

## b. 黄河流域の水資源管理

### 1) 黄河流域の水資源問題と日本の研究プロジェクト

黄河流域は、面積は75万km<sup>2</sup>でわが国の2倍強、人口は9200万人とわが国の70%である。寒冷・半乾燥地という気候帯に属するところがほとんどで、降水量は年200～800mm（平均466mm）でわが国の3分の1に満たない。

中国では、1978年に改革・開放政策を実施して以来、経済は急速に成長し続け、しかも、人口も依然として増加し続けている。農業・工業生産の増大に加えて、都市への人口流入により、1999年までみられた「黄河断流」に象徴されるように水不足が成長の制約因子になっている。しかも、都市部では水不足だけでなく水環境汚染もかなり深刻になっている。このような黄河流域が今後成長し続けていくためには。成長の制約になっている水資源を如何に有効に利用するかが課題である。さらに、この地域の安定的成長はわが国と中国との関係性においても要の事項である。

このような背景をもとに、わが国の多くの研究機関・研究者が、黄河に関わる研究に取り組んでいる。代表的なものとしては、まず、プロジェクト研究として、科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業（CREST）：「水の循環系モデリングと利用システム」における「黄河流域の水利用・管理の高持続性化」、文部科学省の新世紀重点研究創生プラン人・自然・地球共生プロジェクト（RR2002）：「アジアモンスーン地域における人工・自然改変に伴う水資源変動予測モデルの開発－黄河領域の水文・水資源シミュレーションモデルの構築」、総合地球環境学研究所の黄河プロジェクトなどがある。これらに加えて、国際共同研究として文部科学省の科学研究費によるもの等がある。

上記のCRESTの研究プロジェクト「黄河流域の水利用・管理の高持続性化」（代表：楠田哲也九州大学教授）で、流域の水循環と淡水供給、農業生産、土壌の浸食制御、土砂輸送、汚濁負荷と浄化に関わる機能を観測しモデル化して、将来の予測手法を開発し、同時に節水技術や節水システムを検討し、経済効果、生態系保全、地球環境負荷低減に配慮した持続性の高い水循環システムの新デザインの決定方法を提案することを目指している。RR2002「黄河流域の水文・水資源シミュレーションモデルの構築」（代表：竹内邦良山梨大学教授）では、多雨地帯のメコン川との比較を通して乾燥地帯の黄河流域の水収支モデルを開発し、流域の水資源賦存量と水供給可能量、および水循環を明らかにすることを目的としている。また、総合地球環境学研究所の黄河プロジェクト（代表：福鳶義宏教授）では流域の土地利用・水利用の詳細なデータ収集と、降水量及び放射量など大気データの観測値の収集、解析、などを目指している。

文部科学省の科学研究費によるものの例である「半乾燥地域の蒸発散特性とリモートセンシングによる広域化に関する研究」（代表：近藤昭彦千葉大学教授）では、黄河流域ではないが黄河の水を受入れている華北平原の地下水の水収支に着目して、観測ステーションを設置し、フラックス観測、水収支観測や人工衛星リモートセンシングを組み合わせて平原全体の蒸発散量分布を推定している。

### 2) 黄河流域の水利用・水管理の改善・高度化に向けての取り組み

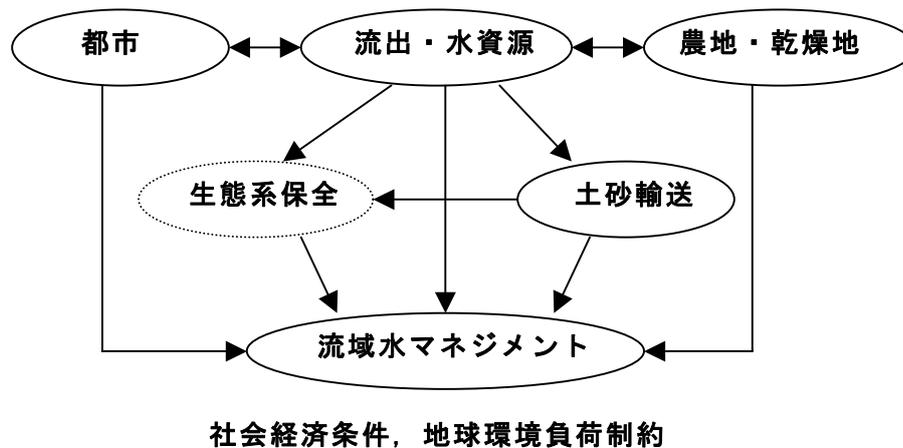
上記の研究のうち、水循環の社会的側面まで踏み込んでいる「黄河流域の水利用・

管理の高持続性化」を例にとり、そこでの取り組みをやや詳しく説明する。

この研究の構成は以下のようになっている。

- ①水文・水利・気象等の既存データの集積・整理
- ②灌漑農地，都市における水循環に関わる素過程の観測
- ③流域，灌漑農地，都市における水循環システムのモデル化
- ④土砂生産量の推定，および流出土砂輸送と河床変動のモデル化
- ⑤灌漑農地と都市における再利用を含めた効率的水利用技術とシステムの開発
- ⑥水に関わる流域統合モデルの構築と経済を考慮したマネジメント手法の検討
- ⑦流域水マネジメントの新たなデザインの提案

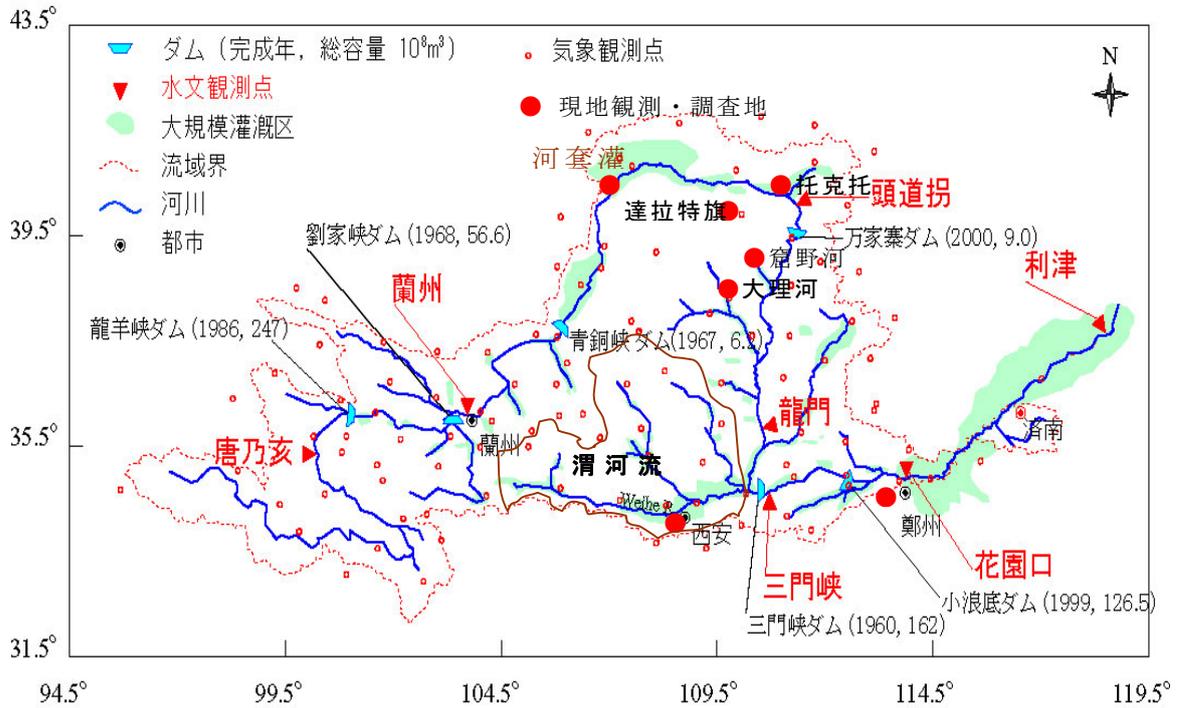
この研究では、最終目標は流域水マネジメントに関わる新たなデザインを提案することにおかれているが、より上位の計画との整合性が問題になる。つまり、半乾燥地がほとんどの黄河流域では水資源が活動を制約しているため、農業、工業、都市、生態系からなる各セクターへの水資源配分において、水資源の70%を消費している農業セクターの取り扱い方がキーポイントとなる。つまり、食糧生産を減ずれば他のセクターにより多くの水が届くことになる。ここでは、地球規模での判断から、食糧自給率100%維持を優先すること、農業従事者を三次産業に徐々に移行させること、二次生産品を販売することが可能であることを前提に、【図5】のような過程で目標像を作り上げようとしている。



【図5】 課題の相互関連

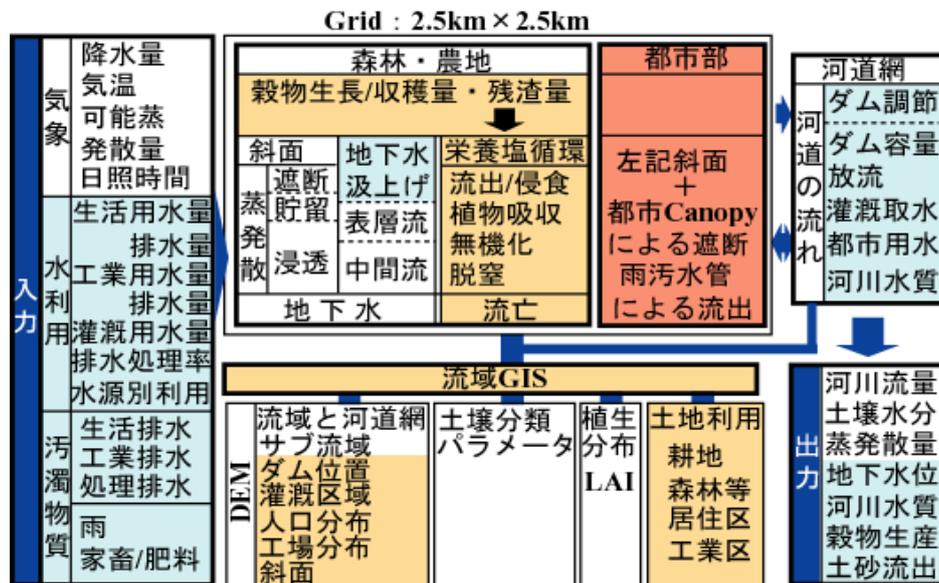
研究課題②での灌漑農地、都市における水循環に関わる素過程と④での土砂発生の観測は、【図6】に示す地点で実施されている。灌漑農地として、内蒙古河套灌区（年間平均降水量200mm）、内蒙古達拉特旗慶河流域（年間平均降水量250mm）、内蒙古呼和浩特市托克托县中灘郷の黄河から2~3kmの氾濫原（年間平均降水量300mm）において、農業科学院農業気象研究所、内蒙古農業大学、内蒙古科学技術協会、河套灌区管理総局、達拉特旗関係機関などの協力を得て、観測塔を建設して水文フラックスを連続観測している。また、都市の水利用と水環境の調査対象として西安市を選定し、渭河流域を含めて河川の水量と水質を中国側研究者と共同して現地観測している。さ

らに土砂発生量を、中流域北部の右支川窟野河と無定河の支流の大理河を対象に清華大学の協力を得て観測している。



【図6】 黄河流域と観測地点

このような観測と並行して、流域の水量・水質を推定できるモデルを開発している。このモデルの基本構造を【図7】に示す。観測結果に既存のデータを加えて、作成したモデルの改善やモデル中の係数を決定し、水循環過程と水質変化を再現しようとしている。その際、観測された局所データを灌漑区データに変換（スケールアップ）することを容易にするために、水中の酸素や水素の同位体比の変化も利用している。さらに、塩害防止技術、節水灌漑技術、都市における節水技術の開発も対象としている。



【図7】 水量・水質予測モデルの構成

### 3) 実態把握・モデル開発から政策検討へ

ここで取りあげているプロジェクトの研究成果を列記すると以下のようである。水循環や水収支の実態把握を基礎に、水質を含めた流域モデルが構築され、政策提言に結びつけうる水需要の将来予測も進められている。

- i) 内蒙古河套灌漑区および近辺の乾燥地域において、水路系の用水損失と地下水や農地・未利用地への浸透、農地での秋季灌漑や冬季の土壌凍結融解に伴う水・塩分移動、塩害地の塩分分布形成、圃場蒸発散量の推定に関する観測と分析を進め、圃場や地域の水収支構造をより詳細に示し得た。また、安定同位体を利用して、河套灌漑区の取水から排水までの蒸発率はおおよそ50%と推定しえた。これらの成果をもとに節水や塩分管理の対策技術の評価、構築したモデルを活用して水管理の改善が地域の水収支に及ぼす影響の定量化を進めている。
- ii) 乾燥地・半乾燥地流域の水循環推定に必要な水文・水質統合モデルを構築した。シミュレーションに必要な汚濁物質の排出原単位も既存データをもとに確定した。日射等の外部条件に関わるデータを利用し、人工の水循環を考慮して、このモデルを黄河最大支流の渭河流域に適用、懸濁物質、生物分解性有機物、窒素、磷、溶存酸素の挙動を推定できるようにした。これにより特定地点の汚染制御の基本メカニズムを容易に判断できるようになった。
- iii) 窟野河、大理河における黄土の流出状況を把握し流出時の水理学的特性を明らかにして輸送方程式を確立した。これにより河川における土砂輸送の境界条件を与えることが可能になった。
- iv) 黄河流域の水資源需要の将来予測モデルを用いて、各県レベル単位で社会条件や各セクター別の価格弾力性と、マクロな経済社会フレームを考慮して将来予測ができるようにし、政策検討を可能にしえた。

### 4) 黄河の水資源の効率的・持続的な利用への向けて

乾燥地から半乾燥地にかけての水循環に関わるモデルを用いて、より上位の社会計画を踏まえて、水の効率的・持続的な利用について検討する基盤は準備できてきたと考えられる。しかし、モデルの計算・推定の精度向上に欠かせない実測データは決定的に少ないこと、水資源利用は一年を通して一様ではなく季節変動があること、ダムを含む貯水池での操作ルールにより河川水量が変り得ること、水利権の機能のさせ方により配水量が変化すること、節水技術が年々進化すること、社会条件、特に人口動態と土地利用条件が中央政府の計画実施により変化することなどなど、現地の研究者や技術者でないと把握できないことが多く存在する。このため、上にあげた様々な調査研究プロジェクトを通して築かれている協働体制を継続することが必要である。

また、国際社会に対する影響が大きい中国の実情を的確に把握し、将来に発生すると見通される問題を事前に検討し続けることは、これからの国際社会において不可欠である。