

平成 21 年 5 月 18 日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18300312  
 研究課題名（和文） 比較水文学的方法による地域水文研究の総合化に関する研究  
 研究課題名（英文） Study on the integration of regional studies  
 based on the method of comparative hydrology  
 研究代表者  
 氏名（ローマ字）：近藤 昭彦（Kondoh Akihiko）  
 所属機関・部局・職：千葉大学・環境リモートセンシング研究センター・教授  
 研究者番号：30201495

研究成果の概要：水循環のあり方は地域の特性、すなわち地域性によって決まり、地域の人間社会と相互作用をし、場合によっては様々な問題を引き起こす。よって、水循環研究は地域を対象とした研究成果の蓄積が基本となるはずである。しかし、個々の研究は地域研究として普遍性を探求する科学研究ほどの評価を得ることは困難である。そこで、東アジアを中心とした地域研究を複数実施し、その成果を纏めるとともに、空間的フレームワークの中に位置づける仕組み、具体的には時系列衛星データによる画像閲覧システム、の構築を同時に行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	7,300,000	2,190,000	9,490,000
2007年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
年度			
年度			
総計	13,700,000	4,110,000	17,810,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：比較水文学、地域研究、中国、水収支、水質・同位体、リモートセンシング、データベース、水問題

## 1. 研究開始当初の背景

地域研究は地理学における最も重要な研究形態である。なぜなら、地理学は人と自然の関係を研究する学問分野であり、地域こそが両者の密接な関係に基づく安心社会を構築する最小単位だと考えるからである。しかし、昨今のグローバル化、普遍性を尊ぶ態度の中で地域研究の重要性は十分認められていないように感じていた。そこで、地域研究の成果を総合化する仕組みの必要性から本課題の申請に至った。

Kondoh *et al.*(2004)では水収支に基づくアジアの水文地域区分を行っていたが、これ

をベースに異なる水文地域に属する複数の地域で研究を実施し、比較研究として総合化することを考えた。調査は現地調査とリモートセンシングを用いた調査を組み合わせ実施することにより、アジア各地における調査事例の集積が容易になると考えた。

得られた成果をWEB技術を用いて、空間的なフレームワークの中に位置づけるための仕組みの必要性を感じていたが、衛星リモートセンシングによる時系列画像を有効利用することにより枠組みシステムの構築ができると考えていた。

## 2. 研究の目的

異なる水文地域における地域研究の成果を集積し、総合化する仕組みを構築することを研究の目的とした。

## 3. 研究の方法

Kondoh *et al.*(2004)による水収支に基づくアジアの水文地域区分をベースに異なる水文地域に属する複数の地域で研究を実施し、比較研究として総合化することを考えた。

調査は現地調査とリモートセンシングを用いた調査を組み合わせ実施し、アジア各地における調査事例の集積に努めた。

## 4. 研究成果

### (1) 中国の黒竜江省、河北省、広東省および韓国を対象とした水問題、水環境に関する現地調査

#### ①中国華北平原

中国科学院地理科学与資源研究所（北京）および中国科学院農業資源研究センター（石家庄）を基地として、半乾燥地域である華北平原の水文調査を実施した。その観点は地下水の水質および環境同位体組成の時空間分布であり、その解釈から地下水循環の実態を明らかにした。その主要な結論は、華北平原の北と西を限る燕山山地と太行山地の山麓から渤海に至る平原の地形配列、すなわち扇状地－氾濫原－三角州が地下水の涵養域、流動域、流出域に対応することを水質・同位体分布から明らかにした点にある。これにより、地下水流動系の概念が華北平原においても成り立つことを確認したが、この概念の持つ地下水流動系の階層性については次期の研究に委ねた。

#### ②中国黒竜江省三江平原

三江平原は降水量は多寡ではないが、高緯度にあり蒸発散量も少ないため、水収支における余剰地域であるという特性を持つ。平原内の採水調査を実施し、主に硝酸、鉄について *in-situ* 分析を行った。鉄を分析項目に加えた理由は平原に存在する湿原が溶存鉄のソースであったが、近年の湿原の埋め立てにより黒竜江（アムール川）への溶存鉄の供給が減少し、オホーツク海の生産性を損なうという懸念があったからである。調査の結果、鉄は深度 20～40m に広く存在することが明らかとなった。一方、硝酸態窒素は農業起源と考えられ、地下水涵養域の指標とすることができる。また、浅層部における鉄の存在は地下水流出域の指標と考えられる。これらの水質項目の硝酸態窒素と鉄の分布から地下水涵養域と流出域の特定ができることを示した。

この調査では硝酸態窒素汚染が進行しつ

つあることを示すことができた点も成果であるが、硝酸態窒素と鉄をトレーサーとして地下水流動系の構造解析ができることを示した点も意義深い。

広大な平原である三江平原も数段の段丘面から構成され、上位段丘は地下水涵養域、低地は地下水流出域となり、ここでも地形駆動型の地下水流動系の存在を確認することができた。

#### ③中国内蒙古自治区

半乾燥～乾燥地域として内蒙古自治区シリンドル平原の調査を実施した。この地域における調査の主要目的は土地利用の実態、地表面状態の確認であった。重要な観点は 2000 年から退耕環林環草政策が強化されたことの成果を確認すること、また黄砂発生地域として地表面の状態を確認することであった。その結果、環林地帯では生育不適地への植林による成長の遅れ、政策と現場との乖離、等の問題点を抽出することができた。草原では計画的な管理の実態を見ることができたが、住民の生活との間に存在する問題点も垣間見ることができた。これらの成果は、衛星データによる草原植生と地表面状態の解析に利用した。

#### ④中国広東省

湿潤地域として広東省珠江流域調査を行った。ここでは、水汚染に起因する「水の豊富な地域における水不足問題」の事例を明らかにすることができた。調査を行った H 村では郷鎮企業の展開による豊かな村であるが、排水に起因する環境水の汚染で、各戸に井戸があるにも関わらず、利用されておらず、水道も水質不良のため飲用に適せず、飲用水は数 km 離れた湧水まで汲みに行くか、購入するということであった。

また、東江流域の採水調査では、流下方向の水質および同位体組成変化から河川と地下水の交流関係について明らかにすることができた。

#### ⑤韓国、洛東江流域

日本と隣接する湿潤地域であるが、大陸河川の特徴を持つ洛東江の流域調査を実施した。韓国では都市域の人口割合が 90%を越えており、都市域への人口集中はさらに進行中である。調査においても後背湿地の埋め立てによる開発箇所を確認することができた。これは洪水時の脆弱性につながる。今回の調査の成果は洛東江における水害脆弱性マップの作成の基礎資料として利用し、日本の河川との比較研究のための資料とした。

#### ⑥日本、千葉県下総台地

調査の過程で、硝酸態窒素汚染問題が各地

域における共通の課題として認識することができた。そこで、海外調査を補完するために千葉県の下総台地を対象とする調査を開始した。その結果、千葉県の公共用水域水質観測網では把握できない河川の上流域において環境基準を超える硝酸態窒素濃度を検出することができた。その濃度は谷頭から下流方向に向かって特徴的な濃度変化を示し、それは上流の土地利用および地下水流動系のあり方で説明できた。下総台地では台地（畑）－斜面－低地（水田）の地形連鎖に加えて、台地（都市域）－（斜面）－低地（水田）の地形・土地利用連鎖が表流水の水質形成に影響を及ぼしているといえる。

## ② 衛星データを用いたアジア・ユーラシアの複数の地域を環境変動解析

現地調査を補完するために時系列衛星データを利用した解析研究を実施した。

### ① シベリアの植生変動

公開されているグローバル衛星データセット(NOAA/AVHRR による 1982 年以降の NDVI データセット)を用いて全球および大陸スケールの変動解析により重要地域を識別し、詳細解析を行う、という戦略に基づき東シベリアが選択された。従来、ボレアル(北方)林地帯では消雪時期の早期化による生育期間の伸長による NDVI(正規化差植生指標)シグナルの増加が報告されていたが、東シベリアでは顕著ではなく、年間の NDVI の最大値に正のトレンドがあることを発見した。その地域はエコトーンであり、気温の上昇、消雪時期の早期化も認められた。地球温暖化の現場検証とも考えられる現象を発見することができた。

### ② ベトナム、フエラグーンの洪水地形の解析

モンスーンアジアにおける生活は沖積低地に展開されていることが特徴である。そこで、雨期・乾期の存在するベトナム中部フエ・ラグーンにおいて時系列衛星データ(おもに合成開口レーダー画像)を用いて淡水域の季節変動を地図化し、洪水地形図として利用することができることを示した。

### ③ バングラディシュにおける海岸線変化

ガンジス川河口における海岸侵食は利水・治水と関わる重要課題であり、地球温暖化による海面上昇と関連づけられて語られることが多いが、現象として確認されている訳ではない。そこで、時系列衛星データ、ここでは合成開口レーダー画像を用いて、海岸線の変化を地図化した。その結果、海岸侵食は一定の期間、ほぼ同じ場所で一定方向に進行することが明らかとなった。河口の島であ

るハティア島では北部の海岸線は 17 年間で約 5.5km も後退していた。その侵食速度はダッカにおける降水量と対応しており、ハティア島の侵食が川の作用によって進行していることを明らかにすることができた。

### ④ 中国新疆ウイグル自治区

新疆では近年、平地湖の面積が拡大しているが、その経過を衛星データで確認した。また、河川流量の増加も予想されたが、中国の文献調査から近年増加傾向に転じた河川が多いことを明らかにした。気候データの解析からは近年の降水量の増加および気温の上昇を確認した。気候の周期的な変動性を考慮すると新疆の水資源の増加は継続的とは言えず、河川流量の増加に気温上昇に伴う氷河の融解が寄与しているとするとその持続性はさらに疑わしい。新疆でよく見られる扇頂部からの導水による農地の新規開発はいずれ破綻する可能性がある。

### ⑤ 中国華北平原白洋淀の水面積変化

華北平原では現地調査を進めているが、衛星画像解析も同時に推進した。平原の中央部に白洋淀と呼ばれる沼沢地が存在する。平地湖の水面積は人間活動の影響を強く受けて変動する。そこで、時系列画像を用いて水面積の変化を地図化した。その結果、80 年代の枯渇から 90 年代に復活したが、その後、縮小、拡大を繰り返していることが明らかとなった。また水面積変化の季節変化も明らかにすることができた。水面積の全体的な減少は降水量変動だけではなく、黄河からの送水といった人為的コントロールにもある。白洋淀は湿地植生も存在し、生態系サービスの発揮による水質浄化機能も持つはずである。白洋淀の生態系サービス機能については次期の研究課題とした。

### ⑥ 中国、内蒙古自治区の黄砂発生に関する要因の研究

シリングル平原の現地調査は実施したが、平原全体の調査は不可能である。そこで、衛星データを利用した地表面状態の変化のモニタリングを行った。グローバル衛星データである SPOT/VEGETATION を用いて、1999 年以降の消雪時期および草原植生の展葉初期を求め、また春期の裸地期間(展葉時期－消雪時期)を求めた。その結果、裸地期間が長い年は黄砂の発生頻度が高いことが明らかとなった。また、消雪の早期化は気温の上昇によると考えられるが、これが乾燥化につながり、植生の萌芽・成長を遅らせている現象を発見することができた。このことは、草原植生では温暖化は消雪時期を早めるが、それが植生の成長を促進せず、むしろ乾燥により成長を遅らせることを明らかにすること

ができた。

#### ⑦中国、三江平原の土地利用変化

平原の地下水循環に関する調査結果についてはすでに述べたが、平原の地下水のあり方は土地利用に大きく影響される。もともと広大な湿原であったが、畑作のために排水・乾燥化が推進されてきた。しかし、近年の米価の高騰により水田への転換が進められたが、灌漑水源は地下水が利用されるようになった。地下水位は低下を続けており、「もともと水の豊富な地域における水不足問題」として広州の「水の豊富な地域における水不足問題」と比較研究が可能である。

よって、水田の抽出が重要な課題であるが、技術的には難しい課題である。ここでは時系列画像を利用することにより、水田の農事暦（湛水、播種、落水、収穫）を利用して水田の抽出を試みた。ランドサット TM により 1990 年と 2000 年の水田面積を抽出し、中国土地利用メッシュマップと比較して良好な結果を得た。そこで、SPOT/VEGETATION を用いて稲の成長期における急激な NDVI 増加域を水田として抽出し、2000 年代の水田面積の増加傾向を地図化した。

#### ⑧ヨルダン、死海流域の地下水資源評価

衛星データを用いて、ヨルダンの土地利用変化とそれが地下水に及ぼす影響、死海の水位低下と連続する地下水体からの淡水の流出問題に対する検討、浅層地下水の汚染可能性に関する脆弱性マップの作成を行った。

#### (3) 成果を位置づける空間フレームワークとしての衛星画像データベースの構築

個々の地域研究の成果は空間的フレームワークの中に位置づける必要がある。そこで、時系列衛星データを WEB 上で閲覧できるシステムの構築を行った。画像情報は専門家が見れば判読から多数の情報を抽出することができる。様々な分野の専門家が閲覧することにより情報抽出が可能か、いわばモード2（ギボンズ）を実現するシステムの構築を試みた。

#### ①ImageWebServer(IWS)による多時期画像閲覧システムの構築

アジア地域全体を網羅するために、NASA による Geocover TM モザイク画像を ECW 圧縮アルゴリズムを用いて圧縮し、高速データ転送と画像の拡大縮小をクライアント側で実現するシステムを作成した。

画像は 1990 年頃と 2000 年頃の二時期が準備され、約 10 年間の地表面の変化をそれぞれ空間分解の 14.25m および 28m まで表示させることができる。このシステムにより様々

な地表面の変化を発見することができる。(2) における解析地域もこのシステムにより問題を発見した地域が含まれる。

#### ②IWS による衛星画像データベースの構築

IWS を用いると異なる空間分解能の画像も幾何補正後に重ね合わせて表示することができる。そこで、まず日本で受信したランドサット TM 画像を収集し、その分解能まで WEB で閲覧できるシステムを構築した。1972 年のランドサット 1 号以降、すでに 37 年におよぶ様々な衛星データの蓄積があるが、それぞれのセンサーにより空間分解能は異なる。今後の環境変動解析では異なる空間分解能、観測波長の画像データの重ね合わせが課題になるが、まず重ね合わせ表示させて公開するシステムを作成することができた。画像情報の追加は継続して実施中であり、本計画終了後も継続して蓄積を増加させる予定である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① 唐常源 (2008) : 中国の地下水利用の現状と問題点。土と基礎、56(2):68-75.(査読有)
- ② Fadong Li, Xianfang Song, Changyuan Tang et al. (2008): Stable isotopic characterization in precipitation, soil water and groundwater in Taihang Mountain, North China. IAHS Publ. 319, 2008. (査読有)
- ③ Li Fadong, Pan Guoying, Tang Changyuan, et al. (2008): Recharge source and hydrogeochemical evolution of shallow groundwater in a complex alluvial fan system, southwest of North China Plain. Environmental Geology, DOI 10.1007/s00254-007-1059-1 (online first). (査読有)
- ④ Lu YT., Tang C., Chen JY., Song XF., Li FD. and Sakura Y. (2008) : Spatial characteristics of water quality, stable isotopes and tritium associated with groundwater flow in the Hutuo River alluvial fan plain of the North China Plain, Hydrogeology Journal, 16: 1003-1015. (査読有)
- ⑤ Ahmad Al-Hanbali, Akihiko Kondoh(2008): Groundwater

- vulnerability assessment and evaluation of human activity impact (HAI) within the Dead Sea groundwater basin, Jordan. Hydrogeology Journal, Online. (査読有)
- ⑥ Aji K., Tang C., Song X., Kondoh A., Sakura Y., Yu J. and Kaneko S.(2007): Characteristics of chemistry and stable isotopes in groundwater of Chaobai and Yongding River basin, North China Plain. Hydrological Processes, 22(1), 63-72. (査読有)
- ⑦ Fadong Li, Xinfabg Song, Changyuan Tang, Akihiko Kondoh, Wanjun Zhang(2007): Stable isotopic charavterisation of precipitation, soil water and groundwater in Tanhang Mountain, north China. IAHS Publications, 319, 83-90. (査読有)
- ⑧ Ahmad AL-HANBALI, Hussam AL-BILBISI, Akihiko, KONDOH (2006) : Monitoring the Dead Sea Area Changes Using Remote Sensing and GIS. Journal of Japan Society of Hydrology & Water Resources, 19(6), 483-490. (査読有)
- ⑨ Tang, C., Chen, J., Kondoh, A., and Lu, Y.(2006): Characteristics of soil water movements and water table at the Leizhou Peninsula, Guangdong Province, China. Advances in Geosciences, 4, 219-227. (査読有)
- ⑩ Aji, K., Tang, C., Kondoh, A., and Song, X.(2006): Environmental Isotopes of Precipitation, groundwater and surface water in Yanshan Mountain, China. Advances in Geosciences, 4, 11-16. (査読有)
- ⑪ デリヌル アジ・近藤昭彦(2006): GISを用いた新疆における水資源の動態変化に関する研究. 水文・水資源学会誌,19(4), 280-291. (査読有)
- [学会発表] (計 2 件)
- ① Kondoh, A., et al. (2009.3) : Analyses of land cover changes in Amur River basin by satellite remote sensing. IGU-Commission on Hazard and Risk Japan Geographical Union Joint Int' l Symposium in Tokyo, Japan.
- ② Youngjoo KWAK, Akihiko KONDOH(2008.6), “ A Study on the Assessment of Multi-Parameter Affecting Urban Floods Using Satellite Image ;A Case Study in Nackdong Basin, S. Korea”, Asia Oceania Geoscience Society (AOGS2008) in Pusan, S. KOREA
6. 研究組織
- (1)研究代表者  
近藤 昭彦(KONDOH AKIHIKO)  
千葉大学環境リモートセンシング研究センター・教授  
研究者番号：30201495
- (2)研究分担者  
唐 常源(TANG CHANGYUAN)  
千葉大学大学院・園芸学研究科・教授  
研究者番号：80251198
- 佐倉 保夫(SAKURA YASUO)  
千葉大学大学院・理学研究科・教授  
研究者番号：70153947
- (3)連携研究者  
宋 献方(SONG XIANFANG)  
中国科学院地理科学与資源研究所・教授
- 沈 彦俊(SHEN YANJUN)  
中国科学院農業資源研究センター・教授