

平成 22 年 5 月 15 日現在

研究種目：基盤研究（A）  
 研究期間：2005～2008  
 課題番号：17208021  
 研究課題名（和文）地域水系ネットワークの水利・環境工学的モデル化とその管理最適化手法の構築

研究課題名（英文）Hydro-environmental Modeling and Optimal Controlling of Regional Water Networks

## 研究代表者

河地利彦（KAWACHI TOSHIHIKO）  
 京都大学・大学院農学研究科・教授  
 研究者番号：50026564

## 研究成果の概要：

農業・農村地域においては、稲作や畑作に必要な農業用水（灌漑用水）は河川、溜池、湖沼、地下水などから取水され、用水路を経由して各ほ場に必要な量の水が送られる。ほ場に送られた用水は、蒸発によってその一部が失われ、特に水田では、その多くが地下に浸透して地下水となり、残りは排水路を経て、河川などの水域に戻される。研究では、農村地域におけるネットワーク状に広がりまたつながるこのような複雑な水の動きとそれに伴う水質面での変化を解明するためのシミュレーション手法を開発した。また、これを踏まえて、地域全体の水のネットワークを水環境面から最適に管理するための考え方や方法について検討した。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
17年度	19,800,000	5,940,000	25,740,000
18年度	9,000,000	2,700,000	11,700,000
19年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
20年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
年度			
総計	37,800,000	11,340,000	49,140,000

## 研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木・農村計画学

キーワード：水資源・水環境・最適管理・数理モデル・地理情報システム・地下水・地表水・農村地域

## 1. 研究開始当初の背景

第一次産業を中心とした人間活動が展開される場を考えると、水系によって有機的に連結された一つの地域を対象とすることは農業農村工学的、環境工学的見地において極めて妥当な方法である。そのような地域においては、通常、自然湖沼や河川、湧水湿地に加え、溜池に代表される貯水池や用排水路といった人工的水利

施設、さらには農地や都市域などの流出系により、地域水系ネットワークが構成されている。従来、このような地域水系ネットワークは、利水と防災（治水）との2目的を充足するため、整備や管理がなされてきた。しかしながら、近年では、平成13年の土地改良法の改正に見られるように、人間を中心としたこれら2目的の達成には、環境との調和への配慮が重要かつ不可欠であること

が、法的にも承認されるに至っている。このような環境面の重視は、地球的規模の視野に立った場合においても、まさしく21世紀的要請となっていることは疑いを得ない。

地域水系ネットワークにおいて、利水・治水・環境の3側面に配慮した整備や管理を行う際には、貯留水や流水の水理的・水文学的動特性、さらには、水質の変化特性を的確に把握することが必要である。これは、流れや水質の実態を計測することにとどまらず、整備や管理の適切性を評価したり将来起こりうる現象を予測したりするためのモデルを構築し、とくに計算機上における現象に対する的確な再現性が要請されていることを意味する。これまで、地域水系ネットワークの構成要素それぞれについては、さまざまなモデルが開発され、実用にも供されているが、それらのモデルをサブモデルとして有機的に結合した統合化モデルならびにそれを支援する情報システムに関しては、満足のいくレベルに達していない。また、地域の水循環に関しては、水文学的立場よりさまざまなアプローチが展開されてきているが、物理的根拠に立ち、かつ、実用的な手法というものは少ない。また、水質に関しては、多数の実測研究がなされているが、地域水系ネットワーク全体における輸送現象と関連付けて把握しうる数値モデルは見あたらない。

## 2. 研究の目的

本研究では、1つのシステムとして地域水系ネットワークを取り扱い、モデルの統合化ならびに計測データの情報システム化を通じて、考究手法を高度に展開することを目的とする。そのような解析に関する高度技術は、実際問題への適用をなしえてはじめて有益なものとなることから、単なる解析にとどまらず、社会的要請に応える形での現状診断評価問題および各種最適化問題の解決に資するものであることを明らかにする。

本研究では、数値計算手法の開発、実測データの収集と分析にとどまらず、それらを横断的に連結し、さまざまな時間的スケールの解析に対応しうる考究手法について検討する。具体的には、貯留系水体を取り扱う湖沼環境多次元解析モデル、地域水系ネットワーク全体の流動・輸送現象を取り扱う局所1次元開水路流環境解析モデル、広域的な地下水を対象とする飽和-不飽和浸透流環境解析モデルを中枢とし、地理情報と実測データの動的リンクによるデータベースシステムに支援された統一的多目的高精度解析モデルを構築する。対象を地域水系ネットワーク、とくに低平地に選び、地表水と地下水の同時連成解析を行うことは、従来非常に困難であるとされてきたが、本研究の構築手法によれば十分に実用的なモデルが得られるものと期待される。なお、データの取得に際しては、計測機器の高度化と低価格化、記憶媒体の大容量化といった、現在の情報技術の利点を最大限に利

用することを前提としている。本研究は、現状評価、最適設計、最適管理に直接利用可能な解析モデルを提供し、人間活動や気象条件の時間的变化の影響を考慮した地域環境の高度設計・管理に多大な貢献をなすものと予想される。

各解析モデルにおいては、数理解析学的アプローチにより、高速スキームの性能や誤差評価の面で関連する研究との比較、優位性の確認を行う。各種データの収集に当たっては、データベースシステム構築や数値解析モデルへの入力データとしての整合性を考慮して項目や頻度を決定するが、これも従来の実測に基づく研究とは異なる点である。GIS(地理情報システム)を基盤として地理情報と多項目属性情報を関連付けした上で多様な空間分析を実行することは、近年我が国においても活発に試みられつつある。しかしながら、特に環境分野において、GISおよびそのデータベースを精細な数値モデルに対する入力情報供給システムとして援用することはほとんどなされていない。物理的根拠に立ち多様な時間・空間スケールをもつ数値解析モデルとGISとを統合して構築される環境負荷算定システムは、高度に詳細で信頼性の高い現状分析・意思決定支援ツールとして実務的にも活用価値が高く、在来の研究成果と一線を画するものである。また、データ実測、解析モデルの構築、最適化手法の展開といった研究のさまざまなフェーズを一貫して体系化することは、地域水資源・水環境の研究においては極めて新規的な試みである。

## 3. 研究の方法

研究目的とする地域水系ネットワークに対する高度考究手法は、①流れと水質に関する数値解析モデル3系統(湖沼環境多次元解析モデル、局所1次元開水路流環境解析モデル、飽和-不飽和浸透流環境解析モデル)、②収集する実測データ4系統(定点連続観測、計測・採水調査、GISデータベース、衛星写真ならびに地形図)、および③それらを包括的にリンク、支援する地理情報支援型環境負荷算定システムから構成される。

数値解析モデル3系統の詳細は以下のとおりである。

- (1) 湖沼環境多次元解析モデル: 溜池や小湖沼のような地域水系ネットワーク内の貯留系水体において、流れと水質の場を2次元あるいは3次元的に解析する数値モデル。貯留系水体においては、地域における各種排水が流入することから富栄養化が進行することが多く、一方では水質バッファ機能が期待されるため、重点的な解析を行う必要がある。流れと水質の場は、汚濁流入水のほか湧水、水温による成層化、植生による自浄作用など様々な要因により形成され、さらに、洪水時などごく短期間内での変動も顕著であるため、それらに留意したモデル化

を行う。

- (2) 局所1次元開水路環境解析モデル:湖沼, 河川, 湿地帯, 溜池, 水路, 水利構造物などを1次元開水路あるいは内部境界条件として取り扱い, 地域水系ネットワークにおける地表流全体をモデル化する。時間スケールに関しては, 短期から定常状態まで広い範囲を対象とする。モデル化に際しては, 水質項目に対する内部境界条件の適用が新しい試みとなるので, 実測データとのインターフェイスを考慮しつつ適切な手法を導出する。
- (3) 飽和-不飽和浸透流環境解析モデル: 地域水系ネットワークを包含する流域全体において, 地下水領域における流れと水質をモデル化する。流れの場に関するRichards方程式モデルと熱と物質に関する移流分散モデルに基づき, 数値モデルを開発する。地下水領域においては, さまざまな微生物や菌類が生息し, 物質循環, 水温・水質, 水分量と互いに大きく影響を与えている。したがって, 生物的反応を含む極めて多岐にわたる現象を取り扱う。

実測データ4系統の詳細は以下のとおりである。

- (1) 定点連続観測: 水系ネットワークにおける水理水質環境に関する数値モデルの開発ならびに地理情報-負荷配分モデルとのインターフェイスを念頭に, 溜池, 湖沼, 河川, 水路の適切な位置に水理・水質観測点を設ける。水理・水質観測点には, ウォーターサンプラーを設置し, また, 風向風速, 気温, 湿度, 降水量, 放射収支, 水位, 濁度, 溶存酸素量, 水温を自動観測する無電源水系環境観測システムを新たに導入する。
- (2) 計測・採水調査: 様々な時間スケールにおける解析に必要な採水頻度をそれぞれ検討した上で, 湖沼や溜池のような水体, 面源からの汚濁排水点などにおいて, 水理観測(超音波ドップラー3次元流速計)および水質データの収集・分析(携帯用多目的迅速水質分析計)を実施する。水質項目としては, 水温, pH, 全窒素, アンモニア性窒素, 亜硝酸性窒素, 硝酸性窒素, 全リン, リン酸塩, 溶存酸素量, 濁度があげられる。
- (3) GISデータベース: 地表面標高, 土地利用, 湧水地点, 水路網と水利構造物の詳細, 土質, 植生, 農地の作付け品種, 施肥量, 水管理データを収集する。数値地図を使用した作業の他, 現地踏査や聞き取り調査も行う。
- (4) 衛星写真, 地形図: とくに広域にわたる流域全体に対し, 衛星写真や地形図を購入し, フルカラーイメージスキャナを使用して地理情報データベースを構築する。

地理情報支援型環境負荷算定システムの機能は以下のとおりである。

- (1) 解析対象地域の空間分析: 3系統の数値解

析モデルを適用する空間スケールに応じて, 数値標高モデル(DEM)を基に対象地域を包含する流域を, GIS(ESRI ArcGIS 9.0教育キット)上で切り出す。GISの空間解析機能を援用して, 収集データの前処理を行う。例えば, 点データの2次元データへの内挿補間, ベクタ・ラスタ変換, 統計処理, 属性検索, 空間検索等を適宜実施する。

- (2) 数値解析モデルとGISの統合: 地理情報とともに格納された多種多量の計測データを直接的に数値解析モデルの入力データとして使用可能な形態に加工, およびモデル解析結果を迅速にGISデータ化するための手法を開発する。
- (3) 排出負荷量の推定: 流域内に試験サイトを設け, 土地利用ごとに一降雨当たりの平均排水濃度EMC(Event Mean Concentration)を算出する。これと排水流量データより, 各土地利用単位(ポリゴンもしくはグリッド・セル)からの排出負荷量を推定し, 結果を各数値解析モデルへ, 要求される時間スケールで提供する。また, 農地においては施肥量が排出負荷量に大きく影響するが, 施肥量管理は農作物収量に直接反映される。したがって, 現地調査, 資料収集を実施し, 施肥量と農作物収量の関係を分析する。

#### 4. 研究成果

試験サイト(調査対象地域)として, 滋賀県湖西地域(今津地区)にある農業系の排水河川であり, その流末が水質浄化池として利用されている貫川内湖につながる上郷川及びその流域(日置前扇状地を含む約800haの流域)を選んだ。

研究は, 当初の計画通り, ①流れと水質に関する各種数値解析モデルの開発とその統合化の検討, ②自動観測機器と現場での実測による各種データの収集と分析, さらには開発した数値モデルの検証へのそれらの応用, ③解析モデル, 最適管理モデルを支援する地理情報支援型環境負荷算定システムの開発, について進め, 多くの有益なる成果を得るとともに, それらを内外に広く発表してきた。特に, これまで困難とされてきた地表水と地下水の水理・水文学的連成解析について, 有限要素法, 有限体積法を用いた, 極めて汎用性の高い数値モデルを開発し, その有効性を検証したことは特筆すべき成果である。また, 流域の合理的な汚濁負荷削減対策に有用となる河川および湖沼流域に対する最適汚濁負荷配分モデルの構築に成功したことは, 地域水系に対する戦略的な水質管理政策のあり方とその方法論を提示したものとして, 極めて大きな意義を有している。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 21 件)

- (1) Takeuchi, J., T. Kawachi, C. Imagawa, N.

- Buma, K. Unami and S. Maeda (2010): A physically based FVM watershed model fully coupling surface and subsurface water flows, Paddy and Water Environment, in press (peer reviewed)
- (2) Takeuchi, J., C. Imagawa, T. Kawachi, K. Unami, S. Maeda and T. Izumi (2010): A refined hydro-environmental watershed model with field-plot-scale resolution, Paddy and Water Environment, in press (peer reviewed)
  - (3) Unami, K., K. Ishida, T. Kawachi, S. Maeda, and J. Takeuchi (2010): A stochastic model for behavior of fish ascending an agricultural drainage system, Paddy and Water Environment, in press (peer reviewed)
  - (4) Maeda, S., T. Kawachi, K. Unami, J. Takeuchi and E. Ichion (2010): Controlling wasteloads from point and nonpoint sources to river system by GIS-aided Epsilon Robust Optimization model, Journal of Hydro-environmental Research, 4, pp.27-36, DOI:10.1016/j.jher.2009.04.002 (peer reviewed)
  - (5) Maeda, S., K. Yoshikawa, J. Takeuchi, T. Kawachi, S. Chono and K. Unami (2010): Optimal allocation of maximum allowable discharged total nitrogen load among field plots in agricultural watershed, Transactions of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Rural Engineering, 265, pp.23-31 (peer reviewed)
  - (6) Unami, K., T. Izumi, C. Imagawa, T. Kawachi, S. Maeda, and J. Takeuchi (2010): Infiltration process in rainfed rice field soil of Ghanaian inland valley, Journal of Rainwater Catchment Systems, 15(2), pp.17-20 (peer reviewed)
  - (7) Takeuchi, J., T. Kawachi, K. Unami, S. Maeda and T. Izumi (2009): A distributed hydro-environmental watershed model with three-zoned cell profiling, Paddy and Water Environment, 7, pp.33-43, DOI: 10.1007/s10333-008-0142-x (peer reviewed)
  - (8) Maeda, S., T. Kawachi, K. Unami, J. Takeuchi, T. Izumi and S. Chono (2009): Fuzzy optimization model for integrated management of total nitrogen loads from distributed point and nonpoint sources in watershed, Paddy and Water Environment, 7, pp.163-175, DOI:10.1007/s10333-009-0160-3 (peer reviewed)
  - (9) Izumi, T., J. Takeuchi, T. Kawachi and M. Fujihara (2009): An Inverse Method to Estimate Hydraulic Conductivity in Seepage Flow in Non-isothermal Soil, Transactions of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Rural Engineering, 264, pp.35-42 (peer reviewed)
  - (10) Maeda, S., T. Kawachi, K. Unami and J. Takeuchi (2009): Optimal Allocations of maximum Allowable Load among Influent Rivers: An Application for Strategic Management of Lake Water Quality, Transactions of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Rural Engineering, 264, pp.1-7 (peer reviewed)
  - (11) Chono, S., S. Maeda, T. Kawachi, K. Unami and J. Takeuchi (2009): Dynamics of non-point source pollutant loadings from agricultural watershed - A case study in paddy-farming area with 122 drainage water outfalls exactly identifiable -, Journal of Rainwater Catchment Systems, 14(2), pp.21-28 (peer reviewed)
  - (12) Unami, K., T. Kawachi, G. Kranjac-Berisavljevic, F. K. Abagale, S. Maeda, and J. Takeuchi (2009): Case study: Hydraulic modeling of runoff processes in Ghanaian inland valleys, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 135(7), pp. 539-553 (peer reviewed)
  - (13) Takeuchi, J., T. Izumi, T. Kawachi, K. Unami and S. Maeda (2008): Model-based Optimal Design of Land Use Arrangement for Environmentally Sound Watershed management, Journal of Rainwater Catchment Systems, 13(2), pp.29-33 (peer reviewed)
  - (14) Izumi, T., J. Takeuchi, T. Kawachi, K. Unami and S. Maeda (2008): An Inverse Method to Estimate Soil Hydraulic Properties in Saturated-unsaturated Groundwater Flow Model, Journal of Rainwater Catchment Systems, 13(2), pp.23-28 (peer reviewed)
  - (15) Alam, A.H.M.B., J. Takeuchi and T. Kawachi (2007): Identification and Uncertainty Assessment of Model Parameters of Distributed Runoff Model Using Bayesian Interface, Journal of Rainwater Catchment Systems, 13(1), pp.1-10 (peer reviewed)
  - (16) Zhang, Q., S. Maeda and T. Kawachi (2007): Stochastic multiobjective optimization model for allocating irrigation water to paddy fields, Paddy and Water Environment, 5, pp. 93-99, DOI: 10.1007/s10333-007-0070-x (peer reviewed)
  - (17) Zhang, Q., S. Maeda and T. Kawachi (2007): Fuzzy Optimization Model for Allocating Irrigation Water to Paddy Fields, Transactions of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Rural Engineering, 249, pp.55-62 (peer reviewed)
  - (18) Unami, K., M. Yangyuru, T. Kawachi, S.G.K. Adiku, and M. Iwaki (2006): Identification of drifting rainfall distribution, Journal of Rainwater Catchment Systems, 12(2), pp.23-28 (peer reviewed)

- (19) Tsuchihara, T., S. Ishida, M. Imaizumi and T. Kawachi (2006): Integrated field- and Model-based study of hydro-environmental aspects of small, endangered wetland I eastern Hokkaido, Japan, Paddy and Water Environment, 4, pp.125-137, DOI: 10.1007/s10333-006-0042-x (peer reviewed)
- (20) Unami, K., and T. Kawachi (2005): Systematic assessment of flood mitigation in a tank irrigated paddy fields area, Paddy and Water Environment, 3(4), pp.191-199 (peer reviewed)
- (21) Kawachi, T., S. Aoyama, M. Yangyuoru, K. Unami, T. Matoh, D. Acquah, and S. Quarshie (2005): An irrigation tank for harvesting rainwater in semi-arid savannah areas, Journal of Rainwater Catchment Systems, 11(1), pp.15-22, 2005 (peer reviewed)
- [学会発表] (計 34 件)
- (1) Maeda, S. and T. Kawachi (2010): Optimization approach to watershed-level management of nitrogen load discharged from field plots, International Symposium on Rural Planning 2010, Sciences and Policies for Water Environment and Ecosystem Services Management, February 17, Kyoto University
- (2) 今川智絵・竹内潤一郎・河地利彦 (2009): スペクトル解析を用いた扇状地の浅層地下水流動の推定, 平成 21 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.242-243
- (3) 武馬夏希・竹内潤一郎・河地利彦 (2009): 耕区スケールメッシュを用いた地表・地下水流の完全連成型モデル, 平成 21 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.244-245.
- (4) 竹内潤一郎・河地利彦・武馬夏希 (2009): 疑似アダプティブ FVM を用いた地表水-地下水連成型流域モデルの開発, 平成 21 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.416-417
- (5) 武馬夏希・竹内潤一郎・河地利彦 (2009): 耕区スケールメッシュを用いた地域水環境の地表・地下水流連成解析, 日本雨水資源化システム学会第 17 回研究発表会講演要旨集, pp.27-30
- (6) 今川智絵・竹内潤一郎・河地利彦 (2009): 農業用排水路の不等流計算を組み込んだ分布型水循環モデルの開発, 日本雨水資源化システム学会第 17 回研究発表会講演要旨集, pp.41-44
- (7) 武馬夏希・竹内潤一郎・河地利彦 (2009): 農村地域における地表水・地下水の流動と熱輸送連成解析, 農業農村工学会京都支部第 66 回研究発表会講演要旨集, pp.1-3-1-4
- (8) 今川智絵・竹内潤一郎・河地利彦 (2009): 窒素の土壌内貯留を考慮した地域水文水質モデルの開発, 農業農村工学会京都支部第 66 回研究発表会講演要旨集, pp.1-29-1-30
- (9) 長野峻介・前田滋哉・河地利彦 (2009): 不確実環境下における排出負荷量を考慮した転作地決定モデル, 農業農村工学会京都支部第 66 回研究発表会講演要旨集, pp.6-29-6-30
- (10) 長野峻介・前田滋哉・河地利彦 (2009): 降水量変動に伴う田畑からの窒素排出負荷量の推定, 日本雨水資源化システム学会第 17 回研究発表会講演要旨集, pp.89-90
- (11) 長野峻介・前田滋哉・河地利彦 (2009): 排出負荷管理を目的とした転作圃場の最適配置, 平成 21 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.412-413
- (12) Unami, K., T. Kawachi, and A. Miyauchi (2009): Application of Shallow Water Equations Models for Water Hazards Problems, International Conference on Water, Environment, Energy, and Society (WEES-2009), New Delhi, India.
- (13) 今川智絵・竹内潤一郎・河地利彦 (2008): 滋賀県日置前扇状地における地下水の水質特性, 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.368-369
- (14) 武馬夏希・竹内潤一郎・河地利彦 (2008): 数値解析を用いた扇状地における水理地質構造の推定, 日本雨水資源化システム学会第 16 回研究発表会講演要旨集, pp.1-4
- (15) 今川智絵・竹内潤一郎・河地利彦 (2008): 表層土壌における水と窒素の貯留を考慮した分布型水文水質モデルの開発, 日本雨水資源化システム学会第 16 回研究発表会講演要旨集, pp.57-60
- (16) 廣政圭・長野峻介・前田滋哉・河地利彦 (2008): 河川における水質観測点の最適配置, 農業農村工学会京都支部第 65 回研究発表会講演要旨集, pp.30-31
- (17) 今川智絵・竹内潤一郎・河地利彦 (2008): 水田における湛水初期の降下浸透に伴う浅層地下水の水質変化, 農業農村工学会京都支部第 65 回研究発表会講演要旨集, pp.28-29
- (18) 長野峻介・前田滋哉・河地利彦 (2008): 収益変動と排出負荷量を考慮した転作地決定モデル, 日本雨水資源化システム学会第 16 回研究発表会講演要旨集, pp.53-55
- (19) 吉川和樹・前田滋哉・河地利彦 (2008): 農業集水域における耕区への許容排出全窒素負荷量の最適配分, 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.314-315
- (20) 竹内潤一郎・河地利彦 (2007): 地下水排水と土壌水分の効果を考慮した分布型地域水循環モデルの開発, 平成 19 年度農業

- 農村工学会大会講演会, 概要集, p.135
- (21) 今川智絵・竹内潤一郎・河地利彦 (2007): 地域水循環モデルを用いた地下水環境における土地利用変化による影響評価, 日本雨水資源化システム学会第 15 回研究発表会講演要旨集, pp.1-4
- (22) Maeda, S. and T. Kawachi (2007): Fuzzy Optimization Model for Allocating Allowable Discharged T-N Load to Point and Non-point Sources, 32<sup>nd</sup> Congress of IAHR, The International Association of Hydraulic Engineering & Research, Harmonizing the Demands of Art and Nature in Hydraulics, July 1-6, Venice, Italy
- (23) 竹内潤一郎・河地利彦 (2007): 地域水循環モデルを用いた地下水涵養量の評価, 第 64 回農業農村工学会京都支部研究発表会, 要旨集, pp.178-179
- (24) 泉智揮・竹内潤一郎・宇波耕一・河地利彦 (2007): 確率微分方程式を用いた滋賀県今津地域の気象・水質項目に対するデータ解析, 平成 19 年度農業農村工学会応用水理研究部会研究発表会, 講演集, pp.42-46
- (25) 前田滋哉・河地利彦 (2007): 内湖からの流出水の水質管理最適化モデル, 日本雨水資源化システム学会第 15 回研究発表会講演要旨集, pp.9-12
- (26) 長野峻介・前田滋哉・河地利彦 (2007): 上郷川(滋賀県今津地区)への流入排水の水質特性, 日本雨水資源化システム学会第 15 回研究発表会講演要旨集, pp.23-26
- (27) Unami, K., T. Kawachi, and K. Ishida (2007): A mathematical model for ascending behavior of fish in agricultural drainage system, Fish Passage - Models & Evaluation Session, Proc. of the 6th International Symposium on Ecohydraulics (CD-ROM), 4p., Christchurch, New Zealand.
- (28) 竹内潤一郎・河地利彦 (2006): 誤差推定に基づいた山地流域の三次元 FEM モデリング, 平成 18 年度農業農村工学会大会講演会, 概要集, p.169
- (29) Alam, A. H. M. B., J. Takeuchi and T. Kawachi (2006): Application of Distributed Soil Moisture Model to Estimate Groundwater Recharge -Case Study of Unconfined Shallow Groundwater in Imazu Area-, 平成 18 年度農業農村工学会大会講演会, 概要集, p.169
- (30) 竹内潤一郎・河地利彦・今川智絵 (2006): 滋賀県日置前扇状地における表層地下水流動解析 -今津地区の概要と成り立ち-, 日本雨水資源化システム学会第 14 回研究発表会講演要旨集, pp.67-70
- (31) Alam, A. H. M. B., J. Takeuchi and T. Kawachi (2006): Analysis of Unconfined Shallow Groundwater Flow in Imazu Area Using

- Distributed Soil Moisture Model, 日本雨水資源化システム学会第 14 回研究発表会講演要旨集, pp.63-66
- (32) 竹内潤一郎・河地利彦 (2006): アダプティブ有限要素法を用いた山地流域の流出解析, 第 63 回農業農村工学会京都支部研究発表会, 要旨集, pp.28-29
- (33) 今川智絵・竹内潤一郎・河地利彦 (2006): 土壌水分モデルを用いた涵養量の推定と浅層地下水の流動解析, 平成 18 年度農業農村工学会応用水理研究部会研究発表会, 講演集, pp.13-16.
- (34) Unami, K., T. Kawachi, K. Ishida, and M. Yangyuoru (2006): A finite volume scheme for simulation of rainwater harvesting process, Proc. of the 2nd IASTED International Conference on Advanced Technology in the Environmental Field, 124-129, Lanzarote, Spain

[図書] (計 1 件)

- (1) Unami, K., T. Kawachi, S. Maeda, and J. Takeuchi (2008): Water Resources Research Trends: (Chapter 4) Computational methods supporting rainwater harvesting technology, Nova Science Publishers, pp.167 -193

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

河地 利彦 (KAWACHI TOSHIHIKO)  
京都大学・大学院農学研究科・教授  
研究者番号: 50026564

### (2) 研究分担者

宇波 耕一 (UNAMI KOICHI)  
京都大学・大学院農学研究科・准教授  
研究者番号: 10283649  
前田 滋哉 (MAEDA SHIGEYA)  
京都大学・大学院農学研究科・講師  
研究者番号: 00346074  
竹内 潤一郎 (TAKEUCHI JUNICHIRO)  
京都大学・大学院農学研究科・助教  
研究者番号: 20362428

### (3) 連携研究者

なし