

# 地球規模水循環変動研究のこれから

—地球と生命と社会の持続性を支える水循環系の構築へ向けて—

地球規模水循環変動研究イニシャティブ

## 1. 地球規模水循環変動研究の経緯と現状

今後地球規模で深刻化が懸念される人口・健康問題、環境問題、食料問題、エネルギー問題、資源問題、あるいは巨大地震に伴う津波や台風、集中豪雨などによってもたらされる自然災害などに対して、密接かつ横断的に関係しているのが地球規模水循環である。そこで、第二期科学技術基本計画(2001年3月)の下、分野別推進戦略(2001年9月)では

- (1) 地球規模での水資源需給・水循環変動とその影響を予測する手法の開発
- (2) 国際的規模における水管理手法の開発

を重点項目とし、水資源需要・水循環変動が人間社会に及ぼす悪影響を回避あるいは最小化するとともに、持続可能な発展を目指した水管理手法を確立するための科学的知見・技術的基盤を提供する目標を立て、これらの知見・基盤に基づき、将来的にアジア地域における適切な水管理法を提案することとした。

この目的を達成するため、総合科学技術会議環境プロジェクトチームの下に地球規模水循環変動研究イニシャティブを置き、

- (ア)観測・モデリング体制の充実及びデータベースの整備などを行う全球水循環観測プログラム
- (イ)エネルギー輸送・水循環自然変動機構の解明及び人間活動による水循環変動・環境変動予測モデルの開発などを行う水循環変動モデル開発プログラム
- (ウ)水循環変動が食料生産や社会・経済に及ぼす影響評価などを行う人間社会への影響評価プログラム
- (エ)水問題に関する最適な対策シナリオの提示などを行う対策シナリオ・技術開発プログラム

の4つのプログラム体制で研究開発が進められてきた。

その結果、

- 我が国が世界に先駆けて開発した衛星センサによる水循環データの取得 (TRMM 搭載降雨レーダによる高精度全球降水マップの作成、Aqua 搭載 AMSR-E による地域土壌水分量の測定、など)。
  - 地球シミュレータ等による気候変動に伴う地域・流域規模の降水量変動予測
  - 新しい気象モデル・水文モデルの開発と予測精度向上
  - 食料や工業製品など生産に水資源を大量に消費する製品の国際交易 (virtual water trade) が各国の水資源需給に及ぼしている世界的な影響の推定
- などに関して目覚ましい成果があがり、また、
- 衛星データの同化による現業の数値気象予報の精度向上
  - 水-食料生産モデルの構築とダム管理や灌漑などの人間活動が水循環に及ぼす

影響の数値モデル化

- 洪水・渇水・土砂流出が人間社会にもたらすリスク、水・物質循環に与える人間活動の影響評価の定量化
- これまで情報が欠落・散在していた開発途上国の河川流域における水問題と水循環の関係に関する情報の集積と理解

に関しても着実に進歩した知見が得られた。さらに、

- 地上および衛星観測データと数値気象予測モデル出力を組み合わせた地球規模水循環のペタバイトクラスのデータ統合・情報融合システムのプロトタイプの開発
- 格子間隔 3.5km の全球雲解像モデルの開発
- 地球温暖化に伴う気候変動が世界の水資源に及ぼす影響評価
- アジアの多様な水利用・管理と食料生産の相互影響評価
- 気象予測情報をリアルタイムで流域水管理に反映させる手法の開発
- アジアを中心とする研究者と実務者のネットワークの構築を通じた総合的水資源・流域管理の提案

に関しても新たな成果が出始めるなど、重点分野にふさわしい効果的・効率的な科学技術の推進が達成されている。さらに、関係する研究プロジェクトの研究の目的、対象や課題、手法などを「研究マップ」として俯瞰的に整理することによって、水問題の解決に向けて求められる研究方向や対象範囲を絞り込むことが進められた。

## 2. 地球規模水循環変動研究の展望

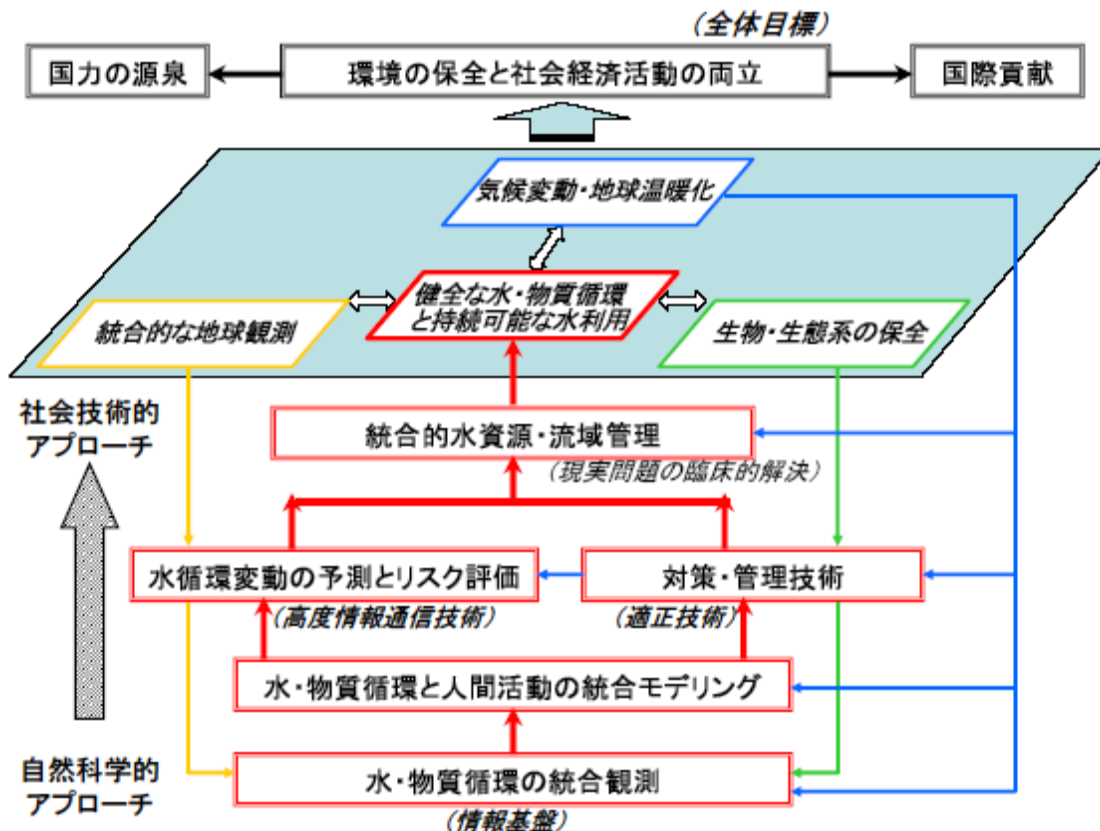
こうした成果を踏まえ、今後の地球規模水循環変動研究の枠組みの例を示したのが次ページの図である。

すなわち、健全な水・物質循環\*と持続可能な水利用を通じた環境の保全と社会経済活動の両立という全体目標へ向けて、既存の各プログラムをそれぞれ

- A) 水・物質循環の統合観測ならびに情報基盤の整備
- B) 水・物質循環と人間活動の統合モデリング
- C) 高度情報通信技術を利用した水循環変動の予測とリスク評価
- D) 対策・管理のための適正技術の開発
- E) 総合的水資源・流域管理

の各研究分野に発展させ、総合的な地球観測や気候変動・地球温暖化、あるいは生物・生態系の保全といった他の研究イニシアティブと連携しつつ、研究分野間で統合し、自然科学的アプローチと社会技術的アプローチを融合させて現実問題を臨床的に解決できるようにする科学技術開発研究を推進することが肝要である。これにより、人口・健康、環境、食料、エネルギー・資源、さらには自然災害などの諸問題の悪影響を軽減させ国力の源泉となると共に、特に水文環境が類似しているモンスーンアジア地域への技術移転、人材育成などを通じた国際貢献が大いに期待できることになる。

(\*ここでいう物質循環とは、水の存在、循環、分布に伴う物質の物理的、化学的、生物学的な性質の変化と発生・流動・蓄積を指し、土砂と栄養塩の輸送、水質変化、有機物分解、硝化・脱窒作用などを含む。)



### 3. 我が国が今後取り組むべき地球規模水循環変動に関わる研究開発課題

水環境の保全と社会経済活動の両立（健全な水・物質循環と持続可能な水利用）を実現するにあたり、図に沿って今後喫緊に研究すべき課題を示す。

なお、各課題は、A) ～E) の各研究分野において重点を置く課題として整理したものであり、全て E) の構成要素とも考えられる。

#### A) 水・物質循環の統合観測ならびに情報基盤の整備

- ① 地球規模水循環観測：地球観測衛星の開発、ネットワーク化された各国の現業水文気象観測網、スーパーサイトにおける集中観測などによる水循環の総合的観測技術の開発、またそれらによるグローバルな水循環データ（過去データを含む）の収集、蓄積、統合、情報発信に関わる研究。
- ② 地域規模水・物質循環観測：ネットワーク化された地域あるいは流域での水文気象観測網などによる自然・人間系の水循環経路における量と質のモニタリング、人間活動による水利用量・環境負荷量のモニタリングならびに観測が不十分な項目に関する観測技術の開発や推定手法の改善に関わる研究。

#### B) 水・物質循環と人間活動の統合モデリング

- ③ 極端事象を含む水・物質循環の変動予測：水害や水不足などをもたらすような極端な水文気象現象の変動予測を可能とする様な数値シミュレーションモデルの構築、四次元同化など初期値の推定手法や境界条件の設定手法の改良、マルチモデルアンサンブルなど予測の不確実性の低減手法の開発と導入、人間活

動影響を含めた流域での水・物質循環変動予測モデルの構築などに関わる研究。

- ④ 人間活動が水・物質循環に及ぼす影響：地下水汲み上げや河川水の取水、施肥や農薬の散布、工業排水や家庭排水の環境への排出といった人間活動の直接的な影響から、都市化や森林伐採など土地被覆・土地利用の改変、エアロゾルの放出、いわゆる温暖化ガスの排出、といった人間活動が水・物質循環に及ぼしている影響の評価に関わる研究。

#### C) 高度情報通信技術を利用した水循環変動の予測とリスク評価

- ⑤ 水災害リスクの評価と軽減システム：豪雨や早ばつなどの極端事象の生起確率と地球温暖化等の気候変動による影響などの自然側の要因、人口や資産の集積による人間社会側の被災要因、災害防御施設や情報伝達システムなどの防災能力を勘案した水災害リスクの定量的な推定と、リアルタイムでの観測と予測、警戒情報の伝達など実現可能な被害軽減システムの提案に関わる研究。[ D) にも該当]

#### D) 対策・管理のための適正技術の開発

- ⑥ 食料生産・農林生態系における適正な水管理：世界の農地・灌漑データベースの開発、農地及び農林生態系における水ダイナミクスの解明と流域水循環へ及ぼす影響の評価、栽培技術の革新と連携した節水技術並びに用排水管理システムの開発、土地・水条件を考慮した農法・農業技術の選択と評価などに関わる研究。[ C) にも該当]
- ⑦ 地下水の活用と健全性の確保：地下水流動系の新たな観測推定技術、地下水涵養量の面的推定、毒性物質や環境汚染物質の地下流動系における動態のプロセス解明を含んだ地下水流動・水質モデルの開発、表流水と地下水の組み合わせ利用の検討などを通じた持続可能な地下水利用に関わる研究。
- ⑧ 国際的に普及可能な適正水処理技術：社会的に受容されるコストと環境負荷削減のバランスがとれた水処理技術や再利用技術の開発と適用条件の系統的な整理、水環境保全に関する社会的パーセプションの調査や効果的な説明などに関する研究。
- ⑨ 閉鎖性水域・沿岸環境修復：流域汚濁負荷の特定、削減に関する技術、生物・生態系と水環境の相互作用、良好な水域の水・物質循環を実現するための流域施設整備の要素技術や普及のための社会技術などに関わる研究。

#### E) 総合的水資源・流域管理

- ⑩ 流域水循環系総合マネジメントと合意形成：水利用（エネルギー開発を含む）、水災害（洪水被害・土砂災害・渇水被害など）、水環境（水質、健康、生物・生態系、景観、汚濁負荷排出ならびに処理など）、流域土地利用など、流域水循環に関わる各要素を総合的に視野に入れ利水者、水面利用者、水防団体、地域住民、NPO、管理主体などのステークホルダーの合意に基づく流域マネジメントを実現するための情報共有、合意形成を含む問題解決型研究。

#### 4. 本報告書の位置づけ

水は人間の生存にとって必須の物資であり、水へのアクセスは基本的人権であるという主張に見られるように、特に公共性が高く、人類の福祉(welfare)と安全の増進、持続可能な社会の構築に資するといった社会的意義が極めて高い。また、水関連産業の国際競争力や企業の技術力の強化に資する側面をも備えている。同時に、水に関わる様々な問題が、水循環の自然変動によってより深刻化し、あるいは人間活動が自然の水循環に影響を与えて問題をより複雑化している場合もある。水の問題を総合的に考えるには、その社会経済的意義を踏まえつつ、水循環の変動を地球規模のスケールで捉え、得られる情報を社会経済的に有用な情報へと転換を図り、それを広く国際的に共有していくための先端科学技術研究の開発、導入が不可欠である。第二期科学技術基本計画のもとで進められた地球規模水循環研究イニシアティブは、その先導的役割を担ったといえよう。今後は、緒についたばかりの地球規模水循環研究を継続的に発展させると同時に、自然科学的・先端技術開発型アプローチと社会経済的・適正技術適応型アプローチを融合させて現実問題を臨床的に解決できるようにする科学技術開発研究を推進することが肝要である。

本報告書では、第1章で地球規模水循環変動の研究の必要性、経緯などについてとりまとめられ、第2章では第2期の科学技術基本政策において推進された研究の成果が紹介されている。第3章では、第3期の科学技術基本政策において推進されるべき研究課題について、専門家の意見を集約したものが示されている。本抄訳は、それらの内容をとりまとめたものであるが、詳細についてはぜひそれら内部に目を通していただきたい。

本報告が、地球規模水循環変動研究のこれまでの成果を踏まえて、今後取り組むべき研究開発の指針となり、日本経済の発展を牽引したり、国際的なルール形成を先導したりすることも視野に入れつつ、人類共通の課題を解決し、国際社会の平和と繁栄を実現して国民生活に安心と活力を提供するような研究活動が今後とも展開されていくことにつながることを大いに期待している。

