

# 食料生産と消費の時系列変化に着目した淡水資源需給バランスの要因分析

## Decomposition Analysis of Water Supply-Demand Balances Focusing on Time Series Change in Food Production and Consumption

○山口陽平\*<sup>1)</sup>、吉川直樹<sup>1)</sup>、橋本征二<sup>1)</sup>、天野耕二<sup>1)</sup>

Yohei Yamaguchi, Naoki Yoshikawa, Seiji Hashimoto, Koji Amano

1) 立命館大学

\* y-ymagch@fc.ritsumei.ac.jp

### 1. はじめに

食料の生産と消費は多量の淡水資源を要する。今後、人口増加や経済発展に伴う食料生産・消費の拡大により、世界全体の淡水需給逼迫度が強まる恐れがある。既往文献<sup>1)</sup>では、世界規模で淡水需給逼迫度の時系列変化の要因が分析されているが、その変化は淡水取水量と淡水利用可能量の変化率として分析されており、各々の変動要因の分析はなされていない。既往文献<sup>2)</sup>において、要因分解分析を適用して灌漑用水必要量の時系列変化の要因が世界規模で分析されているが、淡水需給逼迫度の分析はなされていない。本研究では、食料の生産と消費に着目し、淡水資源必要量と淡水需給逼迫度の各々について時系列変化の要因を分析する。

### 2. 研究方法

#### 2.1 生産ベースと消費ベースの淡水資源必要量

本研究では、対象期間を2001-2018年(基準年:2001年)、対象国を226カ国、対象品目を78品目とした。各国の食料需給収支は、食料需給量の基礎データをFAOSTATの食料需給表とし、国内生産量と輸入量の和から、国内消費量と輸出量の和を差し引き、その差を在庫変動量として推計した。国内消費は中間需要(飼料用と加工品原料用)、最終消費(食用)、種子用、その他利用、廃棄物から構成される。貿易相手国別の輸入量は、FAOSTATの輸入統計を基礎データとし、輸入統計の欠損値を同データベースの輸出統計より補填した。RAS法を用いた収束計算により、世界全体の輸入量の和と輸出量の和が品目別に整合するように各国間の食料貿易量を補整し、品目別に食料貿易収支を推計した。食料需給収支と食料貿易収支は各時点別に分析した。なお、食料需給量の各項目、および食料貿易量は、対象年別に当該年の前後3年平均値を用いた。

本研究では、天水と灌漑用水を対象に、生産ベース(食料生産)と消費ベース(食料消費)の淡水資源必要量<sup>3)</sup>をwater footprintにより分析する。淡水消費原単位を用いて、国内生産量と最終消費量をそれぞれ、生産ベースと消費ベースの淡水資源必要量に換算する。農作物については、作物の栽培段階の直接消費水のみを評価範囲とする。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、飼育環境の維持に必要な直接消費水を評価範囲とする。なお、灌漑用水必要量については、灌漑効率を加味して取水量ベースとして評価した。また、各年の淡水消費原単位は基準年と当該年の間の単収の変化を加味して設定した。単収はFAOSTATの生産統計から取得した。

#### 2.2 淡水需給逼迫度の要因分解式

本研究では、淡水資源供給可能量に対する生産ベース灌漑用水必要量の比として、淡水需給逼迫度WBIを分析した。WBIの強度は、既往文献<sup>4)</sup>を参考に、Low (WBI < 0.3)、Moderate (0.3 ≤ WBI < 0.6)、High (0.6 ≤ WBI < 1.0)、Very High (WBI ≥ 1.0)の4段階に設定した。

淡水需給逼迫度の変動に対する要因別の寄与の大きさは、 $t$ 年の淡水需給逼迫度WBI( $t$ )と基準年の淡水需給逼迫度の世界平均値WBI(0)との差 $\Delta WBI(t)$ に完全分解分析<sup>5)</sup>を適用して分析した(次式(1)~(3)を参照)。

$$WBI_k = \frac{POP_k}{TRWR_k - EFR_k} \cdot \frac{TFR_k + DUADW_k}{AWW_k} \cdot \frac{GDP_k}{POP_k} \cdot \frac{WR_k^{PB,Blue}}{GDP_k} \quad (1)$$

$$\frac{WR_k^{PB,Blue}}{GDP_k} = \sum_j \left[ \frac{WR_{j,k}^{PB,Total}}{GDP_k} \cdot \frac{WFI_{j,k}^{Green}}{WFI_{j,k}^{Total}} \cdot \frac{(WFI_{j,k}^{Blue}/IRE_{j,k})}{WFI_{j,k}^{Green}} \right] \quad (2)$$

$$\frac{WR_k^{PB,Total}}{GDP_k} = \frac{PRO_k}{GDP_k} \cdot \frac{PRO_{j,k}}{PRO_k} \cdot \frac{WFI_{j,k}^{Total}}{UCF_j} \quad (3)$$

$j$ : 食料品目、 $k$ : 生産国、 $PB$ : 生産ベース、 $Green$ : 天水、 $Blue$ : 灌漑用水、 $Total$ : Total water (天水と灌漑水の和)、 $POP$ : 人口、 $TRWR$ : 淡水資源賦存量、 $EFR$ : 環境流量、 $TFR$ : 総淡水消費量、 $DUADW$ : 農業排水直接利用量、 $AWW$ : 農業用水取水量、 $GDP$ : 国内総生産(GDP)、 $WR$ : 淡水資源必要量、 $WFI$ : 淡水消費原単位、 $IRE$ : 灌漑効率、 $PRO$ : 国内生産、 $UCF$ : 熱量換算係数を表す。(1)式の各要因は、第1項: 1人あたり淡水資源賦存量( $\Delta F1$ )、第2項: 産業構造( $\Delta F2$ )、第3項: 1人あたりGDP( $\Delta F3$ )、第4項: GDPあたり灌漑用水必要量( $\Delta F4$ )を表す。(2)式の各要因は、第1項: GDPあたりTotal water必要量、第2項: 天水依存の割合、第3項: 天水と灌漑水の比を表す。(3)式の各要因は、第1項: GDPあたり国内生産量、第2項: 生産品目シェア、第3項: Total water消費原単位を表す。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 淡水需給逼迫度の時系列変化

図1は縦軸に2018年時点の淡水需給逼迫度、横軸に基準年の淡水需給逼迫度をとった強度分布図である。各強度は2018年時点のものであり、両軸とも淡水需給逼迫度の対数変換値をとった。同図では、各要因に関するデータの利用可能性を加味し、149カ国を対象とした。2018年時点の淡水需給逼迫度は、基準年と比較して世界全体で上昇傾向にあることがわかる。

図2に灌漑用水必要量の上位10カ国および日本を対象に、基準年から2018年までの淡水需給逼迫度の時系列変化の様子を示す。一部の期間で淡水需給逼迫度に減少傾向が見られるが、各国とも基準年から2018年にかけて淡水需給逼迫度が上昇傾向にあることがわかる。

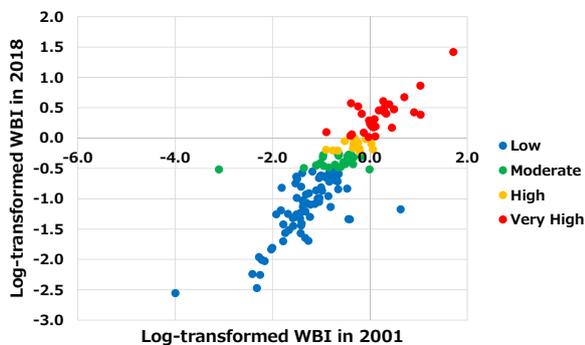


図1 淡水需給逼迫度の強度分布 (2018年)

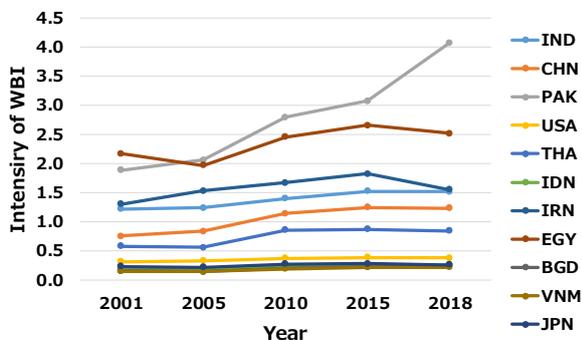


図2 淡水需給逼迫度の時系列変化 (2001-2018年)

#### 3.2 淡水需給逼迫度の要因分析

図3は基準年と2018年時点の淡水需給逼迫度を比較し、主要な上昇要因別の国数を2018年時点の強度別に示したものである。同図の対象国数は、図1と同様である。主要な上昇要因としてGDPあたり灌漑用水必要量(ΔF4)を示す国が最も多く、50カ国が該当した。これらの国では、GDPあたり灌漑用水必要量によって淡水需給逼迫度が高められている恐れがある。

図4は基準年と2018年の2時点間を対象に、図2の11カ国について、淡水需給逼迫度の変動要因を図示

したものである。GDPあたり灌漑用水必要量が主要な上昇要因となった国は8カ国である。これらの国では、経済成長に伴う灌漑用水必要量の増加によって、淡水需給逼迫度が高められている可能性が示唆された。

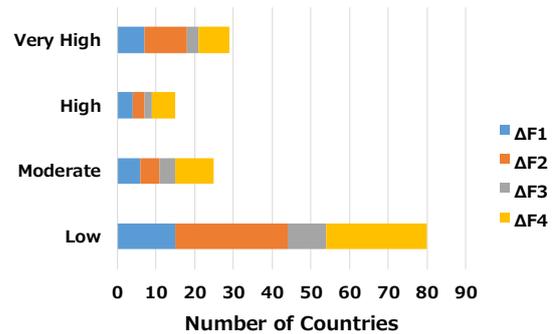


図3 淡水需給逼迫度の上昇要因 (2018年)

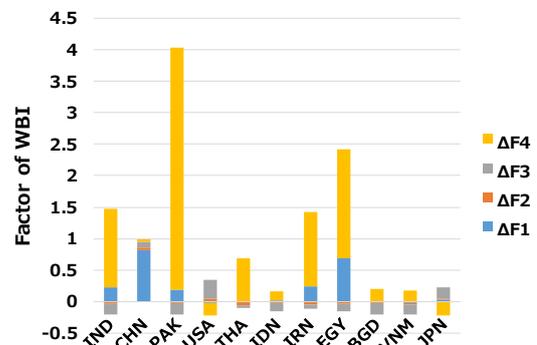


図4 淡水需給逼迫度の変動要因 (2018年)

### 4. まとめ

2018年時点の淡水需給逼迫度は、基準年(2001年)と比較して世界全体で上昇傾向にあることがわかった。また、世界の50カ国では、GDPあたり灌漑用水必要量によって、淡水需給逼迫度が高められている可能性が示唆された。なお、学会当日は消費ベースの淡水資源必要量についても報告する予定である。

### 5. 引用文献

- Huang Z., Yuan X., Liu X.: J. Hydrol., 601, (2021), 126658.
- Ma C., Yang Z., Xia R., Song J., Liu C., Mao R., Li M., Qin X., Hao C., Jia R.: Resour. Conserv. Recycl., 172, (2021), 105665.
- Yamaguchi Y., Yoshikawa N., Amano K., Hashimoto S.: Sustainability, 13 (14), (2021), 7856.
- Smakhtin V., Revenga C., Döll P.: "Taking into account environmental water requirements in global-scale water resources assessments", (2004), pp. 1-24.
- 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.