

地球水循環統合観測と利用実証の推進

地球エネルギー・水循環統合観測国際調整部会 (CEOP/ICB)

1. はじめに

水危機の時代と言われる21世紀、水不足、豪雨災害、水質汚染、生態系の破壊など、水に関わる問題が世界各地で広がってきています。さらに気候変動がこれらの危険性を増大させ、その変化は日常生活の中でも感じられるようになってきました。これらに起因する食糧難や伝染病の蔓延など、その影響は開発途上国においてますます拡大しています。これらの水問題の背景には、急激な人口増加による水需要の増大や、都市開発、産業発展などの社会的要因があることはいまでもありませんが、これらの問題がとりわけ深刻になるのは、水循環に大きな変動が生じたときで、その変動のメカニズムを理解し、予測精度を向上させ、情報を国際的に共有する体制を築くことは、水危機回避の有力な解決策の一つと言えます。

水循環変動の予測精度を向上し、その情報を国際的に共有できるシステムを構築することは、水危機回避の最も有望な手段の一つです。そのためには、観測、プロセス理解、モデリングとこれら研究成果の実利用化に関して、ローカルとグローバルを繋ぐ下記の研究が必要です。

- ①水循環現象をローカル～グローバルに統合的に観測するシステムの構築
- ②ローカルな水循環変動とより広域的な現象の相互関連プロセスの理解と定式化
- ③グローバルな水循環変動予測を流域スケールにスケールダウンする手法の開発
- ④高度水循環変動情報を水の実管理に利用できるように翻訳するシステムの開発

これらの課題に総合的に取り組む最初の国際プロジェクトとして、統合地球水循環強化観測期間プロジェクト (Coordinated Enhanced Observing Period (CEOP)) が、小池俊雄 (東京大学大学院工学系研究教授) によって国際協力のもとに企画、

提案され、これを円滑に推進するために、東京大学、宇宙航空研究開発機構、気象庁が連携して国際調整部会を組織して、その運営にあたってきました。

2. CEOPの提案

CEOPは、地上観測研究グループ、衛星機関、気象機関が協力して、局所的～地域規模～地球規模の全水循環過程のデータセットを作成し、それを用いて水・エネルギー循環プロセスの理解と予測研究、モンスーンシステムの研究、地球規模の広域予測情報を流域規模にダウンスケーリングする研究をおこなう国際プロジェクトです。

2001年7月～9月の予備観測期間を終え、2002年10月1日～2004年12月31日の2年3カ月間に及ぶ統合的な水循環強化観測が実施されました。この科学的意義が世界に認められ、現在では、世界各国の大気―地表面相互作用に関する地上観測研究グループが協力して、図1に示す52カ所のリファレンスサイトにおいて、水・エネルギー循環に関する詳細な観測が実施されています。これがCEOPの第一の研究戦略で、地球規模の気候の多様性をカバーするこの観測ネットワークを通して、全世界の雨量をはじめ水循環に関わる多様な毎時のデータが収集されます。そしてこれらのデータは、観測研究者による品質チェックの後、米国国立大気研究センター (NCAR) に送付され、統一フォーマットに変換されて、相互に使いやすい形で公開されます。

第二の研究戦略は、衛星観測データを統合的に利用して、地球～地域～流域規模の衛星水循環データセットを作成することです。宇宙航空研究開発機構 (JAXA)、米国航空宇宙局 (NASA)、欧州宇宙機構 (ESA) と協力して、数多くの衛星データを組み合わせ、大気―陸域間や大気―海洋間の一貫した全水循環過程をカバーできます。

リファレンスサイトのデータは実際の観測値で時間的に連続していますが一地点の値であり空間的代表性に乏しく、一方衛星は広い地域を一度に観測できるので空間的な分布情報を得ることができますが、衛星の周回日数の制約により時間的な連続性は失われます。そこでCEOPでは、これらの観測データに加えて、数値気象予報モデルの出力値を、各国の気象機関の協力によって収集しています。数値気象予報モデルは計算値であり観測値ではありませんが、時間的にも空間的にも連続的な値を得ることができ、リファレンスサイトのデータや衛星データと組み合わせることにより水循環変動を詳しく解析できます。この計画には、わが国の気象庁のほか、米国大気海洋庁環境予報センター、英国気象局、オーストラリア気象局、ブラジル気象局、欧州中期気象予報センター、インド中期気象予報センター、NASAデータ同化センターなどが参加し、全データはドイツのマックスプランク研究所（MPI）に集められて公開されます。

この3つの戦略を取りまとめ、統合的な地球水循環観測体制とデータセットを作成するのがCEOPで、東京大学、JAXA、NCAR、MPIが協力して、世界で初めての地球水循環データの統合化体制が構築されました。

3. 多様なプレーヤーをまとめる国際調整

CEOPには、リファレンスサイトを有するフィールド研究者、宇宙機関、気象機関、気象・水循環の研究者など、多様で多くのプロジェクトのプレーヤーが集まりました。そこで、東京大学、宇宙航空研究開発機構、気象庁は、2001年7月5日に開催した第1回国際調整部会（CEOP/ICB）にて、三機関の相互協力によってこのチャレンジングな国際調整を進めることで合意し、今日に至るまでほぼ毎月CEOP/ICB会合を開催し、統合水循環観測の推進に向けた世界初の試みの牽引役を担ってきました。その回数は70回を超えています。

国際調整を円滑に進めるために、国際的なコミュニケーションを強化し、年1回の実施計画会議に加え、国際電話会議を頻繁に開催し、全体、モデル、衛星、各地域などの調整を行い、その数は200回を超えました。また、宇宙航空研究開発機構のサポートでニューズレターを年2回発行し、研究開発の進

捗状況も共有できるようにしました。さらに、東京大学、宇宙航空研究開発機構、気象庁の実質的研究協力のために、科学振興調整費を2度にわたって受託し、研究開発と利用実証の先導的科学研究事例を世界に示しつつ、プロジェクトを推進しました。この成果は、第3期科学技術基本計画の中で国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」の一部として位置づけられた「データ統合・解析システム（DIAS）」として飛躍的に発展し、わが国の地球観測や気候変動適応の骨格を担うシステムとして、その重要度はますます注目されてきております。

CEOP強化観測とデータ統合化の終了後、CEOPの意義が高く評価され、世界の9つの地域の水・気候プロジェクト、4つの気候帯研究などを含む「地球エネルギー・水循環統合観測プロジェクト（同じ略号でCEOP）」が組織され、規模が飛躍的に拡大して、2008年3月より引き続き開始されました。この国際調整には、国際的な課題（たとえば気候変動）などに焦点を当てた戦略的な取組が不可欠で、これまでの経験を活かし、CEOP/ICBが引き続き国際調整役を担っております。

4. 水循環に関する知の創造と社会的利益の創出

2001年7月～9月、2002年10月～2004年12月に実施された強化観測によって、世界の様々な気候・水文特性をカバーする地上観測ネットワークおよび衛星から得られる水循環観測データと、現業の数値気象予測センターやデータ同化センターによる全球数値気象予測モデル出力が、東京大学にアーカイブされ、世界に公開されました。これらのデータを統合的に解析して、全球規模や河川流域規模の水・エネルギー収支研究や、衛星観測アルゴリズムやデータ同化システムの開発、気象予測モデルの改良やその国際相互比較、全球スケールから河川流域スケールへのダウンスケーリングの研究などが、世界の約300名の研究者の熱心な取り組みによって進められました。写真1は、2007年3月米国科学アカデミーで開催されたCEOP計画実施会議に集まったCEOP研究者たちです。また、CEOPが構築したデータ基盤によって、数値気象予報モデルとリファレンスサイトや衛星による観測データを自在に組み合わせることが可能となり、観測データの空間的、時間的な代表性の限界を物理的に数値モデルで補って

高度な水循環データを作成するというデータ同化の試みも活発に始められ、数多くの科学的意義のある成果を生んでいます。

とりわけ、観測者自身によって品質チェックが実施され統一フォーマットに変換された包括的な水循環データは、現業の気象機関により数値気象予報モデルの検証と改善に積極的に用いられています。小池の編集によって出版された気象学会の気象集誌 (Journal of the Meteorological Society of Japan) CEOP特集号には、わが国の気象庁を始め世界5カ国 (日本、米国 (3機関)、オーストラリア、ブラジル、インド)) 7つの数値予報センターが、CEOPで構築したデータ基盤を用いて、数値気象モデル結果の検証、改良に関する科学論文を投稿しています。これら数値予報センターのモデルが改良され、予測精度が向上することにより、洪水や渇水の事前予測精度も向上し、人類にとって計り知れない利益をもたらすと考えられ、科学的研究成果に加えて、公共的利益に対する貢献も大きいと自負できます。

CEOPは、国連各機関や地球観測に関する機関や国際科学計画が参加して、地球規模の観測戦略を策定する統合地球観測戦略 (IGOS) での水循環テーマの“first element”として位置付けられました。また、2002年のヨハネスブルグサミットや2003年のエビアンG8サミットでの合意をもとに構築された「地球観測に関する政府間組織 (GEO)」においては、その10年実施計画策定に当たってCEOPが特に参照され、「A prototype data integration system is being demonstrated by the CEOP.」と記述されています。このようにCEOPは、今日の統合的な地球観測の礎の構築にも貢献してきました。

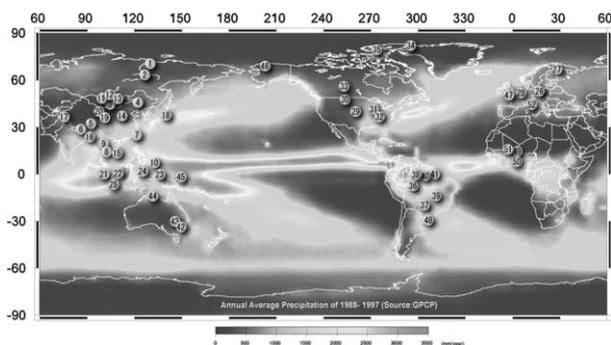


図1 世界52箇所のCEOPリファレンスサイト

5. 科学的プロトタイプから実利用システムへ

2002年8～9月にヨハネスブルグで開催された持続的開発のための世界サミット (WSSD) では、CEOPが地球水循環観測のプロトタイプとして紹介され、わが国のイニシアチブで提案された地球水循環の観測と研究の推進の提案が行動計画書に盛り込まれました (パラグラフ27)。また同年10月にニューデリーで開催された気候変動枠組み条約第8回条約締結国会議 (COP8) では、水循環変動の観測、研究を研究コミュニティと観測現業機関が協力して進めるという視点から、CEOPが国際社会に紹介され、先進国、途上国双方から強い関心が寄せられました。第3回世界水フォーラムでも水と気候、水と情報などのセッションで地球水循環観測、研究、情報の共有が議論され、閣僚宣言にもその内容が盛り込まれています。アジア各国が参加して、地球観測データを効果的に用いた統合的水管理が推進され、ここでもCEOPデータやそのデータ基盤が役立っています。

水循環や気象の研究、現業管理セクター間の国際調整をさらに進め、水循環変動の観測、理解、予測の高度化、実用化を目指しながら、今世紀に懸念されている水危機回避に貢献するために、CEOP/ICBは引き続き努力していきます。

執筆者 東京大学大学院 工学系研究科
教授 小池 俊雄 (CEOP/ICB代表)



写真1 第6回CEOP計画実施会議の参加者、米国科学アカデミー、2007年3月