

黄河流域の水利用・管理の高持続性化

研究代表者 九州大学大学院工学研究院教授

楠田 哲也

1. 全体構想

1.1 研究目的

本研究は黄河流域における水資源の持続性のある有効利用を考えることを目的とする。黄河流域は、乾燥地から半乾燥地の特性を有する水資源が不足気味のほぼ1億人が住む地域である。具体的には、既存の水文・水理・水質・気象・土壌・地質・地形データを収集し、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を調査・観測し、これらをモデル化し、将来の変化予測の手法を開発する。同時に、乾燥地における節水灌漑技術を開発し、都市用水の節水・排水の再利用化とそのシステムを検討して、水消費量の削減を図れるようにする。さらに、開発シナリオをもとに流域の水収支を予測し、河川・ダム群・地下水を統合的に管理する水資源計画を樹立できるようにする。これらの結果を利用して、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デザインの決定方法と例を提案することを目的とする。

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と推察される。この自然現象の時定数と社会変化の時定数を合わせ考えるとき、100年の単位で継続し、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 期待される効果

科学的には乾燥地・半乾燥地の塩害の発生をとまなう水循環の機構を明らかにすることや河川毎の特性を取りまとめて流域を比較しつつ体系化することに大きな価値がある。このような、科学的な側面とは別に社会的な効用もある。経済発展を続ける中国は、わが国を凌ぐ経済大国になっている。しかも、人口増加が続くので、生活水準の向上にともない今後、食糧、化石燃料、鉱物資源を相乗的に消費することになり、国際的な場での対立的状況が増えることになると思われる。そのようなインパクトの大きい国の状況を正確に理解し、誤りのない情報を常に得ることは、わが国にとって必須である。また、水不足に悩む黄河流域の水利用の効率化を考えることは、水に起因する要因を内的に減らす可能性を与え、問題の生起を和らげることに繋がる。

2. 研究計画・実施体制

2.1 研究課題

本研究は流域の水に関わる統合的マネジメントを意図している。そのための研究課題を、空間別、物質別の4つのサブグループと、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。

本研究は、現地調査によるデータの収集、モデル化とそれを用いたシミュレーションによる具体的な評価、その結果をもとにした流域の水マネジメントに関わる提案を行うという実証性の高いものである。

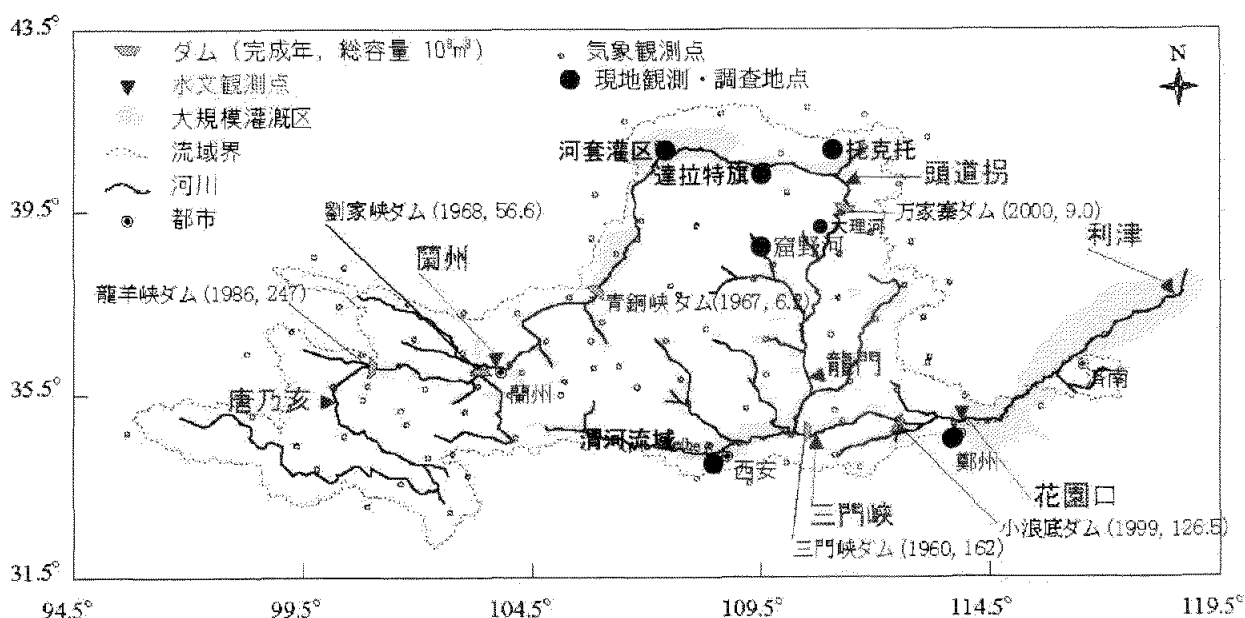
主要な研究課題は以下の通りである。

- 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提案
- 2-1) 都市における水供給・排出過程の解明と水環境保全
- 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システム構築
- 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
- 3-3) 輸送土砂の堆積および河道形成の機構の解明
- 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) 経済効果、生態系保全、および地球環境負荷削減に配慮した持続性の高い水資源計画と水循環システムの提案

2.2 研究実施手法と場所

研究実施手順は、既存データの収集、水循環過程の実測、水循環システム要素のモデル化、統合的評価モデルの構築、開発や生活水準の上昇に関わる水循環システムのデザイン手法の開発、新デザイン例の提案、である。中国側研究者と連携してこれらを行う。

黄河流域の全容と現地観測実施場所を下図に示す。



図一 黄河流域の概要と現地観測地点

2.3 研究実施に関わる特色

研究実施に関わる特色は以下の通りである。

1) 既存データの集積

黄河流域の水文、水量、水質、気象、土壌、地質、地形、人口、土地利用などのデータをできるだけ

長期にわたって収集し、データベース化する。

2) 灌漑農地、都市における水循環に関わる素過程の観測

内蒙古河套灌漑区、内蒙古達拉特旗慶河流域、内蒙古達拉特旗慶河流域、西安市域を対象に水量水質の観測を、窟野河、大理河を対象に土砂発生量と輸送量を観測する。

3) 流域、灌漑農地、都市における水循環システムおよび土砂輸送のモデル化

対象区域をメッシュ分割し、人工衛星データや GIS を用いて作業性能を高める。

4) 灌漑農地と都市における効率的な水利用技術の開発

農地では塩害の回避に重点をおいて灌漑方式を再検討する。都市や工業では水の再利用を検討する。

5) 流域統合モデルの構築とマネジメント手法の検討

メッシュ分割によるシミュレーション手法を用いて、社会経済成長にともなう将来の最適水資源配分を食糧供給や生態系保全を含めて検討する。

2. 4 研究実施体制

(1) 研究チームの構成

上述の 5 サブグループの研究分担者は以下の通りである。

1) 農業・乾燥地

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

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の構築

3) 土砂輸送

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

東京大学大学院工学系研究科助教授（現中国清華大学教授） 楊 大文：流域水循環モデルの構築

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

5) 流域水マネジメント

名古屋大学大学院工学研究科教授 井村秀文：水需給・経済・食糧の将来予測

(財)地球環境戦略研究機関研究員（現広島大学助教授） 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、平成 16 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 91 人、現時点での参加者は 67 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
- ・内蒙古農業大学

(3) 研究チームの事務局

九州大学大学院工学研究院環境都市部門内に設置している。

3. 研究成果

3.1 農地・乾燥地

図一1に示す内蒙古河套灌漑区(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)、および内蒙古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、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することを試みている。

河套灌漑区杭錦后旗の耕作放棄地(裸地)において蒸発量を推定した結果、2003年9月16日から10月8日の23日間で26.2mmの降雨に対し34.3mmという蒸発量過多なる乾燥地特有の特徴を示した。このように乾燥は激しいものの150mm灌漑の後においてですら土壌塩分の空間分布パターンにはほとんど変化が見られなかった。灌漑区内の隣接する耕地(灌漑地)と塩害地(非灌漑地)の間で、地下水位の変化を測定したところ、灌漑直後の地下水位のピーク移動に約2日要していた。このことは、耕地の灌漑水が塩害地(非灌漑地)へ極めてゆっくりと流れているが土壌塩分の不均一性を解消するにはいたらないことを意味している。この灌漑区では春季と秋季の2回灌漑している。秋季のものは凍結前に塩分を地下に洗い流すことを経験的に期待してなされているが、観測によれば余り塩分を洗い流していないことが明らかになった。灌漑区単位の水収支を今後算定の予定であるが、春(4月)の同位体比分析によると河套灌漑区の取水口から烏梁素海(灌漑区の排水池)までの蒸発散率は50%前後と推定された。

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かった。現在では現地には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。

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できつつある。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 ㍉/人日)と農村部(40 ㍉/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。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。都市汚水路河川では冬季にBOD₅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。BOD₅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(図一1参照)が西安市に近づくにつれ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。そのために、観測対象域を渭河流域に拡大し渭河の水環境と自然浄化能を推定することにした。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、高懸濁物質濃度によるところが大きいと考えられるので、検証中である。

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。

3.3 土砂輸送

黄河における土砂発生は上流では少なく、黄土高原のある中流が最も多く、下流はそれに次ぐ。流出土砂が河川に与える影響として堆積土砂による河床の上昇やダムの貯水量の低下がある。黄河も同様である。そのため土砂発生の主要源である黄土高原に重点を置いて調査検討することにした。土砂に対する検討は、土砂の発生、発生土砂の輸送、輸送土砂の堆積、堆積土砂の掃流、土砂による河道の変形と続く。この問題を中国清華大学の研究者と協同して検討することにした。

まず、収集した資料をもとに、洪水流中の流砂濃度と 50%粒径との関係を調べた結果、黄土高原の黄河右岸にある窟野河(図一1参照)では、流砂濃度 0.05 以下では平均粒径 0.02mm 程度のシルト・粘土質となり、それ以上になると流砂濃度とともに 50%粒径が増加し、最大濃度 $C=0.5$ では 5mm 程度となることが明らかになった。また、流砂濃度は濃度が体積比率 0.1 までは流量に従って増加し、0.1 から 0.5 まではほぼ一定になる傾向を示した。その際の流出係数は窟野河では、上流から王道恒塔で 0.1 ~ 0.2、神木で 0.12~0.18、最下流の温家川で 0.24~0.28 となった。さらに、河川水流の高濃度時の摩擦損失係数についても実験的に検討した結果、窟野河ではピーク時に $f=0.0049\sim 0.027$ となった。大理河(図一1参照)はやや砂質であり、流出特性を現在定式化中である。

さらに、中国水利水電科学研究院泥沙研究所のモデルを用いて、黄河下流域を対象とした一次元土砂輸送モデルのテストランを行ない、さらに、地形、地質、土地被覆などの GIS 情報と USLE 法により黄河全流域の土砂生産量分布を推定した。

3.4 流出・水資源

水文、気象データをもとに過去 50 年間の黄河の流況を整理し終えた。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。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。灌漑取水量、貯水量を細部にわたり考慮するモデルに改善すればより予測値の精度が高くなると考えられるので改良中である。

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、断流は水資源賦存量の減少が主因であり、取水量の増加ではないことを明らかにした。

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

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の開発の基礎として欠かせない中国社会経済統計を市・県単位で電子化・WEB コンテンツ化し原単位推定用など利用時に容易

に計算できるようにした。そして、生物気候学的情報とリモートセンシングデータから灌漑用水需要量を推定できるようにした。

さらに、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の大枠を構築した。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、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が明らかになった。人口 100 万人以上と 50 万人以上の都市に対しては 50 年間で排水システムを整備することを想定したシナリオについてシミュレーションを行った結果、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が明らかになった。さらに、全体を SD モデルとして構築するためのフレームワークもほぼ完成させ、これを用いて流域としての水需要量の予測をいくつかの事例について終えている。

4. 考察に際しての留意点

黄河流域の水収支を明らかにすることはそう容易でない。その理由は水量水質の元データがわが国のように公開されていないことや、たとえ存在していてもかなり加工されたデータになっていることによる。そのために、種々の技術、たとえばリモートセンシングデータの活用や確立や統計をはじめとする計算手法の工夫により、これらを克服しているが、精度にやや問題があることは否めない。

水資源の配分は、ある地区における水資源の分配、それより大きな地域での産業別配分（農業、工業生活）、流域での上下流の配分など、政策的な配分から個人間での相談にわたるため、その決定方法は確定的でない。いいかえると水資源配分を左右する因子には、流域の経済や人口増を支配するマクロな意味での外部条件、このような外部との従属性・相互作用性により決まる内部条件、内部において整合を図るべき条件があることになる。階層化されたこれらを考察に際し如何に適用するかで、結論が大きく変化する。

5. 今後の展開

5.1 農地・乾燥地

今後も、現地観測・資料収集・モデル解析を並行して進める。河套灌区を中心とする現地での基礎的な観測は、とりまとめに必要な補足的なものとして長期的に継続する意義がある項目について実施する。観測に関わる具体的な課題は、冬季の凍土層のデータ取得、圃場内の透水係数の空間変動性の把握、圃場内の水分・塩分動態の観測の継続、安定同位体調査による河套灌区における蒸発率の推定である。当初の目標通り、今後、地区レベルの水管理・水収支構造の分析に重点を移し、さらに局所データを面的データに変換できるようにする。また、節水及び除塩技術を新たに提案することを試みる。これらの技術を導入した際の節水量も算定する。

5.2 都市

今後も、現地観測・水量収支に関わる資料収集・地下水水位データの収集、モデルの精度向上を並行して進める。生活水準の向上による水使用量増加量の推定、都市の雨水排除系からの負荷量の把握、点源負荷の原単位の高精度推定、渭河の水質水量予測、下水処理水の再利用に関わる技術と用途の開発・処理場位置の決定方式、節水型都市システムの検討を実施していく。これらのデータが出せると流域

水マネジメントの都市域の部分の精度が向上する。

5.3 土砂輸送

シルト質河川の大理河のデータ解析を行ってモデル構築を図る。シルト質河川についても抵抗則を構築する。河床変動シミュレーションのための基礎式を解くには、流砂量とともに摩擦損失係数と河幅の値が必要となるので、現地調査によりデータの取得を心がける。そのために、対象河川の出水を定め、衛星画像・降雨資料・地形図を解析する。既存モデルのある下流域だけでなく、より粒子の細かい中流域においても河道の変化を精度良く検討できるようにする。さらに、中国側研究者とともに河道形態の変化を表現できるモデルを開発する。

5.4 流出・水資源

引き続き、モデルの精度向上を図る。今後の課題は、農業用水需要予測のための作付け品種とその作付面積を考慮したサブモデルの作成、生態系保全に必要な水量の推定、水資源需給ギャップによる社会経済モデルへのフィードバック、具体的には需給構造の変化が流域に及ぼす影響を評価した上で、より効果の高い地域、データ環境の良い地域に特化して水価格政策の影響等社会経済フレームを拡張することである。

さらに、全体を通して、表現時間スケールを統一することを前提に、流出・水資源モデルや水質モデルとの統合、流出・水資源モデルと土砂輸送の結合、統合型流出・水資源・水質モデルと水マネジメントモデルの統合を図り、最終目的の流域の水利用の新たなデザインを議論できるようにする。

5.5 流域水マネジメント・全体

流域水マネジメントのために、研究成果を統合していく。最終的には、種々のシナリオのもとでの最適デザイン選定方法について提案できるようにする。単純な水需給ギャップを解消するだけでない水マネジメントのデザインは、国の政策に大きく左右される。国際的には貿易構造、国内的には人口増加抑制策、食糧自給率、各セクター別人口配分政策、発展地域の選択などが影響因子である。これらの事項は予測されるものではなく、シナリオとして与えざるを得ないものである。これらのシナリオのもとで、最適な水マネジメント策を考案し、技術的な改善の効果をフィードバックさせながら、さらにマネジメント策を改善していく方針である。

6. 主要な成果報告等

(1) 論文発表

国内 22件

1. Zhang, X., K. Takeuchi and H. Ishidaira. On Spatial Discretization Scale to Avoid Spurious Oscillations in FEM Solutions of 2D and Quasi-3D Groundwater Flow Models. 水工学論文集, 46, pp.193-198, Feb, 2002
2. 徐宗学、竹内邦良、石平博. 日本の平均気温・降水量時系列におけるジャンプ及びトレンドに関する研究. 水工学論文集, 46, pp.121-126, Feb, 2002
3. 馬籠純、金丸茂男、竹内邦良、石平博. ダム貯水池による河川水の流域内滞留時間の変化に関する検討. 水工学論文集, 46, pp.295-300, Feb, 2002
4. 橋本晴行、池松伸也、高岡広樹、塩山茂孝. 高濃度流れの流動機構と抵抗則に関する研究. 流

- 体力の評価とその応用に関する研究論文集 第2巻, Jan, 2003
5. 久米崇、天谷孝夫、三野徹、内蒙古河套灌区における土壌塩類化対策の効果, 農業土木学会論文
文集, no.223 (第7 1巻第1号), pp.133-139, Feb, 2003
 6. 劉霞、天谷孝夫、赤江剛夫、西村直正、遠心法による凍土および未凍土の不飽和透水係数測定,
農業土木学会論文集, no.223 (第7 1巻第1号), pp.39-46, Feb, 2003
 7. Zhang, X., K. Takeuchi and H. Ishidaira, Geostistical Applications to the Estimation of
Undonfined and Confined Groundwater Heads in Quasi-3D Groundwater Flow Modeling in
Kofu Basin, 水工学論文集 pp.289-294, Mar, 2003
 8. Wang, L., and T. Akae, Estimation of unfrozen water content by time domain reflectometry
measurements in frozen soils, 農業土木学会論文集, no.224, pp.89-95, Apr, 2003
 9. 久米崇、長野宇規、渡邊紹裕、三野徹、電磁誘導法による均質土壌の塩分濃度測定法, 農業土
木学会論文集, no.227, pp.105-111, Oct, 2003
 10. 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
 11. 白川博章、金子慎治、小鷹狩聡司、中国における工業用水の価格弾力性の推計, 第14回国際開
発学会全国大会報告論文集, pp.200-205, Nov, 2003
 12. Iwanaga, R., Yasutake, D., Kobayashi, T., He, W., Watanabe, E. and W. Wang, A survey of
the growth of corn in a JST experimental field in the Yellow River basin, China, Kyushu
Journal of Agriculture Meteorology, ser. 2, no.12, pp.13-16, Nov, 2003
 13. Watanabe, E., Wang, W., Kobayashi, T., Chow, H., He, W. and N Mohri, Measuring soil
solution electrical conductivity using TDR at a JST experimental field in the Yellow River
basin in Inner Mongolia, China, Kyushu Journal of Agricultural Meteorology, ser.2, no.12,
pp.17-22, Nov, 2003
 14. Mohri, N., Kobayashi, T., He, W. and R. Iwanaga, A survey of soil salinity distribution in a
JST experimental field in the Yellow River basin, China, Kyushu Journal of Agricultural
Meteorology, ser.2, no.12, pp.45-46, Nov, 2003.
 15. 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
 16. 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
 17. Zhang, X., Ishidaira, H., and K. Takeuchi, Simulation the Effects of High Sediment-laden
Inundation Flow on the Variations of Floodplain in the Lower Yellow River Basin, 水工学論
文集, no.48(1), pp.595-600, Feb, 2004
 18. 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
 19. 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
 20. Wang, W., Kobayashi, T., Chou, H., Mori, M., Watanabe, E. and R. Iwanaga, An experiment
on the spatial variability of water balance terms in a small grass-covered area, Journal of

Japan Society of Hydrology & Water Resources, vol.17, no.3 (2004), pp.264-273, Apr, 2004

21. 犬本照憲、崔志英、柿原ゆり、高濃度土砂流の抵抗特性について-On rheologicay of hyperconcentrated sediment-laden flow, 土木学会応用力学論文集 vol.7, pp.979-986, Aug, 2004
22. 幡野貴之、奥田隆明、省市区レベルの地域間産業連関表を用いた中国国内の仮想水分析－黄河流域を中心にして－、環境システム研究論文集, vol.32, Oct, 2004

海外 9件

1. K.Takeuchi, Flood Management in Japan – From Rivers to Basins, Water International, Mar, 2002
2. 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
3. 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
4. Yang, D., and K. Musiaka, A continental scale hydrological model using distributed approach and its application to Asia, Hydrological Processes, vol.17, issue.14, pp. 2855-2869, Oct, 2003
5. Yang, D., Kanae, S., Oki, T., Koike, T., and K. Musiaka, Global potential soil erosion with reference to land use and climate changes, Hydrological Processes, vol.17, issue.14, pp. 2913-2928, Oct, 2003
6. Yang, D., C. Li, G. Ni, and H. Hu, Application of a distributed hydrological model to the Yellow River basin, 地理学報 (Acta Geographica Sinica), vol.59, no.1, pp.143-154, Jan, 2004
7. Fujino, Y., Guo, X., Liu, J., Matthews, I P., Shirane, K., Wu, K., Kasai, H., Miyatake, M., Tanabe, K., Kusuda, T., and T. Yoshimura, Chronic arsenic exposure and urine 8-Hydroxy-2'-deoxyguanosine in an arsenic-affected area in Inner Mongolia, China, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, advance online publication, doi: 10.1038/sj.jea.7500381, May, 2004
8. Yang, D., C. Li, H. Hu, Z. Lei, S. Yang, T. Kusuda, T. Koike, and K. Musiaka, 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
9. 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

(2)口頭発表

①学会

国内 41件、 海外 32件

②その他

国内 5件、 海外 0件

(3)特許出願

国内 0件、 海外 0件