

国際貿易を考慮した食料消費に関わる淡水資源必要量の将来シナリオ評価

Future scenario assessment of water resource requirement related to food consumption considering international trade scenario

○山口陽平*¹⁾、田村賢人¹⁾、吉川直樹¹⁾、橋本征二¹⁾、天野耕二¹⁾

Yohei Yamaguchi, Kento Tamura, Naoki Yoshikawa, Seiji Hashimoto, Koji Amano

1) 立命館大学

* rv0023hs@ed.ritsumei.ac.jp

1. はじめに

近年、途上国を中心に急速な人口増加と経済発展が進行している。これらの社会変化は、食料需要の増加と食料生産の拡大を引き起こし、地域ごとの気候・地理的特性と相まって、土地資源と淡水資源の需給不均衡による過不足を発生させる恐れがある。これら 2 種類の資源問題の進行により、人類の社会活動に不可欠な食料と淡水資源の安定供給を阻害する恐れがあるため、持続可能な社会の達成が危ぶまれつつある。

既往の研究では、田村ら¹⁾によって各国の食料需要量に基づく農地必要量の将来シナリオ評価が行われている。しかし同研究では、各国間の国際貿易や各国の淡水資源必要量に関する考慮が行われていない。実際には、地域ごとに土地資源と淡水資源は偏在しているため、自国の食料需要量を賅えるだけの淡水資源を得られない地域では、国際貿易による食料輸入が必要となる。そこで本研究では、国際貿易を考慮した上で、各国の食料消費内訳と食料消費に関わる淡水資源必要量の将来シナリオ別評価を行う。

2. 研究方法

2.1 使用データと対象設定

本研究では、対象品目を田村ら¹⁾と同じ 96 品目、対象国を FAO 食料需給表²⁾に掲載の 170 カ国に統合させる。各国間の国際貿易の内訳は、上記対象国のうち FAO 貿易収支表³⁾に記載の 134 カ国に限定して反映させた。また、各国の品目別の淡水資源必要量は、Water Footprint Network (WFN) の淡水資源消費原単位⁴⁾を用いて推計した。なお、FAO 貿易収支表と WFN 淡水資源消費原単位に関しては、各々の記載品目を田村ら¹⁾の対象品目の分類と対応させて分析を行った。

2.2 食料消費内訳の推計

本研究では、田村ら¹⁾による 5 種類の SSP 社会経済シナリオ別の食料需要推計値 (以下、SSP 食料需要推計値) より食料消費内訳を推計する。同推計値では、5 年ごとに 2010-2100 年の国別・品目別の食料需要量が推計されているが、各々の国産・輸入食料の需要内訳は不明確である。しかし、各国間の国際貿易を考慮す

るには、これら 2 種類の食料消費内訳を SSP 食料需要推計値に反映させる必要がある。

そこで、次式(1)により食料消費内訳係数を定義し、SSP 食料需要推計値の食料消費内訳の配分を試みた。

$$(r_{i,j})_{FA} \equiv \frac{Elem_{i,j}(2010)}{Prod_{i,j}(2010) - Exp_{i,j}(2010) + Imp_{i,j}(2010) + Stock_{i,j}(2010)} \quad (1)$$

ここで、添え字 i は対象国、 j は対象品目を表す。また (1) 式の分母は、FAO 食料需給表²⁾に記載された各統計値 (国産量、輸出量、輸入量、在庫変動量) の合計値 [ton] であり、各国の総国内食料消費量を表す。同式の分子には、国産量 [ton]、輸入量 [ton]、在庫変動量 [ton] の 3 項目のいずれかを適用させるが、国産量のみ輸出量を差し引いた値 [ton] を分子に用いた。すなわち、各国の輸出量はすべて国産量で賅われるものと仮定した。なお、FAO 食料需給表に関しては、2009-2011 年の 3 年平均値を基準年値 (2010 年) として用いた。

最初に、上記(1)式により国別・品目別に国産内訳係数、輸入内訳係数、在庫内訳係数を設定した。さらに、同式の分母・分子から在庫変動量を除いた式より再度同様の推計を行って得られた国産内訳係数と輸入内訳係数を在庫内訳係数に乗じて、国別・品目別に国産分在庫内訳係数と輸入分在庫内訳係数を設定した。

次に、これら 4 種類の食料内訳係数を各々 SSP 食料需要推計値 [ton] に乗じて、SSP 食料需要推計値を国産分・輸入分・国産在庫分・輸入在庫分の 4 種類に配分した。このうち、国産在庫分と輸入在庫分に関しては各々を国産分と輸入分に加え、これを SSP 国産食料需要量 [ton] および SSP 輸入食料需要量 [ton] とした。なお、本研究では、これら 4 種類の食料消費内訳の比率が 2100 年までの将来にわたって一定であると仮定した。

2.3 輸入相手国別の輸入食料消費内訳の推計

各国間の国際貿易を考慮するために、SSP 輸入食料需要量に関しては、可能な範囲で各国の国際貿易の反映を試みた。本研究では、輸入食料とのダブルカウントを避けるために、輸出は考慮しないものとした。また、国際貿易の形態としては、対象国と輸入相手国の 2 国間でのみ食料輸入が行われる状況を想定し、輸入食料はすべて輸入先で生産されるものと仮定した。

上記の想定の下で、輸入相手国が明確な国に関しては次式(2)により輸入相手国別配分係数を定義し、SSP 輸入食料需要量の輸入相手国別配分を試みた。

$$(r_{i,k,l})_{TA} \equiv \{C_l \cdot Imp_{i,k,l}(2010)\} / \sum_i \sum_k \{C_l \cdot Imp_{i,k,l}(2010)\} \quad (2)$$

ここで添え字 i は対象国、 k は対象国 i の輸入相手国、 l は FAO 貿易収支表³⁾に記載の対象品目を表す。式(2)の分子は k 国からの輸入品目 l の国内消費量[ton]、分母は輸入相手国別の輸入食料消費量の合計値[ton]を表す。いずれも FAO 貿易収支表に記載の統計値を使用した。また、同式中の C_l は、輸入品目 l の原料換算係数[-]を表す。なお、FAO 貿易収支表に関しては、2009-2011 年の 3 年平均値を基準年値 (2010 年) として使用した。

上記(2)式により設定した輸入相手国別係数を SSP 輸入食料需要量[ton]に乗じて、SSP 輸入食料需要量に関する輸入相手国別配分を行い、これを輸入相手国別の SSP 輸入食料需要量[ton]と定めた。なお、本研究では、輸入相手国別配分の比率が 2100 年までの将来にわたって一定であると仮定した。

2.4 淡水資源必要量の推計

各国の食料消費に関わる淡水資源必要量は、SSP 国産食料需要に関わる淡水資源必要量と SSP 輸入食料需要に関わる淡水資源必要量に分けて、ウォーター・フットプリントにより評価した。本研究では、原料作物の栽培時における淡水資源消費のみをウォーター・フットプリントの対象範囲とし、上流および下流の間接消費は考慮しないものとした。また、輸入食料を扱う場合には、輸入相手国から輸入した食料の生産に使用された淡水資源を間接的に消費したものとする。

国別・品目別の SSP 国産食料需要に関わる淡水資源必要量[m³]は、SSP 国産食料需要量[ton]に淡水資源消費原単位[m³/ton]を乗じて推計した。SSP 輸入食料需要量に関わる淡水資源必要量に関しては、輸入先が明確な国の場合、輸入相手国別の SSP 輸入食料需要量[ton]に輸入相手国の淡水資源消費原単位[m³/ton]を乗じて推計した。一方、輸入先が不明確な場合は、SSP 輸入食料需要量[ton]に対して、FAO 食料需給表²⁾に記載された各国の生産量の 3 年平均値 (2009-2011 年) により品目別に重み付けした世界平均の淡水資源消費原単位[m³/ton]を乗じて推計した。

3. 結果と考察

基準年における SSP 国産食料需要に関わる淡水資源必要量と輸入食料需要に関わる淡水資源必要量の推計結果をそれぞれ、図 1 と図 2 に示す。各図は、縦軸に 6 地域分類 (Africa, Europe, South America, North America, Oceania, Asia)、横軸に淡水資源必要量[m³/cap/yr]をと

り、ウォーター・フットプリントの 3 分類 (Green, Blue, Grey) 別に積み上げ式の棒グラフで表した図である。

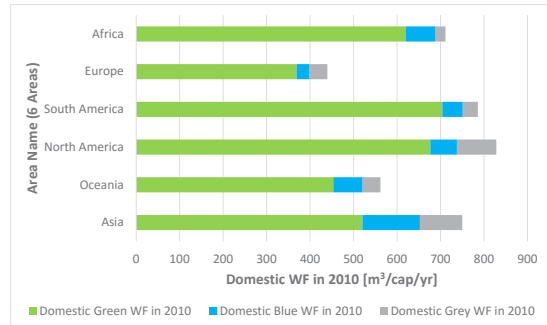


図 1 SSP 国産食料需要に関わる淡水資源必要量

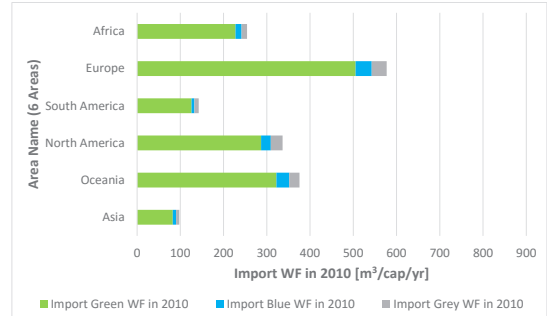


図 2 SSP 輸入食料需要に関わる淡水資源必要量

図 1 と図 2 より、双方とも基準年の淡水資源必要量に占めるグリーン・ウォーター・フットプリントの割合、すなわち雨水由来の農耕地からの蒸発散量が突出して大きい。地域別に見ると、アジア・北米・南米・アフリカでは淡水資源必要量の国産比率が高い。一方、欧州とオセアニアでは国産比率は低いが、輸入比率は高い傾向にあり、双方を合わせると淡水資源必要量は高くなる。以上から、世界全体で消費される食料の生産は、降水量に大きく依存していると考えられる。

4. おわりに

学会当日は SSP シナリオ別に 2100 年までの淡水資源必要量の経年変化について報告する予定である。

5. 謝辞

本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費(S-11)の支援により実施された。ここに記して謝意を表す。

6. 参考文献

- 1) 田村賢人, 吉川直樹, 天野耕二, 橋本征二: 第 42 回環境システム研究論文発表会公演集, 2014, pp.33-38
- 2) FAOSTAT: Food Balance - Commodity Balances, <http://faostat3.fao.org/download/FB/*/E>
- 3) FAOSTAT: Trade - Detailed Trade Matrix, <http://faostat3.fao.org/download/T/*/E>
- 4) M. M. Mekonnen, A.Y. Hoekstra: "National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption - Volume 2: Appendices", 2011, pp.23-49