# 33.世界を対象とした食料政策が環境と飢餓リスクにもたらす影響評価

小野　泰照[1*]・長谷川　知子[1]・藤森　真一郎[2]

[1]立命館大学理工学研究科環境都市専攻（〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1）

[2]京都大学工学研究科都市環境工学専攻（〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 C1-3）

＊ E-mail: *ce0002pe@ed.ritsumei.ac.jp*

温室効果ガス(GHG)排出削減策としては，これまで生産側による対策についての研究が多くされてきた．しかし近年では，消費側による温室効果ガス排出削減策の一つとして，畜産物の消費カロリーを抑制し，たんぱく源となる豆類，野菜などを増加した食事内容が提案されている．本研究では，収量向上，貿易活性化といった生産側による対策に加えて，食事内容の変更，食料廃棄物の削減といった消費側による対策が環境と飢餓リスクに与える影響を統合的に評価した．この結果，1)消費側による対策は生産側を大きく上回るGHG排出量削減が見込まれること，2)食事内容の変更は作物の生産構造を変化させ，窒素消費量が増加すること，3)食事内容の変更により飢餓リスク人口が増加する恐れがあること，4)飢餓リスク人口増加の可能性は，食料分配の公平性を改善することにより，東南アジアを除く地域では解決が可能であることが明らかとなった．

***Key Words :*** *Greenhouse Gas Emissions, Resource Consumption, Risk of hunger, CGE model*

## 1. はじめに

世界の温室効果ガス(GHG)排出量590億トン($CO_2$換算)のうち，農業・林業・その他土地利用(AFOLU)部門からの排出量は22%を占めている．農業は世界全体のGHG排出量のうち11%を占めており，メタン，亜酸化窒素の主な排出源となっている[1)]．メタンは排出量としては二酸化炭素よりはるかに少ないが，同じ重量で比較したときの温室効果が二酸化炭素の約28倍である．メタン，亜酸化窒素は二酸化炭素のように回収技術がないことからも，AFOLU部門におけるGHG排出量削減対策を取り入れることは重要な役割を果たすと期待されている．農畜産業の生産過程では水や窒素などの大量の資源を投入している．また，自然地が減少することで生物多様性を損失させる側面もある．これらの多くの破壊のもとで現在の農畜産業が成り立っている．そのため，温室効果による様々な影響，地球の地減の有限性，増加する人口に対し十分な食料補給を達成させる面で，現在の農畜産業は持続可能ではないといえる．

持続可能な食料システムへの変革については，生産，消費の両側について研究が進められてきた．生産側では，Foley et al.[2)]が，農地拡大を止め，不作地の収量格差を解消し，作付率を高めることの重要性を明らかにした．将来の世界における食料安全保障と農業の持続可能性の確立には，食料生産を大幅に拡大すると同時に，農業の環境フットプリントを劇的に縮小する必要があり，収量の改善が必要としている．

また，消費側ついては食事内容の変更が近年提案されている． EAT-Lancet委員会は，地球の環境と個人の健康に有益な食事ガイドラインを示してる．EAT-Lancet委員会が推奨する食事ガイドラインは，様々な食品の一日の摂取量の目標値を定め，多くの全粒穀物，野菜，果物，種実類，豆類の消費量を現在と比較して増加させることを推奨している．一方で，肉や砂糖，飽和脂肪は大幅に減少させることを推奨している[3)]．

畜産物の消費制限による環境への影響を明らかにした研究としては，小野ら(2022)[4)]が世界全体で2050年における畜産物の消費量を約15%減少させることで，約1億トンのGHG排出量削減が可能であることを明らかにしている．また，牧草地が森林に転換されることに伴い，二酸化炭素吸収量が増加すること，生産過程で消費される水や肥料などの資源消費量がされるといった，畜産物の消費制限が環境への様々な便益があることを明らかにした．

このように既往の研究では，生産側における収量の改善による影響，消費側における食事内容の変更における

GHG排出量削減やそれに伴う副次的な効果についても研究がされてきている．一方で，生産と消費の両側における対策を統合的に評価した研究は少ない．また，食事内容を変更したことによる飢餓リスクへの影響について明らかにされていない．飢餓をなくすことは国連の持続可能な開発目標(SDGs)にあげられており，GHG排出量削減の取り組みと同様に，飢餓への取り組みは持続可能な社会構築に重要である．

以上の背景を受けて本研究では，生産と消費の両側による対策のGHG排出量や土地利用状況，水と窒素の資源消費量への影響を統合的に評価することを目的とする．そして，消費側における食事内容の変更の取り組みが飢餓リスクに及ぼす影響についても明らかにする．飢餓リスクについての研究としては，長谷川ら(2014)[5]が飢餓リスク人口に大きな違いをもたらす因子は，人口，食料分配の公平性，平均一人一日当たりの食料消費であり，これらが長期的な飢餓リスク人口を左右する重要な因子であることを明らかにしている．そのため本研究では，飢餓リスクについては，消費側による食事内容の変更と食料分配性の向上が及ぼす飢餓リスク人口への影響を明らかにすることを目的とする．

## 2. 手法

### (1) 手法の概要

図-1に本研究で用いた経済モデル(AIM/Hubモデル，応用一般均衡モデル)の概要を示す．AIM/Hubモデルに人口，GDP，全要素生産性，作物単収の見込み，消費性向，食料に関わる政策および取り組み(食事内容の変更，食料廃棄物の削減，作物収量の向上，貿易の活性化，食料分配性の向上)などを入力し，GHG排出量，資源消費量，土地利用状況，飢餓リスク人口のデータの出力を行った．結果比較を行う対象年を2050年，対象地域は世界全体とし，世界全体を17地域に区分している．対象地域を表-1に一覧する．

### (2) AIM/Hubモデル

AIM/Hubモデルは農業関連財だけでなく，エネルギー関連財，その他財サービスの需要と供給を明示的に扱うことを可能にするために改良が行われている．生産，消費，投資，貿易活動が各種生産要素，財などの価格を所与とした関数を用いて記述されている．基本的には入れ子構造を持つCES(Constant Elasticity Substitution)関数で記述している．AIM/Hubモデルは，経済における価格メカニズムを基礎に置き，均衡価格と均衡数量を同時に分析可能なツールである．旧資本と新規資本を区別し，1期を1年とした前年の情報を次年へ更新される特徴を持つ逐次型モデルである．各部門別に資本ストックを持ち，毎期，投資及び年4%の資本消耗を行う．基準年(2005年)のデータにはFujimori & Matsuoka(2008)[6]などの手法を用いて統計間不整合を調整した社会会計表及び，作物の物量表を用いた．エネルギー部門については，6のエネルギー関連財と18のエネルギー需要部門が含まれており，エネルギー関連財の価格に応じてその需給がバランスするように決定されている．土地は6の農生態地域区分に分割されており，それぞれについて土地の市場を仮定した．また，土地の各部門への分配はロジット関数で記述した(Sands & Kim, 2008)[7]．家計消費は線形消費指数(LES)関数として記述した．国内財と輸入財の間にある一定の代替関数を仮定した(アーミントンの仮定)．国内消費財はCES関数を用いて合成されるとした．財の輸入と国内への供給はCET(Constant Elasticity Transformation)関数で記述し，これらの代替弾力性係数は0.8とした(Lofgren et al., 2002)[8]．財の国際貿易は単一の国際市場で行われると仮定した．モデルの詳細についてはFujimori et al.(2012)[9]と長谷川ら(2012)[10]を参照されたい．

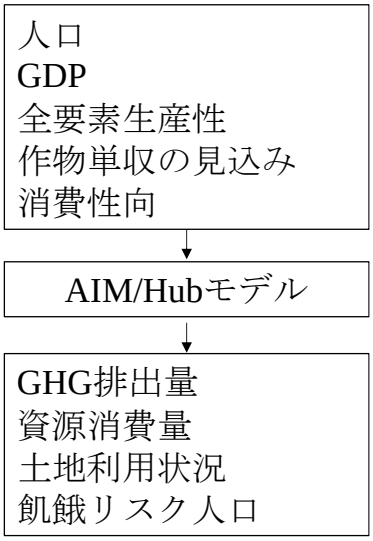



**図-1** AIM/Hubモデルの出入力

**表-1** 対象地域一覧表

| 地域名 | | |
|---|---|---|
| 欧州25ヵ国 | その他欧州 | トルコ |
| オセアニア | 中国 | インド |
| 日本 | 東南アジア | 南アジア |
| アメリカ | カナダ | ブラジル |
| 南米 | 旧ソ連 | 中東 |
| 北アフリカ | アフリカ | 世界全体 |

表-2　シナリオ一覧表

| | 食事内容変更 | 食料廃棄量削減 | 収量向上 | 貿易活性化 | 食料分配性向上 |
|---|---|---|---|---|---|
| 対策なし | － | － | － | － | － |
| 消費対策 | ○ | ○ | － | － | － |
| 生産対策 | － | － | ○ | ○ | － |
| 消費生産対策 | ○ | ○ | ○ | ○ | － |
| 消費対策Equ | ○ | ○ | － | － | ○ |

表-3　一人一日当たりの消費カロリーの目安 EAT-Lancet委員会推奨[3)]

| 項目 | 消費カロリー (kcal/人/日) |
|---|---|
| 全粒粉(米、小麦、トウモロコシ) | 811 |
| 茎・でんぷん質の野菜 | 39 |
| 濃い緑の野菜 | 23 |
| 赤とオレンジの野菜 | 30 |
| 他の野菜 | 25 |
| 果物すべて | 126 |
| 乳製品 | 153 |
| 牛肉と羊肉 | 15 |
| 豚肉 | 15 |
| 鶏肉 | 62 |
| 卵 | 19 |
| 魚 | 40 |
| マメ科植物 | 426 |
| 木の実 | 149 |
| 不飽和脂肪 | 450 |
| 砂糖 | 120 |
| 合計 | 2503 |

表-4　SDG12達成のための食料廃棄削減率の仮定 (2011-2030年)　FAO(2015)[10)]

| | 先進国 | 途上国 |
|---|---|---|
| 生産・加工段階 | 5% | 15% |
| 収穫・貯蔵段階 | 5% | 54% |
| 流通・消費段階 | 50% | 50% |

### (3) シナリオ

本研究で用いたシナリオを表-2に示した．本研究では，食事内容変更と食料廃棄物量削減の取り組みを実施すると想定した消費対策シナリオ，収量向上と貿易活性化の取り組みを実施すると想定した生産対策シナリオ，4つの取り組みすべてを実施すると想定した消費生産対策シナリオを用意した．また，消費対策シナリオに食料分配性向上(Improved Equality)を取り入れた消費対策Equシナリオを想定した．それぞれの取り組みについての具体的な想定方法を下記で示す．

#### a) 食事内容

本研究では，対策として食事内容変更を取り入れる場合，2019年にEAT-Lancet委員会により地球の環境と人間の健康の持続可能性の観点から提案された食事内容[3)]への移行を2050年に達成することを想定した．EAT-Lancet委員会推奨の食事内容では，畜産物の消費カロリーを抑制し，たんぱく源となる豆類，野菜などの増加が想定されている(表-3)．消費カロリーには，実際に食べた量に加えて，購入したが食べずに捨てた廃棄量や食品ロスを含んでいる．食事内容変更を対策に取り入れない場合には，現在の食料の消費性向が継続された場合の食事内容を想定した．

#### b) 食料廃棄量

本研究では，食料廃棄量を計算するためにFAO(2011)[11)]のデータを用いた．食料廃棄量削減の対策を取り入れるシナリオでは，SDG12が掲げる2030年までに小売り・消費段階における一人当たりの食料廃棄量を半減させる目標を達成させるための食料廃棄削減率の仮定(FAO, 2015)[12)](表-4)を用いた．食料廃棄量削減を対策に取り入れないシナリオでは，過去の食料廃棄量の変化傾向を将来に想定した．

#### c) 作物収量

作物収量向上を対策に取り入れない場合は，過去の作物収量の変化傾向を将来に想定した．一方で，より高い作物収量向上を想定し，作物収量向上を対策として取り入れるシナリオに用いた．作物の収量向上の要因には，灌漑拡大と農業技術の進歩を考慮した．灌漑増加率には，既存研究を基に設定された値(Hanasaki et al., 2013, Table5)[13)]を用い，高位の増加率を作物収量向上を想定したシナリオに用い，中位の増加率を作物収量向上を想定しないシナリオに用いた．技術進歩による収量変化についても既存の研究を基に設定された値(de Fraiture, 2007)[14)]を用い，高い収量増加率を作物収量向上を想定したシナリオに用い，中位の収量増加率を作物収量向上を想定しないシナリオに用いた．詳細については長谷川ら(2014)[5)]を参照されたい．

#### d) 貿易

貿易の価格弾力性はLofgren(2001)[15)]を参照し，基準年(2005年)の貿易の価格弾力性を0.8とした．貿易活性化の対策を取り入れない場合には現状と変わらない弾力性を想定し，貿易活性化の対策を取り入れた場合には弾力性を基準年から将来に渡って毎年上昇させることで貿易が活性化したことを表した．詳細については長谷川ら(2014)[5)]を参照されたい．

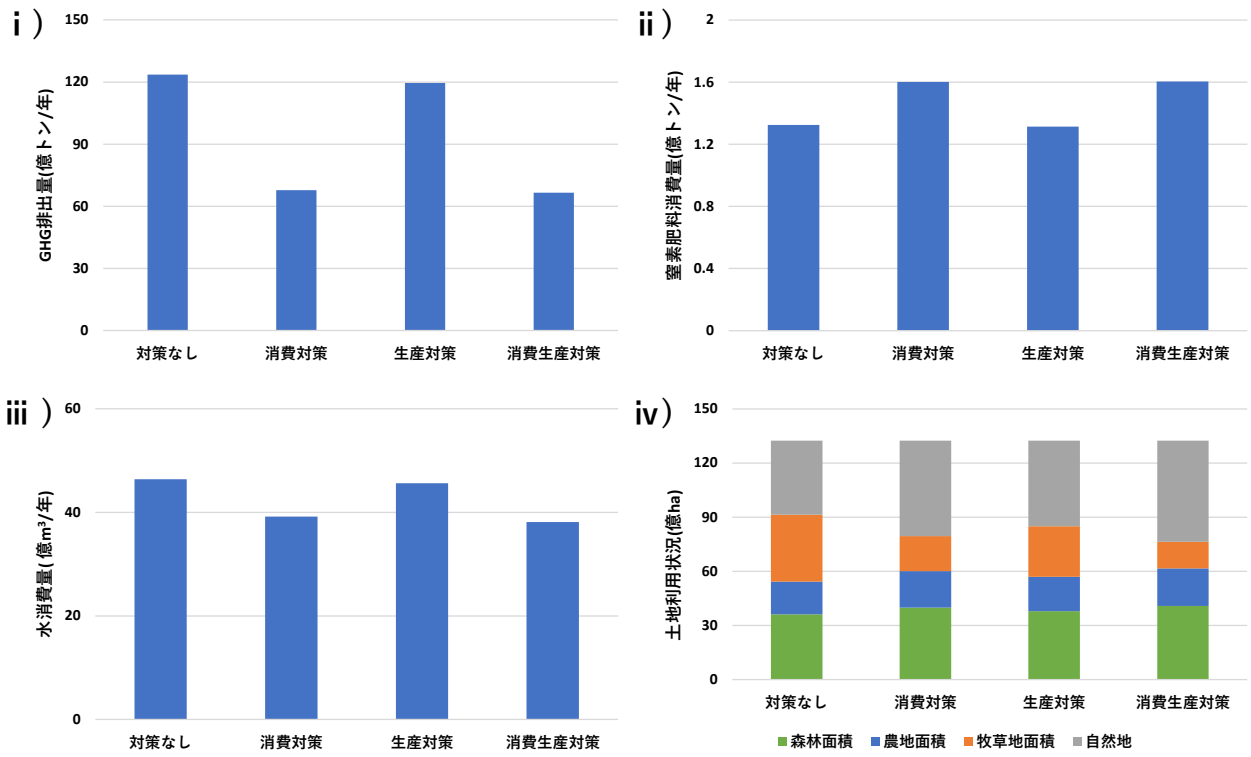



図-2　2050年　世界の異なるシナリオにおけるⅰ)農畜産業由来GHG排出量，ⅱ)窒素肥料消費量，ⅲ)水消費量，ⅳ)土地利用状況

e) 食料分配性

食糧分配の公平性を示す指標には，国際連合食糧農業機関(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)が実施している家計調査の対象に，各国の食料分配の公平性を表す指標CV(Coefficient of Variation of the international distribution of dietary energy consumption)がある．CVは，高いほど一人一日当たりの食料摂取カロリーの国内のばらつきが大きく，食料が公平に分配されていないことを意味する．本研究では既存の研究を基に設定された低位のCV値[5]を用いた場合を食料分配性向上を取り入れた場合として想定した．

## 3. 結果

本研究ではまず，消費対策，生産対策，消費生産対策による世界全体の環境への影響を示す．環境への影響は，1)農畜産業由来GHG排出量，2)窒素肥料消費量，3)水消費量，4)土地利用状況の4つの項目について評価することで示す．その後，消費対策，消費対策Equ，生産対策による世界全体の飢餓リスク人口への影響を示す．特に飢餓リスク人口への影響を強く受けた4地域(中国，インド，東南アジア，アフリカ)について本章の最後に取り上げた．

### (1) 世界全体の食料政策による環境への影響

a) 世界全体の農畜産業由来GHG排出量

図-2ⅰ)によると，2050年における世界全体の農畜産業由来GHG排出量は，対策なしシナリオが約124億トン/年に対し，消費対策シナリオでは約68億トン/年(対策なしシナリオ比で，-56億トン/年，-45%)，生産対策シナリオでは約120億トン/年(対策なしシナリオ比で-4億トン/年，-4%)，消費生産対策シナリオでは約67億トン/年(対策なしシナリオ比で，-46億トン/年，-46%)排出している．

b) 世界全体の窒素肥料消費量

図-2ⅱ)によると，2050年における世界全体の窒素肥料消費量は，対策なしシナリオが約1.32億トン/年に対し，消費対策シナリオでは約1.60億トン/年(対策シナリオ比で，+0.28億トン/年，+21%)，生産対策シナリオでは約1.31億トン/年(対策なしシナリオ比で，-0.01億トン/年，-1%)，消費生産対策シナリオでは約1.60億トン/年(対策なしシナリオ比で，+0.28億トン/年，+21%)消費している．

c) 世界全体の水消費量

図-2ⅲ)によると，2050年における世界全体の水消費量は，対策なしシナリオが約46億$m^3$/年に対し，消費対策シナリオでは約39億$m^3$/年(対策なしシナリオ比で，-0.07億$m^3$/年，-16%)，生産対策シナリオでは約45億$m^3$/年(対策なしシナリオ比で，-0.01億$m^3$/年，-2%)，消費生産対

策シナリオでは約 38 億 $m^3$/年(対策なしシナリオ比で，-0.08 億 $m^3$/年，-18%)消費している．

**d) 世界全体の土地利用状況**

図-2 iv)によると，2050 年における世界全体の土地利用状況は，対策なしシナリオでは森林面積約 36 億 ha，農地面積約 18 億 ha，牧草地面積約 37 億 ha，自然地面積約 41 億 ha である．消費対策では森林面積約 40 億 ha，農地面積約 20 億 ha，牧草地面積約 19 億 ha，自然地面積約 53 億 ha(対策なし比でそれぞれ+10%，+11%，-48%，+29%)．生産対策では森林面積約 38 億 ha，農地面積約 19 億 ha，牧草地面積約 28 億 ha，自然地面積約 47 億 ha(対策なし比でそれぞれ+5%，+5%，-24%，+15%)．消費生産対策では森林面積約 41 億 ha，農地面積約 21 億 ha，牧草地面積約 15 億 ha，自然地面積約 56 億 ha(対策なし比でそれぞれ+13%，+15%，-60%，+36%)．

### (2) 食料政策による飢餓リスクへの影響

**a) 世界全体の飢餓リスク人口**

図-3 ⅰ)によると，2050 年における世界全体の飢餓リスク人口は，対策なしシナリオでは約 1.5 億人に対し，消費対策シナリオでは約 11.7 億人，生産対策シナリオでは約 1.3 億人，消費対策 Equ シナリオでは約 3 億人である．

**b) 地域別の飢餓リスク人口**

図-3 ⅱ)によると，2050 年の 4 地域(中国，インド，東南アジア，アフリカ)の飢餓リスク人口は，対策なしシナリオでそれぞれ約 0.2 億人，約 0.2 億人，約 0.2 億人，約 0.4 億人である．消費対策シナリオではそれぞれ約 0.3 億人，約 2.5 億人，約 1.5 億人，約 3.6 億人，約 2.7 億人である．消費対策 Equ シナリオではそれぞれ約 0.3 億人，約 0.1 億人，約 2 億人，約 0.1 億人である．

## 4. 結論と考察

### (1) 結果の解釈

本研究では，次の4点のことが得られた．

第一に，GHG排出量の面における持続可能な農畜産業の生産消費のためには，農畜産業の生産より消費を見直すことがより効果的であることが示された．消費側による対策は，GHG排出量削減，水消費量削減において生産側による対策を大きく上回る結果を示した．一方で，生産側による対策の影響は極めて限定的であることから，現在よりGHG排出量と水消費量削減した農畜産業を可能にするためには消費側による対策が重要であるといえる．

第二に，消費側による対策は窒素肥料消費量を増加させる恐れが示された．消費側による対策では，食事内容

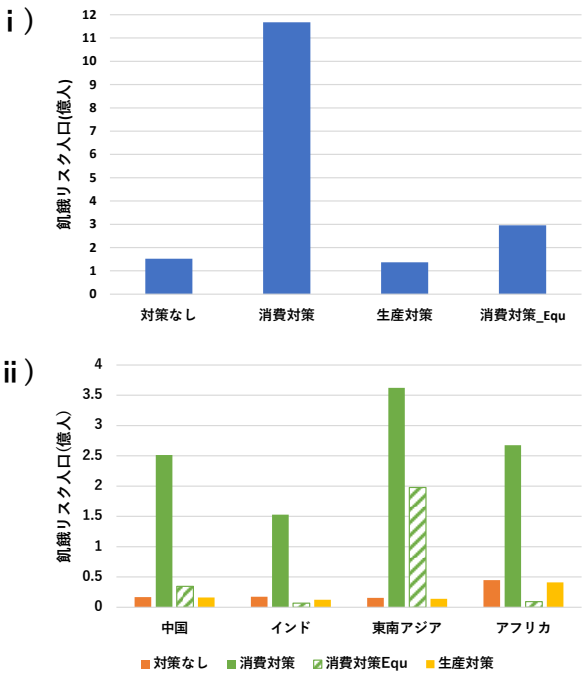



**図-3** 2050年 ⅰ)世界全体の飢餓リスク人口，ⅱ)4地域別の飢餓リスク人口

変更により，たんぱく源となる豆類，野菜などの需要が高まる．これらの需要を満たすために農地面積を拡大し，生産量を増加させる．そのため，農地面積が増加することにより窒素消費量が増加している．一方で，畜産物の消費量は減少し，牧草地面積は減少する．

第三に，消費側による対策は飢餓リスクを高める恐れが示された．消費側の対策として取り入れた食料廃棄量削減 には飢餓リスク人口を減少させる効果があるが，それ以上に食事内容の変更により，現在飢餓が報告されている地域の飢餓リスク人口を増加させる影響がある．しかし，食料分配の公平性を改善することで，食事内容の変更により増加する飢餓リスク人口の増加を抑制することが可能であることが明らかとなった．

第四に，消費側による対策を行う場合の飢餓リスク人口は中国，インド，東南アジア，アフリカの4地域が占める割合が高いが，食料分配の公平性を改善することで，東南アジアを除く地域で飢餓リスク人口が大幅に減少する．東南アジアについても食料分配の公平性を改善することで，飢餓リスク人口が減少するが，消費側の対策を行うことにより，2050年において約2億人の飢餓リスク人口が発生する恐れがある．東南アジアは他の3地域に比べ，過剰摂取人口が少ないため，食料分配性を向上させることによる影響が少なかったことが考えられる．

### (2) 本研究の意義と今後の課題

本研究は次の点において意義があると言える．

第一に，EAT-Lancet委員会が推奨する食事内容への移行において地球の環境の持続可能性の観点から留意が必要な点について明らかにした．まず，全体の作物生産量は減少するが，たんぱく資源となる豆類，野菜などの生産量の増加が必要である．そのため，農地面積が拡大し，窒素肥料消費量は増加する点に留意すべきである．

第二に，現在飢餓が報告されている地域については食事内容への移行をすることで飢餓リスク人口を増加させる恐れがあることを明らかにした．このような地域では，食料分配の公平性を改善するなどの取り組みを共に行うことで飢餓リスク人口の増加を抑えることが可能である．しかし，今回想定した食料分配性の向上が現実世界において適応可能であるかの検証は不十分であり，本研究の課題といえる．

**謝辞**：本研究の実施において藤森は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JRMEERF20211001)および科研費(23H01537)、公益財団法人住友電工グループ社会貢献基金による支援を受けた．長谷川は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JRMEERF20211001)および科研費(23H01537)、立命館グローバル・イノベーション研究機構 (R-GIRO)、公益財団法人住友電工グループ社会貢献基金による支援を受けた．ここに記し感謝の意を表す．

**REFERENCES**

1) AR6 Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change —IPCC,. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/
2) Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., O'Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennett, E. M., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S. & Zaks, D. P. M.: Solutions for a cultivated planet, Nature, Vol. 478, Issue 7369, 337-342, 2011.
3) Willett, W. et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. The Lancet Vol. 393, 447-492, 2019.
4) 小野泰照，長谷川知子，藤森真一郎：畜産物の消費制限による環境および食料システムへの影響評価，土木学会論文集 G(環境)，78 巻 5 号， I_63-I_70, 2022.[Ono, H., Hasegawa, T. & Fujimori, S.: Assessment of the impact of restricted consumption of livestock products on environment and food systems, Transaction of the Japan Society of Civil Engineers G(Environment), Vol. 78, Issue 5, I_63-I_70, 2022.]
5) 長谷川知子，藤森真一郎，高橋潔，増井利彦：共通社会経済シナリオ SSP を用いた飢餓リスクに関する将来シナリオの開発，土木学会論文集 G(環境)，70 巻 5 号，I_1-I_12，2014.[Hasegawa, T., Fujimori, S., Takahashi, K. & Masui, T.: Future scenarios of risk of hunger using Shared Socioeconomic Pathways, Transaction of the Japan Society of Civil Engineers G(Environment), Vol. 70, Issue 5, I_1-I_12, 2014.]
6) Fujimori, S. & Matsuoka, Y.: Integration of energy and economic statistics and estimation of global energy consumption and CO2 emissions, Environmental Systems Research, Vol. 36, 37-48, 2008.
7) Sands, R. D. & Kim, M-K.: Modeling the Competition for Land: Methods and Application to Climate Policy, GTAP Working Paper, Vol. 45, 2008.
8) Lofgren, H., Harris, R. L. & Robinson, S.: A standard computable general equilibrium (CGE) model in GAMS, Microcomputers in Policy Research, Vol. 5, 69, 2002.
9) Fujimori, S., Masui, T. & Matsuoka, Y.: AIM/CGE [basic] manual, Center for Social and Environmental Systems Research, 2012.
10) 長谷川知子，藤森真一郎，申龍熙，高橋潔，増井利彦，気候変化が作物収量変化を通じて食料消費・経済に及ぼす影響のシナリオ分析，土木学会論文集 G(環境)，68 巻，5 号，I_227-I_236，2012.[Hasegawa, T., Fujimori, S., Shin, Y., Takahashi, K. & Masui, T.: Global food security and economic impact analysis caused by climate change impact on agricultural productivity, Transaction of the Japan Society of Civil Engineers G(Environment), Vol. 68, Issue 5, I_227-I_236, 2012.]
11) FAO: Global food losses and food waste, 2011
12) FAO: Food wastege footprint & climate change, 2015 Retrieved ( https://www.fao.org/3/bb144e/bb144e.pdf)
13) Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y., Kainuma, M., Kanamori, Y., Masui, T., Takahashi, K. & Kanae, S.: A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways– Part 2: Water availability and scarcity, Hydrol. Earth Syst. Sci., Vol. 17, Issue 7, 2393-2413, 2013.
14) De Fraiture C., D. W., J. Rockstrom, E. Kemp-Benedict, N. Eriyagama, L. J. Gordon, M. A. Hanjra, J. Hoogeveen, A. Huber-Lee and L. Karlberg, Looking ahead to 2050: scenarios of alternative investment approaches, in water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture, adited by Molden D. London, 91-145, 2007.
15) Lofgren, H., Harris, R. L. & Robinson, S.: A standard computable general equilibrium (CGE) model in GAMS, TMD discussion papers, IFPRI, 2001. (https://ideas.repec.org/p/fpr/tmddps/75.html)