

「炭素循環および温室効果ガス観測ワークショップ」報告^{*1}

井 上 元^{*2}・石 井 雅 男^{*3}・中 澤 高 清^{*4}・三 枝 信 子^{*5}
山 本 哲^{*6}

1. はじめに

2005年11月10日（木）～11日（金）に東京・池袋のメトロポリタンプラザ会議室において「炭素循環および温室効果ガス観測ワークショップ」が開催された。このワークショップのために組織された組織委員会（委員長：井上 元（国立環境研究所）ほか計19名の研究者で構成），総合科学技術会議地球温暖化研究イニシアティブ（気候変動分野）（座長：小池勲夫，東京大学海洋研究所），IGOS 国内委員会炭素循環テーマグループが主催し，国立環境研究所が共催した。事務局は国立環境研究所地球環境研究センター内に設けられた。

地球温暖化が大気中の二酸化炭素（CO₂）など温室効果ガスの増加による放射強制の結果であることは言うまでもないが，この大気中二酸化炭素の増加は，人類が化石燃料の消費や森林伐採などにより大気に放出した大量の二酸化炭素が，陸域・海洋と大気の間でやりとりされ，その約半分が吸収された結果である。この循環が今後いかに変化するかは将来の二酸化炭素濃

度の増加，ひいては地球温暖化の進行を左右するものであり，この実態・メカニズムを解明し炭素循環をよりよく理解することが地球温暖化の予測に不可欠である。炭素循環は大気・海洋・陸域の生態系などが相互に影響し合って起こるものであることから，統合的・総合的な観点からの研究の推進が望まれており，幅広い分野の研究機関・研究者が結集した数々の炭素循環研究プロジェクトが遂行されてきている。

他方，地球観測の国際的な連携を目的としたGEOSS (Global Earth Observation System of Systems；複数システムから構成される全球地球観測システム) の「10年実施計画」(2004年4月の第2回地球観測サミットで「枠組み文書」採択，2005年2月の第3回地球観測サミットで「実施計画」採択) や，総合科学技術会議による「地球観測の推進戦略」(2004年12月内閣総理大臣に意見具申) など，国内・国際の地球環境観測の活動連携が強化されようとしている。国内では，府省間の連携を進め，予算案も含め協議・調整する場として，分野別の「連携拠点」を作る方向にあり，まず地球温暖化分野の連携拠点が2006年度に立ち上がることとなっている。こうした活動の準備段階として，炭素循環（その他温室効果ガスを含む）という科学的に重要な研究分野の関わるテーマについて，研究の現状を相互に理解し，今後の連携のあり方を検討するための第一歩とするべくこのワークショップは開催された。

当日はまず趣旨説明として，井上組織委員長による「炭素循環観測の国際・国内の共同プログラムと国内連携方策」，小池座長による「総合科学技術会議温暖化イニシアティブの活動について」の講演に続き，組織委員会から推薦された，中心的な活動を行っている研究者による招待講演が，海洋・大気・陸域生態系の3分

*1 Report of Workshop on Observation of Carbon Cycle and Greenhouse Gases, 10-11 November 2005, Tokyo, Japan.

*2 INOUE Gen, 独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター。

*3 ISHII Masao, 気象庁気象研究所地球化学研究部。

*4 NAKAZAWA Takakiyo, 国立大学法人東北大学大学院理学研究科。

*5 SAIGUSA Nobuko, 独立行政法人産業技術総合研究所環境管理技術研究部門。

*6 YAMAMOTO Akira, 独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター。

© 2006 日本気象学会

野についてそれぞれ10件行われた。講演者からは自らの観測研究のみならず、その分野の活動の包括的報告があり、それらに基づく議論が行われた。また、より多くの方の発表の機会として講演要旨集へ投稿していただく形で実施された書面発表に15件の応募があり、そのうち4件についての概要紹介が行われた。参加者は142名で、分野を越えた熱心な討議が2日間にわたり行われた。

炭素循環に関する総合的研究集会としては、国際的には二酸化炭素国際会議 (ICDC; International Carbon Dioxide Conference) が4年毎に開催されている(中澤ほか, 2006など)が、国内的には同様のものはない。国内の研究集会として、2000年12月にワークショップ「炭素循環の解明と予測に関する研究の現状と展望」が開催されており(地球科学技術フォーラム/地球変動研究委員会炭素循環研究グループ, 2001), 本ワークショップは国内ではそれ以降初めてのものである。2000年のワークショップでは海洋分野については研究プロジェクトの代表者等の参加・発表にとどまっており、炭素循環の観測というテーマで幅広い分野の研究者が一堂に会して議論する科学的会合としては今回が国内ではほとんど初めてともいえるであろう。

以下、3分野のセッションの座長を務められたお三方に各セッションの内容を報告していただく。さらに、総合討論のまとめに代えて、研究者からの「連携拠点」への期待について井上組織委員長の私見が述べられる。

なお、講演要旨集については、ワークショップ終了後に追加募集した書面発表を加えて再編集して「国立環境研究所地球環境研究センター報告 (CGER リポート)」の1冊として刊行し、同センターウェブサイト (www-cger.nies.go.jp) でも公開する予定である。

(山本 哲)

2. 海洋

地球表面のおよそ70%を占める海洋は、大気中のCO₂の50倍に相当するCO₂を炭酸物質として蓄え、これを大気と活発に交換している。産業革命後に人類が化石燃料消費によって排出したCO₂の収支評価によれば、そのおよそ半分は海洋に蓄積されている。また、海洋表層の有光層では、多様な植物プランクトンが活発に光合成を行っており、全海洋における一次生産量は、陸域の植生による一次生産量とほぼ等しいと推定される。

海洋のセッションでは、このように地球表層の炭素循環に深く関わる海洋の物質循環やCO₂観測における近年の国際動向について、石井雅男(気象研究所)が概要を紹介した後、吉川久幸(北海道大学)と橋田元(国立極地研究所)が大気・海洋間のCO₂フラックスの評価に関わるCO₂分圧の観測成果について、石井と村田昌彦(海洋研究開発機構)が、海洋の各層観測によるCO₂の蓄積動向の評価について、植松光夫(東京大学海洋研究所)、津田敦(東京大学海洋研究所)、蒲生俊敬(東京大学海洋研究所)が、海洋の物質循環研究に関わる国際プロジェクトと国内動向について、渡邊修一(海洋研究開発機構)が海洋地球研究船「みらい」を利用した物質循環研究の現状と計画について、山中康裕(北海道大学・海洋研究開発機構)が海洋炭素循環の数値シミュレーションについて、原田晃(産業技術総合研究所)がCO₂の海洋隔離について、それぞれ報告した。以下、その内容について簡単に紹介する。

吉川は、世界でも数少ない海洋のCO₂定点(定線)観測の中から、気象研究所と気象庁が東経137度で1980年代初めから観測を続けているCO₂分圧分布のデータを示し、季節変化や長期的な増加傾向の特徴を解説した。また、より詳細かつ総合的な実態の解明に向けて、CO₂分圧観測のさらなる推進とデータ統合の必要性を訴えた。橋田は、国立極地研究所と東北大学がグリーンランド海などで1991年から実施してきたCO₂分圧観測の結果を紹介するとともに、風速や海氷の季節変化が大気・海洋間のCO₂フラックスに及ぼす影響についても考察を加え、極域海洋における調査の重要性を指摘した。

石井は海洋内部にも目を向け、炭素循環の調査・研究における海洋各層の炭酸系観測の意義を述べた。また、西部北太平洋における最近10年間の観測結果を紹介し、亜表層の亜熱帯モード水やそれ以深でも、CO₂が増加傾向にあることを示した。村田も、2003~2004年に海洋研究開発機構が成功させた南半球世界一周航海における海洋各層の炭酸系精密観測の結果を示し、1990年代のデータと比較することで、南太平洋、南大西洋、インド洋の内部でもCO₂が増加していることを実証した。

日本の海洋研究者は、IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme, 地球圈-生物圏国際協同研究計画), WCRP (World Climate Research Programme, 世界気候研究計画), SCOR (Scientific Com-

mittee on Oceanic Research, 海洋研究科学委員会)などが後援する国際プロジェクトにも、積極的に貢献している。植松は SOLAS (Surface Ocean-Lower Atmosphere Study) を推進する立場から、硫酸エアロゾルの雲核となる海洋生物起源の硫化ジメチルや、陸から大気を経由して海洋に供給される窒素と、これによる植物プランクトンの一次生産などについて、最近の知見を紹介し、長期に及ぶ定常観測網の構築を主張した。津田は2001年と2004年に行った鉄散布による植物プランクトン増殖実験の成果など、IMBER (Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research, 海洋生物地球化学・生態系統合研究) が目的とする、魚類などの高次生産者も含む海洋生態系の実態把握と、その気候変化への応答に関する研究を紹介した。蒲生は、近年、著しく高度化が進んだ微量元素や同位体比の分析手法を利用して、大気から海底にまで至る生物地球化学プロセスの解明を目指す GEOTRACES (微量元素・同位体による海洋生物地球化学循環国際共同研究) 計画について解説した。

渡邊は、海洋研究開発機構が、海洋における CO_2 蓄積速度の評価や生物起源の沈降粒子による炭素の鉛直輸送の解明などを目的として、北太平洋で精力的に取組んでいる海盆横断型や定点時系列型の観測について紹介した。山中は、海洋物質循環－生態系モデルの発展と、そのニーズに応じた多様な分化について説明し、計画段階から観測とモデリングが連携する必要性を強調した。また、Nature 誌に掲載され話題となった(Orr *et al.*, 2005) CO_2 増加による海洋の酸性化と、その近い将来の生態系への影響についても言及した。最後に原田は、IPCC の第24回総会で承認された「二酸化炭素の回収と貯留に関する特別報告書」の内容を紹介し、海洋隔離の潜在能力、環境影響とリスク、コスト、法的問題といった種々の論点を整理した。

海洋の温室効果ガスや物質循環に関する調査・研究の奥深さや多様さを思うと、これらの報告が日本における研究領域をすべて網羅したとは言い難い。しかし、様々な問題を抱えつつも、日本の活動が高いレベルにあり、これを維持する多くの努力がなされていることは、理解して頂けたことと思う。

最後に、その大きな問題のひとつである観測プラットフォームの確保・維持に言及したい。海洋の温室効果ガスの動態や物質の循環を、3次元的かつ動的に把握し、現象を理解するには、広域かつ長期に、そして時には機動的に、関連する多種多様な項目について観

測する必要がある。リモートセンシングやセンサー搭載型のフロートなどの自動観測技術の開発は、こうした観測の発展に大きく貢献すると思われる。しかし、物質循環の調査がセンサーでは測定できない多様な物質や生物を扱うこと、海洋内部の調査も不可欠なこと、そして高い測定精度がしばしば要求されることなどから、観測船の役割もまた重要であり続けるはずである。図らずもこのセッションにおける発表のすべてが、船舶による観測に大きく依存しており、総合討論でも、各機関における観測船の運航体制や観測計画の立案方法について質問があったことを特筆しておきたい。

(石井雅男)

3. 大気

大気セッションにおいては、中澤高清（東北大）による温室効果気体の大気観測に関する概論に引き続き、堤 之智（気象庁）、青木周司（東北大）、向井人史（国立環境研究所）がそれぞれの所属機関における観測プロジェクトについて、横田達也（国立環境研究所）、横内陽子（国立環境研究所）、遠嶋康徳（国立環境研究所）、森本真司（国立極地研究所）、松枝秀和（気象研究所）、菅原 敏（宮城教育大学）が個別の観測研究について報告した。以下にその内容を簡単に紹介する。

中澤は、温室効果気体の循環解明の必要性、その困難性ならびに現状における問題点について述べた後、地上基地、航空機、船舶、衛星を用いた温室効果気体観測に関する国内外における動向を概観した。また、現在の観測ネットワークでは濃度が測定の中心となつており、温室効果気体の循環を定量的に理解するためには、各種同位体や、炭素循環においては大気中 O_2 (酸素) などの活用も不可欠であることを指摘した。さらに、大気観測を基に循環を解明するために今後必要となる課題についても言及した。

わが国において長年にわたって系統的に温室効果気体を観測している代表的な機関は、気象庁、東北大、国立環境研究所である。堤は、気象庁が実施している綾里、南鳥島、与那国島における観測の概要を説明した後、これらの地点で観測された CO_2 、 CH_4 (メタン)、 CO (一酸化炭素)、 N_2O (一酸化二窒素)、フロン類の時間的変動をまとめて示し、その特徴を考察した。また、世界気象機関 (WMO : World Meteorological Organization) が組織した全球大気監視 (GAW : Global Atmospheric Watch) プログラムの下に取得

された温室効果気体のデータを収集・管理・保存・提供するために、気象庁に設置されている WMO 温室効果ガス世界資料センター (WDCGG : World Data Centre for Greenhouse Gases) の活動および今後の計画について報告した。青木は、地上基地や航空機、船舶を用いた広範にわたる温室効果気体の観測や、氷床コア分析による温室効果気体の変動の復元など、東北大大学が実施している循環に関する観測的研究の概要を紹介した。また、具体的な研究成果の例として、日本上空で観測された CO₂濃度と炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) の時間変動を同時解析することによって推定した過去20年間にわたる大気—海洋間と大気—陸上生物圏間の CO₂ フラックスの変動と、南極ドームふじコアとグリーンランド NGRIP (North Greenland Ice Core Project) コアの分析による過去12万年間の CH₄ 濃度の変動とそれを基にした CH₄ 循環の時間変化について述べた。向井は、国立環境研究所/地球環境研究センターが沖縄県・波照間島と北海道・落石岬で実施している温室効果気体の観測に関して、施設・設備および測定種目を紹介するとともに、測定結果の例としてとして CO₂ 濃度の変動を示し、比較・検討した。さらに移動体を用いた観測例として、北米航路およびオセアニア航路で実施している定期貨物船による観測と、シベリアのソルグート、ノボシビルスク、ヤクーツクで行っている航空機観測の現状を報告した。

近年、全球にわたって温室効果気体を観測するための手段として人工衛星が注目されている。横田は、衛星による温室効果気体観測の利点と欠点・困難性に言及した上で、衛星観測によってこれまでに得られた幾つかの結果について紹介し、さらにわが国が2008年に打ち上げを予定している温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT : Greenhouse gases Observing SATellite) および米国 NASA が同時期に打ち上げ予定としている OCO (Orbiting Carbon Observatory) 衛星の概要を説明した。横内は、波照間観測ステーションで観測された HCFC (Hydro Chloro Fluoro Carbon), HFC (Hydro Fluoro Carbon), CFC (Chloro Fluoro Carbon) などのフッ素系温室効果気体の変動を解釈するとともに、東アジアにおけるこれらの気体の排出量について行った解析結果を示した。上でも述べたように、炭素循環における新たな拘束要因として大気中の O₂ が注目されているが、遠嶋はその原理と有用性を説明し、実際に波照間観測ステーションと落石岬ステーション、太平洋上で観測した結果を基に推定した近年

における海洋および陸上生物圏による CO₂ 吸収量について考察した。森本は、温室効果気体からみた南北両極域の特徴について説明した後、南極昭和基地および北極ニーオルスン基地における温室効果気体観測の概要を紹介した。さらに、南北両極域における CO₂ 濃度と $\delta^{13}\text{C}$ の変動を比較検討するとともに、北極域での CH₄ 濃度と $\delta^{13}\text{C}$ の解析を基にして、濃度の年々変動への湿地と森林火災の寄与について新たな知見を提示した。松枝は、定期航空機を用いて行われた温室効果気体観測を概観し、日本上空や日本—豪州間における観測など、特にわが国の寄与が大きいことを観測結果を基に示した。また、現在実施されている外国の観測プロジェクトを紹介するとともに、今年11月にオールジャパン体制で新たに開始された日本航空の定期旅客機による広域観測について説明した。大気セッションの最後の発表として、菅原が大気球を用いた成層圏における大気組成の観測について報告し、特に三陸や昭和基地、スカンジナビア半島上空での観測から得られた CO₂ 濃度と炭素・酸素同位体比の結果を示すとともに、その解釈を行った。

今回のワークショップで発表された内容は、わが国における温室効果気体の大気観測をほぼ網羅しており、現状を把握できるものとなっていた。また、わが国の研究者は対象とすべき課題を幅広くカバーしており、循環を理解する上で大きな強みとなっていることが確認できた。しかし、温室効果気体の循環解明にさらに深く貢献するためには、循環モデルとの連携や陸域および海洋の研究者との連携の強化が望まれる。

(中澤高清)

4. 陸域生態系

4.1 講演の概要

陸域生態系のセッションでは10件の講演が行われた。内容はおよそ次のように分類される。第一に地上観測、第二に衛星・モデル・地上観測を統合した炭素収支評価手法、第三に温暖化環境下における実験である。以下では講演順にこだわらず概要を紹介する。

第一に地上観測については、現 AsiaFlux 運営委員長である大谷 (森林総合研究所) から、FLUXNET の目的と歴史、AsiaFlux ネットワーク機能強化の取り組みなどが紹介された。続いて三枝 (産業技術総合研究所) から AsiaFlux サイトの1つ (岐阜県高山) で観測された CO₂ フラックスの年々変動、梁 (国立環境研究所) から自動開閉チャンバーシステムを用いた土壤

呼吸、微生物呼吸、根呼吸の連続観測の結果が紹介された。以上3件の講演では、約10年前に始動したFLUXNETの活動の中で、陸域炭素収支の地上観測網がアジア域でもようやく軌道に乗りはじめた現状が示された。

第二に衛星・モデル・地上観測の統合については、まず安岡（東京大学生産技術研究所）から、衛星観測されるパラメータ（葉面積指数）を陸域生態系モデル（Sim-CYCLE：Simulation model of Carbon CYcle in Land Ecosystems）の中間出力調整に用いることにより、純一次生産量の推定精度向上をはかる方法が示された。Dye（地球環境フロンティア研究センター）からは、炭素吸収量推定のために光合成有効放射PAR（Photosynthetically Active Radiation）の高精度評価の重要性が指摘され、PAR全球観測システム構築の提案があった。さらに、京都議定書第一約束期間に焦点をあてた森林バイオマスと土壤中の炭素貯蔵量変化の推定について、天野（早稲田大学人間科学学術院）から主に国内における研究成果が紹介され、本多（千葉大学）からはMODISとNOAA-AVHRRを利用した東アジアの森林バイオマス推定手法が示された。陸域生態系モデル開発の立場からは伊藤（地球環境フロンティア研究センター）が、観測研究への要望として、測定データの公開、データを一括して収集配信するデータセンターの必要性、長期観測継続の重要性などを指摘した。衛星・モデルによる炭素収支評価は近年ますます空間的にも時間的にも高解像化が進んでいる。地上観測者の立場から見ると、高度化する詳細な評価結果を今後どのように系統的、連続的、かつ合理的に「地上検証」することができるかという点に新たな課題と面白味を感じている。

最後に温暖化環境下での植物の生理生態応答に関する実験として、中根（広島大学大学院生物圏科学研究所）から大型のオープントップチャンバーを用いて群落の炭素動態を長期的に追跡した結果について、小林（東京大学大学院農学生命科学研究所）から近年各国で行われた森林FACE（Free Air CO₂ Enrichment：開放系大気CO₂増加実験）の成果、および水田FACEの結果についてメタンや亜酸化窒素も含めて報告があった。地上および衛星観測も10年20年と長期化するのに伴い、現実の気候変動に対して生態系がどのように応答しているかを検出可能になるケースが増えるであろう。温暖化実験で得られた知見を十分にふまえ、生態系応答を様々な切り口で実際に検出するための観測計

画を立てるという視点が今後は特に重要と考えられる。

4.2 今後の課題

総合討論で交換された意見をもとに、陸域生態系分野で今後緊急に検討すべき課題について筆者の意見も加えて報告する。多くの意見は地上観測と土壤の問題に集中していた。そのほかの分野にも当然課題はあるはずだが、おそらく陸域炭素収支の広域評価精度向上の鍵を握っているのが地上観測データアーカイブの成否と土壤の不確実性であるためと考えても誤りではないだろう。

(1) 地上観測およびデータ公開に対して支援を行うこと

現在数多くの地上観測サイトで、熱・水・CO₂フラックス、葉面積や純一次生産などのデータが蓄積されつつある。これらのデータは、炭素循環のみならず水循環、長期生態学研究などの分野と共有することにより、アジア陸域での熱・水・炭素循環と生態系機能に関する総合的な科学を発展させる可能性を十分にもつと思う。アジア域で有意義な地上観測網を長期に維持発展させるためには、ルーチン観測に対する一定の支援（観測設備のパッケージ化、海外観測に対する合理的な支援など）、およびデータ収集・公開に対する支援のしくみを至急検討することが必要である。それが実現出来なければ、地上サイトのデータは所属する各プロジェクトの終了とともに四散してしまうだろう。

(2) 地上観測網の意義を再確認し出口を明確にすること

これまで地上観測は、測定点の地理的配置や測定項目が観測網として適切であるかという検討を経ることなく展開してきた。タワーサイトの建設には多くの資産（観測設備に加え、現地機関との密な連携形成なども含む）と時間（軌道に乗るまで2～3年かかる）を要することを考えれば、これまでの状況はネットワークの「黎明期」として致し方ない状況だったともいえる。しかし少なくとも現時点で各観測点の意義を再確認し、地理的配置と測定項目の再検討を行い、有意義なデータの出口（使いみち）について明確なイメージを複数つくっておくことは、地球観測に寄与するという意味のみならず、観測網とそのデータから魅力的な研究を長期的に生み出していくために必要不可欠な作業であろう。

(3) 土壤有機物分解過程の不確実性を減らすこと
今後特に研究を要する課題として、土壤中の炭素蓄積量評価および有機物分解過程の不確実性を減らすことが繰り返し指摘された。近年では土壤微生物の呼吸と根呼吸の分離、細根のターンオーバー（回転率）などの測定手法開発が進んでいるが、いずれも不確実性が高くまだ基本的な研究をする段階であると言わざるを得ない。土壤中炭素蓄積量（およびその変化量）が正確に測定できるようになれば、陸域生態系による炭素吸収量を長期的かつ直接的に検証可能になることから、なんとかして高精度かつ省力的な測定方法を開発することが必要とされている。

(三枝信子)

5. わが国の観測研究と「連携拠点」

今回のワークショップで、わが国で大気中の温室効果ガス濃度の観測や、陸域・海洋での二酸化炭素・メタンなどの発生・吸収にかかるどのような観測研究が行われているか、その全貌を初めて見ることができたと言っても過言ではない。これらの分野で重要な観測研究が活発に行われている事が確認できたことは喜ばしい。おそらく日本の科学者は世界で最も信頼できるデータを提供していると言えるであろう。これらの観測研究が総合的なまとまりを持てば、国際的に見てより大きな存在感を示すことができるであろう。

また、研究の効率性を上げて、欧米のレベルに追いつくことも1つの課題である。この差を作り出しているのは規模の利得、研究者数（特にデータ解析方のモデル研究者）、コスト高、生活費高、研究者の連携や予算の仕組みなど多くの理由があるが、研究者が連携する事により解決できるものや、制度の合理的運用で解決できるものも多いと考えられる。

これらが研究者側から見た「連携拠点」に期待するものである。

そのひとつとして、正確な情報を持った組織が、競争的資金を配分する機関の間で調整できるようにすること、相互に連携し、効率的分担を図る仕組みを作ることができると期待される。総合科学技術会議の「地球観測の推進戦略」を緻密化し、「戦略」に沿って、現在実施されている観測研究・モニタリングの把握、問題点を抽出して、何をなすべきかの議論、方向性を示していく中で、各府省の行う予算要求を整理、調整していくことが「連携拠点」の重要な役割のひとつになろう。

もう1つは、10年程度の科学的な目標を定期的に見直しながら共有することである。その目標に向けて個々の研究者が、それぞれの強みで競争的に資金獲得を行う、いわば「調整された競争」をすることが地球観測では重要なことになるだろう。

実際にこうした「連携」を実現していくためには、今後整理・検討が必要な項目が数多くあり、多くの困難も予想される。定常観測と研究観測との関係、プラットフォームの相互利用の検討、新たなプラットフォームの提案、プロジェクトの組織化の手続き、機器や手法の共同開発や分担、研究・観測計画の調整、データの共有、研究をサポートするロジスティクスを担う組織体制、モデル研究者との共同等々。

しかし、今後わが国の科学技術予算に大きな伸びは期待できず、他方、国民が知りたい、あるいは、知る必要のある確かな「情報」へのニーズは高まるばかりである。これに応えるためには科学者が長期の科学的目標を設定し、上に掲げたような諸項目を整理して、無駄を排した効率の良いシステムを作りあげることが重要である。「連携拠点」を、研究者が効率よく組織的に観測を行い、もっと考える時間を持つるようにするための組織にすることが必要である。わが国の観測研究に重要な転機が訪れているといえよう。

(井上 元)

用語

AsiaFlux：アジア域でのタワーを利用した顯熱・潜熱・

CO₂フラックス観測ネットワーク

FLUXNET：世界規模でのタワーフラックス観測ネットワーク

参考文献

- 地球科学技術フォーラム/地球変動研究委員会炭素循環グループ, 2001: 炭素循環の解明と予測に関する研究の現状と展望—ナショナルプランの策定に向けて—, 社団法人資源協会地球科学技術推進機構, 00P0A1-D008, 163pp.
- 中澤高清, 遠嶋康徳, 石井雅男, 伊藤昭彦, 青木周司, 井上 元, 2006: 第7回二酸化炭素国際会議報告, 天気, 53, 145–150.
- Orr, J. C., V. J. Fabry, O. Aumont, L. Bopp, S. C. Doney, R. A. Feely, A. Gnanadesikan, N. Gruber, A. Ishida, F. Joos, R. M. Key, K. Lindsay, E. Maier-Reimer, R. Matear, P. Monfray, A. Mouchet, R. G. Najjar, G.-K. Plattner, K. B. Rodgers, C. L. Sabine,

J. L. Sarmiento, R. Schlitzer, R. D. Slater, I. J. Totterdell, M.-F. Weirig, Y. Yamanaka and A. Yool, 2005 : Anthropogenic ocean acidification

over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms, *Nature*, 437, 681-686.
