

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510049

研究課題名(和文) 黄河流域における省資源型・環境調和型社会を目指した適正な水資源配分のあり方

研究課題名(英文) Appropriate water allocation for creating resource saving and environmentally conscious society in the Yellow River basin

研究代表者

大西 暁生 (Onishi, Akio)

東京都市大学・環境学部・准教授

研究者番号：90435537

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、黄河流域を対象に水利権転換の導入によって引き起こされるであろう水資源への影響と、環境汚染・資源消費・社会経済への影響を総合的に検討した。具体的には、地域の経済成長と水利用との関係を把握するとともに、地表と地下の水利用の実態を解明した。さらに、効率性を考慮することで転換可能水量を算出し、水需給ギャップの把握と黄河の流出量への影響を検討した。そして、工業生産(インフラ建設投資等)の水資源に対する影響を分析することによって、最終的にはこの流域における省資源型・環境調和型社会を目指した適正な水資源配分のあり方を水利権転換といった観点から検討した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we examined the impact on the water resource as well as socio-economic, environment pollution and resource consumption which may be caused by the introduction of water rights in the Yellow River basin. Understanding of the relationship between water use and economic growth, and elucidation of the actual situation of underground and surface water uses were studied. Moreover, water demand and supply gap, and calculation of river flow of the Yellow River was estimated under grasping possible amount of transferring water by considering the water efficiency. Finally, influence on water resource by the industrial sector especially investment of infrastructural construction was analyzed. In conclusion, the way of proper water resource allocation with the aim of a resource-saving and environmentally conscious society in the Yellow River basin was considered.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：環境経済

1. 研究開始当初の背景

21世紀は水の世紀である。特に、水資源の少ない地域、とりわけ乾燥・半乾燥地域では、水資源のさらなる枯渇が経済成長の足枷となることが懸念されている。1972年から頻発した黄河における断流は、こうした世界各地の水不足の代表としてあげることができる。この断流は、急速な社会経済の成長に伴い水需要が増加した結果、水需給のアンバランスが発生し深刻化していったと言われている。この地域の水不足を解消するためには、水資源の配分を十分に考慮しつつ、各地域・各セクター（農業・工業・生活）の成長を配慮しながら、限られた水資源を有効に利用していくための対策を急ピッチで進める必要がある。このような状況のもと、中国は黄河流域において水利権転換という新たな政策を試行した。水利権転換とは、農業の節水施設建設に工業が投資することによって得られる農業用水の余剰分の用水量（＝当初の分配用水量 - 節水後の用水量）すなわち節約して得られた水を発電所などの工業へ転用することができることを意味している。こうした政策により、水資源が不足する地域において経済発展を促す役割がある一方で、水利権転換による工業化の無秩序な促進は、環境汚染の悪化や河川の流量の低下（水需給バランスの空間的变化）などを引き起こす可能性がある。そのため、この水利権転換を導入した際の水資源に対する影響に加え、環境汚染や資源消費への影響、また社会経済へのインパクト等を総合的に検討していく必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、上記の背景を受け、水利権転換の導入によって引き起こされるであろう黄河の水資源に対する影響と、環境汚染・資源消費・社会経済への影響を包括的に検討していくことを目的としている。

この目的を達成するためのステップとして、以下の個別の項目を設定した。

(1) 中国の社会経済や環境等、また水利権転換に関する情報を収集し、総合的なデータベースを構築する。

(2) 東部（沿岸部）と西部（内陸部）といった地域の社会経済の成長の具合や地域格差の問題、また水利用の状況や資源利用・環境問題の実態を把握する。そして、これら社会経済と水利用、資源・環境の問題について、特に近年の状況を踏まえて把握する。

(3) 黄河流域における地域の水利用の状況はさほど分かっていない。特に、利用している総量は各省・各セクター単位等で分かるものの、地表水と地下水の別等については、その実態すら未だ正確には把握されていない。そのため、出来る限り詳細な空間単位におい

て水利用の実態を把握する。

(4) 地域の水利用の状況を把握した後、非効率に使用されている水量を把握することによって、各地域・各セクターにどの程度水を転換できるのかを算出する。

(5) (4)で算出された水量を工業セクターに導水した場合の流出量の変化、環境や資源利用への影響を分析する。

3. 研究の方法

水利権転換が流域全体でどこまで可能なかを把握するため、以下の方法で分析を行った。

(1) 黄河流域で行われている水利権転換の事例や政策を調査するとともに、社会経済、水利用、排水、気象、エネルギー・資源といったデータを中国で刊行されている統計書類や書籍等から収集・整理しデータベースを構築した。

(2) 地域の社会経済成長と水利用との関係を把握するとともに、地表水と地下水の利用の実態を解明した。

(3) 構築したデータベースを用いて、地域の削減可能な水量を把握することで、転換可能な水量を明らかにした。

(4) 黄河流域の北部を中心に用水路の整備やドロップ灌漑などによって、漏水を減らすための整備費用を算出した。また、水が転換されたことによる工業生産への影響を推計することで経済的な効果を算出した。

(5) 転換可能な水量を工業セクターで用いた場合の各地域の水利用と水資源量とのバランス、また流出量を算出することによって検討した。一方、工業生産（特に、インフラ建設投資に着目）が活発化することによって、環境汚染の悪化や天然資源の過剰消費などが危惧される。そのため、これらの影響を、水資源産業連関表を構築することによって検討した。

(6) 最終的に、黄河流域における省資源型・環境調和型社会を目指した適正な水資源配分のあり方について、水利権転換の可能性といった観点から検討を行った。

4. 研究成果

(1) **データベース構築、地域の経済成長と水資源利用との関係を把握、水利用の効率性**：まず、ここでは長期のデータが入手可能な中国各省を対象に、地域の経済格差の状況を1978年と2008年において比較した。この結果、西部（内陸部）を1とした場合、東部（沿岸部）と中部の一人当たり総生産額の格

差が1978年ではそれぞれ1.78倍と1.18倍であったものが、2008年には2.38倍と1.25倍となり、東部と西部の間での格差が拡大していることがわかった。また、地域別の総生産値当たりの用水量（値が小さいほど、効率的に用水量を利用していることを表している）を検討すると、まず一番値の大きい西部と小さい東部を比較した場合、1997年ではおよそ2.1倍の差が、また2004年には2.6倍の差と拡大しており、圧倒的に西部が大きいことがわかった。ただし、総生産値当たり用水量自体の値は徐々に低下しており、東部ほどスピードは速くないものの、西部でも効率的な水利用が進んでいることがわかった。この分析から分かったことは、今後、社会経済の格差を是正していくために、西部への経済成長を東部と同程度に促すと、多くの用水量が必要になることが示唆された。さらに、地域別・セクター別の用水原単位を比較すると、農業用水原単位は地域の気候・気象条件などといった要因が大きく関係しており、飛躍的な改善は見込めない可能性がある。他方、工業用水原単位は回収水の利用の促進が進めば、経済成長と共に西部から東部の傾向のように徐々に用水原単位が下がる可能性がある。一方で、上水道の普及やライフスタイルの向上によって、内陸地域の生活用水原単位は増加する可能性があり、特に都市化が進むことによって都市での用水量が増える可能性がある。

ここでは、経済成長と水資源利用との間のジレンマと課題を示した。経済格差を是正するためには、内陸部の成長を促す必要がある。ただし一方では、適正な水資源利用を進めるための仕組みがなければ、水不足をさらに助長させる恐れがある。これは限られた水資源を融通しあうセクター間においても同様のことが言える。すなわち、工業用水や都市生活用水の水需要が増加すれば、農業用水の需要が逼迫されるため、この部門でのさらなる効率化が求められることになる。

(2) 地表水と地下水の利用の実態を解明：黄河流域において、大西ら*の推計した水資源需給構造と、Ichinose *et al.***の推計した地下水利用構造を地域ごとに比較することによって、当該流域における地表水の利用構造を把握した。ここでは、黄河流域に大部分が含まれる35の地級行政単位を抽出し、立地の近接性と水資源需給構造の形態的類似性（共通する特徴）に着目して、それらを12の小流域に分類した。一般に上流域では地表水に依存し、農業での利用割合が低いため、地下水利用の季節変動は小さい。一方、中流域から下流域では地下水への依存が高くなり、農業での利用割合が高くなるため、地下水利用の季節変動は大きくなる。とりわけ、その傾向は黄土高原において顕著である。また、最下流域では再び地表水に依存している。さらに地下水利用構造の類似性にもかかわ

らず、小流域の中でも地表水を含めた水資源の需給構造に多様性が見られる地域がある。とりわけ中流域では、大河川へのアクセスの状況に応じて多様性が顕著であることが分かった。

*大西暁生、井村秀文、白川博章、韓驥、黄河流域水資源需給の時間・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. 34、pp. 611-622、2006。

** T. Ichinose, I. Harada, M.S. Ee and K. Otsubo, Estimation of groundwater resource demand in the Yellow River Basin, China, From Headwaters to the Ocean: Hydrological Change and Watershed Management, Taylor & Francis, pp. 477-482, 2009。

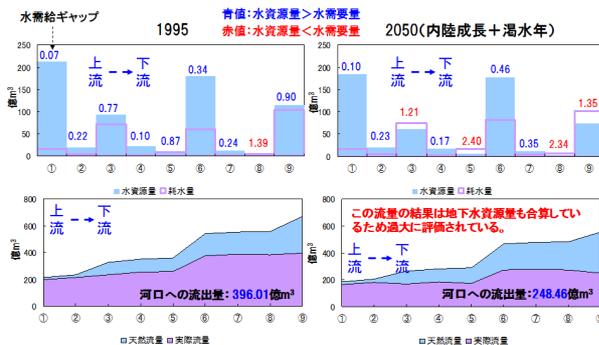
(3) 水需給ギャップの把握と黄河の流出量の算出：ここでは、中国全土を対象に、社会経済成長と水需要の関係を明らかにしつつ、水需給ギャップを0.5度格子単位で把握した。まず、人口・経済といったマクロな空間情報から地域のセクター別（農業、工業、生活）の水需要量を推計した。この際、全国の経済成長率を一定と仮定した上で、空間的な成長の違いを考慮するため、4つのシナリオを設定した。これらのシナリオは、過去の実績を踏まえて成長する「トレンド成長」、どの地域も同じ成長率で成長する「均等成長」、沿岸地域の成長をより促進する「沿岸成長（沿岸部が内陸部の2倍の成長率）」、内陸地域の成長をより促進する「内陸成長（内陸部が沿岸部の2倍の成長率）」である。次に、データベースとして構築した気象データを用い、地域の水資源量を算出した。ここで将来の水資源量については、推計した1971年から2005年までの各格子の水資源量を用い、最も水資源量が多かった年を「豊水年」、最も水資源量が少なかった年を「渇水年」、平均的な水資源量に最も近い年を「平水年」と設定しシナリオとした。そして、上記によって推計された水需要と水供給の関係を水需給ギャップとして評価した(図-1)。さらに、黄河流域を対象に、カスケード方式の流出モデルを作成し人間活動の違いによって生じる河川流出量の変化を定量的に明らかにした(図-2)。また、上記のような経済成長の空間的な差異のシナリオとともに、工業セクターが促進され多くの水利用が発生した場合の各地域の水利用と水資源量とのバランス、また流出量を算出することで用水量の転換を検討した。

注釈) 図-1、2は「大西ら：中国の急速な社会経済成長が地域の水需給ギャップに与える影響、水文・水資源学会誌、査読有、Vol.24、No.4、pp. 216-234、2011。」をもとに作成した。

(4) 工業生産（インフラ建設投資）の水資源への影響：近年の中国の経済は、従来の外需主導型からインフラ建設を中心とする内需型へ転換しつつある。インフラ建設投資の水資源多消費型・汚水多排出型産業への波及



図-1 2050年水需給ギャップの推計結果
(内陸成長+渇水年)



* 天然流量とは上流から下流への水資源量の累積値を意味している。この場合、人工的な水の取水などは考慮していない。
** 図中の①～⑨は小流域区分に対応する。

図-2 黄河各小流域の水需給構造(上)と流出量(下)の推計結果

効果により直接的・間接的な水利用が増大し、さらには水環境に大きな影響を与える可能性がある。このようなインフラ建設投資と水利用および水環境の関係を把握することは重要である。ここではまず、産業別の用水量・汚濁物質排出量の原単位を収集・整備した。次に、インフラ建設投資の影響を把握できる水資源産業連関表を構築し、インフラ建設投資の生産誘発効果を分析した。さらに、用水量、汚水排出量、COD等の汚濁物質排出量の指標を用いて、水資源に対するインフラ建設投資の影響を評価した。この結果から、インフラ建設投資の誘発生産額が都市家計消費や輸出に匹敵する規模であり、経済発展の主要な牽引力であることが分かった。また、インフラ建設投資によって誘発される産業別の用水量および汚濁負荷量は、いずれも農林水産業で圧倒的に多いことが分かった。それ以外にも、誘発される用水量の多い部門は電力・熱水生産供給業、鉄鋼業であることが判明した。さらに、COD排出量については製紙と紙製品製造業の誘発量が多いことが分かり、NH₄排出量の場合は肥料生産を含む化学原料と化学製品製造業において多いことが明らかになった。そのため、このようなインフラ建設投資によって誘発の影響を受ける産業では、用水効率を向上するとともに汚濁物質を削減することが重要であることが示唆された。

(5) 最終的に、上記の研究成果をもとに、

黄河流域における水利用の実態を把握するとともに、社会経済、環境、資源との調和のとれた適正な水利用と水資源配分のあり方について水利権転換といった観点から検討した。

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 6件)

一ノ瀬俊明、大西暁生、石峰：黄河全流域における水資源需給構造の分類 - 地下水と地表水のバランスに注目して -、環境科学会誌、査読有、Vol. 26、No. 2、pp. 167-179、2013。

石峰、大西暁生、森杉雅史：メコン川流域における国際貿易構造変化と水資源への影響に関する研究、水文・水資源学会誌、査読有、Vol. 25、No. 6、pp. 362-372、2012。

A. Onishi, F. Shi, X. Cao, K. Okuoka and M. Morisugi : Analysis of the Spatial Water Demand and Supply Structures in the Yellow River Basin, China, Journal of Environmental Information Science, 査読有, Vol. 40-5, pp.89-100, 2012。

大西暁生、石峰、森杉雅史、田中広樹、井村秀文：中国迅猛的社会経済発展對地区水供需差距的影響、日本当代中国研究 2012-Japanese Studies of Contemporary China 2012-、査読無、pp. 72-98、2012 (http://www.china-waseda.jp/) 中国語。

大西暁生、石峰、森杉雅史、田中広樹、井村秀文：中国の急速な社会経済成長が地域の水需給ギャップに与える影響、水文・水資源学会誌、査読有、Vol.24、No.4、pp. 216-234、2011。

石峰、大西暁生、谷川寛樹、黄韜、森杉雅史、井村秀文：中国水資源産業連関表の構築とインフラ建設投資の水資源への影響分析、環境科学会誌、査読有、Vol.24、No.4、pp. 290-303、2011。

〔学会発表〕(計 8件)

大西暁生、石峰、井村秀文：中国の社会
経済成長と地域別水資源利用の特徴 -
2000年以降の特徴に着目して -、日本沙
漠学会 2014年度第25回集学術大会講演
要旨集、pp.69-70、横浜市、2014/5/31-6/1。
大西暁生、金広文、森杉雅史：中国にお
ける社会経済活動と水資源利用の実態把
握に関する一考察、第47回土木計画学研
究発表会(春大会)、CD-ROM、五日市、
2013/6/1-6/2。

T. Ichinose, A. Onishi, F. Shi : Classification
of structure of water resource supply and
demand in the Yellow River Basin of China,
日本地球惑星科学連合大会、千葉市、
2012/5/20-5/25。

一ノ瀬俊明、大西暁生、石峰：黄河全流
域における水資源需給構造の類型化。
2012年日本地理学会春季学術大会、日本
地理学会発表要旨集、81、pp.177、東京
都、2012/3/28-3/30。

F. Shi, A. Onishi, M. Morisugi and K. Oh:
The Effect of water rights reallocation
system of Yellow River Basin on water
productivity, Regional Development and
CO₂ emission: a case study of Inner
Mongolia, China, Ecodesign2011 -Design
for innovation value towards a sustainable
society-, Springer, pp.1123-1128, Kyoto,
2011/11/30-12/2. DOI:
10.1007/978-94-007-3010-6_237

F. Shi, H. Tanikawa, T. Hang, A. Onishi, and
H. Imura: The Regional disparity of
Resource Productivity and Economic
Development in China, The World Congress
on Engineering and Technology (CET),
Shanghai, 2011/10/28-11/2。

大西暁生、石峰、森杉雅史：黄河流域に
おける水需給ギャップの高精度空間分布
の把握、環境科学会 2011 年会、西宮市、
pp. 82、2011/9/8-9/9。

F. Shi, H. Tanikawa, T. Huang, A. Onishi, X.
Tian and H. Imura: Resource productivity
and economic development in China: A
factor analysis at the provincial level, 782,
2011 Conference of the International Society
for Industrial Ecology, Poster, California,
2011/6/7-6/10。

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：

出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

受賞等

環境科学会：論文賞(一ノ瀬俊明、大西
暁生、石峰：黄河全流域における水資源
需給構造の分類 - 地下水と地表水のバラ
ンスに注目して -、環境科学会誌、Vol. 26、
No. 2、pp. 167-179、2013.) 2014年9月
(受賞決定)。

土木学会地球環境委員会：地球環境優秀
講演賞(大西暁生、森杉雅史、田中広樹、
井村秀文：中国の社会経済成長と詳細地
域の水需要ギャップへの影響 - 黄河と長
江における年間流出解析 -、地球環境シ
ンポジウム講演集、pp. 149-154、Vol. 18、
2010.) 2011年9月。

講演等

大西暁生：社会経済状況及び建築物の長
寿命化を考慮したマテリアルストック・
フローの将来シナリオ分析(社会経済発
展中基礎施設建設の物質流動態模擬分
析) 山東省科技発展戦略研究所での講演、
<http://www.sdass.org/kydt/4749.htm> ,
http://www.zhanlue.net/News_View.asp?NewsID=360、2013年8月21日。

大西暁生：中国の社会経済成長と水需給
ギャップの展望、人間文化研究機構
(NIHU) 現代中国地域研究・拠点連携プ
ログラム「現代中国のジレンマ - 胡錦濤
時代の10年を考える」、早稲田大学大隈
小講堂、2012年1月21日。

大西暁生：中国における水資源利用の状

況とその諸問題、京都大学フィールド科学教育研究センター木文化プロジェクト共催&地球水循環研究センター共同研究の合同ワークショップ「水を巡る諸問題に関わる自然科学と社会科学の融合研究の可能性」、名古屋大学、2011年7月28日。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大西 暁生 (ONISHI, Akio)
東京都市大学・環境学部・准教授
研究者番号：90435537

(2) 研究分担者

石 峰 (SHI Feng)
名古屋大学・環境学研究科・研究員
研究者番号：60566719

(3) 連携研究者

()

研究者番号：