

2.3 水循環変動の影響評価と対策・技術に関する研究展望

2.3.1 水循環変動と問題構造の理解から解決へ向けて

(1) 水循環変動研究～水問題解決へのアプローチ

すでに第1部で整理したように、世界中で水に関わる様々な問題が生じている。それらは、人間の生命・生活・生産に関わるものであり、人間の生存や活動に直接ただちに関わる問題だけではなく、生態システムやその他の環境を介して人間社会に影響を与えるものも少なくない。

これらの中には、緊急に対策を講じ解決すべき問題がある。多数の生命・財産を短時間で奪う水災害や、徐々に進行してきて深刻な段階に至っている水質汚染や水の条件によって生じる疾病などの衛生保持の問題であり、人道的な観点からも、早急な対策の必要性が要請される場所である。また、一方では、皆が気づかないまま、または重要視しないままに進行して、顕在化した時点では容易に解決できないか回復が困難な危機的状況に至っている「クリーピングクライシス」的な問題もある。一部の水質汚染や、気候の長期的な変化に伴う問題、地下水の過剰な揚水による枯渇などの地域的な水収支の変化の問題などである。

水は人間の生活や生産に欠かすことのできない要素であり、水問題の関わる範囲は広く、また人間社会の深部にまで関わることが多い。例えば、食料生産に水は欠かすことはできず、現在では広大な農地を多量の水が通過し、とくに灌漑農地では人為的に多量の水が導水され、消費されている。したがって、こうした局面では、水循環の変動に関わる水問題は食料生産の問題でもあり、さらには農業だけではなく人間の生産システムの問題でもある。

こうした問題は空間的にも時間的にも広範囲に及び、また様々な様相を呈する。これは、水循環の空間的・時間的な変動の特性に起因する部分である。問題としての認識は、解決へ導く前提であり、それには問題の構造、すなわち、まず何を持って問題とするのかの認識・判断と、問題と認識する現象の原因、規定関係、背景となる要因や機構などを、把握することがまず求められる。

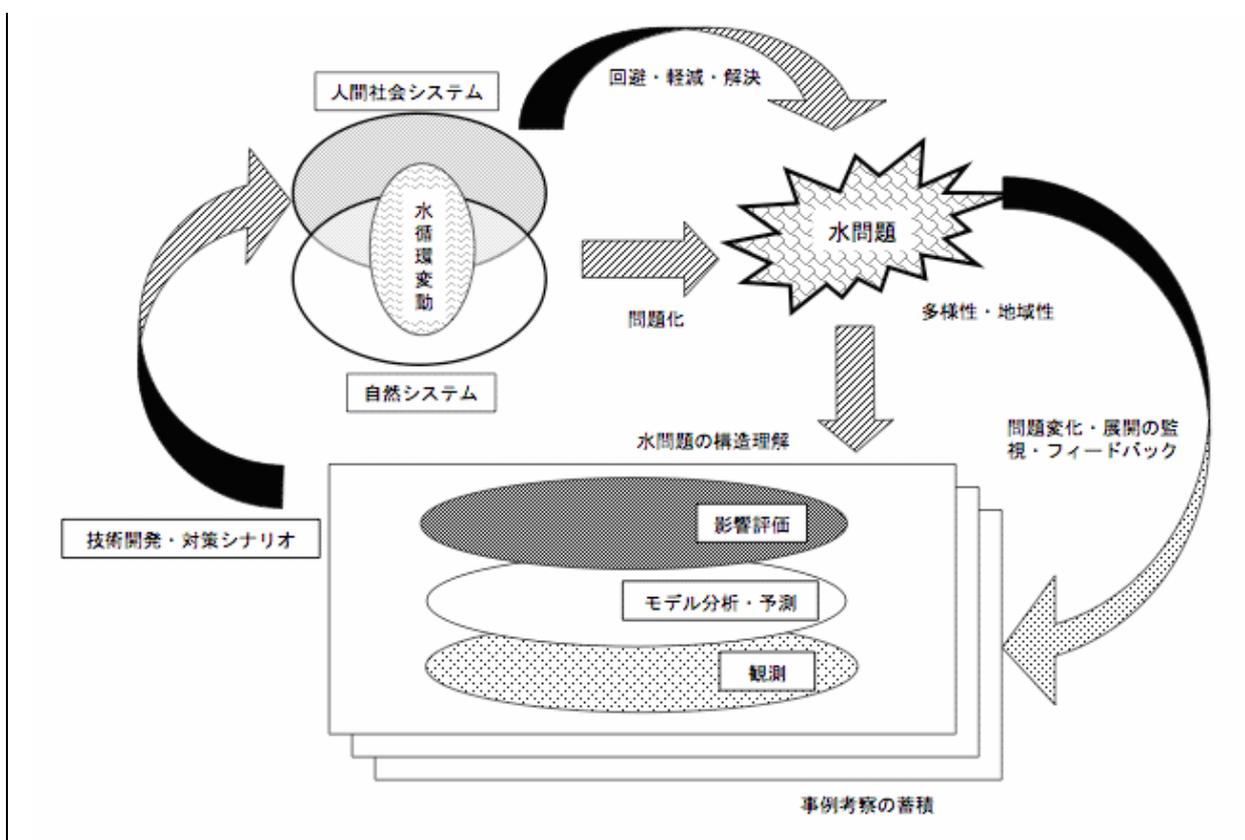
その基本として、問題の中核を形成する水循環の変動の理解を欠かすことはできない。とくに、水循環の変動そのものの理解を基礎に、その変動が人間社会へ与える様々な影響と、人間の行為が水循環に及ぼす影響を、可能な範囲で理解することが、問題の解決や状況の改善の基本となる。

水問題は、水循環の変動に従って、地域的にも時間的にも極めて多様な様相を呈する。二度と同じ現象や問題は繰り返さないとも言えるほどである。しかし、年間の降雨量やその季節的な変動が、地域によっておおよその基本傾向を有するため、すなわち気候の地域的な区分ができるように、また、地域の生産構造や社会構造がそう速いスピードで変化していかないことから、水問題を、地域的に、あるいは時代的に、構造的に理解することが可能となる。したがって、問題の構造的な理解には、発生する地域や流域の水循環の変動を個々に理解して、それぞれの地域における解決に向かうことがまず重要であろう。水循

環の観測やメカニズムの把握に始まる地域的な水循環の理解と、人間社会との関わりの評価の積み重ねが、長期的な問題の解決への基本となる。

この過程で、完全に問題の構造を理解することは通常は困難である。それは、多くの自然現象に関わる問題と同様に、問題の解決や縮小に向けて、問題構造の「一定程度」の理解に基づいて、すなわち不明・不確実な部分を抱えたままで、問題に対応すべく水循環変動に対して何らかの行動を起こすことになる。これは、具体的には水循環を調整する施設の整備や管理操作の計画や実施を行うことであり、そこには社会的なコンセンサスが必要となる。したがって、問題解決に向けての対策やシナリオの策定や技術開発には、社会的な合意を形成しないとイケないことになる。一定のルールの確立である。さらに、こうした方向で人為的な行動が取られる場合、それがもたらす現象・状況の監視やその結果をフィードバックさせることが重要となる。

以上述べた、水循環変動と水問題の構造理解から問題解決へ至る影響評価と対策シナリオ・技術開発の基本的な枠組みを整理すると、【図1】のようになる。



【図1】 水循環変動研究～水問題解決へのアプローチ

(2) 水循環の影響評価と対策シナリオ構築・技術開発に関する研究展開

水循環やその変動研究は、従来は、地域や流域のスケールを中心にして、人間の生存・生活や生産のための「基盤」の確保・改善など、人間社会の特定の個別具体的な要請に従う形で進められてきた。洪水や渇水に社会が脅かされないように、あるいはその危険や影響の程度を小さくするように、洪水や渇水の性質を理解して、発生を予測する技術を開発

し、さらにそれを制御・管理する具体的な施設や制度を整える技術が開発されてきたと考えられる。

しかし、近年は、日本や欧米の開発国を中心に、水資源開発利用の基盤整備が進んだことを背景にして、また地球温暖化・気候変化を含めて、水に関わる環境問題の拡大やその論議の拡大に従って、そもそも地球規模での水循環はどうなっているのか、それが人間の活動の展開など伴ってどのように変化しているのかという、水循環や水文プロセスに重点を置いた観測やモデル開発を核とする水文学的な研究が、大規模にまた急速に展開している。この側面での水循環研究の進展は、前項で強調したように、水循環と人間活動や人間社会との関係をより明確に理解し、それに基づいて水利用や水管理の改善を図る対策や技術を開発に寄与することは疑いない。

水循環とその人間活動との関係の理解を深めることに止まっていたのでは、求められる健全な水循環の保全や水資源の管理を実現するには至らない。水の利用・管理の問題は、単なる水量や水質の管理でなく、流域や地域における環境管理の問題に深化しているのである。この課題に対して、地域や流域の水資源の利用や管理に関して、真の問題を抽出してその構造を的確に把握した上で、具体的に解決すべき課題と制約条件を明確に限定して、必要な対策と技術を提示することまで高めることが求められている。

こうした背景や意義をもって、現在でも様々な水循環変動の人間社会との関係を理解し、具体的な対策・政策の提言や技術開発を目標とする研究課題が、国内外で実施されている。本イニシアティブに登録されている課題が、どのような地域や流域を対象にして、どのようなねらいをもって、何を具体的な対象にして進められているかは、次項 2.3.2 で研究マップの形で整理されている。

日本国内では、これまでの治水や利水の基盤整備の進展と、観測の体制整備や実績を踏まえて、広く人間社会と環境との関係を評価分析し、さらに保全・改良するための対策や技術開発を中心に取り扱っている。一方、国外、とくにアジアの地域・流域を対象とする研究課題では、対象地域や関係機関に直接貢献できる成果を求められながら、これまで不十分であった基礎的な観測や記録資料の収集整理や、対象地域に適合したモデルの開発をも対象としている。

2.3.3 では、登録課題に含まれる内容のいくつかについて、それぞれの研究のねらい・背景や調査研究の方法、これまでの成果あるいは最終的に期待される成果と、今後の取り組みが求められる課題などを整理する。こうして、個別の研究が今どのようなことに取り組んでいるのかを具体的に示し、読者の理解の便に供することにする。

(3) 影響評価と対策シナリオ・技術開発の研究課題

水循環変動の理解に基づいた問題の解決に向けては、人間社会への影響評価の観点からは、水循環と人間社会の相互作用とそのメカニズムを明確にするような定量的プロセス研究、予見的シナリオの分析的研究が必要である。既に述べた広範なまた的確な観測や、様々な局面を対象とする物理・化学・生物学的なプロセスモデル、さらには人間活動が水循環に及ぼす影響を表現できるモデルや社会経済モデルなどを相互に連携させ、政策提言に結びつくような研究を進めることが求められる。

また、問題の解決や状況の改善に貢献するためには、具体的な対策シナリオを示したり、

新たな技術開発を進めたりすることが求められる。そのためには、水循環のみならず地域固有の歴史・社会・文化・政治・経済等の水循環の変動との関係を直接間接に規定する要因を明確にすることが重要である。そうした知見と、観測、自然～人間系水循環モデルとの組み合わせによって、水循環変動が社会に及ぼすリスク変動の経済指標等による定量的評価が可能となろう。どのような観測、モデルがあればリスクをどれだけ軽減できるのか、どのような対策をすればリスクがどれだけ減り、水循環が量的・質的にどれだけ豊かになるかといった研究が推進されるべきである。

CREST「水の循環系モデリングと利用システム」

戦略的創造研究推進事業（CREST, Core Research for Evolutional Science and Technology）は、研究代表者が自ら所属する大学や試験研究機関等の研究ポテンシャルを活用しつつ、戦略目標達成に向け、研究チームを編成して独創的な研究（チーム型研究）を推進するものであって、科学技術創造立国を目指す我が国の競争的研究資金の一つである。これまで21の戦略目標を立て、その戦略目標の下に研究領域を設定し、研究領域ごとにおおむね5年計画の研究課題を採択している。水循環に関連する分野では、戦略目標を「水の循環予測及び利用システムの構築」として、研究領域「水の循環系モデリングと利用システム」において17課題が採択されている。これらの課題はすべて、地球規模水循環変動研究イニシアティブの登録課題となっている。

前世紀後半から始まった人口の急激な増加と人間活動の拡大は、グローバルからリージョナル、ローカルにわたる様々な水問題を提起してきた。具体的には、CO₂等温室効果ガスの増加に伴う気候変動と水資源の季節的・地域的分布の地球規模での変化、森林伐採や都市化の拡大による水環境の劣悪化と水災害の激化、安全な飲料水へのアクセスの不足、食糧生産のための水需要の増大と水不足、地下水の枯渇、水域生態系の保全・回復、などの問題である。「21世紀は、水危機の時代」という表現に象徴されるように、これらの問題は、今世紀に入ってさらに深刻さが増すと懸念されている。

国は、“世界的な広がりをもつ水問題は、国家間の紛争を引き起こす要因となる可能性を秘めており、上水の供給や食糧生産などのための安定した水資源の確保は、我が国を含め、世界の安定と福祉の向上に資する重要な課題である。”という認識のもとに、平成13年度に戦略目標「水の循環予測及び利用システムの構築」を設定し、これを受けて、研究領域「水の循環系モデリングと利用システム」が科学技術振興事業団（現・科学技術振興機構）の戦略的基礎研究推進事業（平成14年から戦略的創造研究推進事業に改名）として発足した。

「21世紀を水危機の時代にしない」、これが水に係わる研究者に求められている課題であり、前世紀に提起された水問題に対する様々な懸念を科学的に解明する “水循環系に関するデータの集積・解析とモデリング” とともに、問題解決に向けて水循環系と人間との好ましい関係を築く “利用システムの構築” ための研究が必要である。こうした観点から、この研究領域では、グローバルからローカルまで様々なスケールにおける水循環とそれにともなう物質循環の諸過程に関する科学技術的解明と予測を基礎として、持続可能な水の利用システムを考究する研究を取り扱っている。5年計画で進められている17の研究課題は、多岐にわたる水分野の研究において、創造的かつ意欲的な基礎研究と応用研究をバランスよくカバーしており、日本だけでなく、世界、とりわけアジアが抱える水問題に関する基礎的知見の獲得と問題解決に向けた利用技術や政策提言について、日本から発信できる成果が期待されている。

RR2002「人・自然・地球共生プロジェクト」

新世紀重点研究創生プラン（RR2002, Research Revolution 2002）は、研究開発分野における構造改革に資するため、我が国が取り組むべき国家的な研究開発課題について、産学官の最も能力の高い研究機関を結集し、総合力を発揮できる体制により取り組もうとするものである。

これは、平成 13～17 年度（2001～2005 年度）の 5 年間の基本的な政策の方向性を定めた第 2 期科学技術基本計画に則り、我が国が 21 世紀において真の科学技術創造立国を実現するために、産学官の最適な研究機関によって国家的・社会的課題に対応した研究開発プロジェクトに重点的に取り組むことによって、これまでにない優れた成果を創生しようとするものである。

このプランは、「ライフサイエンス、情報科学技術、地球環境科学技術、ナノテクノロジー・材料及び防災分野における当面の研究開発の推進に関する考え方について」（平成 13 年 8 月 30 日 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会決定）に基づいて推進されている。

地球温暖化、異常気象等の地球環境問題は、我々人類の社会生活と密接な関連を有し、重大な影響を及ぼす恐れがあることから、その現象を科学的に解明し、適切な対応を図ることが重要であるという観点から、地球環境科学技術分野（いわゆる環境分野）においては、「人・自然・地球共生プロジェクト」が実施されている。このプロジェクトでは、大学をはじめとした各研究機関等の研究資源を活用し、環境分野における研究開発を効率的に推進するため、以下の 2 つのミッションを設定するとともに、共通基盤的な技術開発を行うこととしている。

1. 大学を含む各研究機関の英知を結集し、また各種観測データを集約することにより、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)における第 4 次評価報告書に寄与できる精度の高い温暖化予測を目指した「日本モデル」を開発する。具体的には、以下のような研究開発を実施する。

- 大気海洋結合モデルの高解像度化
- 地球温暖化予測統合モデルの開発
- 諸物理過程のパラメタリゼーションの高度化
- 高精度・高分解能気候モデルの開発

2. 日本を中心としたアジア・モンスーン地域における陸水循環過程の解明に向け、大学を含む各研究機関が共同で高解像度の水循環モデルを開発することにより、将来の水資源・水災害の予測を目指す。具体的には、以下のような研究開発を実施する。

- 広域水循環予測及び対策技術の高度化
- 水資源予測モデルの開発
- 水資源管理システムの開発

このプロジェクトにおいて実施されている研究課題は、地球規模水循環変動研究イニシアティブの登録課題とされている。