

# 11. 日本の農畜産業における温室効果ガス 排出削減に関する研究

槇山 直人<sup>1</sup>・長谷川 知子<sup>2</sup>・大城 賢<sup>3</sup>・藤森 真一郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 非正会員 高松建設(株) (〒532-0025 大阪府大阪市淀川区新北野 1-2-3)

E-mail: n.makiyama0626@outlook.jp

<sup>2</sup> 正会員 立命館大学理工学部 都市環境工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東一丁目 1-1)

<sup>3</sup> 正会員 京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-3)

農畜産業・森林・土地利用変化部門は、世界全体の人為的な温室効果ガス(GHG)排出量の 24%を占めており、農畜産業における排出削減対策の導入は重要な役割を果たすと期待されている。しかし、我が国における同部門の GHG 排出削減可能性とその費用についてこれまで示された例はない。そこで、本研究では農畜産業における温室効果ガス排出削減評価モデルを用いて、日本の農畜産業におけるメタン、亜酸化窒素の削減可能性と削減に伴う費用を推計した。その結果、2030 年でメタンは 8.8MtCO<sub>2</sub>eq(7.3~9.0 MtCO<sub>2</sub>eq)、亜酸化窒素は 4.2MtCO<sub>2</sub>eq(4.1~4.3MtCO<sub>2</sub>eq)の削減が可能であった。これは 2013 年の農畜産業におけるメタン、亜酸化窒素排出量の 36.1%(29.9~36.5%)、44.5%(43.7~44.7%)に相当することから、農畜産業部門にも炭素価格を課すことで、日本の約束草案におけるメタン、亜酸化窒素の削減目標が達成可能であることが明らかとなった。また、削減費用は 2030 年で 208 億円(75~268 億ドル : 100 円/\$換算)であり、最も削減効果が高い対策は、窒素肥料の硫酸アンモニウムへの変更であった。

**Key Words:** climate change, mitigation, methane, nitrous oxide, agriculture, Japan

## 1. 背景・目的

農畜産業・森林・土地利用変化部門は、世界全体の人為的な温室効果ガス(GHG)排出量の 24%を占める<sup>1)</sup>。そのため、農畜産業における GHG 削減対策の導入は気候変動緩和策の中で重要な役割を果たすと期待されている。日本は GHG 削減に向けた約束草案(Nationally Determined Contribution, NDC)において、2030 年までに 2013 年比で GHG 排出量を 26%削減することを目標として掲げている。さらに、2050 年までに温室効果ガス排出量の 80%削減を目指すことを含む地球温暖化対策計画を 2016 年に閣議決定している。現状、日本の GHG 排出内訳として農畜産業部門の占める割合は約 3%であり<sup>2)</sup>、他部門と比べて低い。日本において 2050 年目標のような大幅な削減を実現するためには農畜産業における GHG 削減を軽視することはできない。

日本の農畜産業における GHG 排出削減については、これまで野内<sup>3)</sup>が日本において導入可能であると考えられている削減技術を技術別に評価しており、削減技術を導入する場合の各技術の削減率や有効性について示している。しかしながら、日本の農畜産業における GHG の

削減可能性と削減に伴う費用については明らかになっていない。そこで、本研究では日本の農畜産業由来の GHG であるメタン・亜酸化窒素の削減可能性と削減に伴う費用について明らかにすることを目的とする。

## 2. 方法

農畜産業排出評価モデル(AFOLUB)<sup>4)</sup>を用いて、メタン・亜酸化窒素の削減可能性と削減に伴う費用を算出した。AFOLUB は、国・地域レベルで将来の活動量(作物の生産量、家畜生産頭数)、炭素価格を所与とし、GHG 排出削減技術の詳細な情報から経済合理性に基づいて個々の GHG 排出削減対策技術を組み合わせ導入したときの農畜産業における GHG 排出量、削減量を算出する。モデルの入出力を図-1 に示す。入力として、i) 温暖化対策技術リスト、ii) 各対策技術の技術・経済的特性、iii) 農畜産物の生産に関するシナリオ、iv) 農畜産物の価格やエネルギー価格の想定、v) 家畜飼育形態、家畜糞尿処理技術の比率、水田の給水法の比率等の生産技術に関する設定、vi) GHG 排出削減に伴う追加的許容費用(Allowable

Abatement Cost for GHG emission mitigation、AAC、排出税率・補助金率などのインセンティブあるいはディスインセンティブを統合したもの)。これらの情報を基に、どのような排出削減対策を採用するかを定量的に検討する。

本モデルで対象とする排出源、農畜産物、温室効果ガスおよび IPCC ガイドライン<sup>9)</sup>での排出カテゴリーを表-1に示す。反芻動物からは反芻に由来するCH<sub>4</sub>が排出する。家畜排せつ物からはCH<sub>4</sub>が排出し、管理過程においてN<sub>2</sub>Oが排出する。モデル構造についての詳細は既往研究<sup>4)</sup>をご覧ください。

本研究では、将来の活動量、炭素価格、農畜産物およびエネルギーの価格については藤森ら<sup>9)</sup>が2℃目標に相当するシナリオについて推計したものをを用いた。そして、炭素価格をAACとして代用した。図-2から図-5に2050年までの作物の生産量、家畜生産頭数及び炭素価格の将来シナリオを示す。農畜産物の生産量は2030年以降の人口減少に伴い、減少傾向を示している。シナリオには、異なる社会像を示すために人口やGDPの違いに考慮した共通社会経済シナリオ(Shared Socioeconomic Pathways, SSP)に相当するシナリオを用いた。

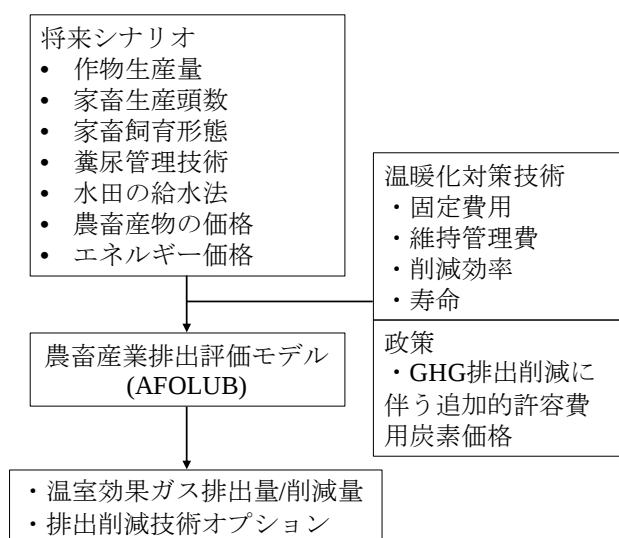


図-1 AFOLUBへの入出力(既往研究<sup>4)</sup>に基づく)

表-1 AFOLUBが対象とする排出源(既往研究<sup>4)</sup>に基づく)

| 排出源    | 分類                                               | 温室効果ガス    |
|--------|--------------------------------------------------|-----------|
| 家畜反芻   | 乳牛、肉牛、羊、ヤギ、馬、豚                                   | メタン       |
| 家畜糞尿管理 | 乳牛、肉牛、羊、ヤギ、馬、豚、鶏、七面鳥                             | メタン、亜酸化窒素 |
| 農耕地土壌  | 農耕地土壌からの直接的排出<br>農耕地土壌からの間接的排出<br>家畜糞尿管理からの間接的排出 | 亜酸化窒素     |
| 稲作     |                                                  | メタン       |

SSPは気候変動に対する緩和策と適応策の実施の困難性を軸に描かれたSSP1からSSP5の5つの異なる社会像で構成され、そのうち本研究ではSSP1からSSP3を想定した。さらに、GHG排出削減対策を導入しないシナリオ(BaU)と対策を導入するシナリオ(CM)の2つを想定した。BaUシナリオでは削減対策は一切導入されないと想定した。一方で、CMシナリオではパリ協定の長期目標の達成を想定したときに得られた炭素価格を課した。本研究で取り上げた農畜産業におけるGHG排出削減技術の情報を表-2に示す。これらは、既存研究<sup>4)</sup>の削減技術データを最新の複数の文献<sup>7),8),9)</sup>を基に更新した。本研究は2005年から2050年を対象とする。

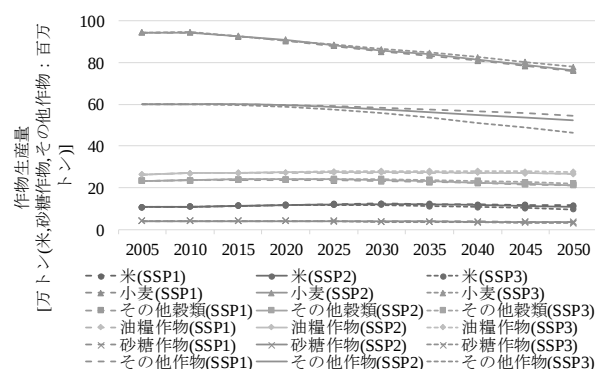


図-2 作物生産量の将来シナリオ

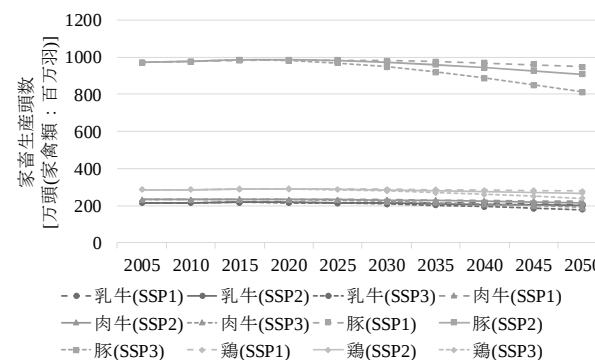


図-3 家畜生産頭数の将来シナリオ(乳牛・肉牛・鶏)

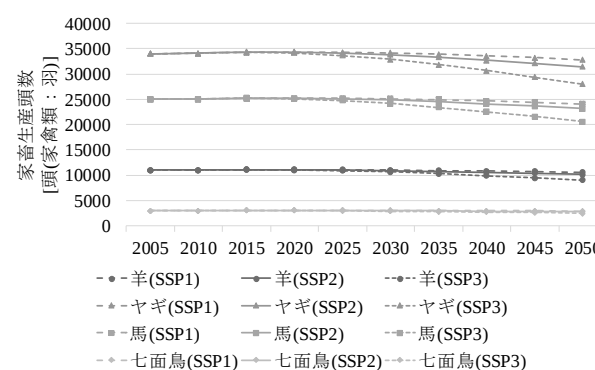


図-4 家畜生産頭数の将来シナリオ(羊・ヤギ・馬・七面鳥)

表-2 農畜産業における GHG 排出削減技術

| 排出源        | 対策                           | 初期費用<br>[ドル/頭]<br>[ドル/ha] | 維持管理費<br>[ドル/頭]<br>[ドル/ha] | メタン排出<br>削減率[%] | 亜酸化窒素<br>排出削減率<br>[%] | 参考文献                                                                                                                 |
|------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 家畜反芻       | 生産性が高い家畜種<br>への変更            | 0                         | 79.8                       | 41.0            | —                     | Bates(1998),<br>USEPA(2013),<br>Harmsen et al.(2019)                                                                 |
|            | 濃厚飼料の投与                      | 0                         | 148.5                      | 39.4            | —                     | Bates(1998), Graus et<br>al.(2004), Shibata et<br>al.(2010),<br>USEPA(2013)                                          |
| 家畜糞尿<br>管理 | 糞尿のラグーン処理                    | 505.8                     | 1.4                        | 85.0            | —                     | Bates(1998, 2001),<br>USEPA(1999, 2003,<br>2013)                                                                     |
|            | 糞尿の嫌気発酵処理                    | 630.8                     | 2.8                        | 85.0            | —                     | Bates(2001),<br>USEPA(2013)                                                                                          |
|            | 家庭での家畜排せつ<br>物由来のエネルギー<br>利用 | 35.0                      | 0.9                        | 50.0            | —                     | USEPA(2006, 2013)                                                                                                    |
|            | 糞尿堆肥化                        | 0                         | 17.2                       | 90.0            | —                     | Bates(1998)                                                                                                          |
| 稲作         | 窒素肥料の硫酸アン<br>モニウムへの変更        | 0                         | 20.0                       | 50.0            | —                     | Fumoto(2017), Graus et<br>al.(2004),<br>USEPA(2006)                                                                  |
|            | 水田への間断灌漑の<br>導入              | 0                         | 0                          | 70.0            | —                     | Fumoto(2017),<br>USEPA(2006)                                                                                         |
|            | 稲わらの秋すき込み                    | 0                         | 20.0                       | 50.0            | —                     | Fumoto(2017),<br>USEPA(2006)                                                                                         |
| 農耕地土壌      | 不耕起栽培                        | 0                         | 0                          | —               | 3.6                   | USEPA(2006, 2013)                                                                                                    |
|            | 肥料の高効率利用                     | 0                         | 2.2                        | —               | 47.0                  | Amann et al.(2005),<br>Harmsen et al.(2019),<br>Hendriks et al.(1998),<br>USEPA(2006, 2013),<br>Ussiri and Lal(2013) |
|            | 化学肥料の有機肥料<br>による置き換え         | 0                         | 20.0                       | —               | 47.0                  | Harmsen et al.(2019),<br>IPCC(2007), Smith et<br>al.(2007), Ussiri and<br>Lal (2013)                                 |
|            | 被覆肥料の利用                      | 0                         | 700.0                      | —               | 47.0                  | Akiyama et al.(2010),<br>Harmsen et al.(2019),<br>USEPA(2006)                                                        |
|            | 硝化抑制剤を含む肥<br>料の利用            | 0                         | 20.0                       | —               | 47.0                  | Harmsen et al.(2019)                                                                                                 |

### 3. 結果

#### (1) 対策なしの場合(BaU)の温室効果ガス排出量

対策技術を導入しない場合の GHG 排出量を排出源別に図-6 に示す。図-6 の面グラフは中期的なシナリオである SSP2 における GHG 排出量であり、比較のため SSP1 及び SSP3 の値を折れ線グラフで示した。基準年の 2005 年時点での排出総量は 30.4MtCO<sub>2</sub>eq/年となった。排出源別

では農耕地土壌が 9.0MtCO<sub>2</sub>eq/年で排出総量の 30%を占め、日本の農畜産業における最大の排出源である。農耕地土壌に次いで、稲作が 8.0MtCO<sub>2</sub>eq/年で排出総量の 26%、家畜反芻が 7.2MtCO<sub>2</sub>eq/年で排出総量の 24%、家畜糞尿管理が 6.2MtCO<sub>2</sub>eq/年で排出総量の 20%を占める。対策を導入しない場合、2030 年までは増加傾向で、2030 年には排出総量が 31.6MtCO<sub>2</sub>eq/年(30.5~31.9MtCO<sub>2</sub>eq/年:以降不確実性の幅は SSP の幅を表す)となった。

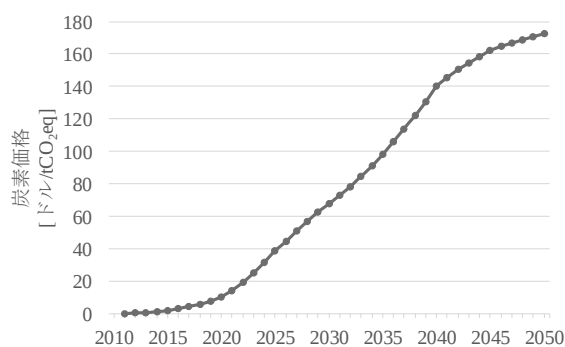


図-5 炭素価格の推移

2030 年以降は人口減少に伴う農畜産物の生産量の減少により減少傾向に転じ、2050 年には排出総量が 28.8MtCO<sub>2</sub>eq/年(25.6~30.0MtCO<sub>2</sub>eq/年)となった。

## (2) 温室効果ガス削減可能量と削減に伴う費用

農畜産業における GHG 削減可能量とその費用を対策技術別に図-7、図-8 に示す。図-7、図-8 は中流的なシナリオである SSP2 における GHG 削減可能量と削減に伴う費用について SSP1 及び SSP3 と比較して示している。

まず NDC の目標年である 2030 年について見る。削減可能量は炭素価格の増加に伴って増加し、2030 年には 13.0MtCO<sub>2</sub>eq/年(11.5~13.1 MtCO<sub>2</sub>eq/年)の削減が可能であることが示された。これは 2013 年における日本の農畜産業由来の排出総量の 38.4%(34.0~38.5%)に相当する。そのうち、2.5MtCO<sub>2</sub>eq/年(2.4~2.6 MtCO<sub>2</sub>eq/年)は「水田への間断灌漑の導入」や「不耕起栽培」などのゼロ費用の削減対策、いわゆるノーリグレット対策によって削減効果が示された。2030 年において、最も削減効果が高い対策は「窒素肥料の硫酸アンモニウムへの変更」、次いで「水田への間断灌漑の導入」であり、それぞれ 2.9MtCO<sub>2</sub>eq/年(2.8~3.0 MtCO<sub>2</sub>eq/年)、2.1MtCO<sub>2</sub>eq/年(2.0~2.2MtCO<sub>2</sub>eq/年)の削減効果が示された。「糞尿の嫌気発酵処理」、「被覆肥料の利用」については他の対策種より費用が高く選択されなかった。また、「家庭での家畜排せつ物由来のエネルギー利用」については中国とインドを含む一部の途上国でのみ適用されると想定しているため、選択されなかった。削減に伴う費用は 2030 年で 210 億円(80~270 億円：以降 100 円/\$で換算)であり、これは同年における日本の GDP560 兆円<sup>10)</sup>の約 0.0035% (0.0013~0.0050%)に相当する。また、2021 年から 2030 年まで継続的に削減対策を実施する場合の累積削減費用は 840 億円(320~1400 億円)となった。ガス種別に見ると、メタンが 8.8MtCO<sub>2</sub>eq/年(7.3~9.0MtCO<sub>2</sub>eq/年)、亜酸化窒素が 4.2MtCO<sub>2</sub>eq/年(4.1~4.3MtCO<sub>2</sub>eq/年)の削減が可能であることが示された。日本は NDC において 2030 年までに全部門でメタン、亜酸化窒素の排出量をそれぞれ約 31.6 MtCO<sub>2</sub>eq/年、約 21.1

MtCO<sub>2</sub>eq/年(2013 年比で 12.3%, 6.1%相当)削減することを目標として掲げている。そのうち、農畜産業部門によりメタン、亜酸化窒素の目標削減量のそれぞれ 27.8%, 20.0%が達成できることが示された。これは、エネルギー部門の排出を対象としている炭素価格を農畜産業部門にも課すことで、メタン、亜酸化窒素の一定量を削減可能であることを示唆する。

次に 2050 年について見る。2030 年以降も削減可能量は炭素価格の増加に伴って増加し、2050 年には 20.1MtCO<sub>2</sub>eq/年(16.0~22.4 MtCO<sub>2</sub>eq/年)の削減が可能であることが示された。これは 2013 年における日本の農畜産業由来の排出総量の 59.1%(47.1~66.1%)に相当する。2040 年以降炭素価格の増加に伴い、「肥料の高効率利用」が導入され、2050 年では最も削減効果の高い対策となり、6.3MtCO<sub>2</sub>eq/年(0.3~7.1MtCO<sub>2</sub>eq/年)の削減効果が示された。削減に伴う費用は 2050 年で 880 億円(130~990 億円)であり、これは 2050 年における日本の GDP625 兆円<sup>10)</sup>の約 0.013%(0.002~0.018%)に相当する。また、2021 年から 2050 年まで継続的に削減対策を実施する場合の割引率を考慮しない累積削減費用は 1.4 兆円(3500 億~1.9 兆円)となった。

## 4. 結論・考察

### (1) 結論

本研究では、AFOLUB を用いて日本の農畜産業におけるメタン・亜酸化窒素の排出量及び削減可能量と削減に伴う費用を推計した。結果、以下の 3 点の結論を得た。

第一に、日本の農畜産業における 2030 年のメタン・亜酸化窒素の排出量は対策技術を導入しない場合で 31.6MtCO<sub>2</sub>eq/年(30.5~31.9MtCO<sub>2</sub>eq/年)となった。2030 年以降は人口減少に伴う農畜産物の生産量の減少により排出量が低下し、2050 年では 28.8MtCO<sub>2</sub>eq/年(25.6~30.0 MtCO<sub>2</sub>eq/年)となった。

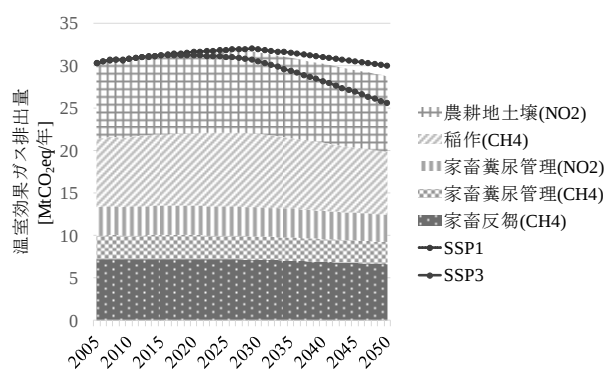


図-6 BaU シナリオにおける農畜産業部門の排出源別 GHG 排出量

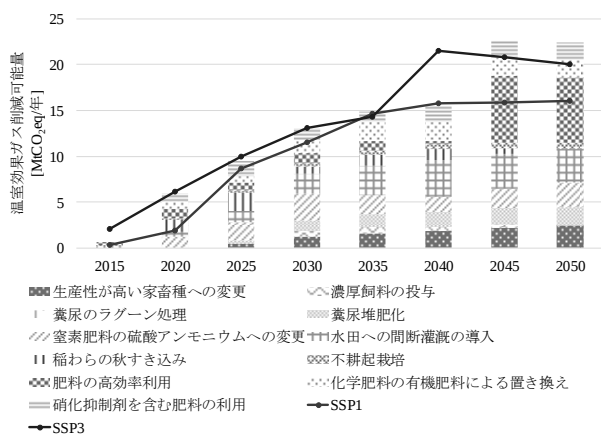


図-7 農畜産業における対策技術別 GHG 削減可能性

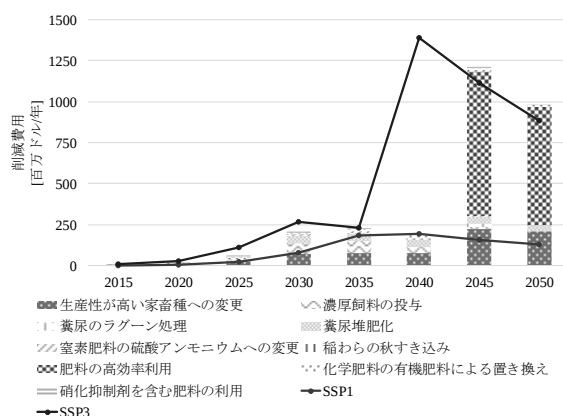


図-8 農畜産業における対策技術別 GHG 排出削減対策費用

第二に、日本の農畜産業部門で 2030 年、2050 年にはそれぞれ 13.0MtCO<sub>2</sub>eq/年(11.5~13.1MtCO<sub>2</sub>eq/年)、20.1 MtCO<sub>2</sub>eq/年(16.0~22.4MtCO<sub>2</sub>eq/年)の削減が可能であることが示された。これらの 2013 年比の削減率はそれぞれ 38.4%(34.0~38.5%)、59.1%(47.1~66.1%)であった。最も削減効果の高い対策は、2030 年で「窒素肥料の硫酸アンモニウムへの変更」、2050 年では「肥料の高効率利用」であった。削減に伴う費用は 2030 年、2050 年でそれぞれ 208 億円(75~268 億円)、882 億円(128~987 億円)であった。

第三に、2030 年には農畜産業由来のメタンは 8.8MtCO<sub>2</sub>eq/年 (7.3~9.0 MtCO<sub>2</sub>eq/年)、亜酸化窒素は 4.2MtCO<sub>2</sub>eq/年(4.1~4.3 MtCO<sub>2</sub>eq/年)の削減が可能である。日本の約束草案では、2030 年までのメタン、亜酸化窒素の排出量をそれぞれ 2013 年比で 12.3%(約 4.4 MtCO<sub>2</sub>eq/年相当)、6.1%(約 1.4 MtCO<sub>2</sub>eq/年相当)削減することを目標としている。本研究の結果から、農畜産業部門に炭素価格を課すことで、日本の約束草案におけるメタン、亜酸化窒素の削減目標が達成できることが明らかとなった。

## (2) 考察

本研究で得られた結果をエネルギー部門の GHG 排出

削減について取り扱った複数の文献<sup>11),12)</sup>と比較し、考察する。表-3 は 2050 年における CO<sub>2</sub>1 トン当たりの排出削減費用を比較したものである。本研究では、推計された削減量と費用から換算して、CO<sub>2</sub>1 トン当たりの排出削減費用を算出した。本研究と Fujimori et al.(2019)<sup>11)</sup>では平均削減費用を示すのに対し、Oshiro et al.(2019)<sup>12)</sup>は限界削減費用を示し、一般的に限界費用よりも平均費用の方が低くなることに留意が必要である。本研究によると、2050 年における農畜産業部門の CO<sub>2</sub>1 トン当たりの平均排出削減費用は 43 ドル(8~44 ドル)となった。エネルギー部門と比較すると、農畜産業部門ではエネルギー部門より安い費用で排出削減が可能であることがわかる。そのため、農畜産業部門での排出削減はエネルギー部門と比べて、経済的に有効であるといえる。

さらに、本研究で得られた結果を世界における農畜産業部門の GHG 排出削減について取り扱った文献<sup>7)</sup>と比較し、考察する。表-4 は 2050 年における農畜産業部門の削減率について比較したものである。本研究での排出量及び削減量には、得られた結果のうち中庸的なシナリオである SSP2 の値を用いている。本研究では、2050 年における日本の農畜産業部門の削減率は 78%となった。それに対して、世界の農畜産業部門の削減率は 57%と、日本では世界平均と比べ、農畜産業部門での大幅な GHG 排出削減が可能であることが示された。

表-3 CO<sub>2</sub>1 トン当たりの排出削減費用の比較(2050 年)

|                                        | 部門    | CO <sub>2</sub> 1 トン当たりの排出削減費用 |  |
|----------------------------------------|-------|--------------------------------|--|
|                                        |       | [ドル/tCO <sub>2</sub> ]         |  |
| 本研究                                    | 農業    | 43                             |  |
|                                        |       | (8~44)                         |  |
| Fujimori, et al. (2019) <sup>11)</sup> | エネルギー | 66                             |  |
|                                        |       | 110                            |  |
| Oshiro, et al. (2019) <sup>12)</sup>   | エネルギー | (65~261)                       |  |
|                                        |       | 141                            |  |
|                                        |       | (36~431)                       |  |

表-4 農畜産業部門の削減率の比較(2050 年)

| 対象地域                                    | 2050 年排出量 [MtCO <sub>2</sub> eq] | 2050 年削減量 [MtCO <sub>2</sub> eq] | 2050 年削減率[%] |
|-----------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|
|                                         |                                  |                                  |              |
| 本研究 日本                                  | 28.8                             | 22.4                             | 78           |
| Harmsen, et al. (2019) <sup>9)</sup> 世界 | 18800                            | 10700                            | 57           |

### (3) 今後の課題・展開

最後に、今後の課題・展開として3点述べる。

第一に、排出係数の日本の報告値への更新である。本

研究では、IPCC ガイドラインが定めるアジアの排出係数を採用している。そのため、日本独自の排出係数に更新する必要がある。

第二に、日本の農畜産業部門への炭素価格の導入である。本研究によりエネルギー部門の排出を対象としている炭素価格を農畜産業部門にも課すことで、日本のNDCにおけるメタン、亜酸化窒素の削減目標を達成する十分な削減が可能であることが示された。今後、農畜産業部門に炭素価格を課すかどうかは政策決定者の判断次第である。一方で、農畜産業部門ではエネルギー政策のようなトップダウンでの課税が難しいため、事業者ごとの排出実態を把握する仕組みの構築なども課題になるだろう。

第三に、他国への展開である。本研究ではAFOLUBモデルの適用例としてAFOLUBモデルを日本に適用したが、特に第一次産業を中心とした産業構造を持つ諸国ではAFOLU部門での削減は重要である。今後はそのような諸国へと今回の手法を適用していきたい。

**謝辞：**本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20192002)と住友財団環境研究助成による研究成果の一部である。ここに記し感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) IPCC: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.
- 2) 温室効果ガスインベントリオフィス(GIO)編：日本国温室効果ガスインベントリ報告書、国立環境研究所、2019.
- 3) 野内勇：農業における温室効果ガスの排出と削減、大気環境学会誌、41(3)、103-122、2006.
- 4) Hasegawa T, Matsuoka Y. Climate change mitigation strategies in agriculture and land use in Indonesia. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 20(3): 409-424, 2015.
- 5) IPCC, 2006: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- 6) 藤森真一郎、長谷川知子、高橋潔、増井利彦、滝見真穂：パリ協定の短中期的排出目標と長期気候安定化目標における含意、土木学会論文集 G(環境)、72(5)、I\_223-I\_231、2016.
- 7) USEPA: Global Mitigation of Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gases: 2010-2030, EPA Report, EPA 430-R-13-011, 2013.
- 8) Harmsen, J.H.M., van Vuuren, D.P., Nayak, D.R., Hof, A.F., Höglund-Isaksson, L., Lucas, P.L., Nielsen, J.B., Smith, P., Stehfest, E.: Long-term marginal abatement cost curves of non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases, Environmental Science & Policy, 99, 136-149, 2019.
- 9) Fumoto, T.: Process-based Modeling of Methane Emissions from Rice Fields, Bulletin of the NARO Agro-environmental sciences No.38, 2017.
- 10) IIASA: Shared Socioeconomic Pathways (SSP) Database Version 0.9.3, 2012.
- 11) Fujimori, S., Oshiro, K., Shiraki, H., Hasegawa, T.: Energy transformation cost for the Japanese mid-century strategy, Nature Communications, 10, 1-11, 2019.
- 12) Oshiro, K., Gi, K., Fujimori, S., van Soest, H.L., Bertram, C., Després, J., Masui, T., Rochedo, P., Roelfsema, M., Vrontisi, Z.: Mid-century emission pathways in Japan associated with the global 2°C goal: national and global models' assessments based on carbon budgets, Climatic Change, 1-15, 2019.

## EMISSIONS REDUCTION OF GREENHOUSE GASES FROM AGRICULTURE IN JAPAN

Naoto MAKIYAMA, Tomoko HASEGAWA, Ken OSHIRO and Shinichiro FUJIMORI

Agriculture, forestry and other land-use sectors account for 24% of global anthropogenic greenhouse gases emissions. Agriculture sector is expected to play an important role to reduce greenhouse gases emissions. In this study, we estimated potential amounts and costs for methane and nitrous oxide emissions reduction in agriculture sector in Japan by using evaluation model for greenhouse gas emission reduction in agriculture sector. As a result, in 2030, 8.8MtCO<sub>2</sub>eq./year (7.3-9.0MtCO<sub>2</sub>eq./year) and 4.2MtCO<sub>2</sub>eq./year (4.1-4.3MtCO<sub>2</sub>eq./year) of methane and nitrous oxide emissions can be reduced. It suggests that methane and nitrous oxide emissions reduction targeted in Nationally Determined Contribution in Japan can be achieved by imposing carbon prices on agriculture sector. The cost was 208 million dollars/year (75-268 million dollars/year) in 2030, and the most effective measure was to replace urea with ammonium sulfate.