

## 黄河流域の水利用・管理の高持続性化

研究代表者  
楠田 哲也

# 黄河流域の水利用・管理の高持続性化

九州大学大学院工学研究院 楠田 哲也

## 1. 全体構想

### 1.1 研究目的

黄河流域は、わが国の3倍弱の広さの地域にほぼ1億人が住む乾燥地から半乾燥地の特性を有する地域である。年間平均降水量は470mm程度であり、わが国の30%しかない水資源が不足気味の地域である。この地域は水資源が制約されていることにより、農業を含むすべての産業の発展が抑制されている。この地域のバランスの取れた発展はアジアにとっても大きな関心事である。そこで、本研究では黄河流域における水資源の特性を把握し、持続性のある有効利用手法を案出することを目指した。具体的には、既存データの収集、水循環過程に関する現地調査と解析、モデル化、将来予測からなる。

黄河流域は広大なことから地球規模での自然現象にも多大なる影響を与えている。この自然現象と社会の変化速度を合わせ考えると、100年の単位ではなく、より短い期間に、数値および知的データの蓄積を計っていくことが必要で、本研究はその嚆矢となることを目指している。

### 1.2 研究課題

本研究では、研究課題を、空間別、物質別の4つのサブグループ、および、まとめとなる1つのサブグループに分けている。1) 農業・乾燥地、2) 都市、3) 土砂輸送、4) 流出・水資源モデル、5) 流域水マネジメント、の5サブグループである。

主要な研究課題は以下の通りである。

- 1-1) 半乾燥地や乾燥地の灌漑農地における水循環過程と塩害発生機構の解明
- 1-2) 土壌水文モデルの構築
- 1-3) 塩害防止技術や節水灌漑手法の検討
- 2-1) 都市における水供給・排出過程の定量的解明と水環境保全手法の提案
- 2-2) 地下水利用を含めた水量水質モデルの構築
- 2-3) 節水型都市のための技術提案
- 3-1) 黄土高原からの土砂発生量・輸送量の推定
- 3-2) 砂輸送量推定のための土砂輸送モデルの構築
- 4-1) メッシュ分割の分布型水循環モデルの構築とシミュレーション
- 4-2) 水資源需給将来予測モデルの構築
- 5-1) シナリオ分析に基づく黄河流域水資源需要量予測
- 5-2) 経済、生態系保全に配慮した持続性の高い水利用計画と水循環系の提案

## 2. 研究手法・体制

### 2.1 研究手法

本研究の実施手順は、既存の水文・水理・水質・気象・土壌・地質・地形等種々のデータの収集、流域の水循環と水供給・農業生産と塩害・土砂発生と輸送・水環境と汚濁負荷に関わる状況の調査・観測、乾燥地における節水灌漑技術の検討、都市用水の節水・排水の再利用化とそのシステムの検討、これらのモデル化、将来の変化予測の手法の開発等を行った。また、流域の社会開発シナリオをもとに流域の水収支を予測し、水資源計画を樹立するために必要な手法を考案して、経済にも配慮した持続性の高い水循環システムを中国側研究者と連携して実施した。

## 2.2 現地観測場所

黄河流域の全容と現地観測実施場所を下図に示す。図中の淡青色の広がりには農業灌漑区を示している。最上部の河套灌漑区でも大きさはわが国の高知県と同じ広さである。また、降水量は図-2に示すように北西で少なく、南部で相対的に多くなっている。

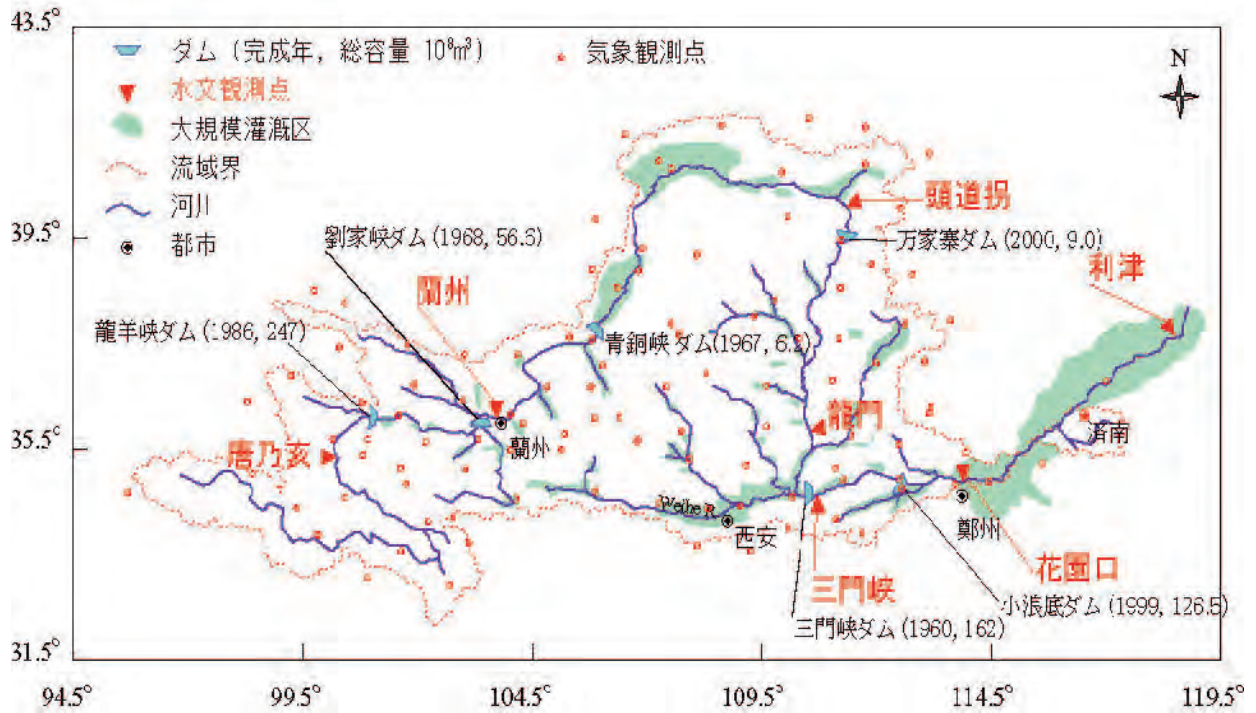


図-1 黄河流域の概要と現地観測地点



図-2 黄河流域の降水量分布 (mm/y)

## 2.3 研究実施体制

### (1) 研究チームの構成

1) 農業・乾燥地の観測・モデル化 文部科学省総合地球環境学研究所教授 渡辺紹裕： 節水型農業技術開発と水循環解明 九州大学大学院農学研究院助教授 小林哲夫： 塩害防止型灌漑技術開発と水循環モデル構築	2) 都市の水循環・水質の観測・モデル化 九州大学大学院工学研究院教授 楠田哲也： 都市内水循環の解析と節水型都市 NO
3) 土砂輸送の観測・モデル化 九州大学大学院工学研究院助教授 橋本晴行： 土砂流下量算定と輸送モデルの構築	4) 流出・水資源モデル 山梨大学総合医工学部教授 竹内邦良： 流域水循環、土砂・物質輸送モデルの構築 清華大学水資源工程教授 楊大文： 流域水循環モデルの構築
5) 全体を統合する流域水マネジメント 名古屋大学大学院環境学研究科教授 井村秀文：水需給・経済・食糧の将来予測、 広島大学大学院 助教授 金子慎治：水需給の将来予測 京都大学経済研究所教授 塚谷恒雄：水利用と経済生産モデルの検討	

なお、最終年度までの本研究への参加者数は研究代表者・分担者を含め110人、現時点での参加者は72名である。

### (2) 中国側からの参加機関

中国科学院地理与資源研究所、中国農業環境可持続發展研究所（旧農業科学院農業気象研究所）、中国水利水電科学研究院、清華大学、北京師範大学、西安建築科技大学、内モンゴル農業大学である。

## 3. 主な研究成果

### 3.1 農地・乾燥地

図-1に示す内モンゴル河套灌漑区（年間平均降水量200mm）、内モンゴル達拉特旗慶河流域（年間平均降水量250mm）、および内モンゴル呼和浩特市托克托県中灘郷の黄河から2～3kmの氾濫原（年間平均降水量300mm）において、内モンゴル農業大学、内モンゴル科学技術協会、河套灌区管理総局、達拉特旗関係機関、中国農業科学院農業気象研究所などの協力を得て、観測塔を用いて圃場単位での水収支や土壌水分を連続観測し、さらに、地形・地質による水の移動形態の差違、生育植物と関連づけた塩害の発生形態を調査し、水収支モデルを開発し、灌漑区の水収支を明らかにするとともに、節水・塩類化防止型灌漑技術を開発することを試みた。

その結果、内モンゴル呼和浩特市托克托県のトウモロコシ畑では秋灌漑の水利用効率は、圃場ベースで43%以下と評価された。凍土からの蒸発量は乾燥土からの蒸発量と比べて大きく、また凍土融解時から播種時までの蒸発量もかなり大きいので、秋灌漑水量の約半分が蒸発によって失われているので、冬季の土壌面を乾燥状態に維持できる技術の開発が望まれることが判明した。

また、塩類化圃場が生じる原因は、大量の灌漑水によって地下水位が上昇すること、および、蒸発量と浸入量の空間的変動が地下水の塩分濃度の空間的変動を作り出すことにあるので、過剰灌漑による地下水位上昇を抑え、塩類化プロット内で高塩分地下水を汲み上げ、周辺地域の低塩分地下水をプロット内に流入させることが有効であることが判明した。

また、河套灌漑区では、灌漑区の水収支を明らかにした。具体的には、灌漑期間中（6～9月）の単位用水量は2.6mm/dayと概算されている。一方、安定同位体の計測では、排水は取水時のおおよそ30%蒸発したものになっている。この灌漑区の下流部に点在する排水不良地では、地下水の動きが極めて緩慢

であり、夏季の強烈な蒸発要求のため、水平方向に比べ鉛直方向の塩分移動が卓越し Na が移動し Ca が沈殿する塩分動態を示すこと、灌漑によって一時的に低下した土壤塩分濃度は、地下水が地表面から 1.0m 程度に存在するため、夏季の蒸発により再び表層に集積し塩分濃度が上昇すること、浸透した灌漑水は水平方向にかなり流動すること、圃場の微地形標高が灌漑水の供給量を不均一にして、その結果として不均一な塩分分布パターンが発生することなどを明らかにした。

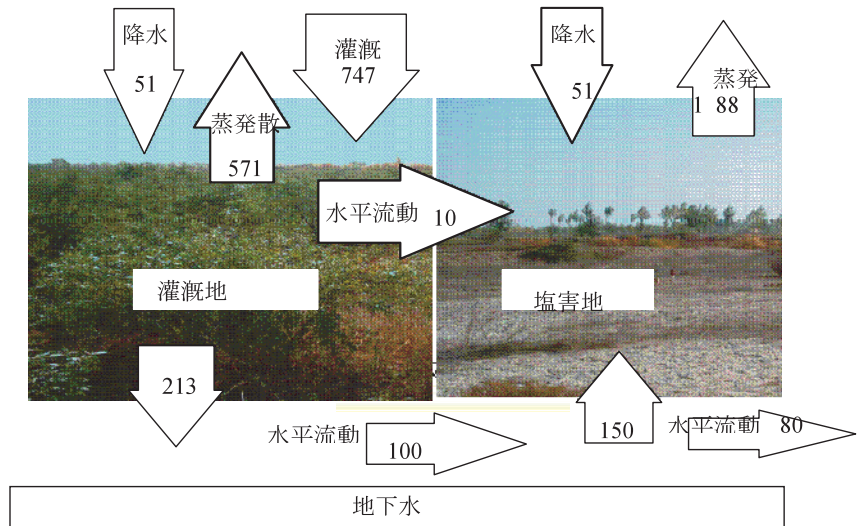


図-3 河套灌漑区水収支推定結果 (mm/y)

節水灌漑策として、ヒマワリから小麦への転作、小麦とアルファルファの混播、送水路の漏水防止のためのコーティング、秋季湛水の前に十分土壤表面を乾燥させ、除塩効果を高くすることなどを提案した。

さらに、河套灌漑区にはヒ素汚染地があり、飲料水の供給形態を把握し、患者の実態を知るために疫学調査を実施した結果、皮膚の硬化による支障が目立ったが、寿命を大きく縮めるには至っていない。平均寿命も短くはなっていないと推定された。現在では、すでに簡易水道が設置され汚染水に曝露されることがなくなっているため、これ以上の対策の必要はない。

### 3.2 都市

西安市区部の水循環や水環境を明らかにするために、2003 年より降水量の観測を西安建築科技大学屋上で開始した。降水量の連続データを入手でき始めたので、既存の年間降水量データと合わせて降水特性を明らかにした。また、西安市自来水会社のデータ等より西安市区部の使用水量の原単位は都市部 (210 ㎥/人日) と農村部 (40 ㎥/人日) と推定された。さらに、2002 年より代表 2 河川の水質と水量を年 4 回観測している。対象は、都市汚水路になっている河川と西安市南方にある山脈から流れ出る比較的大きな河川である。図-4 に示すように、都市汚水路河川では冬季に BOD<sub>5</sub> と TN は日本の生下水並の 200mg/L と 40mg/L を越えることも珍しくない。BOD<sub>5</sub> は都市部で、窒素、リンは都市郊外の農地で高い値を示していることが明らかになった。この排水のために西安市区部の排水を受ける渭河(図-1 参照)が西安市に近づくと汚染がひどくなり冬季にはほぼ日本の生下水並になっていた。ただし、夏季はその 1/2 程度である。また、陝西省内の渭河流域対象に水環境と自然浄化能を推定した。渭河では降雨流出により水質は大きく改善され、自浄作用も予想よりは大きいことが明らかになった。これは、高懸濁物質濃度のよるところが大きいと考えられる。

このような状況を再現できるようにするために、分布型水文モデル (GBHM2) に渭河流域内の人工系の水利用形態を組み込み、これに一次元移流分散方程式に基づく水質モデルを統合し渭河流域の水文・水質統合

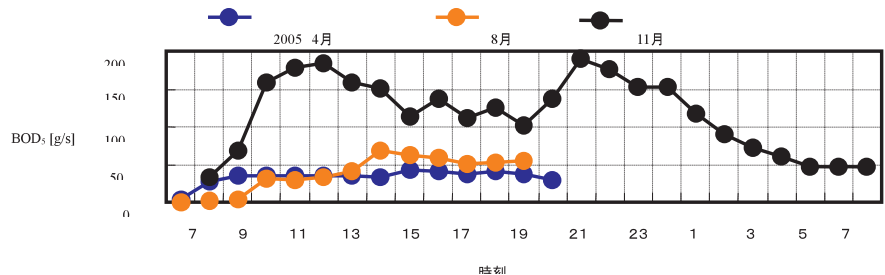


図-4 都市内河川の BOD 時間変化

モデルを構築した。流域内の点源負荷の分布データをもとに負荷量原単位を、水使用量から水使用原単位を定め、このモデルを用いて水質分布を推定し、現地水質観測結果との比較によりモデルの再現性をBODについて確認し、良好な結果を得た。

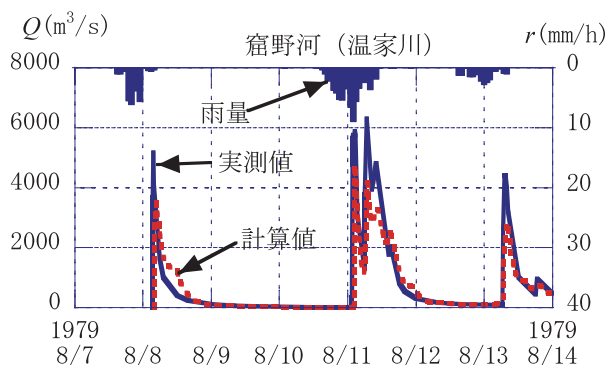
さらに、渭河流域の発展を、都市化度、食料自給率、人口増加と集中、節水・再利用度からシナリオを想定し、水資源配分の効用の最大化を図るための手法を確立しえた。

### 3.3 土砂輸送

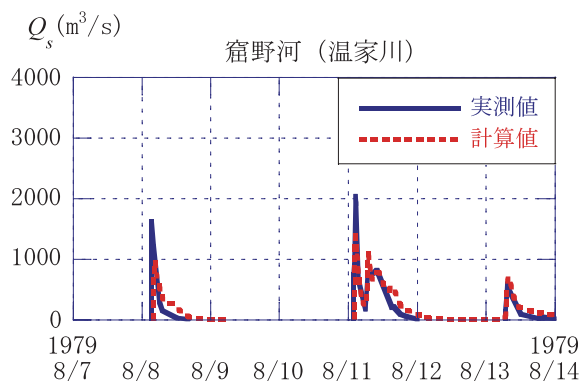
黄河中流支川の窟野河での、水理・水文観測点における雨量、流量の観測値を用いて流出係数を算出した。その結果、流出係数は $f_0=0.05\sim 0.62$ 、ピーク流出係数は $f_p=0.05\sim 1.57$ となることが分かった。窟野河の河道は主に微細砂・粗砂であり、大理河の河道はシルト、微細砂であった。土砂水理学的解析によると、窟野河における流砂量と流れの抵抗に対しては泥石流型土石流モデルが適合することが明らかになった。また、大理河における流砂量と流れの抵抗に対しては、泥石流型土石流モデルが適合しないことが分かった。流れの抵抗はニュートン流体モデルで表わされ、流砂量は経験式を用いるのが望ましいことを提案した。

基礎的な研究として、材料としてシルト、微細砂、細砂をそれぞれ含有した高濃度洪水を実験水路において発生・流下させて抵抗則、流砂量を調べた結果、材料が細砂の場合には、泥石流型土石流モデルが流れの抵抗と流砂量を説明することが分かった。一方、材料がシルト、微細砂の場合には、ニュートン流体モデルが流れの抵抗則を説明することが分かった。

さらに、観測雨量と流量を用いて貯留関数法による水文観測点での流出解析を行い、パラメータを同定した結果、図一5, 6に示すように、水文観測点での流出予測が可能となった。また、上述で解明された抵抗則と流砂量式を用いて流砂量ハイドログラフを求めた結果は実測値と概ね一致することが分かった。さらに、観測点の流量ハイドログラフを境界条件とした河床変動シミュレーションを行うことにより、観測点間の任意の地点における流量、流砂量ハイドログラフを予測することができた。



図一5 流量の計算値と実測値との比較



図一6 流砂量の計算値と実測値との比較

### 3.4 流出・水資源

水文、気象データをもとに黄河流域50年間(1951～2000年)の平均降水量は435mm/yr、平均蒸発散量は360mm/yr、流出量は75mm/yr。蘭州の上流域の面積は全流域の1/3で、流出量は全流域の6割になること、1970年代には黄河自然流出量の51.5%が、1980年代には54.8%、1990年代には67.1%、人為により消費され、このうち灌漑用水は80～90%を占めることを明らかにした。さらに、メッシュ単位の分布型流出モデルを10kmメッシュ単位で構築し、それを用いて黄河全流域の流出解析を行った。このモデルでは、降水、蒸発、蒸散、浸透、流出、貯水を考慮している。地表の条件設定には人工衛星による観測結果も利用した。これを用いてシミュレーションしたところ、上流の唐乃亥では良好な一致を示すことが明らかになった。しかし、下流ではダムが建設され共用されるとそれ以降一致度は少し低下した。前述のモデルを用いて、1951～2000年の50年間の水資源賦存量を算出し、流出量の実態を評価した。そ

の結果、表-1、2に示すように、黄河断流の基本的な原因は灌漑用水の過剰取水によることはいままでの間、1990年代に断流を悪化させた主原因は気候変動にあることを明らかにした。また、黄河流域を8分割しサブ流域ごとの流出の変動性を算定したところ、流域の上流端と下流端ならびに流域の南側において降水に対する流出感度が高いこと、つまり降水量が増減した場合に結果としての河川流量の変動が大きいことが判明した。

表-1：灌漑用水量の年代変化 (unit:  $\times 10^8 \text{ m}^3/\text{yr}$ )

年代	1951~60	1961~70	1971~80	1981~90	1991~2000
花園口の上流	108.3	136.6	158.7	183.2	189.4
花園口の下流	47.1	26.2	83.0	110.7	95.4
全流域	155.4	162.8	241.7	293.9	284.8
灌漑用水量と自然流出量の比 (%)	21.0	23.6	45.1	50.1	68.0

表-2 河川流出量の年代変化と断流の関係

年代変化	断流日数	流出の変化 (mm/10yrs)		灌漑用水の変化 (mm/10-yrs)		降水量 (mm/10-yrs)	気温 ( $^{\circ}\text{C}/10\text{-yrs}$ )	蒸発散量 (mm/10-yrs)
		利津	花園口	全流域	花園口の上流			
1960s-1950s	0	11.9	9.7	1.0	3.9	22.0	0.16	25
970s-1960s	94	-31.0	-20.6	10.5	3.0	-29.6	0.23	7
1980s-1970s	3	-0.2	6.5	6.9	3.4	10.3	0.08	-133
1990s-1980s	804	-21.1	-25.1	-1.2	0.8	-38.2	0.62	52

さらに、この分布型流出モデルを都市グループの水質モデルと一体化し、水量・水質統合型モデルを構築した。また、黄河における溶解性物質、浮遊懸濁物質の物質輸送モデルの基本形も完成させた。

### 3.5 流域水マネジメント

黄河流域の県市を基礎単位として、上流からの取水・利用・還元の水資源カスケードを明示的に扱いつつながら水資源需給の空間的構造を分析するための分析方法を開発した。この方法を用いて、1997年から2000年までの水資源需給の構造を再現し、水資源需給アンバランスが発生するメカニズムについて考察したところ、降水量が少ないことに加えて水消費量の増加が問題の根底にあることを明らかにした。このことは河川流量の減少や地下水位の低下となって現れている。

応用一般均衡モデルと産業構造変化シナリオに基づいた水資源需給モデルを開発し、人口・社会経済フレームを設定し、食糧生産などの水需要予測、および水供給予測の各モジュールからなる分析モデルを構築した。加えて、経済成長シナリオを与えて、経済成長の地域格差が水需要ギャップに与える影響について分析した。その結果を図-7、8に示す。経済成長が大都市に偏るほど、それらの成長都市における水資源の需給ギャップが拡大することを明らかにした。排水システムが普及すればするほど水資源ギャップは緩和され、特に経済活動が集中している大都市において、それらを整備することが、より効果的であることを示した。

経済成長にともなう食料需要の変化が流域の水消費に与える影響は、小麦について最も大きい。中国全体で所得が8%増加した場合、流域内外の小麦需要の増大に伴う流域内の農業用水増加量は合計約900万 $m^3$ である。農業用水需要の増加は、河南省、山東省、寧夏回族自治区の順に大きい。これらの省の場合、増加の大部分は省内の小麦需要に起因している。他方、トウモロコシの需要増加による用水需要の増加は、小麦の場合に比較して小さい。また、流域外からのトウモロコシ需要に応えるための生産に伴う用水需要が大きい。

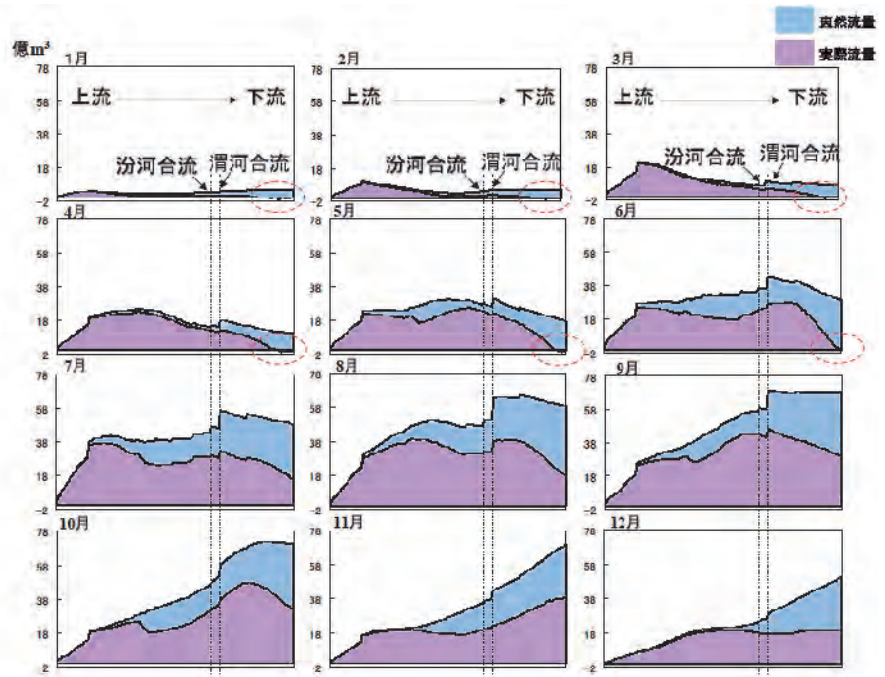
内蒙古自治区、甘肅省、寧夏回族自治区では、流域外の小麥需要増大に起因する用水増加量が、省内需要に起因する量を上回っている。トウモロコシの多くは家畜飼料用であるが、肉の種類で見ると、豚肉生産に起因する用水増加量が700万 $m^3$ で最大であった。このうち30%分が流域内の他省への供給増に伴うものであった。

さらに、水供給制約下における流域経済成長の最大化を目標とした流域をデザインした。段階的な都市化の推進と耕地削減あるいは節水灌漑導入による農業用水の転用により、経済成長に重きをおいたうえで水利用の効率化を図ることが十分可能であることを示した。

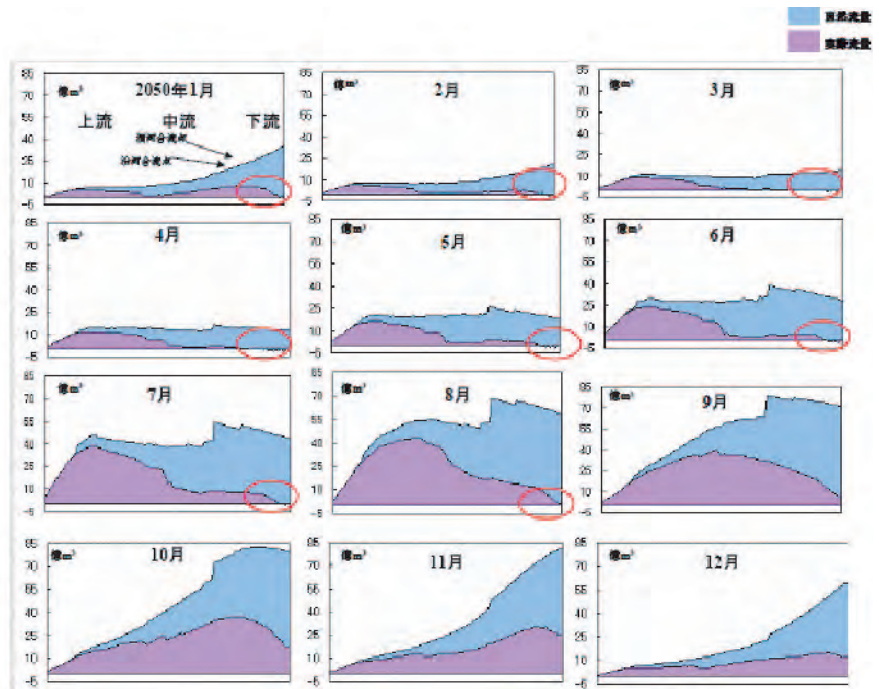
#### 4. 考察・結論

##### 4.1 実施上の問題に対する考察

流域における水資源の配分を検討するには、流域の水文特性、つまり、降水特性（降雨、降雪）、流出特性に始まり、取水状況、水資源利用形態、使用水の排出状況、排出水の処理状況、排出先河川の水質、



図一七 1997年の黄河の月別の自然流量（取水がないときの流量）と実際流量



図一八 2050年の黄河の水需給バランス  
(都市の均等成長を仮定、赤丸は水不足箇所)



さらには、水資源の利用による生活への安全性、便益や快適性の提供、産業における収益や雇用等について検討しなければならない。この検討に際し、中国ではいくつかの解決すべき課題があった。

#### 1) 水量水質の元（生）データが一般に公開されていないこと

中国では、水に関わる生データが一般に公開されていない。年間平均値のような加工データは、一定時間経過後に公開されるが、そのデータの信頼性を確認することは出来ない。したがって、過去の状況を分析することは可能であるが、最新のデータで議論することは困難である。そのために、入手できたデータから種々推論を試みた。

#### 2) 標高の詳しい地図が公開されていないこと

地域の標高は旧ソ連時代の測量図から知ることが出来るが、その後の土地の改変による変化を知ることが容易ではない。米国からの情報を利用することにより対処できた。

#### 3) 現地観測を自由に行えないこと

国家の体制上、自由に行動できる比率はわが国に比べて相対的に高くない。貯水池の操作規則も明確でない。中国の研究者の方の尽力により、計画通り実施できた。

#### 4) 国家政策が強く打ち出されること

産業の進展、人口の移動等は、個人の自由というよりは国家施策に支配されているため、自由主義国家の従来の経験則を適用できない。つまり、流域での上下流間の水資源の配分、ある地区における水資源の配分、産業別配分（農業、工業生活）など、政策に依存することがほとんどである。したがって、将来予測においては、政策を見据えたシナリオを設定することになった。

このように、日本国内では予想も出来ない問題があるものの、現地観測結果では乾燥地、半乾燥地での限界状況を理解することが出来たし、その結果を基にしたシミュレーションにおいても、かなり精度の高い説明力のある成果を得ることが出来た。隣国中国を正確に理解することは今後のわが国との関係性、中国の世界における位置づけを理解するためにも欠かせないことであり、本研究における研究成果や人材の育成は今後大いに役立つであろう。

## 4.2 結果

モデルの構築は、既に中国語版で書籍を出版済み（引用文献1）であるように、ほぼ完成できた。また、そのモデルを用いたシミュレーションでは、既往データ、人工衛星データや現地での観測データをもとに係数を決定し、境界条件を設定し、将来を予測した。種々の予想されるシナリオに対して水資源配分形態の最適値を決定する手順を示すことが出来た。農業用水を転用できれば経済発展は持続できることを一例として示した。これらにより、所期の研究目的をほぼ達成しえた。

当初想定していなかった内蒙古における砒素中毒の疫学調査により、水資源配分は量だけではなく、質に大きく左右されるので、リスクの視点を含めた水資源配分が必要であることを示しえた。

なお、本研究の最終成果を英文で出版することにしている。

## 5. 今後の展開

流域全体の水需給バランスを達成するためには、地域間・セクター間の公平性を考慮しつつ、物理的・経済的効率性を検討する必要がある。それを実現するためには、政策の影響を定量的に把握できる分析ツールを開発し、それを活用して、様々なステークホルダーが政策のあり方を議論することが重要である。しかし、分析の過程が不透明であれば、合理的な結論を引き出すことは難しい。本研究では、モデルの妥当性について議論することができるよう、公刊された統計データや実測データに基づき出来る限り分析手法の透明性を確保して黄河流域の水資源需給バランスを分析する枠組みとシナリオに基づいた予測事例を提示した。今後、こうしたモデルを活用し、水資源配分に関する議論が行われることを期待する。

また、本研究で得られた黄河に関わる知識を活用するとともに継承していくために、規模は小さくてもプロジェクトを継続することが望まれる。また、本研究においては、生態系保全を課題に挙げていなかった

たので、今後、研究課題を別途設定して、実施していく必要がある。

## 6. 引用文献

- 1) 楊大文, 楠田哲也編著, 水资源综合评价模型及其在黄河流域的应用, 水利水电出版社, 213pp., 2005

## 7. 主要な成果報告等 (論文、口頭報告、取材)

### (1) 論文発表

国内 62 件 (主要論文のみ掲載)

1. Fang, W., and H. Imura, Comparison of Empirical Pet estimation Methods in the Yellow River Basin, 第 31 回環境システム研究論文集, vol. 31, Oct, 2003
2. 東修, 楠田哲也, 王晓昌, 井上和久, 尾崎心平, 馬場啓輔, 西安市の水利用及び汚染物質負荷過程の解明, 環境工学研究論文集, vol. 40, pp. 171-181, Nov, 2003
3. 馬籠純, 竹内邦良, 平野順子, 石平博, 大規模貯水池における貯水量変化の衛星モニタリング, 水工学論文集, no. 48(1), pp. 103-108, Feb, 2004
4. 橋本晴行, 高岡広樹, 池松伸也, 全炳徳, 上野賢仁, 黄河中流域における河道堆積土砂調査と高濃度流れの水路実験, 水工学論文集, no. 48(1), pp. 943-948, Feb, 2004
5. 劉霞, 天谷孝夫, 赤江剛夫, 西村直正, 凍土中における温度勾配下の水分の上昇移動, 農業土木学会論文集, no. 230, pp. 21-28, Apr, 2004
6. 久米崇, 長野宇規, 渡邊紹裕, 三野徹, 除塩灌漑に伴う排水不良農地の土壤塩分分布変動, 農業土木学会論文集, no. 233, pp. 21-28, Oct, 2004
7. Wang, L., and T. Akae, Analysis of ground freezing process by unfrozen water content obtained from TDR data in Hetao Irrigation District of China, 土壤の物理性, no. 98, pp. 11-19, Nov, 2004
8. 東修, 楠田哲也, 王晓昌, 楊大文, 井上和久, 尾崎心平, 柴田勝史, 水文・水質統合モデルを用いた渭河流域内都市域水質汚濁状況の解明, 環境工学研究論文集, vol. 41, pp. 693-700, Nov, 2004
9. 赤江剛夫, 宇野徹, 史海濱, 李延林, 内蒙古河套灌区における灌漑水から農地土壌、地下水、排水路水にいたる経路での陽イオン組成の変化, 農業土木学会論文集, no. 234, pp. 79-87, Dec, 2004
10. Oue, H., Toshiyuki, T., Ikawa, H., and K. Takase, Micrometeorological Model for Estimating Evapotranspiration from an Irrigated Maize Field in the Hetao Irrigation District in the Yellow River Basin, Journal of Agricultural Meteorology, vol. 60, no. 5, pp. 537-540, Feb, 2005
11. 大本照憲, 崔志英, 非ニュートン流体特性に着目した砂堆河床上の高粘性流れについて, 応用力学論文集, vol. 8, pp. 855-864, Aug, 2005
12. 井村秀文, 大西暁生, 岡村実奈, 方偉華, 黄河流域の県市別データに基づく水資源需給空間構造の把握に関する研究, 環境システム研究論文集, vol. 33, pp. 477-487, Nov, 2005
13. Iwanaga, R., Kobayashi, T., and et al., Evaluating the Irrigation Requirement at a Cornfield in the Yellow River Basin Based on the "Dynamic Field Capacity", 水文水資源学会誌, vol. 18, no. 6, pp. 663-673, Dec, 2005
14. 邊見充, 楠田哲也, 王晓昌, 東修, 馬場啓輔, 西安市の都市河川における汚濁物質流出過程の解明と節水システム導入効果の検討, 環境工学研究論文集, vol. 42, pp. 119-128, Dec, 2005
15. Ji Han, Onishi Akio, Hiroaki Shirakawa and Hidefumi Imura, An analysis of population migration and its environmental impacts in China: Application to domestic water use, 第 33 回環境システム研究論文集, vol. 34, Oct, 2006
16. 園田益史, 大西暁生, 白川博章, 井村秀文, 食料需要モデルを利用した黄河流域の農業用水消費に関する研究, 第 33 回環境システム研究論文集, vol. 34, Oct, 2006
17. Kaneko, T., Kobayashi, T., Wang, W., He, W., and H. Cho, An evaluation of the overwinter loss of

the water irrigated in late autumn in the upper reach of the Yellow River, J. Japan Soc. Hydrol. & Water Resour, vol. 19, no. 6, Nov. 2006

18. 渡邊紹裕, 星川圭介, 黄河流域の大型灌区の農業用水利用, 砂漠研究, vol. 16. no. 2, 2006

海外 16 件 (主要論文のみ掲載)

1. Xu Z., K. Takeuchi, H. Ishidaira and X. Zhang, Sustainability analysis for Yellow River water resources using the system dynamics approach, Water Resour. Mgmt, 16, pp. 239-261, Jun, 2002
2. Guo, X., Fujino, Y., Chai J., Wu, K., Xia, Y., Li, Y., Lv, J., Sun, Z., and T. Yoshimura, The Prevalence of Subjective Symptoms after Exposure to Arsenic in Drinking Water in Inner Mongolia, China, Journal of Epidemiology, vol. 13, pp. 211-215, Jul, 2003
3. Yang, D., and K. Musiake, A continental scale hydrological model using distributed approach and its application to Asia, Hydrological Processes, vol. 17, issue. 14, pp. 2855-2869, Oct, 2003
4. Yang, D., C. Li, H. Hu, Z. Lei, S. Yang, T. Kusuda, T. Koike, and K. Musiake, Analysis of water resources variability in the Yellow River basin during the last half century using the historical data, Water Resources Research, vol.40, W06502(1-12), Jun, 2004
5. Fujino, Y., Guo, X., Liu, J., You, L., You, L., Miyatake, M., Yoshimura, T., and Japan Inner Mongolia Arsenic Pollution (JIAMP) Study Group, Mental health burden amongst inhabitants of an arsenic - affected area in Inner Mongolia, China, Social Science & Medicine, vol. 59, pp. 1969-1973, Nov, 2004
6. Kaneko, S., Tanaka, K., Toyota, T., and S. Managi, Water Efficiency of Agricultural Production in China: Regional Comparison from 1999 to 2002, nt, J. Agricultural Resources, Governance and Ecology, vol. 3, no. 3/4, pp. 231-251, 2004
7. Yang, D., Ni, G., Kanae, S., Li, C. and T. Kusuda, Water resources variability from the past to future in the Yellow River of China, IAHS publication, no. 295, pp. 174-182, Apr, 2005
8. Zhou, M. C., Ishidaira, H., and K. Takeuchi, Estimation of Potential Evapotranspiration over the Yellow River Basin: Reference Crop Evaporation or Shuttleworth- Wallace?, Hydrological Processes, Published Online: 15 Aug 2006, DOI:10.1002/hyp. 6339, Aug, 2006
9. Kitano, M., Yasutake, D., Kobayashi, T., Hidaka, K., Wajima, T., Wang., W., and W. He, Dynamics of water and ion transport driven by corn canopy in the yellow river basin, Biologia, Bratislava, vol. 61, suppl. 19, Sep, 2006

(2) 口頭発表

①学会

国内 71 件, 海外 66 件

②その他 (著書、誌上発表等)

国内 6 件, 海外 0 件

(3) 取材

- 1) 「ASIA トゥデー: 水危機 中国・際立つ南北の資源量格差」西日本新聞 (福岡)  
2003 年 7 月 23 日 (楠田哲也)
- 2) 「中国・黄河 枯渇防げ 地下水期待」朝日新聞朝刊 (岐阜版)  
2005 年 11 月 13 日 (天谷孝夫)