)からは地球環境研究連絡委員会・IGBP 専門委員会の中に JGOFS 小委員会(以降、国内委員会)が設置され、国内の活動の取りまとめなどが行われた。歴代の委員長は小池勲夫(東京大学；1987～1994 年)、半田暢彦(名古屋大学；1994～2000 年)、才野敏郎(名古屋大学；2000～2003 年)が務め、また国際 JGOFS SSC(Science Steering Committee：科学推進委員会)執行委員も兼務し(それぞれ 1988～1991、1992～1994、1996～

2003 年)、国際的な活動との調整を担った。委員の任期は学術会議と同期して 3 年と決められ、第 14～18 期に委員長以下 13 名の委員が任命された。

2.3 JGOFS 北太平洋プロセス研究における日本 JGOFS の活動

国内委員会では、かねてから炭素循環における北部北太平洋の重要性を指摘してきたが、国際 JGOFS の共同研究の場では取り上げられなかった。しかし 1996 年 4 月に全球の炭素循環における北部北太平洋の重要性を再度強調し、日本の計画を中心とした北太平洋における共同研究を JGOFS SSC に提案したところ採択され、同年 7 月に NPTT(North Pacific Task Team)発足と同時に TOR(Terms of Reference)も策定された。同年 11 月、むつ海洋科学シンポジウムに合わせてむつ市で開催した NPTT 第一回会合において、メンバー各国の研究計画および TOR を検討した結果、日本の計画が TOR のほとんどの項目を満たしていることからこれを中心を実施することとなったが、日本の計画で実施の見通しが不十分であった太平洋西部亜寒帯域における時系列観測点の必要性が強く指摘された。また、TOR で求められている縁辺海の研究に関しては、ベーリング海とオホーツク海は中層水の形成の視点で日本の計画に取り込んで NPTT で取り上げるが、日本海、東シナ海、南シナ海に関しては CMTT(Continental Margins Task Team)で取り上げるのが妥当であるとの結論に至った。時系列観測の重要性に関してはすでに十分に認識されていたが、その実行方法を議論するために 1997 年 4 月の日本海洋学会春季大会に合わせて、つくば市で会合を持った。この会合は、時系列観測点の維持は国内の一研究機関が単独で出来るものではないため、広く海洋学会会員に協力を求めることを意図したものであったが、討論の結果、やはり中心となって実施するグループが必要との結論に達し、野尻幸宏(国立環境研究所)が日本科学技術振興事業団の戦略的基礎研究に、課題「北西太平洋の海洋生物化学過程の時系列観測」を申請したところ採択され、ここで定点 KNOT(Kyodo North Pacific Ocean Time Series：北緯 44 度、東経 155 度)が企画された。1997 年 10 月に韓国・釜山で開催した第二回 NPTT 会合では各国の準備状況をレビューし、特に時系列観測点に関しては、HOT(Hawaii Ocean Time-Series)の定点 ALOHA(A Long-Term Oligotrophic Habitat Assessment；北緯 22 度 45 分、西経 158 度)、東部亜寒帯域の定点 P(通称 Papa)(北緯 50 度、西経 145 度)に加えて定点 KNOT が NPTT として重要なコンポーネントであることを認識するとともに、将来にわたって長期に継続することの重要性について各国の関連機関に訴える文書を取りまとめた。また、NPTT の重点海域が PICES(North Pacific Marine Science Organization：北太平洋海洋科学機関)の対象海域と重なることから、Working Group on Carbon

Dioxide in the North Pacific の設立を PICES に提案したところ WG-13 として承認され、その後 WG-17 を経て現在は S-CC (Section on Carbon and Climate) に引き継がれている。

日本 JGOFS では「北部北太平洋における二酸化炭素吸収のキーププロセスを明らかにし、その地理的変動、季節変動、年々変動を調べることにより、生物ポンプおよび物理ポンプによる二酸化炭素の吸収量を定量化し、さらにその制御機構を理解すること」を共通の目的として、1998年4月から2000年3月まで、広域・集中・時系列の各観測、衛星リモートセンシング、モデルに関する現行・既存の研究計画とこれらを支援するデータ管理で構成された体制のもとで NPPS (North Pacific Process Study: 北太平洋プロセス研究) を実施することにした。1998年2月に名古屋大学で準備ワークショップを開催して国内委員会の体制の改編と NPPS のゴール実施計画概要を決め、直後に行われた国内委員会によって承認された。同時期には1997年度に就航した「みらい」を利用した JAMSTEC グループによる物質循環研究、科学技術振興調整費総合研究「北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際共同研究 (SAGE)」、関連研究として日本海洋技術振興事業団によるオホーツク海の研究も実施された。他の海域におけるプロセス研究と異なり、NPPS では海面衛星リモートセンシングと同期した観測・実験研究を行ったことが最大の特徴であった。北部北太平洋においては国立環境研究所による「定期貨物船を利用した太平洋温室効果ガスモニタリング」が既に実施されていて、それと相補的なデータを提供する衛星リモートセンシングデータを合わせることによって、従来極めてデータの乏しかった北部北太平洋における物質循環過程の季節変動と地域の変動を定期的にモニタリングできるようになった。

NPPS では、他の海域の統合化と歩調を合わせるために、プロセス研究を実施する傍ら統合化作業も実施しなければならなかったため、国内委員会により日本 JGOFS Synthesis and Modeling Group (座長: 岸道郎 (北海道大学)) が結成された。1998年9月に第一回会合を名古屋大学で開催し、NPPS では北太平洋の個別の取りまとめだけでなく全球的な統合化に寄与することが重要であることから、全体の取りまとめの動向と緊密な連携を保つこと、また、北太平洋においては PICES の枠組みの中で GLOBEC と連携することなどを確認した。引き続き1998年10月に開催した第三回 NPTT 会合では、西部亜寒帯太平洋におけるプロセス研究の個別成果を Deep-Sea Research 特集号¹⁾に取りまとめること、2000年4月の第二回 Open Science Meeting に NPTT として取りまとめを発表することなどを決め、その中にはカナダが中心になって取りまとめた東部亜寒帯太平洋の成果、LOICZ (Land - Ocean Interactions in the Coastal

Zone: 沿岸域における陸域-海域相互作用研究計画) と共同の縁辺海研究の成果、HOT グループによる低緯度海域の定点観測の成果に加えて我が国を中心とする西部亜寒帯海域での NPPS の成果を入れることにした。

NPPS が2000年3月に終了することを受け、名古屋大学大気水圏科学研究所は「北太平洋における炭素循環に関する国際シンポジウム」を2000年2月8~10日に開催した。このシンポジウムで取りまとめた二年間の集中観測・研究の成果を国際 JGOFS 海域研究の中に位置付けるため、すでにモデル化・統合化の作業を進めていた北大西洋、赤道太平洋、インド洋、および南大洋における海域研究の代表者を招待して討論を行った。また JODC (Japan Oceanographic Data Center: 日本海洋データセンター) から通称 JGOFS Protocol と呼ばれる JGOFS の共通観測・測定手順のマニュアルの日本語版²⁾が刊行された。JGOFS Protocol は JGOFS のような大規模な国際共同研究において観測・測定したお互いのデータの互換性を保証するために必要なドキュメントであり、JGOFS の残した偉大な成果の1つである。残念ながら日本語版の刊行と日本 JGOFS の北太平洋における集中観測・研究フェーズとは同期しなかったが、我が国で将来にわたって国際的に相互比較が可能な高品質の生物地球化学的の海洋データを得るためには極めて有意義であった。

NPTT は予てから Alexander Bychkov (PICES) と才野敏郎が共同議長として運営にあたってきたが、2000年の JGOFS SSC 会議において Bychkov が議長に、才野が副議長になり、引き続き行われた SSC 執行委員会では才野が執行委員に選出された。また、NPTT が統合化フェーズに移行したことを受けて NPSG (North Pacific Synthesis Group) への名称変更が勧告され、岸道郎が新たにメンバーとなった。同年の会合は、2月の国内委員会の後援による名古屋大学での国際シンポジウムおよび10月の第9回 PICES 年次総会に合わせて計二回開催した。さらに JGOFS SSC 会議での検討に合わせて、日本 JGOFS でも IGBP 第2期における JGOFS 後継となる海洋研究プログラムの検討が開始された。2002年10月1, 2日には、北海道大学で開催された日本海洋学会秋季大会に並行して、海洋学会・SCOR 合同国際シンポジウムの一環として日本 JGOFS の協力による “Workshop on Synthesis of JGOFS North Pacific Process Study” に引き続き NPSG 会合を開催した。

2003年5月には米国ワシントン D.C. の米国科学アカデミーにおいて第三回 JGOFS Open Science Conference が開催され、NPSG 以外のほとんどのグループが公式な活動を終えた。さらに同年9月にモスクワで開催された SCOR 執行委員会では才野が JGOFS SSC を代表して JGOFS の公式な終了報告を行い、翌週にノルウェー・オスロにおいて最後の

- (a) 仔稚魚の耳石の日輪と安定同位体比：日ごとの成長と食物網の解析に活用
- (b) 人工衛星からの水温・水色・海面高度の同時広域画像と、GPS内蔵漂流ブイの流跡
- (c) ADCP(流速の鉛直分布計)と2周波魚探：航走する船上から鉛直断面を計測
- (d) CTD-Chl-a(水温・塩分・深度・クロロフィル)センサー付の採水器と中層トロール・ネット：船上でモニターしつつ開閉操作
- (e) OPCとVPR：プランクトンのサイズを光学的に計測し、ビデオ画像で種を同定
- (f) 高解像の水温流動モデル：模擬卵稚仔群を追跡し、経験水温を成長・生残率に使用
- (g) ニューラルネット：魚類の資源量変動の非線形・多因子の統計解析に活用
- (h) EOF分析：表面水温やプランクトンの経年変動の水平分布特性の解析に活用

3.3 GLOBEC 関連の国内プロジェクトと研究成果

(1) 水産庁水産研究所の GLOBEC 関連の研究プロジェクト

資源管理の科学的基礎の改善のため、一般別枠研究「太平洋沖合域における環境変動が漁業資源に及ぼす影響の解明(VENFISH: Comprehensive study of the variation of the oceanic environment and fish populations in the northwestern Pacific)」が1997~2002年度に行われた。東北区水産研究所、北海道区水産研究所、中央水産研究所が関わり、大学の研究者も加わった。サンマやスケトウ資源に及ぼす海洋環境や動物プランクトンの影響を予測するモデルの作成を目標とした。また、2000~2005年度には現場即応研究「産卵場形成と幼稚魚の輸送環境の変化がマジ・スルメイカ等の加入量変動に及ぼす影響の解明(FRECS: Fluctuation of recruitment of fish egg and larvae by change of spawning grounds and transport pattern in the East China Sea)」が、西海区水産研究所、日本海区水産研究所、中央水産研究所により推進され、大学の研究者も協力した。渡邊良朗(中央水産研究所)と安田一郎(北海道大学)らは黒潮続流とその南側水域における1990年前後の水温上昇が高水準のマイワシ資源を激減させた可能性を示した。これらを含め、浮魚類の産卵場から成育場にかけての輸送・回遊、および成長・生残過程に及ぼす水温と餌プランクトン密度等の影響に関する認識が上記の計画研究により格段に深められた。

(2) 大学と国立極地研究所で推進された GLOBEC 関連の研究

北海道大学水産学研究所では「亜寒帯海洋の気候変化と生態系の応答に関するプロジェクトチーム(HUBEC, Hokkaido University - GLOBEC)」が展開された。長年練習船おしよろ丸で北洋の定線調査と東シナ海、日本海等での練習航海を継続しており、学長リーダーシップ経費と科学研究費、水産庁の上

記プロジェクトからの委託研究費等を、中層トロール網の開発とスケトウダラやスルメイカ等の調査研究に活用し、桜井らは、飼育実験と野外調査により、スルメイカの再生産の年々変動に及ぼす産卵場の冬季混合層厚の重要性を明示した。また、池田や津田らによる鍵種動物プランクトンの生活年周期と餌環境の関係の解明や、岸が研究代表の「地球温暖化の海洋生態系への影響」に関する科学研究費基盤(S)等が展開された。

国立極地研究所の内藤靖彦らは、南極観測特別事業費等を用いて胃挿入型マイクロ・データロガーを開発し、索餌戦略の異なる2種のペンギンの生態を研究して、海氷変動の影響を明示した。

他方、東京大学海洋研究所では、川口弘一等が既往観測資料を活用して、ハダカイワシ類の産卵・索餌回遊と資源変動に関する研究を格段に進展させた。また、青木一郎らは、マイワシとカタクチ仔稚魚の適水温帯の違いが卓越種交替に重要な役割を演じることを見出し、ニューラルネットによる解析から、カツオ等による食害の重要性についても示唆した。杉本らは、科学研究費基盤(A)「海洋生態系の環境変動への応答と浮魚類の卓越種交替機構の解明」やCOE(研究拠点)高度化研究推進費、水産庁の委託研究費等により、魚卵稚仔の輸送・拡散過程の調査や、上述3.2項で取り上げた研究課題Bへの取組みを進め、マイワシ資源の崩壊に対する親潮水系の北退の重要性を示唆した。さらに、白鳳丸による地球温暖化関連研究費、北東アジア地域世界海洋観測システム(NEAR-GOOS: North-East Asia Regional - Global Ocean Observing System)関連経費により「日加・日豪間の貨物船を用いた動物プランクトンと流速鉛直断面のモニタリング」を展開した。

3.4 研究成果のとりまとめと残された課題

以上の成果は、Fisheries OceanographyのVol.7 No.3/4, 1999とVol.12 No.3/4, 2003およびProgress in OceanographyのVol.43, 1999とVol.49, 2001のGLOBEC Special Issue, GLOBEC News LetterのVol.12 No.2, 2006に特集し、2008年のSynthesis symposiumをまとめた単行本“Marine Ecosystems and Global Change”の中に集約されている。また、関連する内容は、和書の単行本「海流と生物資源」(杉本隆成編著, 成山堂, 2004)や、「レジーム・シフト」(川崎健ら編著, 成山堂, 2004), 「海の生物資源」(渡邊良朗編著, 東海大出版会, 2005)等の中に著述され、東大海洋研での共同利用研究集会の報告が「月刊海洋」に数多く特集されている。

しかし、海洋生態系のレジーム・シフトに関わる50~60年周期の気候・海況変動の原因や、資源変動の大きな小型浮魚類の被食・捕食の原因はじめ、未解決の問題は今なお少なくない。長年にわたるモニタリングと組織的な調査の継続は今後も一層重要である。

4. IMBER

4.1 JGOFS から IMBER への transition

1989年から2003年に行われたJGOFSは、世界中の海洋におけるフィールドキャンペーンや長期モニタリングの実施および海洋生物地球化学循環における多くの発見がなされ、JGOFS legacy ともいべき画期的な成果をあげた。この成功は同時に多くの残された課題を明らかにした。そこで、IGBPとSCORは、2001年にポストJGOFSプロジェクトの立ち上げのためにOcean Futures Planning Committeeを設立し、さらに2002年にOcean Biogeochemistry and Ecosystems Transition Team(TT)を結成した。JGOFSの成果を振り返り今後の研究プロジェクトのあり方を問う一連の議論の中で、地球化学循環における生物の役割の重要性が確認され、ポストJGOFS研究は、生態学と地球化学を統合した研究である必要性が広く認識された。さらにTTは、科学計画・実行戦略(Science Plan and Implementation Strategy: SP/IS)を執筆すると共に、2003年1月にパリでOCEANS Open Science Conference(OSC)を開催して広く科学界からの意見を募った。

当初、ポストJGOFSプロジェクトはOCEANSという名前が付けられる予定であったが、他の海洋関連プログラムとの関係から、IMBERという名前に変更され、2004年8月に最初のSSC会合が開催された。初代議長はニュージーランドのJulie Hallであり、日本からはTTに続いて齊藤宏明(東北区水産研究所)がSSCとして参加した。OSCおよびSSCでの議論を経て、IMBERの科学計画・実行戦略(SP/IS)が2005年の6月に公開された。

IMBERの特徴は、生物海洋学者と地球化学者が対等の関係で参加する研究であるということに加え、人間活動の海洋への影響および海洋変動の人間社会へのフィードバックを主要な研究課題としていたことである。自然科学課題の解明に加え、近年盛んにその必要性が唱えられている“Science for Society”を明確に科学計画に取り入れた最初の海洋科学プログラムの1つであると言える。

IMBERを立ち上げようとする中で問題となったのは、活動中の他のプロジェクトとの関係であった。新プロジェクトがJGOFSに比べ生物過程を重視しているため、IGBPにおける海洋領域プロジェクトGLOBECを推進している科学者からその両立に関する懸念が伝えられ、極めて率直な意見交換がなされた。最終的には、GLOBECが魚類・高次捕食者に繋がるおおよそ動物プランクトン以上の生物を中心とし、IMBERは動物プランクトンに繋がるまでの低次生物過程を中心とするということによって両立させることとなった。また、最初の5年間で第1期とし、2009年のGLOBECの終了に合わせて共同のGLOBEC-IMBER Transition Task Teamを設立し、GLOBECの

行っている高次捕食者を含めた“End-to-End”生態系研究を第2期において行うこととした。IMBERは対象とする科学問題が多岐にわたっているため、IGBPにおける海洋-大気領域プロジェクトのSOLAS(Surface Ocean - Lower Atmosphere Study: 海洋・大気間の物質相互作用研究計画)や、SCORにおいてGEOTRACES(海洋の微量元素・同位体による生物地球化学)プロジェクトが立ち上がる際にも、長い時間をかけた緊張感のある議論が行われることになる。

日本では2004年に日本学術会議において(第19期)、地球環境研究連絡委員会IGBP専門委員会にIMBER小委員会が設立され(委員長: 齊藤宏明)、JGOFSのSSC上級委員を務めIMBERの設立にも深く関わった才野敏郎の世話で最初の小委員会会議が名古屋大学で行われた。IMBER国内員会はその後、名古屋大学水循環研究センターおよび東京大学大気海洋研究所の共同利用研究集会を活用して行われた。日本におけるIMBER研究推進にあたっては、海洋物理、栄養塩、生物生産等多様な観点において世界の海洋とは異なる西部北太平洋の特性を、日本の調査船観測能力および充実したデータベースと数値モデルを活用して重点的に進める方針が示された。これをうけて西部北太平洋での学術研究船白鳳丸による航海(KH-06-2, KH-08-2, KH-10-1)、水産総合研究センターが中心となって行った親潮域集中観測キャンペーンBLOSSOM(Blooming plankton succession study in the Oyashio marine ecosystem)、またオホーツク海を通じて供給される鉄の挙動の解明などに繋がっていく。

4.2 IMBER 第二期と今後の展開

2009年からはIMBERのSSCメンバーとして、齊藤に代わり小川浩史(東京大学)が加わり、2014年までの2期6年を務めた。国内では、日本学術会議20期と21期において、環境学委員会・地球惑星科学委員会合同IGBP・WCRP(World Climate Research Programme: 世界気候研究計画)合同分科会の下にIMBER小委員会が設置され、それぞれ齊藤と小川が委員長を務めた。

この間、国内のIMBER関連の重要な活動として、学術研究船白鳳丸による太平洋の広域共同観測が挙げられる。KH-11-10次航海(2011年12月~2012年1月、寄港地: ホノルル・カラオ)では、南北太平洋の亜熱帯海域および熱帯域の東西横断観測、KH-12-3次航海(2012年7~8月、寄港地: ポンペイ)では、西部北太平洋東経160度線南北断面観測、KH-13-7次航海(2013年12月~2014年2月、寄港地: パゴパゴ・オークランド)では、中部南太平洋西経170度線南北断面観測、KH-14-3次航海(2014年7~8月、寄港地: ホノルル)では、中部北太平洋西経170度線南北断面観測が行われた。これら一連の研究航海により、2011~2014年の約3年の間で、航海日数計

209日間、延べ乗船研究者数130名による、物質循環と生態系に関する太平洋の大規模広域観測が実行された。このような化学、生物系を中心とする幅広い専門分野を束ねた外洋域における共同観測が、短期間の間に集中して実施されたのは、国内では過去に例がない。現在、航海参加者の多くにより試料の分析やデータ解析が精力的に進められている段階で、成果の公表にはまだ時間を要すると思われるが、今後、これら一連の研究航海を通じて得られた成果に基づき、太平洋における物質循環や生態系動態に関する我々の知見が大きく飛躍することが期待される。

このような航海を通じた国内の共同研究体制は、白鳳丸という共同利用研究のプラットフォームを活用したIMBER関連の国内研究者の共同提案が基礎となっている一方で、背景として、財政的な支持基盤も不可欠な要素であった。その中心となり、現在も進行中であるのが、古谷研(東京大学)を領域代表者とする新学術領域研究「新海洋像：その機能と持続的利用」である。これは、IMBER小委員会のメンバーが中心となって計画策定し、2012年度から5年間の研究プロジェクトとして採択、スタートしたものである(英文タイトルは「NEOPS: New Ocean Paradigm on its Biogeochemistry, Ecosystem, and Sustainable Use」)。本プロジェクトは、IMBERの研究活動に関連した国内の自然科学系の海洋研究者が中心となる一方で、水産経済学や国際法等を専門とする社会科学系の研究者が対等な立場で参画している。すなわち、海洋という人類の生存にとって不可欠なシステムを舞台に、自然科学と社会科学の研究者が連携、融合を図りながら、人類が海洋から享受しているさまざまな恵みに対する理解を深化し、それらを持続的に利用していくための枠組みを構築することを大きな目的としている。先述したようにIMBERは、発足当時から海洋を対象とした純粋な自然科学のみならず、自然科学で得られた成果を社会との関係にどう繋げていくかを重要なミッションとしており、スポンサーの1つであるIGBPがFuture Earthに移行する動きに合わせ、そのトーンを一段と強くしている。そのような大きな流れの中で、海洋の研究に文理融合を明確に取り込んだプロジェクトがいち早く国内で発足し活動を始めたことは、当該研究分野において今後日本が国際的にリードしていく上でも極めて重要であると考えられる。

この他に、IMBER関連の国内プロジェクトとしては、文部科学省による国家基幹研究開発推進事業(海洋生物資源確保技術高度化)における研究プロジェクト「我が国の魚類生産を支える黒潮生態系の変動機構の解明」が、齊藤が中心となって2012年より開始され、黒潮生態系の構造と機能を明らかにし環境変動への応答を理解し予測することにより、

生態系の総合的な生産力の活用を図る研究が行われている。

IMBERの国際的な活動に対する日本の貢献の場としては、SSCの派遣以外に、IMBER内に設置されている次の4つのRegional Programにおける活動がある。ESSAS(Ecosystem Studies of Sub-Arctic Seas: 亜寒帯域における生態系研究)、CLIOTOP(Climate Impacts on Oceanic Top Predators: 海洋の高次捕食者に対する気候変動のインパクト)、SIBER(Sustained Indian Ocean Biogeochemical and Ecological Research: インド洋における生物地球化学と生態学の持続的研究)、ICED(Integrating Climate and Ecosystem Dynamics in the Southern Ocean: 南大洋における気候と生態系動態の統合研究)。このうち、SIBERでは本多牧生(海洋研究開発機構)、CLIOTOPでは阿部寧(水産総合研究センター)、ESSASでは齊藤誠一(北海道大学)、桜井泰憲(北海道大学)がSSCメンバーとして活躍している。

また、IMBERは、IMBIZO(ズルー語でフォーラム、集会などの意味)というタイトルのワークショップを隔年で企画しており、これまで3回開催され(2008年・マイアミ、2010年・クレタ、2013年・ゴア)、日本からも、セッションのコンピーナーを含め毎回多くの参加がある。これらの成果の一部は、Deep-Sea Research 誌やProgress in Oceanography 誌等の特集号としてまとめられている。また、2014年には現在IPO(International Project Office)が置かれているベルゲンにて、OSC“FUTURE OCEANS”が開催され、これにも多数の日本人研究者が参加した。

IMBERは、2006年に本格的に活動を開始してから2015年で10年目を迎え、2016年から次期10年に向けて動き出す。これは、スポンサーの1つであるIGBPがFuture Earthに移行するタイミングと時を同じくしており、次期IMBERの方向性はFuture Earthのパラダイムと極めて密接な関係にあると言ってよい。国内では、2015年からSSCメンバーに石井雅男(気象研究所)が選出され、また、学術会議22期において引き続きIMBER小委員会(委員長: 山中康裕: 北海道大学)の設置が認められ、今後の国際的な展開に対応するための体制も整えられつつある。

さらに、先述したように、現在、科学研究費のプロジェクトとして活動しているNEOPSの研究の枠組みは、海洋というシステムを舞台に、自然科学の成果を、人間社会と自然界の間の良好な持続的関係の構築に反映させるスキームを確立する先導研究となり得る。その成果が、今後のFuture Earthの下で展開されるIMBERの活動に繋がっていくことが期待される。

謝 辞

本稿のJGOFSの章は、日本JGOFS立ち上げ時から国内委員および第18期委員長を務めた才野敏郎が執筆する予定であったが、病氣療養中にあった本人からの推薦もあり、ともに編集に関わってJGOFS NPPS Data Set 3)に収録した資料をもとに日本JGOFSに関わる記述を筆者(鈴木)が再編集したものである。才野氏は2014年4月に惜しくも逝去されたが、JGOFS終了後もPICESなどで格別のご厚情を賜り、編集の途中で当時を振り返る度に験の熱さに耐えていた。JGOFSのみならず我が国の海洋学の発展に多大なる貢献と長年の功績をたたえとともに、心よりご冥福をお祈りしたい。

引用文献

- 1) Saino T., A. Bychkov, C-T. A. Chen and P. J. Harrison, eds. (2002) North Pacific biogeochemical processes, *Deep-Sea Research II: Topical Studies in Oceanography*, Vol.49, Nos.24-25.
- 2) 日本海洋データセンター(1993) 全球海洋フラックス合同研究計画における観測・測定手法 - 日本語訳版, 日本海洋データセンター, 174 pp.
- 3) Japan Oceanographic Data Center (2004) JGOFS North Pacific Process Study Data Set, Japan Oceanographic Data Center. (DVD).



小川 浩史/Hiroshi OGAWA

東京大学大気海洋研究所生元素動態分野准教授。海洋における炭素・窒素・リン等の生元素循環を、主に有機物サイドから研究を進めている。特に大型研究船を利用した外洋域での研究では、大気中の二酸化炭素ガスが海洋の生物過程を通じて海洋内部に吸収、固定されるメカニズムの解明を通じ、海洋生態系による気候調節サービスの重要性を社会に広く伝えることを意識して研究活動に取り組む。一方、東京湾や東北被災地の沿岸域におけるプロジェクトにも参加し、集水域の人間活動と沿岸域の物質循環との関わりに着目した研究も進めている。



鈴木 亨/Toru SUZUKI

1966年、秋田県生まれ。東京水産大学(現東京海洋大学)大学院修了、博士(水産学)。現職は海洋情報研究センター副所長、東京海洋大学非常勤講師(国際海洋管理政策論)。北太平洋海洋科学機構データ交換技術委員会委員長(二期目)。専門は海洋物理学であったが、海洋データの品質管理に携わって以来、分野と洋の東西を問わず歴史的データの発掘と整理といった考古学的な業務にも精を出す。



杉本 隆成/Takashige SUGIMOTO

1942年生。京都大学理学部地球物理学科卒業。京都大学大学院理学研究科地球物理学専攻博士課程単位取得退学、京大理学博士。東北大学助手、講師、助教授(理学部)および東京大学助教授(海洋研究所)。1988年より東京大学教授(海洋研究所海洋生物資源部門環境動態分野(旧資源環境部門))。2004年定年退官後東京大学名誉教授、および東海大学海洋学部・同海洋研究所教授。



齊藤 宏明/Hiroaki SAITO

東京大学大気海洋研究所浮遊生物分野准教授。IMBERおよびGLOBECに関連する学術分野横断型大型研究プロジェクトの研究代表者として、表層生態系と中深層生態系の関係、黒潮や風力場の変化が生態系変動を通じて魚類生産に及ぼす影響を明らかにしてきた。近年は、生態系サービスの持続的利用方策の検討や、国際的な法的合意形成に有効な自然科学情報の適切な提供等、自然科学による社会への貢献も目標に加えて研究を行っている。