

食料貿易を考慮した世界の食料需給収支に基づく

淡水資源需給バランスの要因分解

A Factor Decomposition on Freshwater Supply-Demand Balance Based on Global Food Supply-Demand Balance Considering Food Trade

○山口陽平*¹⁾、吉川直樹¹⁾、天野耕二¹⁾、橋本征二¹⁾

Yohei Yamaguchi, Naoki Yoshikawa, Koji Amano, Seiji Hashimoto

1) 立命館大学

* rv0023hs@ed.ritsumei.ac.jp

1. はじめに

世界全体の総取水量に占める農業用水取水量¹⁾は、2000年時点で70% (2,658 km³/year) に達する。食料生産と消費は多量の淡水資源を必要とし、各国の淡水資源需給バランスの強度を高めている可能性がある。

Sun et al.²⁾ は、中国 (北京市) を対象に、1997~2015年における淡水資源需給バランスの強度変化に対する要因別の寄与の大きさを分析した。しかし、世界各国の淡水資源需給バランスの強度に対する各要因の寄与の大きさを分析した事例は報告されていない。

本研究では、国内生産のみ (生産ベース) の場合とこれに食料貿易 (消費ベース) を加味した場合の両方について、各々の淡水資源需給バランスの強度に対する要因別の寄与の大きさを分析する。

2. 研究方法

2.1 淡水資源必要量の推計

本研究では、2010年を評価対象年とし、213カ国、78食料品目を評価対象とした。食料生産と消費に起因する淡水資源必要量は、water footprint における blue water (灌漑用水) を対象とし、取水量ベースの淡水資源 (blue water) 必要量として定義した。すなわち、食料需給収支を消費ベースの淡水資源必要量に換算し、これを灌漑効率で除して推計した。食料需給収支は、Yamaguchi et al.³⁾ の手法に従って、RAS法により各国間の食料貿易収支を整合させた後、国内生産と輸入の和が国内消費と輸出の和に等しくなるように、両者の差を在庫変動量として推計した。農作物については、栽培段階における作物の直接消費水のみを評価対象とした。畜産物については、栽培段階における飼料作物の直接消費水、家畜の飲料用水、および飼育環境の維持に必要な直接消費水を評価対象とした。

2.2 淡水資源需給バランスの推計

各国の淡水資源供給可能量は、農業に最大限利用可能な淡水資源量を表し、山口ら⁴⁾に従い、淡水資源賦存量に農業用水取水率を乗じて設定した。淡水資源需

給バランスは、次式(1)と(2)より、生産ベース WBI (water balance index) と消費ベース WBI をそれぞれ推計し、表1の判断基準⁵⁾を適用して強度を評価した。

$$WBI_c^{PB} = \frac{1}{AWR_c} \sum_j WR_{c,j}^{PRO} \quad (1)$$

$$WBI_c^{CB} = \frac{1}{AWR_c} \sum_j WR_{c,j}^{COM} \quad (2)$$

c: 対象国、j: 対象品目、PB: 生産ベース、CB: 消費ベース、PRO: 国内生産、COM: 最終需要、AWR: 淡水資源供給可能量、WR: blue water 必要量を表す。

表1 WBIの判断基準

Range of WBI	Degrees of WBI
WBI < 0.1	Very Low
0.1 ≤ WBI < 0.2	Low
0.2 ≤ WBI < 0.4	Moderate
0.4 ≤ WBI < 0.8	High
WBI ≥ 0.8	Very High

2.3 淡水資源需給バランスの要因分解

生産ベース WBI と消費ベース WBI の要因は、次式(3)と(4)に完全要因分解法⁶⁾を適用して分析する。本研究では、WBI と WBI(0) (WBI(0): 世界平均 WBI) の差 ΔWBI に対する各要因の寄与の大きさを分析する。

$$WBI_k^{PB} = \frac{1}{TRWR_k} \cdot \frac{TWW_k}{AWW_k} \cdot \sum_j \left(PRO_k^{kcal} \cdot \frac{PRO_{j,k}^{kcal}}{PRO_k^{kcal}} \cdot \frac{WFI_{j,k}}{UCF_j \cdot IRE_{j,k}} \right) \quad (3)$$

$$WBI_i^{CB} = \frac{1}{TRWR_i} \cdot \frac{TWW_i}{AWW_i} \cdot \sum_j \sum_k \left(COM_i^{kcal} \cdot \frac{COM_{j,k}^{kcal}}{COM_i^{kcal}} \cdot \frac{COM_{j,k}^{kcal}}{COM_{j,k}^{kcal}} \cdot \frac{WFI_{j,k}}{UCF_j \cdot IRE_{j,k}} \right) \quad (4)$$

i: 消費国、k: 生産国、kcal: 熱量ベース、TRWR: 淡水資源賦存量、TWW: 総取水量、AWW: 農業用水取水量、WFI: 淡水消費原単位、UCF: 単位換算係数 (重量→熱量)、IRE: 灌漑効率を表す。各式の右辺で、第1項: 淡水賦存量の規模 (F1)、第2項: 取水選好 (F2)、第3項以降: 農業用水必要量の規模 (F3) を表す。

3. 結果と考察

3.1 食料生産に関わる淡水資源必要量

図1は食料生産に関わる一人あたり淡水資源必要量(淡水必要量)と生産ベース WBI の強度をそれぞれ対数変換し、両者の関係を示した図である。生産ベース WBI の強度が高いほど、淡水必要量も高い傾向にある。

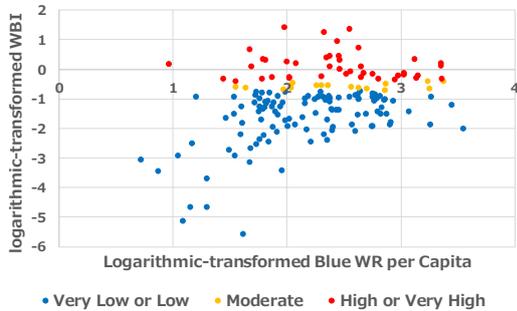


図1 生産ベース WBI と淡水必要量の関係

3.2 生産ベース WBI の強度別分布

図2は生産ベース WBI の強度別分布図である。強度の高い国は、乾燥地帯、工業国、消費大国(各々、F1、F2、F3に対応)など、中緯度地域に集中している。

3.3 生産ベース WBI の要因分解

図3に生産ベース WBI に対する寄与が最も高い要因(主要因)別の国数を強度別に示す。強度が高いほど、F3を主要因とする国の数は低下し、F1またはF2を主要因とする国の数のシェアが高くなる傾向にある。

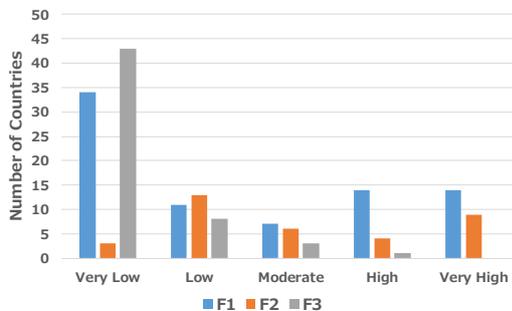


図3 生産ベース WBI の主要因別の国数

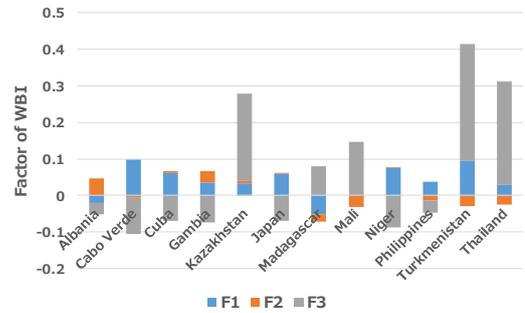


図4 生産ベース WBI の要因分解の結果

図4は生産ベース WBI の強度が 0.1 以上で、F3 が主要因である国に関する要因分解の結果である。タイでは、F1 と F2 が相殺し、F3 が生産ベース WBI を高めている。日本では、F1 の増加効果よりも F3 の減少効果が大きく、後者が生産ベース WBI を低減させている。これは日本の食料輸入に対する依存の高さを示唆する。

4. おわりに

学会当日は、消費ベース WBI についても報告する予定である。国内消費について、中間需要と最終需要の収支を考慮した分析は、今後の課題である。

引用文献

- 1) Shen Y., Oki T., Utsumi N., Kanae S., Hanasaki N.: Hydrol. Sci. J., 53 (1), (2008), pp 11-33.
- 2) Sun S., Fu G., Bao C., Fang C.: Sci. Total Environ., 687 (15), (2019), pp 590-600.
- 3) Yamaguchi Y., Yoshikawa N., Amano K., Hashimoto S.: Asia-Japan Research Academic Bulletin, 1, (2019), pp 1-27.
- 4) 山口陽平, 田村賢人, 吉川直樹, 天野耕二, 橋本征二: 日本 LCA 学会誌, 14 (1), (2018), pp 21-35.
- 5) Smakhtin V., Revenga C., Döll P.: Comprehensive Assessment Reserach Report 2, IWMI, (2004), pp1-32.
- 6) 三科善則, 室町泰徳: 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 67 (5), (2011), pp. I_89-I_100.

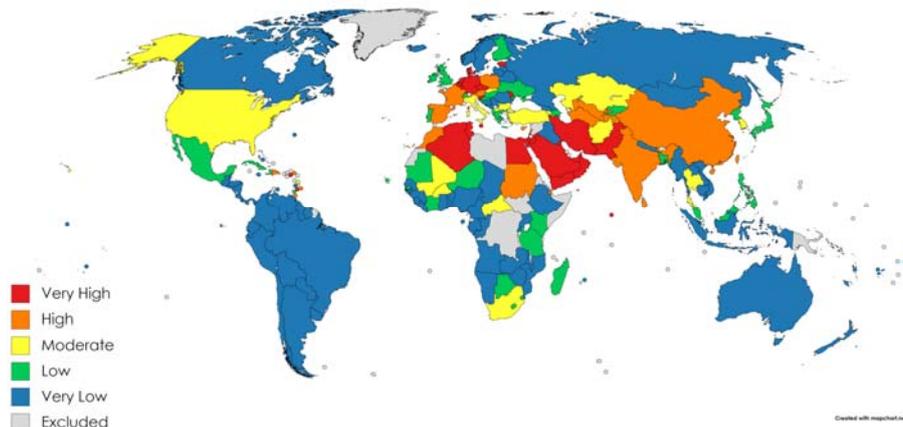


図2 生産ベース WBI の強度別分布図