

気候変動による国際経済への影響分析に関する研究：仮想水移動に着目して

鳥取大学大学院 学生会員 ○小澤 陽
 鳥取大学大学院 正会員 土屋 哲
 鳥取大学大学院 正会員 谷本 圭志
 鳥取大学大学院 正会員 長曾我部 まどか

1. はじめに

気候変動や人口増加を背景に、世界的な水不足が今後ますます増大するとの懸念がある。水不足が発生した国で農作物を中心に生産量が低下し、それが食料品製造業などの加工段階や製品の流通・輸出へと影響していく。その結果、経済の影響は国内だけでなく、貿易を行っている各国にも影響を及ぼすことになる。

このように将来、水資源がより重要な資源になっていくことから、国際的な水資源問題を論じるには、水の直接的な消費量だけでなく、間接的な消費量も考慮する必要がある。アラン教授は、食料を輸入している国（消費国）において、もしその輸入食料を自国内で生産するとしたらどの程度の水が必要かという仮想水の概念を示した。例えば、1kg のトウモロコシを生産するには、灌漑用水として 1,800 リットルの水が必要である。つまり、日本は海外から食料を輸入することによって、その生産に必要な分だけ自国の水を使わずに済んでおり、言い換えれば、食料の輸入は、形を変えて水を輸入していることと考えることができる。

本研究では、水不足による生産力の低下が世界経済に及ぼしうる影響について経済モデルを用いて定量的に分析するとともに、特に仮想水の考え方をを用いて水の移動がどのように変化するかに着目し、これを把握する。

2. 分析手法

本研究では、気候変動に起因する将来の降水量をうけて利用可能な水資源量が減少するために、国際経済に及ぼす影響を分析する。合わせて、国際貿易の変化を、仮想水の概念を用いて定量的に把握する。国際経済を表すモデルとして、空間的応用一般均衡モデル（SCGE モデル）を用いる。SCGE モデルでは、分割された国、地域それぞれに存在する代表的な家計、複数の産業を想定することにより、空間的な相互作用の中で経済状態を表現するとともに、政策の実施や環境の変化が、各地域の家計や産業に及ぼす影響を個別に分析することが可能となる。本研究の文脈では、SCGE モデルを用いることの一つの利点として、環境が変化した際の経済主体の行動変化を「適応策」として考慮できる点があげられる。

また、SCGE モデルによる国際経済分析では国際産業連関表を用いるが、水産業を一つの部門と考える場合、財 i の地域 r から s への輸出量を z_i^{rs} と表すと、輸出に伴う仮想水の動きは、投入係数 a_{wi}^r を用いて $a_{wi}^r z_i^{rs}$ と表すことができ（添字 w は水産業部門を表す）、金額単位のこの数字を物量単位に変換することで、世界のどの地域からどの地域へどのくらいの量の仮想水が移動しているかを把握できる。8 産業にまとめた国際貿易データから求めた現状の仮想水移動を図 1 に示す。

3. モデルの概要

3.1 SCGE モデルの概略

本研究で構築する SCGE モデルは、 N 個の国あるいは地域からなり、すべての国または地域に関して代表的な家計と M 種類の産業部門（企業）が存在する。企業は中間投入財と労働・資本を投入要素としてただ一種類の財を生産し、利潤を最大化するように行動するものとする。家計は企業に対し労働力と資本を提供することで所得を得て、財の消費を行うことにより自身の効用を最大化するように行動するものとする。また、国際貿易により国・地域間での財のやりとりがあり、同じ種類の財でも生産地が異なる場合には、それらの財を異なるものとして扱う Armington 仮定を置く。各市場は完全競争的であり、経済が長期的均衡状態にあるものとする。

3.2 経済的影響の計量方法

本研究では、気候変動に起因する水資源の不足がもたらしうる経済の変化（国際貿易の変化）を仮想水移動の観点で把握するほか、家計効用の変化を金銭評価することで国・地域ごとの経済的影響としてとらえる。その方法として、式(1)のように、財価格の変化に伴う家計の効用の変化を所得の変化で測る等価的変分（equivalent variation, EV）を用いる。ここで、上付添字 (0), (1) はそれぞれ現在、環境が変化した将来時点を表す。

$$EV^s = \frac{U^{s(1)} - U^{s(0)}}{U^{s(0)}} (w^s L^s + r^s K^s - NX^s) \quad (1)$$

キーワード 気候変動、国際経済、仮想水

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101 鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科工学専攻

T E L 0857-31-5333

4. シナリオ分析の設定

本研究では、環境の変化に伴う水不足のシナリオとして世界的な気候変動をとりあげ、将来時点における降水量の変化から各地域の農業の水投入に係る生産性に反映させることとする。具体的には、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第4次評価報告書より2090年の降水量変化量（対1999年）を参考に、水投入生産性の入力値を設定した。これを表1に示す。水投入生産性は、企業の生産関数における水産業からの投入割合に影響し、例えば1%下がる場合、次式のように生産財価格に影響する。

$$p_i^s = (1 - (-0.01))(c_{vi}^s a_{oi}^s + \sum_{j=1}^M q_{ji}^s a_{ji}^s) \quad (2)$$

5. 分析結果

表1で示したシナリオを入力としてSCGEモデルから2090年の経済均衡を求める。等価変分により評価した各国への経済的影響を図2に示す。本シナリオでの降水量の変化から降水量が増加し、水利用に関する制約がない想定日本とその他アジアでは、経済的にみて便益が発生していることがわかる。反対に、降水量が減少し、経済活動において水投入制約がかかる米国、カナダ、オセアニア、中南米、中国、ヨーロッパ、その他においては、負の値を示した。特にヨーロッパは地域としてまとめて表現したため、生産額が大きく、本シナリオでの影響を大きく受けた。降水量減少率が大きく、かつ生産額の多い地域であるほど大きく影響を受けることが示された。合わせて、貿易量の変化から求めた仮想水変化率を図3に示す。

結果から、ヨーロッパ、中国から各国への仮想水の輸出量が減少している。この2地域は、降水量の減少率が9地域の中で最も大きいため、これがそのまま生産性に影響すれば、この2地域から多くを輸入していた地域への影響も大きくなるものと思われる。反対に、降水量が増えるシナリオを設定した日本とその他アジアでは、仮想水量が増加した。

6. おわりに

本研究では、全地球レベルでの気候変動や人口増加を背景に、今後、水資源に関する制約がますます増大するとの考えに基づき、水不足に起因して農産品生産量が低下した場合の国際経済への影響を分析するとともに、仮想水として見た場合の水の地域間移動がどのように変化するのかに着目し、把握を試みた。その結果、環境の変化に起因する水不足の影響は、地域・産業間のつながりを通して、当該国国内のみならず貿易相手国を中心に全世界に及びることがわかった。また、仮想水の移動で見ると、降水量の将来予測で減少幅が大きいヨーロッパと中国から各国への仮想水の輸出量が減少しており、これがそのまま生産性に影響すれば、この2地域から多くを輸入していた地域への影響も大きくなるものと思われる。反対に、将来、降水量が増加すると仮定した日本とその他アジアでは、仮想水量が増加した。水資源の観点で相対的に有利とな

る可能性がある。これらの地域は、将来、農産品を中心とする輸出でより重要性が増すものと考えられる。

表1. 分析シナリオの設定

国・地域	降水量の変化割合	生産効率性の変化（入力値）
日本	10%増加	2%↑
アメリカ	10%減少	2%↓
カナダ	5%減少	1%↓
中国	20%減少	4%↓
オセアニア	20%減少	4%↓
中南米	10%減少	2%↓
その他アジア	10%増加	2%↑
ヨーロッパ	20%減少	4%↓
その他	10%減少	2%↓

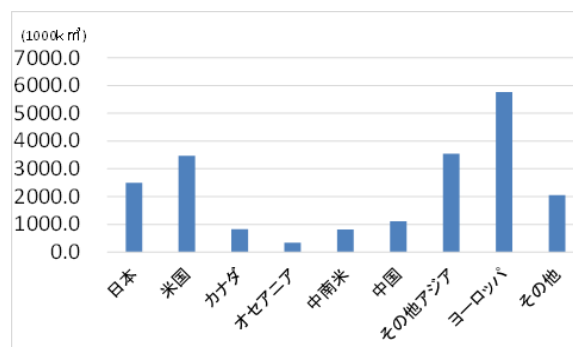


図1：各国が輸入している仮想水の現状

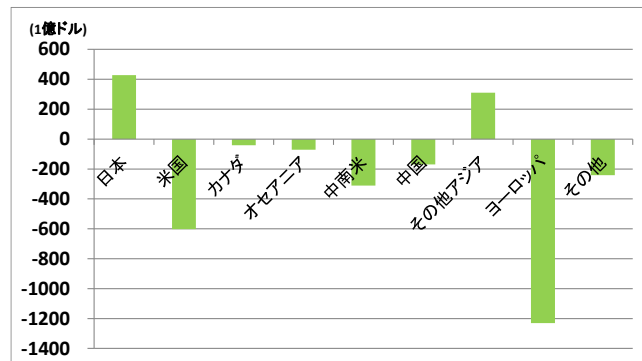


図2：各国の等価の変分

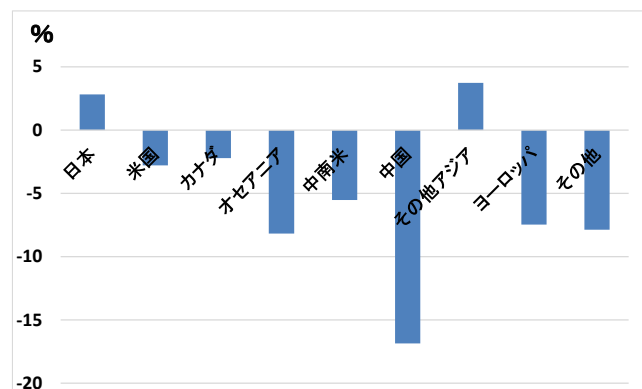


図3：シナリオ導入前後の各国への輸出仮想水変化率