

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22710029

研究課題名（和文） 水の供給源に着目した中国における
農作物のライフサイクルに関する研究研究課題名（英文） Research on the Life Cycle of Agricultural Products in China
by Focusing on Water Supply Sources

研究代表者

秋山 知宏 (AKIYAMA TOMOHIRO)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・特任助教

研究者番号：90452523

研究成果の概要（和文）：中国西北地方の黒河流域を対象とした流域水収支解析の結果，農業用水量の約 86%がブルーウォーター起源であることを明らかにした．さらに，主要品目である種用とうもろこしと野菜類の流通経路と流通量を聞き取り調査によって明らかにした．対象地域の張掖市が節水政策のパイロット都市に指定されたことをふまえ，政策前後の土地・水利用変化とそれに伴う水収支変化を解析するとともに，政策に対する住民の認識や経済状況の変化を解析した．その結果，ステークホルダー間で，対応や認識に矛盾があることを明らかにした．農民レベルで節水された $2.0 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ は農業企業による新規開墾地で取水 ($2.6 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$) されており，地下水位の低下問題に拍車をかけていると考えられる．水消費量の少ない産業構造への転換などの検討が必要と考えられる．

研究成果の概要（英文）：Our water balance analysis focusing on the Heihe River basin of Northwestern China found that about 86% of total agricultural water use is derived from blue water. In addition, the distributions channels and amount of main produce including maize and vegetables were illustrated through interview survey. Based on the fact that Zhangye city was designated as one of the experimental sites of water policy reforms in China during the past decade, we analyzed the land/water use changes and consequent water balance change as well as local farmers' awareness of the new water management system. As a result, we found that recent water policy reforms in Zhangye City might barely conform to the government's expectations. The newly reclaimed land by agricultural enterprises consumes ($2.6 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$) more water than the amount saved ($2.0 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$) by local farmers through water policy reforms. Intensive groundwater use in the newly reclaimed land accelerates groundwater decline issue. We conclude that it is necessary to facilitate the industrial structural change towards one consuming less water.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

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：環境影響評価手法，水循環，流域水収支，ウォーターフットプリント，ライフサイクルアセスメント，節水政策，灌漑農業，中国

1. 研究開始当初の背景

世界の淡水取水量の約7割は農業用水であると言われるように、水資源と食糧生産は密接な関連性を持っている。近年の人口増加と経済成長は、食糧需要の増大と同時に水需要の増大をもたらしている。とりわけ乾燥地では、大規模な灌漑農業開発に伴う土地や水資源への負荷によって急激な水不足や水質汚染が生じており、その持続性には高い社会的関心が集まっている。

従来の研究は、農作物の生産の際に消費される水資源に着目して水収支を定量的に解析し、流域単位でその過不足を評価するものが中心であった。近年、ヴァーチャルウォーターやウォーターフットプリント (WF) の概念の発達に伴い、流域界や国境を越えて移動する水資源量の評価や、さらにその水の起源を区別して定量的に評価する研究も行われるようになってきた。

しかし、こうした研究の多くは、農作物の廃棄を通して浪費される水資源量には注目していない。途上国では、総廃棄物量の約8割が食品由来であることが知られている。したがって、限られた水資源の下でいかにして持続可能な発展を実現するかについて検討するためには、流域単位の水収支に加えて、農作物の生産・流通・消費・廃棄という一連のライフサイクルとあわせて評価する必要があると考えている。言い換えると、これまでの水循環の概念に加えて、WFやライフサイクルアセスメント (LCA) の概念を統合する必要があると考えている。オーストラリアでの研究 (Ridoutt et al., 2009) が数少ない例の一つであるが、Aldaya (2009) が指摘するように水資源管理という視点が十分に考慮されていない。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの水循環の概念に加えて WF と LCA の概念を統合することによって、新しい視点の提供を試みる。具体的には、中国西北地方の乾燥地にある黒河流域を対象として、下記の4点を主な目的とする。

- 1) 黒河流域において、農作物の生産および流域内外への流通プロセスに関する現地調査を実施する。
- 2) 黒河流域内外において、農作物の消費および廃棄プロセスに関する現地調査を実施する。
- 3) 農作物の生産・流通・消費・廃棄という一連のライフサイクルにおける WF を、流域の水循環と関連づけて、定量的に評価する。
- 4) 従来の LCA に WF と流域水循環の概念を取

り入れ、農作物の LCA 解析を行う。

3. 研究の方法

- 1) 農作物の生産および流通プロセスに関する現地調査
現地の農業局を対象として聞き取り調査およびアンケート調査を行い、作物別の生産重量、黒河流域内外への流通経路と流通重量に関するデータを収集する。
- 2) 流域水収支解析 (農作物を栽培するために必要な水資源量に関する起源別の定量的評価)
農作物の単位重量当たりの水消費量 (m^3/kg) は、蒸発散量 (m^3/m^2) を収量 (kg/m^2) で除することによって求まる。蒸発散量の計算には、作物係数法を用いる。この基礎式は、作物係数と基準蒸発散量との掛け算である。基準蒸発散量には、近藤・徐 (1997) によって提案された放射収支量を入力に必要としない可能蒸発量 (ポテンシャル蒸発量) を採用する。灌漑農地と非灌漑農地について水の供給源を区別して解析する。
農作物の生産・流通・消費・廃棄という一連のライフサイクルにおける WF を流域の水循環と関連づけて定量的に評価するために、これまで代表者が行ってきた研究をふまえて、流域水収支を解析する。
- 3) 農作物の消費および廃棄プロセスに関する現地調査
黒河流域からの農物流通重量の多い上位3つの省において、流通業や飲食業などの各種事業所や家庭において聞き取り調査およびアンケート調査を実施し、それぞれの消費重量および廃棄重量を明らかにする。さらに、対象とするそれぞれの省について、各種人口データに加えて、事業所数、生産重量、域間流通重量、消費重量および廃棄重量のデータを入手する。対象省内での消費重量に対する黒河流域からの輸入重量の割合を求めて、生産地と消費地の関係を定量的に明らかにする。
一方、農産物の産地および施肥・栽培履歴を推定するために、聞き取り調査およびアンケート調査だけでなく、同位体比や DNA マーカー等の利用も検討する。
- 4) 農作物の流通、消費、廃棄の各プロセスにおける起源別のウォーターフットプリント (WF) の定量的評価
Chapagain and Orr (2009) の方法を基盤として、黒河流域からの農物流通重量の多い上位3つの省について、流通、消費・廃棄プロセスにおける起源別の WF を定量

的に求める。計算の基礎は、上記 2) で求める農作物の単位重量当たりの水消費量と上記 3) で明らかにする農作物の流通重量、消費重量もしくは廃棄重量とのかけ算である。

5) 農作物に関するライフサイクルアセスメント (LCA) 解析

主要な農作物のライフサイクル全体について、従来もっぱら対象となるエネルギー使用量や CO2 排出量などに加えて水消費量も重要なインパクトカテゴリと位置づけて、LCA 解析を行う。現地の住民、研究者、政府関係者等の各ステークホルダーを訪問して意識調査を実施し、LCA の解析結果に対する多様な意見を集約して、解決策を見いだす。

4. 研究成果

1) 中国西北地方の黒河流域を対象とした流域水収支解析を行った。流域水収支は、以下の式で表される。

$$\Delta S = Q_{in} + P + I_G - (Q_{out} + I_G + ET)$$

$$Q_{in} = R + I_R$$

$$Q_{out} = R + G$$

ここで、 ΔS は貯留量変化、 Q_{in} は上流からの流出量、 P は降水量、 I_G は地下水灌漑量、 Q_{out} は下流への流出量、 ET は蒸発散量、 R は下流への放流量、 I_R は河川水取水量(河川水灌漑量)、 G は地下水流出量である。単位はいずれも $10^8 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ である。解析の結果、図 1 に示す通り、農作物を栽培するために用いられる水資源量の約 86% がブルーウォーター起源で、その 27% が地下水起源であることがわかった。

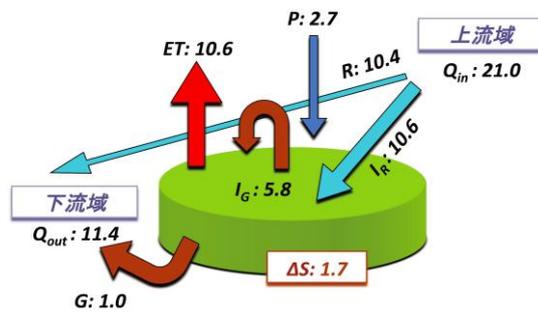


図 1 黒河流域の水収支解析結果 (単位は $10^8 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$)

2) また、当該地域で生産された農作物のライフサイクルについて、主要農産品目である種用とうもろこしと野菜類に焦点を当てて聞き取り調査を行った。種子企業に対する調査の結果、当該地域で生産された種用

とうもろこしのほとんどが、山東省、河南省などに輸送されることがわかった。野菜類に関しては、張掖市にある 3 つの市場すなわち甘州市場、臨澤市場、高台市場における調査の結果、主な輸送先は甘粛省、青海省、陝西省であることがわかった。野菜類の輸送量は種類や季節によって異なるものの、流域外への輸出量は流域内のそれを著しく上回っていることがわかった。野菜の非可食部を含む食品由来の廃棄物が養豚場などにおいて利用されているという事実が確認されたものの、張掖市の産業構造は依然として比較的に多くの水を消費する灌漑農業に基づいており、深刻な水不足に陥ったままである。水不足の根本的な解決をはかる上で、今後は水消費量の少ない産業構造への転換やヴァーチャルウォーターの輸入への転換などの検討が必要と考えられる。

3) さらに、対象地域に含まれる甘粛省張掖市が中国の環境政策「節水型社会建設」の最初のパイロット都市に指定されていることから、節水政策前後の土地・水利用変化とそれに伴う水収支変化を解析するとともに、政策に対する住民の認識や経済状況の変化を明らかにするために聞き取り調査を行った。その結果、ステークホルダー間で、対応や認識に矛盾があることがわかった。作物体系の転換に伴う灌漑回数と用水量の減少によって農民レベルで節水された $2.0 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ は、主に農業企業によって新たに開墾された農地における蒸発散 ($2.6 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$) として消費されていると考えられる。地下水の取水量も増えており、問題となっている地下水位の低下に拍車をかけていると考えられる。

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 2 件)

- ① An, K. J., Akiyama, T., Kim, J. Y., Hoshiko, T., Furumai, H. (2011): The Influence of Field-oriented Environmental Education on Leadership Development. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 15: 1271-1275 (査読有)
- ② Akiyama, T., Li, J., Tokunaga, T., Onuki, M., An, K. J., Hoshiko, T., Ikeda, I. (2010): Integral Approach to Environmental Leadership

Education: An Exploration in the Heihe River Basin, Northwestern China. Proceedings of the 8th International Symposium on Southeast Asian Water Environment. pp. 40-49 (査読有)

無し

(3)連携研究者
無し

〔学会発表〕(計5件)

- ① 秋山知宏, 小貫元治, 李佳 (2012): 持続可能な発展のための統合的リーダー育成教育—統合モデルの開発と東京大学共鳴型アジア環境リーダー育成プログラムの事例に対する分析—. 第1回環境人材育成研究交流大会, 慶応大学, 藤沢市 (2012年3月12日)
- ② Li, J., Akiyama, T. (2011): Implementation and Effects of China's Agricultural Water Policy Reforms: a Representative Look at Zhangye City. 国際開発学会第12回春季大会, 国際協力機構研究所, 新宿区 (2011年6月4日)
- ③ Li, J., Akiyama, T. (2011): Assessment of Water Environmental Policies in China: An Exploration of Water-saving Society Construction Program in Zhangye City, Northwest China. The 17th annual conference of the International Sustainable Development Research Society, Columbia University, New York, United States (May 4th, 2011)
- ④ 秋山知宏 (2010): 統合的アプローチの学際的研究への応用: 総合地球環境学研究所のオアシスプロジェクトの事例に関する分析. 政治社会学会, 早稲田大学, 新宿区 (2010年11月27日)
- ⑤ 小貫元治, 安京珍, 星子智美, 秋山知宏, 花木啓祐, 味埜俊 (2010): 東京大学における環境リーダー育成—アジア環境リーダー育成プログラム—. 第13回日本水環境学会シンポジウム, 京都大学, 京都市 (2010年9月9日)

6. 研究組織

(1)研究代表者

秋山 知宏 (AKIYAMA TOMOHIRO)
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・
特任助教
研究者番号: 90452523

(2)研究分担者