

水田中干し期間の延長によるメタン ガス排出抑制の経済効果と課題 —気候変動緩和政策の全国展開に向けて—

Kunimitsu Y, Nishimori M.(2020) "Policy measures to promote mid-summer drainage in paddy fields for a reduction in methane gas emissions: The application of a dynamic, spatial computable general equilibrium model," Paddy and Water Environment,18, pp.211-222, DOI: 10.1007/s10333-019-00775-6

國光洋二

農研機構・再雇用職員

日本大学生物資源科学部・非常勤講師

麗澤大学経済学部国際経済研究センター・客員研究員

筑波大学大学院生命環境系・非常勤講師

背景

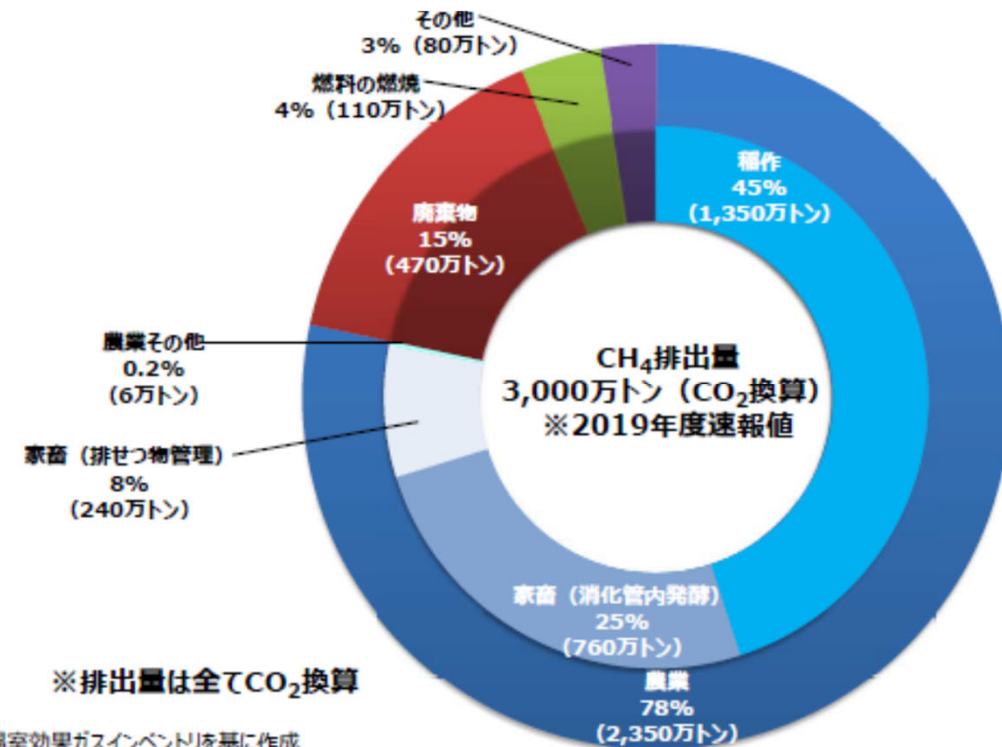
- COP21のパリ協定を達成するために、GHG排出削減のための適切な緩和策の推進が必要。
- 炭素税またはGHG排出量取引(カーボン・プライシング)は、経済的歪みを比較的少なくして炭素排出量を削減可能(Ekins and Barker、2001)。しかし、実際には、これらの措置を採用している国はごくわずか。
- 炭素税収入を利用して他の税金を削減したり、環境補助金を改善したりすることで、経済に利益をもたらす可能性あり……二重配当仮説

背景 (2)

- 日本の環境政策の評価では、
 - 二重の配当仮説(Double Dividend Hypothesis)の検証
 - Takeda (2007) doesn't support DDH (labor tax \leftrightarrow CO2 tax)・・・DDHは妥当しない.
 - Kawase et al. (2003) support DDH (social insurance \leftrightarrow CO2 tax)・・・DDH可能性あり
 - これらは、炭素税と既存の課税政策との間の二重の配当仮説を検証
 - 炭素税(排出取引)と環境補助金について検証した先行研究はない。
- 本報告では、炭素税の税収を活用した水田中干し(midsummer drainage、MSD)の1週間延長施策による二重の配当仮説を検証
- さらに、水田中干しの延長に、なぜ環境補助金が必要かを定量的に示すことを目的。

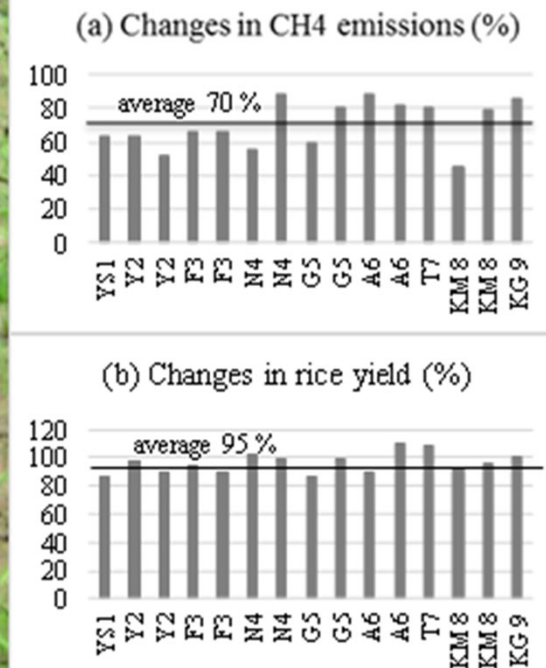
背景

- COP26(2021)
 - メタン排出を2030年までに30%削減、100カ国超が賛同
- CH₄排出の起源は、農業が主(稲作、家畜)
- ただし、農業は産業革命前から行われてきたので、産業革命後の地球温暖化の主原因ではないとの議論あり。
- しかし、1.5°C目標達成のため、「腹に背は変えられない」



水田中干し期間延長の効果

- 水田中干し: 水稲の開花期前に1週間程度、水切り
根の身長を促進して、倒伏抑制と収量アップ
- 水田中干し期間延長: 収量減少、メタンガス(CH₄)の排出抑制.....メタン生成菌(嫌気性)
- 環境保全型農業直接支払交付金の対象
通常は、トレードオフ
しかし、米余りの日本では、
背反がないのでは?
.....転作奨励金で十分(新たな補助金不要)



(出所) Itoh et al., 2011

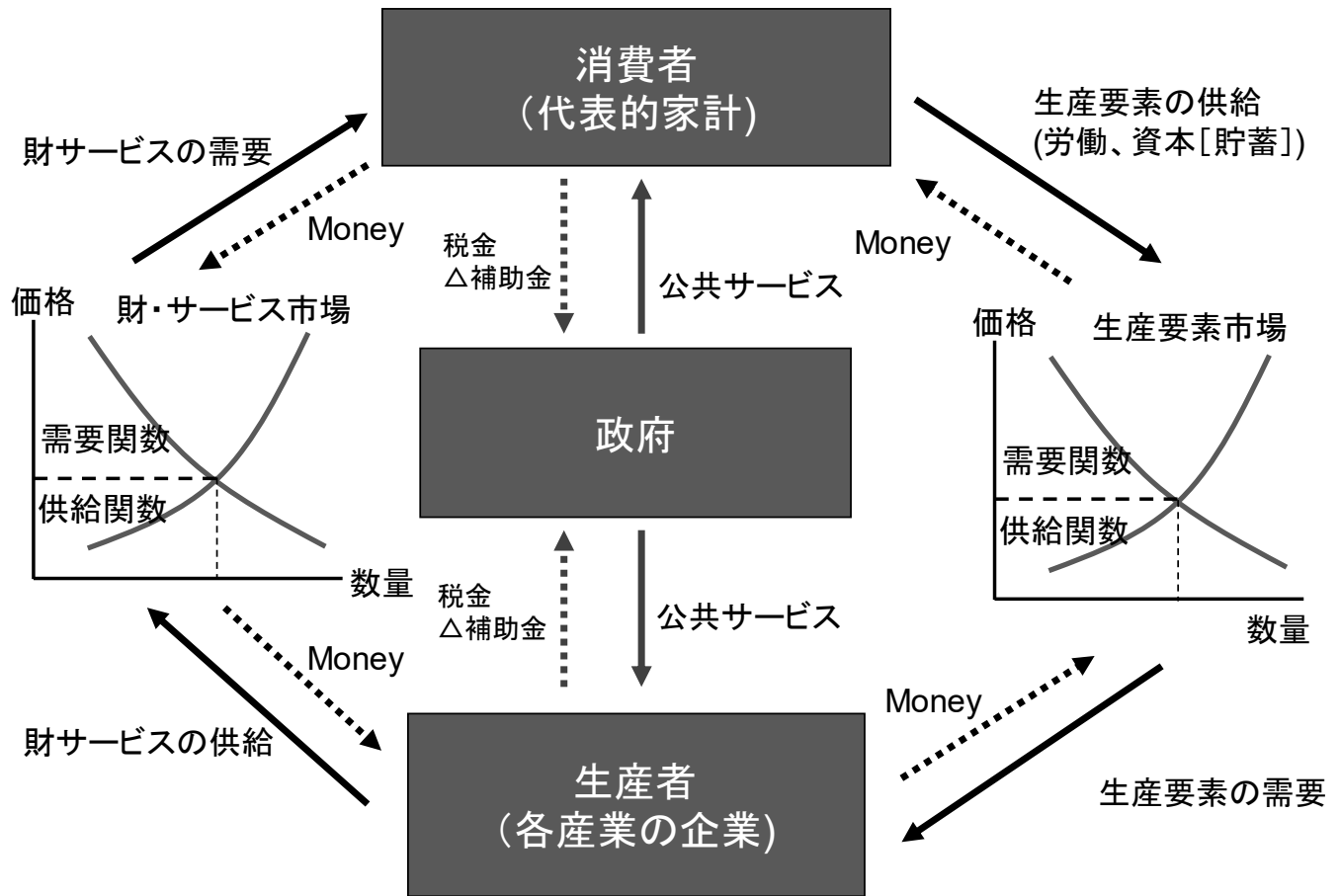
本研究の目的

- この研究の目的は、再帰的空間動的CGEモデルを使用して、政策措置(炭素税収入を活用した水田中干し期間延長に対する環境補助金)を評価。
- 特徴
 - 全球気候モデルの予測に基づく作物モデルの収量予測を使用して、将来の地球温暖化と米の収量の関係を分析
 - 緩和策(MSD期間延長)のトレードオフ効果は、市場の価格と数量の変化を考慮して評価
 - シミュレーション分析では、地域の違いと地域間(空間)の交易変化を考慮

方法

CGEモデルとは

- 政策(外生条件)の変化の影響を価格と数量の変化で捉えることができる……消費者余剰や企業利益の観点から評価が可能
- 財・お金の循環の全体を把握……「いいとこ取り」がない評価



本研究でのCGEモデル改良点(1)

- 中間投入における地域間の交易変化を考慮……空間的代替弾力性(s)を導入
 - Tsuchiya et al., 2005
 - s の計測結果は、財によって 0.40から8.0と大きく異なる。
 - Koike et al., 2012
 - s の計測結果は、多くの財において1未満……相対価格が1%変化しても、財の生産地間の変更割合は1%未満。
- 上記の結果から、本研究では、 $s=1.0$ とした。
 - これは、輸入品と国産品との代替性($s=2.0$; GTAPデータ)の半分。
国内におけるサプライチェーンの変更は、短期間では困難。

本研究でのCGEモデル改良点(2)

- 気候変動と経済との橋渡し

- 全要素生産性関数の推定結果を活用 (Kunimitsu *et al.*, 2015);

$$TFP_{r,t} = -0.440 \cdot MA_{r,t}^{0.3239} \cdot KK_t^{0.1408} \\ \times CHI_{r,t}^{0.2944} \cdot CQI_{r,t}^{0.0878} \cdot CFI_{r,t}^{-0.0232} \cdot \exp(\epsilon_{r,t} + 0.5441\epsilon_{r,t-1})$$

- MA: 平均経営規模
- KK: 知識資本(研究開発投資の蓄積)
- CHI: 稲作の気候条件変化のみの影響による収量変化指数(作物モデル; Iizumi T, Yokozawa M, Nishimori M, 2009)・・・CHI=f(Temp, Radiation, CO2)
- CQI: 稲作の気候条件変化のみの影響による外観品質変化指数(Kunimitsu & Kudo, 2014)
- CFI: 水文モデル(分布型水循環モデル)により推計した豪雨被害指数(年最大流出量)(工藤氏ほかの推計)

- モデルの中では、MA、KKは変わらないと仮定し、

$$TFP_{r,t} / TFP_{r,t_0} = \left(CHI_{r,t} / CHI_{r,t_0} \right)^{0.2944} \cdot \left(CQI_{r,t} / CQI_{r,t_0} \right)^{0.0878} \cdot \left(CFI_{r,t} / CFI_{r,t_0} \right)^{-0.0232}$$

CGEモデルのパラメータを推定するためのデータ

- The social accounting matrix (SAM) based on Japan's **2014 inter-regional input-output table** (國光,2019.農業・食品部門を拡張した2014年の9地域間産業連関表の推定, 農研機構研究報告農村工学研究部門,3,107-118)
- 9地域
- 18産業部門 (←GTAP 54 sectors)
 - (1) rice paddies; (2) other cultivated plants;
 - (3) livestock; (4) agricultural services; (5) forestry, fishery, and mining; (6) rice milling, (7) noodles, bread, and other milling; (8) dairy and meat products; (9) other food and drinks; (10) chemical products; (11) machinery; (12) electrical equipment; (13) other manufacturing; (14) construction; (15) electricity, gas, and water; (16) wholesale and retail sales; (17) financial services; and (18) other services.



シミュレーション・シナリオ (2005-2100)

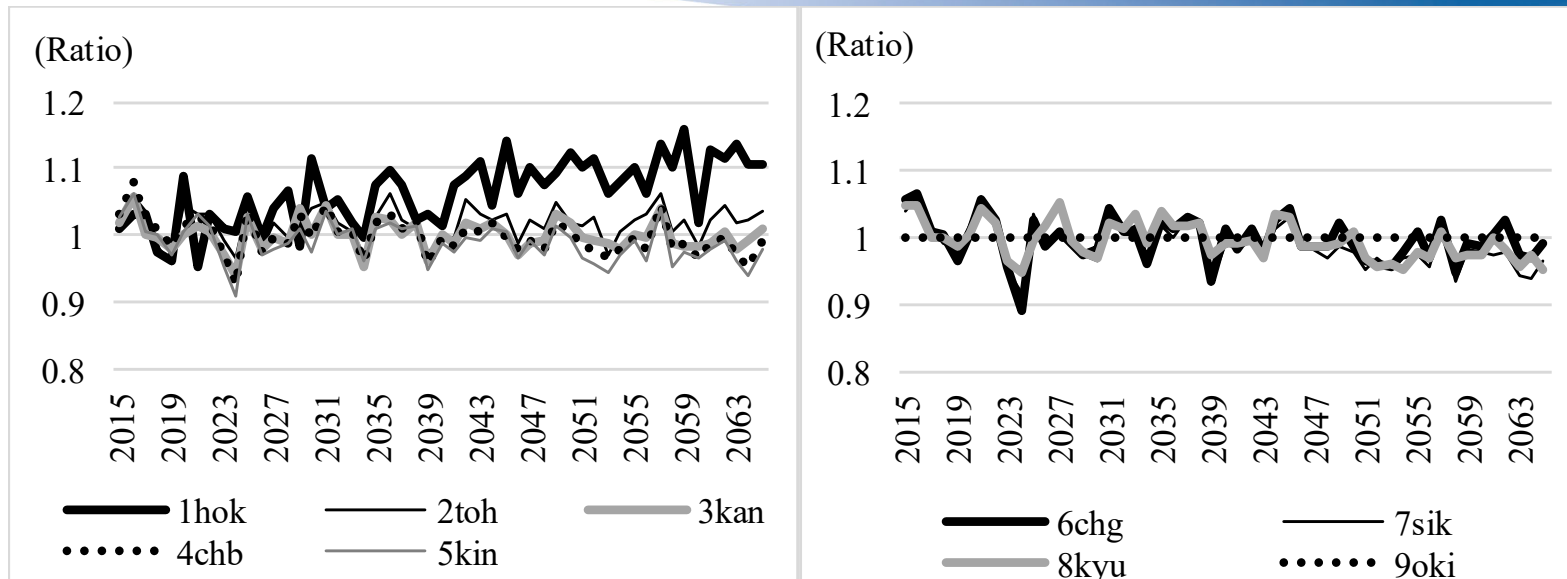
- CASE 0 (Base line case): 気候変動なし → TFP=1.0
- CASE 1 (気候変動、MSD期間延長なし)
 - Global Climate Model, MIROC 5 with RCP8.5 scenario (現状延長シナリオ、2100年に4.5°C上昇).
- CASE 2 (気候変動+MSD期間延長)
 - 全農家がMSD期間延長施策導入
 - 水田からのCH₄排出: △30%、稲作収量: △5%.
- CASE 3 (気候変動+炭素税+稲作補助金、MSD期間延長なし)
 - MSD延長による水田からのCH₄排出削減と同効果のCO₂削減量×2018年時点のEUの排出権取引市場におけるCO₂価格
 - CO₂課税によるGRPマイナス効果と、稲作補助金によるGRPプラス効果はどちらが大きいかを検証
- CASE 4 (気候変動+炭素税+MSD期間延長+環境補助金)
 - CASE2+CASE3+炭素税収を全てMSD期間延長対象水田に補助(減収補償)

シミュレーション・シナリオ(2)

- 環境補助金：1,040円／CO₂ eq. ton（EU carbon trade market, 2018年：2021年現在は11,700円/ton).
 - メタンの温室効果係数=25
- 炭素税
 - CO₂排出量を対象に、コメを含むすべての産業から環境補助金総額(日本の全水田)と同額の炭素税を徴収
 - 炭素税の税率：36.49 (billion yen / million CO₂).
 - 産業で排出削減すべきCO₂の量を水田が肩代わりしたことに對し、産業生産に課税して水田に還元。
- 一方的な環境補助金のみ(財源を考えない)では、「いいとこ取り」になる。

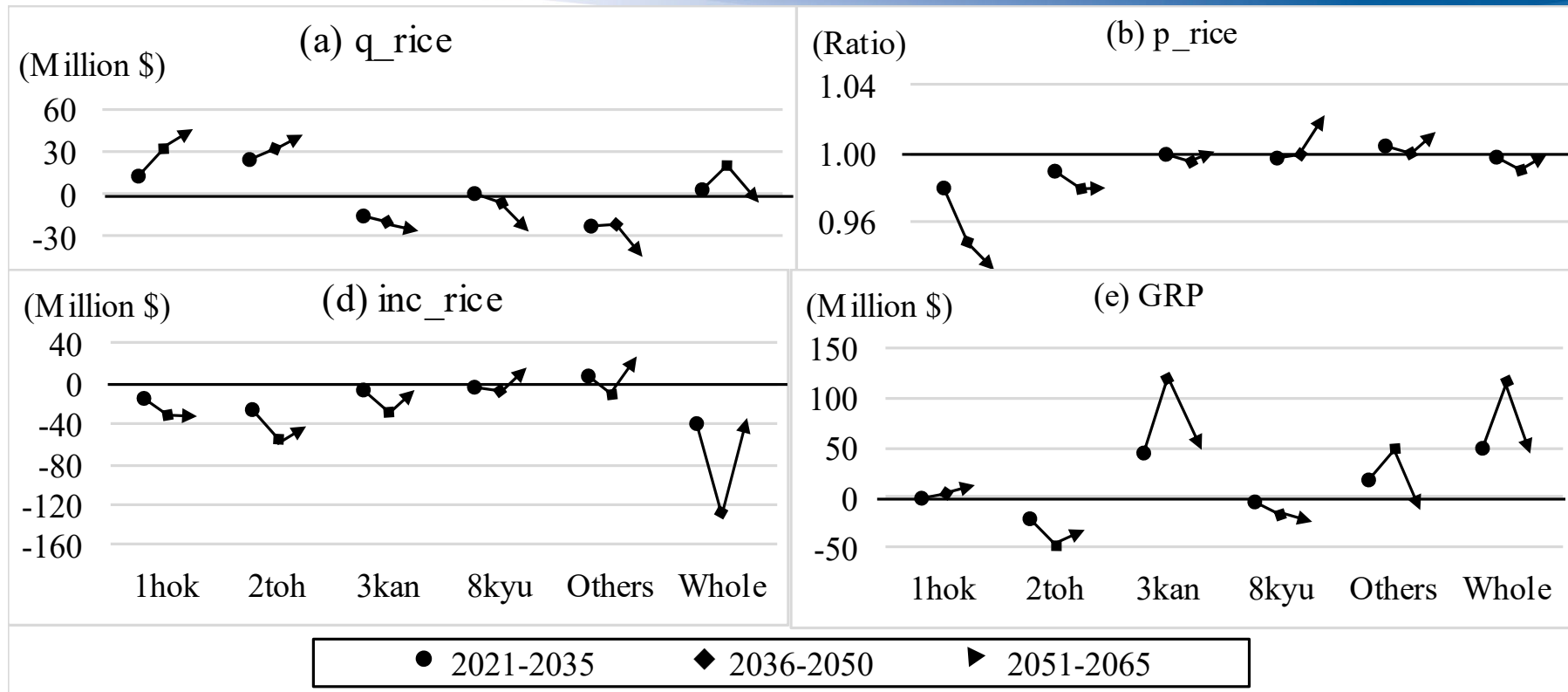
結果

Rice TFP changes due to climate change



- 北海道(1hok)や東北(2toh)などの北部地域ではTFPが増加。関東(3kan)、中部(4chb)、近畿(5kin)、中国(6chg)、四国(7sik)などの南西地域ではTFPが横這い。九州(8kyu)は、将来の気温上昇により少しマイナスの影響。
- これらの傾向は、作物モデルを使用した以前の研究結果と整合(Yokozawa et al.、2007)。
- 沖縄のTFP変化は無視(米生産量が小さい)

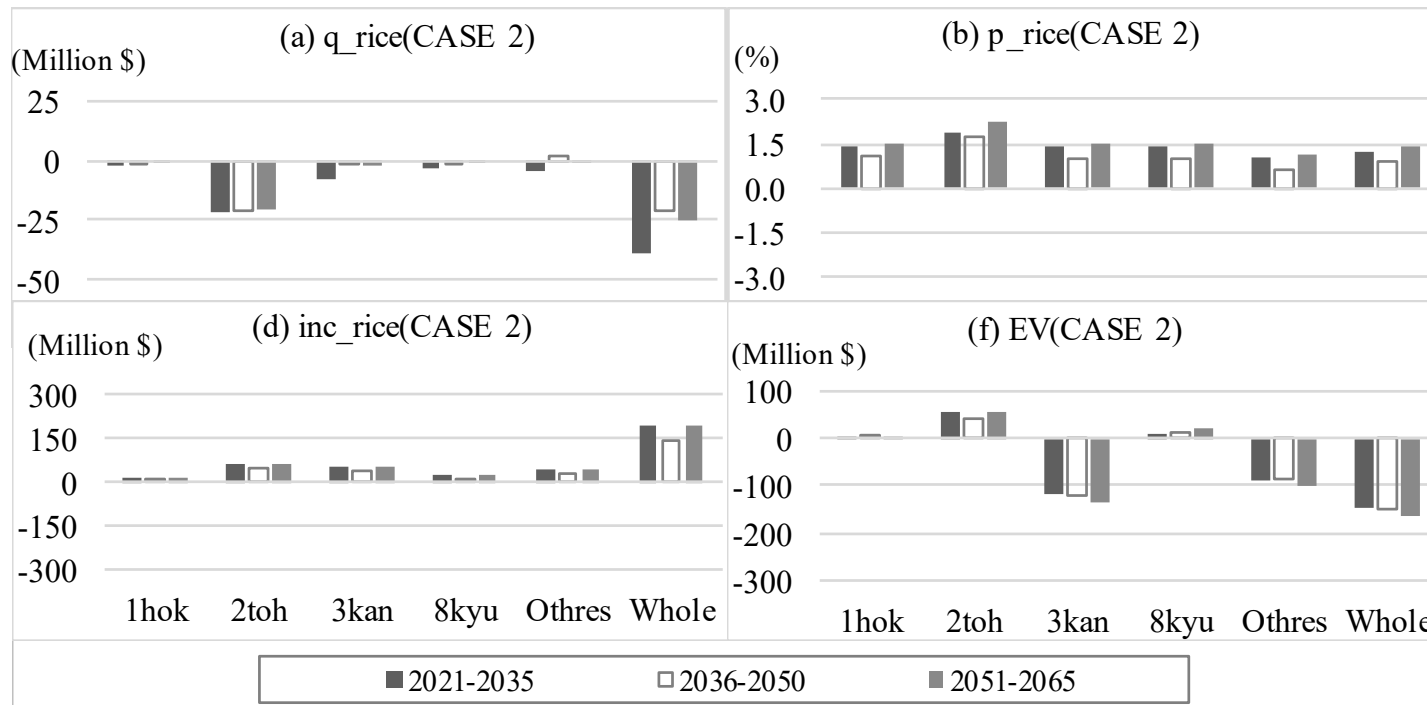
Influence of climate change (CASE 1 - CASE 0)



- 気候変動は、2050年頃までの豊作傾向(q_rice の増加)のため、米の価格(p_rice)と稲作農家の名目収入(inc_rice)の低下を引き起こす。
- 地域総生産(GRP)は、関東・中部・関西の都市部で増加。東北と九州では減少。

Effects of MSD (Case 2 - Case 1)

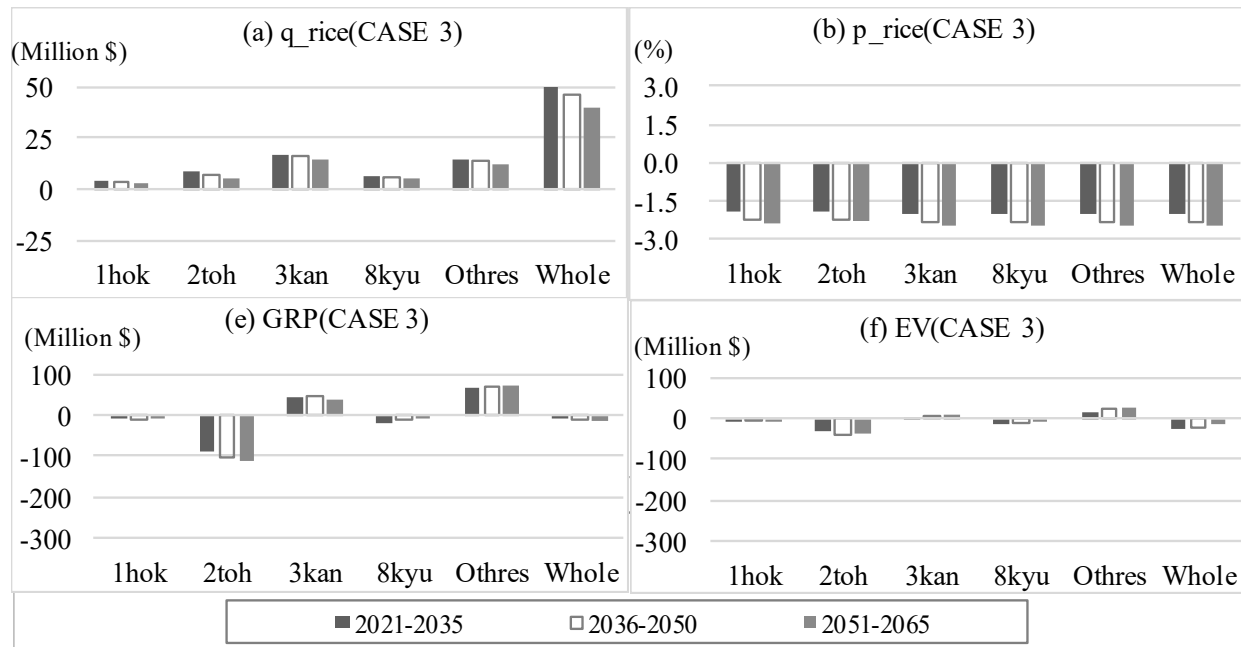
- CASE 1: 気候変動のみの場合
- CASE 2: 気候変動+MSD期間延長の場合



- MSD期間延長施策は、コメの生産量を低下させたが、気候変動によって減少した稲作農家の名目所得の減少を防止(米価の低下を抑制)。
- 全国の等価変分(EV;消費者余剰の変化分)は、米価上昇に加えて、生産と消費の減少により減少。

炭素税と稲作補助金の純効果 (Case 3 - Case 1)

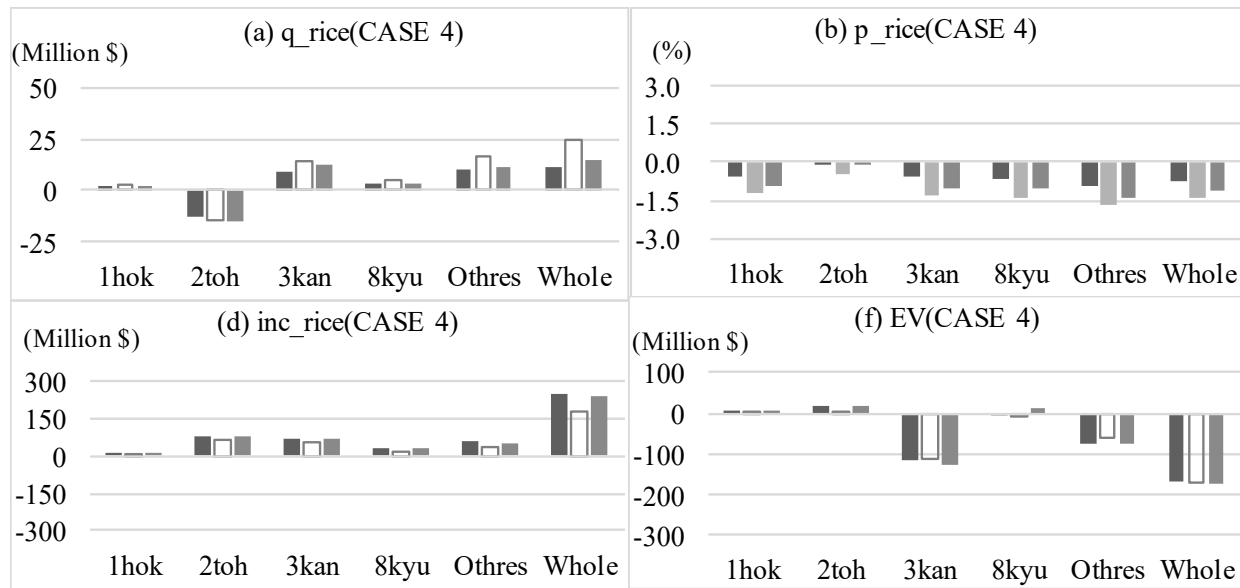
- CASE 1: 気候変動
- CASE 3: 気候変動＋稲作補助金＋炭素税



- CASE3の施策は、日本経済において二重の配当をもたらさない(GHG削減○、GRP増加×)。
- 全国のEV(消費者余剰の変化)はGRPと同傾向で変化。しかし、変化の程度はGRPよりも小さい(価格面の効果<生産面の効果)。

Effects of Policy mix (Case 4 - Case 1)

- CASE 1: 気候変動
- CASE 4: 気候変動+MSD期間延長+環境補助金+炭素税



- 全国的にコメの生産量が増加。コメ価格が下落。
- 価格が下がったにもかかわらず、名目所得はすべての地域で増加(環境補助金の効果)。
- このポリシーミックスは、MSD延長のマイナス効果を解消

Policy measures' environmental effects

- GHG emission reduction (各Case値－Case1)

	(1000 eq. CO ₂ ton)		
	Case 2	Case 3	Case 4
CO ₂	-61	-104	-165
CH ₄	-35,070	0	-35,070

- 炭素税の税率は、2018年時点の排出取引価格で設定しているため、税率が低く、CO₂排出削減効果が小さい。
- Case3(炭素税＋補助金) < Case 2(MSDのみ) < Case4(Policy mix)
 - Case2でCO₂排出削減が生じているのは、MSDによる稲作生産減少にともなうCO₂排出減少による。
- ただし、Case4とCase2の差はそれほど大きくないので、MSDに対する環境補助金の必要性が明確でない。

MSD延長施策下における“free ride”

●フリーライドの可能性

- ケース2(MSDのみ)では、コメ生産の減少により、コメ価格が上昇し、名目所得がCase1より増加。
- しかし、一部の農民は、MSDを回避し、他の農民のMSDへの参加によって維持されるより高い米価格の下で高い収量を得ることによって、自分の収入を増やしたいと考える可能性がある。……フリーライド
- 右端のFree Rideの数値は、ケース2と同じ価格と減収しない米単収を用いて、フリーライドによる農家の名目所得を計算。

- FRの名目所得はCase2より増加するものの、Case4のPolicy Mixよりも小さいので、環境補助金を導入することにより、Free Rideが防止でき、全農家の参加が期待できる。

				(\$ / ha)
	Case 1	Case 2	Case 4	Free Ride
Average income (2021-2065)	4,216	4,319	4,563	4,393
(Rank order)	(4)	(3)	(1)	(2)

まとめ

- 気候変動は、2050年代までの豊作傾向下の米価下落により、稲作農家の名目収入を減少させる。
- これに対して、中干し(MSD)期間の延長施策は、CH₄排出量の削減のみならず、過剰生産を回避することで、農家の名目所得の減少を防ぐことができる。
- しかし、MSD期間延長施策のみでは、一部の農家が他の農家の参加により維持される高米価格を享受した上で、MSDを実施せずに収量を増やすという「フリーライド」に対するインセンティブが存在する。
- 炭素税の税収をMSD期間延長のための環境補助金として使うPolicy Mixは、課税による経済へのマイナスが補助金による生産増加効果を上回らないので、二重配当につながらないが、農家がMSDを自主的に採用する動機を与えるのに役立つ。
- さらに、炭素税による全産業からのCO₂削減とMSDによるCH₄削減の二重の環境効果がある。

まとめ (cont.)

- したがって、MSD期間延長、炭素税、環境補助金によるポリシーミックスは、経済的にも環境的にも有効な施策であると考えられる。
- 残された課題
 - 中干しの達成状況と中干しによるCH₄削減効果をどのようにモニタリングすべきかが課題(技術的課題)。
 - また、水田中干しによるCH₄の削減が、気候変動対策として世界各国に認知されるかという問題も大きい。したがって、世界的な政策調和をどのように測っていくのかが課題(政治的課題)。
 - さらに、稲作農業において、水田の中干しのみでは、トータルのGHG排出はゼロにならない。他の削減施策を検討し、評価することも残された課題。

The background features a series of overlapping, wavy, semi-transparent shapes. A prominent grey shape curves across the top, while several shades of blue (from light to dark) form a layered, wave-like pattern at the bottom and right side.

Thank you for your attention!

Any questions are welcome.